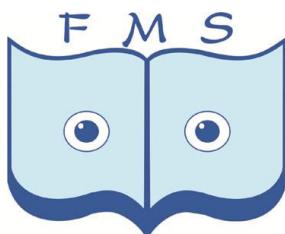


**UNIVERZITET "ADRIATIK" BAR  
FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE  
TIVAT**



**Goran Kankaraš**

**PRIMJENA ALTERNATIVNIH IZVORA ENERGIJE NA JAHTI  
SPECIJALISTIČKI RAD**

**Tivat, Jun 2020. godine**

**UNIVERZITET "ADRIATIK" BAR  
FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE  
TIVAT**

**PRIMJENA ALTERNATIVNIH IZVORA ENERGIJE NA JAHTI**

**SPECIJALISTIČKI RAD**

Mentor: Prof. dr Oto Iker

Predmet: Projektovanje, konstrukcija i održavanje jahti

Student: Goran Kankaraš, br. Indexa: S21/18  
Smjer: Nautički turizam i upravljanje marinama

**Tivat, Jun 2020. godine**

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>6</b>
1.1. Problem istraživanja .....	6
1.2. Predmet istraživanja .....	7
1.3. Cilj istraživanja.....	7
1.4. Hipoteze istraživanja .....	7
1.5. Metod istraživanja .....	8
1.6. Opravdanost istraživanja .....	8
<b>2. ENERGETSKE POTREBE JAHTE.....</b>	<b>10</b>
2.1. Potrebe za energijom na jahti .....	10
2.2. Energetski izvori na jahti.....	12
2.3. Distribucija energije na jahti .....	13
2.4. Izbor naponskog nivoa elektroenergetskog sistema na jahti .....	14
<b>3. ALTERNATIVNI IZVORI ENERGIJE.....</b>	<b>16</b>
3.1. Energija vjetra .....	17
3.2. Energija sunca .....	19
3.3. Hemijski izvori .....	21
3.3.1. Akumulatori .....	21
3.3.2. Gorivne ćelije .....	22
3.3.3. Hidrogen gas generator - HHO sistem .....	23
3.4. Biljna goriva .....	26
<b>4. PRIMJENA ZELENIH IZVORA NA JAHTI.....</b>	<b>27</b>
4.1. Primjena vjetroagregata.....	27
4.2. Primjena Fotonaponskih panela na jahti.....	29
4.3. Primjena akumulatorskih baterija.....	33
4.4. Primjena Pogon na bio-dizel goriva .....	34
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>36</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>39</b>
<b>7. POPIS SLIKA.....</b>	<b>42</b>

## **SAŽETAK**

Od najstarijih vremena i samog početka plovidbe traže se efikasni i održivi izvori energijena brodovima i jahtama. Ograničene količine prirodne nafte i ograničenja korištenja naftnih derivata, podstakli su razvoj novih alternativnih izvora energijena jahtama. Oni predstavljaju potencijalna rješenja optimizacije plovidbe, smanjenje potrošnje goriva, zagađenja i troškova plovidbe. Razvoj novih tehnologija omogućava razvoj novih sistema napajanja. Ovo istarživanje treba da omogući uvid u pravce rešavanja problema alternativnih izvora energije, kao i mogućanapajanja električnom energijom na jahti.

Alternativni izvori energije sunca, vjetra i vode, kao i moguća konvezija energije gasova u električnu energiju, su put rješavanja energetske efikasnosti jahte,bez štetnih uticaj na okolinu.

**Ključne riječi:** elektična energija na jahti, vrste goriva, alternativni izvori energije, zeleni izvori energije, zaštita životne sredine.

## **ABSTRACT**

From the very beginning of navigation, an efficient and sustainable way of powering ships and yachts has been sought. The increasing restrictions on pollution levels, likely to be applied to road traffic soon on yachts, have spurred the development of new power sources that represent potential solutions to optimize navigation by reducing fuel consumption, reducing pollution and the cost of navigation itself. The development of new technologies is progressing at a rapid pace, so that every day there are some new steps and the construction of commercial boats and yachts with new power systems.

This paper provides an overview of possible new alternative power sources for yachts, describes their main features and outlines the advantages and disadvantages of using them in terms of economic efficiency and environmental friendliness. New alternative sources will not have the same disadvantages as diesel fuels and which as such could eventually become a better quality and more desirable replacement. Such replacement should be renewable, inexpensive and should not have a negative impact on the environment.

**Keywords:** yacht electricity, fuel types, alternative energy sources, green energy sources, environmental protection

## **1. UVOD**

Većina današnjih brodova i jahta kao primarne pogonske pokretače koristi dizel motore. Razlog za to je njihova energetska učinkovitost, konceptualna jednostavnost i velika pouzdanost. Međutim, oni imaju i negativni uticaj na okolinu jer u transformaciji hemijske energije goriva u toplotnu i u mehanički rad motora, produkti sagorijevanja završavaju u atmosferi koju zagađuju. U tom pogledu je prisutna i sve stroža pravna legislativa sa strogim standardima za zaštitu životne sredine i visokim ekološkim taksama na emisije štetnih gasova, što utiče na cijenu goriva. Takođe treba napomenuti da sirove nafte ima u ograničenim količinama i da ona kao emergent - pogonsko gorivo ima ograničani vijek trajanja. Sa stanovišta tržišnih principa (ponude i potražnje) to će određivati rast cijena nafte što u ekonomskom smislu čini upitnim korištenje postojećih tehnologija i otvara širok prostor za traženje novih, optimalnih rješenja pogona brodova i jahti.

Jedan od glavnih uzroka klimatskih promjenama su emisije stakleničkih gasova, čemu dijelom doprinosi i proizvodnja električne energije iz fosilnih goriva. Ti izvori energije ograničeni su količinom energetske materije i sa druge strane imaju negativan uticaj na životnu okolinu, a posebno atmosferu jer se njihovi sagorijevanjem emituju velike količine ugljendioksida, sumpornih jedinjenja i čadi. Većina energije koja se u svijetu koristi dolazi od neobnovljivih izvora energije, a procjenjuje se da je njihov udio 83,3%. Zbog toga se teži upotreba ekološki prihvatljivih energetskih izvora kao što su energija vjetra i energija sunca. Vodni saobraćaj, kao najjeftiniji i najveći, znatno utiče na kvalitet mora i riječnih voda. Pored primjene najstrožih svjetskih standarda i modernih tehnologija za prečišćavanje otpadnih voda i zbrinjavanje otpada, svakog dana u more dospijevaju velike količine različitog otpada, kao što su nafta i naftni derivati, različita hemijska sredstva, fekalije itd.

Alternativni izvori napajanja jahti smatraju se kao suma isplaniranih i sprovedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da nivo udobnosti i stopa proizvodnje ostanu očuvane. Ne podrazumijeva se štednja energije kojom bi se narušila proizvodnja, udobnost, sigurnost ili bilo koja izlazna veličina procesa. Energetska učinkovitost ne narušava uslove rada već povećava odnos dobijenog i uloženog.

### **1.1. Problem istraživanja**

Većina današnjih brodova i jahta kao primarne pokretače, koristi dizelske motore. Razlog je njihova toplotna učinkovitost, konceptualna jednostavnost i veća pouzdanost. Međutim, negativni utjecaj na okolinu s posljedično sve strožom legislativom za njegovu zaštitu, te rastuće cijene goriva i uvođenje poreza na emisije štetnih gasova, čine upitnim korištenje postojećih tehnologija te stvaraju potrebu za traženjem novih, optimalnijih rješenja napajanja jahti.

Raspoloživost alternativnih izvora energije, te transformacija, skladištenje i ponovna upotreba na jahtama predstavlja projektantski izazov zbog ograničenja koja postoje, a posebno u vidu raspoloživog prostora, težine ovakvih sistema i nepredvidljivosti alternativnih izvora.

Kako je jahting turizam u okviru nautičkog turizma doživio izuzetnu ekspanziju, to se odrazilo i na projektovanje i gradnju velikog broja savremenih malih srednjih i velikih - giga jahti. One su jedan od osnovnih nosilaca navednog razvoja, iz tih razloga se i problem primjene alternativnih izvora napajanja na jahtama dodatno usložnio. Problemi alternativnih izvora

energije na jahtama su kompleksni i u svom sagledavanju zahtijevaju više kriterijumski pristup sa stanovišta mogućnosti primjene alternativnih izvora napajanja jahti i kako sa stanovišta zaštite okoline, tako i sa stanovišta ekonomске odnosno finansijske isplativosti.

## **1.2. Predmet istraživanja**

Predmet ovog istraživanja je mali dio problematike raspolaganja energijom na jahti u domenu izvora, distribucije i potrošnje električne energije na jahti, i oni pripadaju nauci o brodogradnji.

U njegoj jezičkoj operacionalizaciji možemo ga formulisati u obliku rečenice, kao; „Primjena alternativnih izvora energije na jahti“.

U ovom slučaju predmet istraživanja stručne i naučne strane djelimično ili potpuno isključuje primjenu motora sa unutrašnjim sagorjevajem na jahti. On obuhvata probleme sagledavanja svih potencijalnih alternativnih izvora energije raspoloživih tokom korištenja jahte, načine njihove transformacije u upotrebljivu energiju, te načine skladištenja i ponovne upotrebe. Istraživanje ovog problema baziraće se na sagledavanju svih mogućih alternativnih izvora energije na moru, ali i načinima proizvodnje, korištenja i skladištenja ovih izvora energije.

Takođe, alternativne tehnologije napajanja jahti i njihove najvažnije karakteristike, odnosno prednosti i nedostaci koje iste imaju.

## **1.3. Cilj istraživanja**

Većina današnjih brodova i jahti koristi dizel motore kao svoje primarne pokretače zbog njihove jednostavnosti i pouzdanosti. To je dobro poznata i najčešće primjenjivana tehnologija s raširenom mrežom proizvođača, remontnih postrojenja i snabdjevača rezervnih dijelova.

Međutim, mnogi se kako u jahting, tako i u cijeloj pomorskoj industriji pitaju koliko je današnji sistem prije svega održiv. Izazovi su prije svega rastuća cijena goriva, sve strožija regulativa u zaštiti okoline i uvođenje jake kontrole i mogućih kazni kod emisije štetnih plinova. Iz tih razloga naučni cilj ovog istraživanja jeste da se naučno opiše primjena alternativnih izvora energije na jahti.

Takođe, praktični cilj ovog istraživanja jeste praktični pregled mogućih alternativnih izvora napajanja, sa opisom njihovih glavnih karakteristika, prednosti i nedostataka u pogledu ekonomске isplativosti i ekološke prihvatljivosti njihovog korištenja. Cilj istraživanja je pokazati i drugim istraživačima a najprije studentima fakulteta da je energetska tranzicija u plovidbi moguća uz upotrebu današnjih alternativnih tehnologija. Ona može imati za posledicu i potpuno izbacivanje klasičnih izvora energije, odnosno zamjenu toplotnih mašina ili izbacivanjem motora sa unutrašnjim sagorjevanjem sa jahti.

## **1.4. Hipoteze istraživanja**

Novim tehnološkim saznanjima moguće je predložiti nove izvore napajanja brodova i jahta. Sistematskom analizom i sintezom tehnologija dostupnih na brodovima i jahtama, moguće je ponuditi nova rješenja koja će doprinijeti smanjenu štetnih gasova, kao i ekonomsku opravdanost i efikasnost.

Alternativni izvori i razvijene tehnologije korištenja su u mogućnosti omogućiti jahtama korištenje značajnog dijela ovih izvora u energetskim potrebama, pa čak i omogućiti potpuno

nezavisnu plovidbu upotrebom isključivo ovih izvora energije. U tom pogledu istraživanje se zasniva na nekoliko pretpostavki ili hipoteza.

Glavna hipoteza rada vezana je za sam predmet istraživanja i naslov ovog rada i glasi:  
Hg -Primjena alternativnih izvora energije na jahti jest rješenje energetske efikasnosti jahti.

Na osnovu glavne hipoteze moguće je postaviti slijedeće posebne hipoteze:

H1-Energetske potrebe jahte obuhvataju potrebe potrošača za energijom, energetske izvore, distribuciju energija, kao i izbor naponskog nivoa elektroenergetskog sistema na jahti.

H2 -Alternativni izvori energije na jahti su izvori energije vjetra, energije sunca, energije hemijskih izvora i biljnih goriva.

H3-Primjena zelenih izvora na jahti je primjena; vjetroagregata, fotonaponskih panela, akumulatorskih baterija, pogona na bio-dizel goriva.

## **1.5. Metod istraživanja**

Kompleksnost samog problema, kao i njegova povezanost sa predmetom istraživanja, odnosno mogućnostima korištenja alternativnih izvora energije za napajanje jahti, zahtijeva da se u procesu sprovodenja istraživačkog postupka primjeni više naučnih metoda i metoda istraživanja.

Radi istraživanja ovog problema u oblasti nauke o brodograđanji biće primjenjen sistemski pristup, a za razumjevanja pojave energetskih potreba jahti biće primjenjena metoda razumjevanja.

Za istraživanje istorijske dimenzije nastajanja i razvoja brodskih bilansa, brodske elektro energetike i sa njima povezanih pomorskih propisa i tehničkih standarda, koristiće se istorijsko - komparativna metoda kao opšta naučna metoda.

Takođe, u istraživanju koristiće se i posebne naučne metode, kao što su analiza i sinteza, metoda indukcije i dedukcije, kao i metoda generalizacije i specijalizacije. Radi odvajanja i određivanja alternativnih izvora energije na jahtu koristiće se metode definisanja i klasifikacije, a za odvajanje zelenih izvora energije biće primjenjena metoda komparacije.

Iz razloga što se u bliskoj budućnosti očekuje da će obnovljivi izvori energije postati konkurentni tradicionalnim izvorima energije, kao i na aktuelnost ove teme u maloj i velikoj brodogradnji, pomorstvu, pomorskoj elektro-energetici, i dostupnoj stručnoj literaturi, u istraživačkom postupku, biće primjenjene empirijske metode; metoda posmatranja i metoda analize sadržaja.

## **1.6. Opravdanost istraživanja**

Sredstva na jahti koja su u funkciji elektro energetskog bilansa su dio savremene društvene i socio – tehničke problemske oblasti. Jahte imaju svoje visoko mjesto na ljestvici društvenog prestiža, iz tih razloga i etičko opravdanje ali i etičke dileme među ljudima. Sa druge strane one su kao jedan od najskupljih proizvoda brodograđevinske industrije postale predmet naučnog i tehničkog istraživanja, velikih finansijskih ulaganja, a samim tim su postale i bitan faktor razvoja cijele privredne grane.

U svakom slučaju, u budućnosti je neophodno preuzeti daljnja detaljna istraživanja osobina pojedinih alternativa u cilju otkrivanja najbolje alternative, ili pak kombinacije alternativa koje su najprikladnije u određenoj situaciji, a koje imaju najbolje performanse, najmanji štetan uticaj na okolinu, kao i najveću finansijsku isplativost u poređenju sa ostalim postojećim alternativama. Sve ovo daje jasnu naučnu opravdanost istraživanju kada su u pitanju alternativni izvori napajanja koji nam omogućuju smanjenje štetnih gasova i najefikasniju zaštitu prirodne okoline, kao i ekonomsku opravdanost korištenja i uživanja ove vrste jahte. U tom pogledu ova tema je svaki put nova i njeno istraživanje uvijek ima duboko naučno opravdanje.

Takođe, to su i razlozi koji temi daju punu društvenu opravdanost za njeno istraživanje, za koje su istovremeno zainteresovani s jedne strane brodograditelji odnosno proizvođači jahti, a sa druge strane kupci jahti, kao i borci za zaštitu životne sredine.

## **2. ENERGETSKE POTREBE JAHTE**

### **2.1. Potrebe za energijom na jahti**

„Jahte ili „brodovi specijalne namjene“ za razonodu i uživanje, kao luksuzna i reprezentativna plovila, od trenutka kada su se pojavile na moru svojim raskošnim izgledom i svrhom zaokupljaju i fasciniraju ljudе.“<sup>1</sup>

Takođe, prema teorijskom određenju u Pomorskoj enciklopediji, ona je; „Jahta (holand. jaghte lov), svaki brod (jedrenjak) ili brodić (jedrilica) namijenjen za odmor, razonodu ili sport pojedinca ili grupe ljudi. Velike jahte grade se za pojedine ličnosti (šefove država, predsjednike vlada) za reprezentativne svrhe ili ih drže vlasnici velikih brodarskih i drugih kompanija za vlastitu razonodu ili reprezentaciju. Posebna vrsta jahti su jahte za krstarenje i regatne jahte, namijenjene za jedriličarska natjecanja. Konstrukcija i oprema regatnih jahti prilagođene su osnovnom cilju: postizanju što veće brzine makar na štetu udobnosti posade i putnika.“<sup>2</sup>

Danas su jahte široko rasprostranjeni brodovi koji svoju namjenu ostvaruju u nautičkom turizmu i predstavljaju jednu od osnovnih vrsta plovnih objekata nautičkog turizma. Navodeći plovne objekte nautičkog turizma, u Pravilniku se određuje i pojam; „Turistička jahta je plovni objekat za duži boravak nautičara, sa kabinom koja je opremljena sa najmanje dva ležaja, toaletom i uređajem za kuhanje (jahta na motorni pogon, jahta na pogon vjetra).“<sup>3</sup>

U tom pogledu donijet je i posebni Zakon o jahtama u kome se jahta u članu dva, definiše kao; „ jahta je plovni objekat na motorni pogon ili jedra, koji može imati više od jednog trupa, namijenjen i opremljen za duži boravak na moru, za razonodu, sport i rekreaciju, čija dužina je veća od 7m i koji se koristi za lične potrebe ili privrednu djelatnost.“<sup>4</sup>

Da bi jahta imala pravo da plovi, ona kao plovni objekat mora biti u pomorskom smislu sigurna i ispunjavati određene tehničke uslove propisane za njenu registraciju. Prilikom upisa u registar, jahti se određuje državnu pripadnost, ime i oznaka, pozivni znak i MMSI broj, područje plovidbe. Sposobnost za plovidbu u određenim kategorijama plovidbe i za određenu namjenu, „ako ispunjava zahtjeve utvrđene potvrđenim međunarodnim ugovorima i ovim zakonom, u odnosu na:

- sigurnost ljudskih života, jahte i imovine;
- sigurnosnu zaštitu;
- sprječavanje zagađivanja mora sa jahte;
- sprječavanje zagađivanja vazduha;
- zaštitu mora od bioinvazionih vrsta u balastnim vodama;
- zaštitu morske okoline od štetnog djelovanja sistema protiv obrastanja trupa; 5
- zaštitu na radu, smještaj posade i drugih lica zaposlenih na brodu;

<sup>1</sup>Đurđenović I, Istorija jahti, Specijalistički rad, FMS Tivat, Tivat, 2015., str. 2.

<sup>2</sup>Pomorska enciklopedija, Tom 3 (I - Ko), Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1976, str. 214.

<sup>3</sup>Pravilnik o vrstama objekata nautičkog turizma, minimalno tehničkim uslovima i njihovoj kategorizaciji, "Službeni list RCG", br. 9/2003 od 18.2.2003., član 8., str. 2.

<sup>4</sup>Zakon o jahtama, "Službeni list Republike Crne Gore", br. 046/07 od 31.07.2007, Službeni list Crne Gore", br. 073/10 od 10.12.2010, 040/11 od 08.08.2011, 042/15 od 29.07.2015, 016/16 od 08.03.2016), član 2.

- uslove za prevoz putnika;
- najmanji propisani broj članova posade sa odgovarajućim ovlašćenjima o sposobljenosti i/ili posebnoj sposobljenosti;
- smještaj i broj ukrcanih putnika u skladu sa propisanim uslovima za prevoz putnika i uslovima datim u dokumentima;
- pružanje medicinske pomoći.<sup>5</sup>Što se naravno utvrđuje tehničkim pregledom, tehnički pregled jahte jeste ispunjavanje određenih standarda u pogledu svih uslova;„za stavljanje na tržiste, uslove koje mora da ispunjava proizvođač jahte, način i postupak imenovanja proizvođača, isprave, zapise i knjige jahte propisuje Ministarstvo.“<sup>6</sup>

Pravilnikom o tehničkim uslovima za sposobnost jahte za plovidbu, koji je objavljen u Službenom Listu, Crne Gore broj 74. 2016., godine. U prilogu su dati „Tehnički uslovi za sposobnost jahte za plovidbu, isprave, zapisi i knjige“, tačka 21. Tehničkih uslova za sposobnost jahte za plovidbu posvećena je električnoj opremi i navodi; „Električna oprema treba da bude projektovana i ugrađena na način da se omogući sigurno korištenje jahte i da opasnost od požara ili strujnog udara bude smanjena na najveću moguću mjeru. Strujni krugovi, osim strujnog kruga koji se napaja iz akumulatorskih baterija za pokretanje pogonske mašine, treba da budu zaštićeni od kratkog spoja.

Akumulatorske baterije treba da budu pravilno učvršćene i zaštićene od prodora vode, a u prostorije u koje su smještene akumulatorske baterije, treba da bude obezbijeđena odgovarajuća ventilacija, radi sprečavanja nakupljanja eksplozivnih plinova koje akumulatorske baterije mogu ispušтati.

Pogonski strujni krugovi i ostali strujni krugovi ne smiju uticati jedni na druge na način da bilo koji od njih prestane da funkcioniše.<sup>7</sup> Ovim zahtjevima su utvrđeni osnovni principi sigurnosti koje jahte moraju ispunjavati, što predstavlja polazni kriterijum u istraživanju alternativnih izvora energije na jahti.

Na jahtama, na kojima se nalazi više ljudi i koje se koriste samo ljeti, postoji određena potreba za električnom energijom. Na jedrilici koja ima četiri dvokrevetne kabine sa francuskim ležajima i sa ventilatorima za rashlađivanje, prostrani salon sa kuhinjom (plinski šporet sa dvije ringle i rernom, dva frižidera i sudoperu)<sup>8</sup>, pa dva kupatila sa topлом vodom, više sjaličnih mjesta, hidrofor za vodu, multimedijalnim sistem sa ozvučenjem u salonu i kokpitu, i ostale neophodne instrumente za sigurnu plovidbu kao što su GPS/Plotter, dubinomjer, aerometar, autopilot<sup>9</sup>, su izvedene dvije brodske električne mreže na jednosmjernom naponu 12V ili 24V.

Prva, jednosmjerna mrža služi za startovanje dizel motora i ima negativan pol akumulatorske baterije uzemljen na masu dizel motora i broda. Druga, koja služi kao opšte brodska mreža sa jednosmjernim naponom 12V ili 24V je također negativnim polom akumulatorske baterije spojena na masu broda. Akumulatorske baterije se ne mogu spojiti u paralelan rad. Postoji i priključak sa kopna radi napajanja akumulatorskih baterija kod dužeg

<sup>5</sup>Isto, član 15.

<sup>6</sup>Isto.

<sup>7</sup>Pravilnikom o tehničkim uslovima za sposobnost jahte za plovidbu, koji je objavljen u Službenom Listu, Crne Gore broj 74. 2016., tačka 21., strana 8.

<sup>8</sup>Isto, tačka 23., Plinska instalacija.

<sup>9</sup>Isto, tačka 22. Sistem kojim se vrši kormilarenje i 25. Navigacijska svjetla,

stajanja u luci i ostalih potrošača na naponskom nivou 220V. U ovom slučaju napajanje potiče iz elektrodistributivne mreže.

Ukupna dnevna potrošnja električne energije na jahti može se dobiti kao zbir potrošnje jednosmernog i naizmjeničnog sistema. U ljetnom periodu za jahtu iznosi maksimalno 1.000Wh. Vršna snaga iznosi 240W pri čemu naizmjenični dio iznosi 160W. Invertor ima snagu 1000W. Potreba za električnom energijom izračunava se uzimajući u obzir različita pogonska stanja jahte (plovidbu, manevar, uplovljavanje, isplovljavanje, mirovanje u luci i slično), zone plovidbe (hladne i tople), dnevnu plovidbu (dan i noć), te uzimajući u obzir tehničke i iskustvene podatke (priključnu snagu potrošača, faktor opterećenja, faktor snage, pad napona ili gubitke u mreži i slično).

Sa povećanjem godina eksplatacije broda, potrošnja goriva se povećava iako snaga na propellerskim vratilima ostaje ista. Međutim, brzina plovidbe broda se smanjuje za istu snagu na propellerskim vratilima broda što je posljedica promjena koje se pojavljuju na propeleru. Na taj način brod postaje sve sporiji sa povećanjem godina eksplatacije, a potrošnja goriva se sve više povećava. Jedini način da se brzina plovidbe broda održi na nivou brzine plovidbe tek izgrađenog broda jeste da se snaga na propellerskim vratilima poveća čime se ubrzava propadanja glavnog pogonskog motora.

Pored navedenih najčešćih razloga za promjenu odnosa brzine plovidbe, snage glavnog pogonskog motora i povećane potrošnje goriva, u postojećoj literaturi se mogu pronaći i drugi razlozi koji nisu vezani za trajanje eksplatacije broda, već za trenutne hidrološko-meteorološke uslove koji vladaju na plovnom putu. Jednu grupu takvih uslova predstavljaju vremenski uslovi koji vladaju u trenutku plovidbe broda. Nepovoljni vremenski uslovi najviše utiču na visinu talasa koji se javljaju na plovnom putu, a predstavljaju jedan od glavnih problema graditeljima brodova i brodovlasnicima. Da bi prevazišli ovaj problem, graditelji brodova su uložili veliki napor kako bi napravili brodove sa boljim prevoznim učinkom pri različitim vremenskim uslovima. Vlasnici brodova zahtijevaju brze i sigurne brodove pri nepovolnjim vremenskim uslovima, dok brodovlasnici žele da naprave najveći mogući profit.<sup>10</sup> Prema tome, proračun brzine plovidbe postaje bitan jer se zna da se pri lošim vremenskim uslovima brzina plovidbe smanjuje.

## 2.2. Energetski izvori na jahti

Električna energija na jahti se dobija pomoću dizel generatora, te ako postoji, prekoosovinskog generatora koji je pogonjen glavnim motorom. Manja količina energije na brodu dobiva se iz akumulatorskih baterija (olovni ili kiselinski akumulatori i čelični ili alkalni akumulatori). Oni služe kao izvor jednosmjerne električne energije za rezervu, napajanje pokretača motora s unutrašnjim sagorijevanjem, kao izvori u spoju s osovinskim generatorom, na manjim jedinicama za napajanje brodske mreže za vrijeme mirovanja u luci, za neprekidno napajanje električnih uređaja za potrebe navigacije, komunikacije, automatike, alarma i slično.

### Motorne jahte

Izrađuju se od različitog materijala: drveta, metala, ferobetona, kompozitnih materijala i stakloplastike. Motorne jahte za pogon koriste ugrađene dizel i benzinske motore, plinske turbine, džet

<sup>10</sup> Prpić-Oršić, J., Faltinsen, O-M., (2012) „Estimation of ship speed loss and associated CO<sub>2</sub> emissions in a seaway“, Ocean Engineering 44, str. 7.

turbine ili drugu vrstu pogona. Prema formi trupa dijele se po obliku podvodnog dijela, koji može biti: deplasmanski, poludeplasmanski – kombinovani i gliserski, na jednotrupnim brodovima, dvotrupcima – katamaranima, trimaranima pa čak na hidrokrilima ili vazdušnom jastuku. Ovakve konstrukcije trupa obezbjeđuju mali otpor i velike brzine.

### **Motorsejleri**

Motorsejleri su jahte koje predstavljaju prelazni oblik između deplasmanske motorne jahte i jedrilice za krstarenje. Njihov osnovni pogon je motor, ali su opremljene i jedrima koja se koriste samostalno pri povoljnem vjetru ili u kombinaciji sa motorom. Za konstrukciju ovih jahti koriste se svi raspoloživi brodograđevnski materijali.

### **Jedrilice**

Jedrilice su jahte koje kao osnovnu pogonsku energiju za svoje kretanje koriste snagu vjetra. Ovakav pogon omogućavaju jedra, koja zahvaljujući svojim aerodinamičkim osobinama, snagu vjetra pretvaraju u pogonsku silu koja pokreće jedrilicu. Danas se na jedrilicama koristi više vrsta jedara, ali je najrasprostranjeniji oblik bermudskih jedara i nešto rjeđe se sreću sošna jedra na oldtajmerima. Svaka jedrilica koja se koristi za nautički turizam ima ugrađen motor ili ima mogućnost montiranja vanbrodskog motora. Na regatama upotreba motora nije dozvoljena, a u turističkim krstarenjima koristi se samo kada nema dovoljno vjetra. Ova vrsta jedrilica se može podijeliti u dvije kategorije: jedrilice za krstarenje (krstaši) i regatne jedrilice.

#### **Jedrilice za krstarenje – krstaši**

Jedrilice za krstarenje – krstaši, su veoma rasprostranjeni i brojni. Sa ovim jedrilicama plovi se na svim vodama, a na rijekama su manjih dimenzija ili sa pokretnom kobilicom. Kao materijal za izradu upotrebljavaju se svi materijali, ali je najčešća gradnja od staklo-plastike. Kabina ovih brodova je opremljena svim potrebnim sadržajima za duži boravak posade na moru. Ovi brodovi pored standardne opreme za vez imaju i dodatnu opremu za jedrenje, koja u zavisnosti od namjene broda može biti raznovrsna i različitog kvaliteta.

Navedenim vrstama jahti mogu se organizovati različiti tipovi krstarenja u zavisnosti od veličine, opreme i ambicija posade. Za okeanska i druga krstarenja po otvorenom moru, svi ovi brodovi bi trebali da budu opremljeni savremenim uređajima za navigaciju.

#### **Regatne jedrilice**

Regatne jedrilice su namijenjene za sportsko takmičenje na regatama, pa je njihova konstrukcija i opremljenost prilagođena postizanju maksimalnih brzina pod jedrima. Ove jedrilice imaju specifičnu formu trupa, manju širinu, jarbole veće visine, maksimalnu površinu jedara i težu kobilicu, smještenu na većoj dubini. Izrađuju se uglavnom od staklo-plastike ili kompozitnih materijala (kevlar – karbon). Prostor na palubi i u kokpitu se koristi za što bolji smještaj opreme za jedrenje. Manje jedrilice nemaju motor, a veće jedrilice – krstaši imaju motore minimalne snage. Na ovim jedrilicama je komfor minimalan, a sve ostalo je podređeno postizanju što većih brzina na vodi.

### **2.3. Distribucija energije na jahti**

Distribucija energije u moreplovstvu sama po sebi je specifična jer je svaki sistem, bio to brod ili jahta, poseban za sebe. Uz to što je izolovan, svaki plovni objekt ima određenu specifičnu potražnju i karakteristike. Na brodu se koriste tri vrste izvora električne energije:

- generatori
- akumulatorske baterije
- galvanski članci

Osnovni izvori električne energije na brodu su generatori. Svaki brod mora imati barem dva glavna generatora (uglavnom dizel-generatori, a rjeđe turbo-generatori pogonjeni parnim ili plinskim turbinama) i generator za nužnost. Neobavezno se ugrađuju generatori za povećanje energetske učinkovitosti: osovinski generator (pogonjen glavnim pogonom), parni turbo-generator i lučki generator (manji dizelagregat za rad kada brod miruje). Prema vrsti pogonskog motora dijelimo ih na:

- dizel generatore,
- turbo generatore i
- osovinske generatore.

Snage brodskih generatora kreću se od nekoliko stotina kVA, pa sve do 18000 kVA na velikim putničkim brodovima koji su opremljeni dizel električnom propulzijom. Izbor vrste generatora i broja pari polova određuje se prema vrsti i broju okretaja pogonskog stroja. Akumulatorske baterije se koriste u akumulatorskoj stanici za napajanje sigurnosne mreže 12 ili 24V na koju su priključeni pomoćna rasvjeta, automatika, komunikacije, alarmni sistem. Na velikim putničkim brodovima akumulatori mogu u nuždi napajati istosmjerne mreže 110 ili 220V. Posebne akumulatorske baterije koriste se za pokretanje dizel-motora generatora za nužnost. Galvanski članci se koriste za napajanje ručnih prenosnih uređaja (mjerni instrumenti, ručna radio stanica, baterijske svjetiljke, itd.).

Za napajanje potrošača manjih snaga česta je upotreba akumulatora na bazinikla (nikal-kadmij i nikal-metal-hidrid akumulatori) koji se u novije vrijeme zamjenjuju akumulatorima na bazi litija (litij-ion, litij-polimer, pa najnovije ilitij-željezo-fosfat).<sup>11</sup> Najkvalitetnije baterije u ovu svrhu imaju dobre karakteristike. Vijek trajanja im je oko deset godina, mogu se puniti oko 3 000 puta a prosječno jetrajanje jednog punjenja tri sata.

## **2.4. Izbor naponskog nivoa elektroenergetskog sistema na jahti**

Kod izbora napona brodske električne mreže najveću ulogu ima veličina električnog sistema, odnosno ukupna snaga instalisanih potrošača koji direktno utiču na struju kratkog spoja, koja je najznačajniji faktor pri projektovanju i dimenzioniranju sklopnih uređaja i zaštita ne samo u brodovima nego i uopšte svuda. Danas je još uvjek na brodovima najrašireniji trofazni naizmjениčni napon od 440 V i 60 Hz i u manjoj mjeri 380 V 50 Hz, a ponovim mjerama pokušava se uvesti visokonaponski sistem sa 690 V i 60 Hz koji se prema novim istraživanjima pokazao odlično radi uštede na prostoru u smislu smanjenja struje i smanjenja kvadrature kablova. Porastom instalirane snage i gradnjom tehnički sve zahtjevnijih brodova sve se više prelazi na primjenu visokog napona. Standardne vrijednosti visokog napona na brodovima, pri frekvenciji od 60 Hz su: 3,3 kV, 6 kV, 6,6 kV i 11 kV

---

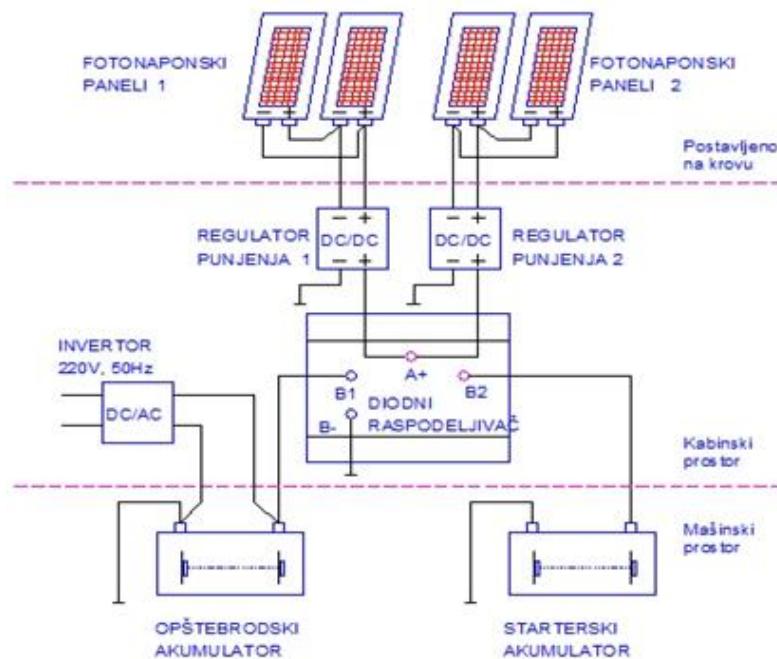
<sup>11</sup>Požar H., Karadža N., Bačan A., Horváth L., Knežević S. (2009), Mali vjetroagregati i fotonaponski moduli za autonomne aplikacije na otocima Primorsko-goranske županije, Energetski institut, Zagreb, str. 94.

Glavni zadatak analize električne snage brodova i jahti je izračunati električnu snagu koju zahtijevaju korisnici istih. Rezultat ovakve analize koristi se za direktno glavnog operativnog sistema broda. Kada nam je poznata potrebna snaga lako je moguće odrediti veličinu, broj i tip generatora. Samim tim odabirom smanjuju se troškovi upravljanja i potrebitih instalacija.

Da bi se odredio naponski nivo elektroenergetskog sistema, potrebne su informacije o jahti. Glavni dokument treba da sadržava sve električne uređaje instalirane na brodu. Uvijek je moguće koristiti stare podatke ostalih brodova sličnih dimenzija radi poboljšavanja tačnosti same analize. Tradicionalna metoda za izračunavanje analize električne snage bazira se na faktorima koji uključuju ponašanje svakog korisnika u različitim operativnim situacijama.

### 3. ALTERNATIVNI IZVORI ENERGIJE

Vrste obnovljivih izvora energije koje su primjenjive na brodu nove generacije su solarna energija i vjetro energija. Brodski elektroenergetski sistem u odnosu na kopneni elektroenergetski sistem ima širi raspon frekvencija, a dužine kablova su znatno kraće što doprinosi smanjenim elektroenergetskim gubicima te znatno manjim padovima napona. Upravljanje brodskim elektroenergetskim sistemom vrši se posebnim brodskim sistemom upravljanja koji za cilj ima optimalno funkcionisanje sistema koji uključuju obnovljive izvore energije, dakle hibridni sistemi napajanja, imaju i svoje mane.



Slika 1. Električna šema hibridnog napajanja jahte.<sup>12</sup>

Hibridni sistem mora imati veću instaliranu snagu od klasičnog sistema zbog prirode obnovljivih izvora. Kod sistema s većim udjelom obnovljivih izvora energije može doći u pitanje i stabilnost sistema. Uključivanje obnovljivih izvora energije u brodski elektroenergetski sistem pridonosi se smanjenju emisija stakleničkih gasova, ali i štetnih organskih čestica. Spremanja energije u baterije za sada je najidealniji način zbog same prirode obnovljivih izvora energije. Solarni paneli tako su idealni za punjenje baterija. Međutim zbog upotrebe baterija dolazimo do drugih problema. Najveći problem baterija u slučaju kad je instalirana snaga u baterijama dovoljno mala u poređenju sa cjelokupnom instaliranom snagom na brodu je održavanje temperature baterija unutar propisanih vrijednosti. Održavanje temperature u zadanim vrijednostima postiže se ograničavanjem struja i napona baterija. Hibridni sistemi s većim udjelom obnovljivih izvora u instaliranoj snazi predstavljaju veći izazov. Svojstvo baterija da ne mogu brzo doseći svoju instaliranu snagu može potencijalno ugroziti stabilnost

<sup>12</sup>Izvor: <http://smeitss.mycpanel.rs/bilten/III-MKOIEE/12.pdf>, str.10

elektroenergetskog sistema. Problem sporog odziva baterija bi se mogao riješiti ugradnjom zamajca u hibridni sistem čija bi svrha bila premoščavanje manjka snage u periodu dok baterije ne dostignu svoju nazivnu snagu što bi obnovljive izvore energije učinilo balansiranim. Prilikom instalisanja baterija potrebno je voditi računa o parama i gasovima koji nastaju u tom procesu, pa je prostoriju u koje su smještene baterije potrebno ventilisati, provjetravati prirodno ili mehaničkim putem.

Jedno od najvećih ograničenja korištenja baterija na brodovima i jahtama jeste njihova težina, pa je plovila gdje se planiraju u većoj mjeri koristiti obnovljivi izvori energije i skladištenje iste potrebno projektovati tako da se predvide prostori na brodu dovoljno nisko da baterije svojom težinom ne naruše stabilnost plovila.

### 3.1. Energija vjetra

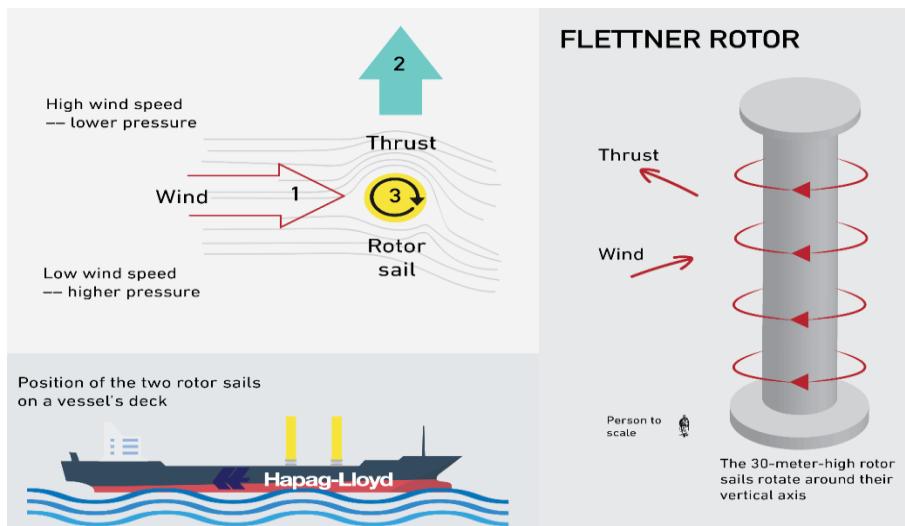
Vjetar nastaje kao posljedica sunčevog zračenja. Kretanje vazduha javlja se zbog neravnomjernog zagrijavanja Zemljine površine, pa zbog toga dolazi do promjena pritiska vazduha što izaziva pojavu koju nazivamo vjetar. Energija vjetra imala je veliku ulogu u razvoju ljudske civilizacije počevši od pogona brodova 5.000 godina p.n.e. u Egiptu do danas, pa do mljevenja žitarica na području današnjeg Avganistana 2.000 godina prije p.n.e. Kad jedrenjak razvije jedra, iskorištava energiju vjetra kako bi plovio. Takav je način zastavljen godinama. Vjetar je pomogao i u otkrivanju Amerike, gdje su Kolumbovi brodovi bili jedrenjaci.<sup>13</sup>

Vjetar je vodoravno strujanje vazduha koje nastaje zbog nejednakog pritiska u Zemljinoj atmosferi. Određen je brzinom (m/s) i smjerom. U meteorologiji službena jedinica za brzinu vjetra je "metar po sekundi". Energija vjetra je zapravo oblik sunčeve energije. Svakog sata Sunce emituje na Zemlju ~1014 kWh energije. Od 1 do 2% energije što je emitira Sunce pretvara se u energiju vjetra. To je 50 do 100 puta više nego što se pretvoriti u biomasu. Sunce neravnomjerno zagrijava različite dijelove Zemlje i to rezultuje različitim pritiskom vazduha, a vjetar nastaje zbog težnje za njegovim izjednačavanjem. Područja oko ekvatora zagrijavaju se sunčevom toplinom znatno više od ostalih dijelova Zemlje.

Jedra kakva mi danas poznajemo su jedna od najstarijih tehnika kretanja kroz vodu. Danas ovakva jedra većinom se mogu naći na elitnim jahtama, koje su opremljenije automatskim sistemom trimanja jedara. Smatra se kao alternativa sistemima koji emitiraju velike količine štetnih gasova u atmosferu. Iako to zvuči vrlo povoljno, korištenje propulzije pogonjene vjetrom još nije zaživjelo u korištenju na velikim trgovačkim brodovima. Razlog tome je najviše ograničenost ruta na kojima duvaju stalni vjetrovi. Dva sistema korištenja vjetra koji se danas najviše ističu su: propulzija zmajem i propulzija jedrom. Imamo više izbora za iskorištavanje ove energije vjetra. To su: Flettner rotor, zmajevi, platnena jedra, kruta jedra i vjetro - turbine.

---

<sup>13</sup><http://www.vjetroelektrane.com/povijest>, posjećeno 08.10.2019.



Slika 2. Magnusov efekt.<sup>14</sup>

Flettnerovi rotorji koriste Magnusovu silu fluida, vjetra. Pojednostavljeni, cilindri koji se nalaze na brodu, rotiraju se i u slučaju prelaska vjetra oko njih dolazi do podizne sile. U usporedbi s jedrom ovakav sistem ima za prednost pretvaranja vjetra u korisni moment prema naprijed čak i ako je brzina broda veća od brzine relativnog vjetra. Ovakav sistem bi imao najveću korist na velikim brodovima. Prilikom upotrebe može doći do stvaranja problema oko miješanja sila ukoliko brod posjeduje više od jednog rotora. Trenutno se nalazi u fazi razvoja i pokušne plovidbe na nekim brodovima. Eksperimentisanje s Flettner rotorima seže još iz 1920-ih. Rotor koristi Magnusov efekat mehanike fluida, gdje vjetar prolazi kroz rotacioni cilindar koji stvara silu nagona. Ova sila ima linearnu zavisnost od vjetra za razliku od konvencionalnih jedara i krila vjetroturbina pa brod može razviti silu nagona veću od brzine vjetra.



Slika 3. Brod sa dva rotora.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Izvor: <https://iveybusinessreview.ca/wp-content/uploads/2018/04/Hapag-Lloyd-Graphic-2-Rotor-Magnus-Effect.png>

<sup>15</sup>

Izvor: [https://videos.ctfassets.net/g2cz037yuzfg/50oXTjRyUvhCRICVzE8Sx/f979924e715368b29f9d6bd52cb785ef/Maersk\\_Pelican\\_15s\\_Web-hero.mp4](https://videos.ctfassets.net/g2cz037yuzfg/50oXTjRyUvhCRICVzE8Sx/f979924e715368b29f9d6bd52cb785ef/Maersk_Pelican_15s_Web-hero.mp4)

Normalna jedra i zmajevi se koriste na mnogim brodovima kao testna varijanta. Njihova iskoristivost ponajviše zavisi od smjera kretanja broda i smjera vjetra. U slučaju vjetro-turbina montiranih na brod najčešće služe kao izvor energije umjesto generatora. Njihov problem je visina koja dovodi do promjene u metacentarskoj visini tj. smanjuju stabilnost broda pri nemirnom moru. Također, kako bi došlo do poboljšanja iskoristivosti sistema nagona na vjetar, dno broda skupa s propelerom treba biti temeljito prerađeno, pa tako postoji velika mogućnost gubljenja određenog postotka pri kretanju broda samo na standardni pogon.<sup>16</sup>

Novi sistem za kretanje brodova vjetrom predstavlja i vuča zmajem. Spomenuo sam već SkySail. Poznati su po svojem zmaju od 320 m<sup>2</sup> koji se najčešće primjenjuju na brodovima nosivosti od 25000 do 30000 tona. Takav sistem omogućava uštedu od oko 35% pri povoljnim uslovima vjetra. Prednost pred sistemom jedrilja je da zmaj iskorištava vjetar na rasponu visine od 100-400 m, a poznato je da snaga vjetra raste s porastom visine. Pri nekim testovima snaga vjetra na visini od 200 m bila je za 3 puta jača od vjetra na nivou mora.<sup>17</sup>



Slika 4. Jahta sa zmajem SkySail.<sup>18</sup>

Moderni dizajn zmajeva je doveo do povećanja iskoristivosti, pa sada ona iznosi do 50 stepeni u vjetar. Najveći dizajnirani zmajevi generišu silu jednaku radu motora od 5004.8 kW. Slika 4, prikazuje uštedu vezanu uz korištenje SkySail tehnologije naspram normalnog pogona dizel motorima. Uočljivo je da ušteda počinje lagano opadati porastom brzine. Projektovanje odgovarajućih dimenzija i oblika zmaja je vrlo komplikovano pa je ono sada više u testnoj fazi. Međutim, kako su uštede pri plovidbi sa zmajem velike, za očekivanje je gradnja brodova s ovim sistemom na morskim rutama gdje su stalni vjetrovni. Energija dobivena na ovaj način ne stvara nikakve štetne produkte.

### 3.2. Energija sunca

Korištenje sunčeve energije je jedna od velikih energetskih, a samim time i pogonskih perspektiva za brodove u budućnosti. Danas se putem manjih foto naponskih modula sunčeva energija proizvodni na brojnim manjim brodovima i jahtama i to uglavnom kao električna energija, ali vrlo malo na većim brodovima. Korištenje sunčeve energije je fizikalno najlakši način dobivanja energije.

<sup>16</sup>Požar H., Karadža N., Bačan A., Horváth L., Knežević S. (2009), Mali vjetroagregati i fotonaponski moduli za autonomne aplikacije na otocima Primorsko-goranske županije, Energetski institut, Zagreb, str. 102.

<sup>17</sup><https://inhabitat.com/cargill-will-propel-its-ships-using-skysails-kites-to-cut-fuel-consumption/> preuzeto 10.7.2019.

<sup>18</sup>Izvor: <https://media.treehugger.com/assets/images/2011/10/Sky-Sails.jpg>

Prvijenac korištenja solarne propulzije u pomorstvu dogodio se 2008. godine. Mnoge prednosti su bile odmah uočljive, poput velikog smanjenja ispuštanja ugljenog dioksida, azotnih i sumpornih oksida. Tokom mnogih testiranja došlo se do saznanja da skupljanje energije uz pomoć modula još nije usavršeno te se za sada može upotrebljavati samo kao pomoćni sistem, pa da u poređenju s izlaznom snagom dizel motora, još ne ugrožava njegovo postojanje u većoj mjeri.

Motorni brod Auriga Leader je prvi veći brod koji ima mogućnost napajanja glavne brodske mreže električnom energijom samo uz pomoć foto naponskih panela. Cilj broda je pokazati da se može smanjiti potreba velikih brodova za korištenjem dizel goriva koje ima veliki uticaj na zagađivanje zemlje. Posjeduje 328 panela koji su smješteni na gornjoj palubi pa su u stanju davati energiju za upravljanje bočnim propulzorima, hidraulikom i upravljačkim sistemom. Ukupno gledajući foto naponski paneli imaju mogućnost osigurati oko 10 posto potrebne energije za funkcioniranje broda. Auriga Leader na vezu ima potrebu od 400 kW energije, dok veći brodovi poput supertankera znaju trošiti i po 5000 kW što najvećim dijelom odlazi na pumpe za iskrcaj terete. Jasno je da Auriga sa svojih 328 panela nije pravi pogled u budućnost, no svakako je jedan od prvih koji kreću u dobrom smjeru.

Kada govorimo o napajanju pomoću sunčeve energije onda postoje dvije vrste napajanja, a to su sunčani toplinski sistemi koji se koriste za zagrijavanje potrošne tople vode te kao podrška grijanja prostora koji može biti i na brodu. Osim sunčanih kolektora, sunčani se toplinski sistemi sastoje od cijelog niza elemenata: spremnika potrošne tople vode, kotla, pumpe te popratne opreme poput sistema regulacije, sigurnosnih ventila itd. Sekundarno napajanje bili bi foto naponski sistemi koji koriste energiju sunčevog zračenja za proizvodnju električne energije, koja je u brodskom sistemu prijeko potrebna i time se može doći do većih energetskih ušteda.

Iskoristivost solarnog sistema, zavisi od niza faktora. Kada se od ukupnog 100% sunčevog zračenja odbiju optički gubici od 20% dobije se apsorbirano Sunčev zračenje u solarnom kolektoru od 80%. Toplinski su gubici kolektora ok 25% pa je iskoristivost kolektora oko 55%. Međutim zbog toplinskih gubitaka solarnog kruga od 5% i toplinskih gubitaka kruga tople vode od 5% konačna je iskoristivost solarnog sistema oko 35%.

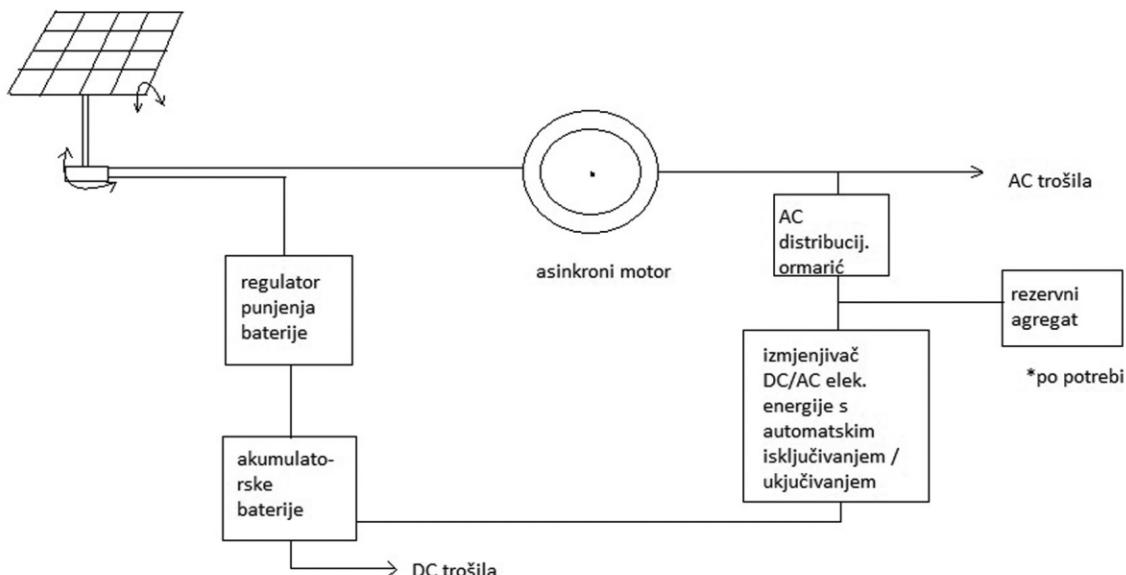
Korisna prikupljena energija sunca varira o geografskoj širini i ugлу pod kojim sunčeva zraka pada na fotonaponsku celiju. U slijedećim rečenicama ćemo navesti par primjera zemalja i njihovih prosječnih vrijednosti tokom godine. Engleska, raspolaze s oko 100 W/m<sup>2</sup> ukoliko razmatramo fotonaponske celije smještene na ravnoj podlozi. Najviši rezultati su izmjereni kod Mauritanije, čak 273 W/m<sup>2</sup>. Slijedeći problem je taj da iznos energije koja je dostupna uvelike ovisi o količini oblaka u tom području. Tako da prilikom konstruisanja broda koji će koristiti ovakve tehnologije treba uzeti u obzir i njegovo područje plovidbe. Sledeći problem s ovom tehnologijom je zahtijevanje ravnih, čistih površina koje neće biti korištene za druge svrhe, bilo druge opreme ili kod manervisanja teretom. Također ne smije biti nikakvih objekata koji će bacati sjenu na korisnu površinu kolektora. Uzimajući to sve u obzir dolazimo do zaključka da bi za primjenu ovakve tehnologije bilo vrlo povoljni RO-RO brodovi, koji imaju čisti krov paluba, a operacije ukrcanja i iskrcaja se izvode uz pomoć rampe na nižim nivoima. Ova tehnologija je u brodarstvu tek u povoјima i jasno je da će u narednim godinama doći do razvoja novih materijala za foto naponske module koji će moći primiti veće količine sunčevog zračenja, jer trenutni kapaciteti celija nisu baš povoljni. Razvija se i tehnologija smještaja sistema, pa se već sada planiraju brodovi s jarbolima koji će umjesto jedara imati sunčeve kolektore s mogućnosti zakretanja tj. smještaja kolektora na tačno određeni ugao prema sunčevim zracima.

Prednosti:

- Energija dobivena putem solarnih čelija je čista, vrlo povoljna za okolinu.
- Dio potrebne snage za propulziju se može nadoknaditi pogonom na sunčevu energiju.

Nedostaci:

- Količina sunčeve energije je različita u svakom dijelu svijeta.
- Proces kojim se sunčeva energija pretvara u električnu je zasad slabe iskoristivosti jer je potrebna velika površina modula za razmjerne malu količinu dobivene snage.
- Trošak izrade i komplikirani materijali koji se koriste pri izradi foto naponskih čelija.



Slika 5. Fotonaponski panel s ugrađenim sistemom za praćenje položaja sunca.<sup>19</sup>

### 3.3. Hemijički izvori

Prvi upotrebljivi izvori električne energije bili su hemijski izvori. Hemijski izvori dijele se na primarne, sekundarne i unovije doba, gorivne čelije.

Ukoliko ne postoji stalni izvor električne energije koji održava razliku potencijala (napon), energija sadržana u kapacitetu i razlici potencijala vrlo brzo će se potrošiti na povezanim potrošačima. Pored prirodnih izvora elektrostatičkog nanelektrisanja (nanelektrisani oblaci ili druga tijela trenjem) električna energija može nastati i na druge, mnogo praktičnije načine.

#### 3.3.1. Akumulatori

Akumulatori su vrlo pouzdani izvori električne energije ako se pravilno održavaju. Na jahtama služe za napajanje sigurnosnih uređaja, rasvjete, nekih uređaja automatizacije, navigacije i komunikacije, pokretanje „emergency“ generatora, odnosno svude gdje mora biti napajanje

<sup>19</sup>Izvor: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcT3Yx9t5ZO480-yNGVtQizapDAM6zHkyU\\_tIV2x6ho4eydHIGKH&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcT3Yx9t5ZO480-yNGVtQizapDAM6zHkyU_tIV2x6ho4eydHIGKH&usqp=CAU)

električne energije neprekidno. Akumulatori se pune preko transformatora i ispravljača. Kapacitet im se mjeri u amper-satima (Ah) koji pokazuju koliko ampera može dati akumulator u jedinici vremena. Standardni, najčešće korišteni naponi akumulatora su 6, 12, 24 i 48 V.

Akumulatori na jahtama namijenjeni su za rasvjetu u nužnosti, obaveznu rasvjetu, signalizaciju, telefoniju, dojavu požara, alarmna zvonca, pozivna zvonca, obavezne radiouređaje, električne satove, itd. Na jahtama se akumulatorske baterije čuvaju u posebnim prostorijama. Prostorije u kojima se čuvaju akumulatori trebaju biti smještene visoko na brodu, da u slučaju nesreće mogu biti što duže izvan vode, jer se njima u principu opskrbljuju električnom energijom uređaji za nužnost. U tim prostorijama nužna je dobra provjetrenost, zbog gasova koji se oslobađaju. U tim prostorijama nije mjesto ni za kakve električne naprave ili uređaje - oni se nalaze izvana (prekidači). Materijal od kojeg su izrađene stijene prostorije i pod, treba biti otporan na djelovanje kiselina, ali i lužina. Akumulatorske baterije obično se čuvaju u drvenim sanducima, koji imaju ručice za lakše prenošenje.

Ukoliko na brodu nema dizel-generatora već se kao izvor energije za nužnost koriste akumulatorske baterije one imaju ograničeni kapacitet, pa je prema tome i vrijeme u kojem se mogu koristiti bez nadopunjavanja ograničeno i zavisi od priključenoj potrošnji. Ukoliko se zbog velikog kvara očekuje da će „blackout“ potrajati duže potrebno je maksimalno smanjiti potrošnju odnosno isključiti sve nepotrebne potrošače.

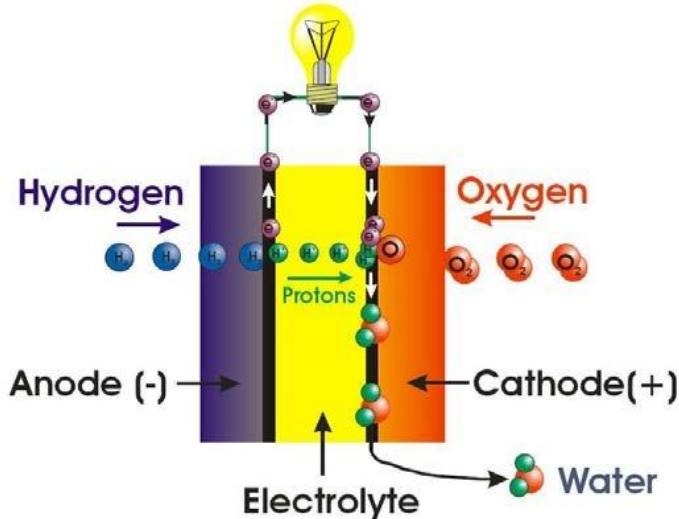
Najmanje vrijeme u kojem baterije moraju napajati zadalu potrošnju određeno je pravilima registra i zavisi od područja plovidbe, veličini i vrsti broda i kreće se od 3 do 18 sati. Ako se akumulatorske baterije koriste samo kao kratkotrajni izvor energije za napajanje u nužnosti moraju najmanje 30 minuta osigurati napajanje pomoćne rasvjete, komunikacije i signalizacije.

### **3.3.2. Gorivne ćelije**

Gorivne ćelije predstavljaju preteču četverotaktnom Otto i dizelskom motoru. Gorivne ćelije su hemijski izvori koji konkretnim hemijskim reakcijama pretvaraju gorivo (vodonik i kiseonik) u električnu energiju. Smatraju se čistim izvorima jer je produkt sagorijevanja čista voda.

Preko jedne elektrode, anode, prolazi vodonik, dok preko druge elektrode, katode, prolazi kiseonik. Uz pomoć djelovanja katalizatora na anodi se električki razdvajaju atomi vodonika, pa nastaju slobodni elektroni koji električkim provodnikom preko potrošača idu do katode. Pozitivna jezgra atoma vodonika kroz elektrolit također odlazi do katode. Nakon toga dolazi do regeneracije atoma vodonika koja se odvija na samoj katodi vodonika, pa se tako spaja s molekulama kiseonika, a kao posljedica toga nastaju toplostna energija i vodena para.

Prvu gorivu ćeliju izradio je 1839. britanski sudija i fizičar Sir William Grove. Međutim, kako je izrada tih uređaja bila skupa, a gorivo i druge komponente bilo je teško nabaviti, ta tehnologija je ostala neiskorištena sve do sredine 20. vijeka, kad su Amerikanci počeli koristiti Gorivne ćelije kao izvor energije za svemirske letjelice.



Slika 6. Goriva čelija.<sup>20</sup>

Osobine gorivne čelije odnose se na osobine primarnog izvora energije, ali i osobine baterije, a to su bešuman rad te nepostojanje pokretnih dijelova. Gorivne čelije nemaju štetnih zagađivanja, tedirektno proizvode električnu energiju pa su povoljne za ugradnju na jahte i manje brodove. Glavni problem za Gorivne čelije predstavlja njihovo gorivo. Kiseonik se može dobiti iz vazduha, međutim, nabavka vodonika je malo veći izazov. Postoji opcija direktnog ubrizgavanja vodonika, ali njegovoskladištenje predstavlja problem zbog nedostatka infrastrukture. Moguću primjenu gorivih čelija kao izvor snage na brodovima je korištenje prirodnog plina za njihov rad. Većina gorivih čelija visokih temperatura sposobne su da rade direktno na prirodnim plinima, pretvarajući pritom metan u vodonik unutar same gorivne čelije. Nedostatak ovakvog pristupa sastoji se u tome što se ugljenik (C) iz goriva pretvara u ugljeni dioksid.

### 3.3.3. Hidrogen gas generator - HHO sistem

HHO sistemi su postali popularni u proteklim godinama kao sistemi koji poboljšavaju sagorijevanje goriva u klasičnim motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem, bilo da je njihovo pogonsko gorivo dizel ili benzin. Njihov stvarni efekat zavisi u velikoj mjeri od vrste motora sa unutrašnjim sagorijevanjem i njegove efikasnosti sagorijevanja goriva i pretvaranja u korisnu energiju.

Pri tome je u skladu sa zakonom o očuvanju energije („suma svih oblika energije u zatvorenom prostoru je konstantna“), energija uložena u elektrolizu uvijek veća od dobivene energije sagorijevanjem. Obično se ime engleskog hemičara Williama Nicholsona veže uz izum elektrolize oko 1800-te godine. Yull Brown, bugarski izumitelj koji je emigrirao u Australiju, razvio je 1970-ih tehnologiju proizvodnje (elektrolize) navedene gasovite smjese i njenog ubrizgavanja u standardne motore s unutrašnjim sagorijevanjem (benzinske i dizelske), što je dovodilo do poboljšanog sagorijevanja goriva i čišćeg izduva. U doba niskih cijena nafte, slabe ekološke svijesti i neinformiranosti o posljedicama globalnog zagrijavanja – ova ideja (patent) nije dobio šиру javnosti niti poslovnih krugova. Velikim porastom cijena nafte u

<sup>20</sup>Izvor:[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-an-individual-hydrogen-oxygen-fuel-cell-Fuel-cells-are-non-polluting-and\\_fig1\\_267243545](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-an-individual-hydrogen-oxygen-fuel-cell-Fuel-cells-are-non-polluting-and_fig1_267243545)

posljednjih nekoliko godina, HHO generatori, temeljeni na opisanom principu, dolaze u središte interesa kao moguće rješenje za smanjenje potrošnje goriva kod konvencionalnih vozila s motorima na unutrašnje sagorijevanje.

HHO sistemi rade na principu da iz vode ( $H_2O$ ) elektrolizom razdvajaju molekule vodonika  $H_2$  i kiseonika  $O_2$  i stvaraju tzv. HHO gas. HHO ili  $2H_2O$ gas (eng. oxyhydrogen) predstavlja mješavinu vodonika ( $H_2$ ) i kiseonika ( $O_2$ ) obično u molekularnom odnosu 2:1 kao kod vode. HHO sistem zahtjeva veoma malo energije za rad, otprilike isto kao i audio uredaj. Ovako stvoreni HHO gas se dalje ubrizgava direktno u mješavinu goriva (dizel ili benzin) te se na taj način pospješuje sagorijevanje klasičnog goriva u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem. Kako se u ovom procesu radi o pretvaranju kinetičke energije motora u električnu energiju putem alternatora i njenom smještanju u akumulatorske baterije, iz kojih se pokreće sistem za proizvodnju HHO gasa, u ovom procesu dolazi do određenih gubitaka.

Neozbiljno je reći da HHO sistem radi bez utroška energije i da će imati benefite na svakom motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem. Moderni motori imaju velike stepene iskorištenja sa osjetljivim odnosima miješanja goriva i zraka, pa na ovakvim sistemima HHO može proizvesti suprotan efekat, odnosno smanjiti efikasnost utroška goriva.

HHO sistemi mogu dovesti do određenih ušteda i poboljšanja efikasnosti rada starijih, a posebno kod velikih dizelskih motora, koji se zapravo i koriste na starijim brodovima i jahtama. Kod ovakvih motora je stepen efikasnosti relativno nizak, te isti imaju jaku kinetičku energiju, koja se može iskoristi za produkciju određenih količina HHO gasa.

Proces elektrolize:  $2H_2O + \text{električna energija} \Rightarrow 2H_2 + O_2$

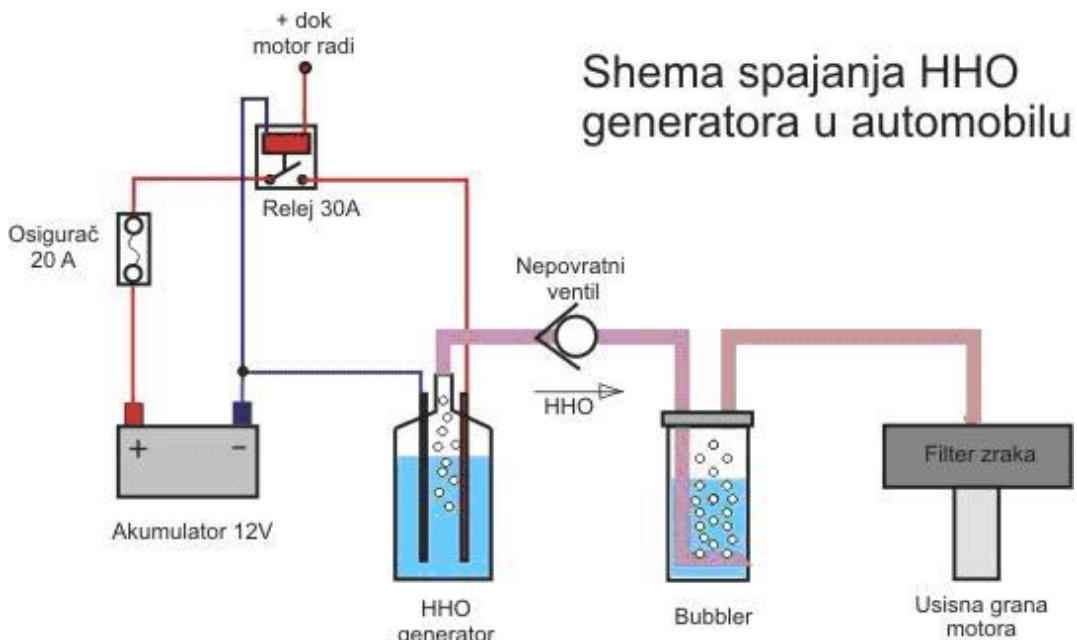
Proces izgaranja:  $2H_2 + O_2 \Rightarrow 2H_2O + \text{toplinska energija}$

Voda  $H_2O$  je stabilna molekula koja ne gori, ali kada se djelovanjem elektrolize podijeli na vodonik i kiseonik dobiva se goriva smjesa gasova koja oslobađa energiju. U procesu elektrolize razbija se veza kiseonika sa vodonikom, a kako kiseoniku nedostaju dva vanjska valentna elektrona potrebna energija elektrolize će biti velika. Električna energija koja se mora upotrijebiti za elektrolizu vode je veća od energije koja se dobije izgaranjem u motoru te se prilikom izgaranja oslobađa i toplinska energija koja je neupotrebljiva za pokretanje motora. Ako se kao izvor električne energije koriste obnovljivi izvori energije kao što su foto naponski moduli onda se cijeli krug transformacije vode u gorivni gas može posmatrati kao dobar izvor obnovljivog gasnog goriva. Vodonik ima svojstvo da ulazi u kristalnu rešetku metala te smanjuje mehanička svojstva metala i povećava nakon određenog perioda vjerovatnoću loma metala. Zbog ovih karakteristika HHO generatori se mogu koristiti samo u mješavini sa postojećim gorivom ili zemnim gasom da poboljša sagorijevanje i poveća snagu postojećih motora.

Uredaj koji se ugrađuje u jahtu s namjerom da poboljša sagorijevanje postojećeg goriva u motoru, radi na principu elektrolize vode pri čemu se stvara smješa kiseonika  $O_2$  i vodonika  $H_2$  poznata pod nazivom HHO. Struja za elektrolizu se uzima iz alternatora, odnosno, akumulatora. Količina proizvedene HHO smjese relativno je mala u odnosu na količinu goriva, ali izuzetno pospješuje potpuno izgaranje benzina ili dizela. Na taj način ostvaruju se uštede goriva od 20 do 60%. Zbog toga se uređaj naziva booster (pojačivač). Ušteda goriva nije jedina dobrobit od ugradnje HHO boostera ili HHO kita, kako se ponekad naziva. Zbog potpunog sagorijevanja goriva, značajno se smanjuje emisija štetnih izduvnih gasova i čestica. Svako vozilo s ugrađenim HHO uređajem bez problema prolazi EKO test na tehničkom pregledu. Zbog potpunog izgaranja goriva ne dolazi do stvaranja naslaga čađe i ugljikovih spojeva u cilindru i na klipu motora koji

se ispiru u ulje. Iz tog razloga ulje duže traje, a motor je puno čistiji, mirnije radi i manje se zagrijava. To, naravno, produžuje vijek trajanja motora. Ubacivanjem HHO smjese u cilindar dolazi do promjene adijabatske korisnosti motora. Posljedica toga je da se povećava okretni moment i snaga motora uz manji utrošak goriva. Zbog svega toga, troškovi održavanja motora se, također, smanjuju. Dovodna cijev iz HHO spremnika se spaja na usisnu zračnu granu motora te se stvara smjesa koja u sebi ima povećani udio kiseonika za poboljšanje izgaranja te HHO plin koji smanjuje potrebnu količinu goriva da se ostvari ista snaga motora. HHO booster je jednostavan uređaj koji se ugrađuje u motor s namjerom da poboljša izgaranje postojećeg goriva u motoru. HHO sistem je sklop komponenti koje čine:

1. HHO generator
2. Posuda za elektrolit
3. Kontrolna elektronika
4. Filter HHO plina (babler)
5. Crijeva za spajanje HHO sistema



Slika 7. Šema spajanja generatora u motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem.<sup>21</sup>

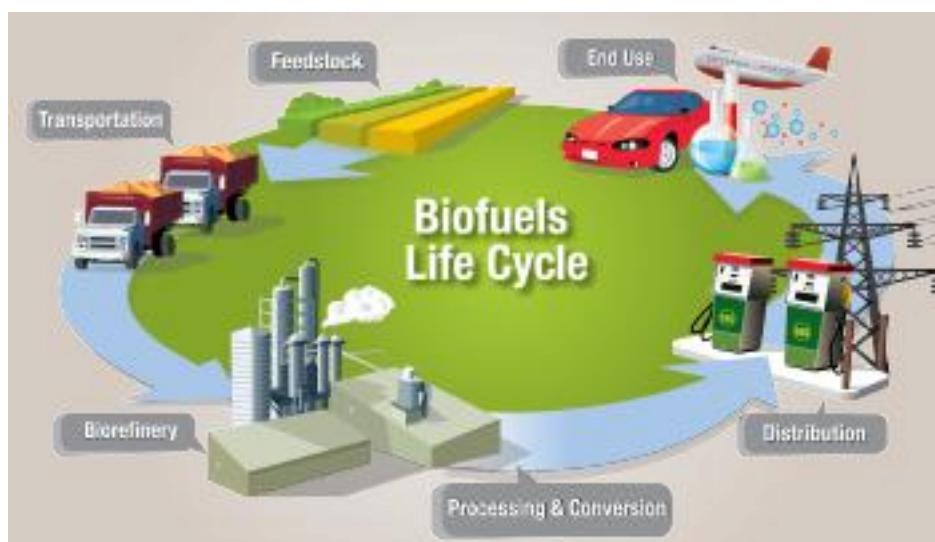
Ako se kao izvor električne energije koriste obnovljivi izvori energije kao što su foto naponski moduli onda se cijeli krug transformacije vode u gorivi plin može promatrati kao dobar izvor obnovljivog plinskog goriva. Vodonik ima svojstvo da ulazi u kristalnu rešetku metala te smanjuje mehanička svojstva metala i povećava nakon određenog perioda vjerojatnost loma metala. Zbog ovih karakteristika HHO generatori se mogu koristiti samo u mješavini sa postojećim gorivom ili zemnim plinom da poboljšaju izgaranje i povećaju snagu postojećih motora.

<sup>21</sup>Izvor: <https://sites.google.com/site/energijaizvode/my-reading-list/about-me/home>

Prilikom odabira HHO sistema veliku pažnju je potrebno obraditi na adekvatan odabir kapaciteta HHO generatora, materijala od kojih su izrađene elektrode, kontrolne elektronike i priključnog naponskog nivoa. Kod neadekvatno odabranog HHO sistema može doći do naprezanja metala i mijenjanja njihovih svojstava, te puknuća bloka motora i klipnjača, a kod nekvalitetno izrađenih elektroda može doći do odlobađanja heksavalentnog hroma, koji je veoma otrovan i kancerogen.

### 3.4. Biljna goriva

U svrhu nastojanja za zaustavljanje klimatskih promjena, pojavila se potreba za obnovljivim i jeftinim gorivima koji ne onečišćuju okolinu. Jedna od prvih solucija bila su biljna goriva. Biljna goriva se prizvode iz biomase a ne iz fosilnih ugljikohidrata, pa je ugljični dioksid ispušten u atmosferu nakon sagorijevanja isti onaj koji apsorbuju biljke od kojih se onda pravi gorivo. Imajući u vidu da cjelokupni lanac koji proizvodi biljne gorivo, troši energiju stvorenu iz tradicionalnih izvora, procjenjuje se da bi neto proizvodnja ugljičnog dioksida prilikom korištenja biljnih goriva bila 50% niža od one kad se koriste fosilna goriva ukoliko su svi drugi uslovi isti



Slika 8. Životni ciklus ugljendioksida koji je sadržan u bio dizelu.<sup>22</sup>

Biodizel i bioetanol dvije su vrste biljnih goriva koje se najčešće koriste. Biodizel je nastao reakcijom masti životinjskog porijekla i biljnih ulja kao što su ulje kokosa, ulje soje i sl. S druge strane, bioetanol je isključivo biljnog porijekla te nastaje fermentacijom biljaka bogatih šećerom kao što su kukuruz, šećerna trska, šećerna repa, kasava, i sl. Iako se ne miješa s vodom, biodizel pod određenim uslovima može reagirati s vodom i raspasti se na masne kiseline. To su jako korozivni elementi koji mogu uzrokovati veliku štetu motorima. Ukoliko se voda u spremnicima ne pomiješa s gorivom, dolazi do separacije vode i goriva te u dijelu s vodom može doći do razvoja organskih spojeva koji za posljedicu mogu imati začepljenje filtara. S druge strane, proizvodnja bioetanola nije previše učinkovita iz razloga što se značajna količina biomase ne iskorištava. Razlog tomu je što su grane i lišće ti koji su bogati.

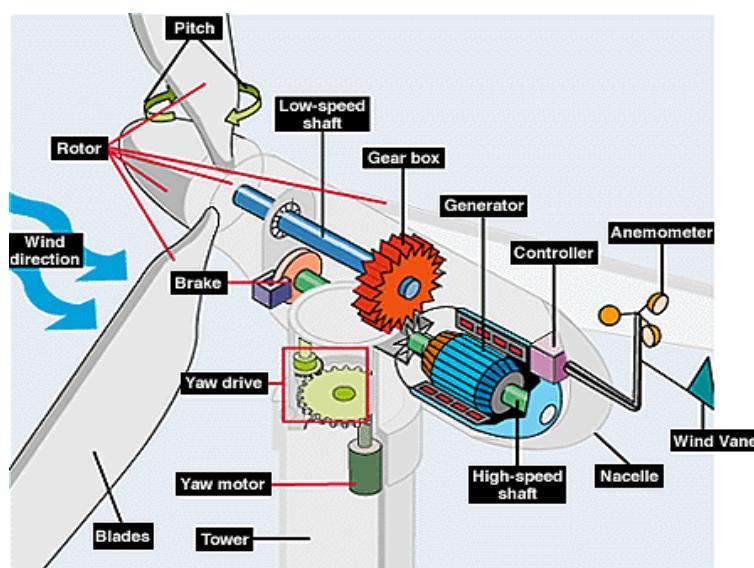
<sup>22</sup>Izvor:[http://teambiofuels.weebly.com/uploads/3/8/1/7/38172351/5104370\\_orig.png?2631](http://teambiofuels.weebly.com/uploads/3/8/1/7/38172351/5104370_orig.png?2631)

## 4. PRIMJENA ZELENIH IZVORA NA JAHTI

### 4.1. Primjena vjetroagregata

O energiji vjetra danas se često govori kao o novom obnovljivom izvoru energije, pritom se zaboravlja da se taj oblik energije primjenjivao od samih početaka ljudske civilizacije. Od davnina su ljudi skloni iskorištavati potencijale koje nudi priroda.<sup>23</sup> Tako su u dalekoj prošlosti počeli koristiti energiju vjetra za kretanje brodova, a do danas su se te tehnike, kao i namjene, uveliko usavršile. Vjetar je vodoravno strujanje zraka što nastaje zbog nejednakosti zraka u Zemljinoj atmosferi. Određen je brzinom (m/s) i smjerom. U meteorologiji službena jedinica za brzinu vjetra je "metar po sekundi". Energija je vjetra, zapravo oblik sunčeve energije. Svakog sata Sunce emitira na Zemlju 1014 kWh energije. Od 1 do 2% energije što je emitira Sunce pretvara se u energiju vjetra. Sunce neravnomjerno zagrijava različite dijelove Zemlje i to rezultira različitim pritiskom zraka, a vjetar nastaje zbog težnje za njihovim izjednačavanjem. Područja oko ekvatora zagrijavaju se sunčevom toplinom znatno više od ostalih dijelova Zemlje.

Lopatice rotora vjetroturbine okreću se zbog strujanja zračne mase. Količina energije što je vjetar prenosi na rotor neposredno ovisi o gustoći zraka, površini rotora i brzini vjetra. Kinetička energija tijela u pokretu razmjerna je njegovoj masi, tako da kinetička energija vjetra ovisi o gustoći zraka.



Slika 9. Dijelovi vjetroagregata.<sup>24</sup>

Vjetroagregati se mogu podijeliti prema položaju osovine te prema položaju lopatica. Prema položaju osovine razlikujemo vjetroturbine s vertikalnom osi vrtnje (eng. VAWT-Vertical Axis Wind Turbine) i na one s horizontalnom osi vrtnje (eng. HAWT – Horizontal Axis Wind Turbine). Većina vjetroagregata priključenih na mrežu je horizontalnog tipa. Izvedbe sa vertikalnom osi su mnogo rijede.

<sup>23</sup>Matić M. (2003), Energetska ekonomija u praksi, Školska knjiga, Zagreb, str. 186

<sup>24</sup>Izvor: <https://www.vjetroelektrane.com/images/vjetroagregat-ilustracija.gif>



Slika 10. Konstrukcijski tipovi vjetrogeneratora obzirom na položaj osovina rotora.<sup>25</sup>

Prvi model malih vjetroagregata za instaliranje na jahti nosi ime wind generator D400. Težak je 17 kg, dizajniran je za različite namjene, od postavljanja na jahte preko krovova do kopnenih područja. Posebno se ističe gotovo bešuman rad uz minimalne vibracije. Dostupan je u izvedbama od 12 i 24 V. Što se snage tiče, izvedbe su počevši od izlazne snage od 100 W, pa 200 W, 350 W i 530 W.



Slika 11 i 12. Mali generator D400 postavljen na jahtu.<sup>26</sup>

<sup>25</sup>Izvor: <https://agent39.ru/wp-content/uploads/2018/8eb8a.jpg>

<sup>26</sup>Izvor:[https://www.google.com/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjwrbPdr4bqAhUD2aQKHfsGDOkQjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F220538&psig=AOvVaw1FCC6fJpNupFBHfXGC6Vz\\_&ust=1592398207586992](https://www.google.com/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjwrbPdr4bqAhUD2aQKHfsGDOkQjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F220538&psig=AOvVaw1FCC6fJpNupFBHfXGC6Vz_&ust=1592398207586992)

Drugi model je model Rutland 504,s malim promjerom turbine od samo 51 cm, što ga čini idealnim za montažu nakrmu brodove ili jahte (do 10 m dužine). Također, dolazi sa zaštitnim prstenomkoji pokriva šest lopatica rotora i štiti od ozljeda na skučenome krmenom prostoru jahte.



Slika 13. Mali generator Rutland 504 postavljen na jahtu<sup>27</sup>

#### 4.2. Primjena Fotonaponskih panela na jahti

Svi vlasnici brodova ili jahti svjesni su koliko je bitno na vodi imati i čuvati neophodnu energiju i baterije. Jedan od čestih problema sa kojima se oni suočavaju jeste nemogućnost (ili teškoća) pokretanja motora. Razlog leži u tome što se prethodno ispraznio akumulator. S druge strane, prilikom punjenja baterija, uključivanjem motora, može se javiti i dodatni problem. Buka koju tada motor pravi, dopunska potrošnja goriva i neprijatni mirisi izduvnih gasova mogu i te kako da smetaju. Pravilnim montiranjem solarnih panela na jahtu, osigurat će neophodnu električnu energiju koju mogu tokom sunčanih dana direktno koristiti sa solarne ploče. Višak proizvedene energije se akumulira u baterijama, tako da tu struju možete koristiti noću ili tokom kišnih dana. Solarni paneli ili solarne ploče (poznati i kao fotonaponski paneli – PV moduli) već godinama unazad predstavljaju jedan od najpopularnijih načina dobijanja električne energije. Oni su dizajnirani da konvertuju sunčeve zrake i da istovremeno proizvode struju. Upravo taj fotonaponski efekt služi za pretvaranje sunčeve svjetlosti u električnu energiju. Taj efekt ljudi su otkrili prije skoro više od jednog vijeka, te je primjena ove tehnologije u početku bila „bojažljiva“ i postepena. Od tog vremena, pa do danas, prirodni izvori energije, koja se može obnavljati, predstavljali su stvar koja je okupirala pažnju mnogih ljudi. Tu se u velikoj mjeri mislilo upravo na solarno napajanje, odnosno solarne sisteme i solarne ploče.

Da bi smo znali koji solarni panel da odaberemo za svoju jahtu, moramo imati dvije stvari u vidu. Prvo, koliko energije naša jahta troši tokom jednog dana. Drugo, koliko prostora solarna ploča može zauzeti na istoj. U tom smislu postoje tri najosnovnije generacije svih solarnih panela za jahte i brodove:

- Amorfni solarni paneli
- Monokristalni solarni paneli
- Polikristalni solarni paneli

<sup>27</sup>Izvor: <https://www.wagner-renewables.com/wp-content/uploads/2019/03/Marlec-Rutland-yacht-800px.jpg>

**Amorfni solarni paneli.** Dobijaju se tako što se na ploču stavi veoma tanak sloj silicijima. Energetski su efikasni na veoma visokim temperaturama, i vrlo su fleksibilni za montiranje na plovilo. Mana im je što im je potrebno mnogo veća površina za dobijanje iste količine električne energije u odnosu na druge ploče.



Slika 14. Amorfni solarni panel.<sup>28</sup>

**Monokristalni solarni paneli.** Predstavljaju izrazito efikasno energetsko rešenje, jer se za svaku solarnu ćeliju koriste pojedinačni silicijumski delovi (kristali). Uspešno proizvode struju čak i slučaju manjka sunčevih zraka. Zauzimaju ubjedljivo najmanje prostora na jahti u odnosu na druge solarne ploče. Lako se montiraju.



Slika 15. Monokristalni solarni paneli.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup>Izvor: <https://www.giornaledellavela.com/wp-content/uploads/2016/05/3-1024x638.jpg>

<sup>29</sup>Izvor: [http://www.fondear.org/infonautic/Equipo\\_y\\_Usos/Equipamiento/Paneles-Solares/Paneles-Solares\\_00.jpg](http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Equipamiento/Paneles-Solares/Paneles-Solares_00.jpg)

**Polikristalni solarni paneli.** Proces izrade ovakvih solarnih ploča je jeftiniji u odnosu na monokristalne solarne panele. Razlog leži u tome što se sastoje od više kristala, spajajući dijelove silicijuma u jednu cjelinu. Polikristalni solarni paneli se lako instaliraju, ali u odnosu na monokristalne solarne ploče potrebna im je veća površina za montiranje.



Slika 16. Polikristalni solarni paneli.<sup>30</sup>

Solarni paneli se postavljaju na onom mjestu gdje će najbolje „uhvatiti“ sunčevu svjetlost tokom dana. Najpoznatiji svjetski brod na solarni pogon je Turanor Planet Solar. Dugačak je 31 metra i prekriven je s više od 500 četvornih metara solarnih ploča snage 93 kW koje opskrbljuju energijom dva elektromotora te ih na taj način pokreću. Sunčeva energija mu je jedino gorivo, te se ona pohranjuje u litijionske baterije koje teže 8,5 tona te čine značajnu masu katamarana. Brzina kretanja mu je do 14 čvorova ili 26 km/h. U slučaju kada je loše vrijeme i nema sunca, ima mogućnost rada oko tri dana. Planet Solar sagradio je u Njemačkoj i isplovio je u more 31.03.2010. godine.

Autonomija rada za izostanka sunčeve svjetlosti je oko 3 dana. Oblik trupova, sličan podmornici izrazito je hidrodinamičan i omogućava da jahta dostigne brzine do 14čv (26 km/h), ploveći tako da reže valove i time znatno smanjuje otpor. Zbog revolucionarnog dizajna i specifičnosti pogona broda, rađeni su mnogi modeli i eksperimenti na njima kako bi se odredile nabolje značajke za što aerodinamičniji i hidrodinamičniji oblik broda.

---

<sup>30</sup>Izvor:

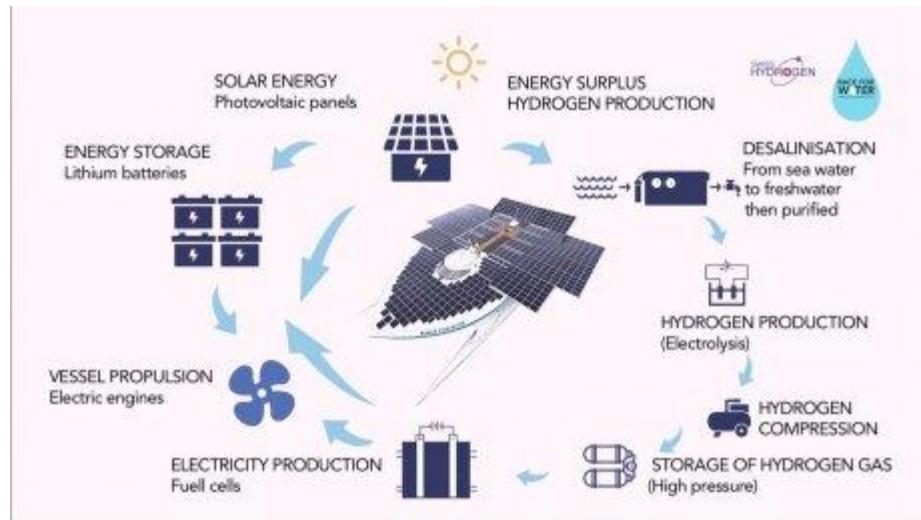
[https://www.powerandmotoryacht.com/.image/ar\\_16:9%2Cc\\_fill%2Ccs\\_srgb%2Cfl\\_progressive%2Cg\\_faces:center%2Cq\\_auto:good%2Cw\\_768/MTU4MjM0NjY0MDg2MDIxNTM4/top-silent64.jpg](https://www.powerandmotoryacht.com/.image/ar_16:9%2Cc_fill%2Ccs_srgb%2Cfl_progressive%2Cg_faces:center%2Cq_auto:good%2Cw_768/MTU4MjM0NjY0MDg2MDIxNTM4/top-silent64.jpg)



Slika 17. Jahta „Planet Solar“.<sup>31</sup>

Na moru, kao i na kopnu, korištenje obnovljivih izvora energije se prepoznaje kao dio energetske potrebe savremenog doba. Energija vjetra i sunca stoga će najvjerojatnije igrati važnu ulogu u pomaganju da se smanji korištenje goriva i emisije s brodova pogotovo što se dalje tehnologija obnovljivih izvora energije bude razvijala. Umjesto broda s krutim jedrima ili broda sa solarnim panelima bolji pristup bi bio dizajnirati sistem koji bi mogao koristiti energiju vjetra i sunca zajedno. Izazov u razvoju takvog rješenje je da se prevladaju mnogi od praktičnih problema, uključujući korištenja hibridnog jedra s ukomponiranim solarnim panelima na velikim brodovima koji plove u surovom morskom okruženju. Ova ideja o povezivanju snage vjetra i solarne energije nije nova, a 1990-ih je patent odobren u Sjedinjenim Američkim Državama, za solarni električni koncept broda u koji je ugrađeno tradicionalno mekano jedro opremljeno s fotonaponskim čelijama. Ideje i koncepti koji kombiniraju jedra i solarne elektrane od kada je predstavljen nije u širokoj primjeni sve do danas te kao što je vidljivo na slici 26. postoje planovi kako naći njihovu primjenu i na velikim komercijalnim brodovima te se očekuje da će se situacija u bliskoj budućnosti značajno promijeniti.

<sup>31</sup>Izvor:[http://www.change-climate.com/Heroes/Pictures\\_Heroes/turanor\\_planetsolar\\_river\\_seine\\_paris\\_drag\\_wave\\_pattern.jpg](http://www.change-climate.com/Heroes/Pictures_Heroes/turanor_planetsolar_river_seine_paris_drag_wave_pattern.jpg)



Slika 18. Ciklus proizvodnje, skladištenja i korištenja energije na jahti „Solar Planet“.<sup>32</sup>

#### 4.3. Primjena akumulatorskih baterija

Ukoliko na jahti nema dizel-generatora već se kao izvor električne energije za nužnost koriste akumulatorske baterije, one imaju ograničeni kapacitet, pa je prema tome i vrijeme u kojem se mogu koristiti bez dopunjavanja ograničeno i zavisi od priključene potrošnji. Ukoliko se zbog velikog kvara očekuje da će blackout<sup>33</sup> potrajati duže, treba maksimalno smanjiti potrošnju odnosno isključiti sve nepotrebne potrošače. Najmanje vrijeme u kojem baterije moraju napajati zadalu potrošnju određeno je pravilima registra i ovisi o području plovidbe i veličini i vrsti broda i kreće se od 3 do 18 sati. Ako se akumulatorske baterije koriste samo kao kratkotrajni izvor energije za napajanje u nužnosti moraju najmanje 30 minuta osigurati napajanje pomoćne rasvjete, komunikacije i signalizacije.

U posljednje vrijeme dogodio se značajan napredak u tome smjeru. Snaga i količina energije postaje mnogo veća. Spomenuti noviji tipovi baterija mogu se puniti mnogo brže, imaju nižu stopu samopražnjenja i slobodne su od tzv. memorijskog efekta. Pored poboljšanja njihovih performansi, one još uvijek ne zadovoljavaju potrebe potrebne za rad broda. Naime, velike snage moguće je ostvariti samo za kraća putovanja od nekoliko dana. Nove hemijske baterije uključuju dvije vrste; metal-sumpor, natrijum ili litijum i metal-kiseonik (metal-zrak). Trenutno je najzastupljenija litijumska baterija. Ona predstavlja budućnost u razvoju pogona jahte na baterije.

<sup>32</sup>Izvor:

<https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/none/path/s4aa39001a1787689/image/idd7ae87b5a3bf2cc/version/1543573559/image.jpg>

<sup>33</sup>Blackout je potpuni raspad elektroenergetskog sistema. Nastupa kada na glavnim sabirnicama nema napona a to znači da na njih nije priključen niti jedan generator. Zaustave se svi elektromotorni pogoni i glavni motor ide gašenje tj. „shut down“.



Slika 19. Olovna i litija baterija.<sup>34</sup>

Baterije kao akumulatori energije pogodni su za upotrebu na jahtama jer dodatno osiguravaju autonomiju i siguran povratak u luku u slučajevima kad ostali izvori energije na broduzakažu, odnosno pokrivaju vršna opterećenja sistema kad je potrebna dodatna energija zapotrebe potrošača.

#### 4.4. Primjena Pogon na bio-dizel goriva

Pored vjetra i sunca, u obnovljive izvore energije spadaju i razna bio goriva, odnosno biljke koje se mogu uzgajati i prerađivati za dobivanje goriva, poput bio-dizela. Bio-dizel je obnovljivo gorivo (obnovljivi izvor energije) koji se može proizvoditi od algi, biljnog ulja, životinjskih masnoća ili iz recikliranih restoranskih masnoća. Bio-dizel nije isto što i biljna ulja koja se koriste u nekim dizel vozilima (sama ili pomiješana s pravim dizel gorivima). Ono se proizvodi hemijskim procesom nazvanim transesterifikacija u kojoj se glicerin odvaja od masti i biljnog ulja. Procesom se dobiju dva proizvoda - metilni esteri (hemijsko ime za bio-dizel) i glicerin. Glycerin je vrijedan nusprodukt koji se koristi za proizvodnju sapuna i sličnih proizvoda.

Bio-dizel je biorazgradiv, nije otrovan i tipično proizvodi oko 60% manje emisije ugljenog dioksida gledajući cijeli životni vijek. To je zbog toga jer prilikom rasta biljke uzimaju iz atmosfere određeni dio ugljičnog dioksida u procesu koji se zove fotosinteza. Energetska vrijednost bio-dizela je oko 90% energetske vrijednosti običnog dizela. Klasično dizel gorivo sadrži supstance zvane aromati, koji su svoje ime "zaradili" jakim mirisom (aromom). Aromati su, dakle, zaslužni za tipičan težak miris dizel goriva koji se posebice osjeti kod starijih brodova. Svojstva aromata su takođe jako štetna, posebno u obliku ispusnih gasova koji izlaze iz motora. Često se mogu primijetiti kao crni oblak koji ostavlja trag, taložeći se na bijelim površinama luksuznih jahti.

Dizelska goriva iz obnovljivih resursa možemo podijeliti u dvije najzastupljenije skupine. Uobičajen i svima poznat biodizel, tzv. „FAME (Fatty Acid Methyl Ester), je gorivo dobijeno hidro obradom biljnih ulja, tzv. HVO (Hydrotreated Vegetable Oil).<sup>35</sup> Razlika se može primijetiti već kod proizvodnje: biodizel se dobiva hemijskim procesom obrade koji se naziva transesterifikacija. Dodavanjem metanola i putem katalizatora, čestice biljnih ulja se dijele na biodizel (FAME) i glicerin. Tako dobiveni biodizel se samo ograničeno može koristiti kao čisto

<sup>34</sup>Izvor: [https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/FOTONAPON/Lithium/slika\\_1.jpg](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/FOTONAPON/Lithium/slika_1.jpg)

<sup>35</sup>Izvor:

<https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/conventional-technologies/hydrotreatment-to-hvo>

gorivo u motornom pogonu. Međutim, u obliku mješavine s fosilnim dizel gorivom smatra se donekle prihvatljivim.

Trenutno je u Evropskoj Uniji propisan udio biodizela u fosilnom dizel gorivu do 7%, a preporuka je takvu „mješavinu“ potrošiti unutar pola godine. Nakon toga je toliko unaprijeđen proces starenja goriva da čak i proizvođači ne preporučuju daljnju upotrebu. Takođe ima tendenciju da potiče mikrobiološki razvoj u spremniku goriva, što je uz „starenje“ najčešća nuspojava u obliku bakterijskog onečišćenja goriva (algi). Drugim riječima, na benzinskim pumpama za dostupna dizel goriva trebalo bi kao i za hranu u maloprodaji označiti rok trajanja.

HVO se u proizvodnji znatno razlikuje od bio dizela, osim iz biljnih ulja, može se dobiti i obradom životinjskih masti dobijenih iz proizvodnje hrane, otpadaka iz obrade riba, ostataka iz obrade biljnih ulja, te određenih ulja iz obnovljivih resursa. Sirovine se u rafinerijama obrađuju vodonikom, topotom i pod visokim pritiskom. Tako nastaje dizel iz obnovljivih resursa, međutim ovaj se znatno razlikuje od bio dizela (FAME). Dobijeni dizel sadrži ista svojstva kao fosilno dizel gorivo, ali je superiorniji zbog nedostatka aromatskih spojeva te većeg cetanskog broja, što je mjerilo kvaliteta dizel goriva. Može se koristiti u čistom obliku bez dodataka, ali je cijena proizvodnje skuplja od proizvodnje običnog bio dizela. Upravo dizel dobiven hidro obradom vodeći proizvođači mineralnih ulja koriste u svojim Premium dizelskim gorivima, kako bi ispunili zakonski zatraženu kvotu bio dizelskog udjela u proizvodnji.

## 5. ZAKLJUČAK

Na najvećem broju konvencionalnih jahtisa klasičnim pogonom kao primarni izvor energije koristi se dizel gorivo, koje sagorijeva u motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem proizvodeći mehanički rad uz oslobođanje izduvnih gasova. Motori sa unutrašnjim sagorijevanjem koriste se za pogon ili kretanje jahte, ali i za proizvodnju električne energije potrebne za propisane brodske potrošače. Analizom Pravilnika o tehničkim uslovima za sposobnost jahte za plovidbu, tj., njegovog priloga, Tehničkih uslova za sposobnost jahte za plovidbu, utvrđeni su kriterijumi i svojstva koje plovni objekat treba da ispunjava da bi se sa pomorskog, brodograđevnog i pravnog stanovišta tretirao kao jahta određene kategorije i područja plovidbe.

U tom pogledu se utvrđuju i energetske potrebe jahte obuhvatajući potrebe propisanih uređaja, sredstava i opreme, kao potrošača energije, njihove energetske izvore, način i uslove distribucije energije, kao i izbor naponskog nivoa elektroenergetskog sistema na jahti. Na ovaj način je potvrđena i prva posebna hipoteza kojom se zaokružuje energetski bilans jahte u kome učestvuju svi ostali navedeni potrošači jer su propisani standardima pomorske sigurnosti i ostaju u proračunu alternativnih izvora energije na jahti.

U ovom istraživanju su sagledani potencijalni alternativni izvori energije. Takođe i mogućnosti njihovog pretvaranja ili prilagodavanja u oblike koji se mogu iskoristiti za potrebe napajanja potrošača na jahti. Dva primarna alternativna izvora energije koji se mogu primjeniti na jahtama su energija vjetra i energija sunca. Energija vjetra koja se koristi za pogon jahti putem jedara, koristi se od najstarijih vremena, međutim u isto vrijeme vjetar može biti iskorišten i za pokretanje vjetrogeneratora i proizvodnju električne struje što bi mogao biti alternativni izvor energije. Dakle, razvoj nauke i tehnike kao i savremeni tehnički sistemi nam omogućuju proizvodnju električne energije iz energije vjetra i energije sunca koja se može koristiti na jahtama, bilo kao pogonska energija ili kao električna energija potrebna za potrošače. Međutim, kao određeno ograničenje stoji činjenica da priroda alternativnih izvora energije je takva da ne može osigurati njihovo stalno prisustvo, pa tako postoje dani kada nema vjetra, a upotreba sunčeve energije je ograničena samo na vidni deo dana i značajno zavisi od ugla pod kojim sunčevi zraci dopiru do fotonaponskih celija. Tako u određeno doba dana ili godišnjeg doba ima perioda kada generatori alternativne energije mogu proizvesti dovoljne količine električne energije za zadovoljavanje svih potreba jahte, ali isto tako postoje periodi koji mogu trajati i više od nekolikodana kada ovakvi generatori ne mogu proizvesti dovoljne količine električne energije, čak ni za osnovne potrebe. Da bi se adekvatno iskoristila energija vjetra ili energija sunca potrebno je predvidjeti njeno skladištenje kako bi takva energija bila raspoloživa i kada nije moguća proizvodnja. Skladištenje električne energije se može vršiti direktnim skladištenjem u akumulatorske baterije ili korištenjem električne energije za proizvodnju nekog drugog oblika energije pogodnog za ponovnu upotrebu na jahti kao što je proizvodnja HHO gasa ili proizvodnja vodonika H<sub>2</sub>. Navedene tehnologije već su u primjeni u drumskom saobraćaju. Kod projektovanja sistema za skladištenje energije, potrebno je uobzir uzeti sljedeća ograničenja: Prilikom izbora akumulatorskih baterija, iste moraju podržavati tzv. deep cycle, odnosno moraju biti sposobne da izdrže veliki broj dubokih pražnjenja u svom životnom ciklusu; Akumulatorske baterije prilikom punjenja ispuštaju toksične pare i gasove, pa je neophodno osigurati ventilaciju prostora gdje se nalaze; Akumulatorske baterije su teške, pa je mjesto za smještaj istih potrebno da bude na što nižoj razini broda, kako se ne bi narušila stabilnost plovidbe; u dodiru sa vazduhom HHO i H<sub>2</sub> gas je eksplozivan, te je potrebno posvetiti posebnu pažnju kvalitetu, konstrukciji i sigurnostitanku za gas.

Proizvedena i uskladištena električna energija iz alternativnih izvora se može koristiti samo za potrošače električne energije na jahtama ili i za pogon jahti upotrebom elektromotora za pogonjenje propeleru i elisa. Najčešća upotreba alternativnih izvora je upravo upotreba ovako proizvedene električne energije samo za potrošače na jahtama, te se ona može korisiti direktno iz akumulatorskih sistema kao istosmjerna (DC) struja naponskog nivoa 6V, 12V ili 24V u zavisnosti od izvedbe ovakvih potrošača ali i kao naizmjenična (AC) struja naponskog nivoa 220V ili 110V i frekvencije 50Hz ili 60Hz zavisno od potrošača. U Evropi se koristi naponski nivo od 220V i 50Hz dok je npr. u Americi u upotrebi 110V i 60Hz. Proizvodnja naizmjenične struje se postiže iz baterija korištenjem tzv. Invertora, konvertora, pretvarača. Pogon jahti na električnu energiju se postiže postavljanjem elektromotora, pa se ovakvi sistemi veoma rijetko instaliraju na postojeće jahte, jer je za ovakve sisteme neophodna velika količina energije i projektovanje pogona na elektromotore, gdje kod postojećih jahti najčešće nema prostora za instalaciju ovakvih motora i sistema za akumulaciju energije. Izuzetno od pomenutog, na postojeće starije dizelske motore, moguća je ugradnja HHO sistema koji poboljšavaju izgaranje goriva u ovakvim motorima, te smanjuju potrošnju. Kao posebna grupa alternativnih izvora energije na jahti tretira se i upotreba biljnih goriva. Ovaj alternativni izvor energije na jahti podrazumjeva korišćenje postojećih sistema, motora sa unutrašnjim sagorjevanjem i njegovih instalacija bilo da je u funkciji kretanja jahte ili u funkciji proizvodnje električne energije. On zahtijeva minimalna ulaganja u adaptacije postojećeg sistema ali podrazumjeva dostupnost biljnih goriva. Dakle, alternativni izvori energije na jahti su izvori energije vjetra, energije sunca, energije henjiskih izvora i biljnih goriva, nalaze svoju primjenu uz adekvatna tehnička rješenja, što dokazuje i drugu posebnu hipotezu.

Kao primjer slučaja, možemo predstaviti zaokruženi ciklus upotrebe isključivo alternativnih izvora energije na jahtama jeste jahta „Solar Planet“. On je iskoristila sve prednosti moderne tehnologije, kako bi proizvela, uskladištala i iskoristila energiju dobijenu od isključivo alternativnih izvora. Upotrebom ovakvih tehnologija za plovidbu, jahta je u mogućnosti ploviti 24 sata na dan. Takođe, konstrukcija jahte kao i spoljnje izložene površine trupa i nadgrađa ove jahte su u potpunosti prilagođena za alternativne izvore, te je cjelokupna površina prekrivena fotonapskim panelima. Konstrukcija trupa ove jahte je takva da sa rasporedom prostora i proračunom težina u nju se mogu smjestiti dovoljne količine akumulatorskih baterija i tankova HHO gasa i vodonika. Cjelokupan pogon i generatori su na električnu energiju, čime se izbjegavaju dodatne transformacije oblika energije i gubitci u istim. Tako se u toku dana, energija sunca i vjetra se koriste za pogon broda, odnosno za napajanje elektromotora kao i za punjenje baterija. Tokom noći se koristi uskladištena energija za podršku života na brodu i za pogon. Kada brod stoji, višak električne energije se koristi za porizvodnju vodonika  $H_2$ , koji je smješten u spremnicima pod visokim pritiskom za kasniju upotrebu. Prvo se morska voda desalinizira i sprema na brodu. Ovako dobijena svježa voda se dodatno prečišćava prije elektrolize koja se vrši upotrebom viškova električne energije, nakon korištenja za pogon broda i punjenja litijumskih baterija. Pogoni za elektrolizu proizvode vodonik  $H_2$  na pritisku od 50 bara. Vodonik se inicijalno prečišćava (suši) i kompresuje na 350 bara kako bi se uskladištio u specijalno dizajniranim spremnicima. Na ovaj način se može uskladištiti skoro 200kg vodonika na jahti, koji je dovoljan za 6 do 7 dana plovidbe. Uskladištenih 200kg vodonika se može pretvoriti u 2.600 kWh struje, što predstavlja gotovo 4 puta veću količinu energije od one smještene u više tona baterija koje uskladište 745 kWh. Zahvaljujući sistemu na vodonik, ova jahta ima dodatnih 6 do 7 dana autonomne plovidbe brzinom od pet čvorova bez sunca. Uskladišteni vodonik se u reverzibilnom

procesu preko dvije gorivne ćelije snage po 30 kW, pretvara u električnu energiju. Ove gorivne ćelije na jahti održavaju nivo napona na baterijama i pokreću motore ako je potrebno.

Kao posebna vrsta primjene alternativnih izvora energije na jahti jeste korišćenje bljnih goriva, odnosno goriva koja u sebi sadrže određeni procenat dizela dobijenog iz biljne mase. Bio dizel gorivo smatra se obnovljivim izvorom energije jer se za rast biljaka utroši količina CO<sub>2</sub>jednaka količini koja se spusti prilikom njihovog sagorijevanja u motoru. Upotreba bio dizela u motorima je ograničena na 7 do 10% u postojećem dizel gorivu. Iz tog razloga bio dizel ne predstavlja potpuni alternativni izvor energije na jahti.

U tom pogledu primjena zelenih izvora na jahti obuhvata primjenu vjetroagregata, fotonaponskih panela, akumulatorskih baterija, i na nekim jahtama to može biti i pogon na bio - dizel gorivo. Ovim se potvrđuje i treća posebna hipoteza o primjeni zelenih alternativnih izvora energije na jatama.

Dakle primjena alternativnih izvora energije na jahtama, povezana je sa složenim tehnološkim i tehničkim sistemima(fotonaponski paneli i gorive ćelije) uproizvodnji i skladištenju električne energije, kao i proizvodnjiskladištenju gasa. Takođe sa konverzijom energije gasa u električnu energiju, što predstavlja riješenje energetske efikasnosti jahte. Ovime je potvrđena glavna hipoteza ovog istraživanja i ukazano je na činjenicu da je energetska tranzicija u oblasti plovidbe jahti i brodova postala realnost.

## **6. LITERATURA**

### **a. Štampani izvori:**

1. Benutić I. (2012), Osnove brodogradnje, Ustanova za obrazovanje kadrova u pomorstvu, Split.
2. Dobrota Đ., Lalić B., Račić N. (2016), Brodski energetski sustavi, materijali predavanja i auditorne vježbe, Split.
3. Dvornik J. (2013), Dvornik S.: Konstrukcija broda, Split.
4. Đurđenović I. (2015), Istorija jahti, Specijalistički rad, FMS Tivat, Tivat.
5. Eyers D.J. (2001), Ship Construction, fifth edition, London.
6. Flesch F. (2002-2007), Različiti projekti malih brodova i jahti, Split.
7. Matić M. (2003), Energetska ekonomija u praksi, Školska knjiga, Zagreb.
8. Prpić-Oršić, J., Faltinsen, O-M., (2012), Estimation of ship speed loss and associated CO<sub>2</sub> emissions in a seaway, Ocean Engineering.
9. Požar H., Karadža N., Bačan A, Horváth L., Knežević S. (2009), Mali vjetroagregati i fotonaponski moduli za autonomne aplikacije na otocima Primorsko-goranske županije, Energetski institut, Zagreb.
10. Pomorska enciklopedija, (1976), Tom 3 (I - Ko), Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb.
11. Pravilnik o vrstama objekata nautičkog turizma, minimalno tehničkim uslovima i njihovoj kategorizaciji, "Službeni list RCG", br. 9/2003 od 18.2.2003.
12. Radan D. (2004), Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik.
13. Šestan A. (2010), Porivni sustavi malih brodova, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
14. Šeparović M. I. (2000), Priručnik za opremanje i unutrašnje uređenje malih brodova, Moderna vremena, Zagreb.
15. Zakon o jahtama, "Službeni list Republike Crne Gore", br. 046/07 od 31.07.2007, Službeni list Crne Gore", br. 073/10 od 10.12.2010, 040/11 od 08.08.2011, 042/15 od 29.07.2015, 016/16 od 08.03.2016).
16. Pravilnikom o tehničkim uslovima za sposobnos jahte za plovidbu, koji je objavljen uSlužbenom Listu, Crne Gore broj 74. 2016.

**b. Elektronski izvori:**

- <https://inhabitat.com/cargill-will-propel-its-ships-using-skysails-kites-to-cut-fuel-consumption/>
- [http://www.izvorienergije.com/energija\\_vjetra.html](http://www.izvorienergije.com/energija_vjetra.html)
- <http://peakoilbarrel.com/>
- <http://smeitss.mycpanel.rs/bilten/III-MKOIEE/12.pdf>
- <http://www.vjetroelektrane.com/povijest>
- <https://iveybusinessreview.ca/wp-content/uploads/2018/04/Hapag-Lloyd-Graphic-2-Rotor-Magnus-Effect.png>
- [https://videos.ctfassets.net/g2cz037yuzfg/50oXTjRyUvhCRICVzE8Sx/f979924e715368b29f9d6bd52cb785ef/Maersk\\_Pelican\\_15s\\_Web-hero.mp4](https://videos.ctfassets.net/g2cz037yuzfg/50oXTjRyUvhCRICVzE8Sx/f979924e715368b29f9d6bd52cb785ef/Maersk_Pelican_15s_Web-hero.mp4)
- <https://media.treehugger.com/assets/images/2011/10/Sky-Sails.jpg>
- <https://inhabitat.com/cargill-will-propel-its-ships-using-skysails-kites-to-cut-fuel-consumption/>
- <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcT3Yx9t5ZO480-vNGVtQizapDAM6zHkyUtIV2x6ho4eydHlGKH&usqp=CAU>
- [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-an-individual-hydrogen-oxygen-fuel-cell-Fuel-cells-are-non-polluting-and\\_fig1\\_267243545](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-an-individual-hydrogen-oxygen-fuel-cell-Fuel-cells-are-non-polluting-and_fig1_267243545)
- <https://sites.google.com/site/energijaizvode/my-reading-list/about-me/home>
- [http://teambiofuels.weebly.com/uploads/3/8/1/7/38172351/5104370\\_orig.png?631](http://teambiofuels.weebly.com/uploads/3/8/1/7/38172351/5104370_orig.png?631)
- <https://www.vjetroelektrane.com/images/vjetroagregat-ilustracija.gif>
- <https://agent39.ru/wp-content/uploads/2018/8eb8a.jpg>
- <https://www.google.com/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjwrbPdr4bqAhUD2aQKHfsGDOkQjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F220538&psig=AOvVaw1FCC6fJpNupFBHfXGC6Vz &ust=1592398207586992>
- <https://www.wagner-renewables.com/wp-content/uploads/2019/03/Marlec-Rutland-yacht-800px.jpg>
- <https://www.giornaledellavela.com/wp-content/uploads/2016/05/3-1024x638.jpg>
- [http://www.fondear.org/infonautic/Equipo\\_y\\_Usos/Equipamiento/Paneles-Solares/Paneles-Solares\\_00.jpg](http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Equipamiento/Paneles-Solares/Paneles-Solares_00.jpg)
- [https://www.powerandmotoryacht.com/.image/ar\\_16:9%2Cc\\_fill%2Ccs\\_srgb%2Cfl\\_progressive%2Cg\\_faces:center%2Cq\\_auto:good%2Cw\\_768/MTU4MjM0NjY0MDg2MDIxNTM4/to\\_p-silent64.jpg](https://www.powerandmotoryacht.com/.image/ar_16:9%2Cc_fill%2Ccs_srgb%2Cfl_progressive%2Cg_faces:center%2Cq_auto:good%2Cw_768/MTU4MjM0NjY0MDg2MDIxNTM4/to_p-silent64.jpg)
- [http://www.change-climate.com/Heroes/Pictures\\_Heroes/turanor\\_planetsolar\\_river\\_seine\\_paris\\_drag\\_wave\\_patte rn.jpg](http://www.change-climate.com/Heroes/Pictures_Heroes/turanor_planetsolar_river_seine_paris_drag_wave_patte rn.jpg)

- <https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/none/path/s4aa39001a1787689/image/idd7ae87b5a3bf2cc/version/1543573559/image.jpg>
- [https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/FOTONAPON/Lithium/slika\\_1.jpg](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/FOTONAPON/Lithium/slika_1.jpg)
- <https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/conventional-technologies/hydrotreatment-to-hvo>

## **7. POPIS SLIKA**

Slika 1. Električna šema hibridnog napajanja jahte

Slika 2. Magnusov efekt

Slika 3. Jahta sa dva rotora

Slika 4. Jahta sa zmajem SkySail

Slika 5. Fotonaponski panel s ugrađenim sistemom za praćenje položaja sunca

Slika 6. Goriva čelija

Slika 7. Šema spajanja generatora u motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem

Slika 8. Životni ciklus ugljendioksida koji je sadržan u biodizelu

Slika 9. Dijelovi vjetroagregata

Slika 10. Konstrukcijski tipovi vjetrogeneratora obzirom na položaj osovine rotora

Slika 11 i 12. Mali generator D400 postavljen na jahtu

Slika 13. Mali generator Rutland 504 postavljen na jahtu

Slika 14. Amorfni solarni panel

Slika 15. Monokristalni solarni paneli

Slika 16. Polikristalni solarni paneli

Slika 17. Jahta „Planet Solar“

Slika 18. Olovna i litija baterija