

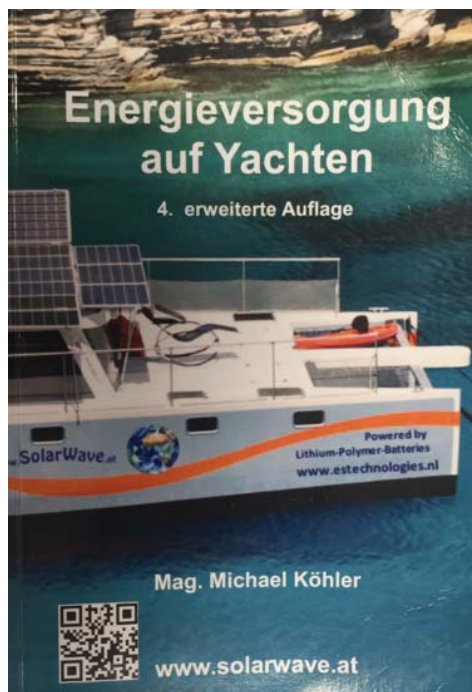
Schrack Technik d.o.o.  
josip.zdenkovic@schrack.hr

# Brod na sunčani pogon!

U prošlom broju uveli smo vas u područje e-mobilnosti. Opisali smo što Schrack Technik stvara na području električnih punionica za automobile. Pri samom spomenu e-mobilnosti razmišljate o automobilima, biciklima, romobilima, ali e-mobilnost zahvaća naravno i plovila! Predstaviti ćemo vam kako je sunčeva energija prodrila i na plovila i tako i njih uključila u veliki pokret e-mobilnosti! Možda je ovdje prodrila i dalje nego u auto industriji? Kod automobila se želimo negdje što brže napuniti i krenuti dalje. S plovilom za odmor želimo i više - želimo da bude ako je moguće potpuno samostalno i da pristajemo u luke samo onda kada mi to hoćemo, a ne kada ponestaje goriva za plovidbu! Za ostvarenje ove ideje u automobilima ćemo vjerojatno malo morati i počekati. Na plovilima, onim rekreativnim, to je potpuno ostvariva ideja i već danas je pretvorena u stvarnost.

No krenimo redom. Ispričat ću priču u kojoj nisam osobno sudjelovao, ali smo ishodili dozvolu od autora prepričati Vam je. Poveznica su uređaji energetske elektronike koji su korišteni u realizaciji plovila, a koje Schrack Technik d.o.o. koristi u realizaciji otočnih fotonaponskih sustava i koje ćemo vam u slijedećim nastavcima serije predstavljati.

Ovo ljeto kupio sam knjigu sa slike 1. Autor, g Michael Köhler (pravnik!) u ovom 4. izdanju knjige iz 2013. godine, istina na njemačkom jeziku, zaokružuje svojih 5.000 dana na plovilima između 5 i 20 metara s ukupnih 75.000 milja iza sebe.



Slika 1. Michael Köhler: Energieversorgung auf Yachten, Verlag Freytag-Berndt und Artaria KG, 2013.



Slika u članku: Ljubaznošću g. Michael Köhlera

Ploveći 23 godine Michael i njegova supruga Heike Köhler su bili uvjereni da mora postojati bolji pogon propulzije od dizel motora. Od 2005. do 2009. testirali su alternativne izvore energije na testnom katamaranu s fokusom na samodostatnost sunčeve energije za proizvodnju potrebne električne energije za trošila na plovilu ali i za sam pogon plovila. Njih dvoje su održali brojna predavanja o prikupljenim iskustvima i izdali knjižicu "Energieversorgung auf Yachten", koja je eto doživjela već i 4. izdanje! S iskustvima stečenim kroz 4 godine i 15.000 NM jedrenja na testnom solarnom katamaranu, završili su 2010. godine i svoju vlastitu konstrukciju SOLARWAVE 46, prvo plovilo u potpunosti pogonjeno suncem. To je plovilo bez potrebe za vanjskim dopunjavanjem ener-

gije. I propulzija i sva trošila i sustavi na njemu su koristili energiju Sunca. Motor pomoćnog čamca, motor električnog bicikla, desalinizator, klima uređaji za hlađenje i grijanje, perilice rublja i posuđa, indukcijsko kuhalo, hladnjak, zamrzivač; navigacijska oprema, sve se to hranilo iz Sunca. Kroz narednih 4 godine provedeno je 120 tjedana vožnje rijekama Europe do Crnog mora, Egejskim morem i Mediteranom pri čemu je na katamaranu boravilo u prosjeku 6-8 ljudi. SOLARWAVE 46 je pogonio elektromotore svaki dan po najrazličitijim vremenskim uvjetima – suncu, kiši, oluji i po snijegu! Za te 4 godine nije bilo značajnijeg servisnog zahvata na plovilu. Generator koji je bio ugrađen zbog sigurnosti postojanja energije na brodu radio je unutar tih 120 tjedana ukupno 50 h,



Slika 2. Priznanja za SILENT YACHT koncept.

uglavnom da ne završi. Električni motori su za to vrijeme radili cca 2000 h – bez ikakva održavanja. To je bio dokaz da je električna propulzija ravnopravna drugim, poznatim oblicima. Kroz zadnje godine Heike i Michael Köhler su primili brojna priznanja za razvojni rad na primjeni obnovljivih izvora na plovilima u segmentu primjene na luksuznim brodicama. I tu nisu stali. Danas oni proizvode „high-end“ katamarane raznih veličina i namjena (<https://www.silent-yachts.com/>) i sve ih krasi iz sunca dobivena električna energija za pogon propulzije i za napajanje trošila za ugodan i luksuzan boravak na moru. Plovidba je uz tek šum mora, a pri mirovanju nema brundanja generatora. Za svoj rad primili su brojna priznanja (slika 2.). Napisano je i oko 1000 članaka i izvještaja o ovom projektu pa tako vjerujem da će i u vama zaigrati znatiželja pročitati o čemu se zapravo tu radi.

Za korištenje fotonaponskih modula bitno je imati i veliki prostor i prostor bez sjene. Jedrilica sigurno nije plovilo koje može imati svu potrebnu energiju iz Sunca jer vrvi konopima i sajlama. Klasičan jednotrupac također nije plovilo gdje će se naći dovoljno mjesta bez sjene za svu potrebnu energiju. Katmaran je idealno plovilo koje po definiciji ima veliku i danas dostatnu površinu za prikupljanje sunčeve energije. Ta je površina istovremeno konstrukcijski izvediva bez

sjena tako da fotonaponski moduli mogu nesmetano prikupljati energiju. To je glavni razlog što su SILENT-YACHT jedinice zapravo katamarani. No niti tu se nije stalo, pogledajmo koje se opcije propulzije nude.

## Opcije propulzije

SILENT-YACHTS nude slijedeće oblike propulzije (slika 3.):

- „Cruiser“ – opremljen elektromotorima propulzije za brzine plovidbe 6 do 8 čvorova.
- „E-Power“ – opremljen elektromotorima propulzije za do 20 čvorova brzine plovidbe, ali kroz ograničeno vrijeme, u ostatku vremena može sve što može i cruiser opcija. Opremljen je s baterijom većeg kapaciteta, snažnim elektromotorima i snažnim generatorom za možebitno potrebno brzo dopunjavanje baterija.
- „Hybridpower“ – pogon propulzije riješen kombinacijom snažnih dizel motora i elektromotora na istoj osovini, pri čemu se elektromotorima vozi pri brzinama do 6 čvorova gdje dizel motori nisu optimalni.
- „Sailor“ – ova opcija uključuje i klasična jedra
- „Kite Sail“ – potpuno automatizirano korištenje zmajja koji vuče brod, zmaj se podiže do visina






150m. U tim visinama vjetrovidaju i do 20 puta veću snagu potiska po m<sup>2</sup> jedra od snage potiska po m<sup>2</sup> jedra pri površini mora.

SILENT-YACHT može ploviti do 100 NM na dan bez dodatnog goriva i tako tjednima osiguravajući praktički neograničen doseg. Sunce osigurava energiju za električnu propulziju i za sva trošila.

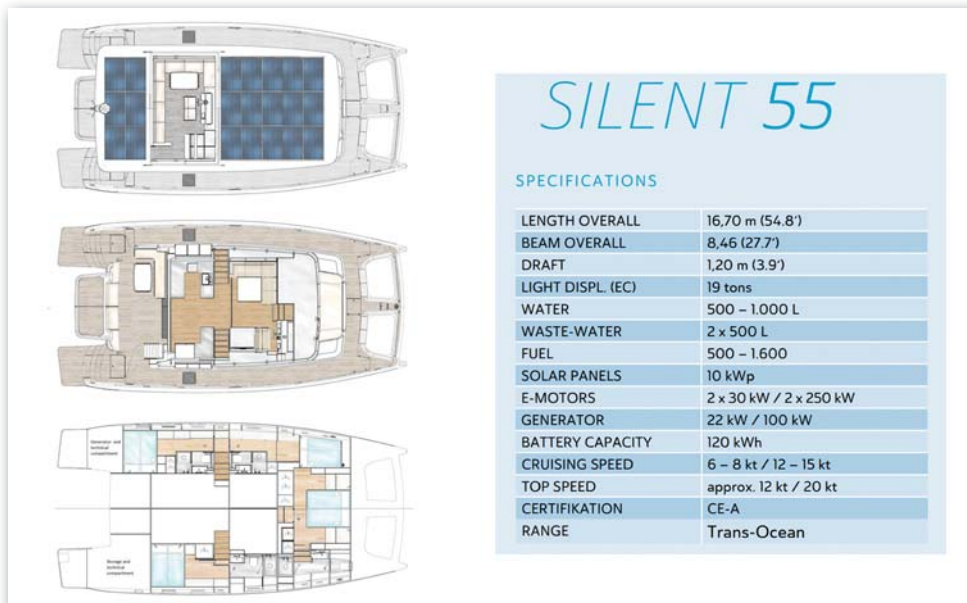
Sunčeva energija iz fotonaponskih modula sprema se u moderne LFP baterije. Motori s unutarnjim izgaranjem imaju iskoristivost pretvorbe kemijske energije goriva u mehaničku energiju od cca 30% dok elektromotori imaju iskoristivost pretvorbe električne energije u mehaničku i više od 90%. Pri radu elektromotora gubici su stoga manji pa se stvara i manje nepoželjne topline. Na brodu se ne koristi niti plin već se kuha na indukcijskoj ploči. Luksuznost opreme plovila zavisi u krajnosti o razini raspoložive električne energije koje ima stvarno u izobilju, na SILENT YACHT plovilima možete gledati TV, imati sigurno hladno pivo, imati pogon klima uređaja i proizvesti i do 2000 litara pitke vode bez pokretanja generatora. Pri lošem vremenu ili pri jakom suncu ili kada su vani komarci možete uvijek uživati u optimalno temperiranoj unutrašnjosti.

Praktički nema održavanja solarnih panela i baterija. Elektromotori traže zamjenu dva ležaja nakon 50.000 sati rada (uz 500 sati rada godišnje to će biti za 100 godina!). Tek rezervni generator traži ponešto pažnje. No on kada i ako radi, radi u optimalnoj radnoj točki i s najvišim mogućim stupnjem iskorištenja jer se sva proizvedena energija sprema izravno u baterije. A naučili smo da litijeve baterije dozvoljavaju izuzetno snažna punjenja. Ako bi došlo do dugotrajnog ružnog vremena ili potrebe za višom brzinom plovidbe koja bi potrajala nekoliko sati tada će u nekoliko daljnjih sati generator ponovno dopuniti baterije. To osigurava sigurnost da baš nikada nećete ostati bez energije. Za vrijeme dok se jedri, bilo klasičnim jedrom, bilo zmajem tada se elektromotori pretvaraju u generatore. Tada se mehanička energija vrtnje propelera u

Slika 3. Oblici propulzije SILENT-YACHT jedinica.

SILENT-YACHTS MODEL	SILENT 55	SILENT 64	SILENT 80
Propulsion Option			
CRUISER 	2 x 30 kW Turnable Electric Motors	2 x 30 kW Turnable Electric Motors	2 x 80 kW Electric Motors
E-POWER 	2 x 250 kW Electric Motors	2 x 250 kW Electric Motors	2 x 250 kW Electric Motors
HYBRID-POWER 	2 x 220 HP Diesel + 2 x 14 kW Electric Motors	2 x 220 HP Diesel + 2 x 14 kW Electric Motors	2 x 220 HP Diesel + 2 x 14 kW Electric Motors
SAILOR 	Sailing Rig	–	–
KITE SAIL 	Kite – the up-to-date way of sailing	Kite – the up-to-date way of sailing	Kite – the up-to-date way of sailing





Slika 4. Presjeci SILENT 55

## SILENT 55

SPECIFICATIONS

LENGTH OVERALL	16,70 m (54,8')
BEAM OVERALL	8,46 (27,7')
DRAFT	1,20 m (3,9')
LIGHT DISPL. (EC)	19 tons
WATER	500 – 1.000 L
WASTE-WATER	2 x 500 L
FUEL	500 – 1.600
SOLAR PANELS	10 kWp
E-MOTORS	2 x 30 kW / 2 x 250 kW
GENERATOR	22 kW / 100 kW
BATTERY CAPACITY	120 kWh
CRUISING SPEED	6 – 8 kt / 12 – 15 kt
TOP SPEED	approx. 12 kt / 20 kt
CERTIFIKATION	CE-A
RANGE	Trans-Ocean



Slika 5. SILENT 55 – pogled odozgora



Slika 6. SILENT 55 – pogled unutra



Slika 6.1.



Slika 6.2.

moru pretvara u motorima u električnu koja se pak sprema u bateriju.

Garancija fotonaponskih modula je 25 godina, baterija 8 godina, elektromotori su praktički bez održavanja... To čini sustav električne propulzije robusnijim od klasičnih sustava. Kako je manje pokretnih dijelova, podmazivanje je svedeno na najmanju moguću mjeru, brige oko goriva praktički nema.

SILENT-YACHTS su certificirane prema DIN EN ISO 16315 za plovila pogonjena električnim sustavima gdje su sve komponente duplicirane i osiguravaju dvostruku sigurnost. Puno pažnje je posvećeno i samoj konstrukciji, obliku i materijalima trupova katamarana kao i opremanju unutrašnjosti. Visina u kabini- salonu je ugodnih 2,09 m! Presjeci paluba se vide na slici 4.

Na slikama 4., 5., 6. i 7. je prikazano ponešto detalja

jedinice SILENT 55. Na slici 6. je mala crvena strelica usmjerena na „Colorcontrol“upravljačku jedinicu. To je računalo koje upravlja i povezuje uređaje energetske elektronike: MPPT punjače, bidirekcijske pretvarače, izmjenjivače – sve uređaje iz Schrack Technik svijeta.

Specifikacija sustava za proizvodnju i pohranu energije se za svako SILENT-YACHT plovilo može očitati s web-a, konkretno za SILENT 55 je sastavljan od:

- 30 visokoeffikasnih solarnih panela, ukupno >10 kWp
- MPPT regulatora punjenja
- Litijevih baterija 48 V, 70 kWh
- Punjača 80 A, 48 V
- Bidirekcijskog izmjenjivača 10 kVA 48 V za napajanje trošila
- rezervnog generatora 22 kW, 48 V
- 24 V servisnih baterija s 50 A punjačem.

Ne treba napomenuti koliko je vrijedan tek i javno dostupan uvid u podatke što je primijenjeno u pojedinoj jedinici jer je to rezultat višegodišnjeg promišljanja graditelja SILENT-YACHT-a!

## Princip djelovanja

Kroz noć trošila se napajaju iz baterija. Iz baterija se napajaju motori i za vrijeme možebitne noćne plovidbe. Ujutro fotonaponske ćelije počinju proizvoditi električnu energiju, slika 9.

Kako dan odmiče, a zbog dovoljno snage fotonaponskih modula, baterije se nadopunjavaju i u plovidbi i uz redovnu potrošnju trošila na plovilu. Kada su baterije pune nadopunjava se i baterija pomoćnog čamca. Kada su sve baterije pune, višak energije se koristi za proizvodnju pitke vode i pokretanje snažnijih trošila, perilice suđa i rublja, slika 10.

Za vrijeme prosječnog sunčanog dana fotonaponski



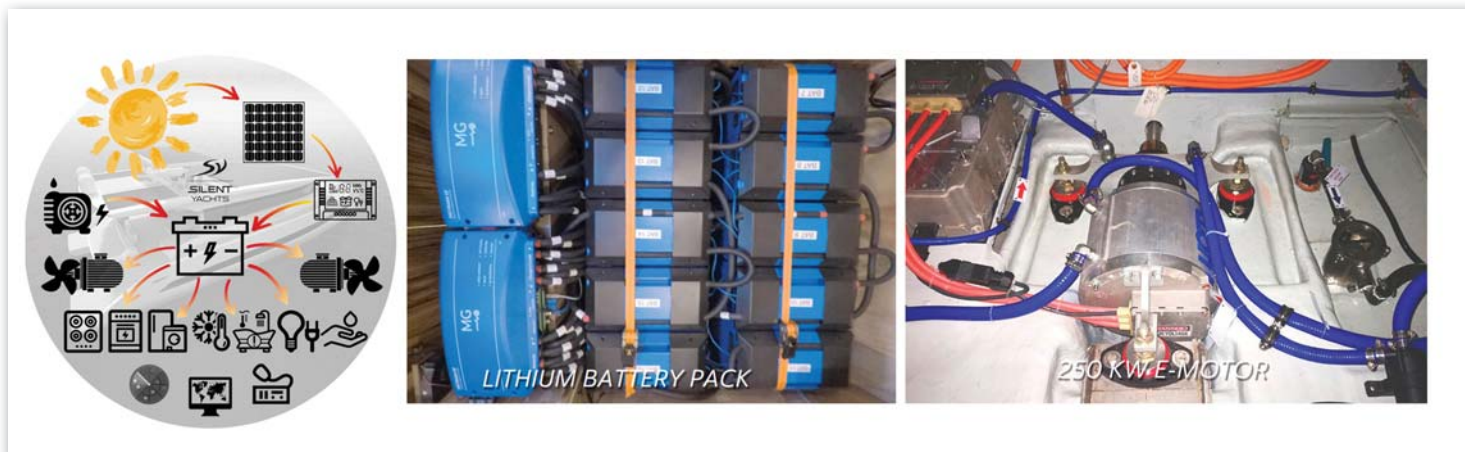
Slika 7. SILENT 55 – pogled izvana



Slika 7.1.

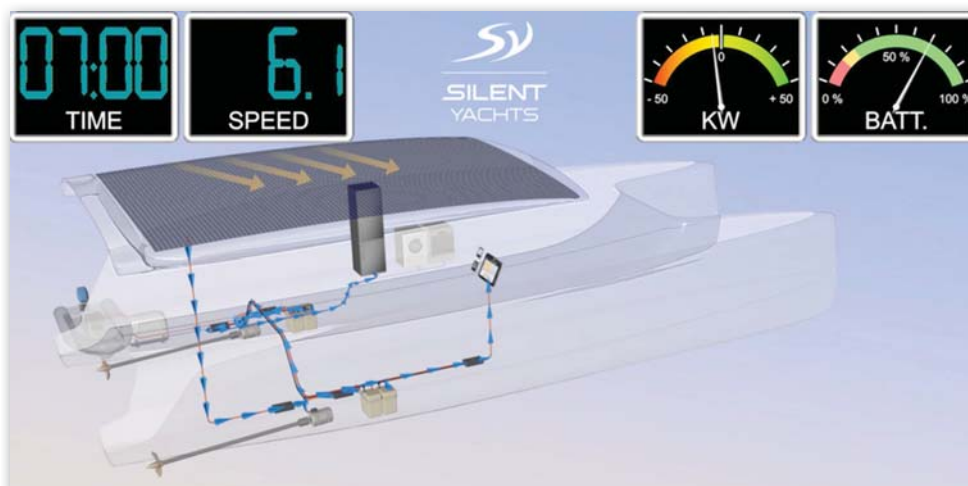


Slika 7.2.



Slika 8. Koncept proizvodnje i pohrane energije na SILENT-YACHT plovilima, detalj baterija i motora.

moduli će proizvesti više energije nego što pogon propulzije i sva kućna trošila mogu potrošiti unutar 24 h. Ako je dan oblačan, odnosno po noći, baterije opskrbljuju pogon propulzije i trošila. Kapacitet baterije je dovoljan za cjelonoćnu plovidbu i pogon trošila (recimo klima uređaja). Vožnja s maksimalnom brzinom, ako se radi o E-power izvedbi, je dozvoljena kroz samo nekoliko sati. Ako je zaista dugotrajno oblačno i vozilo se visokom brzinom pa smo svjesno iscrpili baterije, uključuje se generator koji osigurava dovoljno energije za pogon propulzije, kućna trošila i nadopunu baterija radeći pri tome s optimalnim opterećenjem i potrošnjom goriva. Generator se zaustavlja sam kada više nije potreban. Dok ste na vezu u marini možete prodati energiju ako je omogućeno (smartgrid opcije u marinama!) ili ćete se ipak namjerno nadopuniti energijom unatoč samodostatnosti sustava.

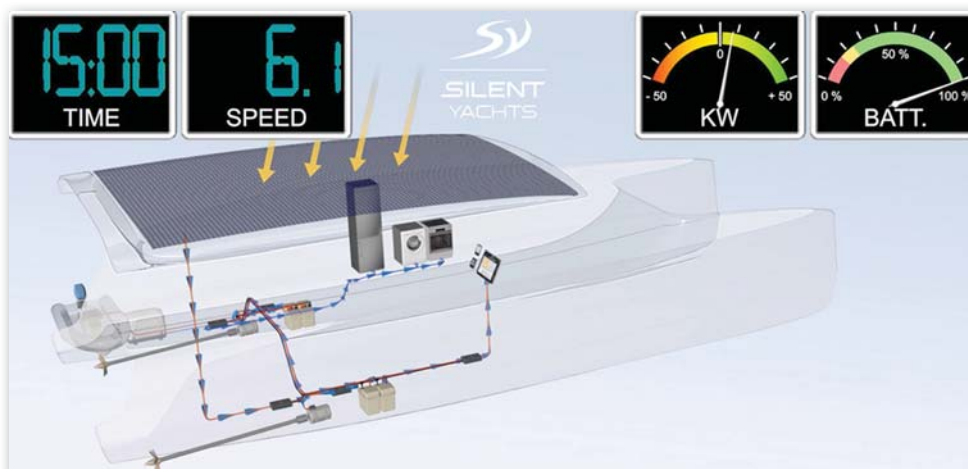


Slika 9. Ujutro se motori napajaju energijom iz baterija i započinje proizvodnja energije iz FN modula.

## Zaključak

SILENT -YACHT je krasan primjer kako hobi može postati posao. I obratno kako posao postaje hobi i igra... Da, nije sve tako jednostavno, ali ovaj primjer pokazuje da se ustrajnim radom koji se mjeri desecima godina može doći do rezultata. Možda to potakne i domaće brodograditelje da se odvaže u avanturu s litijskim baterijama i fotonaponskim poljem samodostatnim za potrebe plovila? LED je probijen, SILENT YACHT postoji.

Knjiga je koštala manje od 100 Eur, Schrack Technik priručnik o otočnim fotonaponskim sustavima je besplatan, svi materijali su na webu, a Sunce i sutra sja – besplatno! Treba dakle malo volje i ponešto vremena. Već u slijedećem broju krenut ćemo sa sustavima namijenjenim za građevine na kopnu. No morate priznati da nije bilo loše zakoraknuti u prostor ovog e-mobilnog katamarana i osjetiti da je energetska potpuno samodostatan.



Slika 10. Kada su baterije pune tada se pokreću veća trošila, desalinizator, perilice...

SCHRACK tim za elektromobilnost:  
 m.vincetic@schrack.hr  
 g.barac@schrack.hr  
 e.zeneral@schrack.hr

**SCHRACK**  
 TECHNIK

Zavrtnica 17, 10000 Zagreb  
 tel: 01 6055 500  
 www.schrack.hr

poduzeća o struci