Procjena mogućnosti korištenja baterijskih spremnika za kućanstva uz fotonaponske sustave

Kantej, Lidija

Master's thesis / Diplomski rad

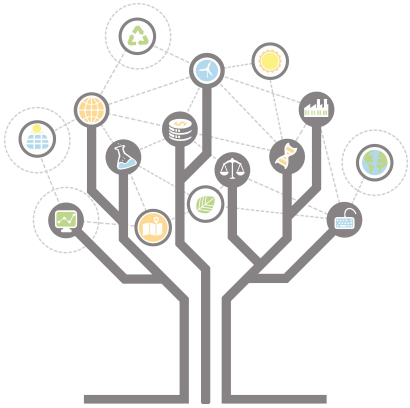
2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:784948

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Procjena mogućnosti korištenja baterijskih spremnika za kućanstva uz fotonaponske sustave

Kantej, Lidija

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:784948

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-04**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

LIDIJA KANTEJ

PROCJENA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA BATERIJSKIH SPREMNIKA ZA KUĆANSTVA UZ FOTONAPONSKE SUSTAVE

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PROCJENA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA BATERIJSKIH SPREMNIKA ZA KUĆANSTVA UZ FOTONAPONSKE SUSTAVE

DIPLOMSKI RAD

KANDIDAT:
Lidija Kantej

MENTOR:
Dr. sc. Robert Pašičko

VARAŽDIN, 2017.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

″PROCJENA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA BATERIJSKIH SPREMNIKA ZA KUĆANSTVA UZ FOTONAPONSKE SUSTAVE″

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi, te je izrađen pod mentorstvom Dr. sc. Roberta Pašička.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 08. rujan 2017.

Lidija Kantej



_____

Sažetak

Tema ovog rada je procjena mogućnosti korištenja baterijskih spremnika za kućanstva uz fotonaponske sustave. Svijet se sve više okreće obnovljivim izvorima energije i sve većoj iskoristivosti istih. Jedan dio toga zauzimaju baterijski spremnici koji se najčešće koriste uz fotonaponske sustave za dobivanje energije iz sunčeva zračenja. Na samom početku rada je osvrt na solarne panele i same fotonaponske sustave, pobliže opisani i objašnjeni za mogućnost daljnjeg razumijevanja. Slijedi poglavlje baterijskih spremnika gdje se izlaže njihova tehnologija, podjele, usporedba olovnih i litij-ionskih baterijskih spremnika, vodeći proizvođači litij-ionskih baterijskih spremnika i njihovi proizvodi. Kako bi se mogla napraviti procjena za kućanstvo, potrebno je procijeniti potrebu. Nadalje slijedi primjena baterijskih spremnika u kućanstvu. Krajnji zaključak slijedi iz primjera troškova i povrat ulaganja, te se uzimaju u obzir prognoze i pretpostavke koje se u svijetu nagovještaju kao mogući slijed u skoroj budućnosti pri razvoju baterijskih spremnika. Na kraju se spominju i baterijski spremnici u električnim automobilima čija sekundarna primjena je moguća u kućanstvu.

Ključne riječi: baterijski spremnici, fotonaponski sustav, kućanstvo

Sadržaj rada

1. Uvod ... 1
2. Solarni paneli ... 2
3. Lokacija ... 4
4. Solarni fotonaponski sustavi ... 7
4.1. Samostalni fotonaponski sustavi ... 7
4.2. Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije ... 9
5. Baterijski spremnici ... 11
6. Dugotrajnost solarni baterijski spremnici ... 13
6.1. Životni vijek trajanja baterijskog spremnika ... 14
7. Najprikladniji baterijski spremnici s obzirom na kemijski sastav ... 15
7.1. Olovna kiselina ... 15
7.2. Litij ion ... 16
7.3. Slana voda ... 16
8. Usporedba olovnih i litij-ionskih baterijskih spremnika ... 17
9. Litij-ion baterijski spremnici ... 21
10. Proizvođači baterijskih spremnika za kućanstva ... 22
10.1. Tesla ... 23
10.2. LG Chem ... 24
10.3. Mercedes ... 24
10.4. Nissan ... 25
10.5. sonnenBatterie ... 26
10.6. SimpliPhi Power ... 27
10.7. Sunverge ... 27
10.8. Powervault ... 28
10.9. ElectroIQ Power ... 29
10.10. Panasonic ... 29
10.11. BYD ... 30
11. Potrebe kućanstva ... 32
12. Primjena u kućanstvu ... 32
12.1. Koliko fotonaponske energije koja se proizvede se stvarno iskoristi? ... 36
12.2. Utjecaj na feed-in tarifni prihod od solarnog fotonaponskog sustava ... 36

12.2.1. Kako vrijeme korištenja (eng. time of use - TOU) električne energije utječe na ekonomiju baterijskog spremnika 38
12.2.2. Kako naplata potražnje utječu na ekonomiju baterijskog spremnika 38
12.2.3. Koliko smanjena ili nesmanjena otplata utječe na ekonomiju baterijskih spremnika 39
12.3. Troškovi i pogodnosti 40
12.3.1. Primjer povrata 40
12.4. Kako baterijski spremnik može smanjiti iznos računa za električnu energiju 41
13. Off-grid sustav s baterijskim spremnikom 41
14. Stanje u Hrvatskoj 42
14.1. Usporedba Hrvatske i svijeta 43
15. Pogled u budućnost 46
15.1. Teslina gigatvornica 47
15.2. Plan Sonnenbaterie za Australiju 48
16. Električni automobili 50
16.1. Broj električnih automobila u Hrvatskoj 51
16.2. Baterijski spremnici u električnim automobilima 52
17. Zaključak 53
18. Popis literature 55
19. Popis slika 64
20. Popis tablica 65

1. Uvod

Sadašnjost nam ukazuje kako su osnovni izvori energije na Zemlji neobnovljiva fosilna goriva (ugljen, nafta i plin), no postupno pada njihova popularnost i pažnja se sve više predaje obnovljivim izvorima energije. Energija iz fosilnih goriva se dobiva izgaranjem što vodi do oslobađanja otrovnih i štetnih plinova. Izgaranje fosilnih goriva proizvodi oko 2.13 bilijuna tona ugljičnog dioksida godišnje [1], a procjenjuje se da prirodni procesi mogu apsorbirati samo pola od tog iznosa, tako da je godišnje neto povećanje atmosferskog ugljičnog dioksida oko 10.65 bilijuna tona (jedna tona atmosferskog ugljika je ekvivalentna 44/12 ili 3.7 tona ugljičnog dioksida). Ugljični dioksid je jedan od stakleničkih plinova koji pojačava zračenje i pridonosi globalnom zatopljenju, uzrokujući da prosječna površinska temperatura Zemlje raste, što će rezultirati velikim nepovoljnim efektima. [1]

Sve to vodi do zaključka kako je prijeko potrebno smanjiti štetan utjecaj na okoliš i stvoriti sklad suvremenog načina života, nove tehnologije te prirode za dobrobit sadašnjih i budućih generacija.

Sunce daje energiju potrebnu za život. Ono u jednoj sekundi oslobodi više energije nego što je ljudska civilizacija iskoristila tijekom svog životnog vijeka što nam govori kako je od velike važnosti ulagati u istraživanja i napredak iskorištenja energije sunčeva zračenja. Iako se 30 % sunčeva zračenja reflektira ponovo u svemir, još uvijek do Zemlje dopire energija nekoliko tisuću puta veća od ukupne godišnje potrošnje. Naposljetku, cijena energije je sve veća, cijena barela nafte raste, zalihe fosilnih goriva se smanjuju, a mjere zaštite okoliša i ekološki zakoni su sve stroži što vodi do zaključka kako je iskorištenje sunčeve energije neizbježno i svakako budućnost u kojoj već živimo.

Unatoč znatnijim ulaganjima u istraživanje i razvoju solarne fotonaponske tehnologije u posljednjih desetak godina, danas je cijena solarnih panela, odnosno fotonaponskih sustava, i dalje visoka, no postupni pad cijene dovodi do konkurentnosti u cijeni s električnom energijom iz mreže. U posljednjih nekoliko godina svjedoci smo dosad nezapamćenog godišnjeg porasta u proizvodnji solarnih panela i modula od preko 60 %,

a jedinični kapaciteti pojedinih novosagrađenih proizvodnih pogona već prelaze 50 MW [2]. U prijelaznom razdoblju od desetak godina otvara se novo tržište za fotonaponske sustave u građevinarstvu, gdje oni, kao građevni elementi, mogu nadomjestiti klasične krovove i fasade u novim zgradama (tzv. BIPV) ili poboljšati toplinsku izolaciju na postojećim objektima, generirajući pritom električnu energiju za potrošnju na licu mjesta ili za isporuku električnoj mreži. [2]

Rasprostranjenost fotonaponske energije je trajno porasla u posljednjih dva desetljeća s manje od 9 GW instaliranog kapaciteta u 2007. godini na više od 290 GW u 2016. godini [3]. IRENA procjenjuje da će postizanje tranzicije energije u zemljama G20 zahtijevati kumulativna ulaganja u solarni sektor od oko 3,620 milijardi dolara do 2050. godine [3]. Takva ulaganja mogu stvoriti vrijednost i rezultirati ekonomskim koristima, uključujući generiranje dohotka i stvaranje novih radnih mjesta.

2. Solarni paneli

Solarni paneli, kao rijetko koja tehnologija, danas imaju znatno ubrzan tehnološki napredak u istraživanju materijala za izradu solarnih ćelija i pronalasku novih koncepata i procesa njihove proizvodnje. Silicij, kao osnovni materijal za izradu solarnih panela, apsolutno dominira, s udjelom od oko 98 %, i to pretežno u tehnologiji kristalnog silicija. Uglavnom prevladava tehnologija proizvodnje monokristalnog silicija dobivenog tzv. Czochralskim postupkom ili tehnologijom lebdeće zone (engl. float zone). Proizvodnja monokristalnog silicija je skuplja, no učinkovitost panela je veća. Najveći tehnološki nedostatak kristalnog silicija je svojstvo da je poluvodič s tzv. neizravnim zabranjenim pojasom, zbog čega su potrebne razmjerno velike debljine aktivnog sloja kako bi se u najvećoj mjeri iskoristila energije sunčeva zračenja. Nova tehnologija, koja uključuje primjenu trakastog silicija, ima prednost što je u procesu proizvodnje izbjegnuta potreba rezanja vafera, čime se gubi i do 50 % materijala. Međutim, kvaliteta i mogućnost proizvodnje nije takva da bi primjena te tehnologije prevladala u bliskoj budućnosti. U novoj tehnologiji tankog filma primjenjuju se poluvodiči s tzv. izravnim zabranjenim pojasom i njihove debljine mogu biti znatno

manje, uz bitno manji utrošak materijala, što obećava nisku cijenu i mogućnost proizvodnje velikih količina panela. Solarni paneli tankog filma pripadaju trećoj generaciji solarnih panela, a postoji nekoliko eksperimentalnih poluvodičkih materijala poput bakar-indij-galij-selenida (CIGSS), bakar-indij-diselenida (CIS) ili kadmijeva telurida (CdTe) te organskih materijala, no u masovnu su proizvodnju ušli solarni paneli izrađeni od tankog filma silicija (TFSi). Izvode se postavljanjem tankih slojeva (filmova) poluvodičkih materijala na podlogu (tzv. supstrat). Takva izvedba solarnih panela je vrlo zahvalna, jer omogućava njihovu fleksibilnost u odnosu na klasične, krute, solarne panele, a to omogućava njihovu širu primjenu. Međutim, njihova je dosadašnja učinkovitost 7 do 10 %, što je znatno manje od klasičnih silicijevih solarnih panela. [2]

Danas se na tržištu mogu naći različiti silicijevi solarni paneli, različitih boja i dimenzija (Slika 1). Uobičajene su dimenzije 10cm × 10cm, 12,5cm × 12,5cm, 15cm × 15cm, 21cm × 21cm. Udio tehnologije tankog filma (amorfni silicij, CdTe, CIS, CIGSS), unatoč znatnim naporima uloženim u istraživanja, ostao je vrlo skroman, svega oko 6%. Međutim, snažan rast proizvodnje solarnih panela s kristalnim silicijem može prouzročiti porast cijene i nestašicu sirovog silicija, pa je moguć i veći proboj tehnologije tankog filma u budućnosti. [2]



Slika 1 Solarni paneli tvrtke Solvis [35]

Iako su neki znanstvenici zabrinuti zbog mogućeg negativnog utjecaja proizvodnje solarnih ćelija na okoliš, ta se tehnologija svrstava u tehnologije 21. stoljeća za dobivanje električne energije. Zabrinutost je prisutna zbog toga što proces proizvodnje nekih fotonaponskih panela zahtijeva otrovne metale poput žive, olova i kadmija, a uz to proces proizvodnje rezultira i stvaranjem ugljikova dioksida koji je staklenički plin i uglavnom je odgovoran za učinak globalnog zatopljenja. [2]

Izrada solarnih panela je dosta složen tehnološki proces, pa je stoga cijena solarnih panela još uvijek dosta visoka. Međutim, posljednjih godina cijena solarnih panela pada, a poboljšavaju im se i karakteristike u laboratorijskim istraživanjima. Da bi se cijena solarnih panela bitno smanjila, potrebno je pojednostaviti s jedne strane izradu, a s druge strane koristiti druge, jeftinije materijale. U novije vrijeme tehnički su se usavršili visoko učinkoviti solarni paneli, tzv. koncentrirajući solarni paneli. Obično se ugrađuju na fotonaponske sustave koji prate kretanje Sunca (engl. Tracking System). Stupanj djelovanja tih panela je oko 35 %, a modula oko 25 %. Bilježi se znatan porast ugradnje fotonaponskih sustava koji prate kretanje Sunca (engl. Tracking) i koji imaju module od optičkih koncentrirajućih sustava CPV. Također sustavi koji prate kretanje Sunca, tracking sustavi, mogu imati module od standardnih monokristalnih ili polukristalnih silicijevih solarnih panela ili tankog filma. [2]

3. Lokacija

Pri donošenju odluke i postavljanju fotonaponskog sustava vrlo je važno odrediti lokaciju sustava za najoptimalniji rad i da li je lokacija po pitanju geografskog položaja isplativa za postavljanje fotonaponskog sustava s obzirom na količinu sunčeva zračenja. Mogu se kupiti solarni paneli s najvišom učinkovitošću na tržištu i potom poboljšati pomoću mehanizma za praćenje solarne energije kako bi se poboljšala izlazna snaga sustava, ali to ne znači da će se dobiti maksimalna korist ako lokacija ima loše uvjete za fotonaponske sustave.

Raspoloživo sunčevo zračenje je najvažniji čimbenik koji utječe na energiju fotonaponskog sustava. S obzirom na to da je Zemlja okrugla, neke lokacije primaju

veće količine sunčevog zračenja tijekom godine. Općenito, lokacije blizu tropskih područja su mnogo povoljnije od lokacija blizu polova. Naravno, nije moguće pretvoriti 100% sunčevog zračenja u električnu energiju, budući da fotonaponski sustavi imaju fizička ograničenja kao i svaka tehnologija. Međutim, između dva sustava s istom učinkovitošću i instaliranom snagom, onaj koji prima najveći udio sunčevog zračenja dnevno, ima najveću izlaznu energiju.

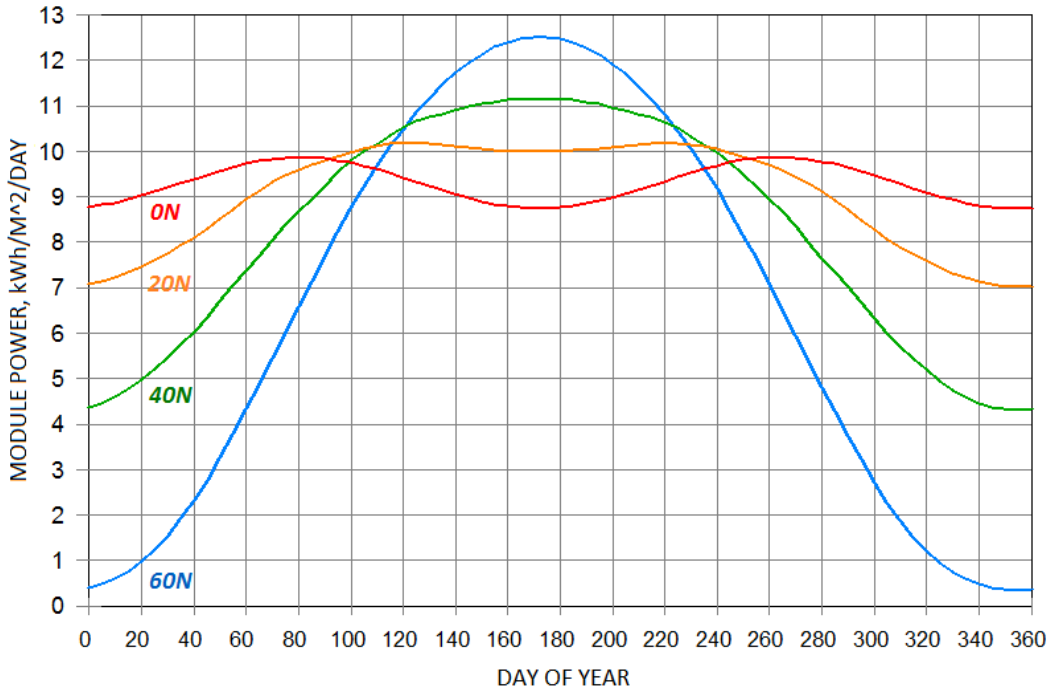
Čak i ako geografska lokacija raspolaže velikim količinama sunčevog zračenja, specifično mjesto na kojem će biti postavljen fotonaponski sustav može imati prepreke koje blokiraju dopiranje znatnog udjela sunčevog zračenja. Neke značajke na koje treba obratiti pažnju prije instaliranja fotonaponskog sustava su visoke zgrade, planine i drveće. Produktivnost solarnog fotonaponskog sustava bit će mnogo veća ako se fotonaponski sustav postavlja na ravnici ili okružen niskim zgradama poput kuća. Ako se nalazi u središtu grada s neboderima, velike sjene nebodera mogu znatno smanjiti proizvodnju fotonaponskog sustava. Na sjevernoj hemisferi većina sunčevog zračenja dolazi od južnog dijela neba. Ako se planinski lanac nalazi izravno južno od položaja postavljanja sustava, dosta sunčeve svjetlosti može se blokirati, čime se smanjuje produktivnost. Jedno stablo je prepreka koja se može izbjeći jednostavno ne postavljajući solarne panele izravno ispod njegove sjene. Međutim, veća količina drveća kao što je šuma predstavlja znatnu barijeru za sunčevu svjetlost. Čak i ako postoji prednost čistog neba i velikih količina sunčevog zračenja, treba paziti da manje sjene nisu projicirane na solarne panele. Valja napomenuti da su solarni sustavi povezani u nizu - jedan modul sa znatnim zasjenjenim područjem utječe na proizvodnju cijelog fotonaponskog polja. Prilikom ocjenjivanja potencijalnog područja za sjene, također je važno imati na umu da se položaj sunca mijenja tijekom dana i sjene mijenjaju položaj u skladu s tim.

Također je bitno odrediti na koju stranu je pružanje krova kuće, s obzirom na to da se fotonaponski sustavi najčešće postavljaju na krov, ali se mogu postaviti i na tlo, preko parkirališta i vanjskih hodnika ili čak blizu zidova. Ovisno o uvjetima i postavljanju imovine, kao i količini potrebne energije, bilo koji od ovih položaja može osigurati maksimalnu sunčevu svjetlost. Različiti čimbenici koji određuju pozicioniranje i orijentaciju uključuju smjer kretanja krova i svojstva, kut ili nagib krova, snagu krova, vrstu vremena kao što su kiša, tuča i snijeg koji zahvaćaju područje tijekom cijele

godine. Razlog što su krovovi popularni u smislu pozicioniranja je zato što oni imaju tendenciju da prime najviše sunčeve svjetlosti i nisu na putu, ali ponekad krovno montiranje nije praktično zbog određenih ograničenja kao što je prostor. Dakle, u takvim slučajevima, postavljanje na zemlji može biti najbolja opcija.

Bitna je razlika u pružanju panela prema jugu naspram pružanja prema istoku ili zapadu. U Hrvatskoj pogoduje pružanje istok i zapad zbog veće iskoristivosti fotonaponskog sustava, no, na primjer u Njemačkoj je najpogodnije pružanje na jug s obzirom na puno veću geografsku širinu. Bitnu ulogu igra i kut nagiba samih panela pri instalaciji. U daljnjem tekstu je usporedba četiriju krovna solarna slučaja s obzirom na geografsku širinu.

Primjer četiri krovna solarna slučaja: na ekvatoru, na zemljopisnoj širini 20° prema sjeveru, na zemljopisnoj širini 40° i 60°. Za generiranje 5.000 kWh u godini trebamo 3,8 kW instalirane fotonaponske snage na ekvatoru (faktor opterećenja 15%), 3,4 kW na geografskoj širini 20N (faktor opterećenja 17%), 3,6 kW na 40N (faktor opterećenja 16%) i 5,7 KW na 60N (faktor opterećenja 10%) [14]. Čimbenici opterećenja proizlaze iz Procjene globalnog solarnog PV faktora opterećenja.



Slika 2 Godišnja solarna snaga po zemljopisnoj širini za četiri slučaja [14]

Na Slici 2 prikazana je godišnja solarna snaga u kWh / kvadratni metar / dan za četiri slučaja koristeći petodnevni prosjek (podaci iz PVeducationa). Predviđa modul izlaza iz fiksnih solarnih ploča nagnutih na jug pod kutom koji generira maksimalnu godišnju generaciju (koja je jednaka geografskoj širini samo na ekvatoru.) Optimalne nagibe ploča su 18° u odnosu na vodoravnu plohu na zemljopisnoj širini 20N, 35° na 40N i 49° na 60N [14]. Najuočljivija značajka je sezonska varijacija u sunčevoj snazi, koja varira od 13% na ekvatoru i 45% na 20N zemljopisnoj širini do faktora od 2,6 na 40N i faktorom 36 na 60N [14].

4. Solarni fotonaponski sustavi

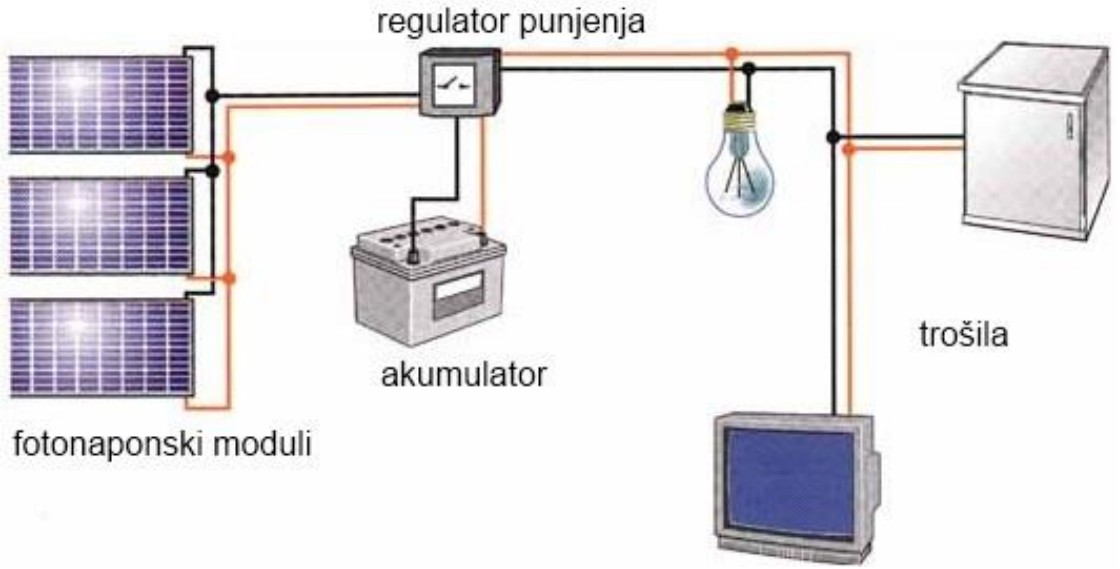
Solarni fotonaponski sustavi mogu se podijeliti na dvije osnovne skupine: fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl. off-grid), a često se nazivaju i samostalnim sustavima (engl. stand-alone systems), i fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (engl. on-grid). [2]

Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu, odnosno samostalni sustavi, mogu biti s ili bez pohrane energije, što će ovisiti o vrsti primjene i načinu potrošnje energije, i hibridni sustavi koji mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, dizelskim generatorom ili gorivnim člancima. Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu mogu biti izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije. [2]

4.1. Samostalni fotonaponski sustavi

Kao što je već rečeno, solarni fotonaponski (FN) sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl. off-grid) često se nazivaju i samostalnim sustavima (engl. stand-alone systems), a mogu biti s ili bez pohrane energije, i hibridni sustavi koji mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, gorivnim člancima ili dizelskim generatorom. Temeljne komponente

samostalnoga fotonaponskog sustava (Slika 3) su fotonaponski moduli (obično spojeni paralelno ili serijski-paralelno), regulator punjenja, akumulator, trošila i izmjenjivač (ako trošila rade na izmjeničnu struju). [2]

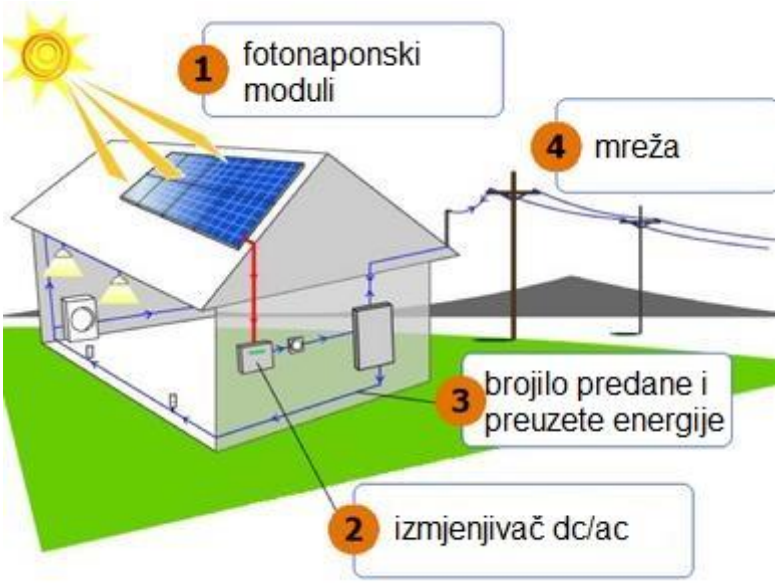


Slika 3 Samostalni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju [36]

Za takav fotonaponski sustav, koji se sastoji od gore navedenih komponenata karakteristična su dva osnovna procesa: pretvorba sunčeva zračenja, odnosno svjetlosne energije u električnu, te pretvorba električne energije u kemijsku i, obrnuto, kemijske u električnu. Fotonaponska pretvorba energije sunčeva zračenja, odnosno svjetlosne energije u električnu, odvija se u solarnom panelu, dok se u akumulatoru, odnosno baterijskom spremniku obavlja povratni (reverzibilni) elektrokemijski proces pretvorbe, povezan s nabijanjem (punjenjem) i izbijanjem (pražnjenjem) bateijskog spremnika. U trošilima se električna energija pretvara u različite oblike, kao primjerice mehaničku, toplinsku, svjetlosnu ili neku drugu energiju. Trošilo je definirano snagom, naponom i strujom. [2]

4.2. Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije. Dakle, oni omogućuju povezivanje distribuiranih sustava na centralizirane sustave, odnosno sustave priključene uglavnom na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava. Temeljne komponente fotonaponskog sustava, priključenog na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su fotonaponski moduli, glavna sklopka za odvajanje, izmjenjivač dc/ac, brojila predane i preuzete električne energije (Slika 4).



Slika 4 Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije [37]

Fotonaponski moduli, spojeni serijski ili serijski-paralelno, proizvode istosmjernu struju i međusobno su povezani kabelima u nizove, tzv. višekontaktnim (engl. multi contact) konektorskim sustavom. Svi kabeli koji dolaze od nizova fotonaponskih modula uvode se u razdjelni ormarić modula, odnosno spojnu kutiju nizova modula sa svom zaštitnom opremom, ponajprije odvodnicima prenapona i istosmjernim prekidačima. Iz razdjelnog ormarića se dovodi od svake grupe fotonaponskih modula, razvode kabelima

istosmjernog razvoda preko glavne sklopke za odvajanje prema solarnim izmjenjivačima. Solarni izmjenjivači pretvaraju istosmjernu struju solarnih modula u izmjenični napon reguliranog iznosa i frekvencije, sinkroniziran s naponom i frekvencijom mreže, te se nastala izmjenična struja prenosi kabelima izmjeničnog razvoda do kućnog priključka na elektroenergetsku mrežu, odnosno električnog ormarića, gdje su smještena brojila električne energije. Brojila električne energije, smještena u ormariću brojila, registriraju proizvedenu energiju predanu u mrežu i potrošenu energiju preuzetu iz mreže. Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije je u paralelnom pogonu s distribucijskom mrežom, a namijenjen je za napajanje trošila u obiteljskoj kući, a višak električne energije odlazi u elektrodistribucijsku mrežu. Kad solarni moduli ne proizvode dovoljno električne energije, napajanje trošila u kućanstvu nadopunjuje se preuzimanjem energije iz mreže. S obzirom na to da instalirani fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije proizvode najviše električne energije sredinom dana, oni podmiruju vlastite potrebe i dobrim dijelom rasterećuju elektroenergetski sustav, što može biti od velike važnosti u područjima gdje je slaba elektroenergetska mreža.[2]

Prednosti fotonaponskih sustava, kao distribuirane proizvodnje električne energije, spojenih na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su sljedeći: proizvodi se ekološki čista električna energija bez onečišćenja okoliša, sva se pretvorba energije obavljala u blizini mjesta potrošnje, nema gubitaka energije u prijenosu i distribuciji, pouzdanost i sigurnost opskrbe, troškovi održavanja postrojenja znatno su niži od održavanja centraliziranih proizvodnih objekata, lokacije za instalaciju fotonaponskih sustava u odnosu na velike centralizirane proizvodne sustave jednostavnije je, lakše i brže pronaći, jednostavna i brza instalacija te puštanje u pogon.[2]

Više fotonaponskih modula koji mogu biti serijski i/ili paralelno povezani oblikuju tzv. solarni generator određene nazivne snage koja se označava u Wp, kWp ili MWp. Fotonaponski moduli proizvode istosmjernu struju dc (engl. direct current), obično s naponom 12 ili 24 V. Solarni izmjenjivači pretvaraju istosmjernu struju modula u izmjeničnu, sinkroniziranu s naponom i frekvencijom mreže.[2]

U većini se zemalja Europske unije, s obzirom na instaliranu snagu, fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije mogu podijeliti na one do 30 kW, od 30 kW do 100 kW i preko 100 kW. U Republici Hrvatskoj za sada vrijedi podjela prema instaliranoj snazi do 10 kW, od 10 kW do 30 kW i preko 30 kW.[2]

5. Baterijski spremnici

Stavljajući baterijske spremnike uz fotonaponski sustav povećava se samopotrošnja i smanjuje oslanjanje na elektroenergetsku mrežu. No, prilikom izbora baterijskih spremnika bitno je obratiti pažnju na nekoliko stvari.

1. Kapacitet je ukupna količina električne energije koju solarni baterijski spremnik može pohraniti, mjerena u kilovatsatima (kWh). Većina kućnih solarnih baterijskih spremnika je skalabilna, što znači da se može uključiti više baterijskih spremnika s dodatnim solarnim sustavom za pohranu da bi se dobio dodatni kapacitet. Dok kapacitet govori koliko je velika baterija, ne daje informaciju koliko električne energije baterijski spremnik može pružiti u određenom trenutku. Potrebno je razmotriti i snagu baterije. Ni jedan baterijski spremnik ne bi smio biti ispražnjen do kraja, iako se neki baterijski spremnici prodaju pod terminom totalnog kapaciteta dok drugi pod terminom upotrebljiv kapacitet tako da treba obratiti pažnju na navedeni termin. Naprimjer, baterijski spremnik Tesla Powerwall 2 je u biti kapaciteta 14 kWh, no u prodaji se navodi 13,5 kWh upotrebljivog kapaciteta [4]. Baterijski spremnik se nikad ne smije isprazniti do krajnje granice jer se time stvara oštećenje baterijskog spremnika.

2. U kontekstu solarnih baterijskih spremnika, nazivna snaga je količina električne energije koju baterija može istodobno isporučiti. Mjeri se u kilovatima (kW). Baterijski spremnik s velikim kapacitetom i niskom razinom snage daje malu količinu električne energije (dovoljno za pokretanje nekoliko ključnih uređaja) dugo vremena. Baterijski spremnik s niskim kapacitetom i velikom snagom može napajati cijelo kućanstvo, ali samo nekoliko sati. Izlazna snaga koju neki

baterijski spremnici isporučuju je tek 800 W, što je nedovoljno za čajnik kojem je potrebno 2000 W [4]. Bitno je provjeriti izlaznu snagu prije kupovine kako ne bi došlo do situacije izvlačenja velike količine električne energije iz elektroenergetske mreže iako ima električne energije u baterijskom spremniku.

3. Ciklus koji je jedno cjelovito pražnjenje i jedno cjelovito punjenje. U realnosti se to ne događa, baterijski spremnik se može isprazniti samo do 25% i nakon toga napuniti 25%, što bi bilo ¼ ciklusa. Potrebno je provjeriti za koliko ciklusa baterijski spremnik jamči te tako proračunati koliko kWh baterijski spremnik može isporučiti s obzirom na svoj životni vijek.

4. Dubina pražnjenja (DoD) baterijskog spremnika odnosi se na količinu korištenja baterijskog spremnika. Većina baterijskih spremnika mora zadržati određeno napajanje u svako doba zbog njihovog kemijskog sastava. Ako se koristi 100% baterijskog spremnika, korisni vijek trajanja bit će znatno skraćen. Većina proizvođača će odrediti maksimalni DoD za optimalne performanse. Na primjer, ako 10 kWh baterijskog spremnika ima DoD od 90%, prije punjenja ne bi trebalo iskoristiti više od 9 kWh baterijskog spremnika [18]. Općenito govoreći, veći DoD znači da će se moći iskoristiti više kapaciteta baterijskog spremnika.

5. Razlika u kemijskom sastavu baterijskih spremnika. Glavne dvije su olovna kiselina i litij. Olovni baterijski spremnici su jeftini za instalaciju, no neće dugo potrajati i zauzimaju veliku količinu prostora zbog svoje veličine. Litij ionski baterijski spremnici će trajati duže i isporučiti više kWh tijekom svog životnog vijeka.

6. Vrlo je bitan p/kWh. Ako baterijski spremnik kapaciteta 5 kWh jamči 3000 ciklusa, tada će isporučiti 15 000 kWh električne energije tijekom svog životnog vijeka [4]. Ako podijelimo cijenu instalacije s 15 000 onda dobivamo cijenu p/kWh. Neki baterijski spremnici nude nižu cijenu p/kWh nego što je trenutna cijena mreže, što znači da se može kupiti na veliko buduća električna energija po nižoj cijeni nego što je trenutna cijena mreže, fiksirajući troškove za života sustava. Neke cijene p/kWh sustava su mnogo više od trenutne cijene mreže što znači da se troši novac na skupocjenu električnu energiju koja bi bila jeftinija

prilikom napajanja iz mreže. Također se može uzeti u obzir i činjenica da će mnogi baterijski spremnici trajati duže nego što njihovo jamstvo nalaže.

7. Proizvođač jer mnogo različitih organizacija razvija i proizvodi solarne baterijskih spremnika, od automobilskih tvrtki do tehnoloških startup-ova. Iako automobilska tvrtka koja ulazi na tržište skladištenja energije vjerojatno ima dulju povijest proizvodnje, ne znači da nude najrevolucionarniju tehnologiju. Nasuprot tome, tehnološko pokretanje može imati potpuno novu tehnologiju visokih performansi, ali manje od zapisa koji bi dokazao dugotrajnu funkcionalnost baterijskog spremnika. Procjena jamstava povezanih sa svakim proizvodom može dati dodatne smjernice prilikom odabira.

Budući da se baterijski spremnici sastoje od kemikalija, način i uvjeti pod kojima se koriste utječu na njihovu izvedbu, cijenu i životni vijek. Uvjeti okoline kao što je temperatura također imaju važan utjecaj na mnoge tipove baterijskih spremnika. Važno je napomenuti kako različite vrste baterijskih spremnika imaju jedinstvene atribute.

Baterijski spremnik se sastoji od anode, katode i elektrolita koji služi kao separator između dvije elektrode. Različite vrste baterija tipično se označavaju prema materijalima korištenim za njihovu izradu. Uobičajeno su to kombinacije olovno kiselinske, nikal kadmij i nikal-metal hibrid, litiji-ion, litij-polimer, metal zrak, natrij-sumpor i natrij nikal-klorid. S obzirom na to da se u ovoj temi osvrćemo na kućanstvo i na budućnost, pažnju ćemo posvetiti litij ionskim baterijskim spremnicima kao najoptimalnijim sustavima za pohranu električne energije u kućanstvu.

6. Dugotrajnost solarni baterijski spremnici

Prilikom utvrđivanja dugotrajnosti prvo je potrebno odrediti koliko dugo solarni baterijski spremnik može napajati kućanstvo. U mnogim slučajevima, potpuno napunjen baterijski spremnik može napajati kućanstvo preko noći kada solarni paneli ne proizvode energiju. Da bi izvršili točniji izračun, potrebno je znati nekoliko varijabli, uključujući količinu energije koju kućanstvo troši u određenom danu, koji je kapacitet i

nazivna snaga baterijskog spremnika i da li je kućanstvo spojeno na elektroenergetsku mrežu.

Radi jednostavnog primjera odredit će se veličina baterijskog spremnika koji je potreban kako bi se osigurala odgovarajuća rješenja za pohranu podataka o solarnoj energiji i nacionalnim prosječnim podacima iz američke administracije informacija o energiji. Prosječno američko domaćinstvo koristi oko 30 kilovatsati (kWh) energije dnevno, a tipični solarni baterijski spremnik može isporučiti oko 10 kWh kapaciteta [18]. Odgovor je vrlo jednostavan, ako se kupe tri solarna baterijska spremnika, kućanstvo se može napajati cijeli dan bez ikakvog drugog izvora električne energije.

U stvarnosti, odgovor je složeniji od toga. Također će se generirati snaga iz fotonaponskog sustava tijekom dana koji će ponuditi snagu od oko 6-7 sati dnevno tijekom vršnih sati sunčevog zračenja. S druge strane, većina baterija ne može raditi na maksimalnom kapacitetu i općenito se postiže 90% DoD. Kao rezultat toga, 10 kWh baterijski spremnik vjerojatno ima korisnu snagu od 9 kWh [18].

Naposljetku, ako uparimo baterijski spremnik s rasponom napajanja fotonaponskog sustava, jedan ili dva baterijska spremnika mogu pružiti dovoljnu snagu tijekom noći kada se ne dobiva napajanje iz fotonaponskog sustava. Međutim, bez rješenja obnovljivih izvora energije, možda će biti potrebna 3 baterijska spremnika ili više za napajanje cijelog kućanstva 24 sata. Osim toga, ako se instalira kućna pohrana energije kako bi se odvojili od električne mreže, potrebno je instalirati veći kapacitet kako bi imali nekoliko dana rezervne snage za dane u kojima vrijeme može biti oblačno pa fotonaponski sustav ne prima dovoljno sunčevog zračenja za napajanje.

6.1. Životni vijek trajanja baterijskog spremnika

Opći raspon korisnog vijeka trajanja baterijskog spremnika je između 5 i 15 godina. Instaliranjem baterijskog spremnika danas, vjerojatno će biti potrebno zamijeniti ga barem jednom kako bi odgovarao životnom vijeku fotonaponskog sustava od 25 do 30 godina. Međutim, baš kao što se životni vijek solarnih panela znatno povećao u

proteklom desetljeću, očekuje se da će baterijski spremnici slijediti tržište kako rješenja za skladištenje energije raste.

Pravilno održavanje također može imati značajan utjecaj na životni vijek baterijskog spremnika. Na baterijski spremnik značajno utječe temperatura, tako da zaštita baterije od zamrzavanja ili pregrijavanja može povećati korisni vijek trajanja. Kada se temperatura baterijskog spremnika spusti ispod 0°C, to će zahtijevati više napona kako bi se postigla maksimalna napunjenost; kada taj isti baterijski spremnik pređe preko 32°C, postat će pregrijan i zahtijevati smanjenje napunjenosti. Da bi riješili ovaj problem, mnogi vodeći proizvođači baterija, poput Tesle [18], daju temperaturnu umjerenost kao značajku. Međutim, ako baterijski spremnik nema tu značajku, potrebno je razmotriti druga rješenja poput kućišta zaštićenih zemljom. Napori za održavanje kvalitete baterijskog spremnika mogu svakako utjecati na dugo trajanje baterijskog spremnika.

7. Najprikladniji baterijski spremnici s obzirom na kemijski sastav

Baterijski spremnici koji se koriste u skladištenju energije u kućanstvu obično se proizvode s jednim od tri kemijska sastava: olovnom kiselinom, litijevim ionima i slanom vodom. U većini slučajeva, litij-ionske baterije su najbolja opcija za sustav solarnog panela, iako druge vrste baterija mogu biti pristupačnije (Slika 5).

7.1. Olovna kiselina

Olovni baterijski spremnici testirana su tehnologija koja se desetljećima koristi u off-grid energetskim sustavima. Iako imaju relativno kratak vijek trajanja i niži DoD od ostalih vrsta baterija, one su također jedna od najjeftinijih opcija koje su trenutno na tržištu u sektoru skladišta energije u kućanstvu. Za kućanstva koja žele napustiti

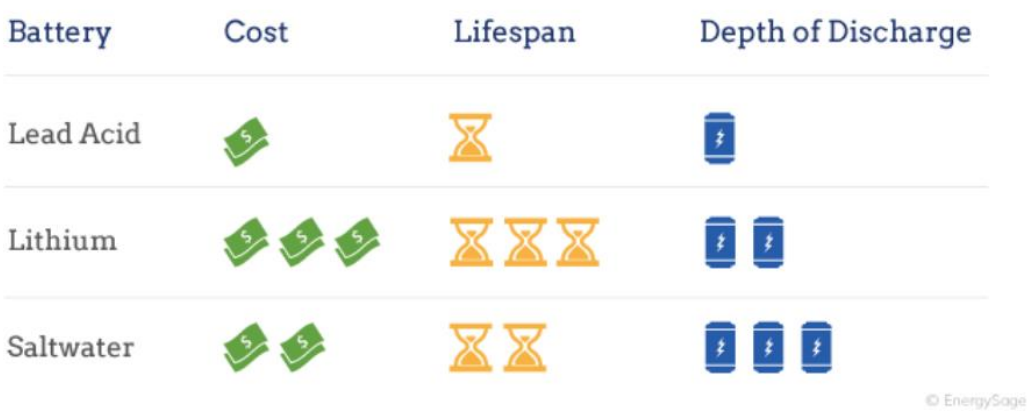
elektroenergetsku mrežu i imaju puno prostora za skladištenje, olovna kiselina može biti dobar izbor.

7.2. Litij ion

Većina novih tehnologija za skladištenje energije u kućanstvu koristi neki oblik litij-ionskog kemijskog sastava. Litij-ionski baterijski spremnici su lakši i kompaktniji od olovnih baterijskih spremnika. Oni također imaju veći DoD i duži vijek trajanja u odnosu na olovne. Međutim, litij-ionski baterijski spremnici su skuplji od olovnih.

7.3. Slana voda

Pridošlica u kućnom skladištenju energije je baterijski spremnik sa slanom vodom. Za razliku od ostalih opcija za pohranu energije u kući, ti baterijski spremnici ne sadrže teške metale, već se oslanjaju na elektrolite slane vode. Dok se baterijski spremnici koji koriste teške metale, uključujući olovne i litij-ionske baterijske spremnike, moraju odlagati posebnim postupcima, baterijski spremnik sa slanom vodom se lako reciklira. Međutim, kao nova tehnologija, relativno su netestirani.



Slika 5 Usporedba triju baterijskih spremnika različitih po kemijskom sastavu [18]

8. Usporedba olovnih i litij-ionskih baterijskih spremnika

Da bi trajali dovoljno dugo, olovni se baterijski spremnik smije prazniti samo do polovice svojeg kapaciteta, dok se litij-ionski baterijski spremnik može bez oštećenja i ubrzanog starenja do kraja isprazniti (Slika 6). Iz tih dvaju različitih baterijskih spremnika jednakog nazivnog kapaciteta i jednako napunjenih, ne može se u jednom ciklusu pražnjenja iscrpiti jednaka količina energije. Li-ion baterijski spremnik nudi u tom ciklusu znatno više energije.



Slika 6 Iskoristivost energije iz olovnih i Li-ionskih baterija - usporedba [17]

Uz napon baterijskog spremnika od 48 V, litij-ionskom baterijskom spremniku trebat će 400 Ah (50 V x 400 Ah = 20 kWh). Izvlačenjem jednake energije pražnjenja od 20 kWh iz olovnog baterijskog spremnika koji se smije isprazniti samo do polovice (50% kapaciteta) kako se ne bi ugrozio životni vijek, potreban je 48 V baterijski spremnik nazivnog kapaciteta 800 Ah. Za istu raspoloživu energiju od 20 kWh olovni baterijski spremnik ima masu 1360 kg, dok je masa Li-ionskog baterijskog spremnika svega 336 kg [17]. Li-ion baterijski spremnik je četiri puta lakši. Dakako, ova teorijska usporedba vrijedi samo ako se olovni baterijski spremnik prazni nazivnim pražnjenjem. No, u otočnim fotonaponskim sustavima teško je točno predvidjeti energiju pražnjenja., jer nije sigurno da će se baterijski spremnik prazniti nazivnom energijom pražnjenja.

Naprimjer, olovni baterijski spremnik nazivnih podataka 100 Ah, 12 V, C20. Baterijski spremnik osim oznake kapaciteta izraženog Ah i napona izraženog u V ima još i dodatnu oznaku, npr. C20. To znači da se može prazniti 20 sati električnom energijom od 5 A (20 h x 5 A = 100 Ah). Dakle, brojka 20 iz oznake C20 označuje 20 h pražnjenja. Energija pražnjenja je pri tome: kapacitet baterijskog spremnika C / 20 iz čega slijedi da se baterijski spremnik prazni s 0.05 C (npr: 100 Ah / 20 h = 5 A). Prazni li se taj baterijski spremnik tako da bi se sav nazivni kapacitet iscrpio za 10 h, tada se baterijski spremnik prazni s 0,1 C. Za taj baterijski spremnik to bi iznosilo 0,1 C = 0,1 x 100 = 10 A. Međutim, zbog unutrašnjih fizikalnokemijskih procesa, olovni baterijski spremnik u primjeru (nazivnih 100 Ah pri energiji pražnjenja 0,1 C), može dati samo 85% kapaciteta, tj. 85 Ah. Ako se taj isti baterijski spremnik prazni s 1 C, dakle sa 100 A, tada on može dati samo 20% nazivnog kapaciteta tj. samo 20 Ah. Prazni li se s 5C, dakle s 500 A, tada on može dati svega 8% nazivnog kapaciteta, tj. samo 8 Ah. Vidljivo je da kapacitet napunjenog olovnog baterijskog spremnika (100%) uvelike zavisi o energiji pražnjenja. Zavisnost kapaciteta Li-ion baterijskog spremnika o energiji pražnjenja je jako mala. Li-ion baterijski spremnik s nazivnih 100 Ah imat će pri pražnjenju od 100 A stvarni kapacitet od 102 Ah, a struju od 100 A davat će stvarnih 1,02 h. Olovna baterija nazivnih podataka 100 Ah C20 imala bi pri pražnjenju sa 100 A stvarni kapacitet od svega 20 Ah, a energiju od 100 A mogao bi davati tek 12 minuta (20 Ah/100 A = 0,2 h = 12 min). Dakle, početno napunjen Li-ion baterijski spremnik daje 100 A tijekom 1,02 h, a jednako napunjen olovni baterijski spremnik davat će 100 A svega 12 minuta. To vodi do zaključka da se kapacitet olovnog baterijskog spremnika smanjuje pri povećanju energije pražnjenja, a litij-ionski baterijski spremnik gotovo se ne mijenja. Očekuje li se u nekom sustavu veće pražnjenje, dakle pražnjenje s većim energijama baterijskog spremnika, tada masa potrebnog olovnog baterijskog spremnika neizbježno raste. Osim upravo opisane zavisnosti kapaciteta baterijskog spremnika o energiji pražnjenja baterijskog spremnika, bitna stavka je i zavisnost napona baterijskog spremnika o energiji pražnjenja baterije. Pri povećanju energije pražnjenja, napon litij ionskog baterijskog spremnika manje pada u odnosu na olovni. Litij-ionski baterijski spremnik je izdržljiviji izvor napona u odnosu na olovni, a stručno rečeno ima i manji unutarnji otpor. [17]

Olovni baterijski spremnik u ispražnjenom stanju prima 98% privedene energije, što znači da se u toj fazi samo mali dio pretvara u nekorisnu toplinu. Međutim, kako se baterijski spremnik približava stanju napunjenosti 80%, sve se više energije pretvara u nepotrebnu toplinu, pri čemu se svega 75% privedene energije može pospremiti u baterijski spremnik. Pri kraju procesa punjenja u baterijski spremnik se može pohraniti svega 5% privedene energije. Kako se proces punjenja olovnih baterijskih spremnika u otočnim sustavima odvija uglavnom kontrolirano, u rasponu od 50% kapaciteta do 100% (jer baterijski spremnik ne praznimo dublje - zbog produženja životnog vijeka), navodi se da je prosječna efikasnost punjenja oko 75%. Isto se može izreći i na drugi način: ako se olovni baterijski spremnik prazni „x“ sati sa energijom 0,15 C, to iziskuje punjenje tom istom energijom (0,15 C) 1,33 puta duže. Za Li-ion baterijski spremnik je efikasnost u cijelom procesu punjenja 98%. Na kraju tog procesa Li-ion baterijski spremnik ne zahtijeva fino i precizno dopunjavanje koje je izrazito neefikasno kod olovnih baterijskih spremnika. Li-ion baterijski spremnici mogu se cijelo vrijeme puniti jednakom energijom, što znači da će potrebnu energiju brže pospremiti. [17]

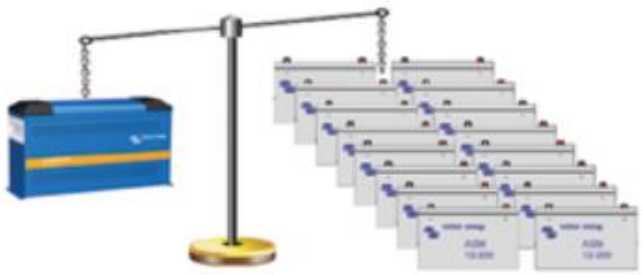
Oba baterijska spremnika pune se s 210 A pri 25 V, dakle snagom od oko 5,3 kW tijekom 1,4 sata, pri čemu je generator optimalno opterećen (u nazivnom opterećenju). U tom vremenu oba baterijska spremnika dobiju iz generatora 7,2 kWh energije. Li-ion baterijski spremnik je nakon toga napunjen, a olovni treba sljedeća 4 sata dopunjavati - uz sve manju snagu generatora. Tek nakon gotovo 5,4 sata generator će u olovni pospremiti 7,2 kWh električne energije. Tu se najbolje vidi razlika od gotovo 12 litara goriva i dodatna 4 sata rada generatora što je potrošeno da bi se u olovni baterijski spremnik pospremila jednaka količina energije kao u litij-ionski. Pretpostavimo li da baterijski spremnici dnevno trebaju jedan ciklus punjenja i pražnjenja, na godišnjoj se razini pojavljuje razlika od oko 4000 litara goriva i 1500 radnih sati generatora. Li-ion baterijski spremnik je vrlo efikasan u pospremanju energije koju prima jednakim intenzitetom kroz cijelo vrijeme punjenja, dok je olovni baterijski spremnik sve manje efikasan što je bliži napunjenom stanju. Zbog manje efikasnosti prihvata energije u olovne baterijske spremnike nužno je povećati proizvodnju fotonaponskog polja, barem za 30%. Povećanje proizvodnje fotonaponskog polja može se postići jedino povećanjem broja fotonaponskih modula u polju. U sustavu s olovnim baterijskim spremnikom mora fotonaponsko polje za dnevnu potrošnju od 20 kWh osigurati i dnevnu proizvodnju 39

kWh energije. Za dnevnu potrošnju od 20 kWh u sustavu s Li-ion baterijskim spremnikom mora se iz fotonaponskog polja osigurati 30 kWh. Razlika je gotovo 10 kWh dnevno. Ugrubo preračunavši, da bi sustav s olovnim baterijskim spremnikom postigao sličnu efikasnost tijekom ljetne proizvodnje od 4 kWh/kw_p, fotonaponsko polje treba povećati za dodatnih 2,5 kW fotonaponskih modula. A ti se moduli moraju i povezati i montirati, za što treba i dodatni kabel i montažni materijal, a potom i odgovarajući jači ulaz regulatora punjenja. Štoviše, komponente sustava mogu se primjenom Li-ion baterijskog spremnika optimirati i ne treba povećavati fotonaponsko polje za očekivanu proizvodnju energije koja se, na kraju, ne može korisno pohraniti u olovni baterijski spremnik. Li-ion tehnologija omogućuje od 2 do 4 puta veći broj ciklusa pražnjenja i punjenja. Pri usporedbi uzima se u obzir da se olovni baterijski spremnik smije prazniti samo do 50% kapaciteta kako bi se u životnom vijeku održao što veći broj ciklusa, oko 500. No litij-ionski baterijski spremnik smije se prazniti praktički do kraja, čime je stalno na raspolaganju cijeli nazivni kapacitet baterijskog spremnika, u mnogo više ciklusa. [17]

Iz navedenog slijedi zaključak da spremanjem energije u olovni baterijski spremnik koji se prazni samo do 50%, potrebno je osigurati i dvostruki kapacitet u odnosu na Li-ion baterijski spremnik. Time se u olovnu baterijsku banku ugrađuje i četverostruko veća masa u odnosu na Li-ion baterijske spremnike potrebne za iskorištavanje fotonaponskog polja. U najboljem slučaju, olovni baterijski spremnici će trajati pola trajanja Li-ion baterijskih spremnika, a vjerojatno tek četvrtinu vijeka Li-ionskih. [17]

Uspoređivanjem te dvije vrste baterijskih spremnika samo po naponu i kapacitetu može se na brzinu zaključiti da se Li-ion baterijski spremnici ne isplate - jer su pet puta skuplji od olovnih. Zato vrijedi usporediti dva baterijska spremnika tako da oba daju isti broj ciklusa, pri čemu postaje vidljivo da u pojedinom ciklusu trošilima daju i jednaku količinu energije. Prvotno se dva olovna baterijska spremnika moraju udvostručiti kako bi uz pražnjenje do 50% kapaciteta po svakom ciklusu osigurali jednaku energiju za trošila kao i Li ion baterijski spremnici. Zato su već u prvom koraku potrebna četiri baterijska spremnika. Potom za 2000 ciklusa treba predvidjeti ukupno 4 seta olovnih baterijskih spremnika ili ukupno 16 olovnih baterijskih spremnika. Na kraju, u usporedbi po energiji koja je na raspolaganju trošilima, potrebno je 16 olovnih baterijskih spremnika naspram jednog Li-ion. Ne smije se zaboraviti ni usporedba mase:

55 kg Li-ion baterijskog spremnika prema 1040 kg olovnih. Ista količina energije koja se dostavlja trošilima je 19 puta bolje upakirana u Li-ion baterijskim spremnicima (1040/55 = 19)(Slika). Zato se u usporedbama često spominje i gustoća energije u odnosu na volumen ili masu baterije. [17]



Li-ion 24V 180 Ah	Tip	16 x AGM 12 V 180 Ah C20
4,7 kWh	C20 – 0,05C	5,2 kWh
4,7 kWh	C10 – 0,1C	4,0 kWh
4,7 kWh	C1 - 1C	3,4 kWh
55 kg	masa	1040 kg
99%	efikasnost punjenja	75%
>2000	ciklusi	< 2000
€ 5000	cijena	€ 7760

Slika 7 Usporedba Li-ion baterijskog spremnika i olovnog tako da oba daju približno isti broj ciklusa, oko 2000, a pritom u svakom pojedinom ciklusu mogu trošilima dati jednaku energiju, od 4 do 5 kWh [17]

9. Litij-ion baterijski spremnici

Litij-ionski baterijski spremnici postali su najvažnija tehnologija za pohranu u području prijenosnih i mobilnih uređaja (npr. prijenosno računalo, mobilni telefon, električni bicikl, električni automobil) od oko 2000. godine.

Visoki nazivni napon ćelije od 3,7 V znači da se broj ćelija u nizu s pripadajućim vezama i elektronikom može smanjiti kako bi se dobio ciljani napon. Na primjer, jedna litij-ionska ćelija može zamijeniti tri NiCd ili NiMH ćelije koje imaju napon ćelije od samo 1,2 V. Još jedna prednost litij-ionskih baterijskih spremnika je njihova visoka

gravimetrijska gustoća energije te mogućnost velikog smanjenja troškova zbog masovne proizvodnje. Iako Li-ion baterijski spremnici imaju udio od preko 50% u malim i prijenosnim uređajima na tržištu, još uvijek postoje neki izazovi za njihov razvoj većih razmjera. Glavna prepreka je visoka cijena (više od 600 USD/kWh) [7] zbog posebnog pakiranja i interne zaštite od preopterećenja. Općenito imaju vrlo visoku učinkovitost, tipično u rasponu od 95% do 98%. Mogu ostvariti gotovo bilo kakvo vrijeme pražnjenja, od sekunde do tjedna, što ih čini vrlo fleksibilnom i univerzalnom tehnologijom za pohranu. Standardna ćelija ima 5000 punih ciklusa, ali moguće su i veće stope ciklusa , uglavnom ovisno o materijalu za elektrode. S obzirom na to da su litij-ionski baterijski spremnici još uvijek skupi, oni se mogu natjecati s olovno kiselinskim baterijskim spremnicima za primjenu u sustavima koji zahtijevaju kratko vrijeme pražnjenja (na primjer kao rezerva za primarnu regulaciju). Sigurnost je ozbiljan problem u tehnologiji litij-ionskih baterijskih spremnika. Većina metal-oksidnih elektroda su toplinski nestabilne i mogu se razgraditi na povišenim temperaturama, oslobađajući kisik koji može dovesti do termičkog pobjega. Da bi se smanjio taj rizik, litij-ionski baterijski spremnici su opremljeni jedinicom za praćenje kako bi se izbjeglo prekomjerno punjenje i pražnjenje. Obično je instaliran i ravnotežni naponski krug za nadzor naponske razine svake pojedine ćelije kako bi se spriječilo 12 naponsko odstupanje među njima. Li-ion tehnologija i dalje se razvija, a postoji znatan potencijal za daljnji napredak. Istraživanje je usmjereno na razvoj materijala za katodu.

10. Proizvođači baterijskih spremnika za kućanstva

Vodeći proizvođač svakako je Tesla, no tu je još velik broj drugih tvrtki koje postaju sve više konkurentne Tesli u nastojanju proizvedbe baterijskog spremnika za kućanstva. U daljnjem tekstu je navedeno devetoro proizvođača. BMW namjerava u skoroj budućnosti konkurirati na tržištu sustava za pohranu u kućanstvu primjenjujući baterijske spremnike iz svog i3 modela koji više nije pogodan za automobil da se upotrebljava kao jedinica za pohranu energije u kućanstvu. Tu je i najava Ikea

kompanije da će proizvoditi baterijske spremnike za kućanstva koji je stvoren uz solarno poduzeće Solarcentury.

10.1. Tesla

U 2015. godini, proizvođač automobila Tesla Motors je okrenuo pogled na tržište skladištenja energije u kućanstvu i najavio pokretanje svog kućnog baterijskog spremnika Tesla Powerwall.

U prošlosti je Tesla Motors pohvaljen za izradu visoko kvalitetnih električnih vozila, kao i za njihovu sposobnost poboljšanja postojećih tehnologija.

Powerwall prve generacije pokrenut je u travnju 2015., a ažurirani Powerwall 2.0 objavljen je u listopadu 2016.

Teslino drugo izdanje, Powerwall 2 (Slika 8) ima iskoristiv kapacitet od 13.5 kWh. Dubina pražnjenja 100%, efikasnost 90%,snaga 7 kWh vršna,5 kWh kontinuirana. Jamstvo od 10 godina. Moguće je sklopiti do 10 Powerwall-a u jednu banku za potrebe veće pohrane energije. Temperatura na kojoj može djelovati je od -20°C do 50°C. Dimenzije su 1150 mm x 755mm x 155 mm i teži 125 kg[19]. Instalacija je moguća na zid ili na pod, u kući ili van kuće[19].



Slika 8 Tesla Powerwall 2 [8]

10.2. LG Chem

LG Chem, najveći svjetski proizvođač baterijskih spremnika, ušao je u tržište za skladištenje energije u kućanstvu kroz partnerstvo sa solarnom tvrtkom Sunrun. RESU baterijski spremnik (Slika 9) je sada dostupan Sunrunovim korisnicima i njegovoj distribucijskoj branši - sličnoj strategiji da Powerwall bude dostupan korisnicima SolarCitya. Pohranjuje do 9,8 kWh energije i započinje s oko 4000 dolara za opcije nižih napona.



Slika 9 LG Chem Resu [38]

10.3. Mercedes

Kompaktni sustavi Mercedes-Benz Energy Storage Home (Slika 10) koriste najsuvremenije litij ionske baterijske spremnike koji su usavršeni za uporabu u zahtjevnim automobilskim aplikacijama. Do osam baterijskih spremnika s individualnim kapacitetom od 2,5 kWh može se kombinirati kako bi se stvorila jedinica za pohranu energije s ukupnim kapacitetom od 20 kWh. Dugi vijek trajanja uređaja zajamčen je kvalitetom Mercedes-Benz-a - očekivani vijek trajanja baterije ocijenjen je s 8.000 ciklusa punjenja/pražnjenja i zadržavanjem punjenja nakon deset godina korištenja na 80%. S rješenjem za pakete, koje obuhvaća jedinicu za pohranu energije Mercedes-Benz, pretvarač baterije i inteligentnu upravljačku jedinicu, korisnici mogu povećati udio vlastite snage koju rabe do 65%, za veću autonomiju i učinkovitije napajanje.



Slika 10 Mercedes-Benz energy storage system [39]

10.4. Nissan

Nissan i Eaton okupili su se kako bi stvorili xStorage, proizvod više od 170 godina kombiniranog održivog energetskog iskustva.

Nissan je svoje prvo električno vozilo uveo 1947. godine i postao svjetski lider u tehnologiji električnih vozila u narednih 70 godina. Eaton je nedavno proslavio svoj stogodišnjak, obilježavajući 100 godina inovacija upravljanja energijom. To dvoje su kombinirali svoje dokazane tehnologije i proizvode kako bi donijeli najbolje od skladištenja energije, od energetski učinkovitih zgrada, gradova i infrastrukture do novih zrakoplova, automobila, kamiona i strojeva nove generacije.

XStorage (Slika 11) je portfelj rješenja za pohranu energije koja omogućuje sigurnu, pouzdanu i održivu energiju. Jedinica za pohranu u kućanstvu Nissanovim električnim baterijskim spremnicima daje drugi život. Preko partnerstva s Eatonom pružaju skalabilne sustave skladištenja energije koji odgovaraju domovima i poslovanju, omogućujući svima da iskoriste prednost pri prijelazu prema održivom društvu. XStorage Home je dizajniran da bude najpouzdanije i najpristupačnije rješenje za pohranu energije u kućanstvu na tržištu. Jednostavno integrira sve hardvere i softvere koji su potrebni za upravljanje i pohranu energije koju kućanstvo treba u jednoj jedinici.



Slika 11 Nissan xStorage [40]



Slika 12 sonnenBaterie [41]

10.5. sonnenBatterie

SonnenBatterie (Slika 12) je lider na tržištu u Njemačkoj s izvedenih više od 16.000 instalacija. S jamstvom od 10 godina / 10.000 ciklusa i do 16 kWh proširive korisne pohrane u koracima od 2 kWh, sustav sonnena ističe se kao fleksibilna opcija visoke kvalitete. Budući da je sustav povezan s internetom, također ima koristi od ažuriranja softvera, poboljšavajući njegovu učinkovitost. Zajedno sa sustavom, sonnen planira privesti sonnenCommunity u Veliku Britaniju.

Tvrtka dobiva dvije trećine prihoda od svojih njemačkih operacija, ali se želi proširiti u inozemstvo. Sonnen je u travnju otvorio tvornicu u Atlanti kako bi započeo proizvodnju za američko tržište. Također planira proširiti se u Australiju, Veliku Britaniju i Italiju.

10.6. SimpliPhi Power

SimpliPhi Power (Slika 13) je proizvođač baterijskih spremnika koji postoji od 2002. godine, no njegovo je originalno ime bilo LibertyPak Company. SimpliPhi nudi nekoliko opcija baterije, od kojih najveća pohranjuje 3,4 kWh energije.

Baterijski spremnici SimpliPhi mogu se kombinirati kako bi se pohranilo energije koliko je potrebno. Tvrtka se nedavno udružila sa solarni instalaterom CivicSolar pružajući sveobuhvatan energetski sustav.



Slika 13 SimpliPhi Power [42]

10.7. Sunverge

Sunverge (Slika 14) nudi sustave baterijskih spremnika koji pružaju od 7,7 kWh do 19,4 kWh energije za pohranu. Težine oko 500 kg, baterijski spremnik mora biti instaliran od strane obučenog Sunverge stručnjaka.

Sunverge dolazi s odgovarajućom aplikacijom, tako da se može nadzirati pohrana solarne energije i vidjeti trošak električne mreže u različito vrijeme.



Slika 14 Sunverge baterijski spremnik

10.8. Powervault

Powervault (Slika 15) je dizajniran i sastavljen u Velikoj Britaniji. Izrađen je posebno za kućanstva za pohranu solarne energije ili jeftine struje u Ujedinjenom Kraljevstvu. Kompatibilan je sa svim solarnim PV sustavima i vrlo brzo i lako se instalira u kući. Ovisno o potrebnoj tehnologiji baterijskog spremnika i kapacitetu pohrane, dimenzije jedinice Powervault su različite. Standardna G200 jedinica će prilagoditi sve raspoložive akumulatorske kapacitete i tehnologije, dok će tankoslojna G200-S jedinica (dostupna od ožujka 2017) smjestiti samo 2kWh ili 4kWh litij-ionskih fosfatnih ćelija.



Slika 15 Powervault G200 2kWh Lithium Battery [44]

10.9. ElectroIQ Power

Skladištenje pokriva 10 kWh pouzdanih litij-ionskih ćelija pod 10-godišnjim jamstvom. Jednostavno instaliran baterijski spremnik (Slika 16) pogodan je za montažu na zid i pod. Svaka baterijska jedinica je sposobna za 5 kW vršne snage ili 3,5 kW kontinuirano i lako se može proširiti na 90 kWh koristeći višestruke pakete. Svaka baterija ima 8,5 kWh iskoristivog kapaciteta s učinkovitom okretnošću od više od 93%.

Kompletno rješenje za pohranu energije u kućanstvu je par electroIQ pohrane s electroIQ pretvaračem.



Slika 16 electroIQ Power [45]

10.10. Panasonic

Panasonic (Slika 17) koji čini ćelije Teslinoj kućnoj bateriji, također ima svoju jedinicu koja može pohraniti 8 kWh energije. Trenutačno je dostupan u Australiji.



Slika 17 Panasonic baterijski spremnik [46]

10.11. BYD

BYD (Build Your Dreams) veliki je kineski proizvođač baterijskih spremnika za glavne marke mobitela. Oni također istražuju energiju za obnovljive izvore energije od 2006. Njihova domaća ponuda je MiniES (Slika 18) koji ima 3kWh korisne pohrane i može se povećati na 6kWh s dodatnom baterijom. S jamstvom za proizvod od 5 godina i jamstvom za baterije za 8000 ciklusa, vjerojatno će to biti tržišni lider među kineskom ponudom. [4]



Slika 18 BYD Mini ES [47]

Tabela 1 Tablični prikaz proizvođača baterijskih spremnika s tehničkim specifikacijama i cijenom [49-64]

Proizvođač	Model	Upotrebljiv kapacitet (kWh)	Dubina pražnjenja (%)	Kontinuirana izlazna snaga (kW)	Jamstvo (god)	Radna temperatura (°C)	Težina (kg)	Skalabilnost	Cijena ($)
Tesla	Powerwall 2	13,5	100	5	10	-20 do 50	125	10	11 450
LG Chem	ESS Resu	2,9		4,2	10	-10 do 45	31		4000
		5,9					52		
		8,8					75		6100
Mercedes	Energiespeicher	2,3	80	1,25	10	6 do 44	37	8	9000
Nissan	xStorage Home	4.2	90		5	0 do 30	83		4500
		6			10				
		7,5			10				
sonnen	SonnenBaterie	4 do 8 (po 2)		3-8	10	5 do 45		5	10 000
		10 do 16							
Sunverge	One	7,7/11,6/ 15,5/19,4				-20 do 50	270 do 350		8 000-20000
Powervault	G200	2	90	1,2-1,6	10	0 do 35	100		4 100
ElectroIQ Power	IQ System	8.5		3,5	10	-10 do 50	151	9	16 000
Panasonic	LJ-SK84A	8		2		0 do 40	159		
BYD	Mini ES	3		2-3	5	0 do 40	96	2	4 700

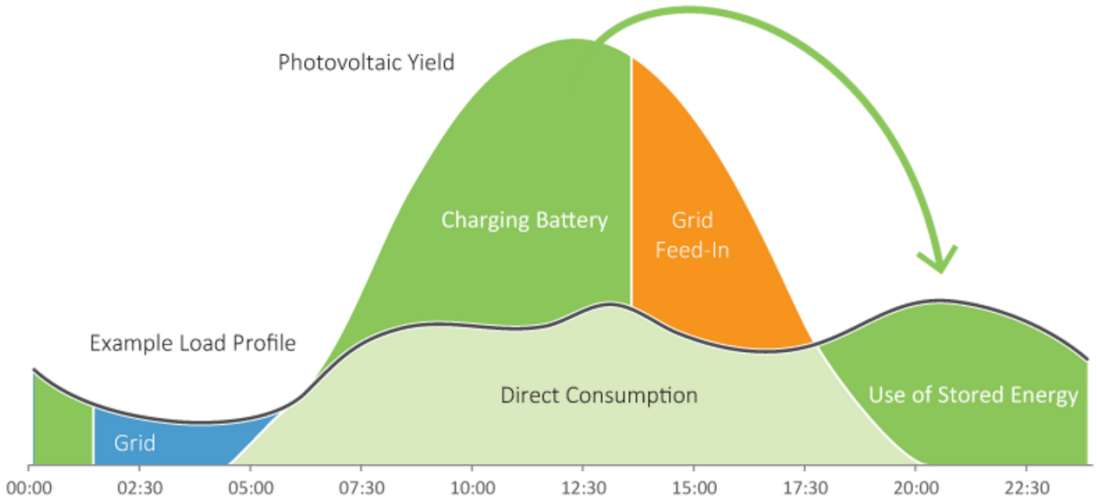
11. Potrebe kućanstva

Moderan život nezamisliv je bez električne energije. Energija se koristi kod obavljanja svakodnevnih poslova u kućanstvu, za rasvjetu, pripremu i čuvanje hrane, zabavu (TV uređaji, informatička oprema i sl.), pripremu potrošne tople vode, katkad i za grijanje odnosno hlađenje prostora te razne druge uređaje. Na globalnoj razini su već duže vrijeme prisutni problemi povećane potrošnje električne energije, rasta cijena energije i problema zagađenja okoliša vezanog s proizvodnjom i potrošnjom električne energije. Zgrade su tijekom svog životnog vijeka odgovorne za 40% potrošnje energije u svijetu, 17% pitke vode i 40% emisije stakleničkih plinova [6].

Potrošnja električne energije po kućanstvu u Hrvatskoj veća je od EU prosjeka i iznosi oko 4,5 MWh, odnosno oko desetak kWh dnevno (podatak iz 2008. godine), što je gotovo 1/3 ukupne potrošnje energije [6]. Posljedica je to još uvijek velikog udjela električne energije u zadovoljavanju toplinskih potreba kućanstava.

12. Primjena u kućanstvu

Uvođenje baterijskih spremnika u kućanstvo omogućuje veću samopotrošnju električne energije dobivene iz fotonaponskog sustava (Slika 19). Također može smanjiti ograničenje kapaciteta lokalne mreže. To se postiže koristeći pohranu usklađivanjem korisničke potražnje i produktom solara. Fotonaponsko punjenje u mrežu moglo bi biti zabranjeno ako se ne podudara s vršnim razdobljem potražnje.



Slika 19 Grafički prikaz potražnje za električnom energijom kroz 24h u kućanstvu uz prikaz pohrane energije u sustavu vezanom na mrežu [4]

Optimiziranje samopotrošnje fotonaponskog sustava samo je jedan aspekt u baterijskog pohrani u kućanstvu. Također treba uzeti u obzir potražnju mreže lokalnog područja ako su fotonaponski sustav i pohrana olakšica kako potrošaču tako i lokalnoj mreži. Vršno sunčevo zračenje obično je oko podneva. Ako izlaz fotonaponskog sustava i punjenje baterijskog spremnika nisu kontrolirani, baterija će se napuniti ujutro i biti napunjena. To znači da će vršna snaga sunčeva zračenja biti izvedena u mrežu za vrijeme maksimalne proizvodnje što možda neće odgovarati periodu vršne potražnje mreže. Taj rezultat je prenapajanje obnovljivih izvora energije u odnosu na potražnju, posebno u distribucijskim mrežama, koje može potencijalno dovesti do napona koji premašuje tolerantna ograničenja i ograničenja obnovljivih izvora energije. Ako je velik broj fotonaponskih sustava raspodijeljen na određenom području, ta praksa također može ograničiti razvoj obnovljivih izvora energije.

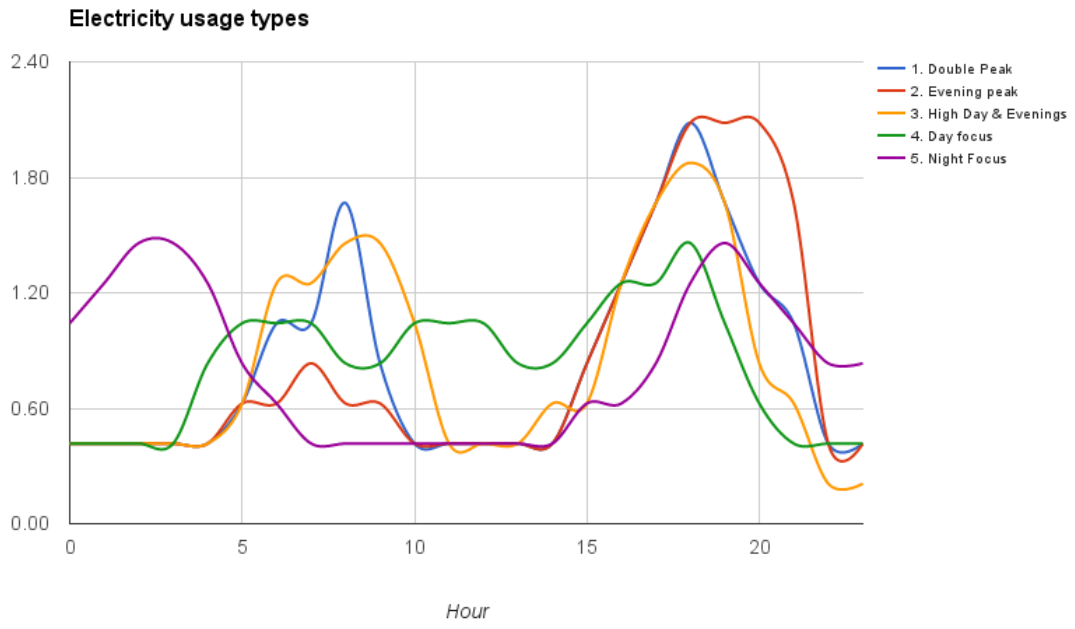
Institut Fraunhofer u Njemačkoj izračunao je da se do 66% [5] više fotonaponskih sustava može instalirati u određenom području u okolnostima u kojima vršna proizvodnja fotonaponske energije nije izvezena u mrežu. To je moguće kada je solarni izlaz na mrežu obuzdan, a napajanje baterijskog spremnika odgovara potražnji stanovnika. To znači da se samostalna potrošnja fotonaponske solarne energije može udvostručiti ovisno o veličini solarne instalacije i baterijskog spremnika. Na primjer, 5

kilovata vršne (kWp) fotonaponske instalacije s 4 kWh baterijskim spremnikom može povećati potrošnju kućanstva fotonaponske energije od 30% do 60% [5]. Dakle, ova primjena, jedinstvena za baterijsku pohranu, povećava penetraciju solarne energije kućanstva i dopušta više fotonaponskih solarnih sustava u određenom području uz osiguravanje stabilnosti mreže.

Neki od najvažnijih faktora za odabir baterijskog spremnika na razini kućanstva uključuju troškove i ekonomske koristi sustava. Konzervativne procjene za baterijskih sustave za pohranu u Europi i Australiji su oko 2000 EUR / kWh za sustave do 10 kWh, s procjenama od oko 900 EUR / kWh do 2020[5]. To znači da bi se vrijeme povrata tog sustava moglo smanjiti od 15 godina do danas, na 9 godina u 2020. godini. Nasuprot tome, neki sustavi baterijskih spremnika su se već prodavali po cijeni od 1000 EUR / kWh [5] krajem 2014. godine. Drugi navode troškove baterijskih spremnika od 200 EUR / kWh i vrijeme isplate od oko 6 do 8 godina [5] za europske zemlje. Druga potencijalno atraktivna tržišta za baterijske spremnike povezana sa solarnim fotonaponskim sustavima na krovu su Brazil, Indija, Japan i određene države u SAD-u.

Ostala važna razmatranja za baterijske spremnike u kućanstvima uključuju usporedive i pouzdane podatke, podatke o tvrtci, jamstvo za proizvode i zahtjeve za sigurnošću i održavanjem. Neki dobavljači sada nude produljena jamstva od 15 godina za stambene sustave. Štoviše, ključno pitanje za buduće postavljanje sustava baterijskih spremnika je pitanje odgovornosti. Ako mrežni operatori učine potrošače odgovornima za utjecaj sustava baterijskih spremnika na mrežu, to će promijeniti profil rizika za kućanstva i moguća osiguranja / opcije financiranja za tehnologiju baterijskih spremnika.

Potpuno napajan sustav srednje veličine mogao bi tijekom večeri pohraniti dovoljno energije za napajanje svjetala i elemenata s nižim napajanjem poput hladnjaka, zamrzivača, TV-a i prijenosnog računala. Za više od četiri ili pet sati, svi oni zajedno će koristiti najviše jedinica ili kWh električne energije. Međutim, baterijski spremnik će se brzo isprazniti ako se uključe teški potrošači energije poput perilice ili sušilice za sušenje rublja (Slika 20) : oni mogu konzumirati 2-3 kWh u jednoj uporabi [11].



Slika 20 Grafički prikaz različite upotrebe električne energije [48]

Solarni fotonaponski moduli u zimi primaju znatno manje energije (u Velikoj Britaniji, oko 4 puta manje u prosincu nego u lipnju [11]), tako da sustav ne može generirati dovoljno sunčeve energije za potpuno punjenje baterijskog spremnika tijekom zimskih mjeseci. Ostavljajući baterijske spremnike djelomično prazne duže vrijeme može smanjiti vijek njihova trajanja. To je osobito slučaj kod olovnih baterijskih spremnika. Kako bi održali zdravlje baterijskog spremnika, sustav može imati postavku zimskog rada koja tijekom zime stavlja baterijski spremnik na spavanje, smanjuje pražnjenje iz njega ili ga napaja iz mreže.

Potencijalno, baterijski spremnici mogu pomoći da se iskoristi više električne energije koju proizvodi fotonaponski sustav, čime se štedi novac na računu za električnu energiju. Također je važno napomenuti da, suprotno očekivanjima, neki sustavi za pohranu energije nisu osmišljeni za rad tijekom prekida napajanja. Osim toga, oni nisu jeftini: po današnjim cijenama, slabo oblikovani sustavi ne mogu vratiti početno ulaganje (u ono što štedi na računima za električnu energiju). Ali cijena i dalje pada, a tehnologija se također poboljšava što znači da pohrana energije u baterijske spremnike postaje održiva ekonomska opcija za neka kućanstva i tvrtke.

Neki baterijski spremnici, međutim, imaju funkciju off-grid pružajući ograničenu količinu energije kućanstvu ili bitnijoj opremi (kao što je hladnjak-zamrzivač, rasvjeta i sl.). No, baterijski spremnik može ostati bez napajanja prije nego li se prekid napajanja završi - ili je već potrošen ako se cijelu večer prazni, a nestanak struje započinje kasno u noć ili rano ujutro.

12.1. Iskoristivost fotonaponske energije koja se proizvede

Moguće je da se koristi većina ili sva električna energija proizvedena od strane solarnog fotonaponskog sustava tijekom dana, na primjer, ako su ukućani kod kuće tijekom dana i/ili su postavljeni energetski intenzivni uređaji na timer tijekom dana i/ili se preusmjerava električna energija, na primjer na grijaču uranjanja za zagrijavanje tople vode. U ovom slučaju, samopotrošnja solarne fotonaponske energije već je visoka. I profil opterećenja - kada se koristi električna energija i koliko se koristi - znači da neće imati puno (ili bilo koji) višak električne energije iz solarnog fotonaponskog sustava za pohranu u bateriju. Pri razmatranju tih točaka korisno je imati informacije o tome koliko solarne električne energije se oslobađa u mrežu u različito doba godine.

12.2. Utjecaj na feed-in tarifni prihod od solarnog fotonaponskog sustava

Trenutno vlada Velike Britanije potiče primjenu solarnog fotonaponskog sustava s financijskim poticajima, shemom Feed-In Tariff (FIT). Nema poticajnog programa za instaliranje sustava baterijskih spremnika. Zapravo, sustav baterija može smanjiti stvarnu ili potencijalnu FIT.

Generiranje FIT plaća se za svaki kWh generiran sunčevim fotonaponskim sustavom, mjeren pomoću solarnog generatora. Osim toga, program procjenjuje (ili smatra) da će polovica toga biti izvezena natrag u mrežu i plaća izvoznu tarifu na 50%.

U sustavima za pohranjivanje "DC-spoj" (najvjerojatnije ako su instalirani solarni fotonaponski i baterijski spremnici zajedno), solarna energija koja napaja baterijske spremnike nije registrirana od strane generatorskog mjerača u to vrijeme, već samo onda kada se naknadno isprazni baterijski spremnik ili kada je baterijski spremnik kompletno pun.

Budući da svi baterijski spremnici gube energiju u ciklusu punjenja i pražnjenja, izvorni produkt fotonaponskog panela bit će izgubljeni u postupku. To će utjecati na FIT plaćanja.

Izlazni tarifni prihod FIT-a trenutno neće biti učinkovit ako višak solarne energije odlazi u pohranu, a ne u mrežu. Plaća se na procijenjenih 50% izlaza solarnog fotonaponskog sustava, bez obzira koliko električne energije se zapravo izvozi. To se može promijeniti u budućnosti. Pametna brojila se ugrađuju u svako kućanstvo tijekom narednih nekoliko godina. Ti će mjerači moći mjeriti koliko zapravo izlazi solarne energije tako da bi izvozne isplate mogle biti plaćene po tome, umjesto da se uzima smatranih 50%.

U takvim okolnostima, svaka dodatna jedinica koju pohranjivanje omogućuje upotrebom kod kuće, jedna je jedinica manje za izvoz i jedna manje plaćena izvozna tarifa. Međutim, štednja koja je dostupna kupnjom manje električne energije i dalje će biti znatno veća od gubitka izvozne tarife.

Međutim, neke električne komunalije mijenjaju svoje cijene na način koji baterijske spremnike stavlja u pametnu investiciju za kućanstva. Ako politika korisničkog programa uključuje bilo što od sljedećeg, skladištenje energije može pomoći u većoj štednji sa solarnim panelima.

12.2.1. Utjecaj vremena korištenja (eng. time of use - TOU) električne energije na ekonomiju baterijskih spremnika

Ako uslužni program ima TOU cijene, stopa po kWh koja se plaća za električnu energiju će se promijeniti ovisno o dobu dana. Električna energija će koštati više

tijekom vršnih sati kada je potražnja za strujom visoka, obično u kasno poslijepodne i navečer. Stope električne energije su niže tijekom dana kada je kućna potrošnja električne energije niža, a solarni paneli su najviše produktivni. Ako uslužni program koristi TOU cijene, moguće je imati koristi od skladištenja energije u kućanstvu pomoću električne energije iz baterijskog spremnika tijekom vršnih sati, kada su cijene električne energije na najvišoj razini.

Stope TOU-a sve su češće u SAD-u, pri čemu Kalifornija vodi [18]. Prema novoj solarnoj politici, svaki vlasnik kuće koji instalira solarne panele u Kaliforniji automatski će morati plaćati TOU cijene umjesto pojedinačne cijene po kWh.

12.2.2. Utjecaj naplate potražnje na ekonomiju baterijskih spremnika

Ako uslužni program naplaćuje troškove za stambene korisnike, naplatit će se naknada koja se mijenja ovisno o količini korištene električne energije. Naknada bi mogla ovisiti o tome koliko električne energije se kupuje tijekom vršnih sati kada je potražnja za električnom energijom najviša. Može se odrediti i ukupnom količinom električne energije koja se koristi u mjesecu. Ako uslužni program koristi trošak naplate, baterijski spremnik će biti od koristi jer bi se mogla izbjeći viša naknada oslanjajući se na sustav za pohranu energije.

Iako su troškovi potražnje češći kod komercijalnih kupaca s velikim računima za električnu energiju, neke države i komunalne usluge razmišljaju o povećanju troškova potražnje za stopama električne energije kako bi motivirale ljude na smanjenje njihove potrošnje električne energije. Komunalne usluge u Arizoni i Illinois [18], među ostalima, vrednuju troškove stambene potražnje.

12.2.3. Utjecaj smanjene ili nesmanjene otplate na ekonomiju baterijskih spremnika

U državama s istinskim neto mjerenjem dobiva se otplata po kWh koji je jednak trošku električne energije na računu za energiju koju proizvodi fotonaponski sustav. Na primjer: ukoliko se plaća 0,11 dolara po kWh za električnu energiju iz komunalne, dobiva se 0,11 otplate na račun za svaki kWh solarne energije koju paneli proizvode i šalju natrag u elektroenergetsku mrežu [18].

Međutim, u nekim državama dobiva se otplata za veleprodajnu cijenu ili cijenu "izbjegnutog troška", koja je obično jednaka stopi koju bi komunalni ured mogao platiti za kupnju električne energije negdje drugdje. Kao rezultat toga, novčana vrijednost jednog kWh solarne energije koja se koristi kod kuće veća je od one koja se šalje natrag u mrežu. Na primjer, plaćanjem 0,11 dolara po kWh za električnu energiju iz mreže, dok vlastiti alat nudi samo 0,04 dolara otplate za struju poslanu natrag u mrežu, solarna energija će vrijediti 0,07 dolara manje ako ga se koristi u kućanstvu. U tim državama, instalacija solarnih baterijskih spremnika ima ekonomskog smisla jer daje mogućnost maksimalno povećati vrijednost energije koja se generira na vlastitoj imovini.

Na kraju 2015., Komisija za komunalne usluge Nevada (PUC) [18] glasovala je da promijeni svoju neto mjeriteljsku politiku na politiku koja se temelji na stopi troškova - jedna od prvih država koja bi takvu promjenu učinila. Na Havajima, gdje više od 10% domova [18] ima krovni fotonaponski sustav, PUC je također smanjio neto mjerne otplate na način koji čini pohranu energije vrijednom investicijom.

12.3. Troškovi i pogodnosti

Mogu se nadzirati značajni troškovi sustava za pohranjivanje od mogućih prednosti. U čistom financijskom smislu mogu se usporediti troškovi sustava pohrane s procijenjenom koristi uštede.

Na strani troškova, treba uzeti u obzir puni trošak sustava, uključujući i sve troškove rada, te trošak zamjene baterije najmanje jednom tijekom trajanja fotonaponskog panela. Na strani pogodnosti, svaki kWh koji se koristi od baterije je kWh koji se ne mora uvoziti iz mreže i plaćati dobavljaču električne energije. Koliko će se uštedjeti tijekom godine ovisi o okolnostima, uključujući: solarni fotonaponski sustav, "profil opterećenja", baterijski spremnik koji je u pitanju, tarifa za električnu energiju po kWh.

U izradi uštede valja fakturirati sljedeće:

• Trošak za napajanje mrežnih kabela

• Utjecaj na FIT generacije ili izvozne tarife

• Uštede neće biti iste u zimskim mjesecima kao i ljeti

Uspoređujući ukupne troškove s neto koristima godišnje, pokazat će koliko će godina sustavu trebati da se isplati, odnosno koliko je vremenski potrebno za njegov povrat. To su samo približni izračuni koji pretpostavljaju stalnu razinu godišnje koristi tijekom godina i ne uzimaju u obzir nikakvu inflaciju, ili promjene u korištenju, cijeni električne energije ili izvozne tarife.

12.3.1. Primjer povrata

Ukupni trošak u £/ godišnje naknade u £ = broj godina povrata

Npr. Trošak 3000 funti; Pogodnosti vrijedne 200 funti

Isplata = £ 3000 / £ 200 = 15 godina.

Ako je očekivani vijek trajanja sustava 15 godina ili više, sustav će se isplatiti i dati svoj povrat. Ako je kraće od 15 godina, sustav će biti iscrpljen prije nego što može povratiti uloženo.

12.4. Mogućnost smanjenja iznosa računa za električnu energiju pomoću baterijskih spremnika

Postoje tri načina da baterijski spremnici smanje račune za napajanje električnom energijom:

1. Solarno punjenje - korištenje suvišne sunčeve energije za pohranu u baterijski spremnik za kasniju upotrebu, čime se smanjuje potreba za potražnjom energije iz mreže.
2. Prethodno punjenje pomoću mreže - korištenje jeftine električne energije iz mreže izvan vršnih sati za napajanje baterijskih spremnika za upotrebu tijekom skupljih vršnih cijena.
3. Selektivni izvoz - slanje pohranjene energije baterijskog spremnika u mrežu kada se to zatraži zbog primanja 'premium' plaćanja (još uvijek relativno rijetka opcija, dostupna samo kod određenih baterijskih proizvoda i trgovaca električnom energijom).

13. Off-grid sustav s baterijskim spremnikom

Postupno probijanje tehnologije za pohranu energije na tržište vodi do razmišljanja sve više vlasnika kuća o tome kako će se odvojiti od elektroenergetske mreže - potpuno prekidajući njihovu vezu s električnim korisnicima - pomoću baterijskih spremnika. Iako postoje određene situacije u kojima je isključivanje iz elektroenergetske mreže moguće (ili čak i potrebno), većina solarnih baterijskih spremnika nije dizajnirana da služe kao jedini izvor energije. Oni pružaju veću vrijednost za prosječnog vlasnika kućanstva kada su spojeni na električnu mrežu i treba ih smatrati proizvodom za pohranu solarne energije.

Solarni paneli će proizvoditi više struje tijekom dugih ljetnih dana nego što će to u zimskim mjesecima. Da bi se potpuno odvojili od elektroenergetske mreže, potreban je

sustav baterijskih spremnika koji tijekom ljetnih mjeseci može pohraniti značajne količine dodatne energije kako bi zimi mogli zadovoljiti potrebe za električnom energijom. Tipični kućni baterijski spremnik poput Tesla Powerwall-a [18] nije dovoljno velik da to učini - većina dostupnih proizvoda danas je dizajnirana za pružanje samo nekoliko sati energije kako bi se maksimalno povećala korist sunčeve energije.

Budući da većina kućnih baterijskih spremnika na tržištu ima dovoljno kapaciteta za nekoliko sati električne energije, jedan baterijski spremnik ne može voditi standardno kućanstvo za više dana. Međutim, oni mogu pružiti privremenu pomoćnu snagu. Također se mogu kalibrirati tako da imaju samo osnovnu primjenu u slučaju prekida mreže, što može povećati njihovu korisnost. Odlukom potpunog isključenja s mreže, treba biti spreman potrošiti desetke tisuća dolara i staviti na stranu odjeljak svog doma ili garaže za veliki sustav za pohranu energije s većim brojem baterijskih spremnika.

14. Stanje u Hrvatskoj

Hrvatska je vrlo povoljno podneblje za opskrbu električnom energijom iz fotonaponskog sustava zbog svoje geografske pozicije s obzirom na količinu sunčeva zračenja, posebice u Dalmaciji. No, da li je isplativo uvođenje sustava baterijskog spremnika za pohranu pored fotonaponskog sustava u kućanstvu zaključit ćemo iz proračuna. U izračun će se uzeti okvirne vrijednosti. Prosječna cijena električne energije u Hrvatskoj je 1 kn/kWh uzimajući u obzir sve tarife i naknade [29]. Prosječno kućanstvo godišnje troši iz elektroenergetske mreže 4 500 kWh [6] što daje godišnji iznos od 4 500 kn. U izračunu ćemo uzeti za primjer baterijski spremnik Tesla Powerwall 2 čija cijena je 11 500 dolara s uključenim pretvaračem i instalacijom sustava što preračunato u kune iznosi otprilike 70 000 kn. Izračun povrata, odnosno ROI (eng. return of investment) računamo tako da cijenu sustava podijelimo s godišnjim naknadama za električnu energiju i dobijemo broj godina povrata.

70 000 kn / 4 500 kn = 15,5 god

S obzirom na to da se gleda samo povrat za instalaciju baterijskog spremnika čije jamstvo je 10 godina, dobivenih 15 godina povrata nam govori kako u Hrvatskoj investicija u baterijske spremnike za kućanstvo nije isplativa. Ako uzmemo u obzir drugog proizvođača, npr. sonnen čija cijena je 10 000 dolara i kućanstvo s većom potrošnjom i dalje je vrijeme povrata preko 10 godina što i dalje nije isplativo. Razlog tome je niska cijena električne energije u Hrvatskoj.

Isplativost instalacije baterijskih spremnika u Hrvatskoj čeka iskorak budućnosti kada će cijena električne energije početi rasti, a cijena baterijskih spremnika padati što se očekuje ubrzo.

Trenutno ta investicija nije isplativa, a nije u obzir uzimana cijena fotonaponskog sustava. Za razliku od instalacije sustava za pohranu, instalacija solarnih elektrana u kućanstvo u Hrvatskoj je isplativa. Puna cijena solarne elektrane za kućanstvo se kreće u iznosu od 250 000 do 300 000 kn [30]. No, dok je cijena kupnje električne energije 1 kn/kWh, otkup iste se kreće između 2-3 kn, ovisno o veličini solarne elektrane. Na taj način, uvelike se smanjuju računi za električnu energiju jer se koristi energija iz solarne elektrane, a višak proizvedene energije se isporučuje i prodaje u elektroenergetsku mrežu. Povrat investicije se očekuje unutar šest godina, a u Dalmaciji i prije, oko četiri godine. Odlukom o ne prodavanju električne energije, i dalje je povrat investicije od sedam do devet godina što je i dalje manje od jamstva solarnih panela od 15 do 25 godina.

14.1. Usporedba Hrvatske i svijeta

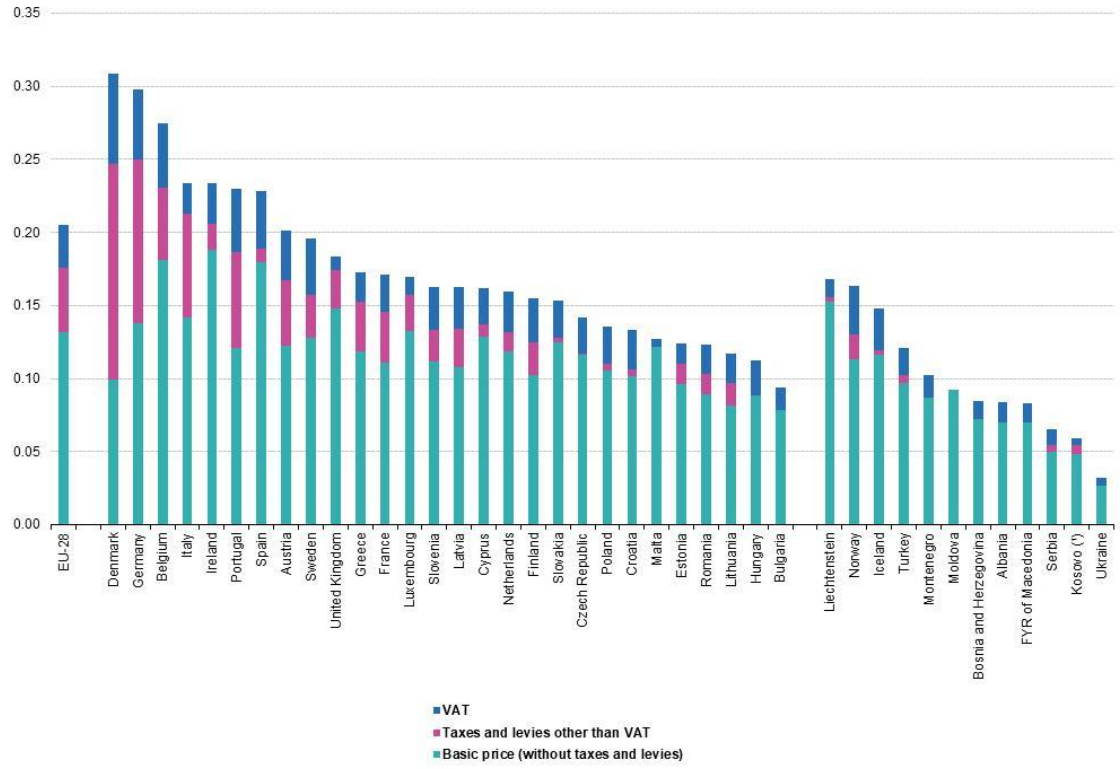
Cijena električne energije u EU ovisi o nizu različitih uvjeta ponude i potražnje, uključujući geopolitičku situaciju, nacionalnu energetsku mješavinu, diversifikaciju uvoza, troškove mreže, troškove zaštite okoliša, teške vremenske uvjete ili razine trošarina i oporezivanja.

	Households (')		
	2014	2015	2016
EU-28	0.208	0.210	0.205
Belgium	0.204	0.235	0.275
Bulgaria	0.090	0.096	0.094
Czech Republic	0.138	0.141	0.142
Denmark	0.304	0.304	0.308
Germany	0.297	0.295	0.298
Estonia	0.133	0.129	0.124
Ireland	0.254	0.245	0.234
Greece	0.179	0.177	0.172
Spain	0.237	0.237	0.228
France	0.170	0.168	0.171
Croatia	0.132	0.131	0.133
Italy	0.234	0.243	0.234
Cyprus	0.236	0.184	0.162
Latvia	0.130	0.165	0.162
Lithuania	0.132	0.124	0.117
Luxembourg	0.174	0.177	0.170
Hungary	0.115	0.115	0.113
Malta	0.125	0.127	0.127
Netherlands	0.180	0.185	0.159
Austria	0.199	0.198	0.201
Poland	0.141	0.142	0.135
Portugal	0.223	0.229	0.230
Romania	0.125	0.132	0.123
Slovenia	0.163	0.163	0.163
Slovakia	0.152	0.152	0.154
Finland	0.154	0.153	0.155
Sweden	0.187	0.187	0.196
United Kingdom	0.201	0.218	0.183
Iceland	0.116	0.127	0.148
Liechtenstein	0.155	0.180	0.168
Norway	0.166	0.143	0.163
Montenegro	0.099	0.099	0.097
FYR of Macedonia	0.082	0.084	0.083
Albania	0.116	0.082	0.084
Serbia	0.060	0.065	0.065
Turkey	0.131	0.122	0.121
Bosnia and Herzegovina	0.081	0.083	0.084
Kosovo (³)	0.059	0.061	0.059
Moldova	:	0.088	0.092
Ukraine	:	:	0.032

Slika 21 Cijena električne energije u europskim zemljama u razdoblju 201.4 – 2016 u mjernoj jedinici euro/kWh [32]

Za potrošače kućanstva (srednji potrošači s godišnjom potrošnjom u rasponu od 2 500 kWh do 5 000 kWh), cijene električne energije tijekom druge polovice 2016. bile su najveće među državama članicama EU u Danskoj (0,308 eura po kWh), Njemačkoj (0,298 eura po kWh) i Belgiji (0,275 eura po kWh) (Slika 21). Najniže cijene električne

energije bile su u Bugarskoj (0,094 eura po kWh), Mađarskoj (0,113 eura po kWh) i Litvi (0,117 eura po kWh) [32]. Poprilično niske cijene su i u Hrvatskoj, oko 0,13 eura po kWh što u usporedbi s Njemačkom daje jasniju sliku zbog čega baterijski spremnici u Hrvatskoj nisu isplativi (Slika 22). Cijena električne energije za kućanstva u Danskoj i Njemačkoj bila je više od tri puta veća od cijene u Bugarskoj. Prosječna cijena EU-28 - opterećeni prosjek korištenjem najnovijih podataka (2015.) za količinu potrošnje električne energije kućanstava - iznosila je 0,205 eura po kWh.



Note: annual consumption: 2 500 kWh < consumption < 5 000 kWh.
(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.
Source: Eurostat (online data code: nrg_pc_204)

Slika 22 Cijena električne energije za kućanstva u europskim zemljama

Cijena električne energije u Americi podosta varira s obzirom na lokaciju. Prosječna cijena je 13,22 centa po kWh [33] što je isto kao 0,11 eura po kWh. Najniža vrijednost je u Washingtonu od 9,95 centi po kWh (0,08 eura po kWh), dok je najviša na Hawaiima od 30,45 centi po kWh (0,26 eura po kWh) [33].

Valja napomenuti i cijenu električne energije u Australiji s obzirom na to da je toliko pažnje posvećeno upravo tom kontinentu u pogledu instalacija što većeg broja

baterijskih spremnika u kućanstva. Električna energija u Australiji u prosjeku iznosi 29.4 centi po kWh (0,25 eura po kWh) [34].

15. Pogled u budućnost

Troškovi i prednosti baterijskih spremnika će odrediti da li je potrebno instalirati sustav solarnih panela koji uključuje pohranu energije. Sa standardnim sustavom solarne energije ekonomija je prilično jednostavna za razumijevanje: ako je naplata za električnu energiju visoka, instaliranje solarnih panela za proizvodnju vlastite energije je investicija koja će se isplatiti za samo nekoliko godina. Ekonomija postaje složenija dodavanjem baterijskih spremnika u sustav.

Prije nego što se može utvrditi da li instalacija baterijskog spremnika ima smisla, potrebno je znati cijenu. Cijene baterijskih spremnika kreću se od 5000 do 7000 dolara i od 400 dolara po kilovatsatu do 750 $ / kWh.

Baterijski spremnici za kućanstva su još uvijek novija tehnologija. Cijena baterijskih spremnika uvelike ovise o materijalima od kojih su izrađeni i koliko snage mogu dati. Instaliranje baterijskog spremnika koji može raditi bez priključka na elektroenergetsku mrežu obično također košta više od instalacije baterijskog spremnika koji je dizajniran za rad dok je priključena na mrežu. Slično kao što su sustavi solarnih panela cjenovno dramatično pali u posljednjih nekoliko godina, stručnjaci predviđaju da će solarne baterije postati jeftinije u godinama koje dolaze.

Cijene baterijskih spremnika samo su dio priče. Ako baterijski spremnik nema ugrađeni pretvarač, treba ga instalirati da može upravljati električnom energijom u i iz baterijskog spremnika (treba imati na umu da kada se spoji baterijski spremnik sa solarnim panelima, treba instalirati samo jedan pretvarač). Dodatno, baterijske spremnike treba instalirati ovlašteni električar.

15.1. Teslina gigatvornica

Teslina misija je ubrzati svjetski prijelaz na održivu energiju kroz povećanje dostupnosti električnih vozila i energetske proizvode. Kako bi postigao planiranu stopu proizvodnje od 500.000 automobila godišnje do 2018. godine [26], Tesla će zahtijevati količinu sadašnje svjetske zalihe litij-ionskih baterijskih spremnika. Tesla Gigafactory rođena je iz nužde i opskrbljivat će Teslinu potražnju za dovoljno baterijskih spremnika.

Tesla je započeo terenske radove za gigatvornicu u lipnju 2014. kraj Sparks-a u Nevadi. Naziv Gigafactory dolazi od riječi "Giga", mjerna jedinica koja predstavlja milijarde. Planirani godišnji kapacitet proizvodnje tvornice baterijskih spremnika je 35 gigawatt-sati (GWh), pri čemu je jedan GWh ekvivalent stvaranja (ili potrošnje) 1 milijarde vata na jedan sat [26]. To je gotovo jednako kao i trenutna proizvodnja baterije u cijelom svijetu.

Gigafactory se gradi u fazama tako da Tesla može odmah početi proizvodnju unutar gotovih odjeljaka i dalje se nastaviti širiti. Već sada, trenutna struktura ima otisak od više od 1,9 milijuna četvornih stopa, koji ima više od 4,9 milijuna četvornih metara operativnog prostora na nekoliko katova [26]. Ipak, Gigafactory je tek na manje od 30 posto izgradnje. Kada se dovrši, Tesla očekuje da će Gigafactory biti najveća građevina na svijetu - i u potpunosti pokretana obnovljivim izvorima energije s ciljem postizanja neto nulte energije.

Uz rastuću proizvodnju, Teslina cijena baterijskih ćelija će se značajno smanjiti kroz ekonomske razmjere, inovativne proizvodnje, smanjenje otpada, i jednostavna optimizacija locirajući većinu proizvodnih procesa pod jednim krovom. Smanjenjem cijene baterijskih spremnika, Tesla može proizvod učiniti dostupnim sve više i više ljudi, omogućujući im da učine najveći mogući utjecaj na preusmjeravanje svijeta na održivu energiju.

15.2. Plan Sonnenbaterie za Australiju

Christoph Ostermann, osnivač i izvršni direktor njemačkog developera Sonnenbatterie, spremao se objaviti plan o odvlačenju australskih energetskih komunalnih poduzeća iz poslovanja, no komunalije su najavile blizu 20% skok u troškovima elektroenergetske mreže što je uvelike doprinjelo razvitku ideje.

Tržište baterijskih spremnika u Australiji na taj način postaje još privlačnije iako je Sonnen još prije uvidio Australiju kao jednu od lokacija od najperspektivnijih na svijetu zahvaljujući izvrsnoj sunčevoj svjetlosti, visokoj penetraciji krovnih solarnih panela, nestabilnom energetskom tržištu i izuzetno visokim cijenama maloprodajne električne energije.

Sonnen je predstavio ono što opisuje kao glavni napad na tradicionalni poslovni model energetskog dobavljača uvođenjem jedinstvene ponude koja replicira vrstu poslovanja koje potrošači mogu dobiti od mobilne telefonske tvrtke i brzo vratiti.



Slika 23 Sonnenflat projekt za kućanstva [23]

Kućanstvo s najmanje 5 kW solarne energije može kupiti jedan od Sonnenovih baterijskih sustava za pohranjivanje, a potom će biti opremljen svim potrebama električne energije za paušalnu cijenu od 30, 40 ili 50 dolara mjesečno, ovisno o veličini solarnog sustava, pohranjivanju i svakodnevnom korištenju [23]. Grafikon iznad ilustrira ono što je dostupno (Slika 23). Prosječno kućanstvo će moći potrošiti oko 10.000 kWh godišnje, ili gotovo 30 kWh dnevno, i smanjiti godišnji račun od oko 3.400 dolara na samo 480 dolara godišnje [23]. Naravno, također je potreban baterijski spremnik koji bi mogao koštati oko 15.000 dolara za prosječni sustav. No, čak i to bi omogućilo povrat novca u roku od 5 godina, pa je u trenutku pri cjelokupnoj isplati jedini trošak za potrošača godišnja naknada. Sonnen pruža jamstvo za svoje sustave za pohranu od 10.000 ciklusa. To učinkovito daje približno 20 godina života.

Sonnenflat proizvod osmišljen je da se izbjegne zbunjenost zbog nedovoljnog razumijevanja solarnog sustava i sustava baterijskog spremnika što može biti vrlo komplicirano za potrošača. Spaja se u jedan proizvod s raznim novim konceptima kao što su peer-to-peer trading i virtualne elektrane. Sudionici Sonnenflata će u suštini prodavati višak energije jedni drugima, ili Sonnenu koji ih zatim pakira i koristi za trgovinu - preko treće strane - na veleprodajnim i drugim tržištima, kao što su pomoćne usluge. Za kupca to znači da se smanjuje pritisak i briga o tome kada koristiti uređaje. Ne mora se brinuti o prebacivanju opterećenja ili koliko je pohranjeno, izvezeno ili izvučeno iz mreže. Za paušalnu pristojbu, Sonnen će se pobrinuti za to, korisnici koriste što žele, u određenim parametrima. Valja istaknuti kako možda neće biti dostupna u područjima s vrlo visokim fiksnim naknadama za elektroenergetsku mrežu, kao što je Essential Energy.

Sonnen tvrdi da već ima oko 600-700 instalacija baterijskih spremnika diljem Australije otkako je ušao na tržište u studenom 2016. godine, a krajem 2017. nastoji imati 2.000 kupaca koji sudjeluju u Sonnenflat sustavu[23]. To odgovara "virtualnoj elektrani" od oko 20 MW. No, 2018. godine očekuje se povećanje tog broja četiri puta (80 MW), a zatim dvostruko svake godine. Ako se jedna četvrtina od 1,6 milijuna kućanstava odluči na Sonnenflat, onda bi to bilo jednako virtualnoj elektrani od 1,4 GW - gotovo veličine Hazelwoodovog generatora energije koji je zatvoren ranije ove godine. Ostermann smatra da je retrofitno tržište najpoželjnije, jer mnoga kućanstva su učinkovito isplatila svoj solarni sustav, a pad cijene solarnih panela također čini priliku za nove kupce.

Sonnen traži i saveze među sadašnjim sudionicima. Prije pokretanja, održan je razgovore s tvrtkom AGL Energy o korištenju njihovog veleprodajnog sustava trgovanja. Indikacije su da tržište baterijskih spremnika pokazuje znakove brzog širenja. Samo u lipnju, Solaray je naručio više od pola megavata pohrane samo u Sydney.

Sonnenflat je sustav koji pogoduje području Australije zbog velike iskoristivosti sunčevog zračenja, a i Republika Hrvatska je po pitanju sunčevog zračenja vrlo povoljna lokacija za ugradnju istog sustava. Geografski gledano naše područje dobiva veliki udio sunčevog zračenja što pogoduje razvitku i napretku solarnih elektrana.

16. Električni automobili

Tijekom posljednjih 15-ak godina sve se više vozača odlučuje za električne automobile, a u Europi je po zastupljenosti električnih automobila, s 18 posto, u ukupnom broju vozila vodeća Norveška. Hrvatska je još daleko od takvog postotka, ali ipak ima napretka. U tome veliku ulogu ima i država, koja je drugu godinu zaredom 2016. raspisala javni poziv za subvencioniranje kupnje automobila na električni pogon, za što se izdvojilo 15,5 milijuna kuna. U sklopu projekta "Vozimo ekonomično", koji su pokrenuli Ministarstvo zaštite okoliša i prirode i Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, daju se poticaji u visini od 7500 kuna do 70 tisuća kuna za kupnju električnih, hibridnih i plug in hibridnih automobila te električnih motocikala, skutera ili četverocikala. [27]

Što se tiče udobnosti, sigurnosti i ostalih detalja, između električnog i konvencionalnog automobila nema gotovo nikakve razlike, a pritom je osam do 10 puta jeftinije puniti električno vozilo nego ono na gorivo. Jedini nedostatak automobila na električnu energiju je njegov ograničeni domet. Naime, električno vozilo u prosjeku može prijeći oko 150 km, a ako se koristi klima ili grijanje, pale svijetla i slično, domet se smanjuje za 20-ak posto. Mjesto za punjenje male snage omogućuje transfer električne energije na električno vozilo snage od 22 kW ili manje i na takvim se punionicama, ovisno o naponu, automobil puni od dva do osam sati. Na punionicama s velikom snagom, što podrazumijeva transfer električne energije na električno vozilo snage veće od 22 kW,

automobil se napuni do 80 posto za pola sata. No, jedna od najvećih prednosti električnih automobila je to što se može napuniti i kod kuće, u vlastitoj garaži. Svako električno vozilo ima svoj kabel koji se može spojiti na najobičniju kućnu utičnicu. Osigurač je jakosti 10 ampera, što mu omogućava punjenje od 2,2 kW na sat. Ako baterija automobila ima 16 kW, znači da će se automobil napuniti za sedam sati. Pri takvom punjenju ne troši se više električne energije nego što troše neki drugi kućanski aparati. [27]

Kao jedan od nedostataka električnih automobila, uz ograničen domet, ističe se i njegova cijena. On je u prosjeku nešto skuplji od konvencionalnih automobila, što je građanima često velika prepreka. Cijena električnog Golfa je oko 35 tisuća eura, a kada se od toga oduzme oko 10 tisuća eura koliko Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost daje poticaja, cijena je oko 25 tisuća eura, što je par tisuća više od klasičnog s motorom s unutarnjim izgaranjem. Tim više što kasnije s električnim automobilom praktički nema troškova održavanja jer nema potrebe mijenjati ulje, filtere ulja, pumpe i slično. Uz to, cijena punjenja je mnogo manja od goriva, pa nakon prijeđenih 10 tisuća kilometara godišnje zbroj troškova održavanja i punjenja, odnosno točenja goriva, koristeći električni automobil uštedi se između pet i osam tisuća kuna. [27]

HEP ELEN je u suradnji s Fakultetom elektrotehnike i računarstva iz Zagreba napravio strategiju razvoja infrastrukture koja bi trebala odrediti gdje postaviti punionice s obzirom na količinu prometa i broj vozila, a u razmatranje su uzete županijske ceste, državne ceste te autoceste. Kroz realni scenarij očekuje se da bi do 2020. godine trebalo napraviti oko 350 punionica da se umreži cijela Hrvatska. [27]

16.1. Broj električnih automobila u Hrvatskoj

Prema podacima iz Centra za vozila Hrvatske broj registriranih ekoloških vozila u 2016. godini, nalazi se u stabilnom porastu. [28]

Najveće povećanje u kategoriji M1 (osobni automobil/kombi vozilo) očekivano bilježe vozila s hibridnim pogonom, točnije 496 vozila više u odnosu na prethodnu godinu. Vozila s potpuno električnim pogonom po brojnosti čine 1/9 u odnosu na hibridna vozila, s ukupnim brojem registriranih vozila od 224 komada, čime je ostvareno povećanje za +44% u odnosu na prošlu godinu, što znači da je 68 električnih automobila više na hrvatskim cestama nego u 2015 godini. Najveći broj električnih vozila svrstava se u kategoriju L (laka vozila; četverocikl, motor, moped), ukupno 445 registriranih vozila, u istoj kategoriji nalaze se i 2 hibridna vozila. Povećanje električnih vozila u L kategoriji u odnosu na prošlu iznosi +33% , tj. 111 vozila više. [28]

16.2. Baterijski spremnici u električnim automobilima

Izvještaj Minete Transportation Instituta na Sveučilištu State University u Kaliforniji na San Joseu sugerira da 20 godina od danas može biti 1,3 milijuna do 6,7 milijuna iskorištenih baterijskih spremnika iz električnih automobila [16].

Kada baterijski spremnik više nije pogodan za uporabu u električnom automobilu otprilike 85% moglo bi biti prikladno za sekundarnu uporabu, dok se preostalih 15% oštećuje bespovratno.

Ne postoji poslovni model recikliranja litij ionskih baterijskih spremnika. Materijali u litij-ionskom baterijskom spremniku relativno su jeftini, a čak i uz tehnološka otkrića, izvješće procjenjuje da se samo 20 posto troškova recikliranja može povratiti prodajom recikliranog materijala. Umjesto toga, vrijednost leži u sekundarnoj uporabi - ovisno, naravno, o tome koju vrijednost tržište dodjeljuje nekom korištenom paketu. Izvješće sugerira da, iako je ovo područje manje definirano, prenamjena baterijskog spremnika za druge svrhe može biti ekonomično po cijeni od 83 do 114 dolara po kilovat satu [16].

Za korišteni baterijski spremnik od 24 kWh iz Nissanovog modela Leaf, vrijednost se može kretati od 2.000 do 2.750 dolara [16]. Zamjenski trošak novog Leaf baterijskog spremnika iznosi 5.500 dolara, uz pretpostavku da se stari baterijski spremnik vraća

natrag Nissanu (proizvođač električnih automobila također ima svoje planove za sekundarnu uporabu).

Jedna potencijalna primjena može biti povezivanje korištenog baterijskog spremnika s fotonaponskim solarnim sustavom za kućnu upotrebu, čime vlasnici kućanstva ne samo da proizvode obnovljivu električnu energiju nego ju i pohranjuju. Prosječni američki dom koristi 32 kWh dnevno, pa Leaf baterija koja može imati preostalih 16 kWh iskoristivog kapaciteta može napajati kućanstvo značajan dio dana [16]. Električne komunalije razmatraju mogućnost u budućnosti privremeno odvajati takva kućanstva iz mreže u razdobljima vršne potražnje, smanjujući vršnu opterećenost.

Jedna stvar je, međutim, sigurna: kako Nissan već radi, svaki proizvođač električnih automobila će imati program za vraćanje korištenih ili oštećenih baterijskih spremnika. Neki od njih će vidjeti vrijednost u popravku - zamjenu neispravnih modula i njihovo vraćanje u zalihu kao obnovljeni dijelovi - dok drugi mogu postaviti zasebne tvrtke kako bi ih prodavali za sekundarnu uporabu.

17. Zaključak

Baterijski spremnici imaju bitnu ulogu kod samostalnih sustava električne energije. Sposobnost baterijskog spremnika da pohrani energiju te je rasporedi kroz vrijeme kada je potrebna uvelike povećava pouzdanost sustava te smanjuje investicije. Također uklanja prijelazne pojave tako što osigurava stabilan napon i struju.

Pri procjeni mogućnosti korištenja baterijskih spremnika u kućanstvu uz fotonaponske sustave veliki je broj parametara koji se moraju uzeti u obzir. Prvenstveno je potrebna optimizacija kompletnog fotonaponskog sustava kako bi isti odgovarao potrebama kućanstva. U današnjem svijetu prilikom odlučivanja o bilo čemu, prvenstveno se gleda na financije i troškove koje određene odluke iziskuju. S obzirom na još uvijek visoku cijenu baterijskih spremnika ovdje je svakako slučaj gdje je to vrlo bitno. Od polazne točke same cijene baterijskog spremnika do toga koliko je godina potrebno da se uložena investicija povratiti. Razmatrajući dva fotonaponska sustava, prvi koji je vezan na mrežu i drugi koji je samostalan, dolazimo do zaključka kako je za sad isplativije biti

vezan na mrežu. U slučaju totalnog pražnjenja baterijskog spremnika, vezanost na mrežu daje sigurnost kako kućanstvo neće ostati bez električnog napajanja. Također, daje mogućnost prodaje električne energije proizvedene fotonaponskim sustavom u mrežu i na taj način povrat uloženog. Samostalni sustavi su trenutno solucija za mjesta gdje je mreža predaleko pa je dovod iste daleko skuplji od fotonaponskog sustava, ili za povremeno boravljenje u kućanstvu kao što su vikendice. No to ne znači kako u budućnosti ne bismo trebali očekivati sve veću mogućnost i potražnju za samostalno napajanje preko fotonaponskog sustava bez vezanosti na mrežu.

Svakako bitna činjenica koju također valja uzeti u obzir su i električni automobili, odnosno, vlasnici istih koji prilikom nemogućnosti daljnje iskoristivosti baterijskog spremnika u automobilu isti mogu nadalje koristiti u svom kućanstvu.

Primjena baterijskih spremnika u Hrvatskoj nije isplativa jer još uvijek imamo vrlo nisku cijenu električne energije koju dam predaje elektroenergetska mreža, a cijene baterijskih spremnika su u odnosu na to daleko prevelike.

Na samom kraju, van pogleda na financije, ulaganje u baterijske spremnike je svakako jedan od vodećih ciljeva budućnosti kako bismo smanjili štetan utjecaj na okoliš i time sačuvali prirodu i Zemlju, te spriječili njenu apokalipsu koja, ako dođe do nje, bit će izazvana izričito ljudskim djelovanjem.

18. Popis literature

1. Wikipedia. Fosilna goriva. Dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Fosilna_goriva. Datum pristupa: 01.08.2017.
2. Majdandžić Lj. Fotonaponski sustavi. Priručnik. Dostupno na: http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf. Datum pristupa: 01.08.2017.
3. IRENA. Renewable energy benefits, Leveraging local capacity for solar pv. Dostupno na: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Leveraging_for_Solar_PV_2017_summary.pdf. Datum pristupa: 10.08.2017.
4. Cornwall solar panels. Battery storage. Dostupno na: http://www.cornwallsolarpanels.co.uk/battery-storage/. Datum pristupa: 10.08.2017.
5. IRENA. Battery storage for renewables: market status and technology outlook. Dostupno na: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Battery_Storage_report_2015.pdf. Datum pristupa:10.08.2017.
6. EE projekt. Električna energija u kućanstvu. Dostupno na: http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/elektricna-energija-u-kucanstvu. Datum pristupa: 11.08.2017.
7. Kosić D. Sustavi pohrane električne energije. Diplomski rad. Osijek. 2016. Dostupno na: https://dr.nsk.hr/islandora/object/etfos%3A1093/datastream/PDF/view. Datum pristupa:11.08.2017.
8. Tesla. Powerwall 2. Dostupno na: https://www.tesla.com/en_EU/powerwall. Datum pristupa: 12.08.2017.

9. Powervault. Technical. Dostupno na: http://www.powervault.co.uk/technical/. Datum pristupa: 14.08.2017.

10. Hrastović inženjering. Tesla Powewall baterija. 2017. Dostupno na: https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/item/752-tesla-powerwall-baterija.html. Datum pristupa: 14.08.2017.

11. BRE. Solar consumer guide. Dostupno na: https://www.bre.co.uk/filelibrary/nsc/Documents%20Library/NSC%20PubPublicati/88031-BRE_Solar-Consumer-Guide-A4-12pp.pdf. Datum pristupa: 14.08.2017.

12. The eco experts. Top energy solar system. Dostupno na: http://www.theecoexperts.co.uk/solar-energy-storage. Datum pristupa: 19.08.2017.

13. Solar Choice. Guide to Home Solar & Battery Storage Systems. Dostupno na: https://www.solarchoice.net.au/blog/home-solar-battery-storage-system-guide. Datum pristupa: 21.08.2017.

14. Energy matters. How Much Battery Storage Does a Solar PV System Need? Dostupno na: http://euanmearns.com/how-much-battery-storage-does-a-solar-pv-system-need/. Datum pristupa: 21.08.2017.

15. Climate Council. POWERFUL POTENTIAL: Battery storage for renewable energy and electric cars. Dostupno na: https://www.climatecouncil.org.au/uploads/b5719aa238223c1b2acb126f734fc1fe.pdf. Datum pristupa: 21.08.2017.

16. Green Car Reports. Electric-Car Batteries: What Happens To Them After Coming Out Of The Car? Dostupno na: http://www.greencarreports.com/news/1093810_electric-car-batteries-what-happens-to-them-after-coming-out-of-the-car. Datum pristupa: 21.08.2017.

17. Schrak Technik. Zdenković J. Litij-ionske baterije. Dostupno na: https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf_dokumenti/015_Schrack_Li-ion_07-08-2015.pdf. Datum pristupa: 28.08.2017.

18. Energy sage. Solar batteries. Dostupno na: http://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/. Datum pristupa: 29.08.2017.

19. Tesla. Powerwall. Dostupno na: https://www.tesla.com/powerwall. Datum pristupa: 30.08.2017.

20. Business insider. 10 home batteries that rival Tesla's Powewall 2. Dostupno na:http://www.businessinsider.com/rechargeable-battery-options-compete-tesla-2017-5/#first-some-information-on-teslas-powerwall-2-a-264-pound-lithium-ion-battery-that-you-can-mount-on-your-wall-panasonic-makes-the-cells-for-the-battery-while-tesla-builds-the-battery-module-and-pack-1. Datum pristupa: 30.08.2017.

21. Nissan. Xstorage. Dostupno na:https://www.nissan.co.uk/experience-nissan/electric-vehicle-leadership/xstorage-by-nissan.html. Datum pristupa: 30.08.2017.

22. dezeen. IKEA launches solar battery packs to rival Tesla's Powerwall. Dostupno na:https://www.dezeen.com/2017/08/04/ikea-launches-power-battery-packs-rival-tesla-powerwall-design-technology-news/. Datum pristupa: 30.08.2017.

23. Renew economy. Sonnen batery storage plan to take utilities ″out of business″. Dostupno na:http://reneweconomy.com.au/sonnen-battery-storage-plan-to-take-utilities-out-of-business-90595/. Datum pristupa: 02.09.2017.

24. The solar company. Where is the best place to instal my solar panels. Dostupno na:https://www.thesolarco.com/where-is-the-best-place-to-install-my-solar-panels/. Datum pristupa: 04.09.2017.

25. Solar nation. What makes a location good for solar power? Dostupno na: http://www.solar-nation.org/what-makes-a-location-good-for-solar-power. Datum pristupa: 04.09.2017.

26. Tesla. Tesla Gigafactory. Dostupno na: https://www.tesla.com/en_EU/gigafactory. Datum pristupa: 04.09.2017.

27. Oryx asistencija. Prijeći na struju ili ne? Otkrivamo sve o električnim automobilima! Dostupno na:http://www.oryx-asistencija.hr/pomoc-na-cesti/prijeci-na-struju-ili-ne-otkrivamo-sve-o-elektricnim-automobilima-6751. Datum pristupa: 04.09.2017.

28. e-auto.guru. STATISTIKA: Broj električnih i hibridnih vozila u Hrvatskoj (2016). Dostupno na:http://www.e-auto.guru/vijesti/statistika-broj-elektricnih-hibridnih-vozila-hrvatskoj-2016/. Datum pristupa: 04.09.2017.

29. HEP ELEKTRA. Tarifne stavke (cijene). Dostupno na: http://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547. Datum pristupa: 05.09.2017.

30. tportal.hr . Isplati li se instalirati solarnu elektranu na kuću? Dostupno na: https://www.tportal.hr/biznis/clanak/isplati-li-se-instalirati-solarnu-elektranu-na-kucu-20120715. Datum pristupa: 05.09.2017.

31. Strujaplin. Kretanje cijena električne energije. Dostupno na: http://strujaplin.com/energetsko-trziste/kretanje-cijena-struje. Datum pristupa: 05.09.2017.

32. eurostat. Electricity price statistics. Dostupno na: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics. Datum pristupa: 05.09.2017.

33. eia. Electric Power Monthly. Dostupno na: https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_5_6_a. Datum pristupa: 05.09.2017.

34. Solar Quotes. South Australia is actually second cheapest state for household electricity. Dostupno na:https://www.solarquotes.com.au/blog/south-australia-is-actually-second-cheapest-state-for-household-electricity/. Datum pristupa: 05.09.2017.

Slike

35. Solvis. Dostupno na: http://www.solvis.hr/hr/. Datum pristupa: 01.08.2017.

36. Flamtron d.o.o. Autonomni ili samostalni fotonaponski sustavi. Dostupno na: http://flamtron.hr/solar/index.php/hr/fotonaponski-sustavi/autonomni-ili-samostalni-fotonaponski-sustavi. Datum pristupa: 01.08.2017.

37. Kewsolar. Solar panels and technology systems. Dostupno na: http://www.kewsolar.co.uk/techinfo/panels.aspx. Datum pristupa: 01.08.2017.

38. Square space. Dostupno na: https://static1.squarespace.com/static/5354537ce4b0e65f5c20d562/t/57eba502e58c620756765bf3/1475061015285/LG+Chem+RESU+battery+review. Datum pristupa: 30.08.2017.

39. Watt u need.Dostupno na: https://www.wattuneed.com/img/cms/batterie/header-batterie-mercedes_1.png. Datum pristupa: 30.08.2017.

40. Eaton. Dostupno na: http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@corp/documents/content/pct_2010314.jpg. Datum pristupa: 30.08.2017.

41. Sonnenbatterie. Dostupno na: https://sonnen-batterie.com/en-us/sonnenbatterie. Datum pristupa: 12.08.2017.

42. SimpliPhi Power. Dostupno na:http://simpliphipower.com/live/wp-content/uploads/2013/06/simpliphi-power-phi-2-6-main-view-energy-storage-1080-1080-720x720.jpg. Datum pristupa: 30.08.2017.

43. Sunverge. Dostupno na:http://stage.sunverge.com/wp-content/uploads/2014/12/Battery_Sunverge_outdoor_01.jpg. Datum pristupa: 30.08.2017.

44. Powervault G200 2kWh Lithium Battery. Dostupno na: http://www.rexelenergysolutions.co.uk/product/2500956317/Powervault-G200-2kWh-Lithium-Battery. Datum pristupa: 14.08.2017.

45. Clean technica. Dostupno na: https://cleantechnica.com/files/2016/04/elecrtIQ.png. Datum pristupa: 30.08.2017.

46. Panasonic. Dostupno na: http://news.panasonic.com/global/assets_c/2015/06/04_AU_StorageBattery_2015-thumb-640xauto-370583.jpg. Datum pristupa: 30.08.2017.

47. BYD mini ES. Dostupno na: https://www.solarpowerportal.co.uk/news/byd_to_launch_uk_residential_battery_product_with_new_training_dates_3572. Datum pristupa: 14.08.2017.

48. Solar choice. Solar Choice's 8-Point Guide to Home Solar & Battery Storage Systems. Dostupno na: https://www.solarchoice.net.au/blog/home-solar-battery-storage-system-guide. Datum pristupa: 21.08.2017.

Tablica

49. Tesla. Powerwall. Dostupno na:https://www.tesla.com/powerwall. Datum pristupa: 30.08.2017.

50. LG Chem . Dostupno na: http://www.lgchem.com/upload/file/product/ESS_LGChem_ENG[0].pdf. Datum pristupa: 30.08.2017.

51. Mercedes-Benz Energy Storage Home. Dostupno na:https://www.mercedes-benz.com/wp-content/uploads/sites/2/2016/06/Salesfolder_Mercedes-Benz_Energiespeicher_Home.pdf. Datum pristupa: 30.08.2017.

52. Eaton Nissan Home energy storage – xStorage Home. Dostupno na: https://uk.eaton.com/content/dam/uk/products/xstorage/datasheets/xStorage_homeBrochure_august.pdf. Datum pristupa: 30.08.2017.

53. The sonnenBatterie. Dostupno na:https://sonnen-batterie.com/en-us/sonnenbatterie?_ga=1.159678141.1630248793.1460386198#sonnenbatterie-eco. Datum pristupa: 30.08.2017.

54. Sunverge. Dostupno na: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2472485/Website%20Content/Sunverge_AC%20SIS_NA_12092016.pdf?t=1485218396447. Datum pristupa: 30.08.2017.

55. Powervault. Technical. Dostupno na: http://www.powervault.co.uk/technical/technical-specifications/. Datum pristupa: 30.08.2017.

56. electroIQ Power. Dostupno na:https://electriqpower.com/iq/. Datum pristupa: 30.08.2017.
57. Panasonic. Energy solution. Dostupno na: http://www.panasonic.com/content/dam/pim/au/en/LJ/LJ-SK8/LJ-SK84A/Panasonic%20Residential%20Storage%20Battery%20System%20Brochure.pdf. Datum pristupa: 30.08.2017.
58. BYD – Mini energy storage (Mini ES). Dostupno na: http://www.byd.com/energy/mini.htm. Datum pristupa: 30.08.2017.
59. Rainbow Power Company. LG Chem Lithium Ion battery 6.5 kWh. Dostupno na:http://www.rpc.com.au/catalog/lg-chem-lithium-ion-battery-6500wh-48v-p-4407.html. Datum pristupa: 31.08.2017.
60. eco direct. LG Chem RESU-10H SEG > 9.8 kWh 400V Lithium Ion ESS Battery . Dostupno na:http://www.ecodirect.com/LG-Chem-RESU-10H-SEG-9-8-kWh-Lithium-Ion-Battery-p/lg-chem-resu-10h.htm. Datum pristupa: 31.08.2017.
61. Business insider. Mercedes finally revealed how much its at-home battery costs. Dostupno na:http://www.businessinsider.com/how-much-mercedes-home-battery-cost-2016-5. Datum pristupa: 31.08.2017.
62. Green Tech Media. What's Included in the Price of Your Home Battery System? Dostupno na:https://www.greentechmedia.com/articles/read/whats-included-in-the-price-of-your-home-battery-system. Datum pristupa: 31.08.2017.
63. Job worth doing. Powervault energy storage. Dostupno na: http://jobworthdoing.co.uk/powervault-battery-storage/. Datum pristupa: 31.08.2017.
64. Zero home bills. BYD MINI ES 3.3KWH BATTERY STORAGE SYSTEM. Dostupno na:https://zerohomebills.com/product/byd-mini-es-3-3kwh-battery-storage-system/. Datum pristupa: 31.08.2017.

19. Popis slika

Slika 1 Solarni paneli tvrtke Solvis [35] 3

Slika 2 Godišnja solarna snaga po zemljopisnoj širini za četiri slučaja [14] 6

Slika 3 Samostalni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju [36] 8

Slika 4 Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije [37] 9

Slika 5 Usporedba triju baterijskih spremnika različitih po kemijskom sastavu [18] 16

Slika 6 Iskoristivost energije iz olovnih i Li-ionskih baterija - usporedba [17] 17

Slika 7 Usporedba Li-ion baterijskog spremnika i olovnog tako da oba daju približno isti broj ciklusa, oko 2000, a pritom u svakom pojedinom ciklusu mogu trošilima dati jednaku energiju, od 4 do 5 kWh [17] 21

Slika 8 Tesla Powerwall 2 [8] 23

Slika 9 LG Chem Resu [38] 24

Slika 10 Mercedes-Benz energy storage system [39] 25

Slika 11 Nissan xStorage [40] Slika 12 sonnenBaterie [41] 26

Slika 13 SimpliPhi Power [42] 27

Slika 14 Sunverge baterijski spremnik 28

Slika 15 Powervault G200 2kWh Lithium Battery [44] 28

Slika 16 electroIQ Power [45] 29

Slika 17 Panasonic baterijski spremnik [46] 30

Slika 18 BYD Mini ES [47] 30

Slika 19 Grafički prikaz potražnje za električnom energijom kroz 24h u kućanstvu uz prikaz pohrane energije u sustavu vezanom na mrežu [4] 33

Slika 20 Grafički prikaz različite upotrebe električne energije [48] 35

Slika 21 Cijena električne energije u europskim zemljama u razdoblju 201.4 – 2016 u mjernoj jedinici euro/kWh [32] 44

Slika 22 Cijena električne energije za kućanstva u europskim zemljama 45

Slika 23 Sonnenflat projekt za kućanstva [23] 48

20. Popis tablica

Tabela 1 Tablični prikaz proizvođača baterijskih spremnika s tehničkim specifikacijama i cijenom [49-64] 31