

4th Conference with International Participation

Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition

»With Knowledge and Experience to New Entrepreneurial Opportunities«

20th and 21st April 2016, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia

Investicijske priložnosti za kmete na področju učinkovite rabe energije in malih obnovljivih elektrarn

Robert Šifrer

Višja strokovna šola za elektroenergetiko, Šolski center Kranj, Slovenija, robert.sifrer@gmail.com

Izvleček

Cilj tega prispevka je poiskati čim več priložnosti za investicije kmetov na področju učinkovite rabe energije (URE) in obnovljivih virov energije (OVE), ki jih kmet lahko priključi na nizkonapetostno omrežje. Pregledal bom vse električne stroje na kmetiji, inštalacije, krmiljenje motorjev, razsvetljava, ogrevanje, izolacijo, okna, toplotni ovoj. Na koncu bom z vrednotami in kriteriji izbral boljše in slabše investicije. Podobno bom naredil pregled po sodobnih malih elektrarnah, ki kot razpršljivi viri vedno bolj prodirajo in vplivajo na omrežje, ki se že korenito spreminja. Opisal bom delovanje, zgradbo, zahteve in na koncu tudi osnovne značilnosti: prednosti in slabosti teh elektrarn na kmetiji, ki so priložnost za rast kmeta. S pomočjo informacij in literature bom kmete usmeril na nadaljnje iskanje komercialnih informacij pri proizvajalcih tehnologije. Slovenija ima največ potenciala na področju malih hidroelektrarn. Predvsem izpostavljam Arhimedov vijak ali hidrodinamični vijak, ki omogoča z majhnimi gradbenimi posegi tudi postavitev elektrarn na potokih z majhnim padcem. Dober potencial nudijo sončne elektrarne v povezavi z novo spodbudo države »net-metering« in v pričakovanju večjih izkoristkov zaradi odkrivanja novih materialov, ter stalnega padanja investicijskih cen. Ni pa zanemarljiva raba lesne in odpadne biomase (gnojevka) in urbanih vetrnih elektrarn. V rezultatu bom ovrednotil vse kriterije in naredil lestvico priložnosti za pomoč kmetu.

Ključne besede: URE, OVE, male HE, SFE, VE, bioplin, SPTE, hidrodinamični vijak

Investment opportunities for farmers in terms of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources

Abstract

The aim of this paper is to find as many opportunities for investment by farmers in the field of energy efficiency (EE) and renewable energy sources (RES) by the farmer can be connected to the low voltage network. I reviewed all the electricity used on the farm installations, motor control, lighting, heating, insulation, windows, and thermal envelope. In the end, I'll value with chosen criteria better and worse investment. Similarly, I will do a review for modern small power plants, such as dispersing resources increasingly penetrate and affect the network, which is already dramatically changing. I will describe the operation, structure, requirements and at the end of the main features: the pros and cons of these plants on the farm which are an opportunity for the growth of the farmer. With the help of information and literature farmers will focus on continuing to seek commercial information at producers of technology. Slovenia has the most potential of small hydro power plants. In particular, highlight the Archimedes (hydrodynamic) screw which allows small building interventions also set up power plants for a small fall of stream. Offer good potential of solar power in conjunction with a new impetus state "net-metering" and in anticipation of greater efficiency due to the discovery of new

materials and the continuous drop in investment prices. I'll add usage of wood and waste biomass (manure) and urban wind farms. The outcome will evaluate all the criteria and scale do opportunities to help the farmer.

Key words: EE, RES, small hydro, PV, WPP, biogas, CHP, hydrodynamic screw

1 Uvod

Pri 16-letnem poučevanju področij elektroenergetike, predvsem elektrarn in učinkovite rabe energije, sem znanje nadgradil tudi praktično, ko sem gradil svojo hišo. Sedaj načrtujem gradnjo SFE na hiši svoje strehe na podlagi pravkar sprejete uredbe vlade o net-meteringu. Pred 8 leti pa sem za podjetje Electras Nova izdeloval raziskave za poslovne priložnosti za gradnjo vseh OVE, ker sta študijo naročili pri Electras Nova podjetji Elektro Ljubljana in Elektro Maribor. Kljub temu, da so kmetje že po naravi zelo podjetni ljudje in si med seboj razdeljujejo dobre poslovne izkušnje, lahko ponudim malce bolj poglobljen pogled v učinkovito rabo energije (URE) na kmetijah, predlagam investicije po lestvici pomembnosti. Prav tako pa lahko poglobljeno obdelamo pomembne obnovljive vire energije (OVE), ki jih v tujini množično kmetije priključujejo na nizkonapetostno omrežje in si s tem malo povišajo dohodek kmetije. Seveda pa je potrebno pošteno povedati, da so cene električne energije na evropskem trgu že 5 let na dnu, saj pasovna MWh stane na leipziški borzi, kjer trgujejo evropski proizvajalci energentov (tudi elektrike) okrog 30 €.

Cena elektrike je vedno vezana na ceno primarne energije. V 20.stol. je bil glavni primarni vir nafta, v 21.stol. pa bo vlogo kmalu prevzel zemeljski plin. Oba pa se črpata skupaj v paru, saj nafto k površju poriva prav pritisk tega plina. Določena naftna podjetja imajo speljane naftovode in plinovode (ruski Gazprom ima Severni tok in dosega v Evropi monopol, zato so cene tega plina v Evropi 6x višje kot v ZDA. V zadnjem letu je cena nafte padla na 1/3, ker so Američani zaradi nove tehnologije lomljenja skrilavcev v opuščeni naftnih poljih začeli pridobivati iz nafte prepojenih kamenin ogromno nafte. Sicer je postopek pridobivanja dražji, a vseeno so ZDA pred 4 leti postala samozadostna država glede nafte in plina, v zadnjih dveh letih pa celo država izvoznica. Z velikim prodorom na pohabljen naftni trg, ki ga je obvladoval dolga desetletja kartel OPEC, so zlomili vpliv kartela, cene so postale tržne, kajti večina držav ponudnic nafte je v osnovi nerazvita in se financirajo samo z nafto: Azerbejdžan, Kazahstan, ZAE, Bahrein, Iran, Irak, Libija, Saudska Arabija, Nigerija, Rusija, Venezuela. Zato hočejo čim več nafte prodati in ne morejo več zmanjševati proizvodnje, kot je nekoč OPEC od njih zahteval, da so cene nafte porastle. Ker so močno padle cene nafte, so linearno padle tudi cene električne energije.

Toda vseeno lahko sončne in plinske, akumulacijske HE štejemo med elektrarne, ki ponujajo konično energijo, ki pa dosega višje cene kot pasovna energija. V zadnjih petih letih je močno padla investicijska cena fotonapetostnih modulov in s tem cele elektrarne, ker so Kitajci začeli množično pošiljati na trg veliko cenejše module. Posledično je večina nemških in ostalih zahodnih proizvajalcev bankrotirala. Cene še vedno padajo, izkoristki so okrog 20 %, a razvijalci imajo v laboratorijih že 60 % izkoristke. Lani sem na predavanjih o nanotehnologiji v Ljubljani slišal, da Južna Koreja in Samsung vlagata milijarde € investicij v raziskave materiala »grafen«, ki naj bi bil tudi uporaben za sončne celice in naj bi dvignil izkoristek. Razvoj sončnih celic gre pospešeno naprej.

Urbane vetrne elektrarne so cenovno ugodne in dajejo približno nekaj 10 kW moči vsaka vetrna turbina, velika okoli 5m. Za NN in SN mrežo bo poskrbel operater, te majhne nezanesljive moči pa ne morejo porušiti velikega omrežja.

2 Investicije v učinkovito rabo energije (URE) na kmetijah

Učinkovita raba pomeni, da skušamo z energijskim upravljanjem zmanjšati porabo energije in s tem pozitivno vplivamo na velike stroške kmetije za energijo. To moramo delati načrtno na dolgi

rok. Spremljati moramo vse energijske porabnike, tako na strani proizvodnje, kot na strani inštalacij in krmiljenj, ter predvsem na strani porabe. Spremljati je treba predvsem razvoj danes energijsko potrošnih naprav in strojev glede novih izkoristkov in iskati, če so na trgu že novi izdelki s katerimi bi lahko potratne s slabim izkoristkom zamenjali.

Energijski upravljavci vedno najprej svetujejo pregledati toplotni ovoj stanovanjske hiše, šele na to se gre na stroje, ki imajo veliko porabo: velike moči in dolge čase obratovanja hladilne električne naprave, klime, zamrzovalne naprave, ogrevalne naprave, večji motorji in stalno delujoče naprave: ventilatorji, črpalke,... Omenil bom še nizkotemperaturno ogrevanje (talno gretje). Predstavil bom pregled motorskih značilnosti, ki vplivajo na račun elektrike, pregled in izkoristke motorjev in razsvetljavo. Posebna oblika prihranka energije pri motorjih pa je kompenzacija jalove energije, da ne plačuje kmet še računa za »porabljeno« jalovo energijo.

V poglavje zase spada virtualna elektrarna in pametna NN in SN omrežja, ki upoštevajo razliko tarifnih cen energije oz. prevelike viške energije v nasprotju s konico porabe. Cilj teh naprav in dolgoročni cilj energetskega upravljavca na kmetiji bi moral biti, da čim več električnih naprav deluje v času, ko je v omrežju veliko energije (ponoči, od 11h do 7h zjutraj, prazniki, sobote in nedelje, mala tarifa), čim manj pa v času jutranje konice porabe (med 8 in 10 h), dnevnega trapeza (poleti od 7h do 23h, pozimi od 8h do 20h) in večerno konico (med 16h in 20h). Vsak dnevni diagram porabe za vsako lokalno omrežje ali za celo slovensko omrežje se vsakodnevno malo razlikuje, močno pa se razlikuje poleti in pozimi zaradi mraza in predvsem zaradi trajanja svetlosti dneva.

2.1 Izboljšanje toplotnega ovoja

Okna, zunanja vrata, fasada in streha stari več kot 30 let, so slabo izolativni. Tu se skrivajo največji prihranki. Sodobna izvedba trislojnih stekel, dobro izdelanih oken in vrat, ter 30 cm debela izolacija sten in streha močno izboljša toplotni ovoj, ki je nekoč imel 5 ali 10 cm izolacijo. Lahko dam primer iz moje družine: moji starši so naredili hišo pred 35 leti. Letno so porabili okrog 4.000 litrov kurilnega olja, kar je letno znašalo za 100 m² površino stanovanja. Vmes sem naredil hišo jaz in porabil za 400 € elektrike za celo leto ogrevanja. Starša sta imela 5 cm izolacije v zunanjih stenah, jaz jo imam skupno 40 cm (16 cm stiroporja). Onadva sta imela dvoslojna okna, jaz trislojna okna. Imela sta visokotemperaturno centralno kurjavo, jaz pa imam nizkotemperaturno talno gretje v katerega spuščam toplo vodo okrog 25 do 28 stopinj. Onadva sta vmes zamenjala peč za kurilno olje, jaz sem vgradil 7 kW toplotno črpalko zrak-voda podjetja Kronoterm s toplotnim številom 3,7 pri standardu A2W35 (ko ima zrak zunaj hiše 2 stopinji, voda v zalogovniku v hiši pa 35 stopinj). Pred dvema letoma sta vgradila nova okna za okrog 20.000 € in naredila novo fasado za 15.000 €. Sedaj porabita pol manj goriva. Nista pa še izolirala strehe oz. menjala strehe. Doba vračanja sredstev bo 17 let. Če bi imela talno gretje in toplotno črpalko, bi se približala mojim stroškom ogrevanja hiše (400 € na leto) in sanitarne vode (140 € na leto). A na take stvari je potrebno gledati že v načrtovanju gradnje. Projektant vodovodnih inštalacij mi je pravil, da danes 90 % novogradenj izbere talno gretje, ker je nizkotemperaturno ogrevanje bolj varčno kot visokotemperaturno (radiatorsko). Toplotno število TČ je pri A2W60 okrog 2, pri A2W35 pa 4. (Kronoterm)

Ker ima kmet ogromno stavb in tudi ogromno električnih inštalacij, ogromno strojev, predlagam, da večkrat letno uporabi poceni (med 10 in 100 €) infrardečo (termo) kamero, ki pokaže kje na objektu so slabo izolirana mesta, t.i. toplotni mostovi, hkrati pa z njo lahko preveri električne omare in vso električno napeljavo, jih posname, da mu kritične vrednosti povedo kateri električni elementi se pregreva in kaj mora zamenjati, da ne pride do požara. Seveda lahko posname tudi dimnik. Za protipožarni ukrep v električnih inštalacijah je nujna vgradnja RCD stikala z diferenčnim tokom 100 mA.

2.2 Energijsko upravljanje z elektro motorji

Največji porabniki električne energije so kmetijski električni stroji z vgrajenimi asinhronskimi motorji (npr. puhalniki, ventilatorji). Ti imajo moči tudi med 10 in 15 kW (intervju s kmetovalcem Markom Strupijem). Običajno imajo vgrajene trifazne asinhronske motorje, ki imajo solidne izkoristke okrog 80% in so zelo robustni. Marsikateri motor je samo pognan s stikalom zvezdatrikot, ki 3x zmanjša zagonski tok. Zagonski tok je v trikotu 6x višji od nazivnega toka motorja, pri zvezdi pa je samo 2x višji. Tako kmet plača manjšo obračunsko moč, manjši je sunek toka in sunek navora. Posredno pa v NN omrežju ne povzroča tako velikih padcev napetosti zaradi prevelikih zagonskih tokov. Še boljše pa je, če ima vgrajen modul mehkega zagona iz elektronike ali pa kar frekvenčni pretvornik, ki je cenovno že enako ugoden kot mehki zagon, a ponuja občutno bogatejše vodenje vrtljajev motorja. Dostikrat prodajalci govorijo o inverterskih motorjev, a ne vedo kaj stoji za tem izrazom. Inverter je v bistvu razsmernik ali drugo ime za frekvenčni pretvornik, ki spreminja izmenični napetosti frekvenco. Tako napetost pošilja trifaznemu motorju: višja je frekvenca, hitreje se motor vrti.

Kmetje naj pri nakupu električnih naprav spremljajo, ali imajo naprave vgrajene BLDC ali EC motorje oz. sinhronske trifazne motorje. Ti imajo izkoristke največje, okrog 92% (torej samo 8 % izgub), imajo majhne mere in majhno težo na dano moč, največje zagonske in nazivne momente, in trdo momentno karakteristiko, ki pomeni, da s poviševanjem obremenitve število vrtljajev motorja ne upada. Izogibajo naj se klasičnim DC motorjem in 1-f asinhronskim motorjev (Miljavec, Električni stroji). Prvi zahtevajo stalno vzdrževanje in pogosto menjavo ščetk, drugi pa imajo zelo slabe izkoristke (med 40 in 60 %).

Posebno poglavje je zmanjšanje jalove energije. Vsi električni stroji povzročajo jalovo energijo, ki zaseda del voda, del omrežja. Operater omrežja (Elektro Gorenjske) meri to jalovo energijo s strani

porabnikov in jim jo zaračuna. Trudi se, da bi faktor delavnosti držal med 0,95 in 1. Na tablici motorja piše podatek $\cos \varphi = 0,7$, kar pomeni da bo motor samo 70% prejete energije porabil za delo, ostala pa bo z dvojno frekvenco po kablu nihala do transformatorske postaje in nazaj. Takemu motorju lahko kmet izračuna velikost kondenzatorja in kupi tri take kondenzatorje ter jih veže v trikotno vezavo, vzporedno na statorska motorna navitja. Na ta način bo izboljšal faktor delavnosti ($\cos \varphi$) na optimalno vrednost, ki znaša 0,95. Strošek vgradnje kompenzacijskih kondenzatorjev je minimalen in odtehta že en mesečni račun za jalovo energijo.

Zlasti je potrebno pogledati kakšne ima kmetija glavne varovalke oz. priključno moč, da se ne plačuje prevelike konične moči, oz. ali se lahko s kakšnimi ukrepi zmanjša ta konična moč kmetije. Prodajalec elektrike po podatkih obračunskega števca v merilni kabelsko priključni omari izračuna tistih 15 zaporednih minut dneva, ko je kmetija največjo skupno moč porabljala. Torej integral moči po času za najbolj kritičnih 15 minut v dnevu. To konično moč plačamo kot tretjino računa. Temu se kmet lahko izogne tako,

1. da sočasno ne poganja dveh ali več električnih strojev večjih moči;
2. da velike elektro motorja ne kombinira s prižganimi reflektorji velikih moči;
3. ali pa da ni sočasnih zagonov velikih električnih porabnikov.

V velenjski srednji šoli so pred 10 leti zmanjšali mesečni račun elektrike za 30%, ker so za 50% zmanjšali konično moč. To so naredili tako, da prve tri jutranje ure sestavljalec urnika ni določil telovadbe v telovadnici, kajti tam so imeli na stropu okrog 20 reflektorjev moči nad 1.500 W. V jutranjih urah je ostal samo en velik porabnik: kuhinja. Zvečer so uporabniki telovadnice koristili reflektorje, a takrat kuhinja ni delala. pa tudi učilnice so bile večinoma v temi.

2.3 Energijsko upravljanje z razsvetljavo

podjetjih in hotel danes načeloma naredijo pametne inštalacije, saj se zaradi centralnega upravljanja s tisočimi energetskimi porabniki to finančno zelo splača. Pametna inštalacija v stanovanjski hiši pa pride vsaj podvojena cena klasične inštalacije. Tu bom svetoval manjše in cenejše ukrepe. Razsvetljava porablja približno 15% celotne porabe elektrike. Na kmetijah je gotovo še več luči. Kmet naj razmišlja, da vgrajuje na mesta, kjer luč veliko časa gori, LED »žarnico«, hruškaste oblike (ki znotraj vsebuje polprevodniške svetleče elemente kadar skozi njih steče tok) z E27 navojem za obstoječe E27 nastavke. S tem bo izkoristek iz žarnice (10 lm/W) na LED (60 do 100 lm/W) povečal vsaj za 6x do 10x, ob isti kvaliteti osvetljenosti. LED ima tudi 100x daljšo življenjsko dobo, saj naj bi delala 100.000 ur, v primerjavo z žarnico, ki gori 1.000 ur. Varčne sijalke in neonske luči (fluorescentne sijalke) naj pazljivo čim prej izloči in odlaga na posebne smeti, ker vsebujejo nevarno živo srebro, ki je že v majhnih količinah zelo nevaren. LED (svetlobo oddajajoče diode) mu omogoča tudi regulacijo svetlobnega toka in barv (Bizjak).

2.4 Energijsko upravljanje s hladilniki, zamrzovalno skrinjo, hladilnico ali električnim grelci

Toplotni stroji veljajo v stanovanjih poleg štedilnika, steklokeramične plošče in termoakumulacijske peči kot največji porabniki. Prednost teh strojev pa je, da lahko v njih toploto ali hlad za nekaj časa akumuliramo, shranimo. Pod regulacijo se ta stroj vklaplja enkrat za 10 minut na 2 uri, oz. na nastavitev želje prej ali pa kasneje. Termoakumulacijsko peč zaradi poceni elektrike priklapljam ponoči, da ogrejemo njen šamotni ovoj. Potem pa čez dan z ventilatorčkom hladimo šamot in ogrevamo stanovanje. Danes so moderne konvekcijske stenske naprave, ki sevajo IR sevanje v prostor in ne delajo pod tako visoko temperaturo kot radiatorji.

Za hladilnike in zamrzovalne skrinje je dobro paziti pri nakupu, da je na njem nalepka, ki na lestvici A, B, C, D kaže razred A. To pomeni, da ima ta stroj majhne izgube in malo energije na leto izgubi za svoje delovanje. Priporočam pa tudi nakup majhnih natičnih časovnih programatorjev za različne urne prikllope.

2.5 Toplotna črpalka (TČ)

Toplotne črpalke spadajo med toplotne stroje in so podobne hladilniku, le da delajo v obratni smeri. Glavni stroj je kompresor hladilne tekočine. Črpalka zrak voda pa ima v zunanji enoti bakreno satovje, kjer ta stisnjena hladilna tekočina zraku pobira nekaj toplote. Toplotna števila se gibljejo okrog 4, kar pomeni, da toplotna črpalka porabi za proizvodnjo 4 kWh toplote samo 1 kWh elektrike. Zadnjih 10 let je zelo moderno za novogradnje (tudi podjetja) vgrajevati glavno ogrevanje s toplotno črpalko, posebej zrak-voda, saj ostali dve zaradi dodatnih gradbenih del (vrtini, ali polaganje kolektorja v zemljo) za 20 do 50% povišata investicijo. Največji prihranki so pri nizkotemperaturnem ogrevanju, saj so tu 50% boljši izkoristki TČ. Tudi na Gorenjskem so samo 10x letno tako mrzli dnevi in noči, da namesto črpalke deluje električni grelec. Seveda črpalka deluje enakomerno vseh 24 ur dneva. Kompresor je v osnovi trifazni asinhronski motor, ki ga krmilimo s frekvenčnim pretvornikom (invertersko). Moja 7 kW TČ slovenskega podjetja Kronoterm je stala 5.000 €, zalogovnik in hranilnik sanitarne vode pa vsak po 1.000 €. Velik podjetnik iz Logatca mi je pravil, da je za zelo veliko TČ za ogrevanje svoje hiše in obratov svojega podjetja dal okrog 10.000 €, a točne moči črpalke se ne spomnim. Manager Kronoterma mag. Franc Pesjak mi je razkazal proizvodnjo. Ta skupina je začela delati v Gorenju zaradi naftne krize v 70-ih letih, ko pa je cena nafte padla, pa jih Gorenje ni več potreboval. Ustanovili so svoje podjetje in najprej zalagali s TČ hladilnice, vinarje. Zadnjih 30 let je bil prodajni hit TČ v kleti za ogrevanje sanitarne vode spomladi in jeseni, da zanjo ni potrebno zaganjati glavne peči na olje ali plin, ki dela samo pozimi. Naj poudarim, da večino trgovcev z električno energijo lastnikom TČ ponuja cenejše prodajne pakete elektrike.

2.6 Investicija v premik delovanja možnih električnih naprav v čas manjše porabe elektrike

Večina električnih naprav se vklopi takrat, ko jih potrebujemo. So pa tudi naprave, ki jih lahko organizirano vklopimo takrat, ko je v omrežju preveč energije, poraba je nizka in zato trgovci ponujajo skoraj pol manjše cene za elektriko: nizka tarifa. Vsaka dobra gospodinja ve, da mora pralni stroj in pomivalni stroj štartati po 23h, ko je cenejša energija nizke tarife. Prav tako peče in kuha glavno hrano v sobotah in nedeljah. V ostalih dneh samo kar je nujnega. Največji porabniki so hladilniki, zamrzovalne naprave, ter ogrevalne električne naprave, štedilniki, steklokeramične plošče in indukcijske kuhalne plošče (okrog 6 kW priklopna moč).

S tem pojavom se sedaj intenzivno ukvarjajo proizvajalci opreme za pametna omrežja. Poseben izdelek v programski in strojni obliki so virtualne elektrarne, brez generatorjev, strojnice. V osnovi gre samo za pametno vklopjanje določenih električnih porabnikov in električnih razpršljivih virov na NN in SN omrežju. Če določen električni stroj vklopimo ponoči, tako kot elektroakumulacijsko peč v šamotu, dobimo pol cenejšo elektriko. Čez dan poganjamo samo majhen ventilatorček za ogrevanje prostora ali pa malo črpalko, da iz zalogovnika pobira počasi toploto. Kmalu bodo imeli električni stroji in naprave čip, ki bo komuniciral z daljinskim centrom vodenja, da ga bo ta vklopil takrat, ko bo imel viške cenene energije ali izklapljal v času konic. Bistvo pametnih omrežij je zmanjšati konice porabe in povečati »doline«, skratka izravnati dnevno karakteristiko porabe. Ta komunikacija med porabniki in elektrarnami bo hitra in bo omogočala vklopjanje in izklapljanje po algoritmih za tiste vire in porabnike, ki to tehnološko in uporabniško dovoljujejo.

Tudi kmet si lahko za 10% zniža račun električne energije, če si naredi spisek svojih velikih porabnikov elektrite, ki bi lahko delali 6 ali 10 ur kasneje, po 23h ali konec tedna. In se seveda tega reda strogo drži.

Investicija v avtomatsko ugašanje nepotrebnih električnih naprav, razsvetljave

Vedno več imamo elektronskih naprav: TV, PC, glasbeni stolp, domači kino, itd., ki jih imamo ves čas vklopljene v pripravljenosti (angl. stand by), da jih lahko z daljinskim upravljalnikom ali avtomatsko takoj vklopimo. Poraba res ni velika, a strokovnjaki, ki so te meritve delali, pravijo, da lahko za 1% in več prihranimo pri električnem računu, če aparate ponoči ali stalno ugašamo popolnoma (angl. power off).

Večje prihranke pa dosežemo, če avtomatiziramo vklop razsvetljave s senzorji, kar v popolnosti naredijo pametne inštalacije, ki pa so zelo velika investicija. Doma vidim, kako ne samo otroci, pozabljajo v sobah prižgane luči in te svetijo nepotrebno tudi pol dneva in celo več. Tako, da je ta ukrep po svoje tudi protipožarni ukrep. A deset tisočkrat ceneje kot pametne instalacije je narediti v kleti, v hodnikih in prostorih, kjer nismo neprekinjeno v njih (podstrešje, drvarnica, hlev, kašča, shramba, kabinet, skladišče), električne luči brez stikal in s senzorjem. Investicija je že cenejša od klasične inštalacije. Na eni strani je cena senzorske luči (okrog 10 do 20€), a po drugi strani ne zahteva nekajkrat daljših napeljav inštalacij (tako dolgih izoliranih vodnikov ali kablov), običajno dveh ali več stikal za razsvetljavo in velikih instalacijski del (delo je po navadi najdražja komponenta). To sem jaz 2 leti prepozno zvedel, tudi velik del električnih inštalaterjev ali projektantov tega ne ve. Cene senzorskih LED luči so zelo padle v zadnjih letih (v zadnjih 6 letih iz 10€ na 2 € za 180 lm velik reflektor).

Za velike električne stroje (hladilnike, zamrzovalnike, pralne stroje, pomivalne stroje) pa je že možno kupiti tako natično enoto vtičnice, ki ima vgrajeno časovno uro, programator, s katero damo ukaz »prisotnost napetosti« stalno fizično priklopljenemu stroju ali napravi, da se kmetu ni potrebno v glavi stalno ukvarjati z drobnarijami, ki na koncu leta prinesejo precejšen prihranek. Tako večino dneva ta fizično priklopljen stroj tudi ni pod napetostjo zaradi blokade v tej natični časovno programirani napravi.

3 Investicija v obnovljive vire energije na kmetiji

V tem poglavju bom zaobjel sončne fotonapetostne elektrarne (SFE) med 10 in 200 kW za kmetijo, urbane vetrne elektrarne (uVE) moči 2,7 kW do 55 kW, male vodne elektrarne (mHE) moči med 1 kW in 10 MW, ter biotermalne elektrarne (bTE) moči 10 do 200 kW s plinskim agregatom na bioplin iz fermentiranja gnojnice s pomočjo anaerobnih bakterij. Vse elektrarne se priklopijo na 400 V NN omrežje, le elektrarne nad 1 MW se priklopijo na 20 kV omrežje. Delova finančna priloga FT je 15. septembra 2008 objavila preglednico specifičnih investicijskih cen za elektrarne. Specifična cena moči 2 €/W pove investitorju samo to koliko denarja bo moral zagotoviti, da bo elektrarna dajala elektriko v omrežje. 200.000 kW mHE bo v povprečju stala 400 tisoč €, veliko pa je tudi odvisno od količine gradbenih del, ki elektrarno lahko zelo podražijo oz. pocenijo. Specifična cena proizvedene energije 33 €/MWh za klasične mHE pa investitorju pomaga primerjati elektrarne med seboj: investirati v tisto elektrarno, ki mu bo za isto investicijo proizvajala več energije in bo zato njena specifična cena energije čim manjša. Izračunal sem, da hidrodinamični vijak zaradi minimalnih gradbenih stroškov in manjših pretokov (zato ima 1/3 več obratovalnih ur) več energije na leto proizvede, ima manjšo investicijo in zato pride njena proizvedena MWh samo 10 €.

Elektrarna	število obratovalnih ur elektrarne na leto [h]	specifična cena elektrarne [€/W]	specifična cena proizvedene energije elektrarne [€/MWh]
mHE	3.000	2(6)	33
HE	4.200	2(4)	24
SPTE na biomaso	6.000	2,5	41
bioplin	6.000	3	25
VE	2.000	1	25
SFE	1.000	4,5	120
SPTE na ZP	6.000	1,5	73 (60 SPTE Domplan)
JE (Krško)	8.700	2	25
TE na premog (Šoštanj)	8.700	3(1)	97
SFE 2016	1.000	1,6 (1) (0,3)	40
uVE 2016	2.000	0,7	16
mHE z HV 2016	4.000	1	13

Tabela 1: Specifične cene moči in proizvedene cene elektrike (za prvih 7 elektrarn je Delova priloga FT, OVE v Sloveniji, 15.9.2008, ostale podatke za JE, TE, SFE, uVE in mHE z HV v 2016 sem sam izračunal iz investicij po raznih informacijah v medijih

3.1 Investicija v sončno fotonapetostno elektrarno (SFE)

Sončne fotonapetostne elektrarne imajo izjemno majhne moči, ker je majhna moč sončnega obsevanja in majhen 20% izkoristek SFE. Moči SFE za stanovanjsko hišo so okrog 10 kW, če pokrijemo celo južno streho. Za pokritje kmetije, skednja in hleva približali velikosti okrog 100 kW. Za enostavno oceno: modul površine 1,5m² stane okrog 100 €, daje okrog 120 W vršne moči, torej med 11h in 13h ob maksimalni osvetlitvi poleti, prej in kasneje pa veliko manj. Garancije za življenjsko dobo modulov so 25 let, garancije na izkoristek pa 20 let. Vzdrževalnih del in stroškov skorajda ni, na vsakih 10 let je potrebno zamenjati razsmernik.

Če je 10 kWp sončna fotonapetostna elektrarna še pred 10 leti stala okrog 45.000 €, so cene danes okrog 16 tisoč evrov, glede na to kdo je izbran za projektanta in kdo za izvajalca. Največji strošek je plačilo dela obeh, nato so fotonapetostni moduli (40% delež investicije), katerim so cene v zadnjih 5 letih močno padle, čeprav stalno padajo vsaj 10 % letno, iz 7 € (2001) na 0,3 € / Wp (2016) zaradi hude konkurence. Potem je potrebno prišteti ceno elektronske naprave: razsmernik (inverter) in ceno AC in DC omare s pretokovnimi in prenapetostnimi zaščitnimi elementi, ceno posebnih UV odpornih DC kablov in pocinkanih jeklenih strešnih nosilcev za nošenje PV modulov na strehi, strelovod, ozemljilo in dodaten merilni števec z odklopnikom elektrarne iz omrežja.

Absolutno se objektom priključenim na omrežje ne splača delati otočne SFE, ker potem pridejo najdražji del baterije, ki so v elektroenergetiki najšibkejši člen: so drage (okrog 40% investicije), imajo malo število polnjen, so težke, imajo majhno kapaciteto energije na težo ali volumen, imajo kratko življenjsko dobo (5 do 10 let), dostikrat ekološko ali požarno sporne. Seveda pa je pametno investirati v tako elektrarno na odročnih gorskih kmetijah brez elektrike, vikendih, planinskih kočah in planšarijah.

Pred enim mesecem je vlada sprejela uredbo o »net metering«-u za SFE velikosti do 10 kW, ker so zadnje tri leta investicije v SFE zelo zamrle po 5 letni eksploziji investicij zaradi padca zelo dobrih subvencij v višini okrog 400 €/MWh na sedanjih 100 €/MWh (primerjajmo to s tržno ceno prodajane elektrike na evropski borzi energije v Leipzigu (eex.com), ki se že 5 let giblje okrog 30 €/MWh in je danes 25 €/MWh – Power Base, ter računom povprečnega potrošnika, ki plača 120 € za MWh porabljene energije). Net metering ima že veliko zahodnih držav in pomeni, da investitor postavi na svojem objektu SFE, vso elektriko iz njega oddaja v omrežje oz. je del sam porabi. Zvečer in zjutraj porablja energijo iz omrežja, ker SFE ne daje elektrike. Na koncu meseca plača samo razliko porabljene energije. Če jo je več proizvedel, razliko podari. Vsi mesečni izračuni se

na koncu leta še enkrat obračunajo, kajti poletna proizvodnja je veliko večja kot zimska proizvodnja. Edino kar še plača je strošek omrežnine, ki operaterju omogoča vzdrževanje NN in SN omrežja. Investitorju, ki z 10 kW SFE letno proizvede 10 MWh elektrike, se približno v 12 letih povrne investicija, ker mu ni več treba vsak mesec plačevati računa za elektriko, ki znaša v povprečju 100 € za povprečno stanovanjsko hišo. Država tudi obljublja, da ne bodo investitorji kaznovani z dodatnimi davki ali odvzemom subvencij, kajti cilja te uredbe sta dve: pospešiti samooskrbo z elektriko in spodbujanje rasti sektorja delavcev, ki delajo na področju SFE. Ta priložnost se meni zdi zelo zanimiva, da se je bom osebno lotil. Zanimiva je tudi za kmete, ki nimajo drugih priložnosti za ostale tri male elektrarne. Na dolgi rok, ko bodo izkoristki SFE rastle in cene še naprej padale, pa bo SFE sploh zanimiva, saj že pokriva cene konične energije.

Company	Technologies	Country	Locations of the production lines	Modules delivered in 2014 (in MWp)
Trina Solar	Wafers, Crystalline (mono) cells, modules	China	China	3 660
Yingli Green Energy	Wafers, mono and multi crystalline cells, modules	China	China	3 361
Canadian Solar	Lingots, wafer, cells, modules, PV systems	Canada, China	Canada, China	3 105
Jinko Solar	Crystalline ingots, wafers, cells, and mono- and multi-crystalline PV	China	China	2 944
JA Solar	Mono-Crystalline, Silicon Module, Poly-Crystalline, Silicon Module	China	China	2 407
Renesola	Poly silicon wafers and modules, micro inverters	China	Poland, South Africa, India, Malaysia, South Korea, Turkey, Japan	1 970
Sharp Corporation	Crystalline (mono, multi)/Thin Film (a-Si, mc-Si)	Japan	Japan, USA	1 900
Motech	Crystalline (mono, multi) cells, modules and inverters	Taiwan	Taiwan, China, Japan, USA	1 632
First Solar	Thin film modules (CdTe)	USA	Malaysia, USA	1 500
Sun Power	Crystalline (mono, multi) cells, modules	USA	USA, Philippines	1 254

Source: EurObserv'ER 2015 (according to financial reports).

Tabela 2: Največji proizvajalci fotonapetostnih modulov (Pregled SFE 2015)

3.2 Investicija v malo hidro elektrarno (mHE)

Tako kot so imeli včasih uspešni kmetje svoje mline ima danes kar nekaj kmetov malo hidroelektrarno. Hidroelektrarne so odvisne od padca in pretoka vode in so običajno moči med 10 kW in 10 MW.

V Sloveniji smo v zadnjem stoletju zgradili samo 500 mHE od moči nekaj kW do moči 10 MW. Na začetku 20. stol. je bilo v Sloveniji zgrajenih 6.000 vodnih mlinov, ki so jih podjetni kmetje in poslovneži zgradili. Na vseh teh točkah bi lahko postavili male hidroelektrarne, če so načrtovane in izdelane po predpisanih smernicah. Glavna ovira sta nepodjetnost v družbi in velike birokratske ovire pod krinko naravovarstva, vodnega varstva itd. Na ministrstvu za okolje kar 500 projektov čaka na odobritev že dalj časa. MHE imajo majhne strojnice z agregatom: vodna turbina, običajno peltonova (92 %), francisova (92 %) ali bankijeva (50 %, Razpet). Zadnjih 10 let Švicarji, Nemci, Italijani in Avstrijci množično vgrajujejo hidrodinamični vijak, ki ga je Arhimed izumil pred 2.300 leti za črpanje vode. Vse razen bankijeve turbine, ki ima 50 % izkoristek, imajo odlične izkoristke okrog 92% (Andritz), le da ti izkoristki zaradi pretoka padajo pri nekaterih turbinah bolj, pri drugih manj. Ta elektrarna je ekološko čista, edina snov so olja in maziva, ki bi lahko bila sporna. MHE v območju do 100 kW ne potrebujejo transformatorske postaje. Slabost je gradbeni poseg v prostor in padci so okrog 10m. Vse morajo obvezno narediti ribje steze, potoček ob robu, za prehod rib gor in dolvodno. Glavna ovira so okolje zaradi redkih živali in rastlin, vodovarstveno okolje in območja v katerih je prepovedano graditi (Natura, Triglavski narodni park).



Slika 1: Mala HE s hidrodinamičnim vijakom za padec reke 1,8 m in pretok $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (proizvajalec Andritz, <http://www.andritz.com/oi-atro-hydrodynamic-screws-en.pdf>)

3.2.1 Investicija v mHE s hidrodinamičnim vijakom (HV)

Pogonski stroj je Arhimedov vijak, ki deluje v obratni smeri pri mHE, ko voda teče po spodnji tretjini žleba dol, vrti vijak vodoravno in pod kotom vpet na dveh ležajih tik nad žlebom. V podjetju EXORETI iz Ljubljane prodajajo te nove turbine avstrijskega proizvajalca Andritz, ki omogočajo tudi gradnjo mHE na potokih z zelo majhnimi padci med 0,5 m (kitajsko podjetje), Andritz pa od 1 m do 10 metrov, kar druge strojne izvedbe mHE ne, saj pod 4 m padcem ne ponujajo izdelkov. Najmanjši pretok vode je lahko že 100 litrov v sekundi ali $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Če ima potok veliko več vode, pa ta tehnologija omogoči uporabo dveh ali večih vijakov vzporedno. Tehnologija z imenom hidrodinamični vijak (HV) ima glavne prednosti:

1. zelo malo gradbenih del (ta dela pri ostalih mHE podražijo investicijo za večkratnike: jez, tlačni cevovod, strojnica, čistilni del naplavin,...)
2. omogoča enostavno regulacijo, saj vemo, da so potoki in rečice v glavnem hudourniškega značaja in se jim vsak dan ali celo vsako uro pretok in tudi gladina zelo močno spreminjata.
3. dober izkoristek (92 %), ki se ne spremeni dosti med padanjem pretoka
4. turbina ne moti živali, prijazna do rib
5. lahko izkoristimo vse tista mesta rek in potokov, ki jih do sedaj z drugimi mHE nismo mogli izkoristiti

V elektronski pošti mi je prodajni inženir g. Matej Banovec iz podjetja Etiexor poslal informacije za HV na moja natančna vprašanja o investicijskih cenah na W investicije in na Wh proizvodnje elektrike, življenjski dobi, garanciji in vzdrževalnih delih, periodah vzdrževanja:

» .. okvirno ceno za elektro in strojni del HV 1 €/ 1kW in raste glede na moč agregata in velikost elektrarne (pretok v m^3/s in padec reke v m). Strošek vzdrževanja mehanskih segmentov pri vijaku glede na klasično turbino je manjši zaradi:

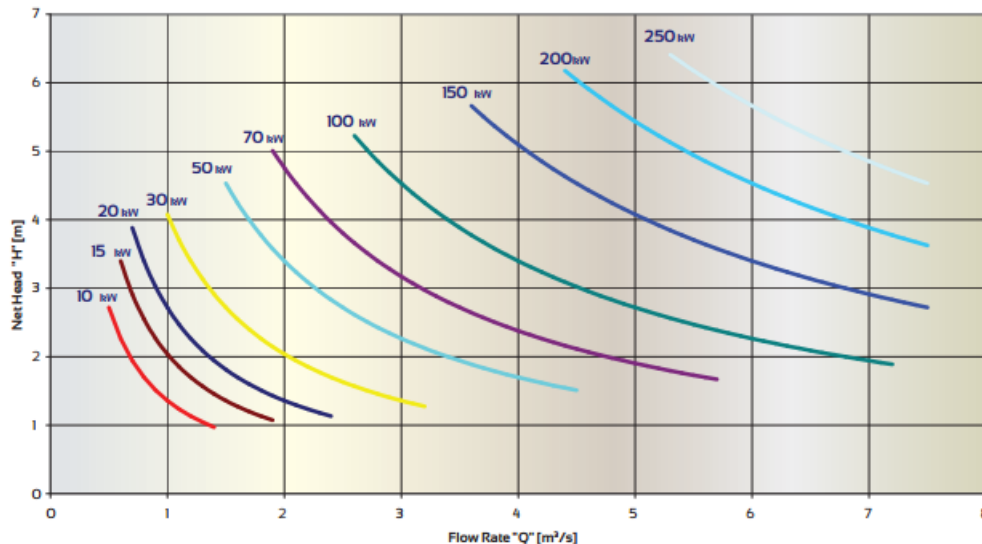
1. aplikacije brez čistilnega stroja,
2. počasi rotirajoči segmenti pomenijo manjšo obrabo,
3. enostaven dostop do vseh segmentov,
4. robustnost aplikacije na različne obremenitve,
5. delovanje na principu gravitacije.

Priporočljive periode vzdrževanja:

- a. mesečni (tekoči pregledi),
- b. letni (pregled segmentov in sklopov),
- c. 5-letni (podrobnejši pregled in menjava določenih mehanskih in elektro potrošnih materialov),
- d. 10-letni (priporočljiva menjava določenih mehanskih in elektro potrošnih materialov oz. segmentov),
- e. 30-letni (priporočljiva menjava in obnova določenih segmentov na mehanski in elektro opremi).

Vzdrževanje elektro sklopa je podobno kot pri klasičnih turbinah. Prednosti HV pred ostalimi turbinami:

1. veliko pretokovno območje delovanja z odličnim izkoristkom , do okrog 30% optimalne polnitve;
2. velika sposobnost regulacije pretoka;
3. velik časovni in finančni prihranek pri gradnji;
4. enostavni zagon in vzdrževanje;
5. zanemarljivi vplivi na okolje (vijak je ribam prijazen in zahteva majhen poseg v okolje). «



Graf 1: Diagram moči hidrodinamičnega vijaka v odvisnosti od pretoka in padca vode (proizvajalec Roncuzzi, PSC Group, http://www.pscgroup-lb.com/administration/upl/prod_doc_63.pdf)

3.3 Investicija v urbano vetrno elektrarna (uVE)

Velike VE so polja 40-ih do 200-ih megavettric moči 6 MW, ki so postavljene stran od naselij: na obalah ali na gorskih grebenih. Urbane vetrnice so moči od 2 kW do 55 kW in so majhne: radij 1,8m do 4m. Turbina je na 3 do 8m visokem stolpu, ki je kovinski cevast ali predalčni piramidaste oblike, lahko pa se ga postavi s preklopom na motorni dvig. Sinhronski generator ima na rotorju

trajne magnetne in na statorju trifazno navitje. Investicija v 20 kW uVE je zelo nizka, okrog 14.000€, pri tem, da nam ta elektrarna daje zaradi 2.000 h tudi dvakrat več elektrike kot SFE iste moči. Izkoristek uVE je okrog 40 %, hitrosti vetra pa morajo biti vsaj 2,5 m/s do največ 25 m/s. Povprečni izkoristek je zaradi spreminjanja hitrosti vetra le okrog 15 % (Mihalič, Vetrne elektrarne). Eno leto dolga meritev hitrosti vetra na izbrani lokaciji je nujna. Vzdrževanja skoraj ni. Ni goriva in ni odpadka, ni koncesij, malo gradbenih del: zgolj majhen temelj.



Slika 2: Urbana vetrna turbina moči 2,4 kW, radija 1,8 m, stolpa 8 m in letno proizvodnjo 5,4 MWh, življenjsko dobo nad 25 let in garancijo 5 let (Xzeres <http://www.xzeres.com/wind-turbine-products/>)

Proizvodnja energije je odvisna od hitrosti vetra na kubik, radija vetrnice na kvadrat in gostote zraka (vlaga). Torej ali veter piha večino ur v letu na tej poziciji in s kakšno hitrostjo piha, je ključni kriterij odločanja za smiselnost te investicije. Gradben poseg je minimalen. Drugih stroškov kot so pri megaveternih poljih, pa tudi ni (gradnja RTP, gradnja DV, gradnja PPE kot rezerve). Pri uVE moramo upoštevati na katerem mestu bo postavljena. Če je to gorska kmetija, je lahko blizu hiše, če pa je treba turbino postaviti na bližnjem hribu, na grebenu, kilometer ali več stran od kmetije, pa je potrebno upoštevati tudi ceno kabla, polaganja kabla in morda tudi transformatorja v transformatorski postaji zaradi preprečitve velikih padcev napetosti in izgub v kablu.

3.4 Investicija v proizvodnjo bioplina in v biotermalno elektrarno (bTE)

Prednosti so čiščenje nevarne gnojevke, pridobivanje elektrike in toplote, ter na koncu še kvalitetnega gnojila. Kmet z vsaj 30 glavami živine, več kot 60 prašiči in s 1000 kurami ali purani, je v Avstriji odločilen za gradnjo fermentatorja na gnojevko, plinohrama in male strojnice s plinskim motorjem in trifaznim generatorjem. Plin se približno 20 dni ustvarja. Na plinskem motorju pa bi ga pokuril v času konice in elektriko tudi trgovcu z električno energijo prodal kot dražjo, konično energijo. Tudi subvencije bTE (SPTE): odkup po 120 €/MWh, vetrna in vodna pa po okrog 60 €/MWh. Gradbeni poseg je srednje velik kot pri klasični mHE: izkop, velika cisterna za fermentator, skladišče za koruzo, plinohram, strojnica 3m krat 4m za plinski motor in 3-f sinhronski generator z vso zaščito, krmiljenjem in nadzorom. Največji strošek pa bo gradnja toplovoda. Dodana vrednost te elektrarne je prodaja elektrike in toplote (SPTE). Ker pa ima kmetija za razliko od smetišč in čistilnih naprav kanalizacije biološko čiste surovine, lahko prodaja tudi gnojilo. V toplih področjih poznajo kar nekaj energetskih rastlin, pri nas samo koruzo. Morda bodo biotehnologi kmalu vzgojili tako rastlino pri nas, ki bo zelo hitro zrastle.

Priporočam samo velikim kmetom, ki bodo služili tudi s prodajo gnojila in predvsem naredili tudi toplovod za prodajo toplote.

4 Ugotovitve, rešitve, ukrepi in zaključek

Pri URE naj kmet vedno pogleda za električne naprave kakšne izkoristke imajo. Posebno kmečki stroji, hladilniki in gospodinjski aparati, .. naj bodo na vrhu lestvice s črkovno oznako varčnosti: naj imajo oznako A. Kupuje naj LED razsvetljavo in natične enote s programatorjem ali pa naj določene naprave prikloplja samo v sobotah ali ponoči (pralni in pomivalni stroj). Obvezno naj naredi kompenzacijo jalove energije in preide na frekvenčni pogon vse kmetijskih strojev, ki naj imajo čim večje izkoristke. Največjo količino energije bo prihranil s kvalitetnim izolacijskim toplotnim ovojem zgradb. Ne verjamem, da bo kmet kupoval toplotno črpalko, če ima gozd, jo pa od vseh ogrevalnih naprav najbolj priporočam. Je pa potrebno vedeti, da je glavna slabost peči na les veliko število prašnih mikro in nano delcev PM10 in PM2,5 v zraku v čemer je Slovenija na lestvicah onesnaženosti v vrhu v Evropi.

Največje moči daje od vseh štirih elektrarn mHE, nato bTE, uVE in zelo majhne moči daje SFE. Ko gledamo naš zaslužek moramo nujno pogledati ali izmeriti kakšno bo letno število obratovalnih ur. Naslednji kriterij je velikost gradbenega posega, ki brutalno poveča investicijo: tu je ravno obratno kot pri lestvici moči zgoraj. S tem, da so mHE s HV izjema z majhnim posegom.

Od elektrarn so najcenejše investicijsko prav uVE in mHE s HV po moči (1 €/Wp) in ju najbolj priporočam. Posebej vetrno, ki tako kot SFE nima skoraj nič gradbenih posegov in stroškov, čeprav jih mHE s HV ima tudi zelo malo v primerjavo z današnjimi mHE. HV mHE je zaradi približno 4.000 obratovalnih letnih ur po količini proizvedene elektrike daleč najboljša (10 €/MWh). Vse se lahko postavi še na veliko mest, lokacij je še precej na voljo. Tudi življenjske dobe so precej preko 40 let za mHE s HV in uVE.

SFE imajo majhne moči, cena jim je precej padla, vzdrževanja nimajo skoraj nobenega, življenjska doba je 25 let in cena je blizu 2 €/Wp predvsem zaradi projektne birokracije, licenc in obdavčitve dela (delo projektantov in delo inštalaterjev) in 16 €/MWh, ker se ocenjuje okrog 1.000 obratovalnih ur letno, moč pa je samo na 1/6 od teh 1.000 ur maksimalna. Zelo majhne so po moči in še manjše po proizvedeni energiji. A za začetek priporočam 10 kW SFE v »net metering« shemi. V svetu je rast inštaliranih moči SFE zadnjih 15 let povprečno 10 %, po letu 2020 pa pričakujejo 50 % rast vsako leto do leta 2030.

Največ previdnosti in predračunov priporočam pri bioplinu in bTE. Profesionalna bTE z dovolj plina poganja plinski motor vseh 18 ur dnevno, 6.000 ur letno z izkoristkom 90 % (polovica je elektrike in polovica toplote). Življenjske doba je 60.000 ur (Jenbacher <https://www.clarke-energy.com/gas-engines/type-2-gas-engine/>). Težko verjamem, da dela pri enem kmetu 6.000 ur letno, ker ne dobi dovolj plina. Če pa dobiva bioplin še od drugih kmetov, verjetno lahko dela 6.000 ur. Druga previdnost je v logiki »čim manj gradnikov«. Potem je tudi čim manj okvar, vzdrževanja in birokracije. Več kot je gradnikov (fermentator, plinohram, strojnica, plinski motor, električni generator, ..) več je stroškov. Opcija je, da se pridobiva samo plin in se le tega prodaja kmetu, ki ima bTE. Predvsem pa so zelo kočljivi recepti mešanice biogoriva, saj že majhna odstopanja lahko občutno poslabšajo proizvodnjo bioplina v katerem je približno polovico vsebnosti metana. Cena investicije je 4 €/W, na proizvedeno elektriko je 42 €/MWh in visok subvencioniran odkup po 120 €/MWh. Predlagam predračune pri večih ponudnikih in obisk pri kakšnem od številnih kmetov s inštalirano bTE zaradi izkušenj.

Literatura in viri

BIZJAK, Grega, KOBAV, Matej Bernard, PRELOVŠEK, Mitja. Razsvetljava: učbenik za poglavja o razsvetljavi pri predmetih Električne inštalacije in razsvetljava, Nizkonapetostne električne inštalacije, Elektrotehnika in varnost, Svetlobna tehnika. 1. izd. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2013

Delova finančna priloga FT z glavnim poglavjem posvečenemu energetiki in obnovljivim virom, 15.9.2008, tabela specifičnih cen elektrarn shranjena kot izrezek.

Evropska borza energije s prikazom trenutne, dnevne cene psaovne energije, Power Base, <http://www.eex.com/en/>

EXORETI, slovenski prodajalec mHE podjetja Andritz ter uVE podjetja Xzeres, http://exoreti.si/oprema/obnovljivi_viri_energije/andritz_male_hidro_elektrarne/

Kon tiki, slovenski prodajalec opreme in monter SFE in urbanih VE, <http://www.kontiki-solar.si/5-soncne-elektrarne>

Kronoterm, slovenski izdelovalec toplotnih črpalk v Braslovčah, <http://www.kronoterm.com/>

Mihalič Rafael, Kako zelena je zelena energija, video TEDx Ljubljana, 17.2.2016, dostopno na naslovu: https://youtu.be/TGFq_9Mj0co,

Mihalič Rafael, Vetrne elektrarne, ni vse zlato kar se sveti, strokovni članek, 2008, dostopno na naslovu: www.volovjareber.si/.../20081205_vetrne_elektrarne_rafael_mihalic.pdf

Mihalič Rafael, Zelena energija – bližnjica k energetske odvisnosti ali slepa ulica?, strokovni članek, Elektrotehniški vestnik 78 (5), 245-256, 2011

Miljavec Damijan, Jereb Peter, univerzitetni učbenik, Električni stroji, FE Ljubljana, 2005

Oddelek za okolje na Elektroinštitutu Milan Vidmar v Ljubljani. *Kakovost zraka: trdni delci PM10 in PM2,5*. Dostopno na naslovu: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/trdni-delci>

Padec investicijskih cen SFE elektrarn, <http://greenbusinesswatch.co.uk/uk-domestic-solar-panel-costs-and-returns-2010-2014#rhiintroduction>

Pregled SFE, Evropska in svetovna statistika v SFE za leto 2015, EU Observer Barometer, PV, 2015, www.euroserv-er.org/photovoltaic-barometer-2015/

Pregled OVE, Evropska in svetovna statistika za OVE v letu 2015, EU Observer Barometer, RES, 2015, <http://www.euroserv-er.org/>

Proizvajalec vodnih turbin in hidrodinamičnega vijaka ANDRITZ, na spletu: <http://www.andritz.com/oi-atro-hydrodynamic-screws-en.pdf>

Proizvajalec vodnih turbin in hidrodinamičnega vijaka RONCELLI, na spletu: http://www.pscgroup-lb.com/administration/upl/prod_doc_63.pdf

Proizvajalec urbanih vetrnih turbin in stolpov XZERES, na spletu: <http://www.xzeres.com/wind-turbine-products/>

Proizvajalec plinskih motorjev GE Jenbacher <https://www.clarke-energy.com/gas-engines/type-2-gas-engine/>

RAVNIKAR, Ivan. Električne inštalacije: električne inštalacije zgradb skladno z družino standardov SIST HD 60364. Ljubljana: Agencija Poti, 2010

Razpet Alojz, Elektroenergetski sistemi, učbenik, 4. ponatis, 1997, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana

Rožman Robert, Proizvodnja električne energije, učbenik, Neviodunum, Krško, 2012,

SFE spletna enciklopedija, Denis Lenardič, www.pvresources.com

Uredba o samooskrbi z elektriko »net-metering« <https://www.uradni-list.si/1/content?id=124314#!Uredba-o-samooskrbi-z-elektricno-energijo-iz-obnovljivih-virov-energije>