PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE Z MIKROTURBINO

Jernej HOSNAR

POVZETEK

Raziskava temelji na proučitvi možne izrabe vodne energije z gradnjo mikroturbine za namene pridobivanja električne energije. Voda spada med obnovljiv vir, saj je njen potencial (vodni padec in pretok) možno pretvoriti v "zeleno energijo".

ABSTRACT

The survey is based on the examination of the possible use of water power by building microturbines for electricity generation purposes. Water is one of the renewable sources, wich can it be potential (water drop and flow) for convertion in "green energy".

1. UVOD

Oskrba z električno energijo je temeljna potreba sodobnega človeka. V Sloveniji imamo na razpolago dva pomembna obnovljiva vira (les in vodo). Vodni potencial rek in potokov bi bilo smiselno bolje izrabiti z izgradnjo sodobnih mikroelektrarn ter s tem pozitivno vplivati na celovito oskrbo z električno energijo.

Mikro sistemi delujejo na principu delnega odvzema količine vode iz rek ali potokov po ceveh do postrojenja z mikroturbino. Slednja poganja generator in proizvaja koristno električno energijo. Izstopna voda se vrača nazaj v strugo. Sistem dovoljuje neoviran pretok glavnemu vodnemu toku ter tako zagotavlja sprejemljiv poseg iz ekološkega vidika.

Mikro sistemi (do 50 kW) so primerni za podeželske in urbano izolirane kraje, kjer bi bila investicija z elektro-omrežjem cenovno neugodna. Na ta način se zagotovi poceni, nepretrgana in okoljsko sprejemljiva oskrba z električnim tokom. Slednji se lahko pošilja v električno omrežje, skladišči v akumulatorjih ali pa se direktno uporablja [1, 2 in 3].

2. TEORETSKE OSNOVE

Hidroenergija se pojavlja v treh oblikah. Te so: kinetična (hitrostna), tlačna ter potencialna (položajna) energija. Energijsko bilanco predstavlja *Bernoulli*-jeva enačba (1) [1, 3].

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot H = k \tag{1}$$

kjer so: p - tlak, (N/m^2),
ρ - gostota, (kg/m^3),
v - hitrost vodnega curka, (m/s),
g - gravitacijski pospešek, (m/s^2),
H - višinski potencial, (m),
k - tlačna konstanta, (N/m^2).

2.1 Izračun potencialne moči mikro-hidro turbine

Za postavitev in izgradnjo mikro-hidro elektrarne je potreben izračun potencialne moči vira izrabe (2). Na podlagi moči, P, se odločamo o morebitni izgradnji postrojenja ter izrabi hidro energije za koristne namene.

$$P = Q_V \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot (1 - \eta_{izg}) \tag{2}$$

kjer so: P - moč, (W),
Q_V - volumski pretok, (m^3/s),
H - vodni padec, (m),
g - gravitacijski pospešek, (m/s^2),
ρ - gostota vode, (kg/m^3),
η_{izg} - energijske izgube v ocevju, 1.

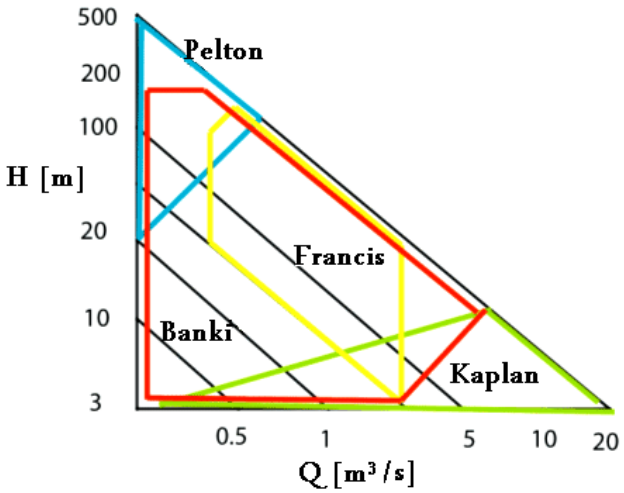
Maksimalna moč izrabe vodne energije je produkt volumskega pretoka in možnega višinskega potenciala vodnega vira. Z ustreznimi meritvami izmerimo vodni padec, H, ter povprečni letni pretok, Q_V, vira.

2.2 Vrste hidroturbin in ustrezna izbira

Pri izbiri vrste hidroturbine obstajata dve glavni skupini: impulzne in reakcijske turbine. Predstavnici impulznih sta *Peltonova* in *Turgo* turbina. Reakcijski, ki temeljita na nižjih vodnih padcih in velikih pretokih, sta propelerska turbina, ter za srednje pretoke in padce, *Francisova* turbina.

Za lažji pristop in odločanje pri izbiri ustreznega postrojenja obstaja fazni diagram v katerem je izbira turbine funkcija dveh spremenljivk (sl. 1)[1] [1, 2].

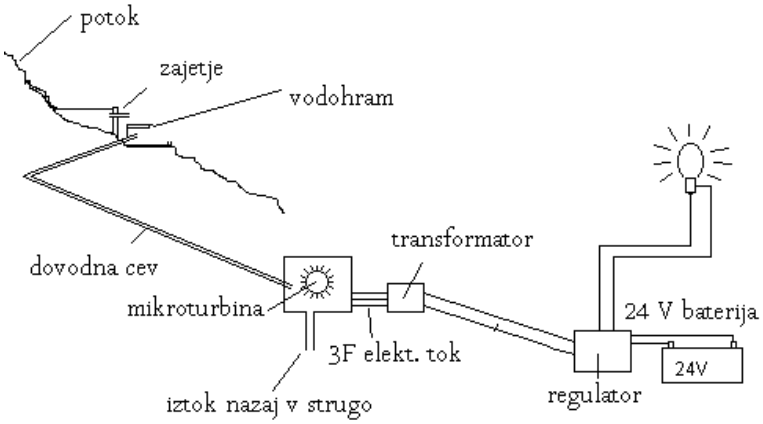
[1] http://www.energyalternatives.ca/shop/HydroCourse/images/111.gif



Sl. 1. Izbira vodne turbine glede na volumski pretok in vodni padec potencialnega vodnega vira.

2.3 Postavitev energetskega postroja

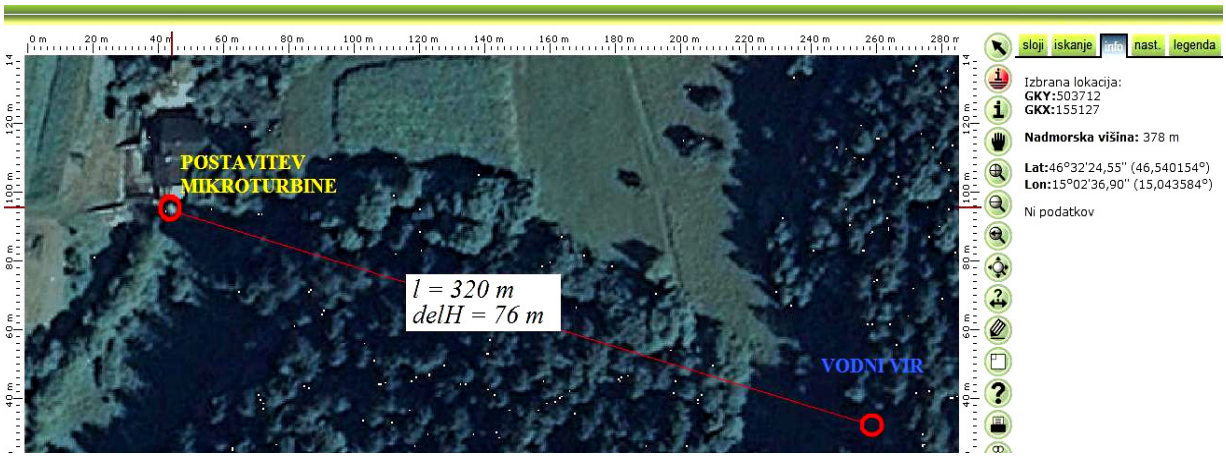
Glede postavitve energetskega postroja imamo na izbiro več različnih konstrukcij. Veliko težnjo pri tem ima vrsta izbrane turbine. Reakcijske turbine (propelerske in *Francisova*) so najpogosteje postavljene na sami rečni strugi, v njeni bližini ali na bližnjem odvzemalnem kanalu. Pri impulzih turbinah so cevi speljane po zemlji do strojnice, ki je lahko v bližini potoka ali nekoliko oddaljena (sl. 2) [2, 3 in 4].



Sl. 2. Shematski prikaz izrabe vodnega potenciala za namene pridobivanja el. energije.

3. PRAKTIČNA IZVEDBA

Do ideje za izgradnjo postroja mikro-hidro elektrarne sem prišel v domačem kraju (na Koroškem), kjer v bližini stanovanjske hiše iz strmega pobočja teče potok s povprečnim letnim pretokom 3,2 (L/s). V sušnem obdobju količina vode pade pod 1,0 (L/s), v zimskem času pa ima pretok pribl. 4,0 (L/s). Maksimalna višinska razlika med zajetjem in mikroturbino znaša 76,0 (m) (sl. 3).



Sl. 3. Zemljepisna karta nahajališča vodnega vira in postavitve energetskega postroja.

3.1 Potrebni izračuni

Za dejansko načrtovanje in dimenzioniranje je potrebno izmeriti vhodne podatke preučenega sistema (Preg. 1).

Preg. 1. Vhodni podatki, potrebni za izračune.

Fizikalna količina	*Vrednost*
Razpon volumskega pretoka, $Q_{V1,3}$ (L/s)	**1 – 3**
Nadmorska višina 1, H_1 (m)	**459**
Nadmorska višina 2, H_2 (m)	**383**
Gostota vode, ρ (kg/m^3)	**1000**
Gravitacijska konstanta, g (m/s^2)	**9,81**
Energijske izgube v ocevju, η_{izg}	**0,01**

A. IZRAČUN VODNEGA PADCA

Vodni padec je enak razliki med nadmorskima višinama vodnega zajetja in mikroturbine (3).

$$H = H_1 - H_2 = 459 - 383 = 76,0(\text{m}) \tag{3}$$

B. IZRAČUN POTENCIALNE MOČI VODNEGA VIRA

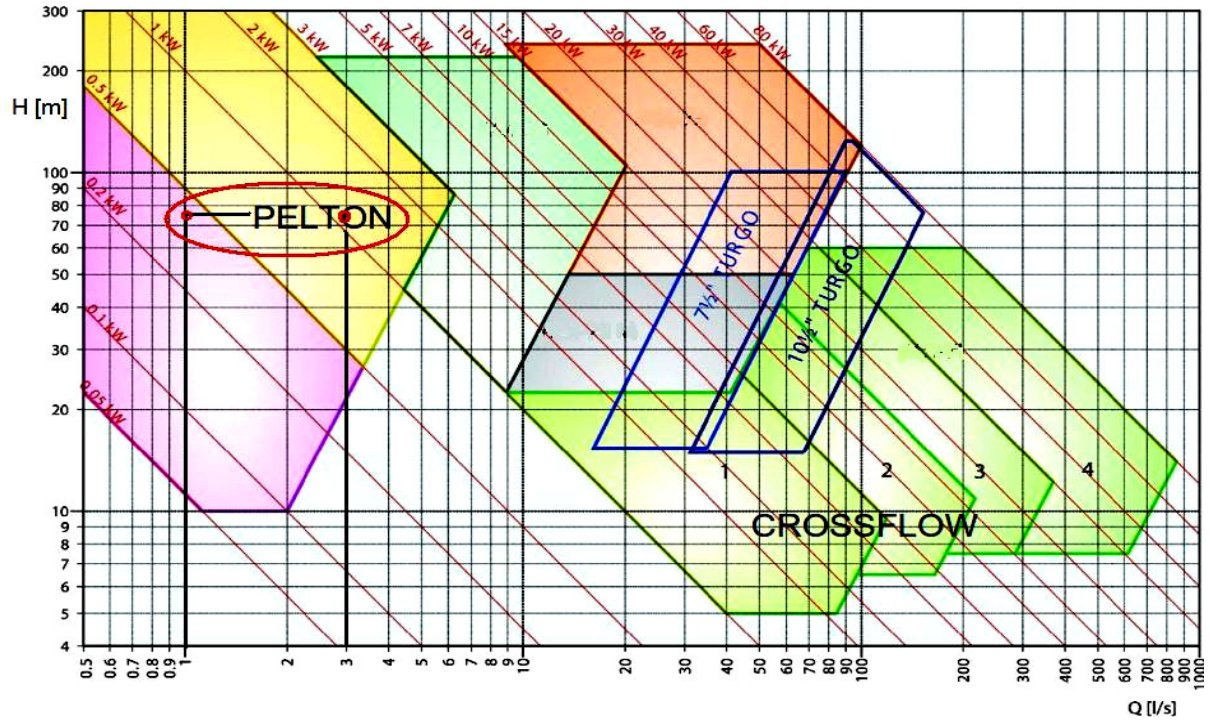
Potencialna moč vodnega vira je prikazana z izračunom (2a, 2b) za dve mejni vrednosti pretokov. Minimalni pretok 1,0 (L/s), kjer turbina še proizvaja el. energijo, ter maksimalni 3,0 (L/s).

$$P_{\min} = Q_{V1} \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot (1 - \eta_{izg}) = 0,001 \cdot 76 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,01) = 738(\text{W}) \tag{2a}$$

$$P_{\max} = Q_{V3} \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot (1 - \eta_{izg}) = 0,003 \cdot 76 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,01) = 2214(\text{W}) \tag{2b}$$

C. IZBIRA USTREZNE MIKROTURBINE

Pri problemu sem se omejil na pogoje, ki jih zagotavlja vodni vir (majhen pretok, velik višinski padec). Iz diagrama (sl. 4) sem izbral ustrezno vrsto turbine (mikro-pelton turbino) [5].



Sl. 4. Izbira vodne turbine glede na volumski pretok in vodni padec.

D. PREMER GONILNIKA TURBINE

Premer gonilnika turbine sem preračunal glede na velikost rabljenega generatorja (sinhronski elektro motor) ter njegovo frekvenco vrtenja (1480 /min). Upošteval sem, da je

maksimalna prevedena moč iz mikroturbine v proizvodnjo el. energije pri polovični hitrosti vrtenja rotorja turbine v "praznem teku". Dobil sem okvirno oceno premera gonilnika ter ga ustrezno prevedel na razpoložljivo dejansko dobavno velikost (175 (mm)) (sl. 5) [5].



Sl. 5. Rotor mikro turbine s plastičnimi lopaticami (sl. 6) in kovinskim jedrom.

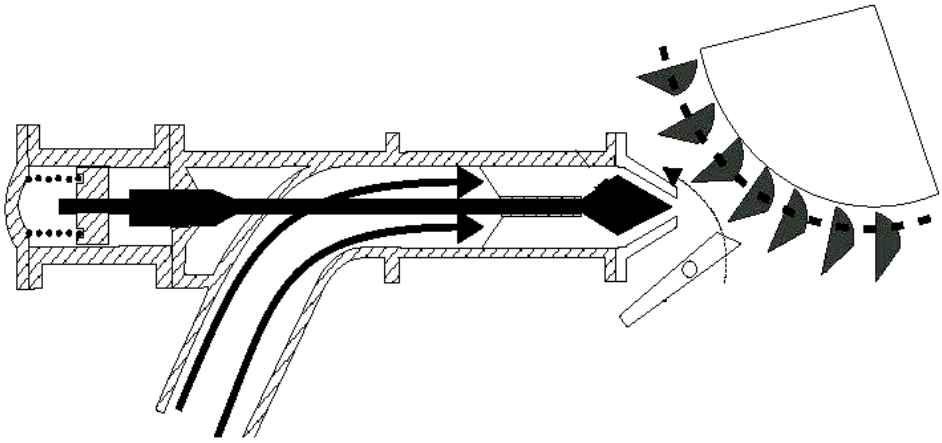


Sl. 6. Plastični lopatici.

E. DIMENZIJE DOTOČNE CEVI IN VODNE ŠOBE

Na podlagi volumskega pretoka in razpoložljive dobavne količine vode do turbine sem dimenzioniral potreben premer plastične cevi, ki zdrži tlake do 12 (Bar). Odločil sem se za izbiro "alkaten cevi" (ϕ = 1,5'').

Zaradi spremenljivega pretoka vodnega vira sem izbral vodno šobo (sl. 7)[2], ki omogoča prilagajanje na trenutne razmere vodnega vira.



Sl. 7. Nastavljiva vodna šoba.

[2] http://images.brighthub.com/A9/6/A96E8BCE31CD9B73454BCEBA3851452F3D0E603C_large.jpg

F. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Pri pretvorbi mehanske rotacijske energije, v proizvedeno električno delo, je potrebno upoštevati izkoristek turbine pri vrtenju pod vplivom vodnega curka ter izkoristek generatorja pri induciranju električne napetosti in toka v elektro omrežje (Preg. 2).

Preg. 2. Izkoristek turbine in generatorja pri proizvodnji el. energije.

Fizikalna količina	*Vrednost*
Izkoristek turbine, η_T	**0,92**
Izkoristek generatorja, η_G (sinhronski elektro motor)	**0,80**

Dejanski izračunani moči glede na navedene parametre: pretok, vodni padec, izkoristek turbine in generatorja, predstavljata enačbi 4a in 4b.

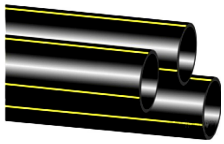
$$P_{1L/s} = Q_{V1} \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot (1 - \eta_{izg}) \cdot \eta_T \cdot \eta_G = 738 \cdot 0,80 \cdot 0,92 = 543(\mathrm{W}) \quad (4a)$$

$$P_{3L/s} = Q_{V3} \cdot H \cdot g \cdot \rho \cdot (1 - \eta_{izg}) \cdot \eta_T \cdot \eta_G = 2214 \cdot 0,80 \cdot 0,92 = 1630(\mathrm{W}) \quad (4b)$$

3.2 Fotografije lastne izvedbe mikro-hidro turbine



Sl. 8. Zajetje vode iz vodnega vira.



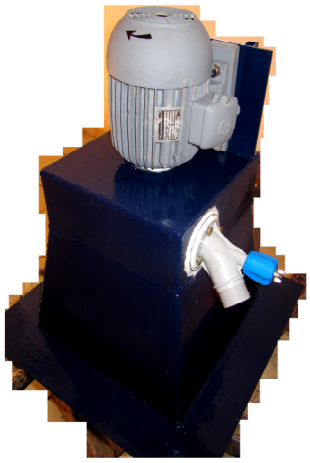
Sl. 9. Dovodna cev.



Sl. 10. Rotor in vodna šoba mikroturbine.

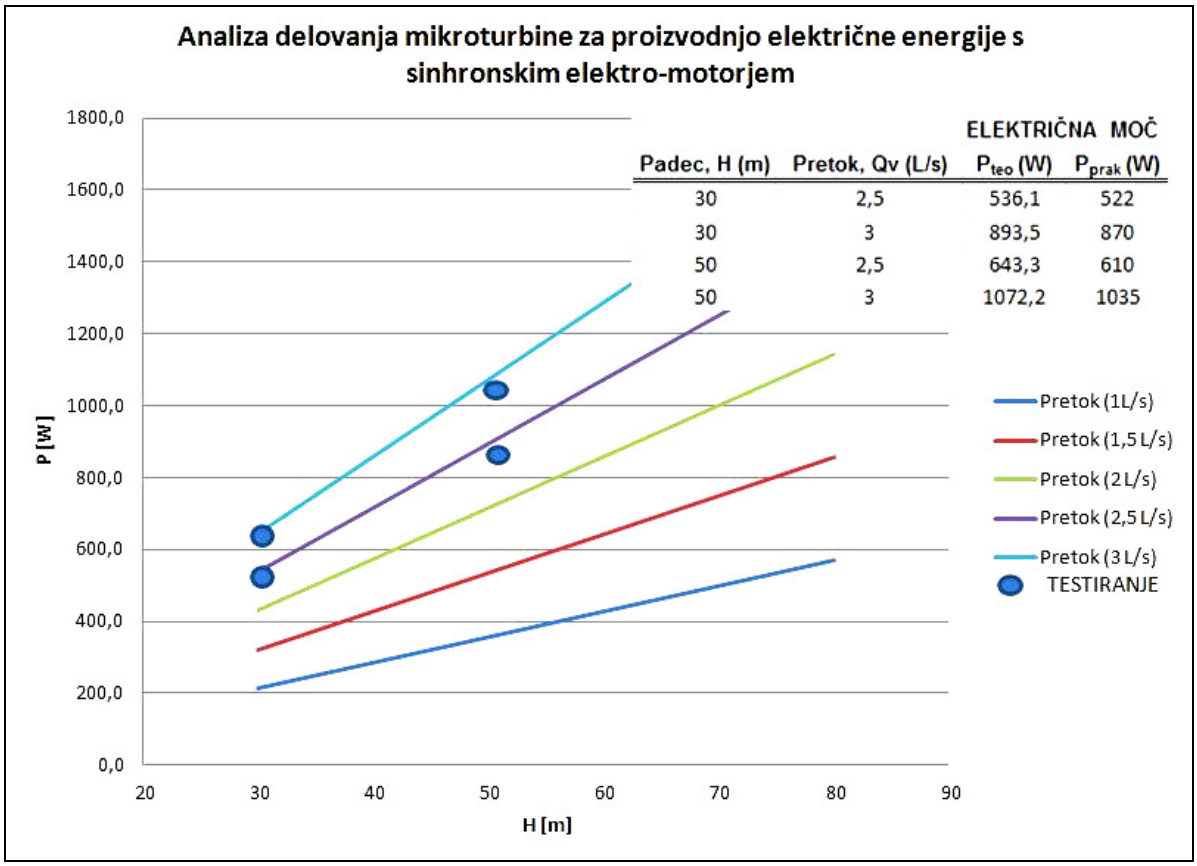


Sl. 11. Generator (sinhronski elektro motor).



Sl. 12. Mikro-peltonova turbina z vgrajenim generatorjem, rotorjem in vodno šobo.

3.3 Preverba delovanja postroja



Sl. 13. Teoretični izračun moči pri danem volumskem pretoku in vodnem padcu ter praktično izmerjena električna moč.

4. ZAKLJUČKI

Praktično izmerjene vrednosti moči mikro hidroturbine se relativno dobro ujemajo s teoretičnimi izračuni.

Slovenija ima glede na svojo geografsko lego slabo izkoriščene vodne potenciale za namene pridobivanja el. energije. Veliko oviro za majhne proizvajalce na področju samo-oskrbe predstavlja neposlušnost države. Ta se kaže z nizko odkupno ceno el. energije ter birokratsko težavnostjo pridobivanja dovoljenj za izgradnjo novih energetskih postrojev.

Iz vidika okolja in čedalje večje potrebe po energiji bo v prihodnje potrebno narediti še veliko, da bomo z majhnimi posegi v prostor reševali velike probleme gospodarstva in domovine.

5. VIRI IN LITERATURA

[1] M. Tuma, "*Energetski stroji in naprave – Teoretične osnove*," Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 1989.

[2] S. Medved, P. Novak, "*Varstvo okolja in obnovljivi viri energije*," Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2000.

[3] http://turbolab.fs.uni-mb.si/3_Pedago/gradivo/pdf/EPOS%2007-08%20CB.pdf .

[4] http://www.ecoinnovation.co.nz/p-19-pelton-turbine.aspx .

[5] http://www.microhydropower.net/basics/turbines.php#Pelton .

NASLOV AVTORJA

Jernej Hosnar, uni. dipl. inž. kem. tehnologije

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo,
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija

Elektronska pošta: jernej.hosnar@uni-mb.si