PRIMERJAVA MALE HIDROELEKTRARNE Z VGRAJENIMI MATRIČNIMI TURBINAMI Z GIBLJIVO HIDROELEKTRARNO

Klemen DEŽELAK, Jože PIHLER, Bogdan FLUHER, Gorazd ŠTUMBERGER

POVZETEK

V članku je prikazana primerjava dveh možnih rešitev izgradnje male hidroelektrarne, pri čemer je poleg tehničnega izračuna izveden še finančni izračun investicije v projekt izgradnje takšne elektrarne. Prva obravnavana rešitev je elektrarna z vgrajenimi matričnimi turbinami, medtem ko je druga rešitev izgradnja tako imenovane gibljive elektrarne. Izbira takšnih rešitev je pogojena s specifičnimi pogoji pretoka in tudi padca reke na kateri bi bila takšna elektrarna izgrajena.

ABSTRACT

In proposed paper the comparison of two possible solutions for small hydro power plant construction is dealt. In that way the technical, as well as financial parts are observed. The first proposed solution is hydro power plant with the hydro matrix turbine, whilst the second solution is construction of so called moving hydro power plant. The choice of such solutions depends on particular water flow.

1. UVOD

Voda je eden izmed najstarejših virov energije, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Je najpomembnejši obnovljivi vir energije, pri čemer je kar 21,6 % vse električne energije na svetu proizvedene z izkoriščanjem hidroenergije [1].

Hidroelektrarna je elektrarna, ki izrablja moč vodnega padca za pridobivanje električne energije. Razpoložljiva moč je odvisna od vodnega padca in pretoka vode [2]. Tako obstajajo hidroelektrarne z majhnim instaliranim pretokom (nekaj 10 m³/s), a velikim padcem (nekaj 100 m), kakor tudi elektrarne z velikim instaliranim pretokom (nekaj 1000 m³/s), a majhnim padcem [2]. Hidroelektrarne so lahko umeščene neposredno v rečni strugi ali pa v umetnem kanalu ki dovaja vodo iz rečne struge. V primerih velikih padcev in manjših pretokov je voda do elektrarne pogosto speljana po podzemnem rovu [2].

Hidroelektrarne torej izkoriščajo potencialno energijo vode, pri čemer ugodna lokacija zahteva primerno padavinsko območje, zadosten hidravlični padec, dovodni sistem za dovod vode na turbino in strojnico, v kateri je nameščena elektro in strojna oprema [3]. Voda iz

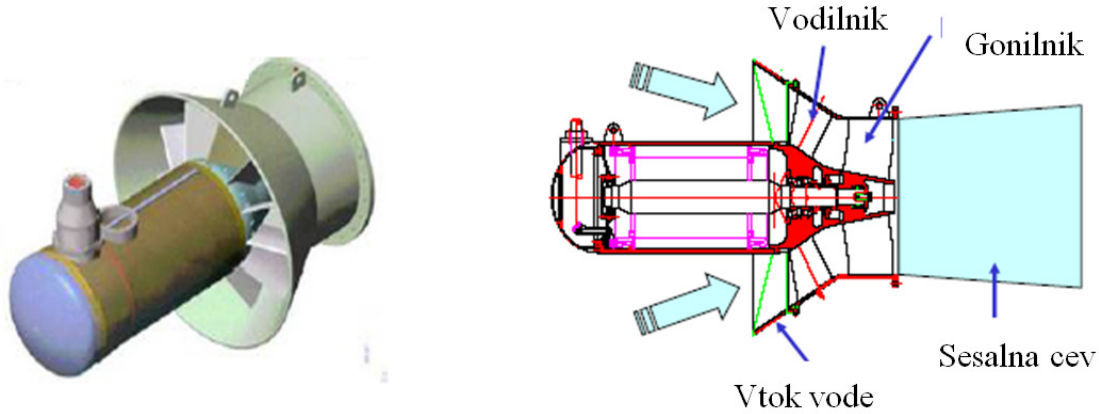
turbine se vrne v naravno strugo vodotoka. V Sloveniji hidroelektrarne delimo po nazivni moči in sicer na manjše (do 50 kW), male (od 50 kW do 1 MW), srednje (od 1 MW do 10 MW) in velike (nad 10 MW) [4].

V tem delu je izvedena primerjava med dvema možnostma izgradnje male hidroelektrarne na reki z relativno majhnim pretokom, pri čemer je pojav večjih pretokov pogost (več dni na leto). Ob tem je zajezitev, oziroma padec, minimalna. Prvo obravnavano rešitev predstavlja mala hidroelektrarna z dvema matričnima turbinama, medtem ko je druga rešitev izgradnja tako imenovane gibljive hidroelektrarne. Obe rešitvi sta primerjani tako v tehničnem kakor v finančnem smislu.

2. MALA HIDROELEKTRARNA Z VGRAJENIMI MATRIČNIMI TURBINAMI

Matrične turbine so aksialne propelerske, s fiksnimi lopaticami vodilnika in gonilnika, pri čemer je na vsaki aksialni osi poleg turbine nameščen še generator. Matrične turbine je mogoče uporabiti za padce 2 – 25 m in pretoke 5 – 12 m3/s, pri čemer so podatki navedeni na enoto. Pogoj izgradnje takšne elektrarne je minimalna potopljenost 1,5 m, pri čemer se zahteva čim ožje rečno korito ter minimalni padec 2 m [5], [6].

Elektrarna je narejena iz enega ali več matričnih enot, v katerih so vgrajene turbine skupaj z generatorji (TG-enota). Posebnost sistema je v velikem številu malih turbin namesto ene velike. Turbina je poenostavljena aksialna propelerska in deluje tako, da vodilne lopatice usmerijo vodo na fiksne lopatice gonilnika, kjer voda odda del svoje energije in odteče skozi razširjeni izhodni del, ki deluje kot difuzor. Neregulirana turbina je fiksno povezana s sinhronskim generatorjem pri čemer je vse skupaj integrirano v eni enoti (slika 1) [5], [6].



Slika 1: TG-enota Hydromatrix [5]

Vključijo in izključijo se s pomočjo hidravličnih zapornic. Na ta način se tudi regulira celotna izhodna moč naprave. Sinhronski generatorji se lahko brez težav priključijo na omrežje in ne zahtevajo kompenzacije jalove energije. Pri večjih napravah pa se za pretvorbo napetosti uporabljajo transformatorji. Turbine se dostavljajo v celoti pripravljene za

postavitev v vodni tok (slika 2) in se lahko iz različnih vzrokov (visoke vode, remonti, okvare) tudi kadar koli povlečejo iz toka [5], [6].



Slika 2: Enota sestavljena iz treh matrix turbin in generatorjev [5]

3. GIBLJIVA HIDDROELEKTRARNA

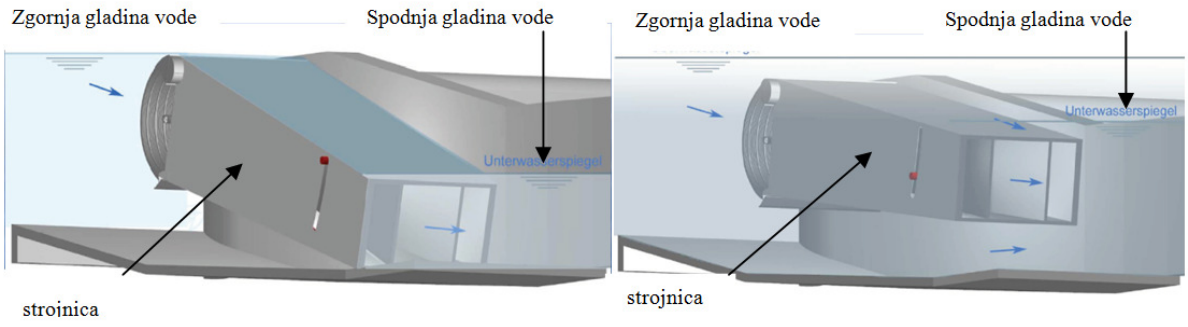
Gibljiva hidroelektrarna (HE) je zasnovana tako, da je sestavljena iz jezu – pregrade in turbinskega dela, ki je v notranjem prostoru iz betonske konstrukcije – strojnica (slika 3). V primeru velikih voda pa le-te preplavijo jez in turbinski del. V turbinskem delu je navadno locirana dvojno regulirana Kaplanova turbina, za padce 2 – 3 m in pretoke do 30 m^3/s. Gibljive hidroelektrarne so okolju prijazni tipi malih HE in so v skladu z naravovarstvenimi in ekološkimi zahtevami. Naprava je komajda opazna in akustično nemoteča [7], [8].

Hydro-energie roth GMBH načrtuje in izdeluje hidroelektrarne na ključ [7], [8]. Med 500 zgrajenimi HE so tako najbolj aktualne ravno gibljive hidroelektrarne (Bewegliche WKA [7]) (slika 3).



Slika 3: Primer elektrarne z gibljivo strojnico in zajezitvijo [7]

Naprave lahko tudi individualno načrtujemo, zaradi česar je cena neprimerno večja, kakor če bi se uporabila standardizirana naprava kot jih ponuja podjetje. V tem primeru predstavlja elektrarno ohišje v obliki cevi, v kateri je turbina in generator (slika 4). Pri dvojno regulirani Kaplanovi turbini se da regulirati pretok in kot gonilnih lopatic na turbini. Na vtoku vode v ohišje se nahajajo obokane rešetke z razmikom 15 mm med palicami, ki se pred naplavinami popolnoma avtomatsko čistijo. Strojnica je obešena v koritastem kanalu in se lahko tako dviga kakor spušča [7], [8]. Praviloma teče voda tudi pod strojnico in čez njo (slika 5). Ko se hidravlično dvigne (slika 4) lahko pod njo z vodo odteče prod, pesek in kamenje, še posebej pri večjih vodah. Na ta način se tudi regulira zgornji nivo vode. Voda, ki teče čez njo zaduši hrup, medtem ko je zaradi namestitve elektrarne pod vodo opravljeno tudi hlajenje generatorja.



Slika 4: Dvigovanje in spuščanje strojnice ob različnih vodah [7]



Slika 5: Prikaz strojnice v koritastem kanalu in pomične zapornice za čiščenje rešetk pred naplavinami [7]

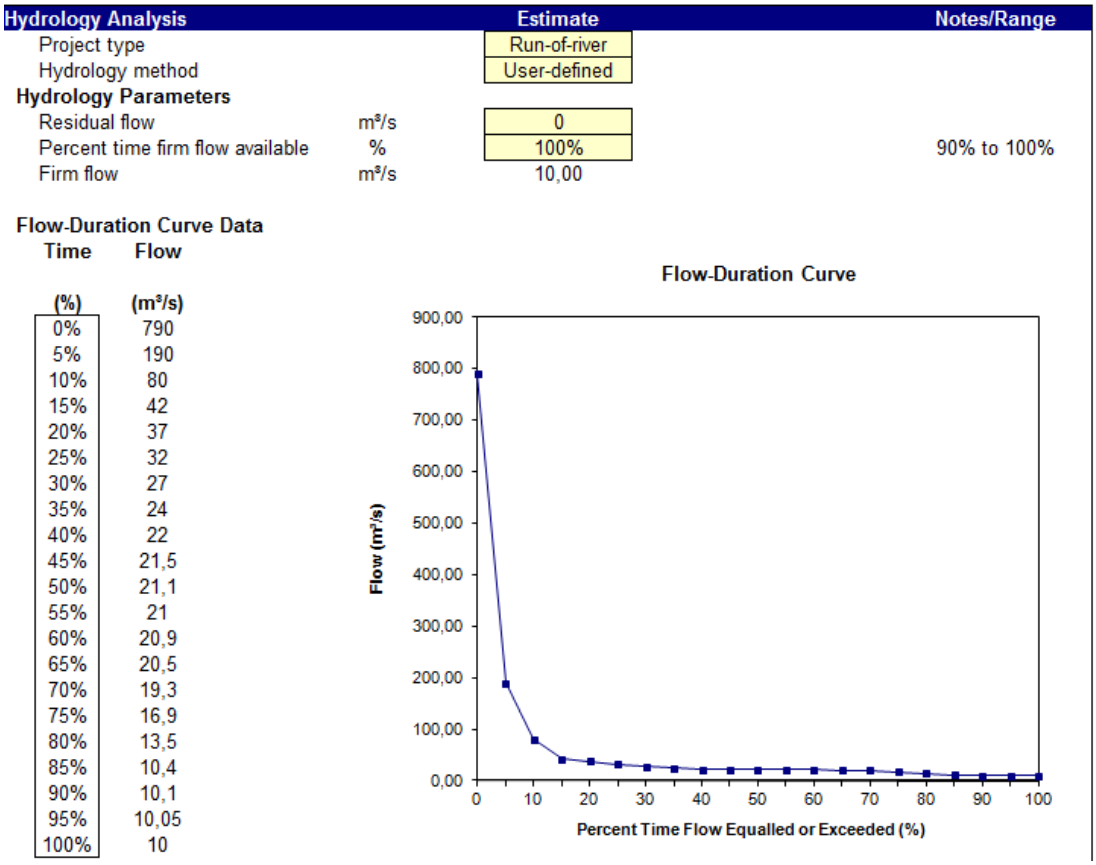
Takšna elektrarna se sestavi na suhem, kjer se lahko vse komponente naprave ustrezno optimalno nastavijo. Pri maksimalnem pretoku skozi ohišje 20 m³/s in ob padcu 3 m se lahko doseže nazivna moč tudi do 550 kW [7].

4. TEHNIČNI IN FINANČNI DEL IZRAČUNA

V tem razdelku sta tako tehnično kakor finančno ovrednoteni in primerjani obe predlagani rešitvi izgradnje male hidroelektrarne [9]. Prva predlagana rešitev je torej elektrarna z dvema matričnima turbinama, medtem, ko je v drugem primeru obravnavana gibljiva elektrarna z eno Kaplanovo turbino. Vsi izračuni, tako tehnični kakor finančni, so izvedeni s programskim paketom RetScreen, razvitim s strani RETScreen International Clean Energy Decision Support Centre v Kanadi [10]. Sam program ponuja inovativen način soočanja s problemi in odločitvami glede izgradnje male hidroelektrarne. Bistvo programa je standardna in integrirana analiza projekta, ki jo lahko uporabimo širom po svetu. Z njim je mogoče izvesti tudi ocene proizvodnje energije, ocene stroškov, ocene zmanjšanja TGP in podobno. Model je primeren tako za načrtovanje pretočnih, kot tudi akumulacijskih hidroelektrarn, vključuje pa tudi izkustvene enačbe za izračun izkoristka za širok spekter turbin. V delovni datoteki modela je sedem razpredelnic, in sicer energetski model, analiza hidrologije in izračun obremenitve, podatki o opremi, analiza vplivov toplogrednih plinov na okolje, analiza stroškov, finančni povzetek in analiza občutljivosti in tveganja [10].

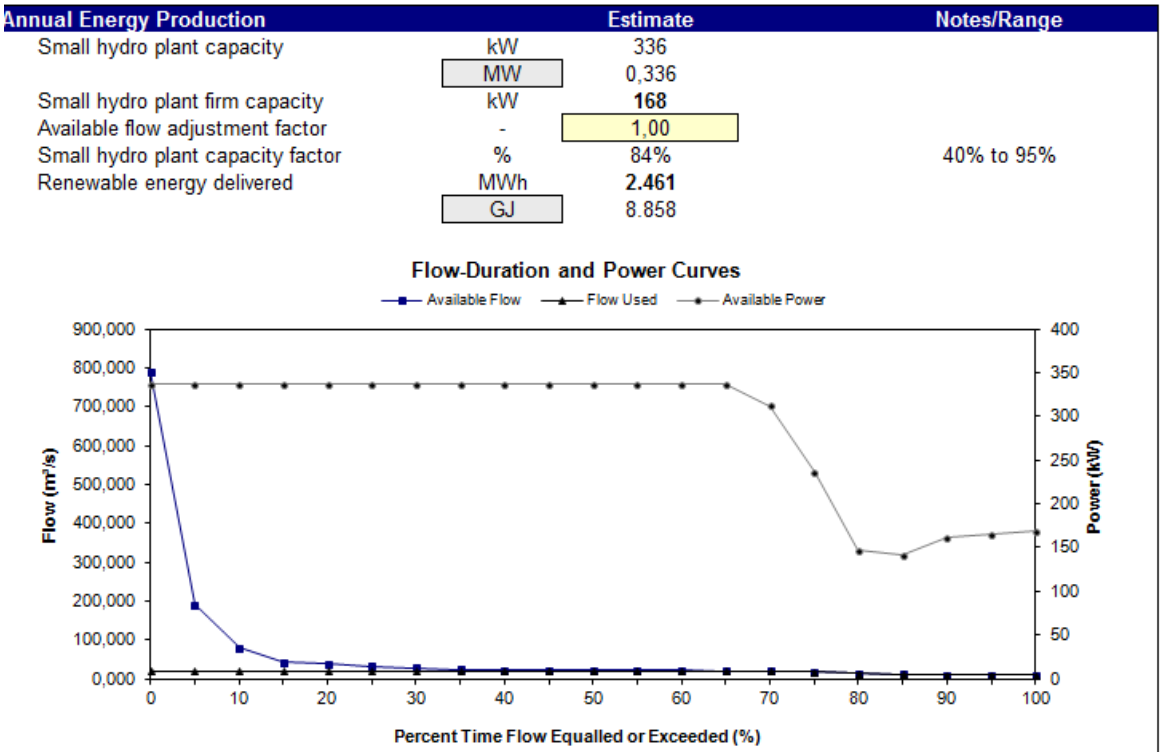
Za predlagani rešitvi bomo najprej prikazali tako imenovani tehnični del izračuna, pri čemer nas je v največji meri zanimala moč predvidene elektrarne, njena letna razpoložljivost in proizvedena električna energija na letni ravni. Izračune smo najprej opravili za primer uporabe dveh matričnih turbin, nato pa še za primer postavitve gibljive hidroelektrarne s Kaplanovo turbino. Uporabili smo urejeno krivuljo pretoka reke prikazano na sliki 6, medtem ko smo padec ovrednotili na 2 m.

Izhodne parametre tehničnega dela izračuna pri uporabi dveh matričnih turbin (instalirani pretok 20 m^3/s) kaže slika 7. Pri tem sta v izračunu uporabljeni dve matrični turbini, pri čemer skupni instalirani pretok znaša 20 m^3/s. Mišljeno je, da v primeru pretoka 10 m^3/s obratuje ena (spodnja) enota, v primeru pretoka vode 20 m^3/s pa obe enoti. Po drugi strani izhodne parametre tehničnega dela izračuna pri uporabi gibljive hidroelektrarne prikazuje slika 8.

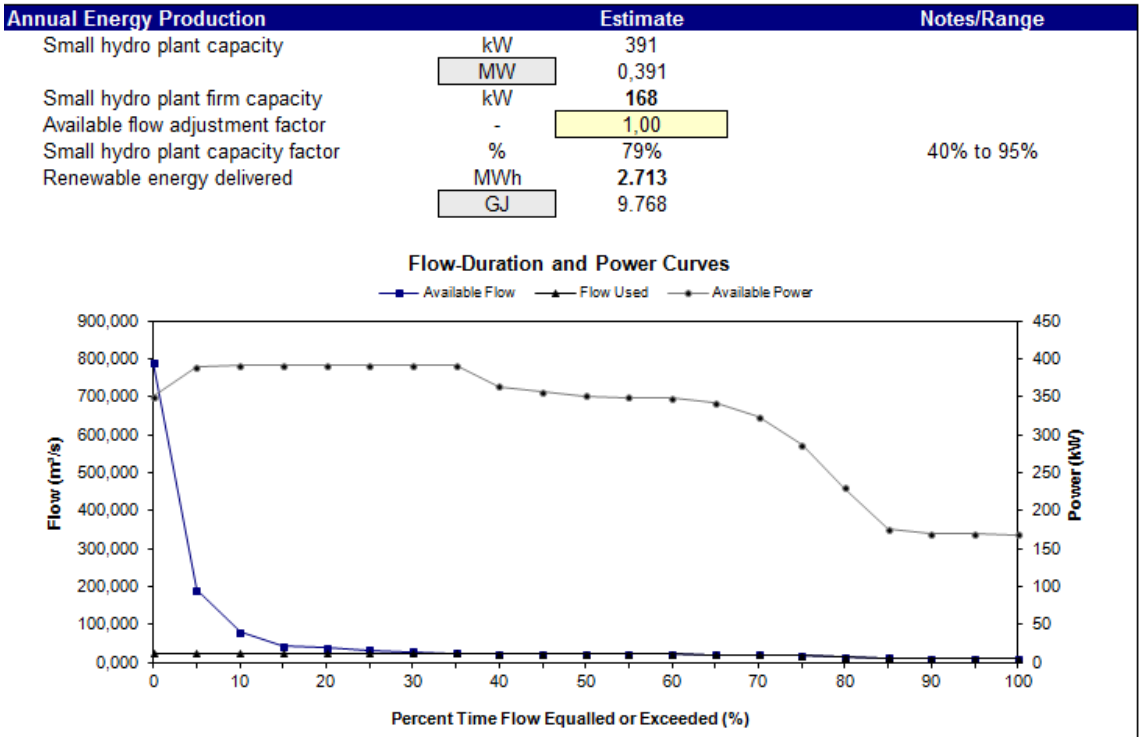


Slika 6: Hidrološka analiza obravnavane reke

Kakor kaže slika 7 znaša moč elektrarne z vgrajenimi matričnimi turbinami 336 kW, razpoložljivost 84 % letnega časa ter proizvedena energija 2461 MWh na leto. V primeru gibljive hidroelektrarne pa je razvidno (slika 8), da znaša moč elektrarne 391 kW, razpoložljivost 79 % letnega časa ter proizvedena energija 2713 MWh na leto.



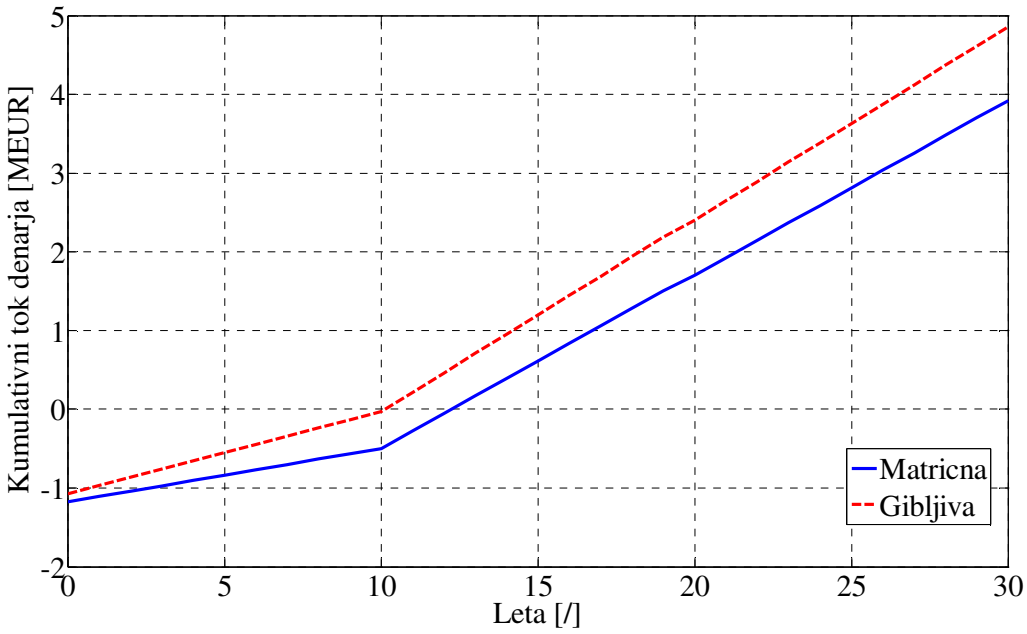
Slika 7: Izhodni parametri tehničnega dela izračuna pri uporabi dveh matričnih turbin



Slika 8: Izhodni parametri tehničnega dela izračuna za gibljivo elektrarno

V nadaljevanju smo prikazali še ekonomski del izračuna, pri čemer nas je zanimala krivulja kumulativnega denarnega toka ter doba vračanja vloženih sredstev [9]. Izračuni so opravljeni tako za uporabo dveh matričnih turbin, kakor za primer izgradnje gibljive hidroelektrarne s Kaplanovo turbino. Pri tem še povejmo, da smo znotraj izračunov upoštevali ceno za proizvedeno energijo 92,61 EUR/MWh ter 6 % diskontno stopnjo [11].

Najprej smo izračun opravili za elektrarno z matričnimi turbinami. Ob predpostavki, da stroški investicije znašajo 7000 EUR/kW [6], pri čemer 50 % sredstev investicije zagotovimo iz lastnih sredstev, doseže kumulativni tok denarja vrednost 0 EUR po času približno 12 let (slika 9). Po drugi strani so, v primeru izgradnje gibljive elektrarne, začetni stroški ovrednoteni na 5500 EUR/kW [7], [8], pri čemer podobno kot v predhodnem primeru 50 % sredstev investicije zagotovimo iz lastnih sredstev. Kumulativni tok denarja doseže vrednost 0 EUR po času približno 10 let (slika 9).



Slika 9: Primerjava kumulativnih denarnih tokov predlaganih rešitev

5. SKLEP

V članku je izvedena primerjava med dvema možnostma izgradnje male hidroelektrarne na reki z relativno majhnim pretokom. Ob tem je največja posebnost obravnavane reke pogost pojav visokih voda. Znotraj tehničnega dela izračuna smo izvedli izračune moči elektrarn, razpoložljivosti ter proizvedene energije, medtem ko smo znotraj finančnega dela izračuna določili krivulji kumulativnega denarnega toka ter dobi vračanja vloženih sredstev. Na osnovi primerjave kumulativnih denarnih tokov predlaganih rešitev je razvidno, da je ekonomsko sprejemljivejša rešitev izgradnje gibljive hidroelektrarne. Kumulativni tok denarja doseže v

tem primeru vrednost 0 EUR v 2 leti manjšem času. Pri tem je še potrebno povedati, da se uporaba matričnih turbin za vgradnjo v male hidroelektrarne največkrat odsvetuje, in sicer ravno zaradi slabih finančnih kazalcev vrednotenja investicij.

6. LITERATURA

[1] http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodna_energija
[2] http://sl.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrarna
[3] http://www.gorenjske-elektrarne.si
[4] Janko Gorečan, Mala hidroelektrarna na potoku Hudinja, diplomska naloga, UM - FERI, 2011
[5] http://hydropower.inel.gov/
[6] Podatki proizvajalca: http://www.hydromatrix.info/
[7] Podatki proizvajalca: http://www.hydroenergie.de/bewegliche-wka
[8] Podatki proizvajalca: http://www.das-bewegliche-wasserkraftwerk.de/
[9] Klemen Deželak, Katarina Dežan, Jože Pihler, Gorazd Štumberger, Investment evaluation for a small hydro power plant, Journal of Energy Technology, 4, 2011, pp. 45 - 54
[10] http://www.retscreen.net/
[11] Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije, Ur.l. RS, št. 37/2009, 2009

NASLOVI AVTORJEV

doc. dr. Klemen Deželak, univ. dipl. inž. el.
red. prof. dr. Jože Pihler, univ. dipl. inž. el.
Bogdan Fluher, dipl. inž. el.
red. prof. dr. Gorazd Štumberger, univ. dipl. inž. el.

Univerza v Mariboru, Fakulteta, za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija

Tel: + 386 2 220 71 80 Fax: + 386 2 252 54 81 ali + 386 2 220 72 72
Elektronska pošta: klemen.dezelak@uni-mb.si