

PROJEKAT MHE „Stubljanska“-FAZA HIDROTEHNIKA

PROJECT OF MINI HYDRO POWERPLANT „Stubljanska“-HYDROTECHNICAL PHASE

Predrag Lutovac, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – GRAĐEVINARSTVO - Hidrotehnika

Kratak sadržaj - U radu su prikazane hidrološke i tehničke karakteristike za objekat mHE "Stubljanska", zatim je rađen hidraulički proračun i usvojeni su svi potrebni elementi trase i objekta. Na osnovu usvojenih elemenata i tehničkih karakteristika objekta izveden je predmjer i predračun radova, koji nam je bio glavni pokazatelj za donošenje zaključa o isplativosti objekta.

Ključne riječi: minihidroelektrana, vodozahvat, cjevovod, hidraulički proračun, proticaj

Abstract - The paper presents hydrological and technical characteristics for the Mini Hydro Powerplant "Stubljanska", then a hydraulic calculation was made and all necessary elements of the pipeline and object were adopted. The Bill of quantity was derived on the basis of the adopted elements and technical characteristics of the object. The Bill of quantity was our main parameter for the conclusion about profitability of the object.

Keywords: Mini Hydro Powerplant, water catchment, pipeline, Hydraulic calculation, flow

1 UVOD

1) Uvod

Na primeru rijeke Stubljanske sa svojim pritokama razmatrane su varijante iskorišćenja vodnog potencijala, koje su inicijalno imale za cilj maksimalno energetska iskorišćenje voda u prirodnom pravcu toka, pri čemu se vodilo računa o očuvanju prirode i zaštite životne sredine.

2) Cilj izrade projekta

Prvenstveni cilj izrade rada je:

- Analizirati tehnička rješenja i troškove izgradnje ovakvih hidro-energetskih objekata, imajući u vidu sve uslove vezane za prirodnu sredinu izakonske regulative Republike Crne Gore

3) Opšti podaci

mHE "Stubljanska" je protočna elektrana koja radi po nivou bez posade, sa položenim cjevovodom pod pritiskom od vodozahvata do strojare. mHE "Stubljanska" sa instalisanim protokom od $Q_i = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ i neto padom $H_n = 241,20 \text{ m}$ daje je instalisani kapacitet turbine 841 kW (maksimalna snaga je 913 kW). Očekivana prosječna godišnja proizvodnja električne energije je $3,49 \text{ GWh}$.

2. HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE

U radu su date fizičko geografske karakteristike sliva i vodotoka, određen je srednji višegodišnji protok metodama:

- Metoda analogije-
- Metoda Langbein-a-
- Metoda predominantnih faktora (M.P.F.)-
- Metoda prof Srebrenovića

- Metoda analogije:

Jedna od metoda za približno određivanje vrijednosti prosječnih godišnjih proticaja je metoda po kojoj se traži sliv analog, za koji se već raspolaze hidrološkim podacima. Ti se hidrološki podaci i analize na osnovu njih, zatim preslikavaju na hidrološki neizučeni tj nemjeren sliv od interesa. Za približno određivanje prosječnih proticaja na hidrološki nemjerenom slivu, pomoću sliva analoga koristi se sledeći obrazac:

$$Q_n = Q_a \times \frac{F_n}{F_a} \times \frac{Z_n}{Z_a} \times \frac{P_n}{P_a}$$

gdje je:

- n - indeks koji označava sliv za koji se računa proticaj (nepoznato Q)
- a - oznaka za sliv analog (za koji se raspolaze mjernim podacima),
- Q - prosječni višegodišnji proticaj,
- F - površina sliva,
- Z - srednja nadmorska visina sliva (mm)
- P - prosječne padavine na slivu (mm).

Shodno uzetim analognim slivovima dobijeno je:

$$Q_n = Q_a \times \frac{F_n}{F_a} \times \frac{Z_n}{Z_a} \times \frac{P_n}{P_a} = 1.101 \times \frac{11.4}{55.3} \times \frac{1157}{1421.7} \times \frac{870}{1100} = 0.146 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Metoda Langbein-a-

Primena metode Langbein-a zahteva prethodno proveravanje parametara metode na osmotrenim profilima hidroloških stanica u razmatranom slivu ili šire. Za proračun vrijednosti srednjeg višegodišnjeg proticaja metoda Langbein-a koristi zavisnost

$Q_{sr} / K = f (P_{sr} / K)$ gdje je:

- Qsr - prosječni višegodišnji sloj oticanja u slivu u cm,
- Psr- prosječne višegodišnje padavine u slivu,
- K - Temperaturni faktor koji se definiše preko izraza $K = 10^{(0.027 \cdot T + 0.886)}$

T - prosječna višegodišnja temperatura vazduha u slivu u °C.

U sl. tabeli prikazan je dobijeni protok po metodi Langbein-a.

Stacija	F (km ²)	P _a (mm)	T (°C)	K	P _a /K	Q _{sr} /K	Q _{sr} (cm)	Q _{st} (cm)	η (l/s/m ²)	Q _i (m ³ /s)
Stacija mHE "Stubljanska"	11.4	87	6	11.17	7.79	2.55	28.48	48.12	35.20	0.174

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.

- Metoda predominantnih faktora (M.P.F.)-

Ovom metodom dobijamo vrijednost srednjih prosječnih voda i velike vode različitih povratnih perioda (T= 10, 20, 50 i 100 g) Po ovoj metodi velike vode se dobijaju interpolacijom a ne ekstrapolacijom opaženih veličina, što je njena glavna odlika i vrijednost. Hidrološki parametri koji su relativno konstantni po veličini i vremenu, a utiču na režim voda su:

-Prosječne godišnje padavine,

-Topografija sliva

-Pluvio topografski indeks

Dobijene vrijednosti po metodi predominantnih faktora

$$Ph = 0.273$$

$$\eta = 0.439$$

$$h_0 = 0.382$$

$$q = 12.135 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

$$Q = 0.138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_i = 2459.895 = 24.59895$$

$$h_0 = 11.862$$

Prosječna velika voda $Q_0 = 1.641 \text{ m}^3/\text{s}$

$$h_{10} = 2.070 \text{ Velika voda (T=10 g P=10\%)} Q_{10} = 3.398 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{20} = 2.534 \text{ Velika voda (T=20 g P=5\%)} Q_{20} = 4.158 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{50} = 3.029 \text{ Velika voda (T=50 g P=2\%)} Q_{50} = 4.970 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{100} = 3.474 \text{ Velikavoda (T=100 g P=1\%)} Q_{100} = 5.70 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Metoda prof Srebrenovića -

Ova formula je izvedena na osnovu Racionalne formule. Zbog dobro određenih odnosa između karakterističnih parametara od kojih zavisi oticanje velikih rijeka preporučljiva je za praktičnu primjenu. Maksimalni protoci različitih povratnih perioda definisani su izrazom:

$$Q_{MP} = 0.48x \frac{\alpha}{(k\omega)^{3/4}} x A^{0.96} x P_p x S^{1/3}$$

gdje su:

A-površina sliva u km²

$\alpha = 0.80[1 + 0.075x(\log p - \beta)]$ - koeficijent oticaja

p - povratni period

$\beta = 1-3$ koeficijent zavisin od pošumljenosti, propustljivosti tla...

$$\Psi P = [P(1+1.5 \log p)]^{1.43}$$

P-prosječne godišnje padavine (m)

S- pad sliva određen izrazom

$$S = 2\Delta H/L \text{ (m/km)}$$

ΔH - je razlika između srednje nadmorske visine sliva H_0 i kote proticajnog profila H

$$\Delta H = H_0 - H \text{ (m)}$$

L (km) - je duža stranica zamjenjujućeg pravougaonika, čija je površina jednaka površini sliva

$$L = (A(2 - K)/K)^{1/2} \text{ (km)}$$

K- koeficijent koncentrisanosti sliva

$$K = 2A / OU \text{ O (km)} - \text{obim sliva}$$

U (km) - udaljenost težišta sliva od proticajnog profila

ω - je veličina određena izrazom

$$\omega = 1 + \tau_2 / \tau_1$$

Prema izrazu dat je tabelarni proračun velikih voda po formuli prof Srebrenovića za usvojeno $\beta = 3$ i $P=0.87\text{m}$.

	T10	T20	T50	T100
α	0.68	0.70	0.72	0.74
ΨP	3.04	3.85	5.01	5.95
S	92.7	92.7	92.7	92.7
K	0.512	0.512	0.512	0.512
τ_1	5.494	4.998	4.499	4.203
τ_2	1.293	1.293	1.293	1.293
ω (sati)	1.235	1.259	1.287	1.308
Q (m ³ /s)	4.83	6.20	8.20	9.86

U kontekstu ovih vrijednosti očekovana velika voda na Stubljanskoj rijeci u profilu 890mm bi bila $Q=5.70 \text{ m}^3/\text{s}$. Takođe je urađen proračun krive trajanja metodom analogije i dobijen je srednji višegodišnji protok $Q = 0.166 \text{ m}^3/\text{s}$ i traje prosječno oko 40% ili 146dana.

3 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE ZA OBJEKAT MHE „STUBLANSKA RIJEKA“

U tehničkom izvještaju približnije je opisan vodozahvat, cjevovod i mašinska zgrada.

3.1 Vodozahvat

Usvojeno je rješenje vodozahvata sa taložnikom ili tzv. "Tirolski" zahvat. Ovaj tip vodozahvata je odabran jer se radi o planinskom vodotoku koji u toku godine ima neravnomjeran proticaj kao i produkciju velike količine krupnog vučenog nanosa

3.2 Cjevovod

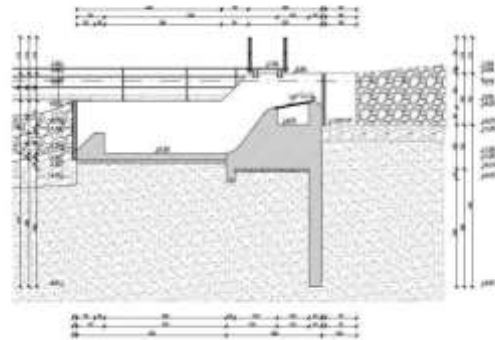
Kao dio hidrotehničkog sistema između vodozahvata i zgrade hidroelektrane na dužini od oko 2400m projektuje se cjevovod pod pritiskom. Trasa cjevovoda smještena je u trupu lokalnog puta. Usvojene su čelične cijevi u standardnim dužinama sa komadima od 12 m, 6 m. [2,3]

3.3 Mašinska zgrada

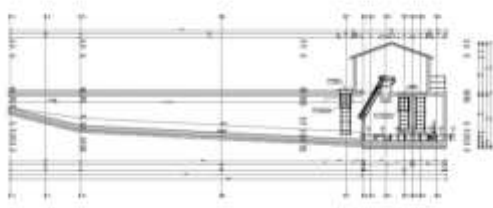
Mašinska zgrada je smještena na koti 649.00 m.n.m. što predstavlja kotu gotovog poda objekta. Mašinska zgrada je objekat u osnovi, vanjskih gabarita 9,50 x 11,00m. Zidovi su armirano betonski, debljine zida 30 cm. Temeljenje se vrši temeljnom pločom debljine 90 cm. Planirana je mašinska zgrada sa jednom etažom tj. samo sa prizemljem. Takođe se sa glavnog puta može pristupiti do glavnog transformatora i postrojenja.

4. HIDRAULIČKI PRORAČUNI

Hidrauličkim proračunom dimenzionisani su vodozahvat, taložnicu, riblju stazu, slapište, opremu i dr. [1,4]. Shodno hidrauličkim proračunom vodozahvat treba izvesti prema slici 1, a taložnicu prema sl. 2



Slika 1: Vodozahvat



Slika 2: Taložnica

Izračunate i usvojene vrijednosti karakterističnih dimenzija taložnice su:

Dužina taložnice $L_t = 19,00$ m;
 Širina komore taložnice $B = 1,25$ m;
 Dubina mrtvog prostora taložnice $h_{kr} = 0,40$ m;
 Dubina vode na prelaznom dijelu kanala $h = 0,11$ m;
 Dužina prelaznog dijela $L_{pd} = 4,75$ m
 Dužina otvora preliva $L_{pr} = 1,90$ m;
 Visina otvora preliva $h_{pr} = 0,20$ m;

Hidraulički proračun cjevovoda

Definisanjem kaptaze, mašinske zgrade i same trase cjevovoda dobijeno je da je bruto pad H_b jednak je razlici gornje i donje vode HE. Gornja voda mHE je na koti $889,37$ m.n.m, a donja voda na $648,00$ mnm. Instalirani protok na mHE je $Q_{inst} = 0,24$ m³/s, dok je ekološki protok na pregradi $Q_{ekol} = 0,02$ m³/s.

Shodno tome izveden je proračun linijskih i lokalnih gubitaka dovodnog sistema mHE "Stubljanska" gdje je dobijeno da je $dh = 22,85$ m, a bruto pad je **241,37 m**, dok neto pad iznosi: $H_n = H_b - dh = 241,37 - 22,85 = 218,52$. Kod dimenzionisanja debljine zida cjevovoda, podijeljeni su isti na tri sekcije, i ako se sagledaju podužni profili same dionice su određene prema visinama, odnosno sekcija sa PN10, PN20 i PN25.

- Sekcija C1, od 0+0,00 do 0+1258,28;
- Sekcija C2, od 0+1258,28 do 0+1914,11;
- Sekcija C3, od 0+1914,11 do 0+2385,53;

Na cjevovodima su dimenzionisani anker blokovi, i to na trasi i anker blok strojarne. [1,2,3]

5. GEODETSKI ELEMENTI TRASE I OBJEKATA

Na osnovu podloga i proračuna moraju se definisati geodetski elementi vodozahvat, mašinska zgrada i cjevovod.

6. PREDMJER I PREDRAČUN

Sagledavajući i uzimajući u obzir sve radove koje je potrebno izvesti u fazi hidrotehnike došlo se do troškova investicije prema sledećoj rekapitulaciji:

Rekapitulacija:

I Pripremni radovi	3878.30
II Zemljani radovi	135097.34
III Betonski radovi	13466.25
IV Montažni radovi	155499.00
UKUPNO BEZ PDV	304062.59
PDV 21%	63853.14
UKUPNO SA PDV	367915.73

(cijene su iskazane u eurima)

7. ZAKLJUČAK

Uzevši u obzir beneficiranu cijenu električne energije iz obnovljivih izvora od $0,13$ EURA/kWh i prosečnu godišnju proizvodnju od $3,49$ GWh godišnji prihod od prodaje energije je na nivou:

$$3,49 \times 1.000.000 \times 0,13 = 454.000,00 \text{ EURA}$$

Ovo ukazuje da se investicija može isplatiti čak za jednu godinu rada.

8. LITERATURA

- [1] Savić, Lj. M: **Uvod u hidrotehničke gradjevine**, Gradjevinski fakultet Beograd 2003,
- [2] Živko Vuković, **Osnove hidrotehnike**, Sveučilište u Zagrebu 1994,
- [3] Petar S. Petar S. Petrović, Dušan D. Radojević, **Hidrotehničke konstrukcije primeri i primene I**, Beograd 1997.
- [4] Helena Ramos, **Guideline for Design of Small Hydropower Plants**, published in 2000 through WREAN (Western Regional Energy Agency & Network) and DED (Department of Economic Development), Belfast, North Ireland.

Kratka biografija:



Predrag Lutovac rođen je u Bijelom Polju 1982. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva–hidrotehnike odbranio je 2018.god.

kontakt: predragl_82bp@yahoo.com