

Dušan Plut<sup>+</sup>, Darko Radinja<sup>++</sup>, Marcel Kompare<sup>+++</sup>

**NARAVNE IN TEHNIČNO-EKONOMSKE OSNOVE ZA MALE HE  
V ZGORNJI MEŽIŠKI DOLINI**

**I. NARAVNE OSNOVE ZA MHE**

Pri izbiranju lokacije za proizvodne celice (PC) je potrebno upoštevati, da pomeni njihovo uvajanje tudi povečano rabo električne energije. Zato je upravičena proučitev krajevnih, domačih energetskih, zlasti obnovljivih virov, ki bi jih bilo možno redno ali občasno uporabljati za proizvodnjo električne energije. Med njimi je v alpskem in vodnatem Zgornjem Pomežju danes praktično še neizkoriščena vodna moč, ki ustreza za osnovno ali dodatno energetsko oskrbo PC, pa tudi za gospodinjstva in druge manjše uporabnike.

Gre za pregledno projektno študijo o tistih pokrajinskih (geografskih) in osnovnih tehnično-ekonomskih dejavnikih, ki vplivajo na izbor lokacij za male hidroelektrarne (MHE) z močjo 15 kW (kar je spodnja meja za redno oskrbo sodobno opremljenega gospodinjstva in srednje velike PC z 2-4 delovnimi mesti), a tudi za večje, do 50 kW. Navedene so tudi osnovne pokrajinske možnosti za gradnjo MHE med 8-10 kW, ki bi okvirno krile potrebe po električni energiji posameznega gospodinjstva. Osnovni namen proučevanja je torej ocena hidroenergetskega potenciala vodnih tokov Zgornjega Pomežja za MHE z vidika uvajanja PC. Izraba teh možnosti pomeni v bistvu ohranitev oziroma posodobitev nekdanje energetske rabe (mlini, žage, hišne HE) Zg.Meže in njenih pritokov. Zaradi obmejne lege Mežiške doline pa ima gradnja MHE tudi strateško-narodnostni pomen in lahko pripomore (skupaj s PC)

---

+ Dr., univ.asis., Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza Edvarda Kardelja, 61000 Ljubljana, Aškerčeva 12

++ Dr., univ.prof., Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza Edvarda Kardelja, 61000 Ljubljana, Aškerčeva 12

+++ Univ.asis., Strojna fakulteta, Univerza Edvarda Kardelja, 61000 Ljubljana, Aškerčeva 12

k ohranjanju naseljenosti in kulturne pokrajine sploh. Zaradi naravovarstvenega vidika je namreč predvidena razširitev krajinskega parka v Topli praktično na celotno Zg. Pomežje, pa tudi zaradi smotrnosti naložb so bile proučene možnosti za MHE le na pokrajinsko-hidrološko, ekološko in ekonomsko ugodnih lokacijah, torej predvsem na mestu nekdanjih mlinov in žag. Obnova ali ekološko pretehtana gradnja jezov zaradi MHE bi bila zaradi zmanjšane erozije in prodonosnosti tudi ekološko ugodna.

V raziskavi so bile najprej osvetljene pokrajinske poteze Zgornjega Pomežja, zlasti naravnogeografske, ki so pomembne za predvideno energetsko rabo površne Meže in njenih pritokov. Zaradi prevlade neprepustnih kamenin (magmatskih, metamorfnih in drugih) je površinska vodna mreža zelo gosta. Na 126 km<sup>2</sup> ozemlja je 215 km stalnih vodnih tokov (1,7km/km<sup>2</sup>), kar je približno trikrat več od povprečne gostote v Sloveniji. To daje dobre možnosti za MHE, ki jih zaradi nivalno-gorskega, globoko razrezanega alpskega porečja dodatno stopnjuje še velika reliefna energija, zato imajo površne vode velik strmec. Hiter tok in večja moč ustrezno nadomeščata sicer manjšo vodnatost površnih tokov, kar je ugodno za MHE. Severni del Zgornjega Pomežja je sicer pretežno kraški (ob Koprivni, Topli in Helenskem pretoku), zato pa ima več podzemeljske vode. Pod Peco pa je potrebno upoštevati tudi spremembe vodnih razmer zaradi mežiških rudnikov (depresijski lijak, podzemeljske vode), zato prihaja do uhajanja površinske vode v tla in usihanja studencev (Radinja, 1984).

Zaradi zatišne in proti vzhodu pomaknjene lege je v Zg. Pomežju sicer manj padavin kot v Zahodnih Karavankah, vendar še vedno nad slovenskim povprečjem. Letna količina padavin je v povprečju okoli 1600 mm. Za MHE pa je ugodna manjša erozijska dinamika in manj hudourniške poteze voda zaradi manjših dnevnih viškov padavin (do 100 mm) in prevlade gozdnih površin.

Energetsko vrednotenje vodnih tokov za MHE sloni na izračunanih

strmih (padcih) in pretokih. Zaradi velike reliefne energije so namreč za tokove Zg. Pomežja značilni veliki strmci in nezglajeni podolžni profili. Glede na strmec so za MHE (nad 15 kW) najbolj ustrezni naslednji tokovi : Topla - 119%, Helena - 90%, Koprivna - 70%, Meža - 64%, Bistra - 64% in Javorski potok - 46% (Plut, 1984). Za hidroenergetsko vrednotenje so pomembnejši strmci na posameznih odsekih vodnega toka, kakršni so na zgornji in spodnji Topli, zgornji Meži (do sotočja s Koprivno), srednji Koprivni in zgornji Heleni. Še natančnejše analize podolžnih profilov (100 m pasovi) pa kažejo, da so razen na Javorskem potoku, spodnji Bistri in srednji ter spodnji Meži strmi odseki tudi drugod (nad 100%), kar je ugodno za gradnjo MHE.

Po podatkih HMZ smo analizirali desetletne (1971-1980) pretoke za Mežo v Topli in Črni, Javorski potok v Črni in Bistro za leto 1959 pri Pristavi. Ker so za instalirane pretoke MHE pomembni v bistvu srednji minimalni pretoki, smo po izjemno sušnem poletju in deloma jeseni 1985 (med 15. in 17. oktobrom) tudi neposredno izmerili pretoke na zgornji Meži in njenih pritokih, zlasti na lokacijah, ki so hidroenergetsko najugodnejše. S tem smo večletne statistične podatke HMZ podkrepili še s podatki nadpovprečno suhega poletja letošnjega leta (1985).

Rezultate analiz za MHE pomembnih potez pretočne dinamike vodnih tokov Zgornjega Pomežja lahko strnemo v naslednje ugotovitve:

- V povirju (povirna Meža, Koprivna, delno Topla) se v odtočnem režimu uveljavljajo značilnosti omiljenega nivalnega režima s poudarjenim primarnim viškom v aprilu in maju, z izrazitim zimskim nižkom (januar, februar) in neizrazitim sekundarnim poletnim nižkom (avgust) ter jesenskim viškom (oktober, november). (Diagram.)

V povprečju znaša razmerje med najbolj in najmanj vodnatim mesecem okoli 4 : 1, kar je potrebno upoštevati pri instaliranih pretokih za MHE. Zaradi večjega deleža podzemeljske vode (kras) je letno

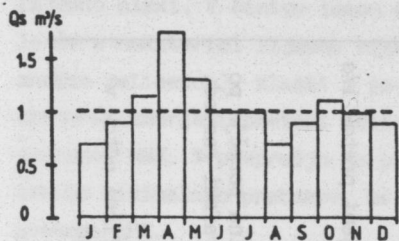
kolebanje povprečnih minimalnih pretokov sicer manj izrazito (3 : 1), vendar še vedno izdatno.

- V srednjem in spodnjem delu Zg. Pomežja pa imajo vodni tokovi poteze nivopluvialnega odtočnega režima s primarnim spomladanskim viškom (april, maj, marec) in zimskim minimumom ( januar, februar), pa tudi z izrazitejšim sekundarnim viškom jeseni (oktober, november) in poletnim nižkom (avgust, september). Vodno kolebanje srednjih mesečnih pretokov je manj izrazito (3 : 1), zato pa je z vidika MHE manj ugodno večje nihanje povprečnih minimalnih mesečnih pretokov (3,5 : 1 do 4 : 1).
- Povirno Pomežje ima zelo visoke vrednosti specifičnega odtoka, v katerem znaša povprečni letni specifični odtok 40 - 50 l/s/km<sup>2</sup>, medtem ko je ta v srednjem Pomežju okoli 30 l/s/km<sup>2</sup>. Za MHE je posebno pomembna velikost povprečnega letnega minimalnega pretoka. Ugodno je dejstvo, da le-ta znaša v povirju 12 - 15 l/s/km<sup>2</sup>, v srednjem delu okoli 10 l/s/km<sup>2</sup> in ob spodnjem toku 5 - 7 l/s/km<sup>2</sup>. Vrednosti za Toplo in Helenski potok kažejo, da je zaradi krasa nezanosljiva velikost porečja, opazen pa je tudi vpliv rudarjenja.

V oktobru (15., 16. in 17.) 1985 so bili po izjemno sušnem poletju in prav tako sušnem začetku jeseni izmerjeni pretoki v različnih delih Zgornjega Pomežja (tabela 1).

# ODTOČNI VODNI REŽIMI V ZGORNJEM POMEŽJU

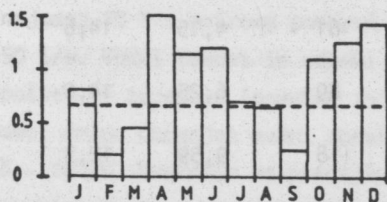
JAVORSKI POTOK - ČRNA  
1971-1980



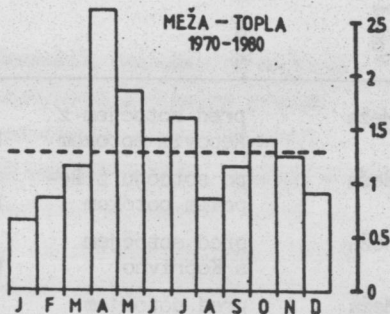
JAZBINSKI POTOK - ŽERJAV  
1971-1980



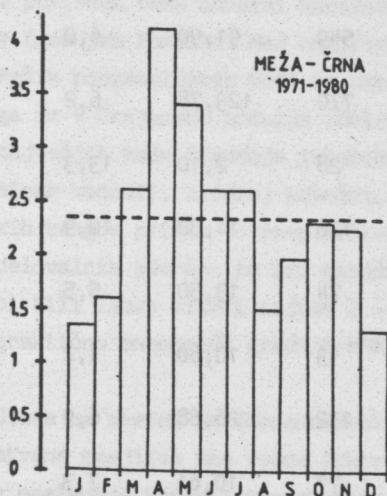
BISTRA - PRISTAVA  
1959



MEŽA - TOPLA  
1970-1980



MEŽA - ČRNA  
1971-1980



Raziskovalna naloga:

GEOGRAFSKO PROUČEVANJE PRIMERNOSTI  
ORGANIZIRANJA PROIZVODNIH CELIC NA KOROŠKEM

Vsebina: DARKO RADINJA

Risal: ZMAGO DROLE

LJUBLJANA, OKTOBER 1985

Vir: HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD

Tabela 1: PRETOKI V ZG. POMEŽJU OB IZJEMNO NIZKEM POLETNEM VODNEM STANJU (15. - 17.10.1985)

| Vodni tok   | Kraj meritve                    | Datum meritve | Izmerjeni pretok l/s | Površina porečja po topografski razvod. km <sup>2</sup> | Specifični odtok v l/s/km <sup>2</sup> |
|-------------|---------------------------------|---------------|----------------------|---|--|
| Meža        | pred sotočjem z Repovim potokom | 15.10.85      | 61                   | 4,15  | 14,6                                   |
| Meža        | po sotočju z Repovim potokom    | 15.10.85      | 89                   | 6,25  | 14,2                                   |
| Meža        | pred sotočjem s Koprivno        | 15.10.85      | 118                  | 9,59  | 12,3                                   |
| Meža        | pred sotočjem s Toplo           | 15.10.85      | 326                  | 33,27   | 9,8                                    |
| Meža        | po sotočju z Bistro             | 15.10.85      | 549                  | 91,90   | 6,0                                    |
| Meža        | po sotočju z Javorskim potokom  | 17.10.85      | 770                  | 123,78  | 6,2                                    |
| Repov potok | pred izlivom v Mežo             | 15.10.85      | 28                   | 2,10  | 13,3                                   |
| Koprivna    | pred izlivom v Mežo             | 15.10.85      | 126                  | 11,58   | 10,9                                   |
| Topla       | pred izlivom v Mežo             | 15.10.85      | 74                   | 13,50   | 5,5                                    |
| Helena      | pred izlivom v Mežo             | 16.10.85      | 13                   | 10,60   | 1,2                                    |
| Bistra      | pred izlivom v Mežo             | 16.10.85      | 132                  | 26,68   | 6,9                                    |
| Kramarica   | pred izlivom v Javorski potok   | 17.10.85      | 77                   | 10,61   | 7,3                                    |
| Javorski p. | pred izlivom v Mežo             | 17.10.85      | 221                  | 31,88   | 6,9                                    |

Primerjave med izmerjenimi pretočnimi vrednostmi v oktobru 1985 in podatki za povprečne minimalne pretoke za vodomerne postaje v Zgornjem Pomežju (1971-1980) kažejo, da so bili v oktobru 1985 pretoki izjemno nizki. V bistvu imamo opravka s pretoki, ki so primerljivi le še z nekaterimi izjemno nizkimi zimskimi minimumi (posledica snežne retinence), zlasti v povirnem Pomežju. Zato so v letošnjem oktobru izmerjeni pretoki solidna osnova za določanje instaliranih pretokov MHE. V povprečju so približno dvakrat nižji od povprečnih letnim minimalnih pretokov, ki so okvirna vrednost za instalirane pretoke MHE.

Zaradi potreb PC (najmanj 15 kW) in ekonomskih razlogov so najbolj primerni tisti vodni tokovi, ki imajo absolutni minimalni pretok najmanj 25 l/s oziroma povprečni letni minimalni pretok najmanj 50 l/s. Vodni tokovi in odseki, ki imajo manjši pretok, pridejo v poštev le izjemoma (poseben interes investitorja, izjemno velik padec, delno ohranjen vodni obrat ali jez) in pri gradnji MHE z močjo 8 - 10 kW. Vsekakor so precejšnja kolebanja vodnega odtoka vseh voda preko leta in razmeroma skromni povprečni srednji minimalni pretoki v povirnem toku osnovni naravogeografski omejitveni dejavnik za MHE v Zgornjem Pomežju. Med omejitvene dejavnike sodi tudi spremenjen režim podzemeljskih voda in ustvarjanje depresijskega vijaka, ki sega še v Črnjansko podolje (Helenski potok, Topla). Spodnji tokovi največjih voda (srednja in spodnja Meža, Bistra, Javorski potok) so sicer vodnati, a dokaj položni, zato bi zaradi širših dolin in nizkih bregov prišlo do preplavitve poti, stavb in sicer skromnih obdelovalnih površin že pri manjših vodnih akumulacijah za MHE. Jezovi bi bili lahko visoki največ 2 - 3 m, kar z delno izjemo spodnje Meže praktično onemogoča gradnjo MHE z močjo nad 15 kW.

Glede na pretok in ekonomsko-tehnične ter pokrajinske in naravovarstvene omejitve smo vodne tokove Zg. Pomežja z vidika MHE razvrstili v naslednje prioritete skupine:

- skupina: zg. Meža, sr. Koprivna, sp. Repov potok,  
 skupina: sp. Koprivna, sp. Topla (pogojno),  
 skupina: sr. in sp. Meža, zg. Koprivna, sr. Topla (pogojno),  
 skupina: sr. Kramarica, Javorski potok (sp. in sr. del),  
 Bistra, zg. Topla (pogojno).

Prvi dve skupini smo uvrstili tokove, kjer bi bila ob strogem upoštevanju naravovarstvenih meril (krajinski park) možna gradnja MHE med 5 in 10 kW. Pri vseh lokacijah bi bili zgrajeni le nizki jezovi (največ 2 m) in praktično ne bi nastale vodne akumulacije. V tretjo skupino smo poleg zg. Koprivne uvrstili še spodnjo in srednjo Mežo, kjer zaradi nizkih bregov ekonomsko upravičena le gradnja MHE z močjo do 10 kW. V četrto skupino smo uvrstili tokove, kjer so možne MHE, ki presega moči 10 kW. Poleg tega so v Zg. Pomežju še številni manjši vodni tokovi, kjer je možno zgraditi manjše hišne MHE z močjo okoli 5-8 kW.

Na povirnem Pomežju so za energetske izrabo najustreznejši sicer nekoliko manjši vodnati, a zato bolj strmi tokovi. Ugodno je, da zaradi večje stabilnosti kamnin in višje zgornje gozdne meje okrepljeni procesi mehničnega preperevanja ne segajo v večje višine, kar bi prispevalo k povečanemu hudournišskemu delovanju in okrepljeni prodonosnosti površinskih voda. Gradnja MHE v odmaknjenih, odročnih povirnih delih Zg. Pomežja bi ob uvajanju PC in drugih ukrepov lahko preprečila propad kulturne pokrajine in obdržala poselitev v obliki samotnih kmetij.

Zgornjem Pomežju je že zgodaj prišlo do uporabe tekočih voda za pomlino in žag in zelo zgodaj tudi do preprostega pridobivanja električne energije. Izkušnje doma in po svetu kažejo (Radinja, 1984, Plut-Kompore, 1985), da je potrebno pri iskanju možnih lokacij za MHE skrbno preučiti lokacije in način rabe vodne energije vodnih obratov in vodnih HE, ki so značilnost Zg. Pomežja. V preteklosti je obratovalo preko različnih obdobij preko šestdeset vodnih mlinov, vendar večina mlina niso obratovali (Radinja, 1984). Za presojo z vidika MHE



je pomembno, da instalirani pretoki vodnih mlinov niso ustrezno merilo vodnatosti. Zbrani terenski podatki kažejo, da gre za manjše kmečke mline, usmerjene v samooskrbo, kot eno od značilnosti splošne avtarkije samotnih gorskih kmetij. Ker so na lokacijo mlinov vplivali tudi družbenogeografski vzroki (lastništvo, bližina samotne kmetije), nam lokacije redkih še ohranjenih ali propadlih mlinov (razen izjemoma) ne kažejo hidroenergetsko najbolj ugodnih lokacij. Z vidika MHE je pomembnejša lokacija vodnih žag, saj so razen hišnih nastale tudi večje obrtne, rudniške in celo industrijske ob hidrološko ugodnejših lokacijah. Z obnovo ali manj zahtevno posodobitvijo bi lahko bolj ohranjene in večje žage spremenili v MHE z močjo 8-12 kW.

Ob Zg. Meži je prišlo zelo zgodaj tudi do množične uporabe tekočih voda za pridobivanje električne energije, saj so nastajale rudniške in ob njih hišne elektrarne. Najstarejša rudniška HE je v Zg. Pomežju HE Topla, ki je bila zgrajena že leta 1901 z močjo 320 kW in je med vojno prenehala obratovati. Ostale MHE so hišne, z močjo 5 - 8 kW, ki so zadostovale za samooskrbo samotnih kmetij.

Zaradi skromne moči pa brez temeljite rekonstrukcije ne zadostujejo za proizvodnjo PC. Največ hišnih, miniaturnih HE je bilo ob Topli (5), Javorskem potoku (1), Kramarici (1), Meži (1) in Koprivni (1), vendar so po sicer pozni elektrifikaciji skoraj vse propadle. V zadnjem času se pojavljajo posamični primeri obnove ali novogradnje hišnih HE (Javorski potok), vendar gre za MHE z močjo 7-10 kW. Hišne elektrarne so bile torej proizvodno zelo šibke in so zato zadoščale za nemehanizirane kmetije.

Vodni tokovi Zg. Pomežja so po drugi svetovni vojni postopoma izgubljali energetske funkcije. Tradicionalne oblike vodne izrabe (mlini, žage) so praktično v celoti propadle, propadle so tudi hišne elektrarne, čeprav zaradi zapoznele elektrifikacije nekoliko kasneje (po letu 1960). Na splošno se sodobne MHE sicer lahko s pridom oprejo na

še živo tradicijo mlinov, žag in malih kmečkih elektrarn, čeprav je (razen izjem) potrebno za nekoliko večje MHE (nad 10 kW) izbrati po večini nove lokacije, saj so pri tradicionalnih vodnih obratih v veliki meri odločali družbenogeografski vzroki. Obstoječe lokacije nekaterih vodnih obratov na hidrološko ugodnejših lokacijah pa bi lahko uporabili za MHE manjše moči (10 kW).

Na vodnih tokovih prve prioritete skupine (zg. meža, sr. Koprivna, sp. Repov potok) in tudi druge (sp. Koprivna, s. Topla - pogojno zaradi rudarjenja) so glede na pokrajinske, hidrološke in tehnično-ekonomske vidike za MHE z močjo 15-50 kW najbolj ustrezne naslednje lokacije:

#### Lokacija 1

Povirna Meža (nad karavlo)

$Q_i = 0,13 \text{ m}^3/\text{sek}$                        $H_n = 75 \text{ m}$  (padeč 118,5%)       $P_i = 61 \text{ kW}$

Pri navedeni lokaciji so neugodni izraziti zimski pretočni minimumi, kar zmanjšuje količine proizvedene energije v zimskem času. Nad predlagano lokacijo je sicer (ob neugodnih zimskih razmerah) možna postavitev MHE na nadmorski višini 1230 m (višina jezua) moči 49 kW (padeč - 260%). Razen zimskih razmer pa je pri navedeni lokaciji neugodna tudi večja oddaljenost možnih porabnikov.

#### Lokacija 2

Repov potok - pred sotočjem z Mežo (Koprivna 37)

$Q_i = 0,055 \text{ m}^3/\text{sek}$                        $H_n = 51 \text{ m}$  (padeč 179%)       $P_i = 17,5 \text{ kW}$

Hidrološko je možna tudi gradnja MHE na istem mestu, vendar z večjim  $H_n$ , v obeh primerih pa so neugodne zimske razmere, pa tudi sicer je zaradi majhnosti porečja izrazito kolebanje pretokov. Zlasti na tej lokaciji bi bilo potrebno temeljiteje proučiti pretočne razmere preko celega leta (majhno porečje v višjem svetu, z izrazito snežno retinenco).

Lokacija 3

Zgornja Meža - domačija Majdič (Pečnik, Koprivna 41)

$Q_i = 0,2 \text{ m}^3/\text{sek}$

$H_n = 18 - 26 \text{ m}$

$P_i = 23 - 33 \text{ kW}$

Z vidika organizacije proizvodnih celic je lokacija 3 najbolj ugodna, saj je lahko MHE v neposredni bližini PC. V primerjavi sosednjimi lokacijami je ugodnejša večja stalnost in manjše kolebanje pretokov.  $Q_i$  zagotavlja ob normalno namočenem letu maksimalni izkoristek v obdobju 9 - 10 mesecev, v ostalih pa je izkoristek najmanj polovičen ( $Q_i = 100 \text{ l}/\text{sek}$ ). Zaradi nihanj električne napetosti iz javnega omrežja je izgradnja MHE pri organizaciji PC na navedeni lokaciji toliko bolj upravičena in potrebna. Pomembnost predlagane lokacije podčrtuje tudi dejstvo, da je bil v preteklosti 20 m nad predlagano lokacijo hišni mlin.

Lokacija 4

Srednja Koprivna - pod Zdovčevim mlinom ali pri Gabršku

$Q_i = 0,2 \text{ m}^3/\text{sek}$

$H_n = 20 \text{ } 25 \text{ m}$

$P_i = 25 - 31 \text{ kW}$

Na povirni Koprivni (pri karavli Kumer oziroma samotni kmetiji Jekel) je možna še gradnja MHE moči 8 - 12 kW (neugodna je nizka zimska voda).

Lokacija 5

Spodnja Koprivna - Livold (pred izlivom v Mežo)

$Q_i = 0,250 \text{ m}^3/\text{sek}$

$H_n = 10 \text{ m}$

$P_i = 16 \text{ kW}$

Pri navedeni lokaciji gre za posodobitev hišne hE, ki je izkoriščala le del hidroenergetskega potenciala. Možna je tudi postavitve MHE okoli 500 m nad izlivom v Mežo, kjer je struga Koprivne bolj strma ( $H_n = 20 \text{ m}$ ) in bi imela MHE moč okoli 30 kW.

V II. skupino smo pogojno uvrstili spodnjo Toplo (krajinski park), saj je možnost gradnje MHE na Topli v tesni zvezi z rudarjenjem, ki občutno vpliva tudi na pretoke. Možna je gradnja oziroma delna obnova rudniške mHE na spodnji Topli, na srednji Topli pa je najbolj ugodna lokacija za MHE pri Burjaku ( v strmem odseku pod obstoječim mlinom) z močjo okoli 12 kW (QI = 130 l/sek, Hn = 15 m).

Tudi na ostalih vodnih tokovih tretje in četrte prioritete skupine je možna gradnja manjših, hišnih HE (8 - 14 kW), zlasti na mestu obstoječih vodnih obratov. Z izjemo lokacije 5 (Livold) gre pri vseh predlaganih MHE večje moči (15 - 60 kW) za novogradnje. Pri starih vodnih obratih so bili pri lokaciji bistveni družbenogeografski in ne le hidrološki vzroki. Z vidika proizvodnih celic je od predlaganih lokacij najbolj pomembna lokacija 3 (zg. Meža), ki je tudi sicer zelo ugodna za MHE, ne nazadnje tudi z vidika SLO.

## II. TEHNOLOŠKO-EKONOMSKI VIDIKI LOKACIJ MHE

### 1. Hidrološki parametri, instalirana moč, minimalna moč, tip turbin MHE

Tehniško-ekonomski vidiki obravnave predlaganih lokacij MHE temeljijo zaradi preliminarosti značaja raziskave na orientacijski sistemski analizi. Obravnavane veličine so prikazane v tabeli 2.

Tabela 2: HIDROLOŠKI PARAMETRI; INSTALIRANA MOČ, MINIMALNA MOČ, TIP TURBINE

| Lokacija | Instalirani pretok     | Neto padec | Instalirana moč | Minimalna moč         | Tip turbine |
|----------|------------------------|------------|-----------------|-----------------------|-------------|
|          | Qi (m <sup>3</sup> /s) | Hn (m)     | Pi (kW)         | P <sub>min</sub> (kW) |             |
| 1        | 0,130                  | 75         | 76,6            | 33,8                  | PT/BT       |
| 2        | 0,055                  | 51         | 19,7            | 9,8                   | PT/BT       |
| 3        | 0,200                  | 24         | 33,8            | 16,9                  | FTH/BT      |
| 4        | 0,200                  | 23         | 32,5            | 16,3                  | FTH/BT      |
| 5        | 0,250                  | 11         | 19,5            | 9,8                   | FTH/BT      |

V koloni TIP TURBINE zgornje tabele so označbe:

- PT.... Peltonova turbina
- FTH .. Francisova turbina s horizontalno gredjo
- BT... Bankijeva turbina

## 2. Okvirne tehniške specifikacije predlaganih MHE

Prva faza okvirnih tehniških specifikacij predlaganih MHE je definiranje alternativnih tipov vodnih turbin v tabeli 3.

V koloni GABARIT TURBINE v tabeli 3 pomenijo:

- za PT: A=D: premer gonilnika (v mm)  
B=Zš: število šob (-)  
C=d: premer šobe v (mm)
- za FTH: A=D: vstopni premer gonilnika v (mm)  
B=D<sub>2</sub>: izstopni premer gonilnika v (mm)  
C=Bo: vstopna višina medlopaticnega kanala v (mm)
- za BT: A=D: značilni premer gonilnika v (mm)  
B=b: širina šobe v (mm)  
C=l dolžina šobe v (mm).

Gabariti gonilnika turbin so orientacijsko definirani na osnovi tipiziranih turbin MHE Inštituta za turbinske stroje v Ljubljani in Litostroja z upoštevanjem možne grupacije tipa turbin na posameznih lokacijah, kar je razvidno iz kolone GABARIT TURBINE v tabeli 3.

Tabela 3: PREGLEDNI OPIS PRELIMINARNO PREDLAGANIH TURBIN

| Lokacija | Varianta                      | Št. agregatov v MHE | Tip turbine | Značilne vel. turbine |       |          | Gabarit. turbine       |         |         |       |  |
|----------|-------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|-------|----------|------------------------|---------|---------|-------|--|
|          |                               |                     |             | Q (m <sup>3</sup> /s) | H (m) | PIT (kW) | r (min <sup>-1</sup> ) | A       | B       | C     |  |
| 1        | 1.1                           | 1                   | PT          | 0,130                 | 75    | 75       | 750                    | 575     | 2       | 60    |  |
|          | 1.2                           | 1                   | PT          | 0,130                 | 75    | 80       | 1000                   | -       | 4       | -     |  |
|          | 1.3                           | 4                   | BT          | 0,0325                | 75    | 17,5     | 1100                   | 307     | 31      | 37    |  |
| 2.       | 2.1                           | 1                   | PT          | 0,055                 | 51    | 23       | 750                    | 575     | 1       | 60    |  |
|          | 2.2                           | 1                   | BT          | 0,044                 | 51    | 20       | 920                    | 307     | 31      | 56    |  |
| 3.       | 3.1                           | 1                   | FTH         | 0,200                 | 24    | 40       | 750                    | 415     | 314     | 64    |  |
|          | 3.2                           | 1                   | FTH         | 0,200                 | 24    | 42       | 1000                   | -       | 225     | -     |  |
|          | 3.3                           | 2                   | BT          | 0,100                 | 24    | 17       | 630                    | 307     | 31      | 200   |  |
| 4.       | 4.1=3.1<br>4.2=3.2<br>4.3=3.3 |                     |             | IDENTIČNO LOKACIJI 3  |       |          |                        |         |         |       |  |
| 5.       | 5.1                           | 1                   | FTH         | 0,250                 | 11    | 22       | 750/1000               | 320/260 | 320/340 | 63/95 |  |
|          | 5.2                           | 1                   | FTH         | 0,250                 | 11    | 23       | 500/750                | -       | 513     | -     |  |
|          | 5.3                           | 1                   | BT          | 0,250                 | 11    | 19       | 280                    | 460     | 46      | 479   |  |

Pri oblikovanju dovodnih sistemov bi kazalo oblikovati dnevne akumulacije pred zaježitvijo (ta trditev sledi iz primerjave  $P_{min}$  v tabeli 2 s povprečno ocenjeno dejansko odvzeto močjo za oskrbo elementov na PC - eno gospodinjstvo z enim proizvodnim obratom -  $P_{pev}$  od = 20...25 kW), kar je zelo aktualno na lokacijah 2 in 5, medtem ko sta lokaciji 3 in 4 tudi pri minimalni moči v energetskega smislu skoraj dovolj intenzivni. Z energetskega gledišča je najugodnejša lokacija 1. Dovodni sistem, strojnica in odvodni sistemi morebitnih MHE na predlaganih lokacijah naj bodo kar najbolj usklajeni z okoljem (naravovarstveni vidik in vidik SLO).

Na regulacijsko in električno opremo bo bistveno vplival značaj dela MHE. Zaradi enostavnosti in cenenosti regulacijskega in električnega sistema bi dali prednost paralelnemu delu MHE, očno obratovanje bi bilo pri normalnih pogojih mogoče zanimivo za MHE na lokaciji 1 (možnost mikroprocesorskega vodenja).

### 3. Ekonomske specifikacije predlaganih MHE

Pri vseh predlaganih lokacijah gre za novogradnje, kar bistveno vpliva na njihovo ceno. Orientacijska investicijska vlaganja brez analiz ugodnosti investicij so podana v tabeli 4.

Tabela 4: ORIENTACIJSKA INVESTICIJSKA VLAGANJA NA PREDLAGANIH LOKACIJAH (december 1985)

| Lokacija | Cena agregata<br>CAGR (din) | Cena turbine<br>C TUR (din) | Investicija<br>T MHE (din) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1.       | 6.500.000-11.250.000        | 3.200.000-7.300.000         | 22.750.000-<br>39.500.000  |
| 2.       | 5.000.000- 8.850.000        | 2.450.000-6.600.000         | 17.600.000-<br>26.400.000  |
| 3.       | 5.800.000- 9.100.000        | 2.750.000-6.780.000         | 19.200.000-<br>31.450.000  |
| 4.       | 5.800.000- 9.100.000        | 2.750.000-6.780.000         | 19.200.000-<br>31.450.000  |
| 5.       | 5.550.000-10.500.000        | 3.000.000-8.250.000         | 17.600.000-<br>26.400.000  |

4. Zaključki tehniško-ekonomske obravnave predlaganih lokacij MHE

Tehniški in ekonomski vidik je opredeljen z izhodiščem o možnosti intenzivne samogradnje tako turbin kot celotnega sistema MHE. Pri zajezitvah, akumulacijah, dovodno-odvodnih sistemih in strojnicah kaže čimbolj uporabiti domače materiale, seveda z upoštevanjem vseh varnostnih vidikov (n.pr.: posledice porušitve jezua v katastrofalnih razmerah). Za samogradnjo so zlasti primerne Bankijeve turbine, ki pa so v energetskem smislu brez dvoma slabše od Peltonovih in Francisovih turbin. Ker je raziskava preliminarne značaja, niso podrobneje obdelani posamezni podsistemski sklopi MHE, ki bi jih bilo potrebno pregledno analizirati pred začetkom izdelave projekta.

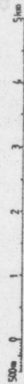
| Redni št. | Ime lokacije | Možna turbinna oprema (MW) | Možna turbinna oprema (MW) | Možna turbinna oprema (MW) |
|-----------|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1.        | 1. lokacija  | 1.500.000 - 2.500.000      | 2.500.000 - 3.000.000      | 3.500.000 - 4.500.000      |
| 2.        | 2. lokacija  | 2.000.000 - 3.000.000      | 3.000.000 - 4.000.000      | 4.000.000 - 5.000.000      |
| 3.        | 3. lokacija  | 2.500.000 - 3.500.000      | 3.500.000 - 4.500.000      | 4.500.000 - 5.500.000      |
| 4.        | 4. lokacija  | 3.000.000 - 4.000.000      | 4.000.000 - 5.000.000      | 5.000.000 - 6.000.000      |
| 5.        | 5. lokacija  | 3.500.000 - 4.500.000      | 4.500.000 - 5.500.000      | 5.500.000 - 6.500.000      |



## LITERATURA

- Kompare M., 1984, Tehniško-ekonomski vidiki izgradnje malih HE v alpskem svetu, Geogr. proučevanje primernosti gradnje malih HE v alpskem svetu (1. faza), Ljubljana, str. 11.
- Plut D., 1984, Pokrajinski vidiki izbora primernih lokacij za majhne HE v Zg. Mežiški dolini, Geogr. proučevanje primernosti organiziranja proizvodnih celic na Koroškem (1. faza), Ljubljana, str. 16
- Plut D.-Kompare M., 1984, Pokrajinski in ekonomsko-tehnični vidiki izbrane lokacije in gradnje majhnih HE, Geographica Slovenica 15, Ljubljana, str. 160-178.
- Radinja D., 1979, Geografsko raziskovanje mlinov in mlinarstva na Slovenskem Geografski vestnik LI, Ljubljana, str. 3-18.
- Radinja D., 1984, Mlinarska in žagarska raba tekočih voda v Zgornjem Pomežju ter možnosti za njihovo ponovno uporabo s pomočjo malih hidroelektrarn, Geografsko proučevanje primernosti organiziranja proizvodnih celic na Koroškem (1. faza), Ljubljana, str. 32.
- Struna A., 1955, Vodni pogoni na Slovenskem, Ljubljana, str. 449.
- Šolc L., 1981, Zgradimo majhno hidroelektrarno, Ljubljana, str. 61.
- Vodnogospodarske osnove Slovenije, 1978, Zveza vodnih skupnosti Slovenije, Ljubljana

Predlagane lokacije za male HE (nad 15 kW) v  
Zgornjem Pomežju

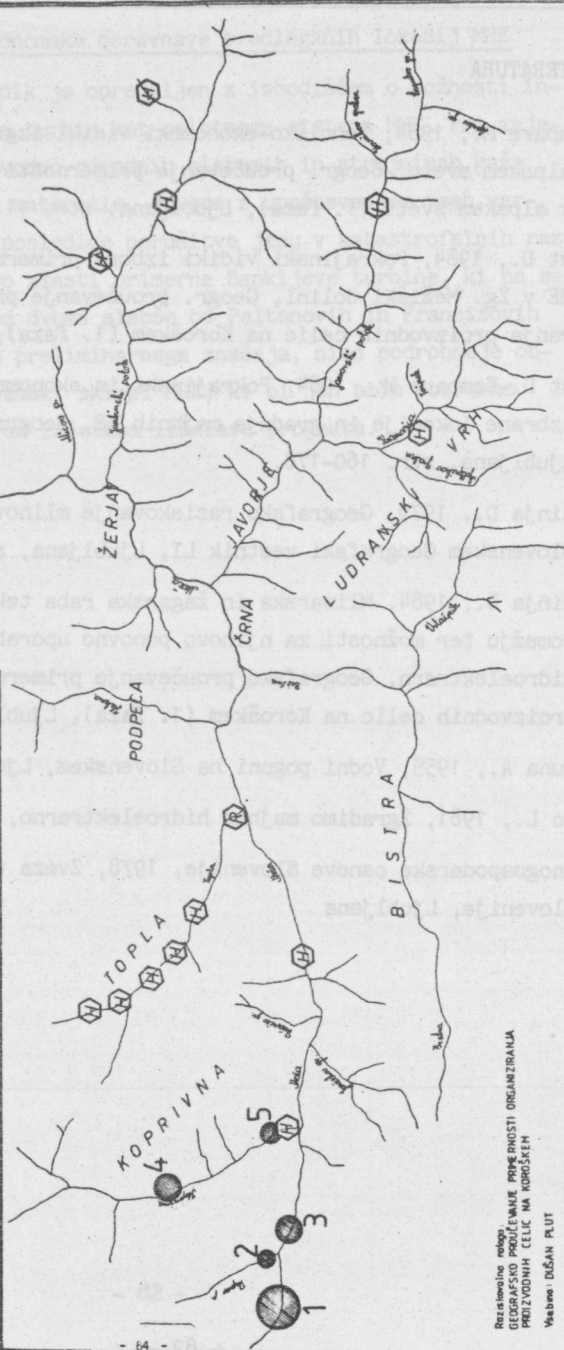


MOČ PREDVIDENIH MALIH HE:

- 15 - 20 kW
- 21 - 35 kW
- 36 - 65 kW

- ⊞ opuščena rudniška mala HE
- ⊞ nišna mala HE
- ⊞ obratujoča nišna mala HE

4 zaporedna številka lokacije v tabeli



Režiserstvo: vodop.  
GEOGRAFSKO PROJEKCIJSKO POMOČNIŠKO ORGANIZACIJSKO  
PROJEKCIJSKO VEŠTINSKO POMOČNIŠKO ORGANIZACIJSKO  
PROJEKCIJSKO VEŠTINSKO POMOČNIŠKO ORGANIZACIJSKO

Vešni: DIŠAN PLUT

Risni: ŽMAGO DROBE

LJUBLJANA, OKTOBER 1965