

Šolski Center Celje  
Poklicna in tehniška elektro in kemijska šola Celje

# MALE HIDROELEKTRARNE

(Raziskovalna naloga)

Avtorja: Marko Šmit, E-4.a  
Aleš Jerot, E-4.a

Mentor: Metod Trunkl, univ. dipl. inž.

Šolsko leto: 2006/07

Celje, marec 2007

## **POVZETEK**

Namen najine raziskovalne naloge je bil raziskati MHE in njihovo vlogo v elektroenergetskem sistemu Slovenije.

Opisala sva zgodovino postavitve MHE in njihov nadaljni razvoj. V nalogi sva opisala pogoje, ki morajo biti izpolnjeni pred izgradnjo MHE: okoljske ovire, lokacijska in gradbena dovoljenja. Predstavila sva tudi zaščito MHE, brez katere postavitve ne bi bilo mogoče izvesti. Razložila sva vklop MHE v omrežje. Napisala sva, na kakšne načine vse lahko obratuje MHE. Okvirno sva podala tudi cene za pridobitev potrebne dokumentacije in cene 1 kWh, ki jo proizvede MHE.

Podrobneje sva opisala tudi napetostne razmere in analizo različnih obratovalnih stanj. Pri raziskovalni nalogi sva prišla do podatka, koliko prispevajo MHE na svetovni ravni v EES.

Na koncu naloge sva podala splošne določbe o energetskega zakonu in literaturo, v kateri najdemo odgovore na vsa potrebna vprašanja o predpisih, ki jih moramo upoštevati pri izgradnji MHE. V raziskovalni nalogi je tudi nekaj slik, s katerimi si lažje in bolj nazorno predstavljamo delovanje ter tudi posamezne dele MHE.

# KAZALO VSEBINE

POVZETEK .....	1
KAZALO VSEBINE.....	3
KAZALO SLIK.....	5
1 UVOD .....	6
2 MALE HE .....	7
2.1 POGOJ ZA IZRABO VODNE ENERGIJE.....	7
2.1.1 Impulzne (enakotlačne) turbine,.....	7
2.1.2 Reakcijske (nadtlačne) turbine,.....	7
2.2 MALE ELEKTRARNE V SLOVENIJI .....	8
2.2.1 MHE in okoljske ovire .....	8
2.2.2 Opis in lokacija MHE.....	9
2.2.3 Zaščitna oprema .....	10
2.2.4 Pridobitev lokacijskega dovoljenja .....	11
2.2.5 Pridobitev gradbenega dovoljenja .....	12
2.2.6 Pridobitev uporabnega dovoljenja.....	12
3 Vodni pretok:.....	13
3. 1 Merjenje vodnega pretoka:.....	13
3. 2 Jez.....	14
3. 3 Preusmeritve.....	15
3. 4 Glavno merjenje .....	16
3. 5 Izračun moči.....	17
3. 6 Sestavine.....	17
3. 6. 1 Zapornica.....	17
3. 6. 2 Smeti in vstop vode v cevi .....	18
3. 6. 3 Turbine: .....	18
4 Vklon MHE na omrežje .....	20
4. 1 NAČIN OBRATOVANJA MHE.....	20
4. 1. 1 Otočno obratovanje .....	20
4. 1. 2 Paralelno obratovanje z omrežjem EES brez oddaje energije v omrežje.....	21
4. 1. 3 Paralelno obratovanje z omrežjem EES s stalno ali občasno oddajo energije v omrežje .....	21
4. 1. 4 Kombinirano otočno – paralelno obratovanje.....	21

4. 1. 5 Stacionarno obratovanje.....	21
4. 2 Po skupni instalirani moči generatorjev ločimo:.....	22
4. 3 Opis Mikro HE.....	22
4. 4 Cena za pridobitev dokumentacije.....	23
4. 5 Cena 1kWh ki jo proizvede MHE.....	23
4. 6 Napetostne razmere.....	23
4. 7 Analize različnih obratovalnih stanj.....	26
5 ENERGETSKI ZAKON (EZ).....	27
6 ZAKLJUČEK.....	31
7 LITERATURA.....	33
8 ZAHVALA.....	35

## KAZALO SLIK

Slika 1: Merjenje vodnega pretoka s plovcem .....	14
Slika 2: Merjenje vodnega pretoka s palico .....	14
Slika 3: Jez .....	14
Slika 4: Princip zajezitve vode .....	15
Slika 5: Način napeljave vode po ceveh do turbine .....	16
Slika 6: Ponazorjeno merjenje pretoka s plovcem .....	16
Slika 7: Merjenje višinske razlike med dvema točkama .....	17
Slika 8: Primer mreže za čiščenje smeti .....	18
Slika 9: Dovod vode v turbino in povezava turbine z generatorjem .....	18
Slika 10: Princip vtoka vode v turbino in iz nje .....	19
Slika 11: Lopatice turbine .....	19
Slika 12: Vpliv MHE na razširitev napetostnega območja v radialnem vodu .....	24
Slika 13: Vpliv MHE na napetostne razmere v radialnem vodu .....	25
Slika 14: Vpliv MHE na napetostne razmere v radialnem vodu, ob priključitvi MHE v sredini voda .....	25

# 1 UVOD

Začetki izgradnje malih elektrarn segajo v obdobje mlinov in žag (pred letom 1900), ko so te oskrbovale posamezne industrijske obrate in lokalno električno omrežje. V času njihovega nastajanja so gradnjo narekovali drugačni razlogi (lokalna potreba po električni energiji, neobstoječa omrežja), kot jih navajamo danes.

Z razvojem elektrifikacije, to je z večanjem potreb po električni energiji in ustrezno temu z rastjo omrežja in proizvodnih zmogljivosti, se je gradnja usmerila predvsem na področje srednjih in velikih elektrarn.

Male elektrarne, ki so se sicer pojavljale vzporedno (predvsem v industriji), niso bile deležne posebne pozornosti, še zlasti v primerjavi z velikimi elektrarnami, ki so same po sebi bolj ekonomične.

Prve elektrarne so bile v Sloveniji zgrajene sorazmerno zgodaj. V dobi pred prvo svetovno vojno so nastale manjše vodne in kalorične elektrarne, ki so bile bolj ali manj lokalnega pomena. Zanimivo je, da je bila prva slovenska elektrarna, ki ni obratovala samo za lastne potrebe, zgrajena že leta 1894 v Škofji Loki, naslednja pa je bila termoelektrarna v Ljubljani, ki je pričela obratovati v letu 1898.

## **2 MALE HE**

Vodna energija je največje in najrazvitejše področje rabe obnovljivih virov. Vodne elektrarne prispevajo 22 % celotne svetovne proizvodnje elektrike. Precejšen delež te količine predstavljajo male hidroelektrarne (male HE) z močjo pod 10 MW.

V Evropi trenutno obratuje več kot 17400 MHE. Zgornja meja moči za definicijo MHE se sicer razlikuje od države do države (1,5 do 25 MW), vendar se v zadnjem času uveljavlja 10 MW kot splošno priznana meja, ki jo uporablja tudi Evropsko združenje za MHE - ESHA\*.

MHE niso zgolj pomanjšana različica običajne velike vodne elektrarne. Potrebna je posebna oprema, ki zagotavlja izpolnjevanje osnovnih zahtev: enostavnosti, visokega izkoristka, maksimalne zanesljivosti in preprostega vzdrževanja tudi za nestrokovnjake.

### **2.1 POGOJ ZA IZRABO VODNE ENERGIJE**

Osnovni pogoj za izrabo vodne energije je ustrezen umetno ustvarjen vodni tlak, na primer od nivoja zajezitve do mesta turbine, med katerima vodi tlačni cevovod. Pri MHE pa gre načelno za prosti vodni tok reke, pri katerem izgradnja večjih jezov in rezervoarjev ni potrebna. Ločimo dva osnovna tipa turbin:

#### **2.1.1 Impulzne (enakotlačne) turbine,**

pri katerih vodni curek z veliko hitrostjo izstopa iz šobe in udarja v lopatice, na njih spremeni smer in odda kinetično energijo. Ta tip turbine je primeren za velike neto vodne padce in majhne volumenske tokove (npr. Peltonova turbina);

#### **2.1.2 Reakcijske (nadtlačne) turbine,**

pri katerih je gonilnik v celoti napolnjen z vodo. Ustvarijo se hidrodinamične “dvižne” sile, ki poganjajo lopatice (npr. Francisova in Kaplanova turbina).

Ta tip turbine je primeren za srednje in majhne neto vodne padce in srednje do velike volumenske tokove. Obratovanje malih elektrarn je povezano predvsem z racionalnim izkoriščanjem naravnega obnovljivega energetskega vira in določene zagotovitvenosti napajanja lokalnih odjemalcev. Letna proizvodnja je odvisna od letnih hidroloških razmer.

---

\* European Small Hydropower Association

Dinamika proizvodnje je neposredno odvisna od vodnih dotokov, saj male elektrarne niso opremljene z akumulacijami, ki bi lahko urejale dinamiko proizvodnje v daljšem časovnem obdobju.

## ***2.2 MALE ELEKTRARNE V SLOVENIJI***

Ob spoznanju, da je obravnavanje malih elektrarn povezano predvsem s pojmom racionalnega izkoriščanja energetskih virov in določene zagotovljenosti napajanja lokalnih odjemalcev, je Republiški komite za energetiko srednje Slovenije maja 1977 izdelal program ukrepov za racionalizacijo pridobivanja, pretvarjanja, transporta in rabe energije. Pri ukrepih za racionalno pridobivanje energije navajajo med drugim tudi izkoriščanje energetskih virov. Začetek gradnje malih elektrarn v srednji Sloveniji je v začetku 80. let spodbudil Zakon o energetskem gospodarstvu<sup>1</sup>, ki je dovolil gradnjo energetskih objektov tudi izven elektrogospodarstva. Tako je bila do osamosvojitve 1990 zgrajena večina malih HE. Po osamosvojitvi spremenjena zakonodaja<sup>2</sup> pa je novogradnjo skoraj zaustavila.

### **2.2.1 MHE in okoljske ovire**

Okoljevarstvene skupine, ki nasprotujejo MHE zaradi njihovega negativnega vpliva na okolje (predvsem na floro in favno ob in v rekah), si prizadevajo za vzpostavitev večjega števila institucionalnih in okoljskih ovir pri pridobivanju dovoljenj za postavitve MHE. To povzroča zastoj pri razvoju tega področja v industrializiranih državah. Omenjeni argumenti se pogosto nanašajo na povsem specifične primere in jih je nepravilno posplošiti na vse MHE.

Nove tehnologije in izboljšani načini delovanja MHE vztrajno in zanesljivo zmanjšujejo lokalne negativne vplive. HE pa na okolje in družbo vplivajo tudi pozitivno: nadomeščajo proizvodnjo energije iz fosilnih goriv, katere posledica so emisije škodljivih snovi, kot na primer toplogrednih plinov in žveplovega dioksida. Misije CO<sub>2</sub> so se doslej zmanjšale za 32 milijonov ton letno, SO<sub>2</sub> pa za 105.000 ton. MHE zmanjšujejo nevarnost poplavljanja rek, v določenih primerih pa celo povečujejo biološko raznovrstnost.

Energija iz MHE ima velik, a doslej le malo izkoriščen potencial, ki lahko pomembno prispeva k pokrivanju prihodnjih potreb po energiji. Za izboljšave in optimizacijo je na voljo še precej prostora. Pravilno vzdrževanje in prenova obstoječih elektrarn je pomemben korak

---

<sup>1</sup> Opisano v točki z naslovom Literatura (točka 1).

<sup>2</sup> Opisano v točki z naslovom Literatura (točka 2).



v razvoju področja MHE. Ne glede na zmanjšanje deleža s 86 % na 60 % v skupni instalirani moči naprav za pridobivanje energije iz obnovljivih virov ostajajo MHE daleč največji posamezni vir obnovljive energije.

V Evropi je na voljo najsodobnejša tehnologija MHE, vendar so se razmere na tržišču zaostriale kljub nacionalnim ciljem za čistejšo proizvodnjo energije. Vedno večje število institucionalnih in okoljskih ovir vpliva na pridobivanje dovoljenj za gradnjo novih MHE. Najpomembnejši tržni segment za proizvajalce iz držav EU tako predstavlja prenova obstoječih elektrarn.

Najhitrejši razvoj na področju večanja kapacitet MHE poteka v Nemčiji, Španiji in Grčiji. V teh državah se tudi količina elektrike, pridobljene s pomočjo MHE, povečuje precej hitreje kot v drugih državah EU. Nove možnosti za izvoz in prenos tehnologij se evropskim proizvajalcem kažejo izven Evrope. Gospodarski razvoj in naraščajoče potrebe po energiji vplivajo na vlogo hidroenergije. Vodilno vlogo bodo prevzele azijske države (posebej Kitajska in Indija), ki imajo kar za 83.000 MW potenciala.

### **2.2.2 Opis in lokacija MHE**

Po smeri toka vode je elektrarna sestavljena na splošno iz:

- zajetja z vtokom, peskolovom in vtokom v dovodni kanal ali cevovod,
- dovodnega objekta, ki je lahko kanal ali cevovod,
- zgradbe strojnice, v kateri se nahaja agregat, sestavljen iz turbine in generatorja, upravljalnega sistema ter povezave z distribucijskim omrežjem,
- odvodnega objekta.

Lokacijo MHE predstavljajo tisti pogoji, ki zagotavljajo energetska izkoriščanje vodotoka - potoka:

- padec od zajezitve do strojnice ter
- zadostna količina vode potrebna za proizvodnjo.

Elektrarni dajeta moč padec in pretok vode.

Padec je razlika med kotom zajezitve na zajetju (jezovna zgradba) ter kotom turbine. To je bruto padec objekta na določenem odseku.

Za izbor lokacije je pomembno predvsem, kako je oblikovan teren, da lahko po njem speljemo dovod vode do strojnice – torej moramo izbrati najugodnejši odsek potoka. Večji

kot je padec, večja je moč elektrarne pri enakem pretoku vode. Zato je smiselno na najkrajšem odseku poiskati največji padec (slapovi, brzice ...).

Izgradnja celega objekta MHE (jez, dovod vode, strojnica, daljnovidna povezava ...) spada pod Zakon o Graditvi objektov. Po tem zakonu je potrebno gradbeno dovoljenje.

Za pridobitev gradbenega dovoljenja pa je potrebno izdelati ustrezno dokumentacijo, ter z njo pridobiti potrebna soglasja in dovoljenja.

Posebna soglasja vodnega gospodarstva ni potrebno imeti (tako je bilo pred leti).

Danes velja za MHE vodno dovoljenje ali podeljena koncesija. To je dovoljenje, s katerim je možno izkoriščati energetski potencial potoka. Izda ga Ministrstvo za okolje in prostor v posebnem postopku za pridobitev koncesije.

V celotnem postopku projektiranja za objekt je potrebno pridobiti še različna druga soglasja in dovoljenja. Najpomembnejši je vsekakor Presoja vplivov na okolje. Z njo se ugotavlja, kakšne posledice bo povzročil objekt v okolju ter kako se bodo vplivi izgradnje in eksploatacije zmanjšali na sprejemljiv nivo za okolje in naravo.

### **2.2.3 Zaščitna oprema**

Če je MHE pravilno načrtovana in če je v njej uporabljena kakovostna oprema, lahko varno in zanesljivo obratuje. Vendar pa moramo vedno pričakovati nepravilnosti, ki se lahko pojavijo v omrežju, na katero je priključena MHE. Vse nepravilnosti utegnejo povzročiti hude posledice zlasti na električnih napravah in opremi. Da to preprečimo, moramo varovati vso opremo, predvsem pa generator. Zaščita mora biti taka, da zanesljivo varuje naprave pred okvarami, če pa so že nastale, jih mora omejiti. Zaščitna oprema mora biti kvalitetna, enostravna in zanesljiva.

Najhujši sovražnik električnih naprav je previsoka temperatura. Ta uničuje izolacijo navitij, s tem pa se manjša mehanska trdnost vodnikov. Povečana temperatura nastane zaradi povečanja toka, ki je večji od nazivnega pri preobremenitvah in kratkih stikih. V MHE uporabljamo za zaščito pred kratkimi stiki varovalke, pri preobremenitvah pa za zaščito izberemo bimetalne releje.

Drugi nevarni sovražnik je previsoka napetost, ki obremenjuje izolacijo. Vzrok prenapetosti so lahko napake pri regulaciji napetosti ali nagla razbremenitev generatorja pri pobegu turbine. Opremo zaščitimo s prenapetostnimi odvodniki ali releji. Poleg temperature in napetosti je potrebna tudi zaščita proti vlagi, ki jo dosežemo s čim boljše mehansko zaščito.

Izolacija se lahko pokvari tudi zaradi mehanskih vplivov. Zaradi okvar izolacije pride napetost na kovinski okrov. Za tak primer uporabimo zaščito pred zemeljskim stikom, torej napetostno ali tokovno zaščitno stikalo. Tudi nizka napetost je nezaželjena. Ta povzroči povečan tok, kar pomeni delovanje bimetalne zaščite. Pri zelo močnem znižanju ali izpadu napetosti pa se bo izključil generatorjev kontaktor.

Velik problem so tudi višji harmonični tokovi, ki se zaključujejo skozi nevtralni vodnik. S tem se vodnik obremeni pa tudi fazni vodniki se segrevajo. Tu uporabimo zaščito pred dodatnim segrevanjem, kar pomeni zaščito pred komponentami višjih harmoničnih tokov.

Če se pojavi nesimetrično obratovanje, izvedemo zaščito s pomožnimi releji, ki ob preobremenitvi izklopi in ustavi turbino.

Pravilno izbrana in dovolj kakovostna zaščitna oprema bo opravila svojo nalogo, če jo bomo vestno vzdrževali in preizkušali. Opremo pregledujemo vsaj enkrat na leto.

## **2.2.4 Pridobitev lokacijskega dovoljenja**

Za gradnjo MHE mora investitor od pristojnega upravnega organa svoje občine pridobiti lokacijsko dovoljenje. Pri zahtevi za lokacijsko dovoljenje mora investitor priložiti lokacijsko dokumentacijo in dokazilo, da upravičeno razpolaga z zemljiščem.

Lokacijska dokumentacija mora vsebovati naslednje priloge:

- karto (situacijo celotnega objekta od zajetja do strojnice),
- kratek opis stanja, ki vsebuje:
  - opis sedanjega stanja in stanja po izgradnji,
  - osnovni podatki ( $Q_{\max}$ ,  $Q_{sre}$  in  $Q_{\min}$ ), ki se ocenjuje na osnovi lastnih izkušenj oziroma na osnovi enostavne meritve oziroma z zahtevanimi podatki dobe na območni vodni skupnosti,
  - vpliv na okolje glede na izgradnjo hidrotehnične opreme (cevovod, zajetje) in elektroenergetska povezava z obstoječim distribucijskim omrežjem,
  - osnovni podatki agregata:  $H_{naz}$  (m),  $Q_i$  ( $m^3/s$ ) in  $P_{tur}$  (kW),
- priložiti je potrebno naslednja soglasja:
  - vodno-gospodarsko soglasje, ki se predloženemu načrtu lahko izda ob naslednjem pogoju: investitor mora sam skrbeti za redno vzdrževanje struge, potoka in reke v območju MHE in jezovne naprave,
  - energetska soglasje,
  - soglasje občinske sanitarne inšpekcije,

- soglasje požarno-varnostne inšpekcije,
- elektro-energetsko soglasje,
- soglasje ribiške družine.

### **2.2.5 Pridobitev gradbenega dovoljenja**

Investitor MHE lahko začne z gradnjo na podlagi gradbenega dovoljenja, ki ga izda Ministrstvo za okolje in prostor. Zahtevi za izdajo gradbenega dovoljenja mora investitor priložiti:

- dokaz o pravici uporabe lastniške ali služnostne pravice na zemljišču, na katerem namerava graditi objekt (izpisek iz zemljiške knjige),
- soglasje prizadetih sosedov,
- lokacijsko dovoljenje,
- projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, ki vsebuje gradbeni in elektro-strojni del projekta, izveden pri podjetju, registriranem za to dejavnost,
- soglasje sanitarne in požarne inšpekcije,
- pismeno izjavo osebe, ki bo strokovno nadzirala gradnjo objekta.

### **2.2.6 Pridobitev uporabnega dovoljenja**

Po končani izgradnji objekta sme investitor pričeti s poskusnim obratovanjem potem, ko si je pridobil soglasje pristojne inšpekcije. Po zaključnem poskusnem obratovanju mora investitor zaprositi organ, ki je izdelal gradbeno dovoljenje, za tehnični pregled zgrajenega objekta. Upravni organ, ki je izdal gradbeno dovoljenje, izda takoj po opravljenem tehničnem pregledu in po odpravi eventualnih pomanjkljivosti uporabno dovoljenje za obratovanje MHE.

### 3 Vodni pretok:

Najmanjša hidroelektrarna zgrajena za komercialne namene, ki proizvaja 500 W električne moči, potrebuje 1,1 cfs (cubic foot per second) in 12' vodnega padca. Hidroelektrarna, ki bi proizvajala 10 kW moči, bi potrebovala 16,3 cfs in 12' vodnega padca. Tu se pokaže, dobra lastnost rezervoarja pred hidroelektrarno za uravnavanje pretoka.

#### 3. 1 Merjenje vodnega pretoka:

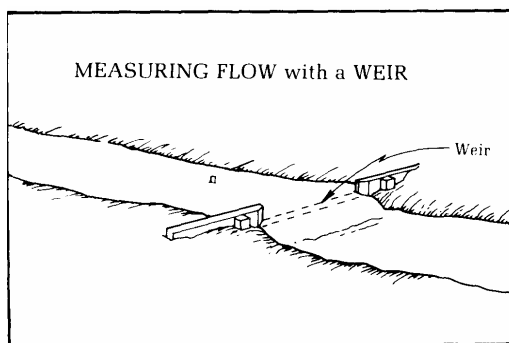
Za merjenje pretoka sta v pogosti uporabi dve metodi in sicer za majhne in srednje velikosti vodotoke. Merjenje pretoka večjih vodotokov je najbolje prepustiti tehniku.

Metoda s »plovcem« je najlažje izvedljiva in poda zadovoljujoče podatke, razen v primeru, če je vodotok preplitek, tako da se plovec zadeva ob kamenčke in druge ovire na dnu vodotoka.

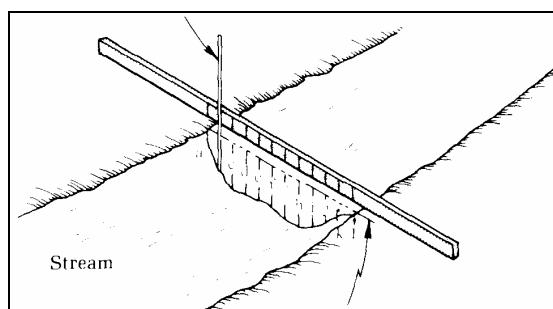
V osnovi izmerimo prečni prerez vodotoka, kjer želimo postaviti hidroelektrarno in pustimo da obtežen plovec (steklenica s kamenčki) potuje čez 10 metrsko dolžino. Med tem merimo čas, ki ga plovec porabi, da pride od začetka do konca dolžine.

Druga metoda s »pregrado« nam vzame več časa, ampak poda bolj točne podatke, če je vodotok manjši, plitkejši ali pa če je na vodotoku že obstoječ jez. Pri tej metodi teče voda čez majhno pregrado in pretok lahko natančno določimo z izmerjeno globino vode, ki teče čez vrh pregrade (pregrada je lahko deska, ki jo vstavimo v vodo, da dobimo ravno površino).

Ni toliko pomembno katero metodo izberemo kot to, da moramo meritve opraviti večkrat skozi celo leto, saj se z letnimi časi spreminja tudi količina vode in s tem pretok.



**Slika 1: Merjenje vodnega pretoka s plovcem**



**Slika 2: Merjenje vodnega pretoka s palico**

### ***3. 2 Jez***



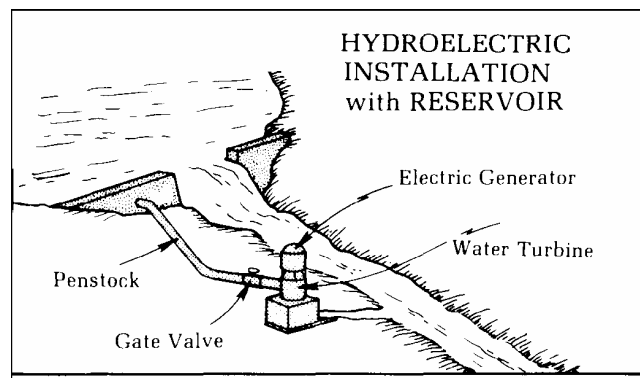
**Slika 3: Jez**

Voda mora padati, da lahko dobimo električno moč iz toka. V večini primerov je padeč vode izboljššan in povečan s konstrukcijo jezusa pred hidroelektrarno. Večji kot je jez, in s tem padeč vode, več energije in moči bomo dobili iz vode. Poleg povečanja višine, pa si z jezom shranimo vodo s katero lahko reguliramo pretok in s tem povečamo potencial hidroelektrarne.

Preden se lotimo gradnje jezusa pa je treba upoštevati nekaj stvari:

1. konstrukcija jezusa je zelo tehničen projekt. Zbrati moramo zelo natančne podatke in izbrati najbolj optimalno zasnovo jezusa in kraj za gradnjo. Najbolje je da se o gradnji posvetujete s strokovnjakom.
2. ugotoviti moramo kakšna dovoljenja so potrebna v primeru če vodotok zaplenijo. Zakoni so različni od države do države, nekateri so prizanesljivi drugi pa zelo strogi.

3. Paziti moramo, da je vsa zemlja, ki bo zaradi napolnitve jezusa poplavljen, odkupljena.
4. V primeru da jez ne zdrži, smo sami odgovorni za celotno škodo, ki se bo zgodila ob vodotoku navzdol. Posvetujte se z zavarovalničarjem.
5. Spoštovati moramo pravice drugih do vodotoka zunaj naše posesti.
6. Lahko se nam pripeti, da nam bodo lastniki posestev blizu našega jezusa prepovedali gradnjo.
7. Pridobiti moramo natančen predračun za celoten projekt še preden se lotimo dela.



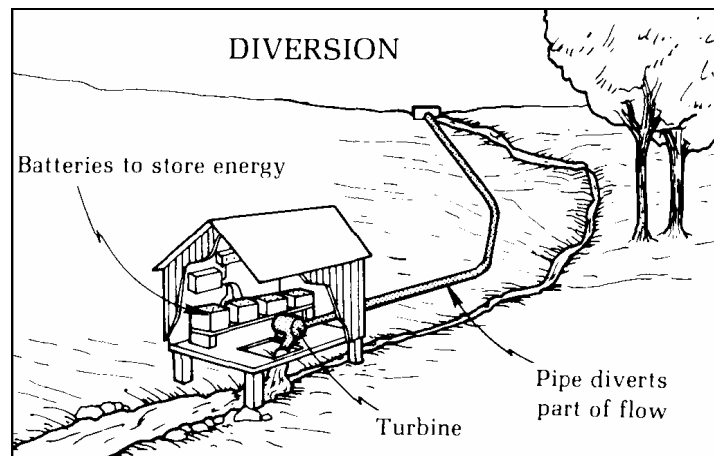
Slika 4: Princip zajezitve vode

### 3.3 Preusmeritve

Zaradi visokih stroškov za izdelavo jezusa poznamo tudi druge načine kako si pomagati z vodo. Na nekaterih mestih postavijo majhne betonske hiše da preusmerijo del vodotoka skozi cevi do turbine.

Za preusmeritev s cevjo je najbolj primerna lokacija tam, kjer je zelo velik pretok vode oziroma tam, kjer je zelo strmo pobočje, da ne rabimo predolge cevne napeljave, da bi dobili dovolj velik padec vode.

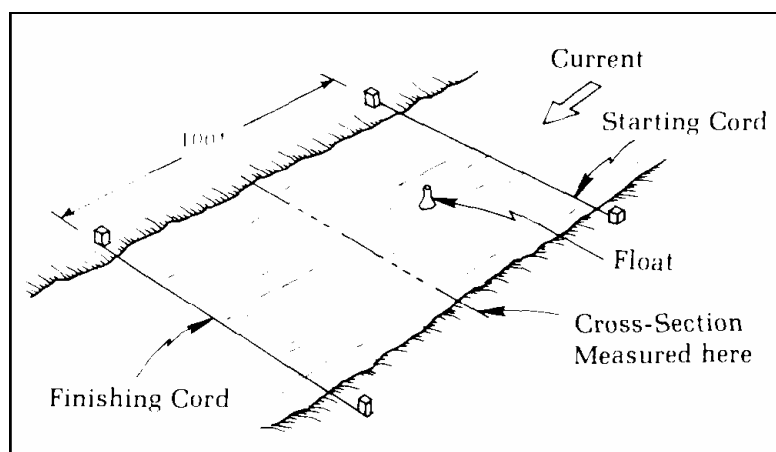
Na turbino lahko priključimo akumulatorje za shranjevanje električne energije.



Slika 5: Način napeljave vode po ceveh do turbine

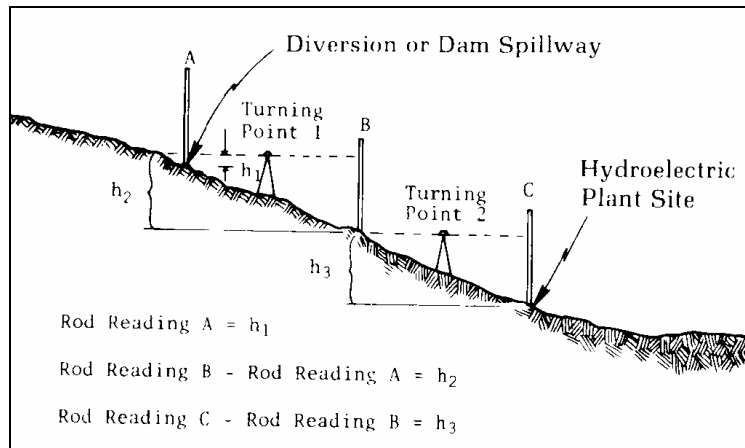
### 3. 4 Glavno merjenje

Potem ko je višina vode za jezom ali odklon določen, je nujno potrebno zmeriti začetno višino vode za jezom. Za določitev razlike višine vode med dvema točkama, je potrebno določiti kontrolni nivo vode na sredini teh dveh točk. Pri meritvi naj pomočnik drži palico, po kateri se kasneje orientiramo, saj mora na tej palici prebrati višino vode, to pa ponovi tudi pri spodnji točki. Razlika teh dveh meritev, je razlika v dvigovanju nivoja vode. Pogosto je mogoče izvesti to končno meritev samo na enem delu struge. Razlike v posameznem paru točk so lahko dodane za način celostne višine padca jezu.



Slika 6: Ponazorjeno merjenje pretoka s plovcem





Slika 7: Merjenje višinske razlike med dvema točkama

### 3. 5 Izračun moči

Moč proizvodnje v kW je izračunana po naslednji formuli:

$$kW = 0,0846 * E * Q * H$$

kjer je:

Q = vodni tok (kubik na sekundo)

h = višina

E = moč obrata HE (procent deljen s sto)

Trenje generatorja pri turbini izboljšuje moči HE. Majhni MHE obrati imajo 40% zmogljivost. 5-10 kW lahko da 60-70% zmogljivost, če deluje s polno močjo. Začetno moč izmerijo na 50% učinkovitosti obrata.

### 3. 6 Sestavine

#### 3. 6. 1 Zapornica

Pritisk na zapornici povzroča dodatne izgube moči vode, ki priteče do turbine. Večina MHE ima te prehode manjše in preprostejše in zato je pri njih zelo pomembno uporabiti velike zapornice, saj z njimi zmanjšajo izgube. Pri dovajanju vode s hribov po plastičnih, aluminijastih ali betonskih ceveh, lahko pritisk ustvarjen v teh ceveh, zadostuje udarcem na lopatice turbine.

### 3. 6. 2 Smeti in vstop vode v cevi

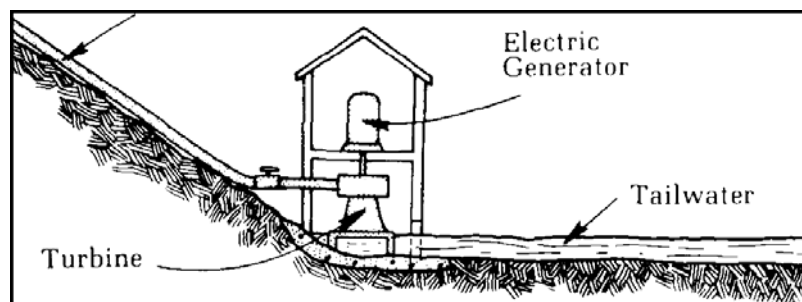
Celo majhen vodni tok lahko postane deroč in nosi velika drevesa ter ostale naplavine. Plan za zaščito turbine in vodnega prehoda so mreže, ki preprečujejo vstop smetem v turbino. Prav tako naplavine ustavlja sama zapornica. Kjer se del vodnega toka končno konča in ga preusmerimo v cevi, pred te cevi postavimo jeklene stebre na katere potem namestimo mreže. Običajno so te mreže postavljene na pobočju, da povečajo območje in tako je vodna hitrost manjša kot 1kubični meter na sekundo.



Slika 8: Primer mreže za čiščenje smeti

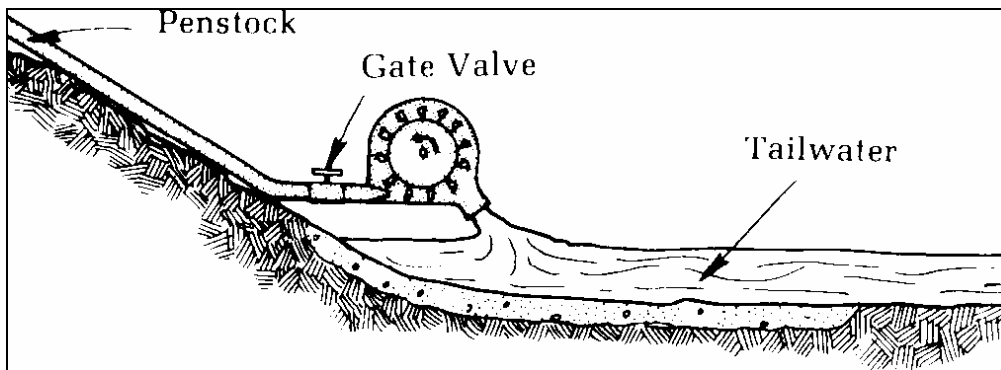
Smeti na pobočju je lažje očistiti z ustreznimi pripomočki (grablje). Ta poteza je posebej pomembna ob padcih vode, ker lahko smeti prekrijejo mreže v uri ali dveh. Glavni ventil bi moral biti nameščen niže od mrež, za kontrolo toka in za pregled turbine.

### 3. 6. 3 Turbine:



Slika 9: Dovod vode v turbino in povezava turbine z generatorjem

Mlini, ki so jih včasih uporabljali, so sicer prijetnega pogleda, vendar so prepočasni in pretežki, da bi lahko pretvarjali mehansko moč vode v električno. Turbina prične delovati ko na njene lopatice udarjajo velike količine vode. Reakcijski tip generatorjev je dobra odločitev, če imamo velike količine vode in male padce. Vrtenje turbine se na isti gredi prenese na generator kateri potem inducira napetost. Gonilna sila Peltonove turbine začne delovati s hitrostjo curka vode, ki udarja na lopatice turbine z močjo 1,5 kubičnega metra na sekundo.



Slika 10: Princip vtoka vode v turbino in iz nje

Z željo, da bi bil učinek boljši, mora biti višina vodnega padca najmanj 50 metrov. Tip ugodnosti, ki jo želiš prevesti z električnimi uslugami bodo na veliko določili ali boš uporabil izmenični ali enosmerni generator. Svetilke in motorje, ki poganjajo manjše aparate in orodja bodo delovali na enosmerni tok. Večje motnje (TV in računalniki) zahtevajo izmenični tok, da lahko delujejo. Izmenični tok lahko deluje na večje razdalje in po manjših žicah kot je to pri enosmernem toku. Kakorkoli že izmenična napeljava zahteva dodatno vlaganje in pa več opreme. Enosmerni generatorji so običajno manjši kot izmenični vendar zahtevajo dražje naprave, ki lahko spremenijo električni tok v izmeničnega.



Slika 11: Lopatice turbine

## 4 Vklon MHE na omrežje

Da se izognemo tokovnim, napetostnim in mehanskim sunkom, je pred priklopom na omrežje potrebno pri sinhronskem generatorju izenačiti:

- frekvenco generatorja  $f_g$  s frekvenco omrežja  $f_o$ ,
- napetost generatorja  $U_g$  z napetostjo omrežja  $U_o$ ,
- fazni kot med napetostjo generatorja in napetostjo omrežja, zato potrebuje sinhronski stroj sinhronizacijsko napravo.

Pri AS-generatorju je treba le pognati rotor v bližino sinhronske hitrosti in v območju med 0,95 in 1,05 sinhronske hitrosti vključiti stator na omrežje. Pri tem je neizogiben kratkotrajen sunek toka  $I_k = 3 - 4 I_n$  za zgraditev vrtilnega polja statorja in pritegnitev rotorja v ritem statorskega vrtilnega polja. Ker so na omrežje priključeni tudi drugi potrošniki, naj ta tokovni sunek ne bi povzročil večjega padca napetosti kot 6 % v nizkonapetostnem omrežju ali 2 % v srednjenapetostnem omrežju. To lahko omejuje nazivno moč asinhronskega generatorja nasproti moči omrežja, odvisno od prenosnih zvez, oziroma kratkostični moči omrežja na lokaciji vgraditve.

Priključek MHE mora zadostiti zahtevam omrežja glede energetskih, varnostnih in obratovalnih kriterijev za nemoteno obratovanje tako elektroenergetskega omrežja kot tudi elektrarne. V ta namen so bila izdelana navodila št. 13 – 15 (v naslovu Literatura), ki obdelujejo priključevanje elektrarn glede na moč in vrsto generatorjev. Osnovni načini priključevanja na EES, glede na moč in vrsto generatorja ter napetostne nivoje generatorjev in omrežja, so prikazani v tabela 1.

### 4.1 NAČIN OBRATOVANJA MHE

Elektrarne lahko obratujejo v naslednjih obratovalnih režimih:

#### 4.1.1 Otočno obratovanje

V to skupino so vključeni agregati za rezervno napajanje in agregati za stalno napajanje določenega števila potrošnikov na ločenem delu omrežja.

Paralelno obratovanje z omrežjem elektroenergetskega sistema ni predvideno oziroma je z ustreznimi stikalnimi aparati ali z ločenimi napajalnimi tokokrogi zanesljivo preprečeno.

#### **4. 1. 2 Paralelno obratovanje z omrežjem EES brez oddaje energije v omrežje**

V to skupino so vključeni agregati, ki proizvajajo električno energijo izključno za potrebe tehnološkega procesa. Oddaja električne energije v omrežje EES ni predvidena in je z ustreznimi napravami praviloma tudi preprečena.

#### **4. 1. 3 Paralelno obratovanje z omrežjem EES s stalno ali občasno oddajo energije v omrežje**

V to skupino so vključeni agregati, ki stalno obratujejo paralelno z omrežjem EES in proizvedeno energijo:

- oddajo v omrežje v celoti,
- delno porabijo v lastnih tehnoloških procesih, viške pa oddajajo v omrežje.

#### **4. 1. 4 Kombinirano otočno – paralelno obratovanje**

V to skupino so vključeni agregati, ki so opremljeni za otočno in paralelno obratovanje.

#### **4. 1. 5 Stacionarno obratovanje**

Iz osnovnih karakteristik sinhronskih električnih strojev izhaja, da so sinhronski generatorji primerni tako za paralelno delovanje z omrežjem, ko s turbinskim regulatorjem reguliramo delovno moč in z regulatorjem vzbujanja jalovo moč, kakor tudi za samostojno otočno obratovanje, ko s turbinskim regulatorjem reguliramo frekvenco in z regulatorjem vzbujanja napetost, v kolikor je moč potrošnje v tehničnih mejah moči agregatov.

Asinhronski generatorji brez vzporednih kondenzatorjev so uporabni le za paralelno obratovanje z omrežjem, iz katerega dobijo jalovo moč za vzbujanje. V takem obratovanju ne potrebujejo niti napetostnega niti hitrostnega regulatorja, ker napetost in frekvenco vzdržuje omrežje. Delovno moč je seveda treba prirejati spremenljivemu vodnemu dotoku in je zato potrebna turbinska regulacija vodnega pretoka. To je lahko le predturbinska zapornica ali loputa, ki ne zadošča za hitro regulacijo hitrosti ali frekvence osamljenega agregata.

## 4.2 Po skupni instalirani moči generatorjev ločimo:

Male elektrarne:

- mikro HE (do 125 kVA),
- mini HE (125 – 1000 kVA),
- male HE (1000 – 10.000 kVA).

Sistemske elektrarne:

- srednje HE (10 - 100 MVA),
- velike HE (nad 100 MVA).

Tabela 1: Osnovni načini priključevanja MHE glede na moč, vrsto generatorja in napetostne nivoje

INSTALIRANA MOČ GENERATORJA	VRSTA		NAPETOST		VKLJUČITEV V OMREŽJE					
	GENERATORJA		GENERATORJA		SPLOŠNA SHEMA					
	AG	SG	NN	VN	A	B	C	D	E	F
do 36 kVA	X	X	XX		X	(X)				
36 do 125 kVA	X	X	XX		(X)	X	(X)			
125 do 250 kVA	X	X	XX			(X)	X			
250 do 1.000 kVA	(X)	X	XX	X			(X)	X	(X)	
1000 do 5.000 kVA		X	(X)	X				(X)	X	(X)
5000 do 10.000 kVA		X		X					(X)	X
Pomen oznak v tabeli										
x	označen podatek velja praviloma									
(x)	označen podatek velja pogojno, če tehnične in ekonomske analize pokažejo izvedljivost in smotrnost izvedbe									
AG	asinhronski generator									
SG	sinhronski generator									
A,B,C,D,E,F	oznake splošnih shem									

## 4.3 Opis Mikro HE

Razlika med malo in mikro HE je samo v doseženi moči. Mislim da je meja med mikro in malo 100 kW moči. (če se ne motim)

Je pa ta razdelitev nebitvena, saj je osnova da so MHE do 10 000 kW (10 MW). To je meja za katero v EU še zagotavljajo in plačajo visoko ceno proizvedene kWh.

Vse nad to mejo pa naj bi bile normalne HE. Delitev je bila pač na podlagi nekih ekonomskih odločitev (do te moči so lahko investicije v elektrarno previsoke in nedonosne, zato ta visoka meja in visoka cena kWh).

Torej mikro in MHE imajo enake elemente ter enake pogoje za izgradnjo in eksploatacijo.

#### ***4. 4 Cena za pridobitev dokumentacije***

Projektno tehnična dokumentacija za izgradnjo MHE se giblje v vrednosti med 7 in 12 % vrednosti investicije.

Večji ko je objekt MHE, nižja je vrednost projektne dokumentacije. Seveda pa je vrednost odvisna tudi od zahtevnosti objekta, ki se ob posebno zahtevnih objektih lahko tudi dvigne.

#### ***4. 5 Cena 1kWh ki jo proizvede MHE***

Cena električne energije za proizvajalce v MHE je določena z Energetskim zakonom, ter vsakoletno objavljena v Uradnem listu RS. Na grobo rečeno, je cena proizvedene kWh v MHE plačana v višini vrednosti gospodinjanskega odjema. To je ca 0,06 EUR.

Poudariti je potrebno da je energija proizvedena v vodnih elektrarnah (ne samo MHE) po direktivi evropske unije, energija iz obnovljivih virov. Kot taka je zelena energija (po EU).

Zato je tudi cena proizvedene kWh za proizvajalce v MHE sorazmerno visoka. Pa še en razlog je potrebno navesti za to visoko odkupno ceno. Če ta cena ne bi bila takšna, potem se investicija izgradnje MHE ne bi izplačala. Ker pa EU podpira tovrstno proizvodnjo električne energije je temu primerna tudi cen kWh v SLO. (npr kWh vetrne elektrarne je še ca 4 x višja)

#### ***4. 6 Napetostne razmere***

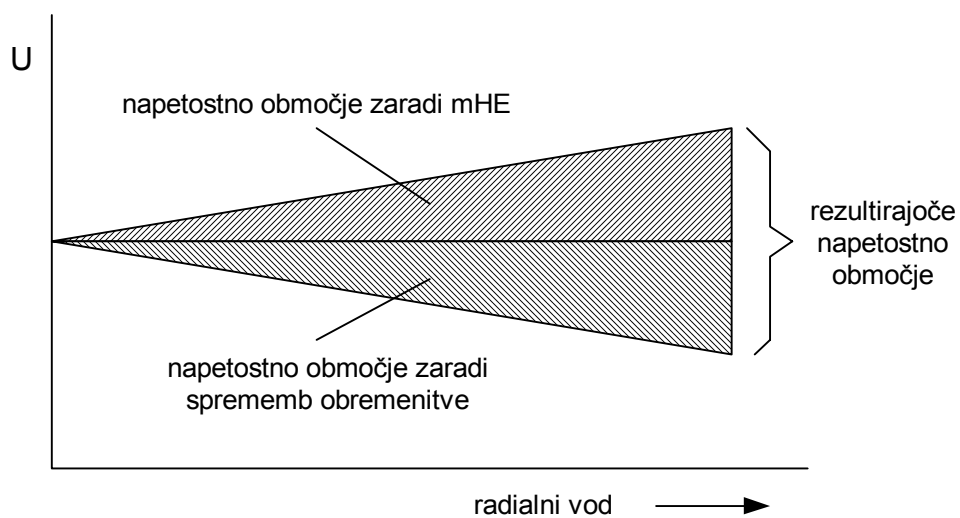
Elektroenergetsko omrežje je skupek določenih med seboj povezanih električnih naprav in vodov ki so definirani po ustreznem kriteriju, kot je geografska razsežnost, napetost, lastništvo in podobno. Povezana elektroenergetska omrežja predstavljajo elektroenergetske sisteme.

Elektroenergetski sistemi so v pogledu obremenitev dinamične narave. Stalno (avtomatsko ali ročno) reagirajo na spremembe. Tako imamo na primer opravka z avtomatsko napetostno regulacijo generatorjev v elektrarnah, z avtomatskim menjavanjem prestavnih razmerij transformatorjev v postajah, z avtomatskim vklopjanjem in izklopjanjem

kondenzatorskih baterij v omrežjih itd., kar vse lahko vpliva na napetostne razmere in na razmere v pretokih jalovih moči.

Normalno obratuje srednje napetostno omrežje po principu odprte zanke ali kot odcep iz razdelilne transformatorske postaje. V razdelilni transformatorski postaji je vgrajena regulacija napetosti na primarni strani transformatorjev. Višina napetosti je odvisna od dolžine vodov in energetskih razmer na posameznem omrežju., ki ga normalno napaja transformator in od trenutne obremenitve posameznega transformatorja. Običajno se giblje od 20,5 kV do 21,0 kV. S pravilno izbranimi stopnjami regulacije napetosti transformatorjev v transformatorskih postajah je možno doseči predpisane vrednosti napetosti pri odjemalcih.

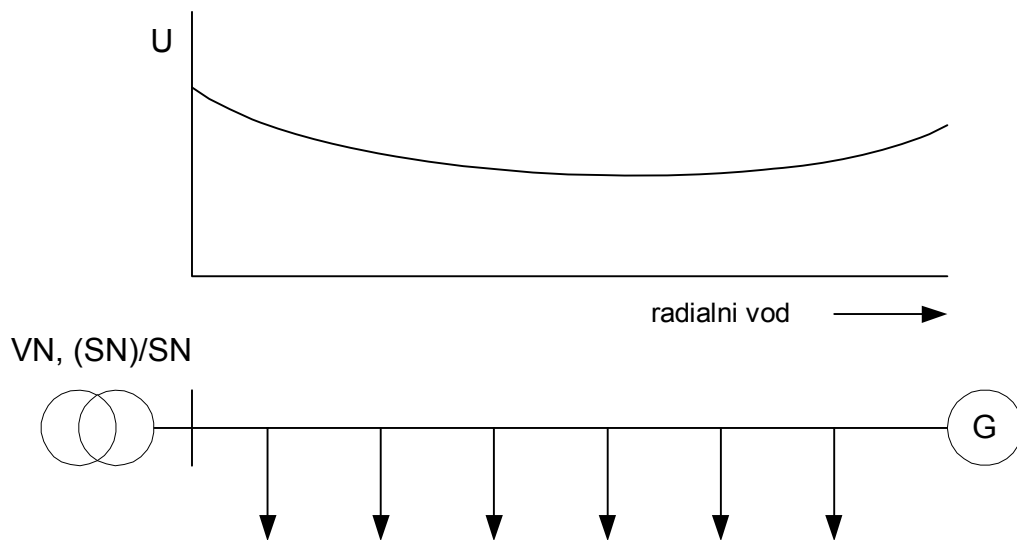
Splošna lastnost MHE je spreminjajoča se moč proizvodnje, ki se ne ozira na trenutno obremenitev v omrežju. Ob vključitvi MHE v omrežje in ob spremembah moči MHE pride do sprememb napetosti v omrežju. Te spremembe se prištejejo spremembam napetosti zaradi sprememb obremenitve (slika 2) in tako lahko otežujejo zagotavljanje napetosti v dovoljenih mejah.



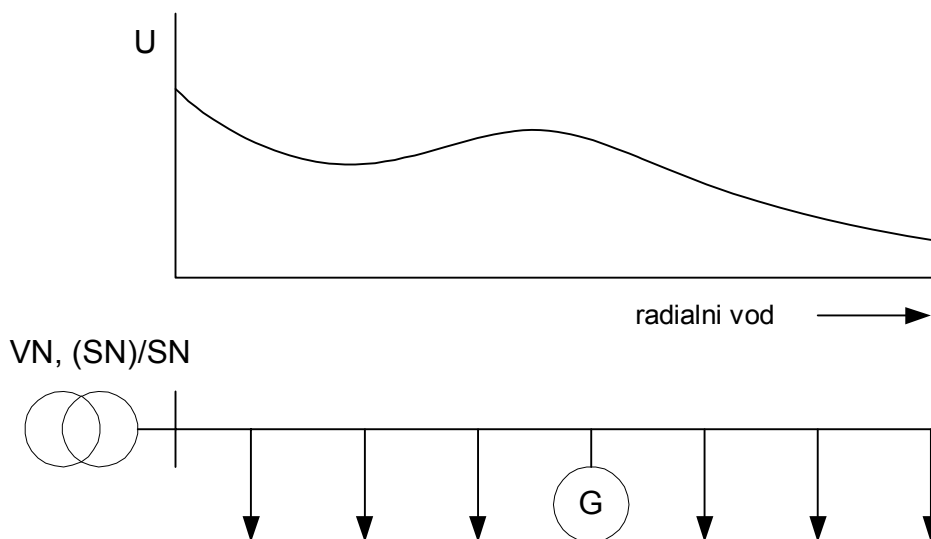
Slika 12: Vpliv MHE na razširitev napetostnega območja v radialnem vodu

Po priključitvi MHE na radialni SN vod pretoki moči niso več le v eni smeri. Prispevek MHE se v točki priključitve razdeli v vse smeri. Zaradi spremenjenih pretokov pride do lokalnih napetostnih ekstremov (sliki 3 in 4.). Teh napetosti ne moremo regulirati s transformatorji VN,(SN)/SN in jih je potrebno obravnavati ločeno.





Slika 13: Vpliv MHE na napetostne razmere v radialnem vodu



Slika 14: Vpliv MHE na napetostne razmere v radialnem vodu, ob priključitvi MHE v sredini voda

Pri določitvi optimalnega načina vključitve MHE v omrežje glede na napetostne razmere, je potrebno izračunati napetostno območje v vsakem vozlišču omrežja. Ta napetostna območja izračunamo iz pretokov moči za minimalno in maksimalno obremenitev pri maksimalni in minimalni proizvodnji, po možnosti z upoštevanjem dejanskih diagramov obremenitve in proizvodnje.

Pri optimiranju obratovanja posameznega omrežja, je možno s kombinirano proizvodnjo delovne ter proizvodnjo ali porabo jalove moči zagotavljati napetosti v ustreznih mejah.

#### **4. 7 Analize različnih obratovalnih stanj**

Konične obremenitve porabe električne energije se spreminjajo v odvisnosti od letnega časa, vremenskih razmer, dneva v tednu in dnevnega časa. Največje konice se dosežajo pozimi, v delovnih dneh, v dopoldanskem času, najmanjše pa v nedelavnih dneh in v nočnem času.

Vse male elektrarne obratujejo s trenutno močjo, ki je pogojena z dotokom vode. To pomeni, da je moč elektrarn neposredno odvisna od trenutnih pretokov voda, na katerih so postavljene elektrarne. Elektrarne dosežajo največjo moč v daljšem časovnem obdobju v spomladanskem in jesenskem času. V primeru obilnejših padavin, se največja moč lahko pojavi tudi v poletnem času, vendar v krajšem časovnem obdobju. Minimalna moč elektrarn je običajno dosežena pozimi, v mesecih od januarja do marca. Takrat je vode zaradi padavin v obliki snega manj, zato je moč minimalna.

Vse elektrarne se zaustavijo v primeru izpada priključnega daljnovoda ali motnje na povezavi do RTP. Ko je napetost na vodih spet prisotna, se elektrarne lahko ponovno zaženejo. V času od ponovne vzpostavitve napetosti na vodih do zagona elektrarn, se porabniki napajajo iz elektroenergetskega omrežja in prispevka elektrarn ni. Iz zgoraj navedenega je razvidno, da moramo upoštevati kot eno karakteristično stanje polno moč elektrarn, kot drugo karakteristično stanje pa, ko je moč elektrarn minimalna.

Združitev karakteristik konice porabe in moči elektrarn nam pokaže dve karakteristični stanji. Prvo stanje nastopi ob največji konici in obratovanju elektrarn pri minimalni moči, drugo stanje pa nastane ob minimalni konici in največji moči elektrarn v obratovanju.

## 5 ENERGETSKI ZAKON (EZ)

### Splošne določbe

#### 1. člen

Ta zakon določa načela energetske politike, pravila za delovanje trga z energijo, načine in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb na področju energetike, načela zanesljive oskrbe in učinkovite rabe energije ter pogoje za obratovanje energetskih postrojenj, pogoje za opravljanje energetske dejavnosti, ureja izdajanje licenc in energetskih dovoljenj ter organe, ki opravljajo upravne naloge po tem zakonu.

#### 2. člen

S tem zakonom se zagotavljajo pogoji za varno in zanesljivo oskrbo uporabnikov z energetskimi storitvami po tržnih načelih, načelih trajnostnega razvoja, ob upoštevanju njene učinkovite rabe, gospodarne izrabe obnovljivih virov energije ter pogojev varovanja okolja.

#### 3. člen

S tem zakonom se zagotavlja konkurenčnost na trgu energije po načelih nepristranskosti in preglednosti, upoštevanje varstvo potrošnikov in izvajanje učinkovitega nadzora nad oskrbo z energijo.

#### 4. člen

V tem zakonu uporabljeni pojmi pomenijo:

**energija:** je vsaka oblika proizvedene ali pridobljene energije, namenjene za dobavo ali prodajo;

**dispečiranje:** je prilagajanje proizvodnje električne energije porabi na državni ravni;

**distribucija:** je transport goriv ali električne energije po distribucijskem omrežju;

**distribucijsko omrežje:** je energetska omrežje od prenosnega omrežja do končnega odjemalca;

**dobava:** je organiziranje ali prodaja energije in goriv odjemalcem;

**dobavni pogoji:** so tehnično in ekonomsko opredeljene obveznosti za dobavo energije, ki zavezujejo dobavitelja in odjemalca;

**dobavitelj energije:** je pravna ali fizična oseba, ki odjemalca na osnovi pogodbe oskrbuje z energijo ali gorivom;

**dostop do omrežja:** je uporaba energetskega omrežja za odjem ali oddajo dogovorjene količine električne energije ali plina ob dogovorjenem času;

**energetske storitve:** so storitve, katerih ključni pogoj je raba energije, kot je to npr. zagotavljanje razsvetljave, ogrevanja, hlajenja, transporta, delovanja informacijskih in komunikacijskih naprav, mehanskega dela ter kemične in električne energije;

**geotermalna energija:** je toplotna energija, pridobljena iz zemlje z vodonosniki;

**goriva:** so trdna, tekoča in plinasta goriva, ki z zgorevanjem ali drugim kemičnim ali fizikalnim procesom sproščajo energijo;

**kvalificirani proizvajalec:** je tisti proizvajalec, ki v posameznih proizvodnih objektih proizvaja električno energijo z nadpovprečno dejansko doseženim izkoristkom pri sproizvodnji električne energije in toplote, ali če izkorišča odpadke ali obnovljive vire energije na ekonomsko primeren način, ki je usklajen z varstvom okolja;

**lokalni energetski koncept:** je koncept razvoja lokalne skupnosti na področju oskrbe in rabe energije, ki poleg načinov bodoče oskrbe z energijo vključuje tudi ukrepe za učinkovito rabo energije, sproizvodnjo toplote in električne energije, uporabo obnovljivih virov energije in odpadkov;

**načelo trajnostnega razvoja:** razvoj, s katerim zadostimo sedanje potrebe ne da bi ogrozili možnost bodočih generacij, da zadostijo svojim lastnim potrebam;

**nasedle investicije:** so investicije, ki so bile načrtovane in izvedene pred 1.1.1997 in v tržnih razmerah niso rentabilne, oziroma se ne morejo amortizirati;

**obnovljivi viri energije:** so viri energije, ki se v naravi ohranjajo in v celoti ali pretežno obnavljajo, posebej pa energija vodotokov, vetra, neakumulirana sončna energija, biomasa, bioplin in geotermalna energija;

**odjemalec:** je pravna ali fizična oseba, na pogodbeni osnovi oskrbovana z energijo ali gorivi za lastno rabo;

**omrežje:** je sistem povezanih naprav, ki so namenjene prenosu ali distribuciji električne energije, toplote ali plina do odjemalcev;

**organizator trga:** je pravna oseba, ki je določena za organiziranje delovanja trga z električno energijo ali z zemeljskim plinom po določbah tega zakona;

**oskrba z energijo:** je proces pridobivanja in predelave, proizvodnje, prenosa, distribucije in dobave energije;

**organiziran trg z električno energijo:** je ustanova, v kateri poteka organizirana izmenjava ponudb po nakupu s ponudbami po dobavi električne energije ter trgovanje za dan časovni okvir;

**pridobivanje:** je proces izkoriščanja goriv in toplote iz naravnega okolja;

**priključitev na omrežje:** je fizična priključitev ali priklop na energetska omrežje pod pogoji določenimi s tem zakonom;

**proizvodnja:** je fizikalni ali kemični proces transformacije goriv in obnovljivih virov energije v električno, toplotno in druge oblike energije;

**predelava goriv:** pomeni kemični ali fizikalni proces, s katerim gorivu spreminjamo lastnosti ali stanje;

**prenos:** je transport goriv ali električne energije po prenosnem omrežju;

**prenosno omrežje:** je visokonapetostno električno omrežje ali plinsko omrežje od proizvajalca oziroma povezave s sosednjimi prenosnimi omrežji do distribucijskega omrežja ali končnega odjemalca;

**sistemske storitve:** so storitve, ki omogočajo nemoteno, zanesljivo in kvalitetno oskrbo z energijo;

**soproizvodnja:** je tehnološki proces sočasne proizvodnje koristne toplotne in električne energije iz istega energetskega vira (kogeneracija);

**strnjeno oskrbovalno območje male oskrbe:** geografsko in z distribucijskim omrežjem povezano sklenjeno območje, na katerem izvaja malo oskrbo v eni ali več lokalnih skupnostih isti izvajalec male oskrbe z električno energijo;

**tarifni sistem za prodajo energije:** določa elemente in način njihove uporabe za prodajo energije odjemalcem glede na vrsto odjema;

**tekoča goriva so:** utekočinjeni naftni plin, primarni bencin, motorni bencin - osvinčeni, motorni bencin - neosvinčeni, letalski bencin za batne motorje, bencinsko gorivo za reaktivne motorje, petrolejsko gorivo za reaktivne letalske motorje, ostali petroleji, ekstra lahko kurilno olje, dieselsko gorivo, kurilno olje;

**terminal z utekočinjenim zemeljskim plinom:** je terminal, ki se uporablja za utekočinjanje zemeljskega plina, njegovo skladiščenje in uplinjanje;

**tranzit:** je transport (prenos) energije ali goriv s poreklom z območja druge države in namenjenih na območje tretje države čez ozemlje Republike Slovenije, oziroma transport energije s poreklom z območja druge države namenjene na območje te druge države čez ozemlje Republike Slovenije;

**upravičeni odjemalec:** je odjemalec, ki lahko prosto izbira dobavitelja po določbah tega zakona;

**upravljalca omrežja:** je pravna ali fizična oseba, ki je določena za upravljanje, obratovanje in razvoj omrežja po določbah tega zakona;

**varčevalni potencial:** je delež energije v skupnem obsegu rabe energije pri porabniku, ki ga je možno znižati z ekonomsko utemeljenimi vlaganji.

## 6 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi sva ugotovila, da proizvedena energija iz MHE predstavlja le nekaj odstotkov celotne proizvedene energije. V glavnem so bile izkoriščene tiste vode, kjer so nekdanj izkoriščali vodo za pogon žag in mlinov, ponekod pa so že imeli elektrarno v glavnem za lastno uporabo.

Z izgraditvijo javnega električnega omrežja do skoraj vsake hiše, in glede na nizko ceno električne energije, so MHE v glavnem vse propadle.

Tudi zakonodaja ni dopuščala, da bi posamezniki lahko proizvajali električno energijo, država pa za MHE ni imela posluha. Šele s stalnim delovanjem, da bi z izkoriščanjem precejšnjih vodnih virov lahko proizvedli precej energije, se je pojavila zasebna iniciativa in pričela se je gradnja MHE.

Glede rentabilnosti ima skoraj vsaka MHE svojo specifičnost. Vse je odvisno od razpoložljivih količin vode, zgrajene infrastrukture, dobave opreme turbin, generatorjev, dovodnih cevi, zaščite in vključitve MHE na javno električno omrežje. Na zemljiščih, kjer so že bili zgrajeni objekti ob kanalih ali potokih, je bila investicija bistveno manjša kot tam, kjer je bilo potrebno vse zgraditi znova.

Tudi potrebna dokumentacija za izgradnjo pomeni strošek. V primeru prvih MHE so bile velike težave s pridobivanjem dokumentacije, manj pa s pridobitvijo soglasij za izgradnjo cevovoda na terenu in postavitev ali izkoriščanje objekta, v katerem se nahaja MHE. Običajno so bili na začetku investitorji ljudje, ki niso bili lastniki zemljišč, imeli pa so dovolj volje, znanja in denarja, da so vlagali kapital v MHE. Tudi koncesij za izkoriščanje vodnih virov ni bilo potrebno pridobiti.

Z uvedbo zasebne lastnine je veliko težje priti do soglasij, saj vsak vidi svoj interes. Omeniti velja, da so banke na začetku nudile dokaj ugodne kredite, pa tudi država je iz potrebnih energetskega skladov delila nepovratna sredstva. Vse bolj se ugotavlja, da morajo tudi MHE prispevati svoj delež pri prenovi prenosnih omrežij, prav tako pa je problem jalova energija, ki pomeni za distribucijo samo strošek.

MHE obratujejo otočno, to pomeni, da za obratovanje ne rabijo javne električne energije. Na tak način je zagotovljeno, da ob izpadu javnega električnega omrežja izpade iz obratovanja tudi MHE. Stroški zaščite so tako minimalni, varnost omrežja pa je zagotovljena.

Iz vsega tega je možno sklepati, da se bodo investicije v MHE vračale investitorjem zelo različno. Ocena je, da se najhitreje vrne v MHE, ki so zgrajene na kanalih, kjer je voda ne

glede na vremenske razmere konstantna. Problem so padci, pa tudi količina vode je omejena. MHE imajo moči od 8 - 30 kVA, za večjo moč pa je potrebno izgraditi lastno transformatorsko postajo 20/0,4 kV in preko nje pošiljati energijo v omrežje, kar pa zelo podraži izgradnjo.

Na koncu sva prišla so sklepa, da MHE dolgoročno prinašajo dobiček. Vse je seveda odvisno od cene električne energije, ki se je zadnja leta zelo povečala, in to za 14,57 %, ter od donosa MHE, ki se iz leta v leto spreminja.



## 7 LITERATURA

1. Statistični letopis energetskega gospodarstva republike Slovenije 1998 – Ministrstvo za gospodarske dejavnosti.
2. Zakon o energetskega gospodarstvu, UR. I. SRS 33/81, str. 2001; (12. člen: Po tem členu lahko občani in civilno pravne osebe ter organizacije združenega dela svoje elektroenergetske potrebe pokrivajo z naložbami v lastne proizvodne objekte. V primeru, ko proizvedena energija v lastnih proizvodnih objektih presega lastne potrebe, lahko presežek oddajo v elektroenergetski sistem).
3. Uredba o ureditvi določenih vprašanj s področja voda, UR. I. SRS 22/76, str. 1321.
4. Zakon o vodah, UR. I. SRS 38/81, str. 2308.
5. Strokovno navodilo o tem, kakšna dokumentacija je potrebna za pridobitev vodogospodarskega soglasja in vodogospodarskega dovoljenja in kaj morajo vsebovati vodogospodarska soglasja in vodogospodarska dovoljenja, UR. I. SRS 27/84, str. 1570 in 3/86, str. 221.
6. Zakon o graditvi objektov, UR. I. SRS 34/94, 29/86 in UR. I. RS 40/94, 69/94, 59/96, 29/95.
7. Zakon o varstvu okolja, UR. I. RS 32/93, str. in 1/96, str. 5.
8. Uredba o vrstah posegov v okolje za katere je obvezna presoja vplivov na okolje, UR. I. RS 66/96, str. 5498.
9. Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije, UR. I. RS 35/98, str. 2536.
10. Zakon o ohranjanju narave, UR. I. RS 56/99, str. 7146.
11. Energetski zakon, UR. I. RS 79/99, str. 12378.
12. Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o vrstah posegov v okolje, za katere je obvezna presoja vplivov na okolje, UR. I. RS 12/2000, str. 1573.
13. Navodila za priključitev in obratovanje malih elektrarn in rezervnih agregatov, Ljubljana, 1979 (DES).
14. Navodilo za gradnjo in priključitev malih HE moči do 36 kVA, SOZD Elektrogospodarstva Slovenije, Ljubljana 1984.
15. Navodilo za priključitev in obratovanje elektrarn neodvisnih proizvajalcev električne energije, Elektroprojekt Ljubljana, Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, 1994.
16. SIST IEC 38 IEC standard voltages (z metodo razglasitve prevzet mednarodni standard IEC 38, 1983 in IEC AMN1, 1994).

17. SIST ENV 50160, 1997 Voltage characteristics of electricity supplied by public systems (z metodo razglasitve prevzet evropski standard ENV 50160, 1994).
18. Slovenski elektrotehniški slovar, Elektrotehniška zveza Slovenije, 1997.
19. Leopold Šolc, Hidroenergetski stroji in naprave, Ljubljana 1968.
20. Marjan Plaper, Elektroenergetska omrežja II, Ljubljana 1975.
21. Ferdinand Gubina, Anton Ogorelc, Vodenje elektroenergetskega sistema, Ljubljana 1997.

## **8 ZAHVALA**

Pri sestavi raziskovalne naloge so nama z mnogimi nasveti pomagali prof. Metod Trunkl, univ. dipl. inž., Andrej Arh, univ. dipl. inž., Boštjan Liliija, univ. dipl. inž., za kar se jim iskreno zahvaljujemo. Zahvalila bi se tudi prof. Andreji Tkalec za opravljeno lektorsko delo.