MALE HIDROELEKTRANE

Male Hidroelektrane

- Osnovni dijelovi i izvedbe malih HE
- Projektiranje malih HE
- Rad malih HE u EES i ekološki utjecaj
- Potencijali malih HE u svijetu i HR

Definicija malih hidroelektrana (MHE)

- Općenito, hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna i kinetička energija vode preko turbine, generatora i ostalih dijelova pretvara u električnu energiju.

- Mala hidroelektrana je, prema postojećim propisima u Hrvatskoj, odrenena kao postrojenje za iskorištavanje energije vodotokova s izlaznom električnom snagom od 10 kW do 10 MW.

Definicija malih hidroelektrana

- Ne postoji točna definicija malih hidroelektrana. Neke zemlje poput Portugala, Španjolske, Irske, Grčke i Belgije su prihvatile 10 MW kao gornju granicu instalirane snage za male hidroelektrane. U Italiji je granica 3 MW, u Švedskoj 1.5 MW, u Francuskoj 8 MW, u Kini 25 MW, u Indiji 15 MW.

- Međutim, u Europi se sve više prihvaća kapacitet od 10 MW instalirane snage kao gornja granica i tu granicu je podržala i Europska udruga malih hidroelektrana (ESHA), te Europska komisija.

Hidrosustavi

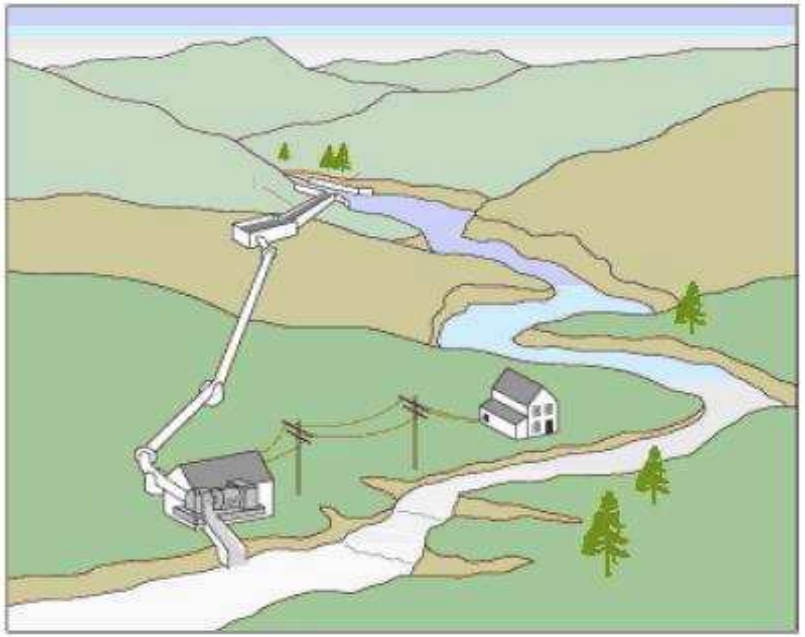
- Dimenzije - veliki, mali, mikrosustavi
- Veliki definirani kao veći od 10(30) MW, najveće HE:

  - Itaipu (Brazil i Paragvaj), rijeka Parana, jezero 170x7 km, 196 m visoka brana, snaga 18x700 MW (+2x700 MW u izgradnji), 75 TWh godišnje
  - The Three Gorges (tri klisure) u Kini, rijeka Yangtze, jezero 640x1.6 km, 175 m visoka brana, snaga 26x700 MW, puštena u pogon 2007., potpljeno 160 gradova, 1500 sela (preko milijun ljudi preseljeno)

- Mali sustavi definirani od 100 kW do 10 (30) MW, dovoljno npr. za potrebe industrije i manjih gradova. U Hrvatskoj po definiciji od 100 kW do 10 MW.
- Mikrosustavi definirani do 100 kW, u porastu, ekološki prihvatljivo.

Karakteristični djelovi malih HE

Sustav (male) hidroelektrane se sastoji od svih objekata i dijelova koji služe za skupljanje, dovođenje i odvonenje vode, za pretvaranje mehaničke u električnu energiju, za transformaciju i razvod el energije.



Razlikuju se sljedeći karakteristični dijelovi hidroelektrane:
- brana ili pregrada
- zahvat
- dovod
- vodna komora ili vodostan
- tlačni cjevovod
- strojarnica (turbina, generator...)
- odvod vode.

Prema tipu hidroelektrane mogu neki od ovih dijelova potpuno izostati, a u drugim slučajevima može isti dio preuzeti više funkcija.

Projektiranje malih hidroelektrana

- Niskotlačne MHE sa strojarnicom na dnu brane

Male hidroelektrane si ne mogu priuštiti gradnju velikih rezervoara ili akumulacija da se koriste zalihama vode kada je to najpogodnije. Cijena izgradnje relativno velike brane bi bila preskupa i ekonomski neisplativa.

Ali ako je akumulacija već izgranena za druge svrhe, kao što su zaštitaod poplave, navodnjavanje, prikupljanje vode za velike gradove, rekreacijska područja i slično, moguće koristeći postojeći odvod ili prirodni tok rezervoara.

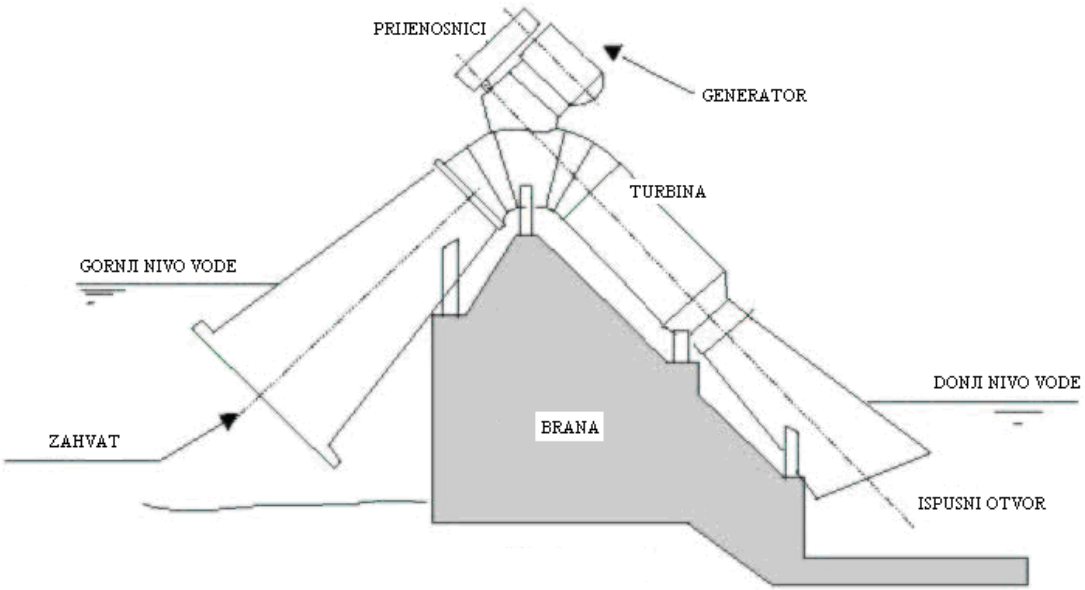
Ako brana već ima ispusni otvor moguća je izvedba MHE prikazana na slici.

Projektiranje malih hidroelektrana (2)

- Niskotlačne MHE sa sifonskim odvodom

U slučaju da brana nije previsoka može se ugraditi sifonski dovod. Integralni sifonski dovod omogućuje elegantnu izvedbu postrojenja, najčešće do visine 10 m i za postrojenja do 1000 kW, iako postoje postrojenja sa sifonskim dovodom sa instaliranom snagom do 11 MW (Švedska) i visine do 30.5 m (SAD).

Turbine mogu biti smještene navrhu brane na nizvodnoj strani.



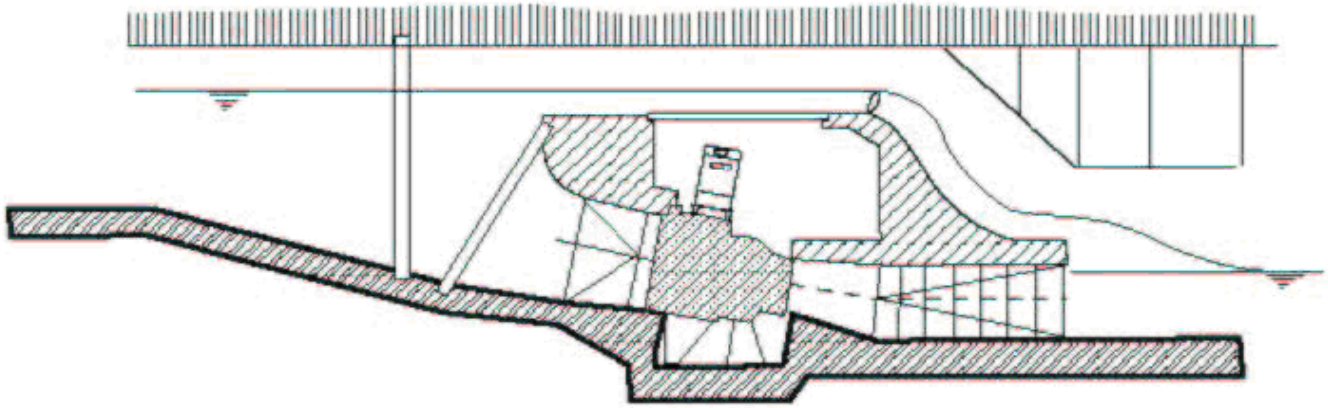
MHE integrirane unutar kanala za navodnjavanje

Postoje dvije izvedbe malih hidroelektrana koje koriste kanal za navodnjavanje:

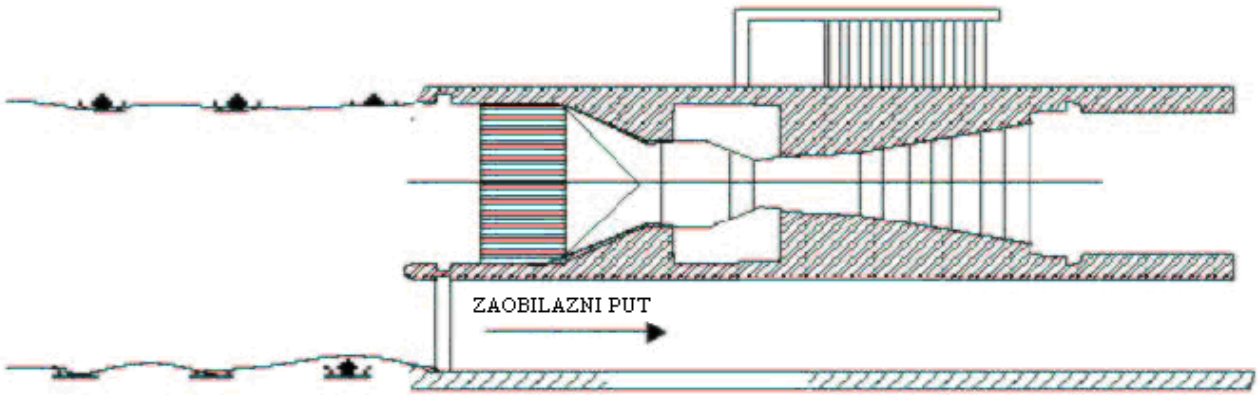
1. Ako je kanal dovoljno velik za smještaj zahvata, strojarnice, odvoda i bočnog obilaza za vodu. Slika prikazuje izvedbu takve vrste sa uronjenom strojarnicom opremljenom sa desno kutnom pogonskom Kaplanovom turbinom.

   Da bi osigurali opskrbu vode za natapanje izvedba mora sadržavati bočni obilaz u slučaju gašenja turbine. Ovakva izvedba zahtjeva projektiranje istovremeno kada i projektiranje kanala za natapanje, jer bi ugranivanje u kanal koji je već u funkciji mogla biti vrlo skupa opcija.

MHE integrirane unutar kanala za navodnjavanje (2)



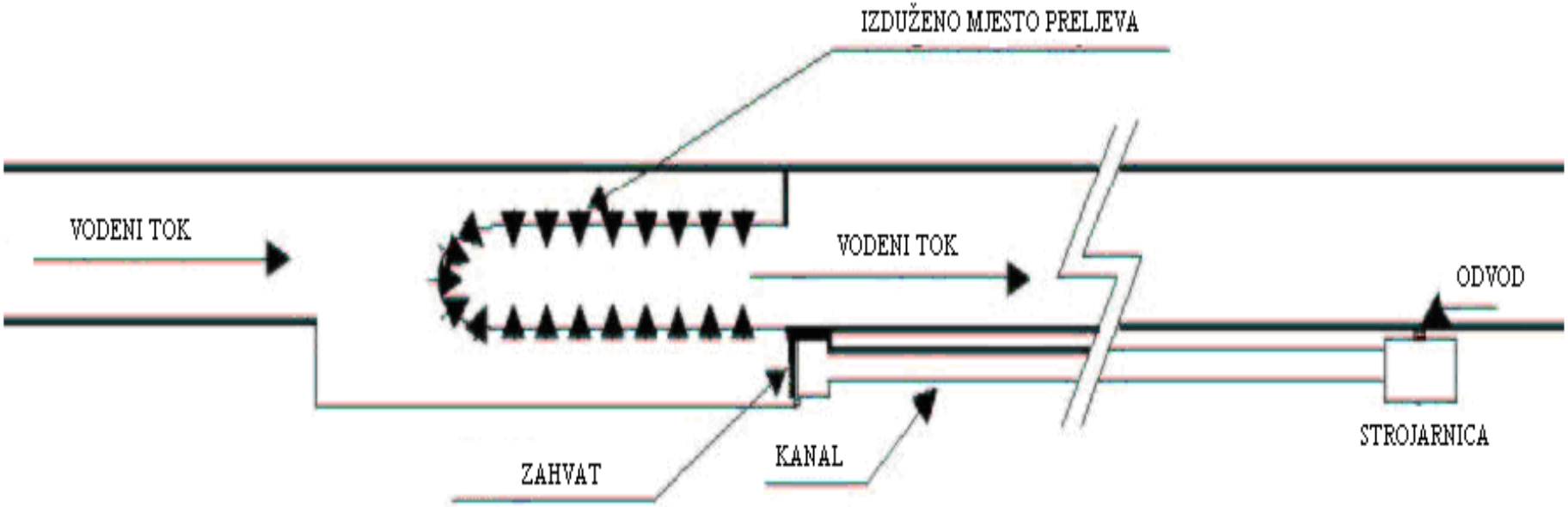
PRESJEK



PLAN

MHE integrirane unutar kanala za navodnjavanje (3)

2. Ako kanal već postoji, pogodna opcija prikazana je na slici. Kanal bi trebalo neznatno povećati za smještaj zahvata i preljeva. Da se širina zahvata reducira na minimum, treba ugraditi izduženi preljev. Od zahvata se voda kroz tlačni cjevovod dovodi do turbine, a zatim se kroz kratki ispust vraća u kanal. Uglavnom u kanalima nema migracije riba pa su prolazi za ribe nepotrebni.

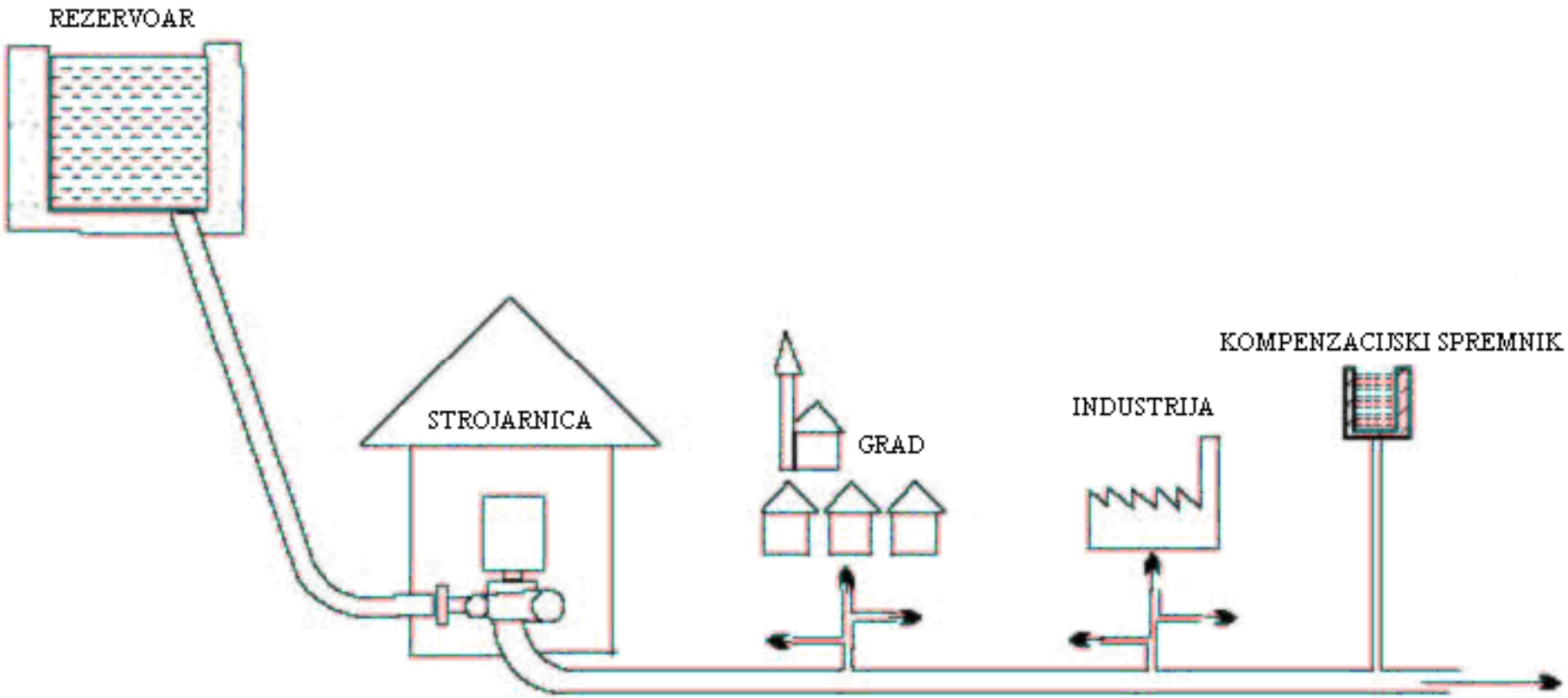


MHE ugrađena u vodoopskrbni sustav

Voda za piće se isporučuje u grad transportom vode iz povišenog rezervoara kroz cjevovod pod pritiskom. Uobičajeno, u takvim vrstama instalacije disipacija energije na nižem kraju cjevovoda, na ulasku u postrojenje za pročišćavanje vode, se ublažava korištenjem specijalnih ventila.

Smještanjem turbine na kraj cjevovoda, da pretvori ionako izguljenu energiju u električnu, je zgodna opcija, pod uvjetom da se uzbjegne vodeni udar. Da bi se osigurala trajna opskrba vodom mora biti ugranen sustav obilaznih ventila. U nekim vodoopskrbnim sustavima turbina ima ispust u otvoreni bazen ili jezero. Sustav za kontrolu održava nivo vode u bazenu. U slučaju mehaničkog zastoja ili zastoja turbine, sustav obilaznih ventila takoner može održavati razinu vode u bazenu. U slučaju da glavni obilazni ventil ispadne iz pogona pojavljuje se nadtlak, te se pomoćni obilazni ventil brzo otvori. Kontrolni sustavi su još složeniji u sustavima gdje je izlaz iz turbine podvrgnut protupritisku vodene mreže.

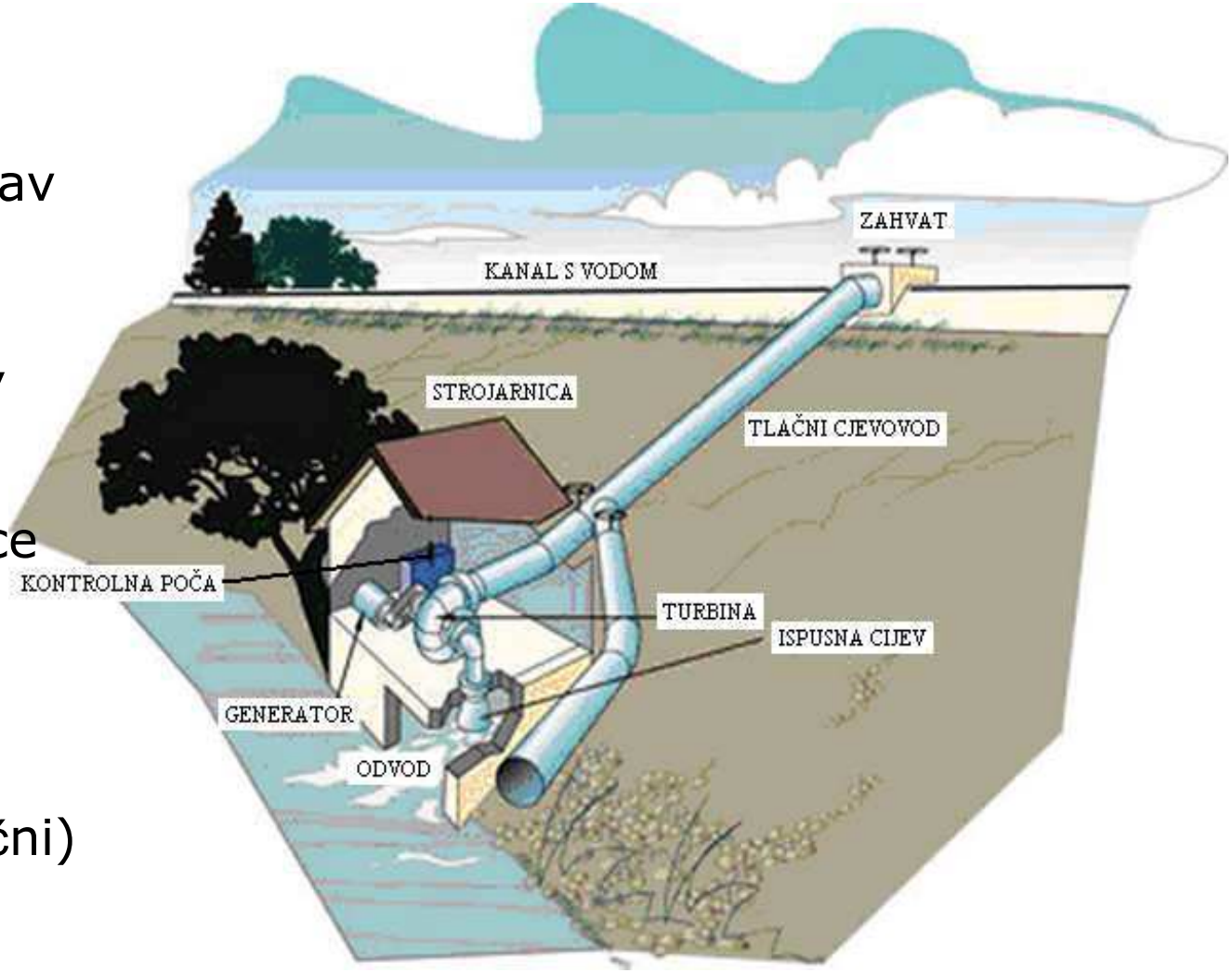
MHE ugrađena u vodoopskrbni sustav (2)



Primjer mikrosustava za proizvodnju električne energije

Jednostavan sustav koji se sastoji od:

kanala sa vodom, ventila za dovod vode, cjevovoda, te male strojarnice koja sadržava upravljačku ploču, generator, turbinu i odvod vode (vrlo praktični)



Projektiranje malih HE

- **Poznavanje i izgranenost prostora nužni su kako sa stajališta** mogućnosti unošenja novih zahvata, tako i sa stajališta utjecaja novog zahvata na postojeće i planirane zahvate. Podaci se nalaze u postojećim dokumentima, katastrima, kartografskim materijalima, a neke je potrebno snimiti.

- Izbor odgovarajućih rješenja neposredno je ovisan o **svojstvima sredine u kojoj se planira gradnja male hidroelektrane (priroda,** izgraneni prostori), kao i o **raspoloživosti materijala za granenje,** mogućnosti izgradnje nosive (stabilne i čvrste), uporabljive i trajne granevine pouzdane u korištenju.

Projektiranje malih HE (2)

- Budući da se hidrotehničkim zahvatima neposredno mijenja stanje vode u prirodi što posredno djeluje na stanje okoliša manje ili više intenzivno, razmatraju se ona moguća rješenja, koja su **ekološki prihvatljiva – rješenja koja podržavaju održivi razvoj.**

- Gradnja male hidroelektrane je zahvat u funkciji razvoja društva – neophodno je uskladiti rješenja s ostalim sudionicima izgradnje ikorištenja raspoloživih bogatstava, a ne manje važno je pripremiti **ekonomski prihvatljiva rješenja.**

- Nakon prikupljanja podloga i izvršenja odgovarajućih istražnih radova, te njihove obrade, pristupa se analizi mogućnosti prirodnih vodotoka i mogućnosti iskorištenja hidroenergetskog potencijala izgranenih objekata na malim vodotocima**.**

Projektiranje malih HE (3)

Prilikom **projektiranja malih HE potrebno je razmoriti slijedeće:**

1. Geološke karakteristike
2. Hidrološki i meteorološki istražni radovi
3. Stanje na terenu
4. Bruto energetski potencijal
5. Veličina izgradnje male HE
6. Izbor turbine i neto snaga za male HE

Projektiranje malih HE (4)

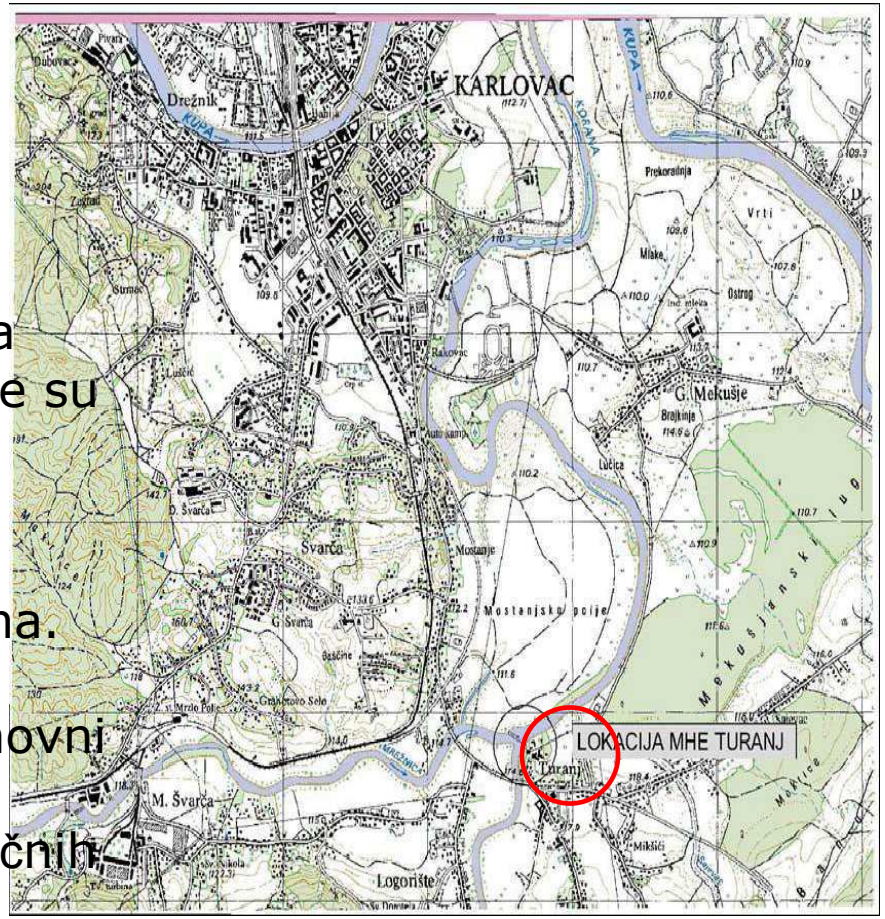
1. Geološke karakteristike

1.1. Oblik zemljišta

Konfiguracija terena prikazuje se geodetskim kartama različitih mjerila.

Karte služe za smještaj hidroelektrana na teren u vidu preglednih situacija, te su podloga za hidrološke, hidrauličke i geotehničke proračune, kao na primjer: definiranje slivnog područja, proticajni profili vodotoka i profili terena.

U Geodetskoj upravi nalazi se sav osnovni kartografski materijal o Hrvatskoj. Katastar geoloških, hidrogeoloških i sličnih istraživanja nalazi se u Geološkom institutu.



Ušće Mrežnice u Koranu (MHE Turanj)

Projektiranje malih HE (5)

1.2 **Svojstva zemljišta**

- Ovisno o veličini i utjecaju zahvata na prostor potrebno je poznavati svojstva zemljišta šireg ili užeg prostora, sa stajališta površine i dubine do koje se očekuje značajno međudjelovanje građevine i prostora u kojem se ona izvodi.

- Općenito treba **osigurati mehaničku i kemijsku stabilnost temelja, kao i vododrživost prostora u kojem se izvode hidrotehničke granevine.**

Projektiranje malih HE (6)

1.3. Geodetski istražni radovi

- Potrebni samo u iznimnim situacijama:
  - snimanje uzdužnog profila, kada se iz raspol. topografskih karata ne može na nekom (dijelu ili cijelom) vodotoku dovoljno točno odrediti uzdužni pad,
  - snimanje uzdužnog i nekoliko poprečnih profila na dijelu vodotoka pogodnom za izgradnju brane i formiranje akumulacije,
  - snimanje uzdužnog profila na dionicama sa koncentracijama pada (kaskade, vodopadi, brzaci i sl.),
  - odrenivanje kote gornje i donje vode kod postojećih umjetnih koncentr. pada.

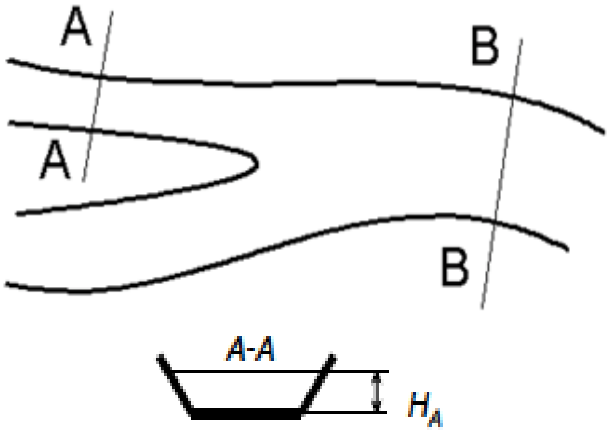
Projektiranje malih HE (7)

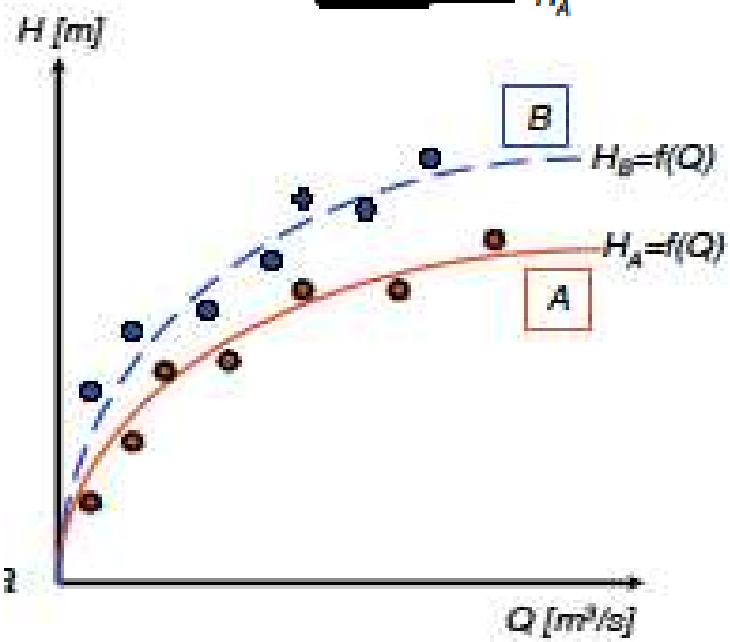
***2*. Hidrološki i meteorološki istražni radovi**
2.1. Osnovne hidrološke karakteristike na proticajnom profilu vodotoka

• Proticajni profil vodotokova - definira proticajne površine uzduž vodotoka, a dobije geodetskim snimanjem prirodnog korita poprečno na smjer toka.

• Vodostaj se kontinuirano mjeri vodokazom (fiksnim vodomjernim letvama na mjestu vodomjerne postaje i iz tih mjerenja se, statističkim i vjerojatnosnim računanjem, dobiju reprezentativni vodostaji za neki proticaj profil.

• Konsumpcijska (proticajna) krivulja definira prosječan odnos vodostaja i protoka u nekom trenutku na mjestu razmatrane vodomjerne postaje. Takoner se dobije statističkim proračunom iz niza simultanih mjerenja vodostaja i protoka.



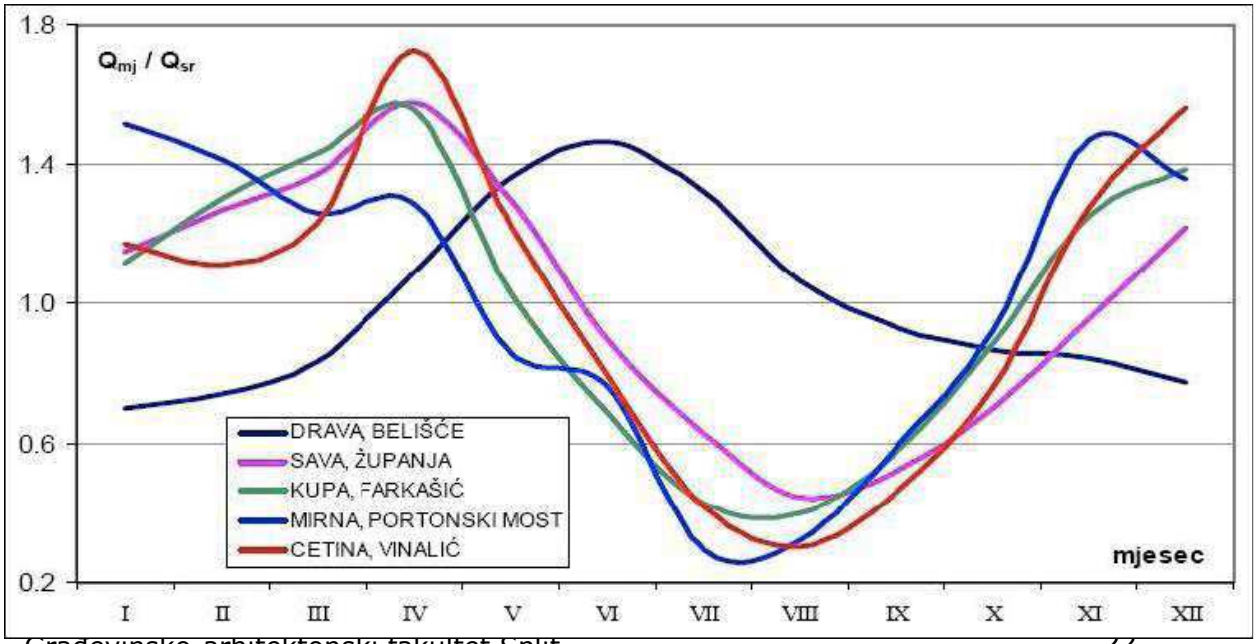


Projektiranje malih HE (8)

- Protok se na mjestu vodomjerne postaje odrenuje u pravilnim vremenskim razmacima. Za svaki izmjereni vodostaj protok se izračuna pomoću konsupcijske krivulje, a zatim se statističkim i vjerojatnosnim računanjem,dobiju reprezentativni protoci za neki proticajni profil.

- Računa se da su podaci tokom dana konstantni te se iz njih dobiju srednji mjesečni podaci, koji ovise o dobu godine i vlažnosti toga razdoblja. Na osnovu tih, kronološki poredanih, srednjih protoka dobije se godišnja krivulja protoka.

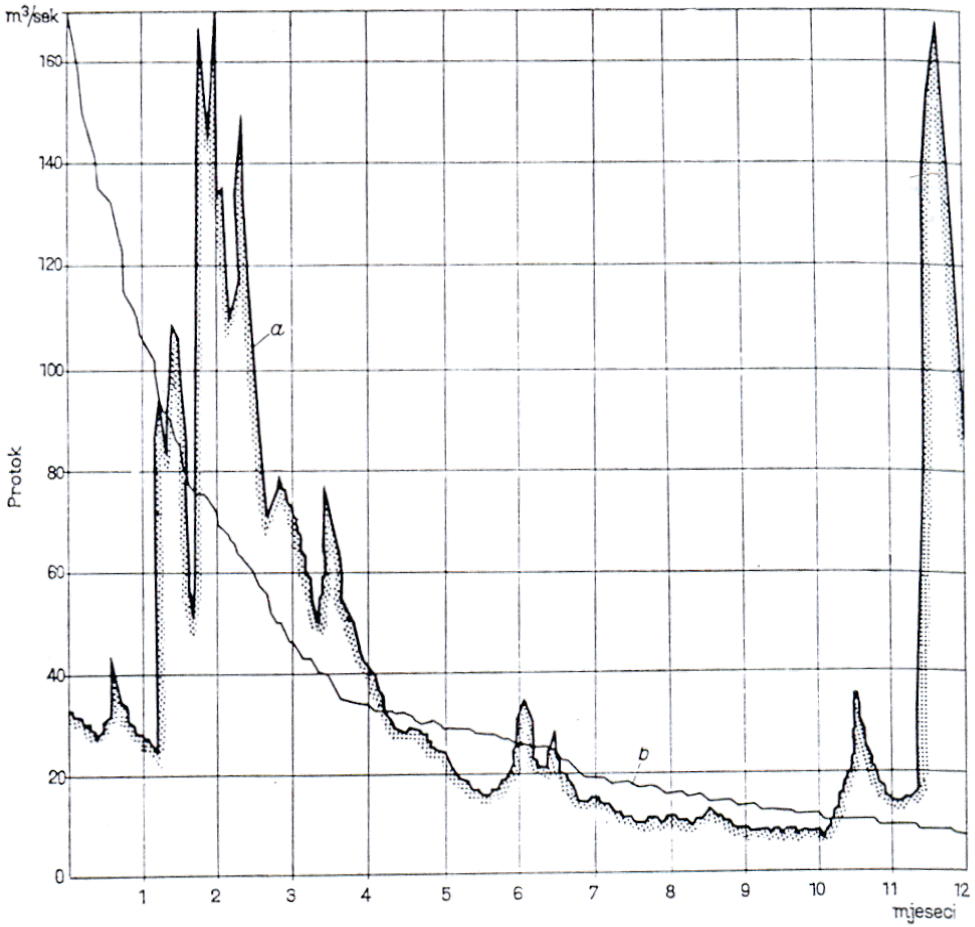
Krivulja protoka:
Raspodjela
srednjih protoka
važnijih vodotoka u HR



Projektiranje malih HE (9)

Krivulja protoka (a) i krivulja trajanja protoka (b)

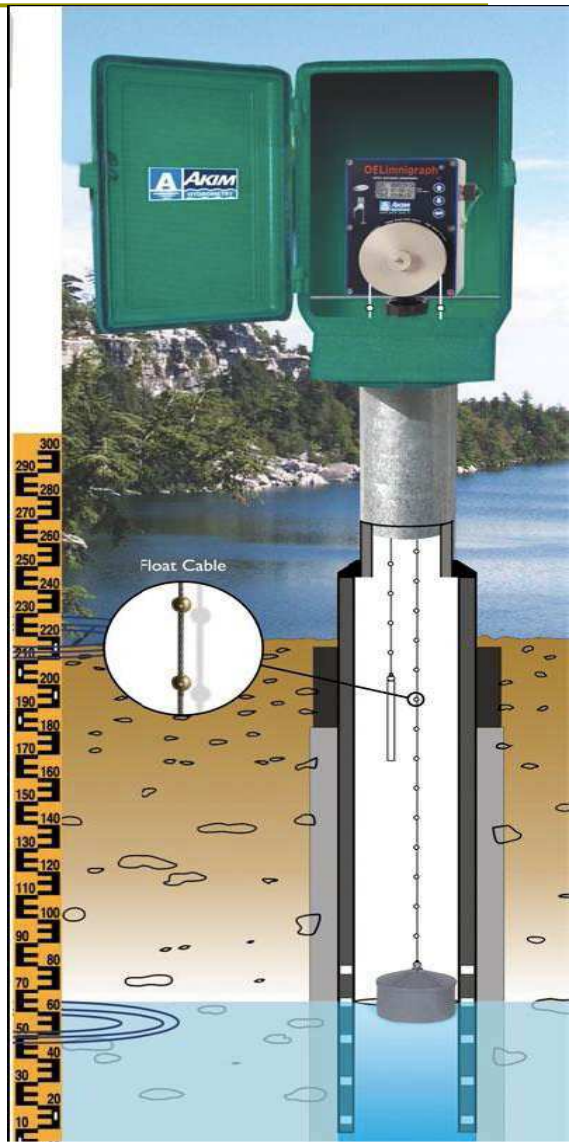
- Krivulja protoka Q [m3/s] količina vode u ovisnosti o vremenu.
- Ukoliko se umjesto kronološki uredi prema veličini krivulja trajanja protoka (običn na promatr. profilu za prosječna za mjerenja u 10 god.)
- Ako takvi podaci ne postoje ili su nedostupni, pristupa se dodatnom motrenju kroz kraće vremensko razdoblje od mjerodavnog.



Mjerenje protoka za male vodotoke

- Fluktuacije vodostaja i brzina prolaza vodnog vala, kod malih vodotoka (tipično za male HE) vrlo su brze.

- Moguće ih je registrirati samo kontinuiranim mjerenjima pomoću instrumenta za mjerenje brzine tekućine
  - limnigrafskim uređajem.



Mjerenje protoka pomoću limnigrafskog urenaja

Instrument se uranja u vodotok i kalibrira prema površini presjeka na tom mjestu. Podaci se pohranjuju u elektroničku memoriju.

Klima

2.2. Klimatološka svojstva područja izgradnje

- Klimatološka svojstva područja izgradnje promatraju se sa dva stajališta –
  1. Granenja i korištenja, te
  2. Eventualnih promjena koje mogu nastati zbog izgradnje hidrotehničkih sustava odnosno granevina.

- Stanje u dijelu atmosfere, kojima se bavi klimatologija, a značajno je sa stajališta hidrotehničkih granevina, opisuju:
  - temperatura vode i zraka,
  - vlažnost,
  - vjetar,
  - isparavanje sa zemljišta, bilja i vodene površine,
  - oborine,
  - insolacija.

Stanje na terenu

3. Utvrđivanje stanja na terenu

❑ Ako nije moguće prikupiti podatke potrebne za odrenivanje bruto potencijala vodotoka, pristupa se pregledu cijelog vodotoka (ili samo nekih dijelova).

❑ Pri tome treba procjenjivati i bilježiti sve karakteristike vodotoka i okolnog zemljišta. Prikupljanje podataka o vodotoku uključuje slijedeće:

- opis nastanka i procjena osnovnih karakteristika vodotoka,
- obraslost zemljišta i obranenost površina ima značajan utjecaj na koeficijent otjecanja i stupanj erozije u slivu,
- geometrijske karakteristike, ustaljenost i obraslost protjecajnog presjeka,
- maksimalni vodostaji često ostavljaju tragove na terenu, a posebno na objektima uz vodotok.
- minimalni i normalni vodostaji raspoloživi kroz veći dio godine posebno su zanimljivi za procjenu iskoristivosti malih vodotoka.

Energetski potencijal

4. Odrenivanje bruto-energetskog potencijala

❑ Svakom profilu vodotoka odgovara odrenena kota H (visina iznad površine mora) i odreneni srednji protok Q, pa se vodotok može prikazati Q-H dijagramom vodotoka.

❑ Pri odrenivanju srednje snage i energije vodotoka, pretpostavljeno je da je sva voda energetski iskoristiva, od izvora do ušća, te da se potencijalna energija vode pretvara (npr. u mehaničku) bez gubitaka.

❑ Postupak se osniva na izrazu za bruto snagu i energiju:

$$P = 9{,}81 \cdot Qs \cdot Hb \quad [kW]$$

$$W = P \cdot T = 9{,}81 \cdot Qs \cdot Hb \cdot T \quad [kWh]$$

gdje je: *Qs* srednji protok za promatrano razdoblje [m3/s]
Hb bruto pad (prirodni) u [m]
T promatrano razdoblje u [h] (obično 1 god = 8760 h)

Veličina izgradnje MHE

5. Odrenivanje veličine izgradnje male HE

1.Za odrenivanje veličine izgradnje male HE mogu se postaviti neki općeniti principi i pojednostavljena metodologija, u odnosu na onu koja se primjenjuje kod velikih HE.

1.Kod utvrnivanja principa odrenivanja veličine izgradnje za male hidroelektrane moraju se razlikovati tipovi postrojenja, kod kojih se osnovne koncepcije utvrnivanja instaliranog kapaciteta menusobno bitno razlikuju:

5.1. Male HE predvinene za samostalan rad
(kod lokacija udaljenih od distributivne elektroopskrbne mreže za samostalnu opskrbu izoliranih potrošača)
5.2. Male HE vezane na distributivnu mrežu

1.Općenito treba težiti da mala HE bude vezana na distributivnu mrežu uz mogućnost samostalnog rada u slučaju raspada sustava.

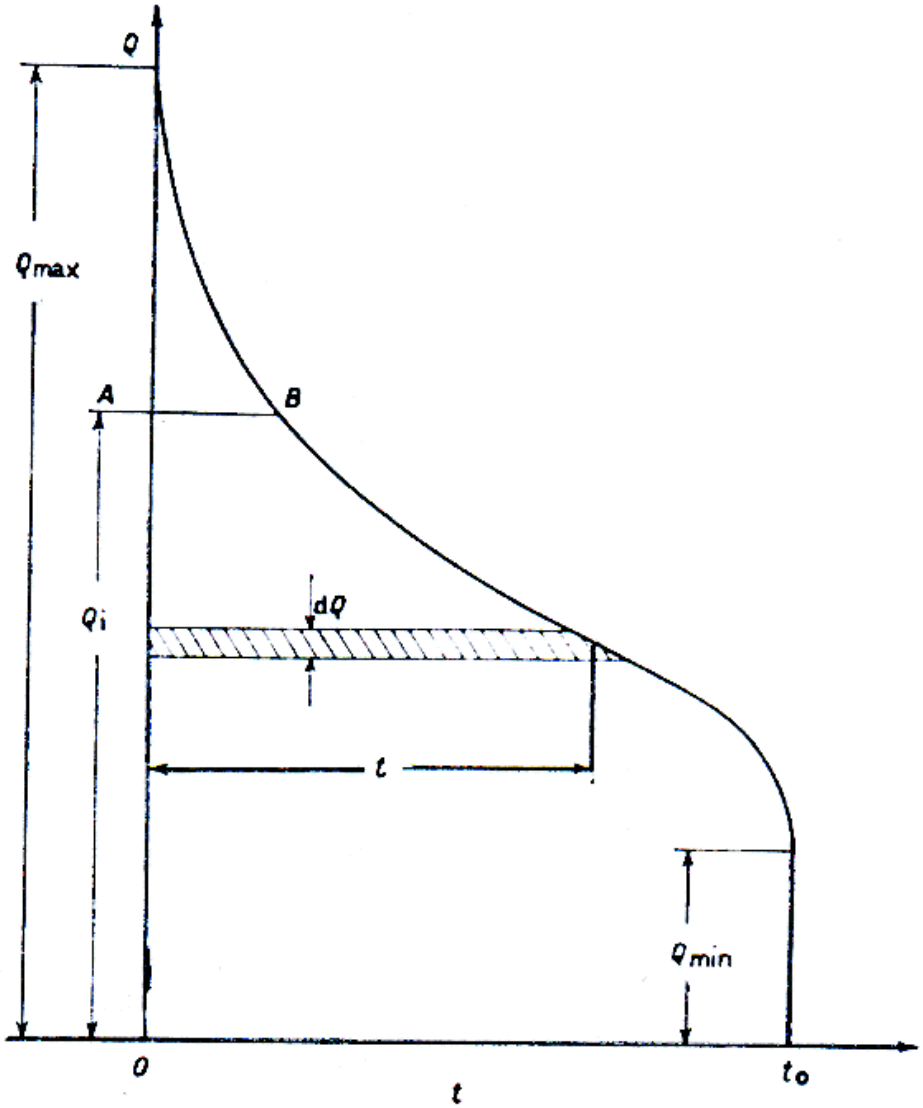
Iskoristivi volumen i protok

Iskoristivi volumen (m3) ovisan o veličini izgradnje Qi odrenuje se iz krivulje trajanja protoka Q = f(t) prikazane na slici

$$V_t = \int_0^{Q_i} t \cdot dQ$$

Srednji iskoristivi protok (m3/s) je onaj konstantni protok u kojem bi za isto razdoblje na promatranom profilu toka protekla količina vode Vi

$$Q_{si} = \frac{V_i}{t_0}$$

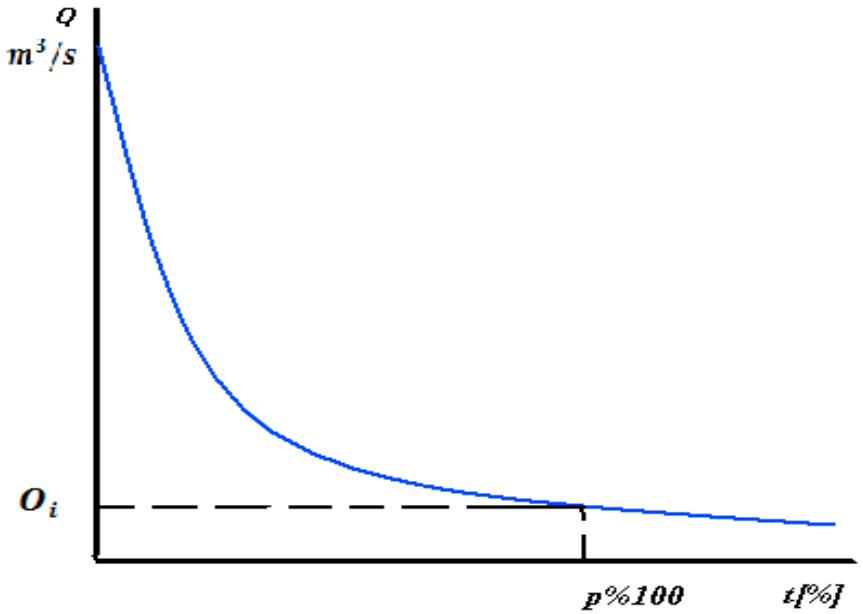


MHE predviđene za samostalni rad

Protočna postrojenja

- Veličina izgradnje odrenuje se na temelju krivulje trajanja protoka. Odluka se donosi na osnovu malih vodotoka neke odrenene frekvencije: kod protočnog postrojenja kao jedinog izvora energije za izoliranog potrošača sigurnost u opskrbi energijom ovisi samo o prirodnim protocima, pa su one i presudne za kriterij odrenivanja veličine izgradnje (trajanje malih voda u sušnom razdoblju).

- Tipična krivulja trajanja protoka: Qi je instalirani protok, a Qp% je protok (ili veći od njega) koji stoji na raspolaganju p % vremena, (100-p)% vremena su protoci manji od instaliranog, te će tada trebati provoditi redukciju potrošnje energije.



MHE predviđene za samostalni rad (2)

Postrojenja s akumulacijom za promjenjivo dnevno reguliranje dotoka

❑ Ukoliko na odabranoj lokaciji postoje povoljni hidrološkomorfološki uvjeti za formiranje akumulacije za potpuno ili djelomično dnevno izravnanje, princip odrenivanja veličine izgradnje razlikuje se od prethodnog slučaja jer je reguliranjem dotoka uz pomoć akumulacije moguće koncentrirati proizvodnju na kritična dnevna razdoblja. Oscilacije potrošnje energije u toku 24 sata ovise o vrsti konzuma i prikazuju se pomoću dnevnog dijagrama opterećenja.

Protočna postrojenja s rezervnim diesel agregatom

❑ Ako se uz protočno postrojenje instalira rezervni diesel agregat, protoci u sušnom razdoblju nisu više odlučujući, pa se postrojenje može instalirati na veći protok. Instalirana snaga odabrat će se veličinom kod koje će marginalni troškovi proizvodnje električne energije iz male HE i diesel agregata dostići minimalnu vrijednost.

MHE na distributivnoj mreži

- Izborom paralenog rada kao osnovnog režima rada, omogućeno je da mala HE u svakom trenutku, u okviru svog instaliranog protoka, stavlja na raspolaganje maksimalno moguću snagu s obzirom na raspoloživi protok.

- U slučaju smanjene lokalne potrošnje višak energije se isporučuje distributivnoj mreži, a u slučaju da ta potrošnja prelazi raspoloživu snagu elektrane, razlika energije se namiruje iz mreže.

- Time je riješeno pitanje viška energije elektrane i pitanje dopunske energije za potrošače u periodu malih voda. Na taj način, prilikom odrenivanja veličine izgradnje otpada utjecaj karakteristike lokalnog konzuma i krivulje njegove dnevne potrošnje.

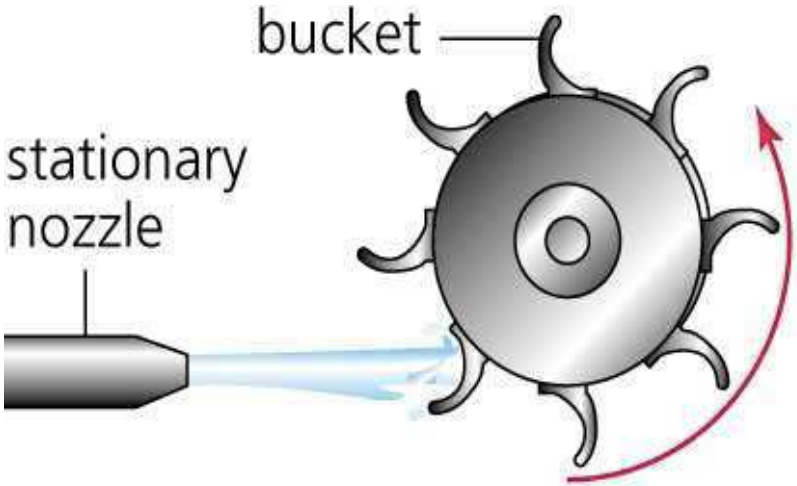
- Za analizu veličine izgradnje koristi se tipična krivulja trajanja srednjih dnevnih protoka koja je dovoljna za razmatrano područje i dobiti iskoristivost izgradnje (godišnji faktor kapaciteta)

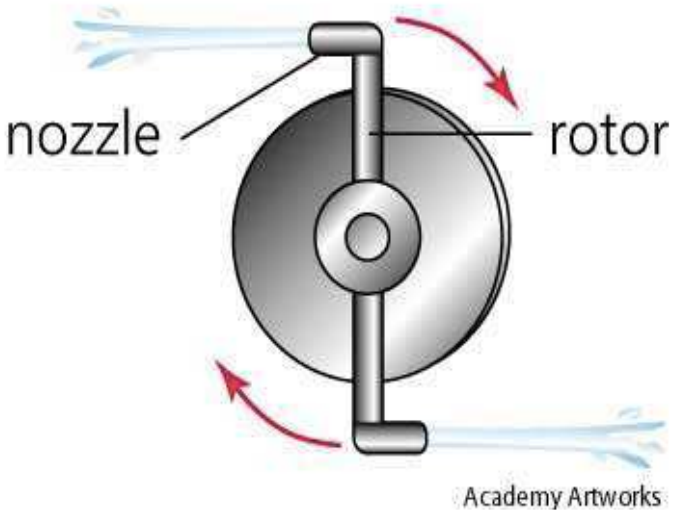
Izbor turbine

- Općenito vodne turbine dijele se na: **turbine slobodnog mlaza (akcijske) i pretlačne (reakcijske) turbine, ovisno o padu, protoku i tlaku**

- **Akcijske – slično vodenom točku**
  - udubljene lopatice - okreću se u zraku
  - za velike padove (okomito >10 m), za velike tlakove

- **Reakcijske – za velika postrojenja**
  - lopatice slične elisi broda –potopljene u vodi
  - za male padove, pri velikom protoku i malom tlaku





Tipovi vodnih turbina

- Izbor tipa turbine za odgovarajuće uvjete je vrlo važan. Osnovni kriterij za izbor tipa turbine su visina pada i količina protoka su, a ostali kriteriji su još i korisnost, cijena i sl.

- **Pretlačne (reakcijske) turbine**
  - Francisova (konstruirao Amerikanac Francis 1848.)
  - Kaplanova (konstruirao Čeh Kaplan 1912.)
  - Propelerna (Kaplanova s nepomičnim rotorskim lopaticama)

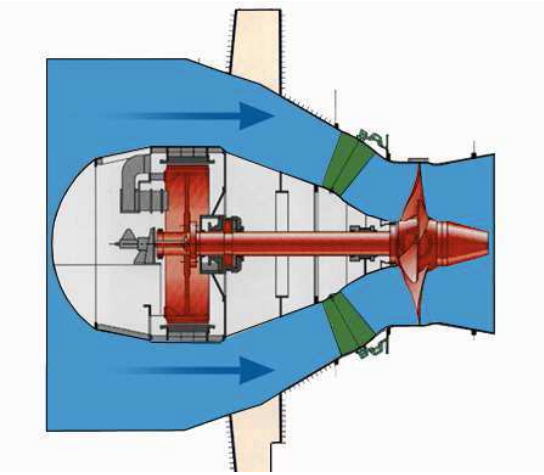
- **Turbine slobodnog mlaza (akcijske)**
  - Peltonova (konstruirao Amerikanac Pelton 1878.)
  - Turgo turbina (varijacija Peltonove turbine, ali je projektirana da ima veću specifičnu brzinu)
  - Banki-Michell turbina (za velike vodene tokove i manje padove od Peltonove turbine, izvodi se samo sa horizontalnom osovinom)

- **Mikroturbine: potrebna snaga od 3-4 kW**, uz Q·H ~1 uz stupanj korisnog djelovanja od ~50% postiže se snaga ~5 kW

Rotor Francisove

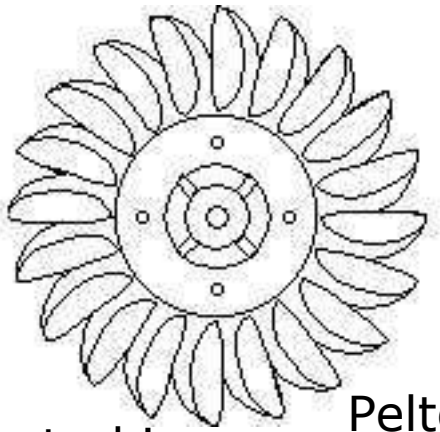
Rotor Kaplanove turb.

Rotor properelne turb.

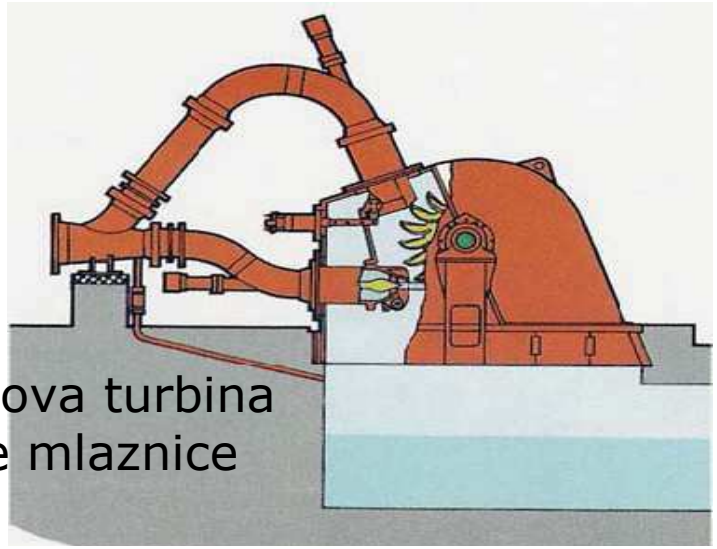


Turbina izvedena od Kaplanove

Turbine slobodnog mlaza (akcijske)

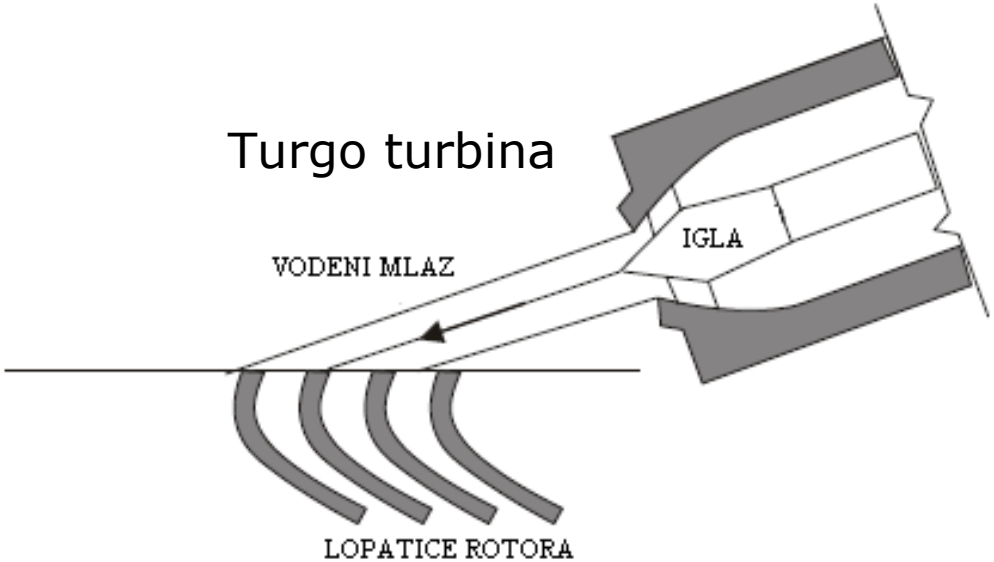


Rotor Peltonove turbine

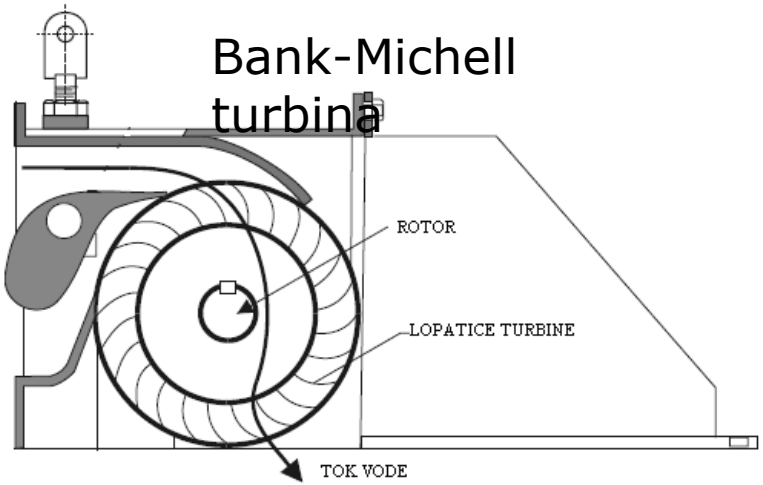


Peltonova turbina s dvije mlaznice

Turgo turbina



Bank-Michell turbina



Neto snaga MHE

- Za odrenivanje neto snage vodne turbine i male HE polazi se od opće
  jednadžbe stacionarnog strujanja tekućine (Bernoullijeva jednadžba), koja uz zanemarenje trenja ima poznati oblik:

$$\frac{p}{\rho} + gh + \frac{1}{2}c^2 = w_0 = const$$

gdje su:

p – tlak u okolini elementa mase vode koja struji ($N/m^2=kgm/s^2m^2$),

ρ – specifična masa tekućine (kg/m^3),

h – visina promatranog elementa tekućine iznad referentnog nivoa (m),

c – brzina strujanja tekućine (m/s),

w0 – specifična energija tekućine (m^2/s^2).

Neto snaga (2)

- Svim članovima jednadžbe dimenzija je m^2/s^2, što odgovara kvadratu brzine. Ta dimenzija odgovara specifičnoj energiji, jer energija ima dimenziju kgm^2/s^2, a specifična se energija odnosi na jedinicu mase.

- Prvi je član specifična energija tlaka, drugi specifična potencijalna energija, a treći izražava specifičnu kinetičku energiju tekućine.

- Specifična energija w_0 ukupna je specifična energija tekućine koja se ne mijenja strujanjem jer je zbroj svih specifičnih energija konstantan, što je u skladu sa stavkom o održanju energije. Može se w_0 shvatiti i kao snaga elementa mase vode (M = 1 kg/s).

Neto pad

- Da bi se odredio neto-pad iskoristiv u vodnoj turbini, treba daklepoći od (prirodnog) bruto-pada Hb. Izraz za neto-pad:

$$H_n = H_b + \frac{c_0^2}{2g} + \frac{c_A^2}{2g} - \frac{c_B^2}{2g} - h_{Rc}$$

gdje je: c_0 - brzina vode na ulazu u cjevovod
c_A - brzina vode na ulazu u turbinu
c_B - brzina vode na izlazu iz difuzora turbine
h_{Rc} - visina gubitka u cjevovodu

- Gubici u cjevovodu su mjera za gubitke energije, odnosno snageu cjevovodu, te je obično dopustivo zanemariti visinu brzine c_0

$$H_n = H_b + \frac{c_A^2}{2g} - \frac{c_B^2}{2g} - h_{Rc}$$

Neto snaga

- Tehnički iskoristiva energija vodotoka smanjena je zbog trenja u dovodima (tunel,tlačni cjevovod), te gubitaka protoka, što se definira kroz neto pad Hn (neto pad = bruto pad (prirodni) – gubici)

- Srednja iskoristiva snaga (neto snaga) koju hidroelektrana daje na priključcima generatora, može se odrediti iz jednadžbe:

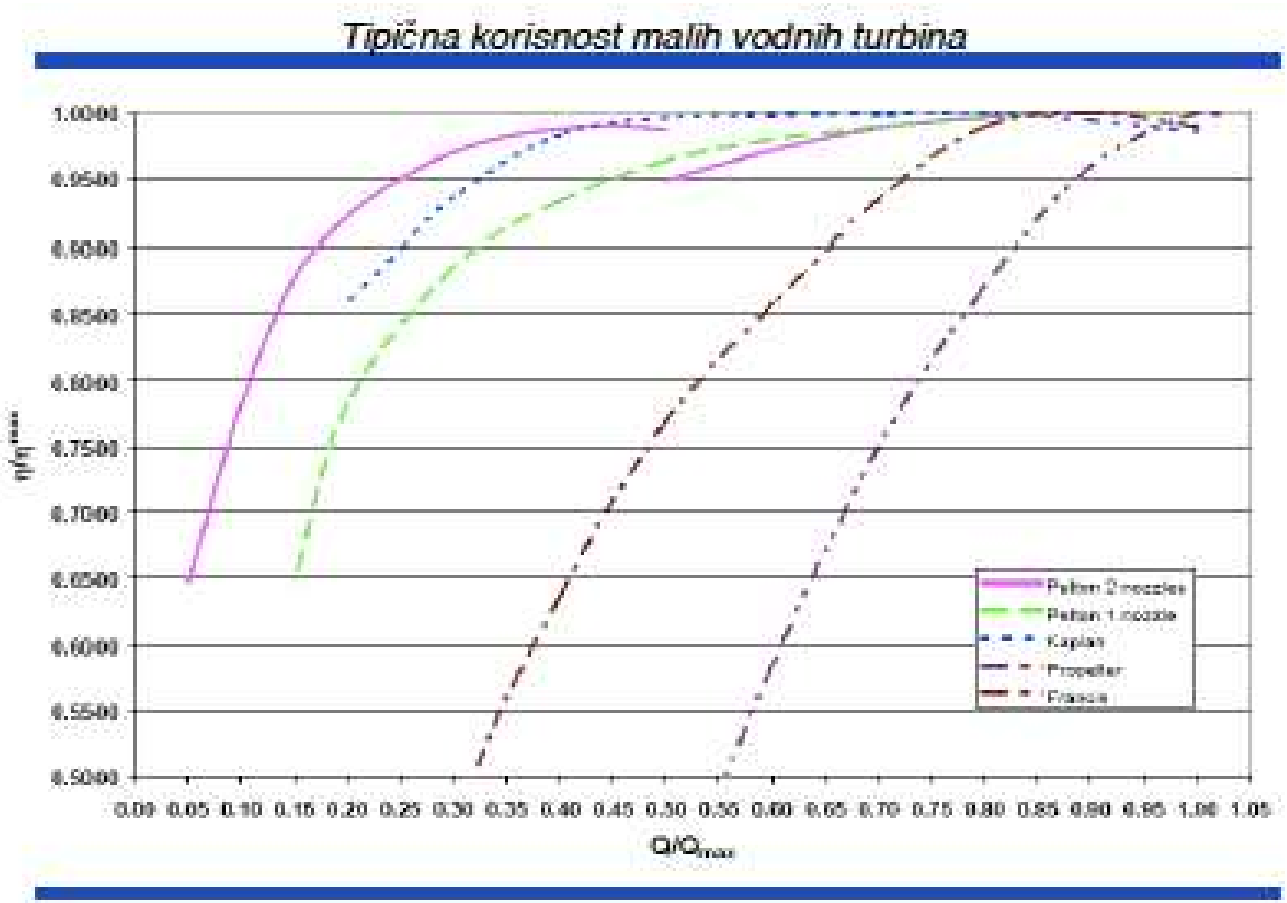
$$P_N = 9{,}81 \cdot Q_{Si} \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot n \qquad [kW]$$

gdje je: h_t i h_g stupanj korisnog djelovanja turbine i generatora
H_n raspoloživi netto pad [m]
Q_{Si} srednji iskoristivi protok
n broj turboagregata

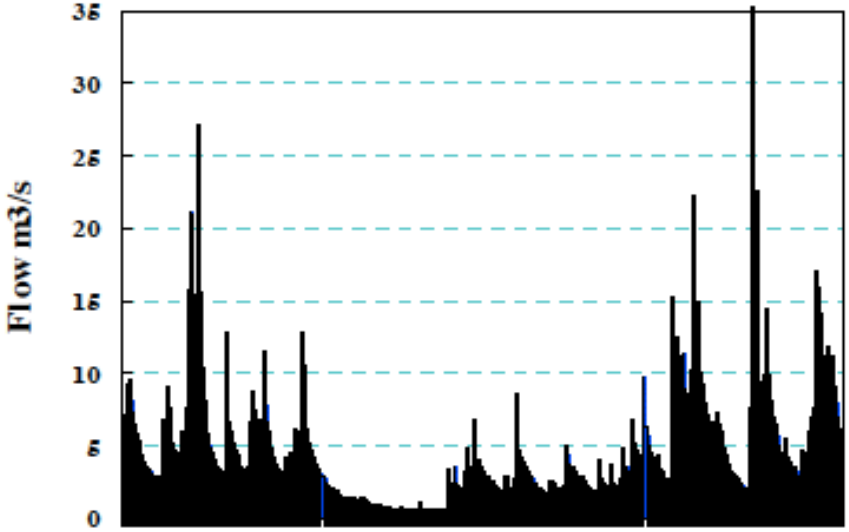
- Ukupni stupanj djelovanja $h = h_t \cdot h_g$ pri optimalnom opterećenju prosječno za veća postrojenja (velike HE) iznosi približno 80%, a za manja postrojenja (male HE) približno 75%.

- <u>Pri tome kod malih HE treba uzeti u obzir i utjecaj stalne varijacije protoka!</u>

Iskoristivost MHE



Primjer snage, protoka i pada za malu HE



Primjer za srednji dnevni protok

H_n = 3.0 m (ukupni 3.4m); Q_{sr} = 4.8 m^3/s

η = 75% (pretpostavljeno)

Za malu HE s turbinom instaliranog protoka 3.8 m^3/s daje snagu od 85 kW

Rad MHE

- Male HE načelno doprinose sigurnosti i pouzdanost opskrbe energijom

- **Osobito pogodne za napajanje lokacija udaljenih od elektroenergetske mreže** gdje se uglavnom nalaze potencijalne lokacije malih HE

- Mali protoci – **velike varijacije toka i male akumulacije – rezultat:** slično VE - moguć utjecaj na stabilnost EES

- Mogućnost uporabe sinkronih i asinkronih generatora – mogućnost samostalnog (otočnog) pogona

- Utjecaj na mrežu ovisi o mjestu priključka

Rad MHE (2)

1. Male HE se zbog svoje veličine uglavnom spajaju **na distributivnu mrežu**, te su stoga prikladne za **(pozitivan utjecaj):**

   - napajanje velikog broja ruralnih mreža s malom potrošnjom: npr. 20 MWh/km2 u Lici prema 200 MWh/km2 prosječno u HR
   - popravljanje loših naponskih prilika na krajevima mreže
   - povećavanje raspoloživosti el. en. u otočnom radu

1. Istovremeno, javlja se i negativan utjecaj:

   - Utjecaj na tokove snaga (moguća potrebna pojačanja mreže, povećani gubici)
   - Povećavanje izobličenja napona zbog pojave viših harmonika te nestabilnosti napona
   - Potrebna promjena dimenzioniranja zaštite (povećanje struje KS)

Ishođenje dozvola za MHE !

- Pri gradnji male HE potrebno je zadovoljiti odgovarajuću upravnu proceduru do ishonenja granevinske dozvole, te nakon izgradnje i uporabne dozvole:

1. Prethodno energetsko odobrenje

   Zahtjev se podnosi na posebnom obrascu (čl.11. Pravilnika o korištenju OIEK (NN, 67/2007)). Dobivanjem prethodnog energetskog odobrenja projekt se upisuje u Registar, ispituju se potencijali i urenuju imovinsko- pravni odnosi. Odobrenje vrijedi 18 mjeseci (kada nije propisana obveza ishonenja lokacijske dozvole) ili 48 mjeseci (kada je propisana obveza ishonenja lokacijske dozvole). Podnositelj zahtjeva dužan je u roku 6 mjeseci započeti ispitivanje potencijala male hidroelektrane, te u roku 36 mjeseci podnijeti zahtjev za lokacijskom dozvolom. Lokacijskom dozvolom utvrnuju se uvijeti pod kojima se dozvoljava izvedba male HE.

2. Elektroenergetsko odobrenje (čl.17. Pravilnika o korištenju OIEK (NN,67/2007)).

   Dobivanjem energetskog odobrenja stječe se pravo na zahtjev za granevinsku dozvolu i na zahtjev za prethodno rješenje za stjecanje statusa povlaštenog proizvonača. U roku 12 mjeseci potrebno je Ministarstvu dostaviti granevinsku dozvolu koja se izdaje na osnovu glavnog projekta. Granevinskom dozvolom (NN, 76/2007) potvrneno je da je projekt izranen u skladu s lokacijskom dozvolom i da se može pristupiti granenju. Ishonenje lokacijske i granevinske dozvole propisano je Zakonom o gradnji (NN, 52/1999, 75/1999, 117/2001 i 47/2003).

Mission Impossible !?

Nastavak...

3. Građenje

Potrebno je minimalno primijeniti i odredbe sljedećih zakona: Zakon o vodama (NN, 107/1995), Strategija upravljanja vodama (NN 91/2008), Zakon o zaštiti od požara (NN, 58/1993 i 33/2005), Zakon o zaštiti prirode (NN 70/2005), Zakon o zaštiti okoliša(NN 82/1994, 128/1999 i 110/2007), Zakon o zaštiti od buke (NN 20/2003), te prema potrebi i druge zakone (primjerice Zakon o šumama i druge), kao i podzakonske propise (primjerice Pravilnik o izradi studije o utjecaju na okoliš).

4. Od elektrotehničkih propisa izdvaja se:

Pravilnik o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V, Propisi o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja, Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona 1 kV do 400 kV, Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije, Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta i Pravilnik o tehničkim mjerama za zaštitu elektroenergetskih postrojenja od prenapona, Tehnički propisi o gromobranima, Zaštita telekomunikacijskih postrojenja od utjecaja elektroenergetskih postrojenja i Propisi o elektromagnetskoj kompatibilnosti, smetnje u sustavima napajanja koje uzrokuju aparati za domaćinstvo i slična električna oprema, harmonici i kolebanja napona.

Ali to nije sve...

Troškovi malih HE

- Općenito, velike hidroelektrane imaju malih poteškoća u nadmetanju sa konvencionalom generacijom, ali MHE, osobito vrlo male elektrane i one s malim padom, se mogu normalno nadmetati tamo gdje su uvedene naknade za vanjske troškove za fosilna gorivia i nuklearnu energiju.

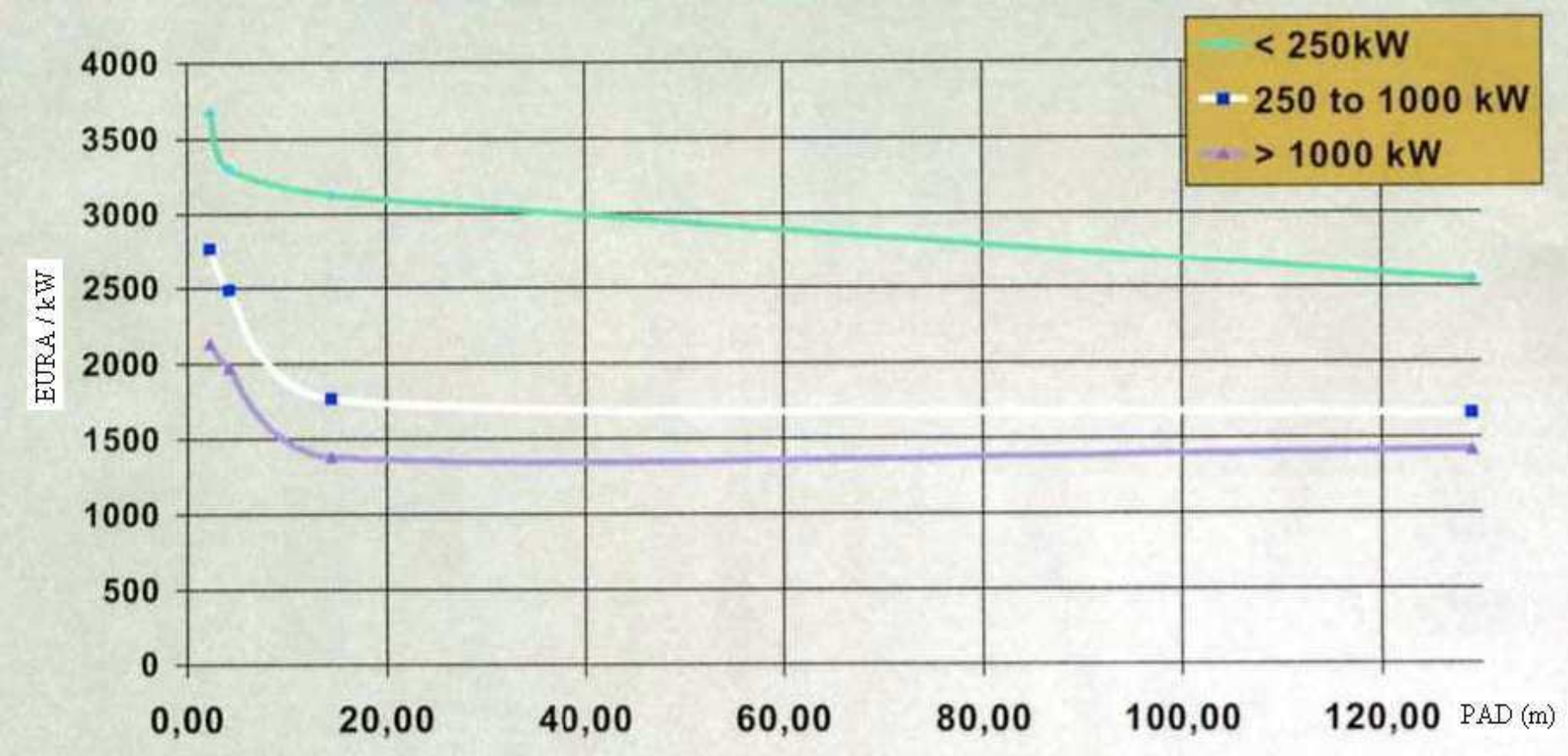
- Početni investicijski troškovi ulaganja po kW su veliki, ali su troškovi rada MHE ekstremno niski, budući da nema potrebe plaćati gorivo.

- Potreban kapital za MHE ovisi o efektivnom padu, protoku, geološkim i geografskim značajkama, opremi (turbine, generatori itd.) i granevinskim radovima, te o kontinuitetu toka.

- Korištenjem postojećih brana, pregrada, rezervoara i jezera može značajno smanjiti ekološki utjecaj i troškove.

- Elektrane s malim padom i velikim protokom zahtjevaju veća početna ulaganja, jer granevinski radovi i turbinska mehanizacija mora podneti veći protok vode.

Specifični troškovi MHE u ovisnosti o padu i instaliranoj protoci



Investicijski troškovi, troškovi pogona i proizvodnje el. energije

Država	Raspon troškova ulaganja (€/KW)	Prosječni troškovi proizvodnje el. en. (€centa/kWh)	Prosječni troškovi rada i održavanja (€centa/kWh)
Španjolska	1500	3.5 – 7	0.9
Austrija	2500	3.6 – 14.5	0.4
Švedska	1800 – 2200	4 – 5	1.4
Češka Republika	660 – 2000	2 – 3	-
Litva	2200 – 2500	2.5 – 3	-
Poljska	500 – 1200	3	-

Investicijski troškovi i troškovi pogona MHE u RH

- Procjena investicijskih troškova

  1. kategorija vodotokova (108 poteza, srednje vrijednosti H = 16,62 m, Q = 8,04 m3/s, P = 791,3 kW) : **do 2500 €/kW**
  2. kategorija vodotokova (244 poteza, srednje vrijednosti H = 5,33 m, Q = 9,81 m3/s, P = 247,35 kW) : **2500 – 4500 €/kW**
  3. kategorija vodotokova (231 potez, srednje vrijednosti H = 3,11 m, Q = 6,69 m3/s, P = 95,47 kW) : **4500 – 6000 €/kW**
  4. kategorija vodotokova (111 potez, srednje vrijednosti H = 0,99 m, Q = 13,08 m3/s, P = 73,53 kW) : **preko 6000 €/kW**

- Za neke MHE u pogonu u Hrvatskoj troškovi pogona iznose od 1.3 do 2.5 €/MWh.

- Tako su pogonski troškovi prema iskustvenim podatcima iz prakse za malu hidroelektranu Roški slap (1.4 MW) oko 18.37 kn/MWh (oko 2.48 €/MWh), a za malu hidroelektranu Varaždin (585 kW) oko 10 kn/MWh (oko 1.35 €/MWh).

Ekološki utjecaji MHE i njihovo ublažavanje

- Prednosti:
  1. MHE su ekološki vrlo prihvatljive, te proizvodnjom električne energije u njima nema emisije ugljičnog-dioksida u okoliš što je izrazito važno.

  2. Smanjuje se potrošnja fosilnih goriva,

  3. Pomažu u zaštiti od poplava, ne zahtjevaju korištenje velikih površina,

Jedan GWh električne energije proizvedene u MHE znači:

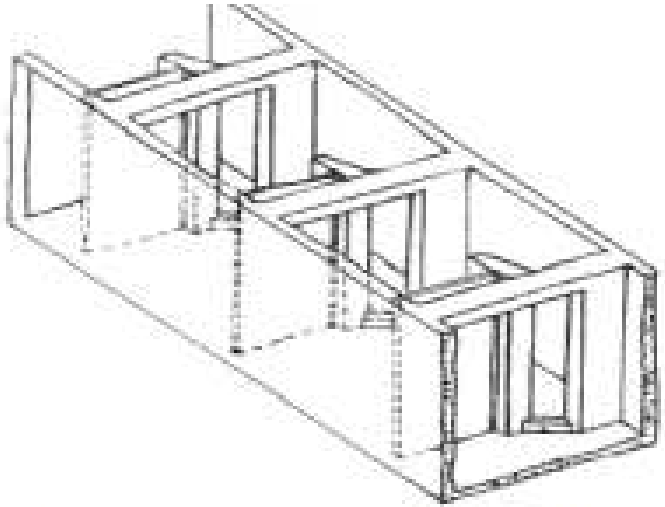
- izbjegavanje emisije od 480 tona ugljičnog-dioksida (CO_2),
- opskrbu električnom energijom kroz jednu godinu za 250 kućanstava u razvijenim zemljama, a za 450 kućanstava u zemljama u razvoju,
- uštedu 220 tona goriva ili uštedu 335 tona ugljena

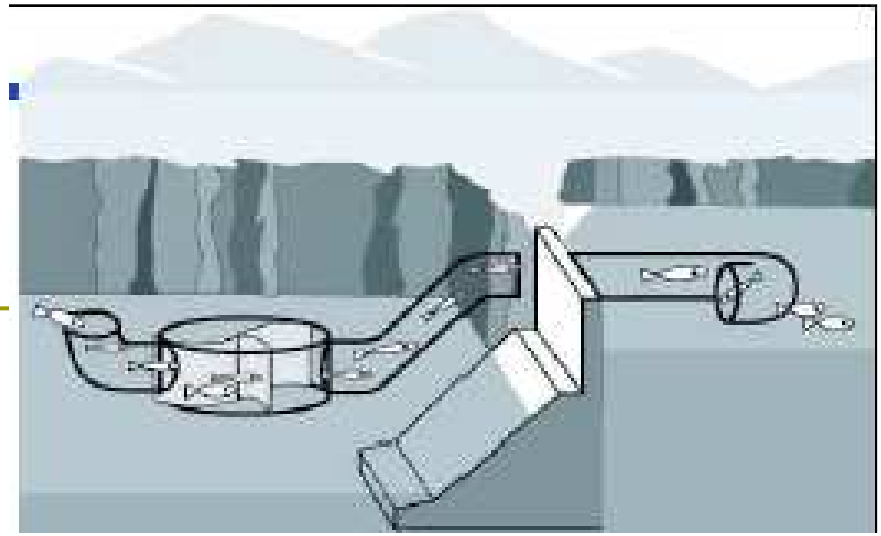
Ekološki utjecaji MHE i njihovo ublažavanje (2)

- Nedostaci:

Iako u znatno manjoj mjeri u odnosu na velike HE (ne utječu na promjene vodotoka), vjerojatan je utjecaj na lokalnoj flori i fauni (migracije i ozljede riba, kvaliteta vode nizvodno i sl.) te se definiraju mjere za zaštitu okoliša koje se mogu poduzeti da se ublaže ti utjecaji:

- Rezervni tok
- Prolazi za ribe
- Skupljanje i skladištenje smeća
- Višenamjenski pogon
- Tehnike za smanjenje buke i vibracije
- Prijateljske turbine za ribe
- Bio-dizajn



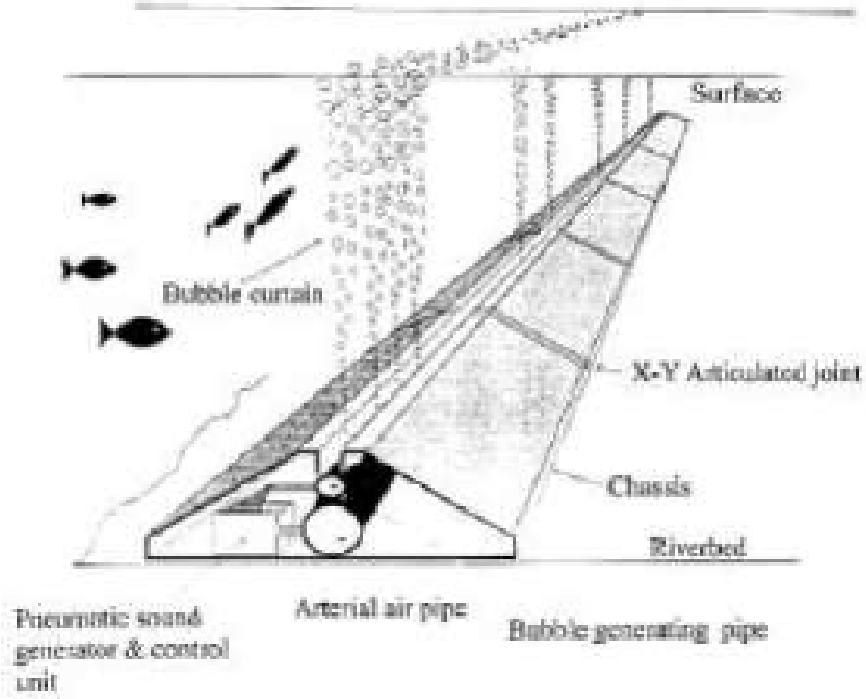


Prolaz ribe s rotacijskim krilima

Prolaz za ribe sa okomitim otvorima

Ograđivanje postrojenja radi smanjenja buke

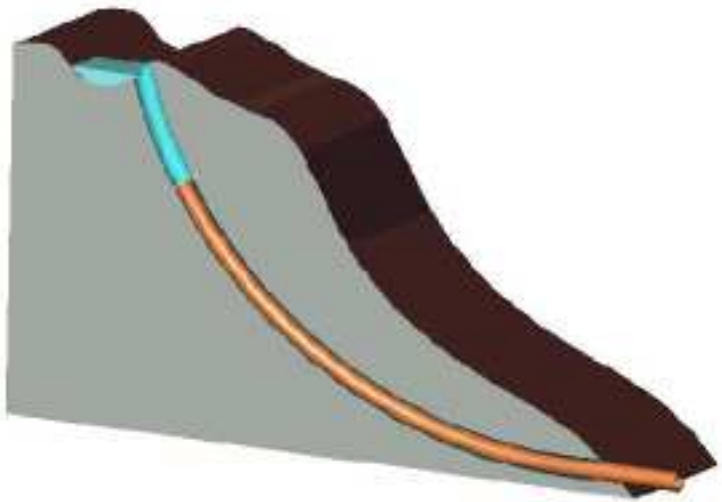
The Bio-acoustic Fish Fence (BAFF) uses a combination of air bubbles and sound waves to form a behavioural screen to guide fish away from hydro intakes



Bio-akustična ograda za ribe

Novi pristupi i rješenja - bušenje

Usmjereno bušenje pojednostavljuje izgradnju malih HE i smanjuje utjecaj na okoliš



Male hidroelektrane u svijetu

- Azija, osobito Kina je postala predvodnik u proizvodnji hidroelektrične energije. Današnji razvoj u Australiji i Novom Zelandu se fokusira na MHE. Kanada, zemlja sa dugom tradicijom korištenja hidroenergije, razvija MHE kao zamjenu za dizel elektrane u udaljenim sredinama bez razvedene električne mreže.

- Tržišta kao što su Južna Amerika, bivši Sovjetski savez i Afrika takoner imaju veliki, netaknuti potencijal.

- 2000. svjetska instalirana snaga MHE je bila oko 37 GW. Samo 2005. porast od 8 % u odnosu na 2004. i tada je iznosila 66 GW, što je porast u odnosu na 2000. za čak 78%!

- Više od 50 % u Kini (38.5 GW), slijedi Japan s 3.5 GW, te SAD s 3 GW. Ipak, to je u odnosu na svjetsku potrošnju primarne snage (15 TW) samo oko 0,5%, a u svjetskoj proizvodnji električne energije (2006.) oko 5,12 %!

Male hidroelektrane u EU

- Europa je druga u svjetskom doprinosu u proizvodnji električne energije iz malih hidroelektrana, odmah iza Azije.
- Hidroenergija ima oko 84% udjela u ukupnoj proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora u EU-27 i oko 13% ukupne proizvodnje električne energije u EU-15
- 2001. MHE su u EU-15 doprinijele oko: 2% u ukupnoj proizvodnji električne energije, te oko 9% u ukupnoj proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora energije.
- MHE broje oko približno 4.6% ukupne hidroenergetske proizvodnje u novim članicama Europske unije i Turskoj. Niti jedan od drugih obnovljivih oblika energije (vjetar, biomasa, fotonaponske ćelije i sl.), u tim zemljama, se ne može mjeriti s malim hidroelektranama.
- EU-15: u pogonu oko 14000 MHE sa srednjom instaliranom snagom od 0.7 MW.
- Nove članice: EU-10 oko 2800 MHE, prosječne snage 0.3 MW, Rumunjska, Bugarska i Turska: oko 400 MHE, prosječne snage 1.6 MW.