

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

2118275

**VYUŽITIE VODNÝCH MIKROELEKTRÁRNÍ**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**VYUŽITIE VODNÝCH MIKROELEKTÁRNÍ**

**Diplomová práca**

Študijný program:	Informačná a automatizačná technika v kvalite produkcie
Študijný odbor:	5. 2. 57 - Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky
Školiteľ:	Ing. Ľudovít Nagy

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Vladimír Habrman vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Využitie vodných mikroelektární“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 15. marca 2010

---

Vladimír Habrman

## **Pod'akovanie**

Chcel by som sa poďakovať všetkým ktorí sa podieľali na tvorbe tejto práce, najmä môjmu konzultantovi Ing. Ľudovítovi Nagyovi , za cenné odborné rady a podnety, ktoré mi poskytoval.

## **Abstrakt**

Vodná energia predstavuje najviac využívaný obnoviteľný zdroj energie. Premena vodnej energie na elektrickú sa vykonáva vo vodnej elektrárni. Táto práca sa zameriava na určitý druh elektrární a to sú vodné mikroelektrárne. Cieľom je vypracovanie prehľadu o možnostiach využívania vodných mikroelektrární. Na základe tohto prehľadu opísať a uviesť základné technické údaje o vybranej mikroelektrárni. Práca zachytáva súčasný stav využívania vodných elektrární, opis fungovania najčastejšie používaných turbín vo vodných elektrárnach, ako aj posúdenie dopadu na životné prostredie. Výsledkom je prehľad optimálneho riadenia mikroelektrárne, zhodnotenie finančnej dostupnosti a prehľad o možnostiach využitia vodnej mikroelektrárne.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ:**

mikroelektrárne, vodná turbína, riadenie, energia, životné prostredie

## **Abstract**

Hydropower is the most exploited renewable energy source. The transformation of water energy into electricity is being performed by the water power station. This thesis is concentrated focused on an exact type of electric power station called microelectric water power station. The aim of this thesis is to work-out a review of possibilities by using the microelectric water power station and to describe its functions. Based on review to describe and give basic technical information about the selected microelectric water power station. This work intercepts the current status of using microelectric water power station, description of its turbines and also the impact on the environment. The result is the review of optimal regulation of microelectric water power station, the assessment of financial availability and the review of usage possibilities.

## **KEY WORDS**

microelectric water power station, water turbine, regulation, energy, environment

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>10</b>
1.1 SÚČASNÝ STAV VYUŽITIA VODNEJ ENERGIE VO SVETE .....	10
1.2 HYDROENERGETICKÝ POTENCIÁL SLOVENSKA .....	11
1.3 MALÉ VODNÉ ELEKTRÁRNE - MOŽNOSTI VYUŽITIA NA SLOVENSKU .....	14
<b>2 CIEĽ PRÁCE</b> .....	<b>15</b>
<b>3 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>16</b>
<b>4 VÝSLEDKY PRÁCE</b> .....	<b>17</b>
4.1 ROZDELENIE VODNÝCH ELEKTRÁRNÍ .....	17
4.2 TYPY VODNÝCH TURBÍN .....	18
4.2.1 Bánkiho turbína.....	19
4.2.2 Peltonova turbína .....	20
4.2.3 Kaplanova turbína.....	21
4.2.4 Francisova turbína.....	22
4.2.5 Setur turbína.....	24
4.3 VODNÉ MIKROELEKTRÁRNE.....	25
4.3.1 Meranie spádu vody pre mikroelektrárne .....	25
4.3.2 Výpočet prietoku.....	27
4.4 VODNÉ MIKROTURBÍNY .....	28
4.5 VODNÉ MOTORY PRE MIKROELEKTRÁRNE .....	30
4.6 PRINCÍP ČINNOSTI VODNEJ MIKROELEKTRÁRNE .....	33
4.7 TURBÍNA SETUR AKO VODNÁ MIKROELEKTRÁRNE .....	33
4.7.1 Použitie turbíny Setur na vodnom toku pre chatu.....	35
4.7.1 Finančné náklady a návratnosť .....	38
4.8. V SÚČASNOSTI PONÚKANÉ MIKROELETRÁRNE NA TRHU .....	39
4.9 RIADENIE VODNÝCH MIKROELEKTRÁRNÍ.....	42
4.9.1 Riadenie v laboratórnych podmienkach: .....	42
4.9.2 Riadenie v podmienkach skutočných vodných tokov.....	44
4.10 DOPAD VODNÝCH ELEKTRÁRNÍ NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE .....	50
4.11 ZHODNOTENIE VYUŽITELOSTI VODNEJ MIKROELEKTRÁRNE VO VYUČOVACOM PROCESE.....	50
<b>5 ZÁVER</b> .....	<b>52</b>
<b>POUŽITÁ LITERATÚRA</b> .....	<b>53</b>

## Zoznam skratiek a značiek

**HEP** – hydroenergetický potenciál

**VE** – vodné elektrárne

**MVE** – malé vodné elektrárne

**VME** – vodné mikroelektrárne

**H** – spád vody

**Q** - prietok vody

**T** - Prietoková elektráreň,

**P** - Prečerpávacía elektráreň

**prim.** – primárna výroba cez prítok vody,

**sek.** – sekundárna výroba prečerpávaním

**W** – watt

**kW** – kilowatt

**MW** – megawatt

**GW** – gigawatt

**TW** - terawatt

**kW.h<sup>-1</sup>** – kilowatthodina

**GWh<sup>-1</sup>** – gigawatt hodina

**TWh<sup>-1</sup>** – terawatt hodina

**Ah** – ampér hodina

**dB** - decibel

## ÚVOD

Na Zemi je voda v neustálom kolobehu, ktorý poháňa slnečné žiarenie a gravitačné sily Zeme. Tento cyklus v sebe zahŕňa vodu v atmosfére v podobe vodných pár, na povrchu v podobe riečnej, jazernej a morskej vody, ako aj pod povrchom v podobe podzemných vôd.

Energia s vodného cyklu sa využíva vo vodných elektrárňach alebo v rôznych vodou poháňaných mechanizmoch. Už v minulosti sa využívala energia vody na pohon mechanických zariadení. Je to veľmi stará činnosť a siaha ďaleko do minulosti. Jednoduché vodou poháňané kolesá, nahrádzajúce namáhavú prácu, ľudstvo používalo od nepamäti. Prvá zmienka o takýchto zariadeniach sa objavuje u starých Grékov asi 4000 rokov pred n.l. Gréci používali vodnú energiu hlavne na mletie obilia. Prevrat vo využívaní vodnej energie nastal po tom, čom bola vyvinutá prvá vodná turbína na začiatku 19. storočia. Využívanie tejto prírodnej energie sa stalo ešte jednoduchším a rozšírenejším. Od tohto obdobia sa začína postupne presadzovať výroba elektrickej energie vodnými elektrárňami. Najnovšie technológie výroby elektriny z vody sú založené na využití morského prílivu, morských vln alebo teplotného rozdielu vody v oceánoch. Z uvedených typov vodnej energie len energia morského prílivu nevyužíva aktivitu Slnka v mory, ale je spôsobovaná príťažlivou silou Mesiaca. Energia morských vln je priamym dôsledkom sily vetra, ktorý je spôsobovaný činnosťou Slnka.

Energia, ktorá je zahrnutá vo vodnom cykle je obrovská, avšak jej využitie je zložité. Napriek tomu, že existuje viacero spôsobov ako využívať energiu vody, najrozšírenejšia je výroba elektriny vo vodných elektrárňach. Výhodou tejto výroby je, že je to obnoviteľný energetický zdroj nespôsobujúci emisie škodlivín do ovzdušia a navyše je možné ho využiť na okamžité pokrytie spotreby t.j. v čase kedy to je potrebné. Nevýhodou sú však vysoké investičné náklady na výstavbu a tiež aj negatívne dopady na okolité životné prostredie, hlavne v prípade veľkých vodných diel.

Potenciál vodnej energie na ktoromkoľvek mieste je daný dvoma veličinami: množstvom vody (prietok) pretekajúcim za jednotku času a vertikálnou výškou spádu vody. Spád môže byť prirodzený v dôsledku sklonu terénu alebo môže byť umelo vytvorený napr. priehradou. Výška spádu na rozdiel od prietoku vody je nemenná. Prietok sa mení v dôsledku premenlivej intenzity, rozloženia a trvania zrážok. Okrem toho závisí aj na odparovaní alebo infiltrácii do zeme.



Prietok vody v riekach je časťou hydrologického cyklu a celosvetový potenciál vodnej energie využiteľný napr. vo vodných elektrárňach je teda možné určiť na základe tejto hodnoty. Z výsledkov niektorých štúdií vyplýva, že celkový potenciál vodnej energie je na úrovni 50.000 TWh (5.1013 kWh) ročnej výroby elektriny, čo zodpovedá len štvrtine ročných zrážok, avšak až 4-násobku ročnej výroby elektriny vo všetkých elektrárňach na svete. Reálny odhad, založený na miestnych podmienkach, však hovorí, že potenciál je na úrovni 10.000 - 20.000 TWh. Je to obrovská hodnota, veď ročná produkcia 10.000 TWh elektrickej energie znamená, že na výrobu tohto množstva energie v elektrárňach na fosílna palivá, by bolo potrebné denne spáliť ekvivalent 40 milión barelov ropy. Dôležitou otázkou však zostáva, koľko vodného potenciálu si môžeme, vzhľadom na potenciálne negatívne dopady na okolité prostredie, dovoliť využiť.

Z pohľadu elektrárenských spoločností je vodná energia z pomedzi všetkých obnoviteľných energetických zdrojov najžiadanejším zdrojom. Súvisí to s tým, že poskytuje možnosť vybudovania veľkých výkonov a historicky sa preukázala ako ekonomicky jeden z najlacnejších spôsobov výroby elektriny. ([www.inforse.org](http://www.inforse.org))

# **1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY**

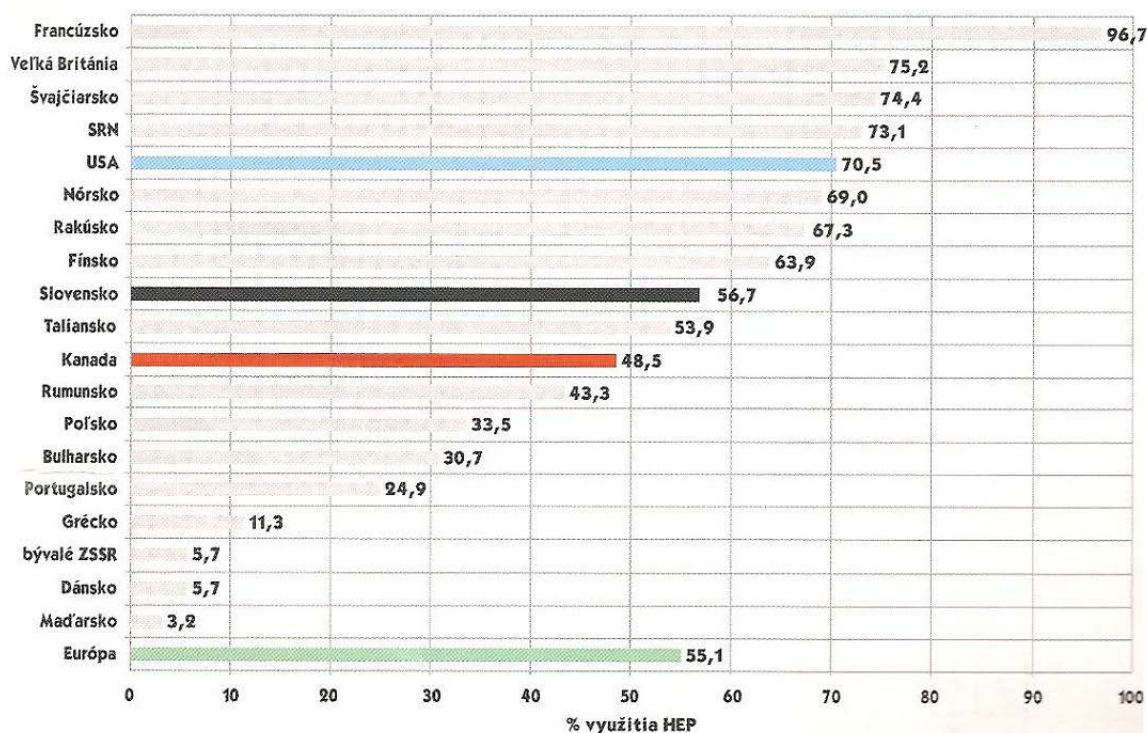
Vodná energia sa dnes vo svete podieľa jednou pätinou na výrobe elektriny, čo je viac ako sa získava pri výrobe v jadrových elektrárnach. Patrí medzi obnoviteľné zdroje energie, ktoré sú najviac využívané. Dnešné vodné elektrárne zahrňujú veľké vodné elektrárne vrátane akumuláčnych zariadení, malé vodne elektrárne a veľmi malé tzv. mikrozdroje.

V súčasnosti vodne turbíny môžu premeniť až 90 % dostupnej energie na užitočný výkon a patria medzi najspoľahlivejšie a najdlhšie pracujúce elektrárne. Dobre udržiavané zariadenie môže slúžiť 50 i viac rokov.

## **1.1 SÚČASNÝ STAV VYUŽITIA VODNEJ ENERGIE VO SVETE**

Z výsledkov niektorých štúdií vyplýva, že celkový potenciál vodnej energie vo svete je na úrovni 50 000 TWh (5 1013 kWh) ročnej výroby elektriny, Reálny odhad, založený na miestnych podmienkach, však hovorí, že potenciál je na úrovni 10 000 – 20 000 TWh. Je to obrovská hodnota, veď ročná produkcia 10 000 TWh elektrickej energie znamená, že na výrobu tohto množstva energie v elektrárnach na fosílna palivá, by bolo potrebné denne spáliť ekvivalent 6 359 miliónov litrov ropy. Celosvetová inštalovaná kapacita vo vodných elektrárnach bola v roku 1998 asi 630 000 MW.

Svetová ročná výroba elektriny je približne 2 200 TWh (miliárd kWh), čo znamená, že vodné elektrárne pracujú asi na 40% ich výkonu. Z pohľadu elektrárenských spoločností je vodná energia najžiadanejším zdrojom obnoviteľnej energie. Poskytuje možnosť vybudovania veľkých výkonov a historicky sa preukázala ako ekonomicky jeden z najlacnejších spôsobov výroby elektriny. Navyše celosvetový potenciál (ekonomicky využiteľný) ešte stále nie je vyčerpaný a predstavuje asi 3 milióny MW, čo je asi 30 % súčasnej spotreby elektriny vo svete. Napríklad Nórsko si pokrýva celú spotrebu elektrickej energie z vodných elektrární. Nemecko už nemá priestor pre ďalšie dobudovanie

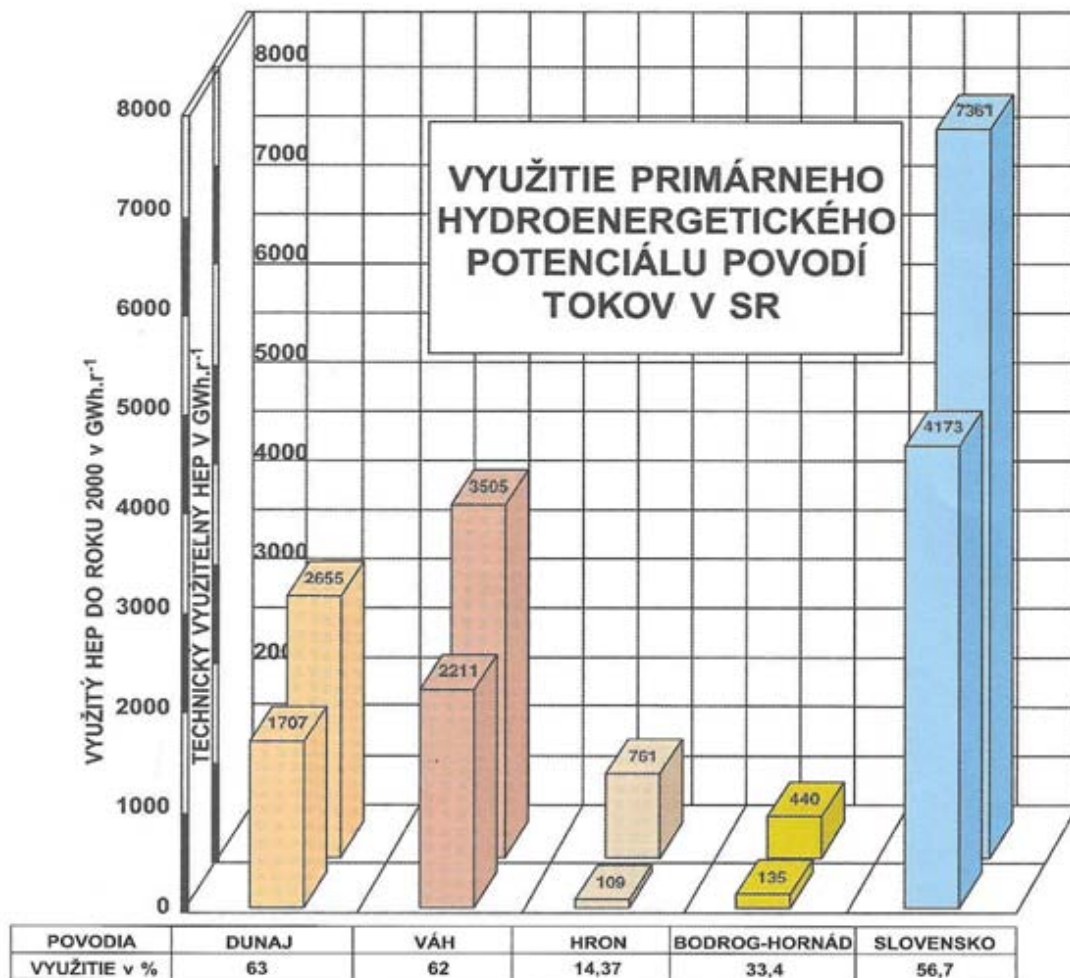


**Obr. 1** Využitie primárneho hydroenergetického potenciálu tokov v krajinách Európy, v USA a v Kanade ( Zdroj: Slovenské Elektrárne, a.s.)

## 1.2 HYDROENERGETICKÝ POTENCIÁL SLOVENSKA

Na Slovensku je dĺžka vodných tokov približne 8 166 km. Z toho je 3 055 km (37 %) regulovaných priehradnými nádržami o celkovom objeme 1 663 m<sup>3</sup> a 64 priehradami. Okrem Dunaja, ktorý cez Slovensko tečie ako pohraničná rieka, vyvierajú všetky ostatné väčšie rieky na Slovensku. Tečie v nich relatívne málo vody. Technický potenciál vodnej energie na Slovensku predstavuje spolu 7 361 GWh ročne, čo v prepočte na hnedé uhlie znamená ekvivalent zhruba 7,9 milión ton energetického uhlia spáleného za rok. Tento potenciál je využitý na 57%, čo je 4173 GWh ročne . Najväčší inštalovaný výkon VE je na Váhu 2211 GWh ročne, ktorého potenciál je využitý na 62%. O niečo väčší potenciál je využitý na Dunaji 63% s 2 655 GWh ročne. Táto hodnota približne zodpovedá pôvodne plánovanej výrobe z vodného diela Gabčíkovo-Nagymaros.

Väčšia časť hydroenergetického potenciálu Slovenska je však sústredená vo výkonoch vodných elektrární nad 10 MW - veľké vodné elektrárne . Potenciál vo výkonoch pod 10 MW ( malé vodné elektrárne ) dosahuje 1 219 miliónov kWh za rok, čo predstavuje ekvivalent spálenia 1,4 milióna ton hnedého uhlia za rok. Pre porovnanie v súčasnosti predpokladaný výkon vodného diela Gabčíkovo je 2 200 GWh ročne.



**Obr. 2** Využitie primárneho HEP povodí v SR (Zdroj: Slovenské Elektrárne, a.s.)

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené niektoré parametre vodných elektrární patriacich Slovenským elektrárnám. Údaje sú z roku 2010.

**Tab. 1 Parametre vodných elektrární v Slovenských elektrárnach, a.s. (Zdroj: Slovenské Elektrárne, a.s.)**

Názov	Kategória	Inštalovaný výkon [MW]	Priemerná ročná výroba [GWh]
Orava	priehradová - akumuláčn	21,75	31
Tvrdošín	priehradová - prietočná	6,1	18,02
Čierny Váh	prečerpávac	735,16	370,8
Liptovská Mara	priehradová - akumuláčn	198	134,5
Bešeňová	priehradová - prietočná	4,64	18,3
Krpeľany	priehradová - akumuláčn	24,75	59,4
Sučany	kanálov	38,4	95,3
Lipovec	kanálov	38,4	86,4
Hričov	priehradová - akumuláčn	31,5	59,1
Mikšová	kanálov	93,6	186,5
Považská Bystrica	kanálov	55,2	115,3
Nosice	priehradová - akumuláčn	67,5	157,4
Ladce	kanálov	18,9	76
Ilava	kanálov	15	75
Dubnica nad Váhom	kanálov	16,5	86,1
Trenčín	kanálov	16,1	83,4
Kostolná	kanálov	25,5	114,6
Nové Mesto nad Váhom	kanálov	25,5	113,8
Horná Streda	kanálov	25,5	122,1
Madunice	akumuláčn - kanálov	43,2	147,8
Kráľová	akumuláčn	45,06	117,3
Veľké Kozmálovce	priehradová - akumuláčn	5,32	16
Gabčíkovo	akumuláčn - kanálov	720	2200
Malé Gabčíkovo - SVII	prietočná	1,04	3,6
Čuňovo	priehradová - akumuláčn	24,28	147
Mošon	prietočná	1,22	4,3
Dobšiná	prečerpávac	24	62,03
Dobšiná II	prietočná	2	3,81
Rakovce	akumuláčn	0,5	0,633
Švedlár	prietočná	0,09	0,097
Ružín	priehradová - akumuláčn	60	54,2
Ružín II	prietočná	1,8	6
Krompachy	prietočná	0,33	0,737
Domaša	priehradová - akumuláčn	12,4	11,497

Sumárny inštalovaný výkon vodných elektrární SE, a. s. je 1 652,7 MW, čo je 31,48 % z celkového inštalovaného výkonu SE, a. s. Z toho je v prietočných vodných elektrárnach inštalovaných 736,6 MW a v prečerpávacích vodných elektrárnach 916,4 MW. Podiel vodných elektrární na ročnej výrobe elektrickej energie Slovenských elektrární, a.s. predstavuje 13 až 20 %.

### 1.3 MALÉ VODNÉ ELEKTRÁRNE - MOŽNOSTI VYUŽITIA NA SLOVENSKU

Na Slovensku je reliéf krajiny taký, že značná časť vodnej energie je rozptýlená v malých tokoch, pričom je využiteľná len v malých vodných elektrárňach s výkonom do 10 MW.

Slovensko má dostatočný potenciál práve vo vodnej energii využiteľnej v malých vodných elektrárňach, ktorý môže pokryť takmer jednu tretinu elektrickej energie spotrebúvanej v domácnostiach.

Z celkového technického potenciálu vodnej energie 6 600 GWh je možné v malých vodných elektrárňach využiť 1 200 GWh, čo predstavuje 15% potenciálu. Z technického potenciálu pre MVE je využitých v súčasnosti len na 25%. Ku koncu roku 2002 bolo na Slovensku 201 malých vodných elektrární s inštalovaným výkonom 70 MW.

Zostávajúci technický potenciál je 750 GWh. Z tohto potenciálu je po zohľadnení najmä environmentálnych hľadísk možné ešte využiť 400-450 GWh ročne, čo zodpovedá inštalovanému výkonu na úrovni 100 MW.

Energiu z týchto vodných diel získavali už naši dedovia. Oživenie zariadení opustených pred viac ako 40 rokmi a výstavba nových malých vodných elektrární je aktuálna i dnes.

Potenciál ročných uspor z malých vodných elektrární (MVE) na Slovensku:

Výkon MVE by nahradil ťažbu	1,6 milión ton uhlia
Výkon MVE by nahradil prácu	3500 baníkov
Výkon MVE by zabránil emisiám	700 tisíc ton popola
Výkon MVE by zabránil emisiám	71 tis. ton SO <sub>2</sub>
Výkon MVE by zabránil emisiám	12 tis. ton popolčeka

Malé vodné elektrárne sú trvalým nevyčerpatelným zdrojom energie. Šetria nielen palivo, ale i náklady na jeho ťažbu a dopravu. Vyznačujú sa malou poruchovosťou, vysokým počtom prevádzkových hodín počas roku, nízkymi prevádzkovými nákladmi, často bez obslužnou prevádzkou, návratnosťou vložených investícií a dlhou životnosťou, ktorá môže dosiahnuť aj 80 rokov. Svojou decentralizáciou navyše znižujú straty v sieti vysokého vedenia. ( [www.seps.sk](http://www.seps.sk))

## **2 CIEĽ PRÁCE**

Cieľom tejto diplomovej práce je zhodnotenie súčasného stavu využívania vodných elektrární, ako aj opis najčastejšie používaných elektrární a vodných turbín. Práca je zameraná na vodné mikroelektrárne, ktoré predstavujú jednu výkonovú časť vodných elektrární. Cieľom je vypracovanie prehľadu o možnostiach využívania ako doplnkového zdroja energie pre domácnosti alebo pre laboratórne účely, ako aj opísanie funkcie a uvedenie základných technických údajov vybranej mikroelektrárne. Opis funkcie sa zameria na činnosť elektrárne pri výrobe elektrického prúdu a možnostiach riadenia tejto mikroelektrárne v laboratórnych podmienkach a v podmienkach skutočných vodných tokov.

### 3 METODIKA PRÁCE

Prezentovaná diplomová práca bude vypracovaná v súlade s rámcovým zadáním podľa nasledovnej metodiky:

#### *1. Prehľad o súčasnom stave využívania vodných elektrární.*

Získavanie dostupných informácií kontaktovaním firiem a štúdiom rôznych internetových zdrojov firemných stránok, ktoré sa zaoberajú problematikou vodných mikroelektrární.

#### *2. Opis funkcie vodnej mikroelektrárne pri generovaní elektrickej energie.*

Štúdium prehľadov princípov fungovania vodných mikroelektrární a opísanie funkcie vodnej mikroelektrárne pri generovaní elektrickej energie.

#### *3. Posúdenie možnosti optimálneho riadenia vybranej mikroelektrárne.*

Vytvorenie prehľadu optimálneho riadenia vybranej mikroelektrárne, dostupných automatizovaných metódach riadenia a získavanie informácie o stave mikroelektrárne. Oboznámenie sa s parametrami daných mikroelektrární.

#### *4. Zhodnotenie využiteľnosti vodnej mikroelektrárne vo vyučovacom procese .*

Z dostupných informácií navrhnúť možnosti využitia mikroelektrárne pre vyučovací proces.



## 4 VÝSLEDKY PRÁCE

### 4.1 ROZDELENIE VODNÝCH ELEKTRÁRNÍ

Rozdelenie do jednotlivých kategórií je možné na základe takých kritérií ako sú spôsob činnosti, výkon, spád, použitá turbína atď.

#### *Podľa spôsobu činnosti:*

- **Akumulačné VE** - ich súčasťou je veľká akumulačná nádrž
- **Derivačné VE** - sú postavené na derivačnom kanáli
- **Prietokové VE** - prehradzujú pôvodné alebo nové koryto vodného toku
- **Prečerpávacie VE** - v čase nízkej záťaže prečerpávajú vodu do vyššie položenej nádrže.
- **Kombinované VE** – kombinujú viac druhov vodných elektrární

#### *Podľa polohy a tlaku:*

- tangenciálne
- radiálne
- diagonálne
- axiálne
- rovnotlaké
- pretlakové
- horizontálne
- vertikálne

#### *Podľa použitej turbíny sa delia na :*

- 1) **Rovnotlakové:**
  - a) Bánkiho
  - b) Peltonova
- 2) **Pretlakové:**
  - a) Kaplanova,
  - b) Francisova

Ďalej sú to:

- 3) **Dériazova turbína**
- 4) **Savoniova turbína**
- 5) **Davisova turbína**
- 6) **Turgo turbína**
- 7) **Teslova turbína**
- 8) **Setur turbína**

### ***Malé vodné elektrárne MVE do 10 MW sa delia podľa výkonu:***

- nad 1MW – priemyselné MVE
- nad 100kW – minielektrárne
- do 100kW – **vodné mikroelektrárne (VME)**
  - nad 60kW- priemyselné VME
  - nad 35kW – závodné VME
  - do 35kW – domáce (občianske) VME
  - do 2kW – mobilné zdroje

## **4.2 TYPY VODNÝCH TURBÍN**

Najstarším typom vodnej turbíny je vodné koleso, ktoré je poháňané prirodzeným spádom vody. Takéto vodné kolesá sa v minulosti stavali z dreva a po obvode mali viacero lopatiek zachytávajúcich vodu, čím sa koleso udržovalo v stálom pohybe. Tieto vodné zdroje energie sa využívali po stáročia na mechanický pohon zariadení. Nie sú však vhodné na výrobu elektrickej energie. Na jej výrobu sa využívajú turbíny vyrobené z kovu a na rozdiel od vodných kôl sa otáčajú veľkými rýchlosťami. Takéto turbíny sa objavili koncom 19. Storočia. Viac ako storočný vývoj viedol v súčasnosti k širokej ponuke viacerých typov, ktoré sa svojou konštrukciou líšia v závislosti od spôsobu využitia, prietoku vody alebo usporiadania technologického zariadenia.

### **Podľa spôsobu využitia sa turbíny delia na :**

- rovnotlakové (Bánkiho, Peltonova),
- pretlakové (Kaplanova, Francisova),

Toto delenie vychádza z toho, či sa využíva kinetická energia prúdenia vody (rovnotlakové turbíny) alebo tlaková energia (pretlakové). Kinetická energia je v tokoch predstavovaná rýchlosťou prúdenia. Táto rýchlosť je závislá na spáde toku. Na jej využitie sa používajú hlavne turbíny typu Bánkiho a Peltona. Sú to zariadenia založené na rotačnom princípe. Optimálne využitie kinetickej energie však vyžaduje, aby obvodová rýchlosť turbíny v mieste styku s vodou bola asi polovičná ako je rýchlosť prúdenia vody. Keby obvodová rýchlosť bola rovnaká ako rýchlosť prúdenia, lopatky by vlastne ustupovali bez možnosti prevziať vodnú energiu a nebolo by vlastne možné turbínu zaťažiť. Z uvedeného vyplýva, že otáčanie týchto turbín je relatívne pomalé. V technickom názvosloví sa tento jav označuje ako nízka rýchlobežnosť, ktorá

v podstate vyžaduje väčšie rozmery turbíny. Rovnotlakové turbíny sú tie, kde tlak vody na lopatky spôsobený polovičnou obvodovou rýchlosťou ako je rýchlosť prúdenia, je po celej ceste odovzdávania energie stále rovnaký. Ďalším znakom týchto turbín je čiastočný ostrek. Voda vstupuje do turbíny len čiastočne po obvode.

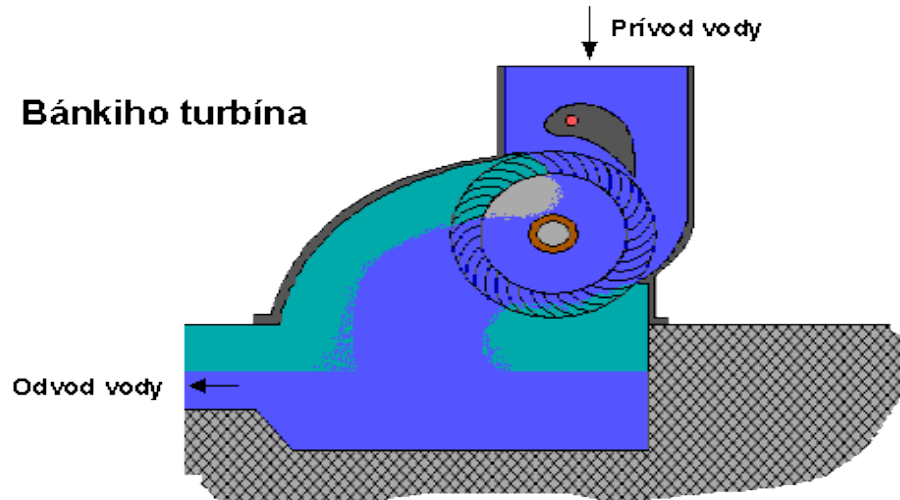
Tlaková energia vody sa využíva pretlakovými turbínami ako sú napr. Kaplanova alebo Francisova. V týchto zariadeniach sa časť tlaku vody premení na rýchlosť, ktorá je nutná na zabezpečenie požadovaného prietoku vody. Zvyšok tlaku sa postupne znižuje pri prúdení po lopatke a v mieste, kde voda lopatku opúšťa je tlak prakticky celý využitý. V miestach kde voda opúšťa turbínu je tlak dokonca nižší ako atmosférický. Tento podtlak spôsobuje kavitačné javy, čo má za následok opotrebovávanie materiálu a tým aj znižovanie životnosti turbíny. Z tohto dôvodu sa používa nerezový materiál a zavádza sa aj protitlak. Turbína sa potom umiestňuje nižšie ako je spodná hladina vody. Spoločnou vlastnosťou pretlakových turbín je, že obvodová rýchlosť obežného kolesa a tým aj otáčky sú niekoľkonásobne vyššie ako rýchlosť prúdenia vody. Tieto turbíny sa tiež označujú ako rýchlobežné. Majú teda menšie rozmery a vynaložený materiál je lepšie využitý. Pretlakové turbíny majú úplný ostrek, pričom voda vstupuje po celom obvode turbíny. ([www.inforse.org](http://www.inforse.org))

#### **4.2.1 Bánkiho turbína**

Hoci konštrukciu turbíny, ktorá sa dnes označuje ako Bánki ako prvý navrhol a patentoval v roku 1903 inžinier Michell, dostala názov po maďarskom profesorovi Donatovi Bánkim, ktorý ju vyvinul nezávisle na Michellovi na univerzite v Budapešti. Okolo roku 1920 bol tento typ turbíny rozšírený po celej Európe. Hlavnou črtou tejto turbíny je, že voda dopadá na lopatky dvakrát pri vstupe aj pri výstupe. Takéto využitie však nemá žiadny zvláštny význam s výnimkou toho, že voda je veľmi účinne a jednoducho vypúšťaná z turbíny. Bánkiho turbíny sa uplatňujú už pri spádoch vody nižších ako 2 metre alebo dosahujúcich výšku až 100 metrov. Môžu využívať veľkú rôznorodosť prietokov, a to pri konštantnom priemere turbíny tým, že sa mení veľkosť vstupu vody a šírka obežného kolesa (rotora). Pomer šírky a priemeru rotora sa pohybuje od 0,2 do 4,5. Dôležitou črtou Bánkiho turbíny je, že účinnosťná krivka je relatívne plochá, čo znamená, že aj pri zníženom prietoku je účinnosť ešte stále relatívne vysoká. Toto je niekedy dôležitejšie ako vyššia účinnosť iných turbín v optimálnom bode účinnostnej krivky. Vzhľadom na nízku cenu a jednoduchú obsluhu sa tieto turbíny veľmi dobre uplatňujú v malých vodných elektrárnach. ([inforse.org](http://inforse.org))

*Technické údaje:*

Spád:	0,8 až 50 m
Rozsah prietoku:	50 litrov za 1 s až niekoľko $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Výrobcovia:	firmy Cink, Turbo Technic, Dumat



**Obr. 3 Bánkiho turbína (Zdroj SE, a.s. , 2001)**

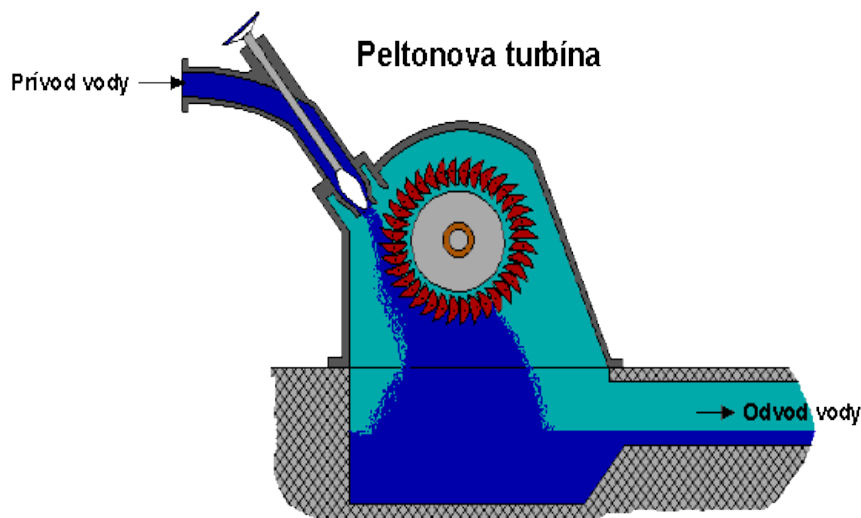
#### **4.2.2 Peltonova turbína**

V konštrukcii Peltonovej turbíny je zabudovaný princíp starého vodného kolesa. Táto turbína, ktorá vzhľadom pripomína klasické vodné kolesá, sa používa v prípadoch kedy je k dispozícii veľký spád vody (viac ako 40 m). Používa sa do spádov s výškou až 2000 m. Maximálny výkon Peltonových turbín sa dnes pohybuje okolo 200 MW.

Prvú turbínu tohto typu skonštruoval Američan Pelton v roku 1880, po ktorom dostala aj svoj názov. Najväčšie Peltonove turbíny majú priemer aj viac ako 5 metrov a vážia viac ako 40 ton. Turbína sa umiestňuje nad hladinu výpuste vody, čím dochádza k strate spádu, avšak zabraňuje to zaplaveniu turbíny. Z hľadiska konštrukcie existuje viacero modifikácií týchto turbín prispôbených pre daný prietok a spád vody. ([www.inforse.org](http://www.inforse.org))

*Technické údaje:*

Hranica pre použitie veľkých rovnolakových turbín:	nad 400 m
Spád:	400 až 1750m
Výkon:	až 150 MW



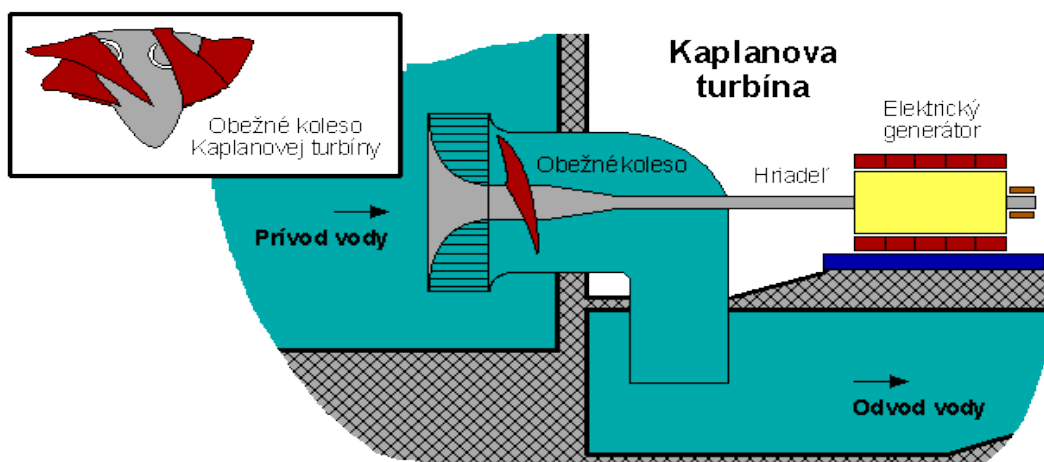
Obr. 4 Peltonova turbína (Zdroj SE, a.s. , 2001)

#### 4.2.3 Kaplanova turbína

Pre veľmi nízky spád a vysoký prietok vody sa bežne používa turbína typu Kaplan. Touto turbínou voda preteká tak, že zasahuje maximálnu plochu lopatiek. Preto sa tieto turbíny používajú pre veľmi veľké prietoky a spády pre niekoľko málo metrov. Zaujímavou črtou je, že rýchlosť otáčania lopatiek je až dvakrát vyššia ako rýchlosť prúdiacej vody. Toto umožňuje rýchle otáčky aj pri relatívne nízkej rýchlosti toku. Aj Kaplanove turbíny sa vyznačujú rôznymi konštrukciami. Ich použitie sa však obmedzuje na spády vody od 1 m do asi 30 m. Pri týchto podmienkach sa vyžadujú relatívne vysoké prietoky v porovnaní s turbínami využívajúcimi vysoké spády, aby bolo možné dosiahnuť porovnateľný výkon. Preto sú Kaplanove turbíny svojou konštrukciou relatívne veľké. ([www.inforse.org](http://www.inforse.org))

Technické údaje:

Spád:	veľké turbíny 2 až 80 m, malé turbíny 1 až 20 m
Prietok:	od 0,1 m/s
Účinnosť veľkých jednotiek:	viac ako 90 %
Výrobcovia:	ČKD Blansko, Turbo Technics, Škoda Rotava



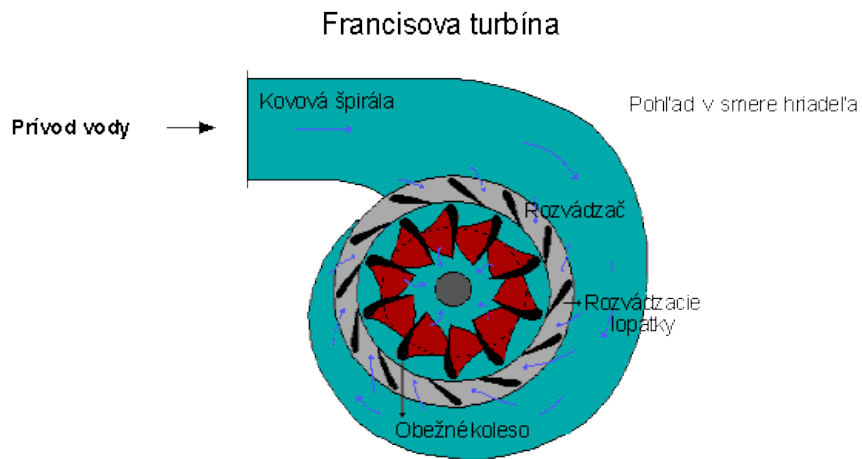
Obr. 5 Kaplanova turbína (Zdroj SE, a.s. , 2001)

#### 4.2.4 Francisova turbína

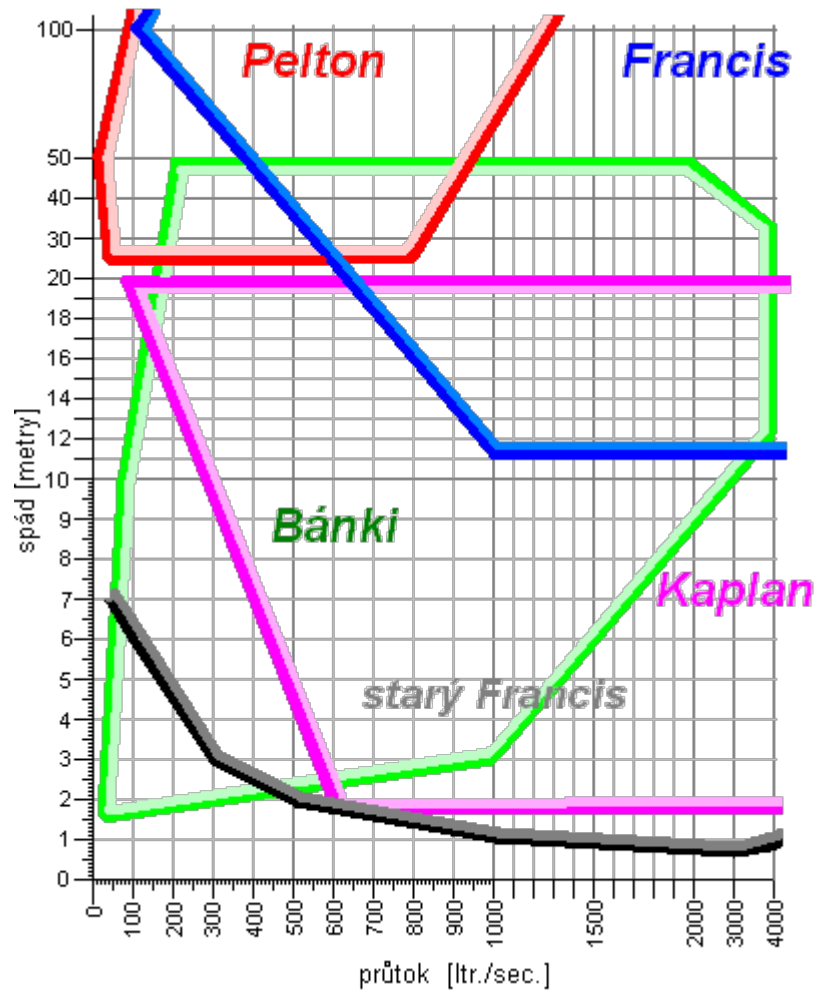
Francisova turbína sa veľmi často využíva v malých vodných elektrárnach. Podstatným rozdielom v porovnaní s Peltonovou turbínou je, že Francisova turbína je úplne ponorená vo vode a tak tlak ako aj rýchlosť prietoku klesajú od vstupu k výstupu vody z turbíny. Voda sa vypúšťa otvorom v strede turbíny. Svoju stavbou je Francisova turbína zložitejšia ako Peltonova a vyžaduje si špecifickú konštrukciu pre danú výšku spádu a prietok, tak aby sa dosiahla maximálna účinnosť. Bežne tento typ turbíny používa spády od 30 do 700 metrov, pričom najväčšia Francisova turbína má výkon až 800 MW. ([www.inforse.org](http://www.inforse.org))

*Technické údaje:*

Spád:	30 až 400m, malé turbíny: od 10m
Rozsah výkonu:	desiatky až stovky MW
Účinnosť veľkých jednotiek:	viac ako 90 %
Výrobcovia:	ČKD Blansko, Turbo Technics



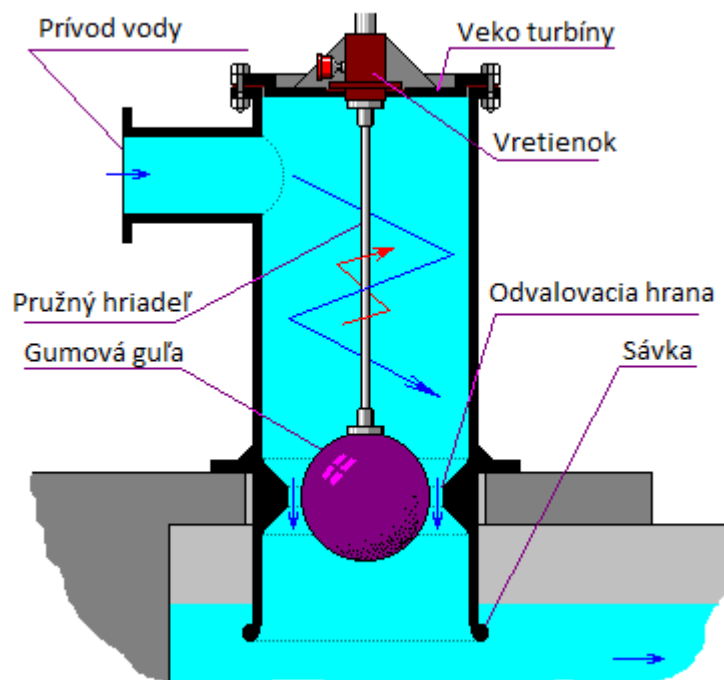
Obr. 6 Francisova turbína (Zdroj SE, a.s. , 2001)



Obr. 7 Rozsah použitia základných druhov turbín (Zdroj:www.mve.energetika.cz)

#### 4.2.5 Setur turbína

Táto vodná turbína pracuje na úplne odlišnom princípe, ako väčšina ostatných turbín. Funkcia turbíny je založená na tzv. hydrodynamickom paradoxe. To je jav, ktorý spôsobuje, že guľa (alebo iné zakrivené teleso) je priťahovaná k stene tým viac, čím rýchlejšie medzi ňou a stenou prúdi kvapalina. Keď je do turbíny vpúšťaná voda, prúdi najvyššou rýchlosťou medzi guľou a odvalovacou hranou. Keby guľa visela ideálne v strede, nič by sa nestalo. Lenže guľa je zavesená na pružne, ktorá nikdy nie je v presnom strede. Tangenciálne vstupujúca voda do turbíny spôsobí miernu rotáciu. Tým dôjde k vychýleniu gule z pokojovej polohy. V mieste, kde je guľa bližšie ku stene, vzrastie rýchlosť vody a klesne tlak. Guľa sa tak ešte viac vychýli a pritlačí sa ku stene. Medzi guľou a stenou vznikne štrbina. Vplyvom celkového prúdenia sa dostane guľa do rotácie. Sila ktorá priťahuje guľu ku stene je tým väčšia, čím vyššia je rýchlosť prúdenia kvapaliny a ta je väčšia na tej strane štrbiny, kam sa guľa valí, pretože v tom smere sa štrbina pred guľou uzatvára. Guľa je teda vo štrbine prisávaná na stenu v smere svojho valenia. Keďže sa guľa dotýka steny a súčasne sa odvaluje, funguje ako satelit v planétovej prevodovke a hriadeľ, ktorý je k nej pripevnený sa otáča.



**Obr. 8 Turbína Setur**

(Turbínu vyrába Mechanika Králův Dvůr s.r.o.)

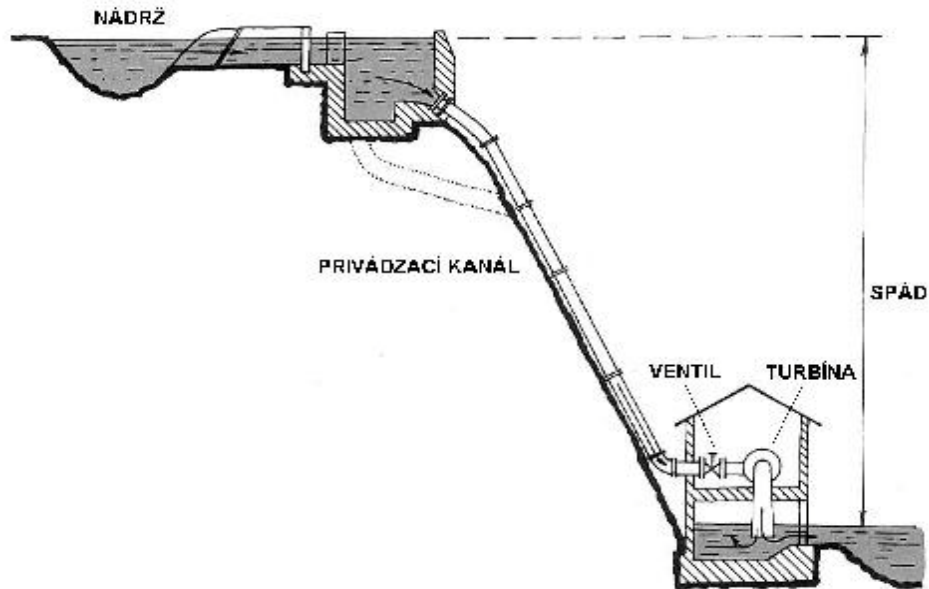


## **4.3 VODNÉ MIKROELEKTRÁRNE**

Vodné mikroelektrárne (VME) sú charakteristické tým, že ich výstavba a prevádzka zvyčajne nie je spojená s negatívnymi dopadmi na životné prostredie. Podobne ako veľké vodné elektrárne aj VME sa vyznačujú vysokou účinnosťou využitia vodnej energie. Navyše majú výhodu v tom, že sú tzv. decentralizovaným zdrojom energie. Tým že ich je možné inštalovať v odľahlých oblastiach, poskytujú možnosti rozvoja a často aj energetickej sebestačnosti hlavne na vidieku. Vo svete pracuje mnoho tisíc takýchto zariadení, ktoré majú za sebou niekoľko desaťročí vývoja. V prepočte na jednotku výkonu sú VME však v porovnaní s veľkými o niečo drahšie. Mnohé z nich sú tzv. prietokové t.j. nemajú žiaden rezervoár (voda nie je skladovaná za priehradou) a vyrábajú elektrickú energiu len vtedy keď je vody dostatok. Vo veľkej väčšine prípadov nie sú mikroelektrárne pripojené na verejnú elektrickú sieť. Sú využívané v samostatných objektoch, kde sa elektrina často používa na dobíjanie batérií, z ktorých sa čerpá v prípade potreby. V prípade dostatku energie vyrobenej mikroelektrárnou je možné použiť aj zariadenie – t.z. menič, na zmenu jednosmerného prúdu vyrábaného VME na striedavý, ktorý využíva väčšina bežných elektrospotrebičov.

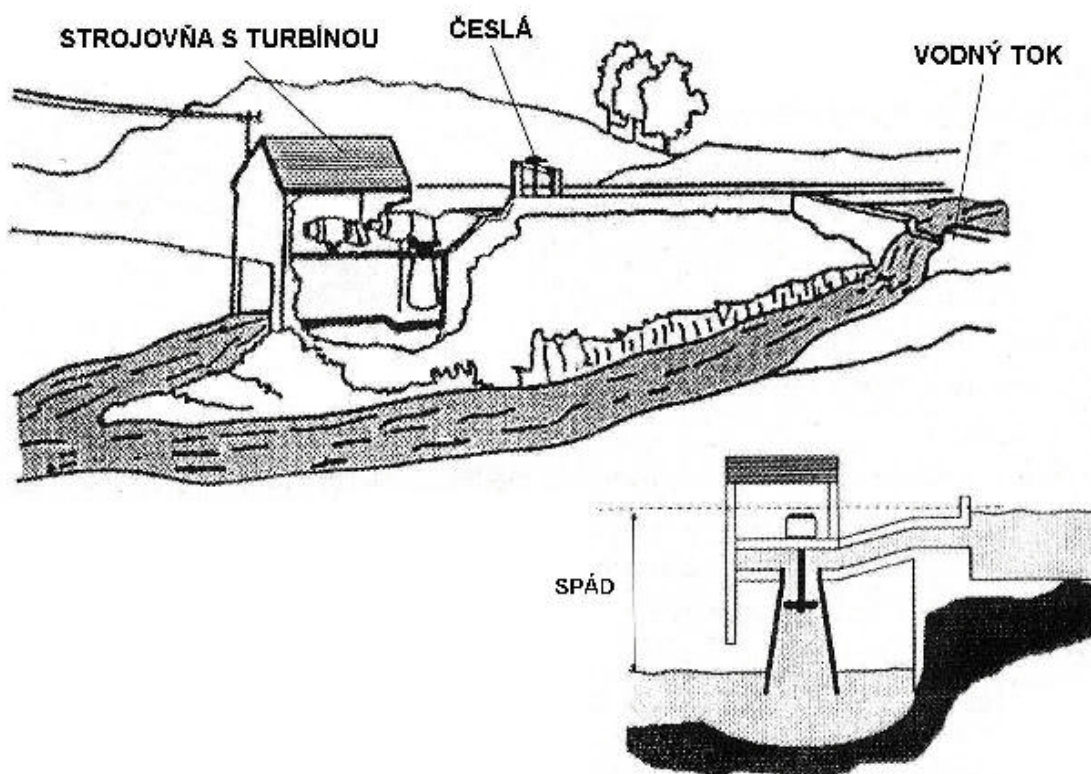
### **4.3.1 Meranie spádu vody pre mikroelektrárne**

VME sa vyznačujú veľkou konštrukčnou rôznorodosťou, ktorá zohľadňuje miestne podmienky ako sú spád a prietok vody. VME ,kde je použitý vysoký spád sú bežné v horských oblastiach a keďže na dosiahnutie daného výkonu potrebujú menšie prietoky vody ako VME s malým spádom, sú zvyčajne aj lacnejšie.



**Obr. 9 Vodná mikroelektrárň s vysokým spádom.**  
 (Zdroj: [www.zdruzeniepcola.org](http://www.zdruzeniepcola.org))

Väčšina MVE si vyžaduje prívodný kanál alebo potrubie odvádzajúce vodu z vodného toku. Aby nedošlo k zaneseniu alebo poškodeniu turbíny, voda zvyčajne prechádza cez filter alebo sa používajú usadzovacie nádrže. Prívod vody sa umiestňuje mimo hlavného toku (rieka, potok), aby v prípade vysokého stavu vody nedošlo k vysokému tlaku na turbínu. Keďže riziká spojené s prevádzkou VME sú omnoho nižšie ako v prípade veľkej vodnej elektrárne (pretrhnutie priehrady), nie sú potrebné ani vysoké bezpečnostné opatrenia pri stavbe, ktorú je možné zvládnuť s miestnymi obyvateľmi a pri použití jednoduchých technológií. Hoci potreby údržby sú nízke, VME si zvyčajne vyžadujú viac pozornosti ako napr. slnečné články alebo veterné elektrárne. Súvisí to hlavne s odstraňovaním nečistôt a pravidelnou údržbou alebo výmenou ložísk turbíny. Česlá slúžia na odstraňovanie hrubých nečistôt. ([www.zdruzeniepcola.org](http://www.zdruzeniepcola.org))



**Obr. 10 Malá vodná elektrárň využíva nízky spád vody.**  
(Zdroj:www.inforse.org)

Na vyššie uvedených obrázkoch je hrubý spád vody. Ten je však pre výpočet výkonu vodného diela nepoužiteľnou hodnotou a nie je ho možné zamieňať so spádom používaným vo vzorcoch pre výpočet vodných motorov. K týmto výpočtom potrebujeme spád čistý. Čistý spád je spád využiteľný vodným motorom a získame ho, keď od hrubého spádu odčítame:

- pokles hladiny na vstupe do náhonu (cca 3cm)
- rozdiel hladín medzi začiatkom a koncom náhonu
- rozdiel hladín pred a za hrablicou (cca 5cm)
- tlakovú stratu v prívodnom potrubí (ak je použité)
- rozdiel hladín na začiatku a konci odpadového kanála
- výšku obežného kolesa nad spodnou hladinou (iba u rovnotlakých turbínach)

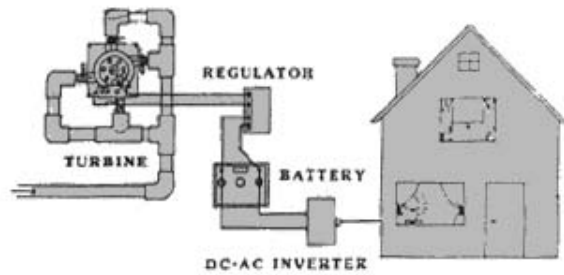
#### 4.3.2 Výpočet prietoku

Prietok vody je premenlivá veličina a závisí od viacerých parametrov. Prietok sa môže meniť zo dňa na deň. Časté sú zmeny hlavne v jarných mesiacoch a v období častých dažďov. Pre samotný výpočet energie, ktorú vyrobí vodná elektrárň je pri absencii zásobníka potrebné vychádzať z minimálneho prietoku v priebehu roka.

Pre členité vodné toky je výpočet náročný. Je však možné určiť prierez v najjednoduchšom mieste pomocou zmerania šírky toku a jeho hĺbky. V prípade, keď nemáme k dispozícii tok s obdĺžnikovým prierezom, je potrebné rozdeliť prierez na časti a určiť plochu týchto častí násobením šírky a hĺbky. Celkový prietok je sumou jednotlivých častí. Hodnotu prietoku je však potrebné vynásobiť koeficientom trenia v dôsledku nerovností dna toku. Tento koeficient je 0,8 pre pieskovité dno, 0,7 pre dno s malými kameňmi a 0,6 pre dno s veľkým počtom veľkých kameňov.

#### **4.4 VODNÉ MIKROTURBÍNY**

Takéto turbíny sú schopné zabezpečiť energiu pre jednu domácnosť vybavenú energeticky úspornými spotrebičmi. Mikroturbíny sa umiestňujú v miestach, kde je buď nízky spád alebo prietok vody (resp. oboje). Často sa využívajú v spojení so sadou batérií, ktoré sa dobíjajú elektrickou energiou vyrobenou v turbíne. Mikroturbíny sa v zahraničí predávajú za asi 1,5 USD/W. Často môžu mať veľkosť prenosného kufrika vybaveného alternátorom produkujúcim striedavý prúd. Jedným z možných riešení býva vodná mikroelektrárň využívajúca časť vodného toku privádzanú do zásobníka vody, ktorým môže byť napr. 200 litrový sud. Sud funguje ako usadzovacia nádrž filtrujúca vodné nečistoty. Voda zo suda je k turbíne privádzaná potrubím (PVC) s priemerom 5 až 10 cm a po vypustení z turbíny býva odvádzaná späť do vodného toku. Mikroturbíny sa dodávajú v dvoch prevedeniach. Jedno využíva alternátor podobný zariadeniu v automobiloch, druhé využíva permanentný magnet. Zariadenia s alternátorom sú vhodné pre väčšie systémy (100 až 1000 W), kým permanentné magnety sa používajú pre systémy menšie ako 80 W.



TURBINE – turbína

DC-AC INVERTER – DC-AC invertor

BATTERY – batéria

**Obr. 11 Peltonova turbína požitá v mikroelektrárni a názorná schéma zapojenia pre domácnosť (Zdroj:www.zdruzeniepcola.org)**

Väčšie systémy majú tiež elektronickú reguláciu, ktorá zabraňuje pretočeniu turbíny pri väčších otáčkach a chráni ju pred poškodením (opotrebovaním jej častí).

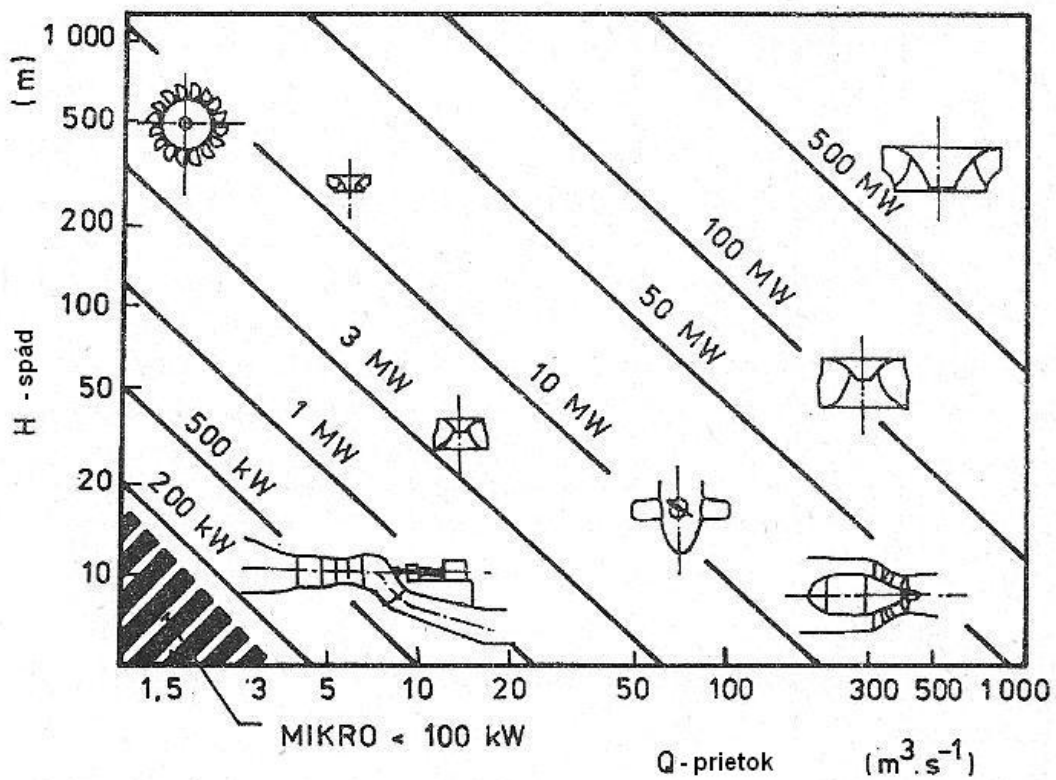
Turbíny pripojené na batérie sú vhodným riešením, pretože batérie sú dobíjané prakticky okamžite po odbere energie z nich. Z tohto dôvodu nie je potrebné používať tzv. solárne AKUbatérie s hlbokým cyklom vybíjania. Najčastejšie sa na tento princíp využívajú špeciálne akumulátory, ale pre domáce využitie postačia akumulátor olovený a akumulátor kadmiovo- či ocel'ovo-niklový .

Zvyčajne investície do kvalitného potrubia a turbíny sú efektívnejšie ako investície do kvalitných batérií. V systémoch s mikroturbínami je potrebné dbať na presnú špecifikáciu dĺžky a priemeru potrubia, v ktorom dochádza k stratám energie. Použitie dlhých potrubí s malým priemerom často v dôsledku zvýšeného trenia zbytočne znižuje výrobu elektriny.(zdruzeniepcola.org)



Obr. 12 Príklady zapojenia mikroelektrárne v praxi  
(Zdroj:www.zdruzeniepcola.org)

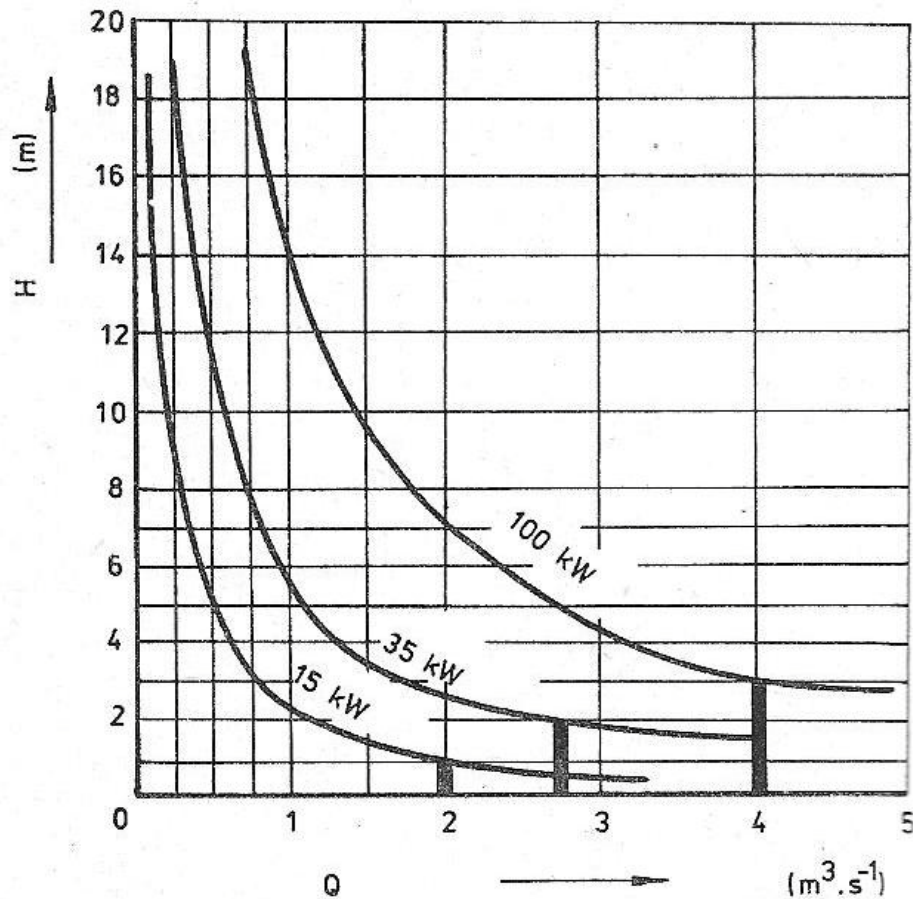
#### 4.5 VODNÉ MOTORY PRE MIKROELEKTRÁRNE



Obr. 13 Rozdelenie vodných elektrární podľa výkonu (Kminiak 1990)

Vodné elektrárne s výkonom do 100kW patria medzi výkonovo najmenšie elektrárne. Na obr. 4.11 je oblasť *mikro* vyznačená čiarkovane predstavuje minimálne spracovávané prietokové množstvá a spády, ktorým potom zodpovedajú aj najmenšie užitočné výkony. Do tejto oblasti patria:

- priemyselné VME s výkonom nad 60kW,
  - závodné (družstevné) VME s výkonom nad 35kW,
  - domáce (občianske) VME – občianske mikro zdroje s výkonom do 35kW.
- V tomto prípade inštalovaných výkonov môže ísť aj o priame mechanické (neelektrické) využitie vodnej energie (napr. na čerpanie vody),
- mobilné zdroje - občianske mikro zdroje s výkonom do 2kW, ktoré možno inštalovať podľa potreby v rozličných vhodných lokalitách. (Kminiak, 1990)



Obr. 14 Krivky konštantných výkonov VME v závislosti od spádu a prietoku (Kminiak, 1990)

Krivky konštantných výkonov VME na obr. 4.12 znázorňujú možné kombinácie spádov a prietokov potrebných na dosiahnutie tohto výkonu pri celkovej reálnej odhadnutej účinnosti mikroelektrárne 65% (účinnosť turbíny je 85 %, účinnosť generátora je 80% a účinnosť prevodu je 90 %). Obr. 4.12 sa používa na orientáciu v rozpätí používaných spádov a prietokov. Vodné mikroelektrárne, charakterizované ako mikrotlakové vodné diela, budú spravidla využívať spády 2 až 4 m, najviac 10 m a výnimočne do 20 m. Z priebehu kriviek konštantných výkonov vyplýva, že optimálna kombinácia spádu a prietoku bude v mieste ich maximálnej krivosti pri tých vodných dielach, kde nie je k dispozícii dostatočný spád a vzhľadom na výškové usporiadanie diela možno pomerne ťažko dosiahnuť väčší spád. Na celkové náklady na technologickú aj stavebnú časť bude priaznivo vplývať možnosť využitia maximálneho spádu, ktorý sa prejaví rozmerovým zmenšením a zvýšením podielu inštalovaného výkonu na 1 kg technologického zariadenia, čo je priaznivý faktor efektívnosti VME. Úsečky na obr.4.12 určujú hraničné hodnoty prietokov pri príslušných výkonoch VME, pričom sa berie do úvahy skutočnosť, že vzhľadom na malú strmosť kriviek za touto hranicou by pri ďalšom znižovaní spádu na vodnom diele narastali pri danom výkone prietokové množstvá na neúmerne vysoké hodnoty. Preto je účelné pre výkon 15 kW dosiahnuť spád aspoň 1 m (potom  $Q = 2\text{ m}^3/\text{s}$ ), pre výkon 35 kW spád aspoň 2 m (potom  $Q = 2,75\text{ m}^3/\text{s}$ ) a pre výkon 100kW spád aspoň 3m pri  $Q = 4\text{ m}^3/\text{s}$ . Možno zhrnúť, že pre občiansky mikrozdroj pri spáde asi 2m bude hraničná hodnota prietoku dosahovať asi 3m/s a celkove oblasť mikro pri spáde asi 3 m bude ohraničovať hodnota prietoku 4m/s.

Na základe týchto úvah možno pri známých charakteristikách vodného toku — odtokovej krivke a spádových možnostiach v danej lokalite — predpokladať približne možný využiteľný výkon VME. (Kminiak, 1990)



## 4.6 PRINCÍP ČINNOSTI VODNEJ MIKROELEKTRÁRNE

VME fungujú na princípe premeny mechanickej energie vody na elektrickú energiu. Vodný prúd prechádza nepohyblivými rozvádzacími kanálmi turbíny a takto usmernený vodný prúd vteká do opačne zakrivených lopatiek obežného kola vodnej turbíny, roztáča tieto lopatky a odovzdáva im svoju mechanickú energiu.

Mechanická energia vody sa mení na mechanickú energiu hriadeľa, tá sa následne mení pomocou elektrických generátorov na energiu elektrickú. S vysokou účinnosťou premieňa elektrický generátor vodnej elektrárne energiu mechanickú na energiu elektrickú. Elektrická energia sa najčastejšie v generátore vytvára indukciou rotujúceho magnetického poľa rotora do pevného vinutia statora generátora. Pre vytvorenie magnetického poľa rotora je potrebný budiaci jednosmerný prúd, ktorý je vyrábaný v budiči generátora.

Vyrobená elektrická energia sa prenáša pomocou rozvodných zariadení do domácnosti.

## 4.7 TURBÍNA SETUR AKO VODNÁ MIKROELEKTRÁREŇ

Ako uvádza výrobca – vodný motor je vhodný pre veľmi malé vodné zdroje a ostrovnú prevádzku, kedy vyrobená energia je akumulovaná a spotrebovaná v mieste výroby. Vyznačuje sa spoľahlivosťou a nemá negatívny vplyv na životné prostredie.

Vodný motor bol testovaný pre mechanický pohon závlahových čerpadiel (Pre rozmerovú predstavu: Pôvodná turbína s guľou o priemere cca 100 mm, obiehajúca v otvore o priemere 120 mm, konalo na spáde 1 meter približne 120 ot. / min. A cez ojnicu poháňala krídlové čerpadlo). Po sprevodovaní sa hodí pre pohon alternátora s usmerňovačom – ako zdroj jednosmerného prúdu pre nabíjanie akumulátorov. Stroj bol použitý aj ako vodný motor pre MVE s asynchrónnym generátorom. K jeho výhodám patrí spoľahlivosť, jednoduchosť, necitlivosť na organické nečistoty. Turbína má ekonomickú prevádzku, pretože prietok turbínou sa pri jej odľahčení samočinne znižuje až o 50%, otáčky naprázdno vzrastú približne na jedenaplnásobok menovitých.

Problémy sa môžu vyskytnúť s opotrebením, ak by voda obsahovala veľké množstvo abrazívnych častíc. Ale to je ľahko riešiteľné lapačom piesku alebo vytvorením záchytky pred vstupom do potrubia. Turbína je v zásade neregulovateľná a určená pre pohon stálej záťaže (čerpadlo, nabíjanie akumulátora, asynchrónny generátor do siete).

Najviac sa osvedčila predovšetkým ako prenosný mobilný stroj napojený flexibilné hadicou k zdroju vody, v kombinácii s pomalobežným jednosmerným alternátorom (používaným pre veterné elektrárne). Pracuje ako nabíjač akumulátorov, z ktorých sa nazbierané elektrická energia následne mení na 230V / 50Hz (pomocou bežných polovodičových striedačov). Vývoj tohto motora stále pokračuje, najmä pokiaľ ide o jej samotnej praktickej konštrukčné prevedenie.

**Účinnosť:** Podľa prevedenia od 40 až do 75%.

**Rozsah použítí:** Pre spády (podľa typu) od 0,6 až 20m pri prietoku 4 – 500 ltr./sec.

**Tab. 2 Typy sériovo vyrábaných turbín Setur**

typ	DVE120	DVE160	DVE300	DVE600
spád [m]	2..20	1,5..18	1,2..8	0,6..3,5
prietok [ltr./sec.]	4..20	10..25	50..160	100..500
výkon na hriadeľi [kW]	0,075..2,1	0,11..2,9	0,4..4,3	0,8..7
otáčky [ot./min.]	120..150	90..130	50..80	22..30

Výrobca Mechanika Králův Dvůr s.r.o.



**Obr. 15 Mikroturbína Setur, (zdroj: [www.setur.cz](http://www.setur.cz))**

#### 4.7.1 Použitie turbíny Setur na vodnom toku pre chatu

Parametre vodného toku:

- H- spád: 5 m
- Q- prietok: 8 l/s

Typ turbíny DVE 120:

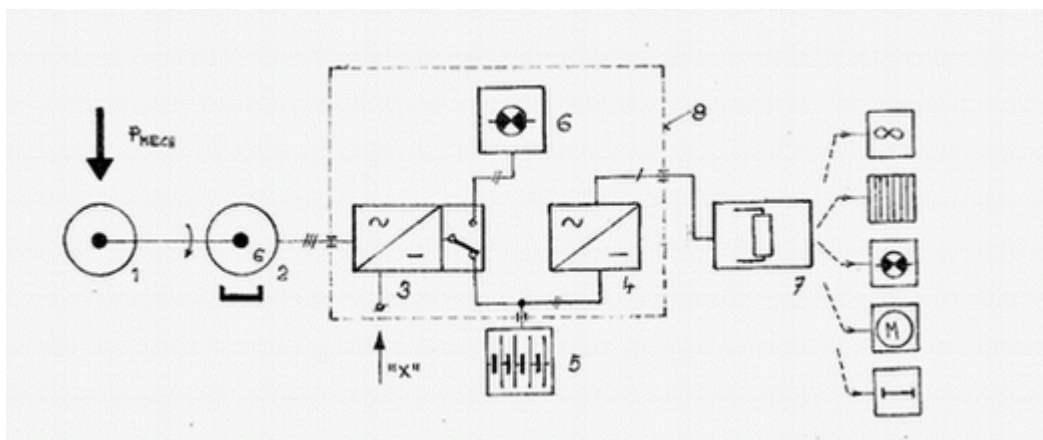
- Účinnosť turbíny mechanická:  $h_M = 0,7$  (70%)
- Účinnosť generátora:  $h_G = 0,5$  (50%)
- Koeficient hydraulických strát prívodného potrubia: 0,765

$$P_{EL} = g * Q * H * h_M * h_G * 0,765 =$$
$$= 9,81 * 8 * 5 * 0,7 * 0,5 * 0,765 = \mathbf{105W}$$

Náš vodní zdroj je schopný premeniť svoj energetický potenciál v elektrický výkon na generátore 105 W. Turbína SETUR bude opatrená 3-fázovým synchronným generátorom z parametrami:

**Výkon:** 120 W

**Napätie:** 3x24 V striedavé



Obr. 16 Základná bloková schéma zapojenia, (zdroj: Mechanika Kráľův Dvůr s.r.o)

**Tab. 3 Tabuľka spotrieb elektrickej energie – bilancia prevádzky**

Umiestenie spotrebiče	Druh	Výkon [W]	Prevádzka		Denná spotreba		
				[h/deň]		[Wh/deň]	
Suterén	žiarovka	9	*	1	=	9	
	žiarovka	11	*	2	=	22	
Veranda	žiarovka	9	*	2	=	18	
	žiarovka	9	*	2	=	18	
Obývacia izba	žiarovka	9	*	1,5	=	13,5	
	žiarovka	9	*	1,5	=	13,5	
	žiarovka	20	*	4	=	80	
	televízor	50	*	5	=	250	
	rádio	15	*	10	=	150	
Spálňa	žiarovka	13	*	2,5	=	32,5	
	žiarovka	9	*	2	=	18	
	žiarovka	9	*	2	=	18	
Kuchyňa	žiarovka	11	*	2	=	22	
	žiarovka	13	*	1,5	=	19,5	
	ventilátor	25	*	1,5	=	37,5	
	chladnička	55	*	12	=	660	
WC	žiarovka	11	*	1,5	=	16,5	
	ventilátor	25	*	1	=	25	
Kúpeľňa	žiarovka	11	*	3	=	33	
Studňa	čerpadlo	180	*	1,5	=	270	
Celkom							1726
Straty regulácie, meničov a rezerva	10% (zvolené)					=	173
<b>Celková očakávaná denná spotreba <math>A_d = 1899 \text{ Wh}</math></b>							

Výpočet kapacity akumulátorovej batérie  $C_A$ [Ah]:

$$C_A = \frac{\text{Celková očakávaná denná spotreba}}{\text{Systémové napätie}} = \frac{A_d}{U_{\text{sys}}} = \frac{1899}{24} = 79,125 \text{ Ah}$$

Takto vypočítaná kapacita akumulátora (batérie) zodpovedá nepretržitému pracovnému režimu DVE, a to bez kapacitnej rezervy a aj bez ohľadu na hĺbku jeho vybitie. Pre istotu budeme uvažovať denné odstavku DVE max 0,5 hodiny. Stanovíme si koeficient pre zvýšenie kapacity akumulátora:

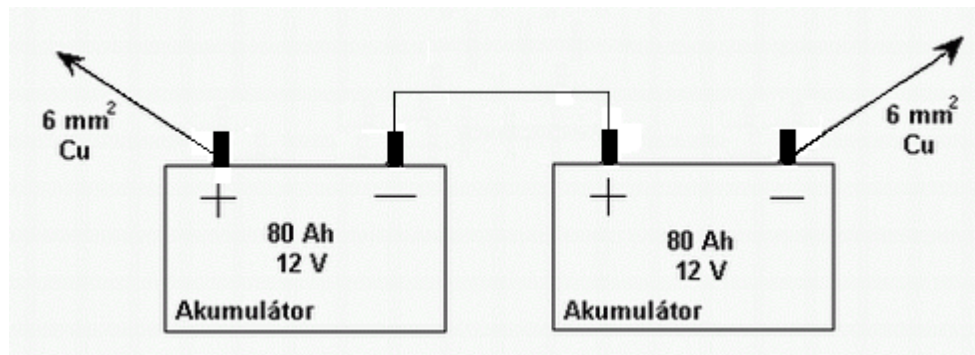
$$k_A = \frac{24}{(24 - 0,5)} = 1,021$$

Za účelom šetrnej prevádzky akumulátora nesmie byť hĺbka jeho vybitia väčšia než **50%**.

Preto koeficient hĺbky vybitia bude:  **$h_V = 0,5$**

$$C = C_A \cdot k_A = \frac{79,125 \cdot 1,021}{0,5} = 161,617 \text{ Ah}$$

Z dostupného výberu typov akumulátorov zvolíme zostavu 2 kusov akumulátorov z nominálnou kapacitou 80 Ah a napätím 12V v sériovom zapojení:



Aby sme mohli prevádzkovať súčasne energeticky najnáročnejšie spotrebiče, je potrebné ustanoviť aj primeraný výkon striedače pre vlastnú sieť 1 ~ 230V, 50 Hz, v „našej“ obytnej jednotke.

Zo spotrebičov napr. vyberieme:

Chladnička: **55 W**

Čerpadlo: **180 W**

Televízor: **50 W**

Svetlo: **13 W**

Celkom: **298 W**

Z uvedeného je zrejmé, že minimálny výkon striedača napätia bude treba zvoliť, pri systémovom napätia 24V:

$$P_{\text{stř.}} = 300 \text{ W}$$

Prúdový odber bude krytý z časti z akumulátorov a z časti z výkonu DVE ako zdroja.

Prúd na jednosmernej strane striedača bude:

$$I_{\text{str.}} = P_M / U_{\text{sys}} = 300 / 24 = 12,5 \text{ A}$$

- z ohľadom na už veľký prúd v prívode do striedača je potrebné aj správne dimenzovať vedenie.

V našom prípade vyhovie na predpokladanú stratu do 3% vo vedení použiť pre oba prívodné vodiče (+,-) do striedača vodiče prierezu min. 6 mm<sup>2</sup>, pri dĺžke maximálne 8m (rozumie sa od akumulátora do striedača), pri prúdovej hustote 2,5 A/mm<sup>2</sup>.

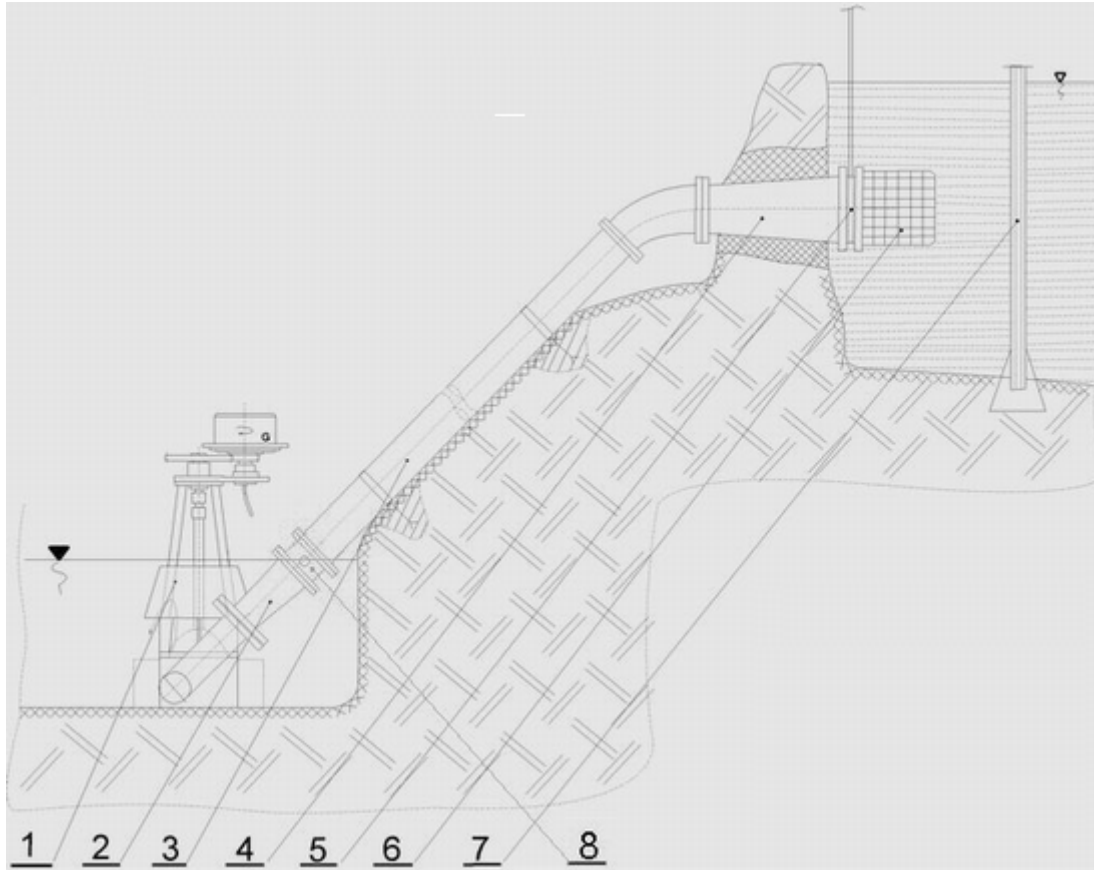
Pre vlastnú istotu overíme možnosti zdroja (DVE) na redukovanom dennom výkone pre časový úsek od 6<sup>00</sup> – 24<sup>00</sup>, tj. na 18 hodín.

$$A_d = 1899 \text{ Wh / deň} = 24 \text{ hodín}$$

$A_{dr} = 1899 \text{ Wh} / 18 \text{ hodín} \rightarrow$  stanovíme trvalý redukovaný výkon pri prevádzke „našej“ obytné jednotky:

$$P_{18} = A_d / 18 = 1899 / 18 = \mathbf{105,5 \text{ W}}$$

DVE podľa nášho úvodného výpočtu dáva trvalý výkon  $P_{EL} = 105 \text{ W}$



1-DVE 120, 2-vstupný konfuzor turbíny, 3-Potrubie privádzača, 4-Vstupný konfuzor privádzača, 5-Uzáver prívodu, 6-Sací kôš, 7-Hrubý lapač nečistôt, 8-Miestny uzáver

**Obr. 17 Schéma inštalácie DVE 120**

#### 4.7.1 Finančné náklady a návratnosť

Tento typ mikroelektárne je možné využívať ako ostrovnú prevádzku, kde nie je možné zaviesť elektrickú energiu priamo zo siete. Ak by sme ju chceli využívať ako jediný zdroj elektrickej energie, finančné náklady a návratnosť sa menia podľa výkonu použitého generátora. Pre tento použitý typ generátora vyšla približná návratnosť 16 rokov. V celkovej cene nie sú zahrnuté náklady na výkopové práce a úprava terénu. Je nutné rátať aj z nákladmi na prevádzku počas doby životnosti elektrárne. Pri pravidelnej údržbe sa predlžuje životnosť.

Približné ceny jednotlivého príslušenstva:

- DVE z asynchrónnym generátorom 120W 1050 Eur
- Akumulátor 2x 100 Eur
- Napäťový menič 80 Eur
- Rozvádzač a pripojenie 120 Eur

Spotrebované množstvo elektriny za rok [kWh]	Počet dní v roku	Cena elektriny [Eur/kWh]	Ročná spotreba v Euro	Vstupná investícia [Euro]	Návratnosť [rokov]
581,094	306*	0,148747	86,44	1350	16

\* Plánovaná dvojmesačná odstávka z technických a sezónnych dôvodov.

#### 4.8. V SÚČASTNOSTI PONÚKANÉ MIKROELETRÁRNE NA TRHU

*Firma Dumat:*

Vyrábajú turbíny propelerové (Kaplán bez regulácie obežného kola, z reguláciou alebo bez regulácie rozvádzača kola) o priemeroch obežného kola 600 mm, 690 mm a 800 mm. Turbíny sú celočelové. Konštrukcia je riešená tak, aby bola možnosť výmeny pôvodného neregulovateľného rozvádzača kola za regulované a to ako ručným nastavením kašne, tak aj automatickým natáčaním servopohonom. Snžia sa využívať prietoky v maximálnej miere navrhnutím väčšieho počtu turbín, resp. cyklováním. (Účinnosť asynchrónneho generátora je optimálna pri výkone blízko nominálnej hodnoty.)

Orientačná cena je od 6000 Eur pre priemer OK 600 mm, po cca 22000 Eur podľa lokality a priemeru obežného kola.

Mikroturbíny o priemeroch obežného kola 300 mm, 345 mm a 450 mm. Vyrobenú v štádiu testov majú turbínku s priemerom obežného kola 345 mm. (Odhadovaná cena je cca 2000 až 2700 Eur) Tieto mikroturbíny sú určené do lokalít, kde nie je rozpracovaná sieť "nn".

Všeobecne možno povedať, že sú schopní navrhnuť MVE a osadiť ju turbínou od spádu 1,8 m z prietokom cca 0,15 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup> do spádov rádovo 50 m a prietoku tomu zodpovedajúcich (pozri tabuľku).

**Tab. 4 Parametre turbín od firmy Dumat**

parametre / typ	TU 345	TU 600	TU 690	TU 800
H (m)	3,3	3,3	3,3	3,3
Q ( m <sup>3</sup> . s <sup>-1</sup> )	0,36	1,02	1,35	1,8
n <sub>t</sub> (min. <sup>-1</sup> )	700	360	310	270
P <sub>g</sub> kW	~ 6.0	~ 20.0	~ 26.0	~ 35.0

H- spád, Q- prietok, n<sub>t</sub>. otáčky generátora, P<sub>g</sub>- výkon generátora

Spoločnosť vyrába, dodáva a montuje 2 základné typy vodných turbín typu Banki a to s priemerom obežného kolesa 265 mm a 360 mm. Tieto turbíny konštruujú v šírkach obežného kolesa od 200 mm do cca 400 až 450 mm. šírka obežného kolesa vyplýva z lokality, celkového riešenia danej MVE (závislosť na n-denných vodách a pod.) a spádu. Tieto turbíny navrhujú na väčšie spády (nad 4 m). Turbíny sú celooceľové, obežné koleso aj skriňa sú vykonané z uhlíkových ocelí. Uloženie je vo valivých ložiskách konštrukčne riešených tak, aby bola ložiská oddelená od vodného priestoru. Orientačná predajná cena (ďalej PC) vyrábaných a montovaných turbín je cca 2000 Eur za 1 turbínu BT 265 a 2500 Eur za 1 turbínu BT 360 mm. Turbíny s reguláciou sú o regulácii drahšie podľa toho či sa jedná o reguláciu ručnú alebo so servopohonom. Termín dodávky je 3 mesiace u TU 600, TU 690 a 6 mesiacov u TU 800 a 9 mesiacov u TU 1060 od uzatvorenia zmluvy.

*Firma Ekosolar s.r.o:*

Ekosolar s.r.o ponúka typy turbín Setur ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke

**Tab. 5 Typy turbín od firmy Setur**

Označenie		DVE 120	DVE 160	DVE 300	DVE 600
Prietok	l/s	4 - 20	10 - 25	50 - 160	100 - 500
Spád min./optimal.	m	1,8 / 3,5 - 20	1,5 / 2,0 - 18	1,2 / 1,5 - 8,0	0,6 / 0,8 - 3,5
Mech. výkon	W	75 - 2 100	110 - 2900	400 - 4 300	800 - 7 000
Otáčky turbíny	1/min	120 - 150	90 - 130	50 - 80	22 - 30
Cena bez generátoru	Sk	37 128,-	50 099,-	111 384,-	408 408,-
DC s generátorom 12,24 V=					
Cena vč. DC generátoru	W / Sk	120W / 55 692,-			
Cena vč. DC generátoru	W / Sk	240W / 68 687,-	240W / 68 687,-		
Cena vč. DC generátoru	W / Sk	500W / 66 830,-	500W / 77 969,-	500W / 139 230,-	
Cena vč. DC generátoru	W / Sk	750W / 66 830,-	750W / 77 969,-	750W / 137 374,-	
AC gen. 3 x 400 V, 50 Hz					
Cena vč. AC generátoru	W / Sk	120W / 51 980,-	250W / 72 400,-		
Cena vč. AC generátoru	W / Sk	550W / 63 118,-	550W / 77 969,-		
Cena vč. AC generátoru	W / Sk	750 W/ 66 830,-	750W / 77 969,-	2,2kW / 146 656,-	3,5kW / 464 100,-



*Firma Zikomont s.r.o:*

Výroba vodných mikroelektrání je doplnkovým programom firmy ZIROMONT, tj. jednoduchých malých turbín, ktoré spracovávajú daný vodný potenciál na výrobu energie elektrickej. Táto energia môže byť dodávaná do verejnej rozvodnej siete 230/400V/50 Hz alebo iba pre vlastnú spotrebu (vykurovanie objektov, ohrev TÚV, osvetlenie), prípadne môžu byť dodávané do verejnej siete len prebytky energie. Tieto mikrozdroje môžu ďalej slúžiť ako autonómne zdroje bez väzby na verejnú rozvodnú sieť (tzv. ostrovný režim).

Tieto zariadenia sú konštruované ako jednoduché axiálne stroje buď bez regulácie alebo s jednoduchou reguláciou lopatiek obežného kola, ručné alebo elektromechanické.

Mikrozdroje pre spády H = 1,8-10 m ponúkajú v dvoch veľkostiach:

- **ZRM 25** pre prietoky 70-400 l/s
- **ZRM 37** pre prietoky 130-900 l/s

**Tab. 6 Mikroelektrárne ponúkané Wodagreen.com**

		Výkon (kW)	Prietok (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Prepočítaný stĺpec vody (m)	Vnútorň priemer trubky (mm)	Cena (euro)
Nízkošpádové	WDHLH-300W	0,3	0,038	2	150	1,739.90
	WDHLH-500W	0,5	0,041	3	150	2,428.88
	WDHLH-750W	0,75	0,044	4	150	2,660.00
	WDH-1000W	1	0,047	5	150	3,161.47
	WDHLH-1200W	1,2	0,05	6	150	4,530.72
Pre stredné spády	WDHM-3000W	3	0,16	4	250	12,161.85
	WDHM-5000W	5	0,151	6	300	12,946.77
	WDHM-6000W	6	0,156	7	300	14,080.54
	WDHM-8000W	8	0,161	9	300	17,743.48
	WDHM-10000W	10	0,165	11	300	20,011.02
Vysokospádové	WDCJ-200W	0,2	0,003	10 až 14	50	2,216.08
	WDCJ-500W	0,5	0,006	12 až 18	50 až 75	3,175.43
	WDCJ-1kW	1	0,009	16 až 22	100	4,709.50
	WDCJ-1,5kW	1,5	0,01	18 až 25	125	5,712.45
	WDCJ-D 3kW-20kW na objednávku					

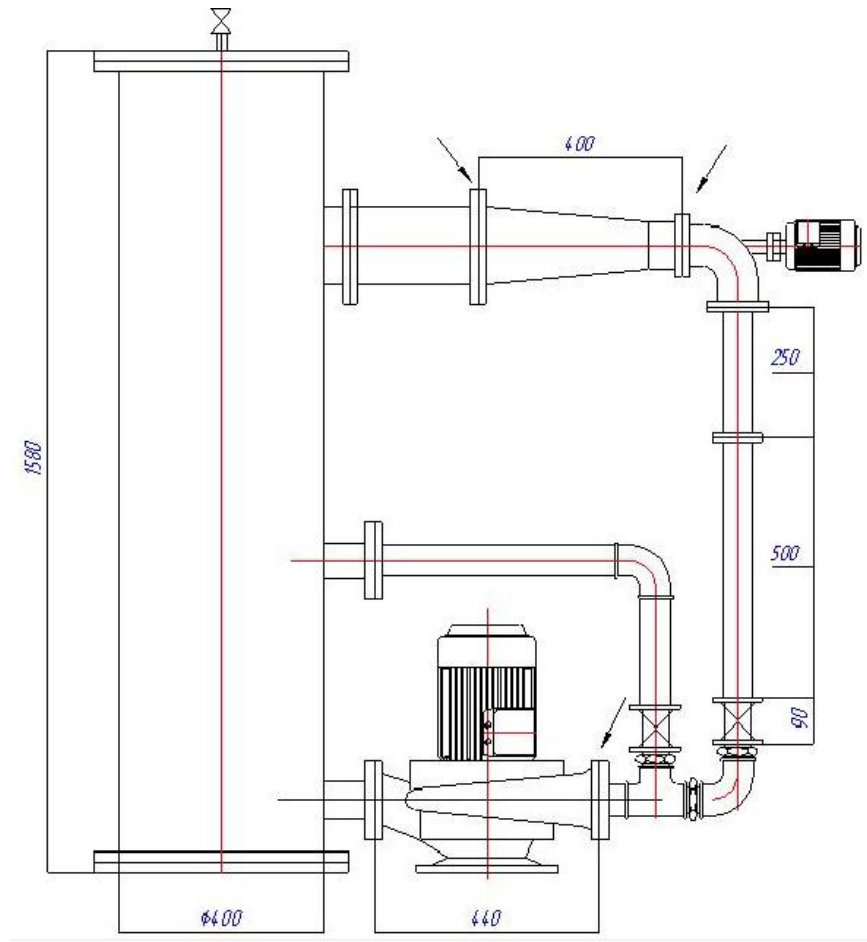
## 4.9 RIADENIE VODNÝCH MIKROELEKTRÁRNÍ

Riadenie vodných mikroelektrární sa dá rozdeliť podľa toho, v akých podmienkach pracujú, do oblastí laboratórnych a skutočných podmienkach.

### 4.9.1 Riadenie v laboratórnych podmienkach:

- a) Tlakové snímače: Jedným riešením môžu byť na riadenie použité tlakové snímače. Tlakové snímače sú umiestnené do okruhu vodnej mikroelektrárne a snímajú tlak v potrubí, ktorí je vyhodnotený riadiacou jednotkou. Táto riadiaca jednotka potom otvára alebo zatvára klapku a tým sa mení prietok v potrubí mikroelektrární.
- b) Regulácia obtokom: na riadenie vodných mikroelektrární sa môže použiť regulácia obtokom. Tu vodný prietok nie je priamo privádzaný na turbínu, ale časť je odvádzaná cez odtokové potrubie.
- c) Otáčkami čerpadla: Zmenou otáčok čerpadla sa mení prietok vody v potrubí mikroelektrárne.

Na našej fakulte sa pracuje na dokončení mikroelektrárne, ktorá využíva tieto druhy regulácie. Po dokončení sa bude používať na laboratórne merania, kde sa budú dať simulovať rôzne hodnoty prietokov a spádov. Požitá tu je priamoprúdová vrtuľová turbína. Výrobca tejto mikroelektrárne je STM Power, a.s. Trnava. Cena mikroelektrárne je rádovo v stotisícoch Sk. Na porovnanie cena u zahraničného výrobcu Armfield sa pohybuje do jedného milióna Sk.



**Obr. 18** Laboratórna mikroelektrárň na Technickej fakulte od firmy STM Power, a.s.



**Obr. 19** Mikroelektrárň s Peltonovou turbínou od firmy Armfield (Zdroj: [www.armfield.co.uk](http://www.armfield.co.uk))

#### **4.9.2 Riadenie v podmienkach skutočných vodných tokov**

Malé vodné elektrárne (Kminiak, 1990) sa delia podľa zapojenia do troch tried:

1. trieda - MVE schopné pracovať oddelene od elektrizačnej sústavy (ostrovná prevádzka), s automatickým ovládaním, vybavené reguláciou výkonu a napätia. Majú povahu napr. náhradných zdrojov pre spotrebiče, ktoré musia byť zásobené elektrickou energiou aj pri prípadnom prerušení dodávky elektrického prúdu z verejnej siete.
2. trieda - MVE zapojené do celoštátnej alebo miestnej elektrizačnej sústavy, s asynchrónnymi generátormi bez regulácie výkonu a frekvencie, s hladinovou reguláciou a zabezpečením proti prebehnutiu turbíny pri jej náhlom odľahčení.
3. trieda - Mikrozdroje a mobilné zdroje, ktoré pracujú v miestnej elektrizačnej sústave alebo oddelene. Môžu pracovať aj s nenormalizovaným napätím, príp. s jednosmerným prúdom pre spotrebiče, používajúce sa na ohrev vody, na vykurovanie rodinných domov, rekreačných objektov a pod. Sú to zdroje súvisiace s racionalizačnou činnosťou (úspora nafty, uhlia, plynu a elektriny z verejnej siete).

#### ***Mikrozdroj pracujúci samostatne :***

Základnou podmienkou fungovania mikrozdvoja pracujúceho samostatne je jeho regulácia. Jednou z hlavných požiadaviek na vodnú turbínu je, aby sa otáčky turbíny pri zmenách zaťaženia príliš nemenili, t. j. aby zostali v predpísanom rozpätí podľa nárokov poháňaného stroja. Ak by turbína pracovala úplne bez regulácie, t. j. ak by sa otváraním alebo zatváraním regulačného ústrojenstva nemenil prietok vody turbínou, a tým aj jej výkon, potom by pri zmene zaťaženia vznikol nadbytok alebo nedostatok výkonu turbíny, ktorý by zapríčinil zvýšenie alebo zníženie otáčok až na hodnotu, pri ktorej by sa obnovila rovnováha medzi výkonom turbíny a jej zaťažením. Napr. pri náhlom a úplnom odľahčení turbíny zaťaženej na 100 % by sa otáčky zvýšili asi na dvojnásobok pôvodných otáčok.

Regulácia turbíny sa robí buď ručne alebo samočinne automatickým regulátorom. Ručná regulácia je menej pohotová a vyžaduje prítomnosť obsluhy. Automatická regulácia zabezpečuje prispôsobovanie výkonu vodnej turbíny zaťaženiu generátora. Riadiacim prvkom takejto regulácie je mechanický alebo hydraulický regulátor. Mechanický regulátor je obyčajne rozťažník so závažiami, ktorý využíva ich pohyb v dôsledku odstredivých síl. Hydraulický regulátor je založený na princípe

zmeny tlaku kvapaliny (oleja) spôsobenej zmenou odstredivej sily pri zmene otáčok turbíny. Automatická regulácia môže byť *nepriama*, ak potrebnú prestavovaciu prácu pre regulačné ústrojenstvo vykonáva servomotor ovládaný rýchlostným regulátorom, alebo *priama*, ak regulátor priamo ovláda regulačný mechanizmus turbíny. Z uvedeného vyplýva, že tzv. mohutnosť rozťažníka musí byť pri priamej regulácii väčšia, pretože je potrebná aj väčšia prestavovacia práca ako pri ovládaní servomotora pri nepriamej regulácii. Tu možno použiť menší rozťažník a potrebnú prestavovaciu prácu zabezpečiť servomotor.

Pri samostatne pracujúcom mikrozdroji bude kvalita frekvencie a napätia v sieti závisieť od návrhu regulácie a od precíznosti jej vyhotovenia. Treba vziať do úvahy fakt, že kvalita tejto regulácie pravdepodobne nebude taká, aby sa z takejto siete mohli napájať tie spotrebiče, ktoré vyžadujú presne stanovenú hodnotu frekvencie (50 Hz) a napätia s malými dovolenými odchýlkami. Sieť však bude vyhovovať pre elektrické spotrebiče s výhrevnými telesami (ohrievače vody, vykurovacie telesá), bude vhodná na napájanie asynchrónnych motorov a pre svietidlá. Z hľadiska energetického prínosu mikrozdvoj aj s touto reguláciou spĺňa svoj účel.

Pri samostatne pracujúcom mikrozdroji možno navrhovať aj priamu alebo diaľkovú ručnú reguláciu. Uvažovať o tejto možnosti nám umožňuje predpoklad využitia elektrického výkonu na účely kúrenia alebo ohrevu vody, t. j. ide o konštantné zaťaženie v dlhšom časovom období. Prevádzkovateľ mikrozdvoja potom zvolí takú skladbu spotreby elektrického výkonu zo zdroja, aby udržal konštantné aj napätie, aj frekvenciu svojej siete, pričom základné zaťaženie bude tvoriť kúrenie a ohrev vody a doplnkové zaťaženie bude tvoriť osvetlenie a pohon menších elektromotorov.

Veľmi výhodná sa v tejto situácii zdá regulácia turbíny s diaľkovým ovládaním, pretože z miesta spotreby by bolo možno prispôbovať výkon turbíny zmene zaťaženia a ak generátor nie je vybavený automatickou reguláciou napätia aj diaľkovou reguláciou budiaceho prúdu, udržiavať napätie v samostatnej sieti na približne rovnakej hodnote. To má osobitný význam pri väčšej vzdialenosti mikrozdvoja od miesta spotreby.

Treba pripomenúť, že prevádzkovateľ samostatne pracujúceho mikrozdvoja musí v každom prípade pri regulácii vodnej turbíny dodržať podmienku, že zaťaženie elektrickej siete, ktorú z generátora napája, musí byť menšia, nanajvýš sa môže rovnať výkonu turbíny. Nesmie teda nastať pokles hladiny v mieste mikrozdvoja vplyvom väčšieho plnenia turbín, čo by malo zapríčiniť ešte väčšie otvorenie turbíny a ďalší pokles výkonu vplyvom klesajúcej hladiny.

Je vhodné, ak agregát samostatne pracujúceho mikrozdvoja bude mať zariadenie proti prebehnutiu turbíny, ktoré pracuje automaticky a uplatní sa pri rozličných poruchových stavoch v samostatnej sieti, a to tak pri ručnej, ako aj pri automatickej regulácii turbín.

### ***Mikrozdvoj pripojený na elektrickú rozvodnú sieť***

Pri tomto zapojení platí, že použitý generátor má byť zásadne asynchrónny a len vo výnimočných prípadoch synchrónny. Použitie asynchrónneho generátora zjednodušuje celkovú prevádzku a aj investície mikrozdvoja. Nepoužíva sa rýchlostná (výkonová) regulácia ani regulácia napätia, pretože otáčky sú dané frekvenciou siete a aj napätie napätím siete. Podstatne sa tak zjednoduší automatizácia prevádzky mikrozdvoja. Mikrozdvoj možno pripojiť na sieť a využívať tak výhody, ktoré z tohto pripojenia plynú.

Pri mikrozdvoch pripojených na elektrickú rozvodnú sieť sa využíva ***hladinová regulácia turbín***. Paralelný chod agregátu mikroelektrárne nevyžaduje prítomnosť výkonovej regulácie (regulácie otáčok) turbíny. Na optimálne využitie energie vodného toku v mieste mikroelektrárne a zabezpečenia maximálneho činného výkonu agregátu sa musí turbomechanizmus vybaviť tzv. hladinovou reguláciou.

Hladinová regulácia potom zabezpečuje zmenu plnenia turbíny tak, aby horná hladina, ktorá rozhoduje o veľkosti spracovávaného spádu a o výkone agregátu, zostala približne na rovnakej úrovni. Pripúšťa sa len malá zmena, potrebná na vytvorenie ovládacieho impulzu na regulátore.

Aj hladinová reguláciu možno navrhnuť ako priamu alebo nepriamu. Pri nepriamej regulácii môže byť impulz na regulátor od hornej hladiny pneumatický alebo mechanický (od plaváka).

Výhoda pneumatického prenosu zmien hornej hladiny vyplýva z použitého pracovného média. Vzduch nezamŕza, prenos tlaku je možný na relatívne veľké vzdialenosti, dostupnosť je výborná. Kolísanie hladiny sa prejaví ako zmena tlaku v uzavretom systéme (okruhu). Tento tlak pôsobí na membránu alebo vlnovec a jeho priehyb sa prenáša na ovládací posuvník servomotora (obr. 20a). Podmienkou správnej funkcie je dokonalá tesnosť okruhu.

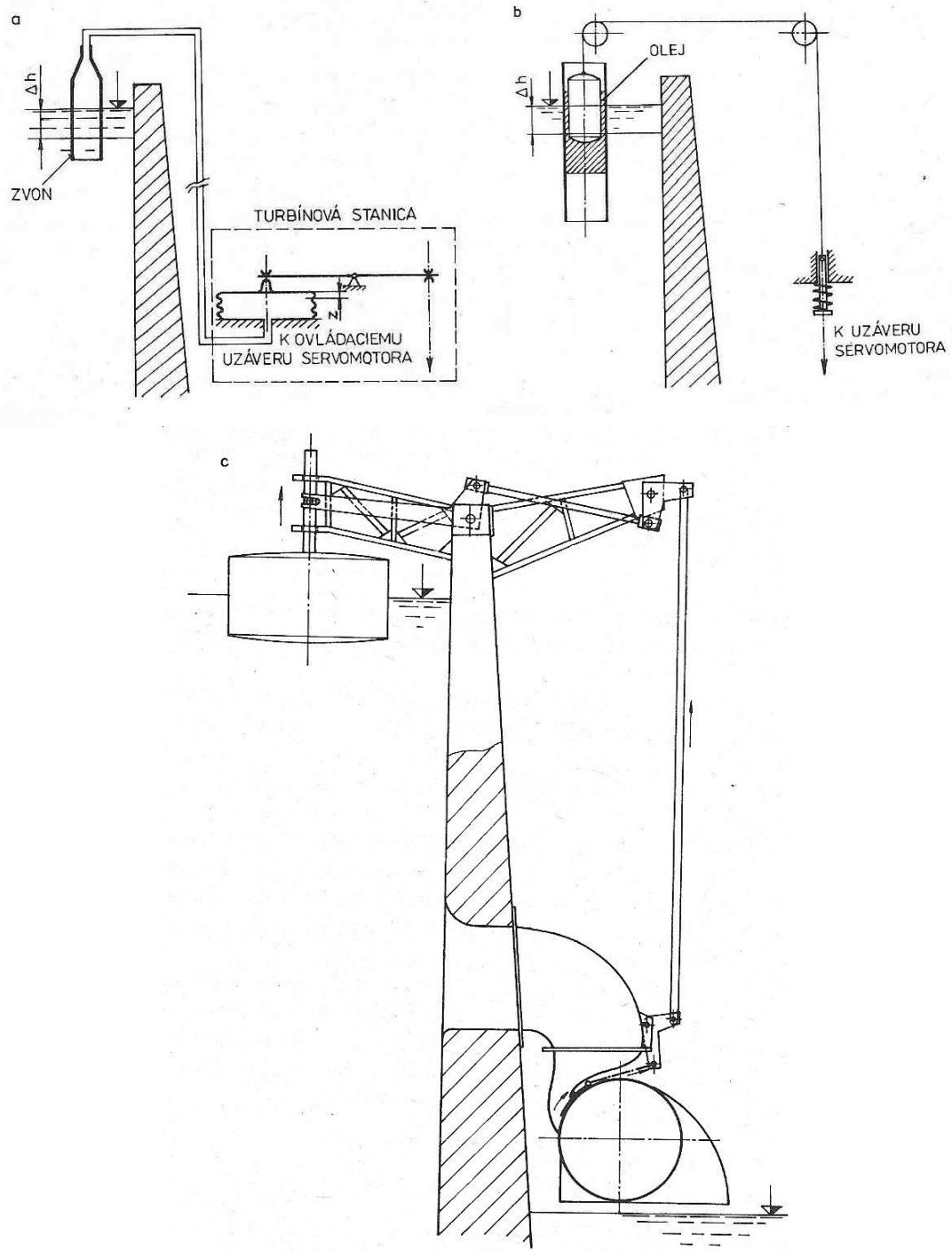
V druhom prípade sa zmeny hornej hladiny prenášajú na servomotor pomocou pohybu plaváka (obr. 20b). Plavák môže byť menší, jeho veľkosť závisí od veľkosti prestavovacej práce posuvníka servomotora a od veľkosti odporov vo vedeniach. V zimnej prevádzke sa zabraňuje zamrznutiu plaváka ponorením plaváka do rúry s

olejom, ktorá potom pracuje na princípe spojených nádob. Olej je v pokoji a je ľahší, takže sa nezmiešava s vodou.

Pri priamej regulácii sa musí použiť ťažký plavák, aby pri poklese hladiny prestavil regulačné ústrojenstvo (privrel turbínu). Plavák musí mať aj dostatočne veľký výtlak, aby regulačnú prácu (otvorenie turbíny) vyvolal aj pri stúpnutí hladiny. To má význam najmä pri návrhu priamej regulácie pre Bánkiho turbínu (obr. 20c) a Girardovu turbínu. Návrh priamej regulácie hladiny pre prstencovú reguláciu vrtuľovej turbíny nie je vzhľadom na malé prestavovacie sily prstenca ťažký.

Pneumatický prenos kolísania hornej hladiny na regulátor a nepriamu reguláciu možno použiť pri derivačných elektrárnach bez voľnej hladiny v turbínovej stanici s uzavretým prívodom vody (v potrubí), lebo spravidla vzdialenosť medzi hornou hladinou pri hati a turbínovou stanicou bude taká, že použitie mechanického prenosu z plaváka nie je možné.

Kolísanie hornej hladiny treba zvoliť minimálne, lebo pri zbytočne veľkom poklese hladiny dochádza k strate výkonu turbíny, čo môže najmä pri malých spracovávaných spádoch predstavovať relatívne veľkú percentuálnu stratu výkonu. (Kminiak, 1990)



a– s pneumatickým prenosom, b- s mechanickým prenosom zmien hladiny  $\Delta h$ , c- priama regulácia plavákom

Obr. 20 Schéma hladinovej regulácie (Zdroj:Kminiak,1990)



### ***Automatizácia prevádzky VME***

Automatizovať VME znamená vyriešiť jej technologické zariadenie tak, aby na zabezpečenie jej prevádzky nebola potrebná stála prítomnosť obsluhy a aby jednotlivé prevádzkové procesy prebiehali samočinne.

Automatizáciu VME možno rozdeliť na dva stupne:

1. stupeň - poruchová automatizácia. Pri poruchovej automatizácii agregát bezpečne odstavi a signalizuje sa poruchový stav. Uvedenie agregátu do prevádzky zabezpečuje obsluha, ktorá však nie je stála. Nevýhodou 1. stupňa automatizácie je strata pri výrobe elektrickej energie počas prestoja.

2. stupeň - úplná automatizácia. Úplná automatizácia zabezpečí odstavenie agregátu a po obnove normálneho stavu jeho opätovné uvedenie do prevádzky. Pri úplnej automatizácii sa počíta s pochôdzkovou službou (dohľadom) raz za 1 až 2 týždne. (Kminiak, 1990)

Pod pojmom automatizácia VME sa chápeme:

- reguláciu turbíny, ktorá bude plne funkčná a nevyskytne sa žiadna chyba, ktorá by ohrozila normálny chod VME ,
- pri prevádzkovaní dvoch a viacerých sústrojov vyriešenie optimálneho zaradenia týchto strojov do prevádzky v závislosti od ich prietoku,
- pri haťových VME vyriešenie samočinnnej prevádzky hate, t. j. pri normálnej prevádzke turbín reakciu na zvýšenie hladiny od povodňových vôd,
- samočinnné zapojenie a odpojenie generátora so sieťou pri vzniku a zániku poruchových stavov, najmä pre asynchrónny stroj.

### **AUTOMATIZÁCIA VME PARALELNE PRIPOJENEJ NA SIEŤ**

VME paralelne pripojená na sieť v zásade ako generátor využíva asynchrónny motor v generátorovom chode a jeho použitie dáva na automatizovane takejto VME veľmi dobré predpoklady.

1. V normálnej prevádzke je automaticky riešená regulácia prietokového množstva turbínou v závislosti od hornej hladiny (hladinová regulácia).

2. Pri poruchových stavoch, ako je:

- strata napätia v sieti,
- skrat v okruhu stroja,
- spätný výkon generátora,
- nedovolené zvýšenie teploty ložísk (ak sú použité v konštrukcii snímače teplôt),

je automaticky riešené:

- a) odpojenie generátora od siete — realizuje sa relé pre stratu napätia;
- b) zabezpečenie turbíny proti prebehnutiu ako reakcia na náhle odľahčenie turbíny; rieši sa reguláciou turbíny (hydraulické brzdenie) alebo mechanickým brzdením turbomechanizmu elektromagneticky ovládanou brzdou.

Automatizácia, ktorá zabezpečuje tieto úkony, je poruchová automatizácia a jej úlohou je odstaviť mechanizmus. Úplná automatizácia ďalej zabezpečuje:

- opätovné roztočenie mechanizmu, obyčajne pohybom regulačného prvku turbíny, ktorý otvorí prietok turbíny, resp. odbrzdením mechanickej brzdy;
- pripojenie generátora k sieti — uskutoční sa na základe zapnutia tachometrickým spínačom pri približne synchronných otáčkach mechanizmu;
- funkciu hladinovej regulácie. (Kminiak, 1990)

#### **4.10 DOPAD VODNÝCH ELEKTRÁRNÍ NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE**

Napriek tomu, že vodné elektrárne neznečisťujú okolie emisiami, neprodukujú žiaden odpad a nespotrebovávajú žiadne surovinové zdroje, nie sú celkom neutrálne k životnému prostrediu (ŽP). Veľké vodné diela predstavujú i veľký zásah do riečnej ekológie napr. v dôsledku regulácie vodnej hladiny, kanalizácii, spevňovania brehov, spomaľovania rýchlosti tokov a iných faktorov. Vodné elektrárne nemôžu byť budované v chránených prírodných územiach a mali by zaručovať i pre prirodzených obyvateľov riek možnosť nerušeného vývoja. Je zrejmé, že veľké vodné diela z tohto pohľadu len ťažko možno považovať za ekologické. Preto by sa mali viac využívať malé vodné elektrárne, ktoré nezaťažujú ŽP tak ako veľké vodné elektrárne.

#### **4.11 ZHODNOTENIE VYUZITELOSTI VODNEJ MIKROELEKTRÁRNE VO VYUČOVACOM PROCESE**

Vodná mikroelektárň Setur DVE 120 slúži na výrobu elektrickej energie premenou vodnej energie. Je možné na nej realizovať experimenty vo vyučovacom procese. Hlavným dôvodom pre využitie v školskom procese je oboznámenie sa s konštrukčnými systémami vodných mikroelektrární, aby boli dostatočne efektívne pri využívaní premeny energie vody na elektrickú. Spád a prietok vody sú najdôležitejším

parametrom pri experimentoch. Dôkladné oboznámenie sa s konštrukciou je dôležitou súčasťou pri projektovaní elektrární a pri navrhovaní ďalších experimentálnych pokusov. Študenti majú možnosť zistiť správanie sa turbíny pri meniacich sa hodnotách spádu a prietoku. Jej nasledovné správanie sa pri podmienkach ,ktoré výrobca udáva ako kritické a pre elektrárň už neúčinné pri výrobe el. energie. A hodnoty pri, ktorých má turbína najväčšiu účinnosť. Hlavným bodom merania výsledkov je dôležitý výkon elektrárne, akým spôsobom je možné ho dosiahnuť. Posúdenie vhodnosti generátora a jeho využitie pri výrobe el. energie vzhľadom na priemernú rýchlosť prúdenia vody a požadovaný výkon. Taktiež je dôležitá úschova energie, v čase keď nie je plný odber na elektrárni, navrhnúť spôsob uskladnenia energie.

Posúdenie a zhodnotenie návratnosti vstupnej investície pri využívaní veternej elektrárne v chatovej oblasti na zásobenie el. energiou a vykurovanie , prípadne ohrev teplej vody.

Posledným ale dôležitým bodom využitia vodnej elektrárne vo vyučovacom procese je zhodnotenie vplyvu elektrární na faunu a flóru.

Pokusy na Setur DVE 120 možno realizovať ako aj v zapojení ostrovnej prevácky, čo je zapojenie keď vodna elektrárň nie je pripojená na elektrickú rozvodnú sieť ale i na zapojení, ak je pripojená k elektrizačnej sústave.

## 5 ZÁVER

Obnoviteľné zdroje energie sa v dnešnej dobe dostávajú čoraz viac do pozornosti. Je to následok ubúdania súčasných hlavných prírodných zdrojov a následne rast cien, a kladenie dôrazu na životné prostredie. V najväčšej miere spomedzi týchto obnoviteľných zdrojov je využitá vodná energia, ktorá sa premieňa vo vodných elektrárnach. Vodné elektrárne vyrábajú elektrickú energiu, bez ktorej by ľudstvo dnes nedokázalo existovať. Možnosti čerpania finančných prostriedkov a fondov EU budú nové trendy pre rast výroby vodnej energie a dostupnejšia čoraz väčšiemu počtu obyvateľov.

Veľké vodné diela zasahujú veľkou mierou do životného prostredia. Z tohto dôvodu sú malé vodné elektrárne lepším riešením, kde tento problém vo väčšej miere odpadá. Riešením pre domácnosť môže byť vodná mikroelektrárň ako doplnkový alebo aj primárny zdroj energie. Využitie má význam na chatách v blízkosti potoka, v domácnostiach na pohon rôznych zariadení alebo môže plne nahradiť energiu zo siete, pri zapojení v ostrovej prevádzke. Pri navrhovaní mikroelektrárne treba uvažovať o návratnosti investície, nakoľko vodné mikroelektrárne sú cenovo náročné. Treba brať do úvahy aj možnosti danej rieky alebo potoka, na ktorú bude mikroelektrárň inštalovaná. Ak chceme mikroelektrárň plne využívať a zabezpečiť čo najdlhšiu životnosť, je potrebné zabezpečiť jej optimálne riadenie.

Spomedzi širokého výberu vodných turbín je len málo firiem, ktoré sa zaoberajú kompletnou výrobou vodných mikroelektrární v Slovenskej republike. Sú to zväčša výrobcovia zo zahraničia. Mnou zvolenou mikroelektrárnou je typ Setur DVE 120, ktorú vyrába MECHANIKA s.r.o. Králův Dvůr. Je opatrená asynchrónnym generátorom od výrobcu AGROPLAST VE OLEŠNICE a.s s výkonom 120 W. Tento typ mikroelektrárni je vhodný do objektov, kde je nízka spotreba elektrickej energie, napr. v chatách v blízkosti vodného toku. Približné finančné náklady sa pohybujú okolo 1350 Eur. Návratnosť týchto investícií sa odhaduje do 16 rokov pri dennej spotrebe 1899 Wh čo je asi 1,9 kWh.

## Použitá literatúra

- 1) ABAFFY, D. : *Priehrady a nádrže*. Vydavateľstvo ALFA, Bratislava 1991
- 2) APALOVÍČ, Rudolf. *Obnoviteľné zdroje energie - možnosti regiónu*. Bratislava : ADAPT, 1998. 57 s. ISBN 80-968042-0-0.
- 3) PLÁTENÍK, Vladimír - BRUTOVSKÝ, Emil. *Využití elektrické energie*. Pro střední odborná učiliště. Překlad ze slovenštiny Rostislav Zeman. Praha : Státní nakl. technické lit., 1987. 270 s.
- 4) BALÁK, R. : *Nové zdroje energie*. Praha : SNTL, 1989.
- 5) ENERGETICKÉ ZDROJE ZEME. Výučbový počítačový materiál na CD ROM. Slovenské elektrárne, a.s., 2001.
- 6) BERANOVSKÝ, Jiří - TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. aktualiz. vyd. Praha : EkoWATT ; Brno : ERA, 2004. 125 s., 90 obr., 60 tab. 21. století. ISBN 80-86517-89-6.
- 7) HODÁK, T.: *Využitie vodnej energie*: Vydavateľstvo SVŠT v Bratislave 1984
- 8) JANÍČEK, František. *Obnoviteľné zdroje energie*. 1. Technológie pre udržateľnú budúcnosť. Pezinok : Renesans, c2007. 170 s. ISBN 978-80-969777-0-3.
- 9) KMINIAK, P. : *Vodné mikroelektrárne*. Vydavateľstvo ALFA, Bratislava 1990.
- 10) VARGOVÁ, I.: *Atlas využívania obnoviteľných energetických zdrojov na Slovensku*. Energetické centrum, Bratislava 2002
- 11) KOVAŽÍK, K.: *Vodohospodárske stavby*, Žilinská univerzita, Žilina 2008
- 12) HROMADA, Š.: *Vodné elektrárne v Slovenskej republike*, Vydavateľstvo Mapa Slovakia, Bratislava 2002
- 13) PETRÁŠ, P.2006. *Malé vodné elektrárne* [online], 2007. [cit. 2008-02-22].  
Dostupné na  
internete <<http://www.zdruzeniepcola.org/view.php?cislocianku=2006111504> >
- 14) ABECEDA MALÝCH VODNÍCH POHONŮ, 2007 [online], 2008. [cit. 2008-03-15]. Dostupné na internete < <http://mve.energetika.cz/> >
- 15) FOND PRE ALTERNATÍVNE ZDROJE ENERGIE, 2001. *Obnoviteľné zdroje energie* [online], 2007. [cit. 2008-03-15]. Dostupné na internete  
<<http://www.seps.sk/zp/fond/2001/index.htm>>
- 16) INFORSE - International Network for Sustainable Energy, 2008. *Vodná energia* [online], 2007. [cit. 2008-02-22]. Dostupné na internete  
<<http://www.inforse.org/europe/fae/OEZ/voda/voda.html>>

- 17) SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE a.s., 2008. Vodná elektrárň [online], 2008. [cit. 2008-02-22]. Dostupné na internete < <http://www.seas.sk> >
- 18) STRIEDAČE PRE OSTROVNÉ SYSTÉMY, 2010 [online], 2010. [cit. 2010-03-16]. Dostupné na internete
- 19) DUŠIČKA, P., 2010. *Historický vývoj malých vodných elektrární* [online], roč. 1, 2010 [cit. 2010-02-19] Dostupné na: <http://www.asb.sk/inziniarske-stavby/vodohospodarske-stavby/historicky-vyvoj-malych-vodnych-elektrarni-3611.html>
- 20) DOMÁCÍ VODNÍ ELEKTRÁRNA. 2010 [online] Králův Dvůr [cit. 2010-01-15]. Dostupné na: <<http://web.telecom.cz/kz-mechanika/>>
- 21) ARMFIELD: 2010 [online] Dostupné na: <[www.armfield.co.uk](http://www.armfield.co.uk)>