

Česká zemědělská univerzita v Praze



Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví

Malé vodní elektrárny – obnovitelný zdroj energie

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Polák, Ph.D.

Autor: Dagmar Čiháková

Praha 2010

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: Technická
Katedra: mechaniky a strojnictví	Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Dagmar Čiháková**

Studijní obor: Obchod a podnikání s technikou

Název práce: Malé vodní elektrárny – obnovitelný zdroj energie

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Na základě literární rešerše zmapovat historický vývoj, současný stav a výhledy ve využívání malých vodních toků pro účely hydroenergetiky. Provést technicko-ekonomické zhodnocení vybrané instalace.

Osnova práce:

- 1) Provést literární rešerši historického vývoje využívání vodních toků
- 2) Vybrat a popsat konkrétní realizovanou instalaci malé vodní elektrárny
- 3) Provést technicko-ekonomické hodnocení MVE a provést případný návrh na zlepšení současného stavu

Metodika práce:

- zpracovat literární rešerši
- popsat a zhodnotit vybranou malou vodní elektrárnu

Rozsah práce: 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Melichar, J., Vojtek, J., Bláha, J.: Malé vodní turbíny – konstrukce a provoz, ČVUT Praha 1998.

Melichar, J., Bláha, J., Brada, K.: Hydraulické stroje – konstrukce a provoz, ČVUT Praha 2002.

Nechleba, M., Hušek, J.: Hydraulické stroje, SNTL Praha 1966.

Štoll, Č., Kratochvíl, S., Holata, M.: Využití vodní energie, SNTL Praha 1977.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Polák, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010



prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

děkan

V Praze dne 30. 11. 2008

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Malé vodní elektrárny – obnovitelný zdroj energie“ vypracovala samostatně a použila pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 23.4.2010

.....

Dagmar Čiháková

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Polákovi, Ph.D., který svým vstřícným přístupem, dobrou radou a věcnými připomínkami přispěl k zdárnému dokončení této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Pavlovi Jirákovi, majiteli MVE Řevnice, za poskytnutí cenných informací potřebných k této práci.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo popsat historický vývoj a význam malých vodních elektráren od středověku až po současnost v České republice. Je zde uvedeno rozdělení vodních elektráren podle různých hledisek. Práce se také zabývá popisem vodních turbín a to Francisovy a Kaplanovy.

Další část je věnována zhodnocení instalace vybrané MVE Řevnice na řece Berounce. Je zde uveden popis umístění elektrárny na řece a její parametry. Z hlediska ekonomiky je zde uveden vývoj cen pro výkup elektrické energie z malých vodních elektráren od roku 2002. Dále je zde uveden výpočet předpokládané výroby elektřiny MVE Řevnice.

Klíčová slova: malá vodní elektrárna, voda, turbína, energie, výkon

Abstract

The aim of this work was to describe the historical development and importance of small hydropower stations from the Middle Ages to the present in the Czech Republic. It is mentioned there division hydroelectric plants under the various aspects. The work is also a description of Francois's and Kaplan's water turbines.

Another part is paid to evaluating installation selected small hydro-power station Řevnice on the river Berounka. It is shown description of the location power plant on the river and its parameters here. I also focused on development of redemption prices from small hyd-ropower stations since 2002. It is also made calculation of the sup-posed production of electricity MVE Řevnice here.

Key words: small water power plant, water, turbine, energy, performance

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Vodní energie.....	2
3	Historie malých hydroenergetických zdrojů.....	3
3.1	Do roku 1918	3
3.2	Rok 1919 až 1930.....	6
3.3	Rok 1931 až 1944.....	10
3.4	Rok 1945 až 2000.....	11
3.5	Současný stav a výhled ve využívání malých vodních elektráren v ČR..	16
4	Třídění malých vodních elektráren.....	20
5	Vodní turbíny.....	22
5.1	Kaplanova turbína.....	23
5.2	Francisova turbína	25
6	Vodní elektrárna v Řevnicích na řece Berounce	26
7	Řeka Berounka	29
7.1	Přirozený průtok řeky Berounky 2002 – 2008	30
7.2	Stanovení minimálního zůstatkového průtoku	31
7.3	Území a popis umístění elektrárny	31
8	Turbíny v MVE Řevnice	34
9	Vývoj výkupní ceny pro malé vodní elektrárny	36
10	Technicko-ekonomické hodnocení.....	38
10.1	Tržby za energii dodanou do sítě.....	40
10.2	Odpisy.....	40
10.3	Doba návratnosti investic.....	41
10.4	Čistá současná hodnota	41
10.5	Vnitřní výnosové procento	42
11	Závěr.....	43
	Seznam použité literatury.....	44
	Seznamy použitých zkratk, obrázků, tabulek	45

1 Úvod

Vodní energie je využívána již od dávných dob. Prvním významným dílem, kterým bylo možné přeměnit energii vody na energii mechanickou, bylo vodní kolo. Ze začátku se používala vodní energie převážně ve mlýnech, ale později se začala tato energie používat i pro továrny. Rozvoj vodní energetiky byl v některých letech podporován, jindy se energie z malých vodních elektráren považovala za nepodstatný zdroj.

V současné době se na výrobě elektřiny podílí nejvíce hnědé uhlí a jaderná paliva. Využitelné zásoby uhlí v naší republice se zmenšují a o možnosti nahrazení tohoto zdroje jiným se diskutuje. To vede k zájmu o obnovitelné zdroje energie (OZE). V dnešní době se podíl OZE na výrobu elektřiny v ČR pohybuje pod 5 %. Největší podíl z OZE na výrobě elektřiny mají vodní elektrárny a to okolo 2,24 %.

Rozvoj OZE v současné době podporuje dotační politika státu a EU. Cílem je podpořit využívání OZE a zvýšit jejich podílu především na výrobě elektřiny. Vstupem do Evropské unie jsme převzali jednu ze společných politik, která se týká obnovitelných zdrojů energie. Cílem této politiky je závazek, aby do roku 2020 měla na celkové konečné spotřebě energie podíl 20 % energie z obnovitelných zdrojů v EU. Pro Českou republiku je nyní vyhlášen cíl, aby do roku 2020 byl podíl 13 % obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny. Tento cíl je uveden ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.

2 Vodní energie

V historii lidstva je nejdéle technicky využívanou formou energie v přírodě vodní energie. Její využívání se rozvíjelo s vývojem civilizace. Vodní energie je zdrojem především obnovitelným (nevyčerpatelným), ale také relativně dostupným a čistým. V přírodě je voda nositelem zejména mechanické energie.

Energie vody je dána koloběhem vody na zeměkouli a jejím celkovým objemem. Zdrojem koloběhu vody na Zemi je sluneční energie, proto energie vod patří mezi stále se obnovující, v podstatě nevyčerpatelné energetické zdroje.

Nejatraktivnější mechanickou energií je energie vodních toků, která je v současné době technicky využívána, i když její podíl v energetické bilanci zeměkoule je poměrně malý. Využívá se forma energie potenciální (polohová a tlaková) a v malém množství i kinetická. Energii vodních toků lze využívat již zvládnutými zařízeními poměrně vysoké technicko-ekonomické úrovně v současnosti většinou ve vodních elektrárnách. Součástí každého vodního díla, které získává elektřinu z vodní energie, je vodní motor (turbína), stroj ve kterém dochází k transformaci energie vodního toku na energii mechanickou.

Mechanická energie se již dříve v praxi využívala ve vodních mlýnech, vodních hamrech, pilách atd. V dnešní době se tato forma energie přeměňuje dál na energii elektrickou. V současnosti máme k dispozici velmi účinné vodní motory, které zajišťují efektivní přeměnu energie vody na energii mechanickou, následně pak na elektrickou.

3 Historie malých hydroenergetických zdrojů

3.1 Do roku 1918

Přeměna vodní energie na mechanickou pomocí vodního kola byla ve středověku hybnou silou pokroku (viz. obr. 1). Tato přeměna neměla velkou účinnost, ale pomohla k zřizování manufaktur vznikajících z řemeslné výroby.

Vodní síla byla nejvíce využívána v mlýnech k výrobě mouky. S rychlým růstem obyvatelstva od konce 18. století se mlýny modernizovaly na strojní výrobu.

Než se začala používat parní síla, byla strojní výroba vázána na vodní toky, které musely mít potřebné množství vody a přímý pohon pracovních strojů. Výroba byla závislá na velikosti pohonné síly, a proto se vyskytovala v továrnách s malými strojovými jednotkami v lokalitách, v nichž se nacházel zdroj této energie.

Obr. 1 - Vodní kola [33]



Od dvacátých let 19. století se začaly využívat parní stroje, které umožnily rozvoj výroby energie a továrny mohly být stavěny na místech, kam byla snadnější doprava, lepší dostupnost surovin a paliv. Výroba nebyla závislá na vodní síle, proto mohly vznikat velké průmyslové podniky. Od této doby se začalo intenzivně

těžít uhlí. V rozvinutých zemích světa vzrostla těžba uhlí od roku 1860 do roku 1913 téměř desetkrát. Elektrická energie zaujímala v hospodářství velký význam.

Počátkům elektrizace předcházely první světové vynálezy a objevy, jako např. pokusy ruského elektrotechnika F. A. Pirockého o přenos elektřiny na dálku, vynález transformátoru P. N. Jabločkovem. Dále to byl Edisonův vynález žárovky, Křižíkův vynález obloukové lampy a konečně dva z objevů pro rozvoj elektrárenství nejdůležitější – praktické uskutečnění dálkového přenosu stejnosměrného a střídavého proudu francouzským fyzikem Deprézem a Rusem Dalivo-Dobrovolským. Tyto objevy spadají do období od roku 1874 do roku 1891. [1]

První využití elektřiny vyrobené malými elektrárnami u nás je spojeno s osvětlením Národního divadla v Praze obloukovými lampami v roce 1882. Nejprve se elektřina z malých vodních elektráren využívala pro osvětlení, až později se užívala pro pohon strojů. Zprvu se tyto elektrárny používaly v podnicích a později dodávaly elektřinu i mimo podnik. Dále se začaly zřizovat i městské elektrárny pro osvětlení měst.

V období do roku 1900 probíhal vývoj techniky stejnosměrného proudu a v období 1900 až 1918 vývoj techniky střídavého proudu. Na našem území můžeme rozlišit tři etapy elektrizace:

1887 až 1912 elektrizace místní

1913 až 1945 elektrizace oblastní

po roce 1945 elektrizace celostátní. [1]

Na místní elektrizaci se podílely především malé vodní elektrárny, které byly zřizovány hlavně pro účely osvětlení.

Od roku 1698, kdy byly založeny blanenské železářny, se u nás začaly vyrábět vodní motory. Nejprve se vyráběla jen mlýnská kola. Od roku 1870 se začaly vyrábět v Blansku malé vodní Francoisovi turbíny. Velký rozvoj výroby vodních turbín nastal teprve ve 20.stol. v ČKD Blansko.

V roce 1870 byla založena továrna na výrobu vodních turbín a regulátorů Josef Prokop a synové v Pardubicích. Do roku 1929 vyrobila 1 300 turbín a regulátorů, později zaujala první místo ve výrobě vodních turbín u nás a vyvážela je do všech

států Evropy i do některých asijských zemí. Firma vysílala k zájemcům své odborníky k prozkoumání situace a zpracovávala pro ně kompletní projekty. [1]

V devadesátých letech 19. století vzrostl význam vodních elektráren v důsledku růstu ceny uhlí, existence vhodných vodních turbín a možnosti přenosu energie.

Mezi lety 1900 až 1914 byla výroba elektřiny v mlýnech podněcována vlivem dovozu levné mouky. Začaly se zprovozňovat i malé potoční mlýny, které byly ve druhé polovině 19. století odstaveny. V této době bylo postaveno velké množství malých vodních elektráren. Tyto elektrárny sice nemohly dodávat elektřinu do průmyslu, ale pomohly s elektrizací obcí, ulehčily práci v zemědělství a v domácnostech.

Konkurence mezi jednotlivými elektrárnami v této době rostla hlavně z důvodu velkého rozvoje výroby elektřiny. Každý se snažil mít co nejvíce odběratelů, kteří využívají odběr elektrické energie pro své spotřebiče. Úspěch provozoven, nejen malých vodních elektráren, byl závislý na ceně, za kterou byla elektřina prodávána, na výrobních nákladech a rentabilitě výroby.

Malé vodní elektrárny mohly dodávat elektřinu pro osvětlení nebo menší motory v dané lokalitě. S růstem spotřeby elektrické energie jejich výroba nestačila pokrýt žádané množství, a proto se majitelé rozhodli své elektrárny modernizovat. To výstavbu i provoz malých vodních elektráren prodražovalo a nemohly konkurovat velkým elektrárnám a začaly tak sloužit jen jako pomocné zdroje nebo byly začleňeny do provozu velkých elektráren a dodávaly elektřinu do jejich rozvodné sítě. Toto probíhalo zejména v období první světové války, kdy drobní řemeslníci, kteří odebírali elektrickou energii z malých vodních elektráren, museli odejít do války a zaměstnanci průmyslových závodů, kteří začali vyrábět zbraně a oděvy pro vojáky, byli osvobozeni od vojenské služby.

Nedostatek petroleje a nafty na venkově k zajištění potravin pro armádu vedl k rozvoji malých vodních elektráren. Elektrizace obcí v tomto období, ani při rozvoji malých vodních elektráren, nebyla rozšiřována. Nebyl dostatek pracovních sil na výstavbu vedení a scházely instalační materiály.

Okolo roku 1918 se výkony hydroelektráren pohybovaly od 10 do 100 kW. Některé elektrárny měly i větší výkon, např. vodní elektrárna Pod Čertovou stěnou ve

Vyšším Brodě měla výkon okolo 8 MW. Další z významnějších elektráren v těchto letech jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 - Výkony významnějších hydroelektráren v roce 1918 [1]

Lokalita	Rok uvedení do provozu	Výkon (MW)
Pod Čertovou stěnou ve Vyšším Brodě	1903	8
Štvanice	1913	1,42
Poděbrady na Labi	1917	1,04
Starý Kolín na Labi	1914	0,43
Polka na Vltavě	1912	0,42
Jablonec nad Nisou	1911	0,44

I přes těžké podmínky a pozdní nástup hydroenergetiky bylo u nás v roce 1918 tisíce prosperujících malých hydroenergetických zdrojů a některé z nich jsou provozovány ještě dnes.

3.2 Rok 1919 až 1930

Zákonem o státní podpoře při zahájení elektrizace, který byl přijat po roce 1919, bylo docíleno budování vodních elektráren z veřejných prostředků. Tento zákon způsobil větší využívání vodní energie u nás. Společnostem, které využívaly podporu při budování vodních elektráren, byly poskytnuty výhody, např. právo na vyvlastňování pozemků pro výstavbu vedení, úlevy na daních. Vlastníkovi byly ukládány ale i povinnosti. Museli co nejdokonalejším způsobem využívat zdroje energie a hospodárně je rozvádět.

Začaly se zakládat větší elektrárny, protože zákon umožňoval spojování soukromého kapitálu s kapitálem veřejným. K 31.12.1922 byl zpracován přehled ministerstvem veřejných prací, kde byly zaznamenány výkony jednotlivých druhů elektráren na našem území.

Postupný vliv městských stran na elektrárenské podniky, především agrární a národně demokratické, bránil účelné spolupráci při zakládání elektráren. Výstavba vodních elektráren byla obtížná. Největší zájem byl o výstavbu vodních elektráren na střední Vltavě. Spory, které se zaměřovaly na velké investiční náklady a na

technicky obtížné řešení, nedovolily výstavbu elektráren na tomto území. Bezpečnost Prahy, která ležela pod budoucími přehradami, měla být v projektech řádně zabezpečena. Obavy ze zaplavení Prahy byly překonány až v roce 1929 úředním projektem, při kterém byla upravena výška a konečná úprava přehrad.

V této době se elektřina využívala převážně pro osvětlení a tato spotřeba není pro výrobu příznivá. Elektřina není odebírána neustále, ale jen nárazově, převážně v ranních a večerních hodinách. Noční a denní zatížení bylo u většiny elektráren v poměru 1:8. Tyto skutečnosti znepokojovaly majitele tepelných elektráren, kteří označovali malé vodní elektrárny za zbytečné a neúčelné. Elektřina z vodní energie byla levná a konkurovala tepelným elektrárnám, kterým zhoršovala celkový hospodářský výsledek výroby. Stát však podporoval výstavbu velkých vodních elektráren. Plánovala se výstavba přehrad s velkými vodními elektrárnami, např. Orlík, Kamýk, Zvírotice, Slapy, Štěchovice a Vrané. Ve skutečnosti byla vybudována do roku 1936 jen elektrárna ve Vraném.

Příznivci malých vodních elektráren za ně bojovali s tím, že souhrn těchto zdrojů představuje značnou energii, o kterou národní hospodářství nemůže přijít. Tyto drobné vodní elektrárny pomohly docílit elektrizaci v malých obcích. Kdyby malé vodní elektrárny nevznikaly, k elektrizaci obcí by došlo o řadu let později. Elektřina vyrobená malými vodními elektrárnami měla však vyhovovat zásadám státní elektrizace (220 V pro osvětlení, 380 V pro motory, 50 Hz). V případě, že by tyto obce později zasáhla soustavná elektrizace, mohly by být bez problémů napojeny na přespolní zdroj energie. To by zajistilo dodávku elektřiny i v době malého průtoku vody, kdy by mohly být obce zálohovány z přespolní elektrárny. Naopak v době, kdy nebyla všechna elektřina z malé elektrárny využita, by byla dodávána do přespolní sítě. Za tímto záměrem bylo v zájmu přespolních elektráren získat co nejvíce vodních děl svého okrsku. Mělo tím být zajištěno těžiště odbytu v přespolních elektrárnách, aby je výroba elektrické energie po mlýnech, pilách apod. nepřipravila o velkou část své spotřeby.

Přes velké překážky byly postupně budovány malé vodní elektrárny. Po válce se začaly dokonce budovat i větší průtočné elektrárny, např. Spálov na Jizeře o výkonu 2 MW, Miřejovice na Vltavě o výkonu 3,5 MW, Přelouč na Labi o výkonu

1,45 MW a další. Přehled postavených malých vodních elektráren v letech 1919 – 1930 je uveden v tabulce 2.

Tab. 2 - Malé vodní elektrárny postavené v období 1919 – 1930 [1]

Lokalita	Řeka	Výkon elektrárny (MW)	Rok uvedení do provozu
Kačov	Jizera	0,48	1920
Ptýrov	Jizera	0,45	1926
Františkov	Vltava	0,42	1924
Darová	Berounka	0,52	1923 - 1926
Hradec Králové	Labe	0,75	1926
Křenov	Jizera	0,91	1921 a 1928
Albrechtice	Orlice	0,44	1925
Turnov I	Jizera	0,328	1921
Maršov	Úpa	0,305	1921
Děčín	Ploučnice	0,27	1929
Loučná I	Desná	0,22	1923
Bakov nad Jizerou	Jizera	0,3	1922
České Vrbné	Vltava	0,344	1921
Víska	Smědá	0,37	1920
Mokropsy	Berounka	0,08	1920
Radešov	Otava	0,14	1930
Staré Splavy	Máchovo jezero	0,07	1921
Rudolfov II a III	Černá Nisa	0,5 a 0,06	1927 a 1921
Týniště	Bělá	0,055	1927
Svitávka	Svitava	0,04	1922
Horní Václavov	Moravice	0,12	1930
Černý Dvůr	Desná	0,2	1926

Vodní energie nabývala na významu s rozvojem přenosu elektřiny, elektrotechnického průmyslu a strojírenství.

S vývojem vodního hospodářství a inženýrského stavitelství se začalo se stavbami přehrad. Docházelo k víceúčelovému využití staveb na vodních tocích, např. k regulaci odtoku, ochraně před povodněmi, vytváření umělých jezer a k soustřeďování vodního spádu k výrobě elektrické energie.

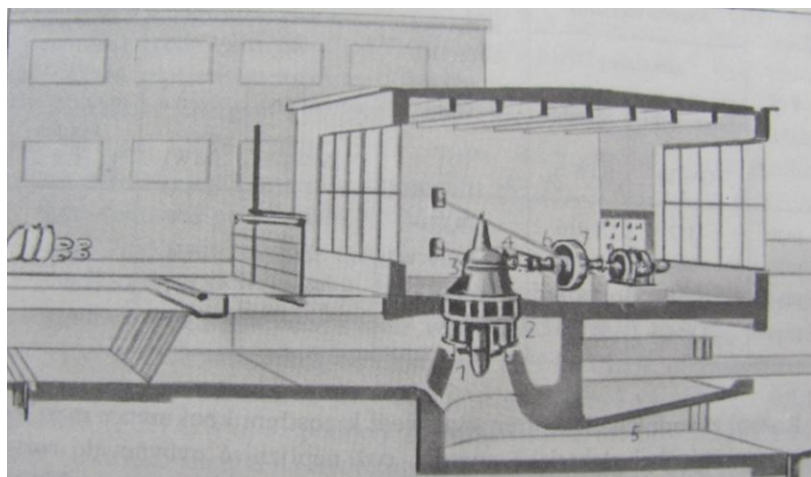
Ve dvacátých letech dvacátého století brali vodohospodáři i hydroenergetici v Československé republice na vědomí význam vodní energie i skutečnost, že její využití je přes značnou četnost již vybudovaných malých hydroenergetických zdrojů teprve v počátku.

V tomto období byly překonány některé nesprávné představy o malých vodních elektrárnách. Velké vodní elektrárny mají jistě velké výhody, ale dobře navržené malé vodní hydroelektrárny mohou vykazovat příznivou rentabilitu.

Na vodních energetických zdrojích byly instalovány turbíny místo vodních kol. V převážné většině byly při této záměně využívány Francisovy turbíny, které prošly ve dvacátých letech dvacátého století podstatným vývojem.

V této době se začaly prosazovat i Kaplanovy turbíny, které vyráběla továrna firmy Ignác Storek v Brně. Její prospekt je uveden na obr. 2.

Obr.2 - Ilustrace z nabídkového prospektu z roku 1935 [1]



Koncem roku 1930 proběhla na území Československa inventarizace hydroenergetických zdrojů s výkonem od 1,472 kW (dvou koňských sil).

Při této inventarizaci se zjistilo, že na území tehdejší ČSSR bylo v provozu 14 882 vodních energetických zdrojů s celkovým výkonem 231 903 kW. V tomto údaji je zahrnuto 410 vodních elektráren s celkovým výkonem 80 454 kW a s výrobou 202 382 MWh, dále 918 závodních a řemeslných provozoven s celkovým výkonem 25 017 kW, v nichž asi 80 % vodní síly bylo použito k přímému mechanickému pohonu a zároveň asi 20 % k výrobě elektrické energie. Tyto zdroje vyráběly ročně 12 586 MWh elektrické energie. Celkem tedy roční výroba všech zdrojů představovala v přepočtu 583 351 MWh a z toho výroba ve formě elektrické energie 214 968 MWh. [1]

Přestože byla ve dvacátých letech dvacátého století většina vodních elektráren osazena Francisovými turbínami a v malém počtu i Kaplanovými turbínami, byly ještě v této době budovány hydroenergetické zdroje s vodními koly.

3.3 Rok 1931 až 1944

Přestože období 1931 až 1944 bylo složité a naplněné rušivými vlivy v průběhu krizových a válečných let, jakož i konkurenčními vlivy, došlo v oblasti rozvoje malých i velkých vodních elektráren ke značnému vzestupu.

Po roce 1930 došlo k značnému zakládání mikroelektráren a malých vodních elektráren s výkonem pod 0,5 MW. Začala se věnovat pozornost i na zvyšování výkonu ve dříve vybudovaných zdrojích.

V tomto období vzrostla výroba energie ve vodních zdrojích 4,2 krát i přesto, že v období 1930 – 1933 byl zaznamenán pokles výroby elektrické energie z důvodu hospodářské krize, a že v letech 1939 – 1945 bylo naše území okupováno Německem.

Byl zde znát velký vliv konkurence na výrobu elektřiny. Elektrárenské svazy byly ve výhodě, protože měly velkou podporu státu a to jak administrativní, tak i finanční zaměřením na elektrifikaci neelektrifikovaných obcí.

Vodní elektrárny patřící měšťanům a soukromníkům, které nebyly součástí těchto svazů, neměly podporu úřadů a žádné výhody. Elektrárenské svazy byly jednoznačně upřednostňovány na úřadech a ministerstvu veřejných prací, které bylo garantem elektrifikace obcí. Tyto svazy sice sledovaly pozitivní směr, ale zneužívaly výhod ke konkurenčnímu boji. V důsledku toho byly budovány v obcích vedle stávajících rozvodů elektřiny i jiné rozvody, které vedly k likvidaci malých a středních vodních elektráren. K novým rozvodům byla připojena jejich konkurence.

V letech 1939 – 1944 byl zaznamenán poměrně značný vzestup výroby ve vodních zdrojích. Lze to vysvětlit dvěma příčinami. Poklesem ročního využití závodních elektráren v době krize a také snahou o maximální výrobu závislou na pohonu strojů. Produkce těchto strojů byla vyvážena mimo naše území a bylo nutné zajistit pro tuto produkci potřebnou elektrickou energii. Na naše území

z důvodů ohrožení Německa leteckým bombardováním byla přesunuta válečná výroba. Tím se postupně zvyšovala spotřeba elektrické energie.

V této době bylo provedeno přezkoumání možností zvýšení výkonu všech energeticky využívaných vodních děl. Podnikatelé byli vybídnuti k vypracování nových projektů, které by využívaly dosud nevyužitých spádů s dostatečným množstvím vody.

Růst malých a velkých vodních elektráren byl do roku 1939 urychlen také tím, že nebyla jednotná tarifní politika a tvorba tarifů byla většinou řízena zásadami největšího zisku. Vedlo to k zaostávání „chudších“ krajů při elektrizaci, ale také byl v těchto krajích vytvářen větší tlak na zakládání malých hydroenergetických zdrojů.

Od roku 1933 se u nás více začaly uvádět do provozu i velké vodní elektrárny. Tento rozvoj velkých vodních elektráren zapříčinila prodejní cena a značný růst potřeby elektrické energie. Ve stejném období se uváděla do provozu i řada malých vodních elektráren s výkonem od 0,5 do 10 MW, které jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 - Malé vodní elektrárny postavené v období 1931 – 1944 [1]

Lokalita	Řeka	Výkon elektrárny (MW)	Rok uvedení do provozu
Kostelec nad Labem	Labe	2,34	1934
Brandýs nad Labem	Labe	1,98	1934
Vydra	Vydra	6,4	1939
Litice	Divoká Orlice	0,72	1932
Pastviny	Divoká Orlice	3	1938
Kníničky	Svratka	2,88	1940
Bánská Bystrica	Hron	1,53	1939

3.4 Rok 1945 až 2000

Po roce 1945, kdy byla Československá republika osvobozena, výroba elektrické energie proti roku 1944 klesla o 35 %.

Stát převzal výstavbu a provoz elektráren. Bylo znárodněno okolo 1350 podniků, které se zabývaly výrobou a prodejem elektřiny. Velká část závodních hyd-

roenergetických zdrojů přešla do znárodněných podniků a jsou provozovány dodnes.

Tab. 4 - Výroba energie ve vodních zdrojích v roce 1944 – 1945 [1]

	1944 (GW h)	1945 (GW h)
Výroba energie na hydrozdrojích		
celkem	2 459,84	1 949,80
z toho:		
- energie spotřebovaná k přímému mechanickému pohonu	1 352,54	1 231,21
- výroba elektrické energie na vodních zdrojích celkem	1 107,30	718,60
z toho:		
- výroba elektřiny ve vodních elektrárnách	1 042,30	676,40
- závodní a řemeslné vodní elektrárny	65,00	42,20

Do správy Ústředního ředitelství československých energetických závodů spadalo v roce 1949 celkem 160 vodních elektráren. Vodní elektrárny na území naší republiky byly rozděleny v roce 1949 Ústředním ředitelstvím ČEZ do výkonových skupin. Rozdělení je uvedeno v tab. 5. Z rozdělení vyplývá, že ještě v roce 1949 více než 30 % instalovaného výkonu v československých hydroelektrárnách a více než 1/3 jimi vyrobené elektrické energie byla zprostředkována malými vodními elektrárnami s výkonem do 10 MW. O ostatních malých vodních elektrárnách, které nebyly ve správě Ústředního ředitelství ČEZ, nebyl přesný přehled.

Tab. 5 - Rozdělení vodních elektráren spravovaných úředním ředitelstvím ČEZ na území naší republiky v roce 1949 podle velikosti výkonu [1]

Výkon (kW)	Počet vodních elektráren	Instalovaný výkon (kW)	Výroba (mil. kW h)
0 – 100	47	2 617	6 417
101 – 500	68	16 411	59 121
501 – 1 000	10	6 808	20 567
1001 – 2 000	17	22 895	86 433
2001 – 5 000	8	21 560	60 890
5001 – 10 000	2	13 680	44 396
10001 – 20 000	6	94 100	371 199
20 001 – 30 000	1	22 500	70 639
30 001 – 50 000	1	40 000	37 100
Celkem	160	240 571	756 762
z toho malé vodní elektrárny do 10 MW	152	83 971	277 824

V roce 1950 byl zaznamenán pokles elektrické energie z vodních elektráren. Příčinami poklesu bylo značné odstavení mikrozdrojů v období 1948 – 1949, které souviselo se socializací naší průmyslové výroby. Tyto zdroje byly málo automatizované a vázaly na sebe velký počet pracovních sil. Na odstavení těchto elektráren měla rozhodující vliv cena za 1 kWh odebírané ze sítě, která prudce klesla. V roce 1930 stála 1 kWh 3 Kč, v roce 1947 2,85 Kč, v roce 1956 poklesla cena na 0,66 Kč a v roce 1985 cena klesla na 0,52 Kč. Pro provozovatele mikrozdrojů bylo za těchto podmínek mnohem výhodnější odebírat elektrickou energii z veřejné sítě za nízkou cenu bez potřeby udržovat a pečovat o vlastní energetický zdroj.

Ani v tomto období nebyla zastavena výstavba malých vodních elektráren s výkonem nad 200 kW. Od roku 1948 do roku 1979 bylo postaveno 29 takových elektráren (většina v období 1948 až 1962). Výstavba hydroenergetických děl byla omezena v letech 1963 až 1979. Úplně byla potlačena výstavba malých vodních elektráren s výkonem do 200 kW, protože byly označeny Komisí G60, která v roce 1954 zpracovávala rozvoj naší hydroenergetiky do roku 1960, za neúčelné a všeobecně nevhodné. Výstavba se v roce 1950 až 1962 soustředila hlavně na velké vodní elektrárny, především s velkými akumulacími nádržemi.

Na konci 60. let 20. století si pracovníci na úseku plánování v energetice začali uvědomovat, že vodní energie nemůže být v dlouhodobé perspektivě hlavním zdrojem energie pro pokrytí všech budoucích energetických potřeb. Proto se začalo uvažovat nad výstavbou nových tepelných elektráren, které by pokrývaly část spotřeby elektřiny. V roce 1954 byla uvedena do provozu první tepelná elektrárna. Jelikož se podařilo měrné investiční náklady tepelných elektráren snížit na jednu čtvrtinu od roku 1957 do roku 1964, nebránilo nic v cestě tomu, aby se tepelná energetika rozvíjela jako hlavní dodavatel elektrické energie. Tím trpěla hlavně hydroenergetika.

V roce 1962 byl technicky využitelný hydroenergetický potenciál spočítán na 11 193 GWh za rok, přičemž v hydroenergetice se produkovalo jen 3 007 330 MWh za rok. Na další rozvoj hydroenergetiky nebyl brán zřetel. Výstavba malých vodních elektráren byla potlačena. Nepříznivý vliv na rozvoj malých energetických zdrojů měla skutečnost, že byly stavěny do protikladu tepelné elek-

trárny proti vodním a malé vodní elektrárny proti velkým. Seznam vyřazených vodních elektráren z provozu je uveden v tab. 6.

Tato stagnace rozvoje hydroenergetických děl trvala až do konce 70. let 20. století. Po roce 1970 se výstavba orientovala převážně na velké přečerpávací vodní elektrárny. Výstavba malých vodních elektráren zůstala opomenuta. Většina menších zdrojů byla provozována bez potřebné údržby, mnohdy s cílem maximálního využití před jejich fyzickou likvidací.

Na konci 80. let 20. století v důsledku zvýšení světových cen ropy a rychlého růstu investičních nákladů na výstavbu jaderných elektráren, plynovodů atd., přistoupily mnohé státy k ekonomickému přehodnocení získávání vodní energie. Po tomto přehodnocení byla přijata rozhodnutí o dalším využití primárního hydroenergetického potenciálu země a to výstavbou velkých zdrojů i malých zdrojů s výkonem do 10 MW. Proto během 80. let nastal nový rozvoj malých vodních elektráren (MVE). V roce 1987 bylo v provozu na území Československa 570 MVE. Zájem byl soustředěn především na obnovu a rekonstrukci vodních děl v lokalitách, v nichž zařízení využívající vodní energii pracovalo v minulosti.

Po roce 1990 došlo k úplnému uvolnění soukromého podnikání i v oblasti malých vodních elektráren. Bylo zrušeno omezení výroby elektřiny hranicí 200 000 kWh/rok a soukromí podnikatelé mohli obnovovat a budovat MVE bez administrativních omezení, týkajících se instalovaného výkonu nebo výše roční výroby elektřiny. Došlo k postupné privatizaci části MVE dosud spravovaných státními organizacemi (ČEZ, rozvodné distribuční podniky) a k postupné obnově zrušených MVE. Dále se začali soukromí podnikatelé budovat i nové MVE ve vhodných lokalitách. V současné době je v provozu v ČR cca 1400 MVE. [17]

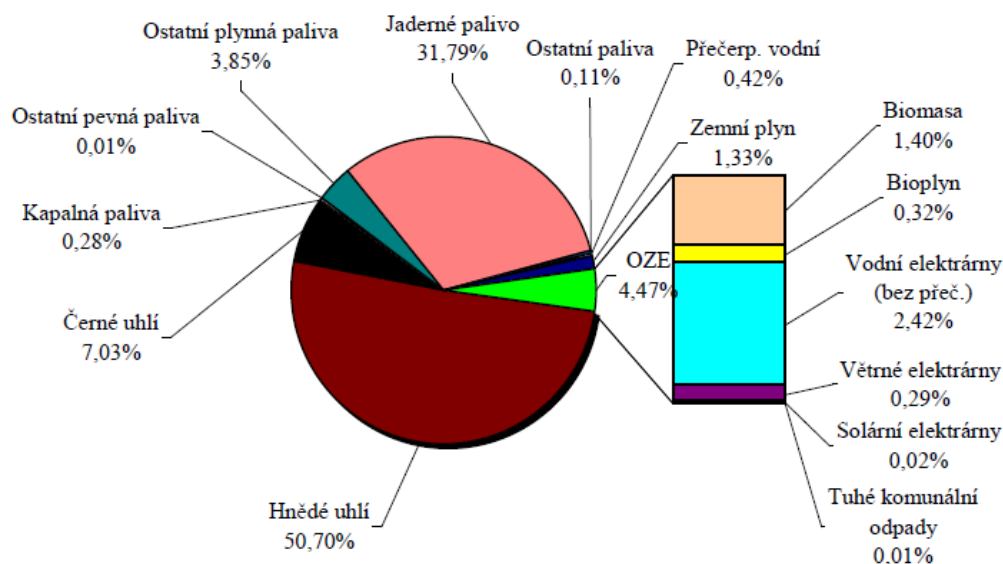
Tab. 6 - Malé vodní elektrárny vyřazené z provozu v období 1967 až 1979 [1]

Lokalita	Řeka	Rok uvedení do provozu	Celkový instalovaný výkon (MW)	Průměrná roční výroba za posledních 10 let (MW h)	Rok zrušení
Štvanice	Vltava	1913	1,42	7 320	1972
Starý Kolín	Labe	1914	0,43	2 825	1977
Bakov	Jizera	1922	0,30	1 286	1978
Černošice	Berounka	1919	0,16	488	-
Šlovice	Berounka	1914	0,12	-	-
Metel	Nežárka	1938	0,185	-	1968
Šidelná	Nežárka	1896	0,037	83	1975
Dírná	Dírenský potok	1936	0,016	79	1976
Soběslav	Nežárka	1906	0,09	92	1967
Železná Ruda	Řezná	1932	0,05	207	1976
Sušice	Otava	1905	0,01	68	1976
Stod	Radhúza	1914	0,05	258	1977
Loket	Ohře	1912	0,18	543	1968
Benešov	Ploučnice	1904	0,14	330	-
Libochovice	Ohře	1900	0,12	407	-
Staré Splavy	Máchovo jezero	1921	0,07	109	-
Rožňava	Slaná	1900	0,25	-	-
Rudolfov III	Černá Nisa	1921	0,60	128	-
Týniště	Bělá	1927	0,055	143	1968
Mladkov	Tichá Orlice	1915	0,042	138	1972
Ivančice	Jihlava	1905	0,10	580	1977
Vsetín	Bečva	1935	0,17	548	1974
Loštice	Třebůvka	1942	0,06	237	1976
Mikulovice	Bělá	1914	0,08	323	1976
Mohelnice	Morava	1919	0,27	1 135	1976
B. Bystrica	Hron	1928	2,63	7 295	1969

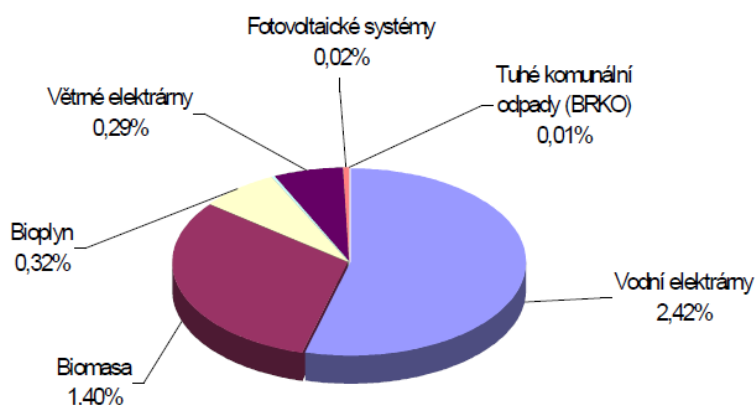
3.5 Současný stav a výhled ve využívání malých vodních elektráren v ČR

V České republice je nejvyužívanějším zdrojem pro výrobu elektřiny uhlí a jaderná energie. S postupem času se podíl uhlí snižuje, ale stále dosahuje hranice téměř 60 % na celkové výrobě elektřiny. Druhým největším zdrojem je jaderná energie, jehož podíl se pohybuje nad 30 %. Přehled podílu zdrojů na výrobě elektřiny v ČR v roce 2008 je uveden na obr. 3 a na obr. 4 je přehled podílu jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v roce 2008.

Obr. 3 – Výroba elektřiny v ČR v roce 2008 [15]



Obr. 4 – Podíl jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v ČR v roce 2008 [15]

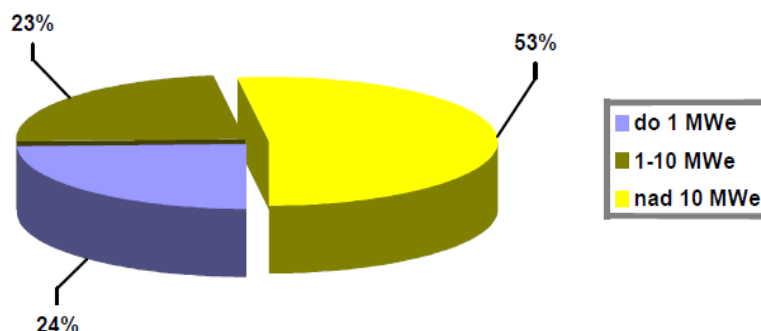


Vodní energie je nejdůležitějším obnovitelným zdrojem pro výrobu elektřiny, zejména z důvodu vhodných parametrů pro regulaci elektrické soustavy. Hodnota instalovaného výkonu vodních elektráren v ČR je přes 1GW, a představuje 8 % celkového vyrobeného výkonu. V loňském roce byl její podíl na výrobě elektřiny 2,42 %. Podíl na výrobě zelené elektřiny potom tvořil více než 54 %. Převážná část hydropotenciálu ČR je již dlouhou dobu využívána zejména k účelům regulace elektrizační soustavy. Nevýhodou tohoto zdroje je závislost na hydrologických podmínkách. Vzhledem k vysokému podílu výroby elektřiny ve vodních elektrárnách na zelené elektřině bude tato závislost nutně vytvářet výkyvy v celkovém objemu vyrobené zelené elektřiny v méně vodnatých letech. [15]

Významnou roli v energetice mají také přečerpávací vodní elektrárny (PVE). Tato díla mají tu výhodu, že dokáží řešit zvýšenou potřebu elektrické energie v období energetických špiček. Je to dosud jediný z technicky proveditelných způsobů, jak vyrobenou elektrickou energii po delší dobu skladovat. PVE mají dvě vodní nádrže, které jsou umístěny v různých nadmořských výškách a jsou spojeny spádovým potrubím. V noci, kdy je nevyužitá energie v elektrorozvodné síti, se přečerpává voda z dolní nádrže do horní. Při potřebě špičkové energie se voda z horní nádrže vypouští přes turbínu vodní elektrárny do spodní nádrže a energie spotřebovaná ze sítě na přečerpání se vrací zpět. Stroj v těchto elektrárnách pracuje jednou jako čerpadlo a podruhé jako turbína.

V roce 2008 dosáhla hrubá výroba elektřiny ve vodních elektrárnách 2 024,3 GWh. Z důvodů horších hydrologických podmínek v tomto období výroba elektřiny poklesla o 3 %, ale přesto se nejvíce podílela na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů.

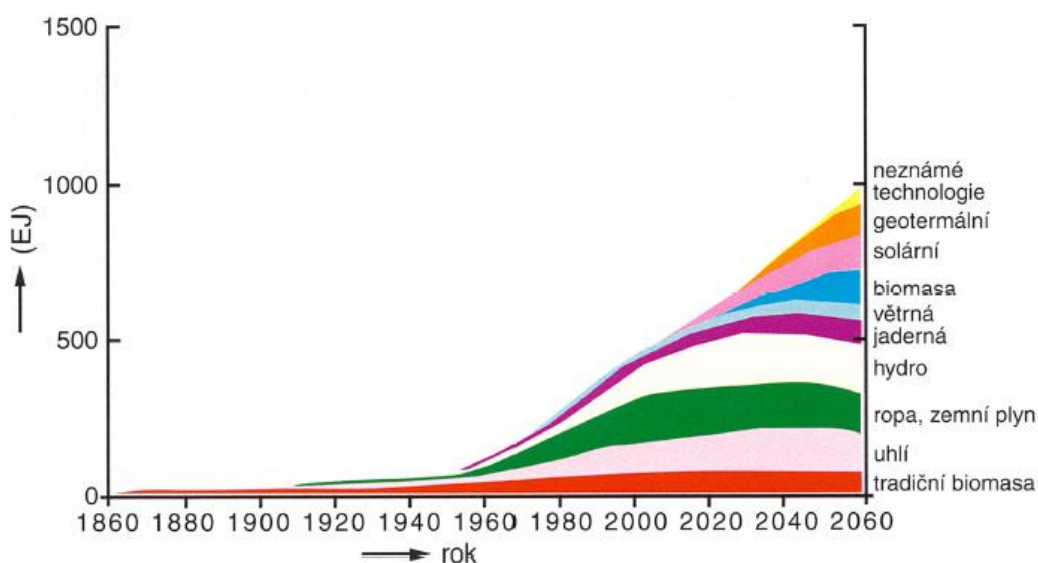
Obr. 5 – Podíl výkonových kategorií VE na hrubé výrobě elektřiny [15]



V poslední době se rozvíjí výstavba nových nebo rekonstrukce starých vodních minielektráren, mikroelektráren a především domácích vodních elektráren.

Rozvoj MVE v současné době podporuje legislativa i dotační politika státu a EU. Podpora těchto realizací bankami bude pokračovat díky zákonu o OZE. V naší republice mají MVE nezastupitelnou úlohu i proto, že jsou rozptýleny po celém území České republiky. Tyto místní malé zdroje významně nezatěžují přenosovou soustavu. Na obrázku 6 je vidět vývoj a předpoklad výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a význam vodních elektráren.

Obr.6 – Vývoj a struktura spotřeby paliv a energie do roku 2060 [11]



MVE jsou v porovnání s jinými využívanými způsoby výroby energie, jestliže jsou provedeny na patřičné technické úrovni, nejméně nebezpečným typem elektrárny k životnímu prostředí. Tyto elektrárny mají k dispozici za normálních podmínek prakticky nevyčerpatelný a trvalý zdroj vstupní energie. MVE mají relativně malou poruchovost, nízké provozní náklady a vysoký počet provozních hodin v roce.

4 Třídění malých vodních elektráren

Malé vodní elektrárny se podle ČSN 75 01 28 dají třídit podle různých hledisek:

Podle instalovaného výkonu:

- domácí vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 35 kW
- vodní mikroelektrárny s instalovaným výkonem od 35 kW do 100 kW
- vodní minielektrárny s instalovaným výkonem od 100 kW do 1000 kW
- průmyslové vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 1 MW do 10 MW

Podle získaného spádu:

- přehradová vodní elektrárna, jejíž spád je vytvořen přehradou
- jezová vodní elektrárna, jejíž spád je vytvořen jezem
- derivační vodní elektrárna, využívající soustředěného spádu získaného derivací vody, tj. umělým vedením vody mimo vodní tok pomocí tlakové nebo beztlakové derivace
- vodní elektrárny bez vzdouvací stavby, využívající energie vody proudící v potrubí, v otevřených korytech vodních toků, kanálech apod. bez k tomu účelu vybudované vzdouvací stavby.

Podle charakteru pracovního režimu:

- průtočné, bez ovlivnění přirozeného průtoku
- akumulární, pracující s řízeným odběrem vody z akumulární nádrže vytvářející spád.

Podle velikosti spádu se vodní elektrárny dělí do tří kategorií:

- nízkotlaké vodní elektrárny, využívající spád do 20 m
- středotlaké vodní elektrárny, využívající spád nad 20 m do 100 m
- vysokotlaké vodní elektrárny, využívající spád nad 100 m

Podle řízení provozu:

- vodní elektrárny s ručním ovládním, jejichž provoz je řízen výhradně obsluhou
- automatizované vodní elektrárny, jejichž provoz je řízen výhradně automatikou
- částečně automatizované vodní elektrárny, jejichž provoz strojevnny je řízen částečně automaticky, částečně obsluhou

Malé vodní elektrárny lze z hlediska zapojení rozdělit do 3 tříd:

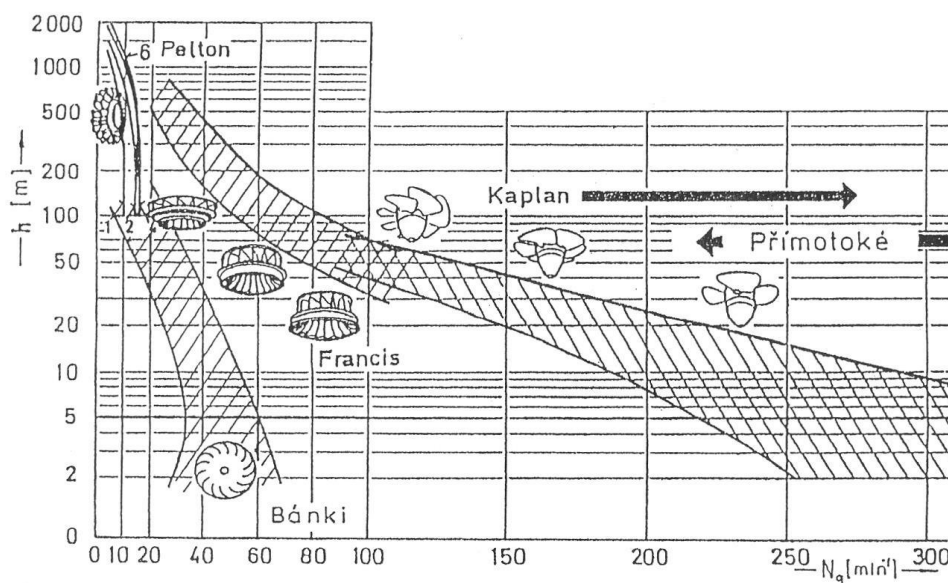
- MVE zapojené v celostátní nebo místní energetické soustavě, s asynchronními alternátory, bez regulace výkonu a frekvence, s jednoduchými vodními systémy bez akumulčních nádrží
- MVE schopné pracovat odděleně od elektrizační soustavy, většinou se synchronními alternátory, s automatickým ovládním, vybavené regulací frekvence a výkonu. Mají povahu záskokových zdrojů pro spotřebiče, které musí být zásobeny elektrickou energií i při případném přerušení dodávky elektrického proudu z veřejné sítě
- mikrozdroje a mobilní zdroje pracující odděleně i s nenormalizovaným napětím, popř. stejnosměrným proudem pro spotřebiče; slouží pro ohřev vody, vytápění rodinných domků, rekreačních objektů apod. Jde o zdroje související s racionalizační činností organizací a jednotlivců, s cílem snížit spotřebu topné nafty, uhlí a elektřiny z veřejné sítě. [2]

5 Vodní turbíny

Předchůdcem vodních turbín byla od roku 450 n.l. vodní kola, která sloužila k ulehčení lidské práce. Během několika staletí se vodní kola přizpůsobovala a vyvíjela podle jejich uplatnění. Po vodních kolech se začaly objevovat konstrukce tzv. korečníků. Byla to vodní kola s vrchním nátokem, která umožňovala zvýšení výkonu. Před etapou vývoje rovnotlaké turbíny bylo vodní kolo využívající dynamického účinku vodního paprsku, které vzniklo v 17. století. V této době začala vznikat teorie vodních turbín. Teprve v 18. století byla realizace vodních kol podložena teoretickým a experimentálním zkoumáním proudění a modelovým výzkumem. Vyvrcholení vývoje vodních kol představuje konec 18. století. Zároveň se v této době objevuje řešení vodních motorů pracujících na reakčním principu. Tento objev vedl k vývoji vodní turbíny. Největší rozvoj v teorii návrhů turbín nastal koncem 19. a počátkem 20. století, po poznání základních zákonů hydrauliky a přeměny energie hydraulické na mechanickou energii hřídele turbíny.

Pracovním médiem vodní turbíny je voda, která je nositelkou hydraulické energie. Z této energie část využívají vodní turbíny a přeměňují ji na mechanickou energii rotující hřídele.

Obr. 7 - Oblasti použití základních typů turbín [2]



Používají se vodní turbíny různých typů, výkonů, rozměrů a konstrukčního řešení podle místa instalace. Nejpoužívanější vodní turbíny jsou Kaplanova, Franci-
sova, Peltonova a Bánkiho. Základní turbíny se v některých oblastech použití částečně překrývají (viz. obr. 7). V takových případech se volí typ turbíny, který je výhodnější z hlediska ceny, účinnosti, kavitačních vlastností, údržby a řízení provozu.

5.1 Kaplanova turbína

Kaplanova turbína je přetlaková turbína, charakteristická axiálním průtokem oběžného kola. Součástí Kaplanovy turbíny je oběžné kolo turbíny s natáčivými oběžnými lopatkami, které navrhl prof. Kaplan. Při regulaci turbíny se natáčejí lopatky rozváděcího kola i lopatky oběžného kola. Toto řešení umožňuje přizpůsobení změnám průtoku a spádu.

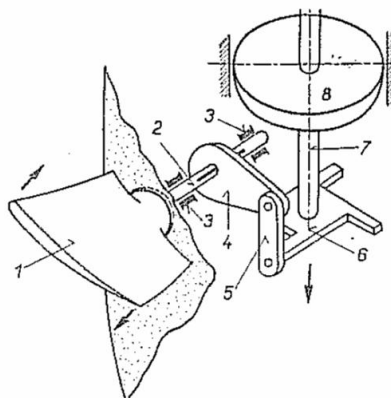
Oběžná kola u těchto turbín mají poměrně malý počet lopatek. Oběžné lopatky jsou upevněny natáčivě v náboji kola (viz. obr. 8), rozteč lopatek je v poměru k jejich délce velká, proto se lopatky nepřekrývají.

Oběžné kolo bez vnějšího věnce má oběžné lopatky upevněny natáčivě v náboji kola. Náboj má vhodný tvar. Lopatky jsou ovládané regulačním mechanismem, osazeným uvnitř náboje kola. Osa čepů lopatek svírá s osou náboje úhel 90°. U standardních provedení se jejich plynulé natáčení provádí za provozu stroje. Rozvaděč, který může být řešen jako radiální, diagonální až téměř axiální, má rovněž natáčivé lopatky, ovládané vlastním regulačním mechanismem. [3]

Zařízení pro natáčení oběžných lopatek u Kaplanovy turbíny je složeno z oběžných lopatek s čepem, které jsou nasměrovány kolmo na osu soustrojí. Čep je pevně spojen s táhlem a podepřen na dvou ložiskách. Dále je tam stavěcí kříž, který je spojen s hřídelem pístu olejového servomotoru. Pohybem servomotoru nahoru a dolů jsou natáčeny oběžné lopatky.

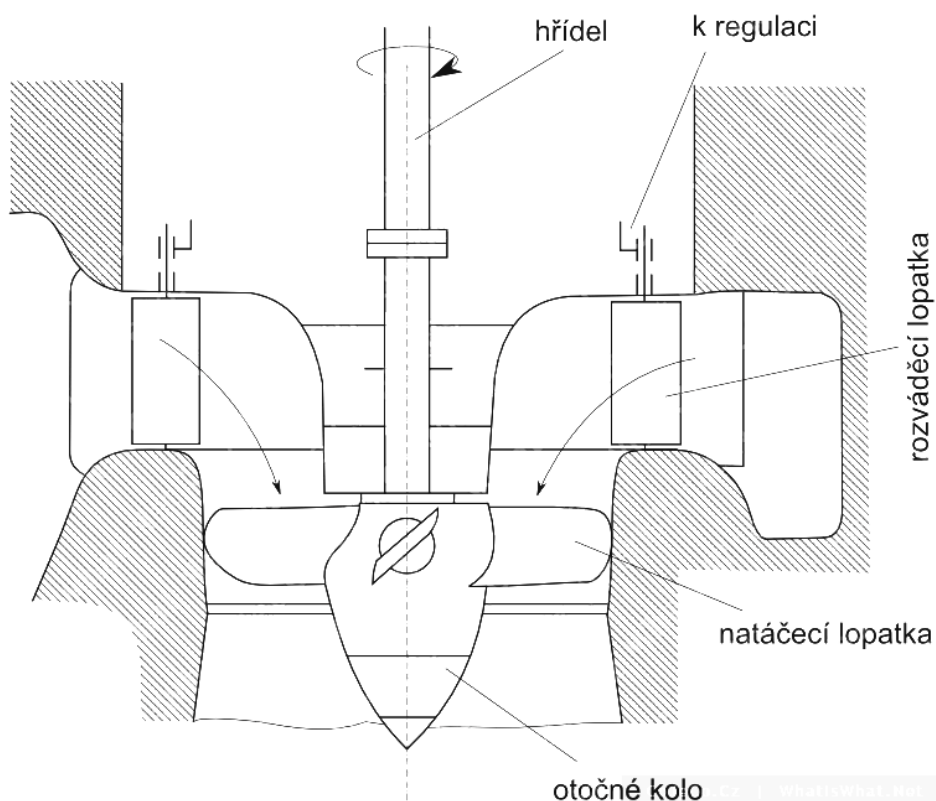
Obr. 8 – Schéma zařízení pro natáčení oběžných lopatek Kaplanovy turbíny [6]

- 1- oběžná lopatka
- 2- čep lopatky
- 3- vodící ložiska hřídele lopatek
- 4- tahélko
- 5- tahélko stavěcího kříže
- 6- stavěcí kříž
- 7- hřídel servomotoru
- 8- servomotor



Tyto turbíny jsou použitelné pro spád cca od 5 do 85 m, jejich výkon je 0,5 až 200 MW a průměr oběžného kola dosahuje 2,5 – 10 m.

Obr. 9 - Kaplanova turbína s diagonálním rozvaděčem [32]



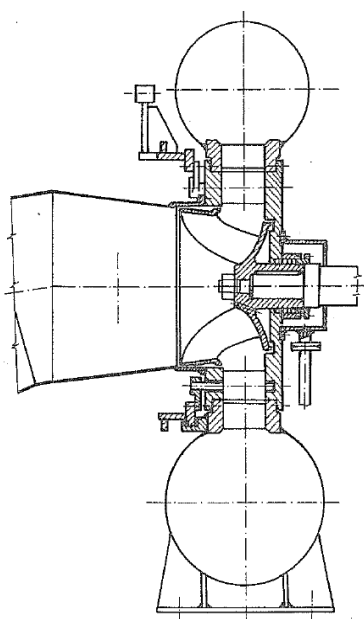
5.2 Francisova turbína

Problém využívat účelně vodní energii vyřešil James B. Francis v roce 1848, kdy vylepšil předchozí typy vodních turbín a dosáhl u nich účinnosti až 80 %. Byla zkonstruována na stejném principu jako ostatní turbíny, ale s dnešní Francisovou turbínou neměla mnoho společného. Do dnešní podoby byla předělávána během dalších 40 let. V roce 1869 ohnul proud kapaliny již v kanálech oběžného kola do osového směru Američan Swain a o deset let později zavedl natáčivé lopatky u rozváděcího kola Francouz Finck a jako poslední se na dnešní podobě Francisovi turbíny podílel v roce 1886 Němec Voith, který připojil spirální rozváděcí skříň.

Francisova turbína byla v minulosti nejrozšířenějším typem přetlakové turbíny, která se využívala v MVE. Turbína se skládá ze spirální skříň, rozváděcího kola, oběžného kola a savky. Uprostřed spirální skříň je uloženo oběžné kolo. Na oběžné kolo je voda přiváděna rozváděcími lopatkami radiálním směrem, tento směr se v oběžném kole mění na axiální. Lopatky u rozváděcího kola se konstruují obvykle otočné kolem čepů a reguluje se s nimi průtok turbínou.

Francisova turbína se používá pro spád od 40 do 700 m, výkon je 1 až 500 MW a průměr oběžného kola je cca 1 – 7,5 m.

Obr. 10 - Horizontální Francisova turbína [7]



Obr. 11 - Oběžné kolo Francisovy turbíny [18]



6 Vodní elektrárna v Řevnicích na řece Berounce

MVE Řevnice vznikla ze starého vodního mlýna, poháněného dvěma tandemovými mlýnskými koly na spodní vodu s odpadem do mlýnské strouhy. Mlýn koupil v roce 1910 od rodiny Mudrových profesor Karlovy univerzity PhDr. ThDr. Václav Hazuka se svým bratrem Františkem.

Noví majitelé téhož roku realizovali výstavbu Francisovy turbíny od firmy MARTINA A ČESÁK, jako náhradu za mlýnská kola. Turbína poháněla generátor o výkonu 50 kW a napětí 3 x 220 V/50 Hz přes řemenový převod. Současně mohla být připojena na transmisi, která poháněla mlýn a pilu se dvěma katry.

Turbína byla zajímavá tím, že její oběžné kolo mělo dřevěné ozubení, takže stroj fungoval téměř bezhlučně.

V roce 1932 byla vodní část elektrárny rozšířena o další Kaplanovu turbínu s odpadem vody přímo do řeky. Tato turbína poháněla generátor 100 kW, 3 x 1000 V/50 Hz, instalovaný na společné hřídeli s turbínou.

Hlavní elektrický rozvod z elektrárny do Řevnic byl veden venkovním vedením 3 x 1000 V přes řeku. Toto vedení bylo ukončeno stožárem poblíž bývalého železničního přejezdu. Od tohoto stožáru byl rozvod 1000 V proveden kabelovým vedením ulicí Opletalovou do transformační stanice proti lékárně (čp. 535). Z transformovny byl rozvod 1000 V veden dále na západ Komenského ulicí do transformovny „U Bati“ a dále do transformovny u pily Dana Kozy a dílny kováře V. Weiga (čp. 597). Na východ od transformovny u lékárny byl rozvod 1000 V veden přes náměstí rovněž kabelem do transformovny na křižovatce ulic Pražské a Sádecké.

Pro transformovnu u Rybní ulice bylo zřízeno venkovní vedení 1000 V napojené od stožáru u kamenické dílny (čp. 529) a vedené po náhoně podél řeky ulicí Rybní.

V roce 1942 byla zřízena transformovna s venkovním napojením 1000 V z vedení na náhonu pro pilu a tesařství P. J. Biskupa (čp. 529). V roce 1944 bylo postaveno venkovní vedení 1000 V vyvedené přímo z elektrárny do obce Rovina, kde pro tuto obec byla zřízena samostatná transformovna.

Původní transformovny, zbudované firmou Křižík byly tři a to: u lékárny, u Bati a u kříže na křižovatce ulice Pražské a Sádké. Byly ocelo-plechové, válcového tvaru průměru 150 cm, výšky 2 m, ze střechy byl vztyčen ocelový trubkový stožár výšky 7,5 m, ze kterého byl napojen pouliční rozvod nízkého napětí 3 x 220 V. Uvnitř transformovny byl instalován transformátor 30 nebo 50 kW, 3 x 1000/220 V v kruhovém rámu, umožňující jeho transport. Byl chlazený vzduchem. Dále byl v transformovně rozvaděč nízkého napětí, který tvořila mramorová deska s nožovými pojistkami. Ostatní transformovny byly zděné, technologické vybavení bylo obdobné.

Distribuční rozvodná síť nízkého napětí 3 x 220 V byla provedena venkovním vedením, převážně na dřevěných sloupech, částečně na konzolách a střešnicích. Vodiče byly měděné. Za druhé světové války od roku 1942 byla německými okupačními úřady nařízena tzv. „kupferaktion“, při které byly sbírány barevné kovy a hlavně měď a to i z venkovních elektrických vedení. V řevnicích byly konfiskovány vodiče pro napájení elektrického veřejného osvětlení, ale v některých ulicích i síť nízkého napětí. Němci jako náhradu dodali vodiče ocelové. V této době, vlivem narůstajících spotřebičů enormně vzrostlo zatížení elektrárny a rozvodné sítě. Aby se situace v síti alespoň částečně zlepšila, byla oblast Husovy ulice, celého Selce a oblast Třebaně předělána na systém napětí 3 x 380/220 V. Protože ani elektrárna už svým výkonem nestačila krýt spotřebu v síti, byla provedena dohoda o dodávce elektrické energie s tehdejšími Elektrárenským svazem okresů středočeských. Na základě této dohody byla provedena přípojka ze sítě elektrárenského svazu, která vedla kolem obce Rovina. Přípojka byla ukončena zděnou transformovnou u elektrárny. Tímto řešením se podařilo získat pro Řevnice chybějící výkon.

V roce 1947 byla elektrárna zestátněna a včetně distribuční sítě přešla na Středočeské energetické rozvodné závody.

Koncem padesátých a začátkem šedesátých let byl celý rozvod vysokého i nízkého napětí rekonstruován. Celkem pro Řevnice bylo vybudováno 16 transformoven. V těchto letech doznala změn i vodní elektrárna. Francisova turbína byla vyměněna za jinou rovněž Francisovu, která pohání asynchronní generátor. Kapla-

nova turbína včetně regulátoru pracuje dosud. Elektrárna pracovala poloautomaticky, při jakékoli poruše se odstavila a signalizační zařízení nahlásilo poruchu. V této době bylo namontováno strojní čištění česlic u Kaplanovy turbíny.

S výměnou generátorů byl vyměněn i transformátor v transformovně u elektrárny, který napájel část Řevnic na druhém břehu a současně přes něj elektrárna dodávala energii do sítě. Tento stav trval až do doby vybudování transformovny u Campu v roce 1988, kdy elektrárna byla napojena kabelovým vedením a dosud přes ní dodává energii do sítě. Zděná transformovna u elektrárny se stala přebytečnou a byla včetně venkovního vedení zrušena.

15.1.2000 Středočeská energetická akciová společnost prodala v dražbě Řevnickou vodní elektrárnu. Novým majitelem se stal pan Ing. Pavel Jirák a syn.

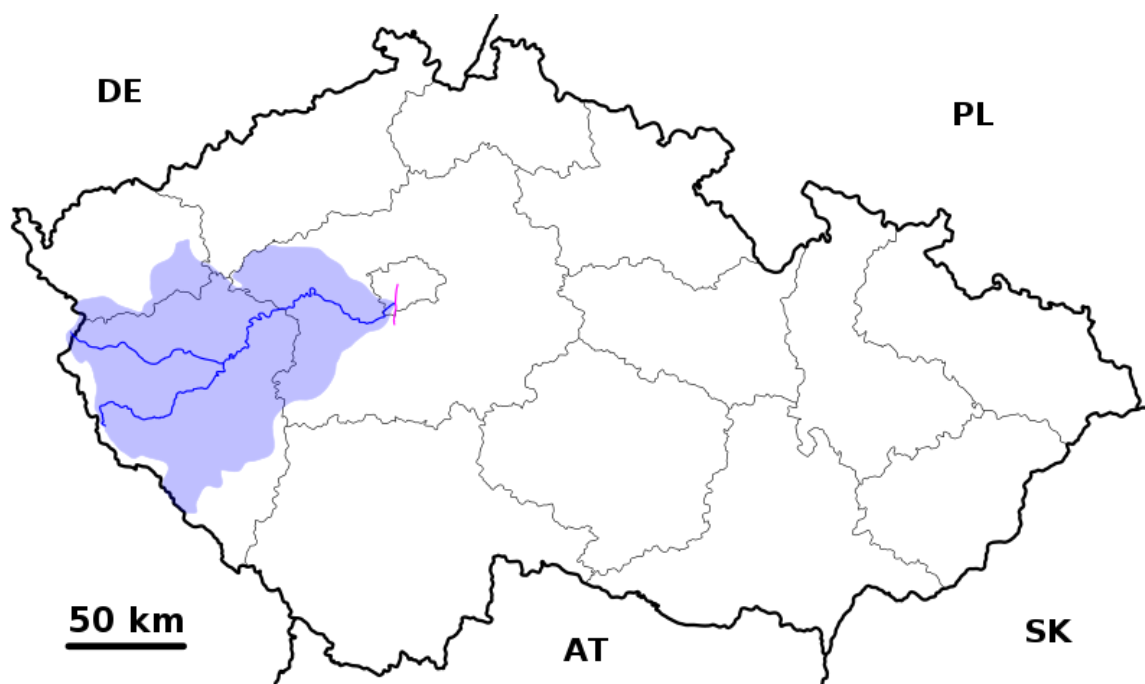
Od tohoto data prošla Francisova turbína generální opravou rozváděcího a oběžného kola. Generátor byl ponechán 40 kVA/ 3x400 V. Kaplanova turbína má vyměněný generátor. Nynější výkon má 160 kVA/3x400 V/50 Hz.

Elektrárna je vybavena síťovými ochranami (napětí, podpětí, frekvence). A má automatické fázování. (Veškeré informace o historii MVE Řevnice jsou od pana Ing. Jiráka)

7 Řeka Berounka

Řeka Berounka je jednou z českých řek. Povodí Berounky se rozkládá v západní části České republiky (viz. obr. 14). Vzniká soutokem Mže s Radbuzou v centru Plzně. Je to největší levobřežní přítok Vltavy. Řeka má délku 139,1 km a plocha povodí je 8 861 km².

Obr. 12 - Poloha řeky Berounky [19]



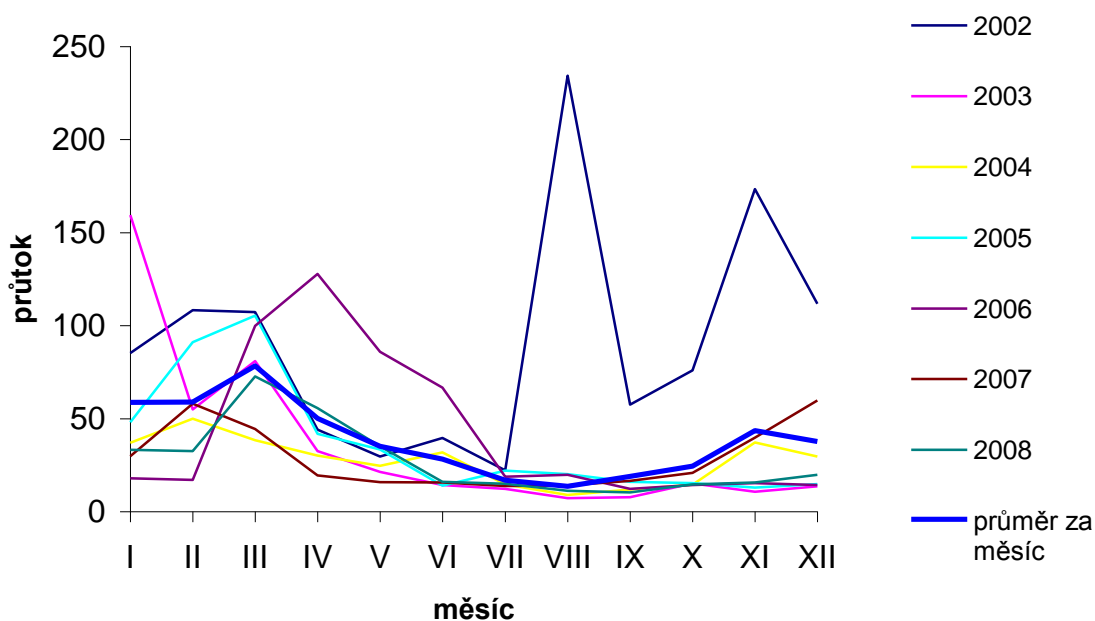
7.1 Přirozený průtok řeky Berounky 2002 – 2008

Největšího průtoku řeka Berounka dosahuje od března do května a nejmenší v měsících červenec až říjen jak vyplývá z Tabulky 7. V srpnu v roce 2002 byla v České republice povodeň, a proto tyto hodnoty nemohou být brány při návrhu elektrárny v úvahu.

Tab. 7 - Přirozený průtok řeky Berounky rok 2002 – 2008 [20]

Měsíc/Rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	průměr za měsíc
I	85,20	159,52	36,95	48,06	17,85	29,80	33,20	58,65
II	108,30	54,96	49,89	91,03	17,03	58,10	32,60	58,84
III	107,20	80,98	38,33	105,35	99,85	44,50	72,70	78,42
IV	44,00	32,46	30,10	41,87	127,72	19,50	55,60	50,18
V	29,60	21,42	24,63	33,32	85,96	15,90	35,10	35,13
VI	39,60	14,24	31,88	13,93	66,70	15,60	16,00	28,28
VII	22,20	12,14	14,66	22,09	18,69	13,80	15,00	16,94
VIII	234,40	7,31	8,88	20,18	19,88	14,10	11,20	13,59
IX	57,50	7,74	11,82	16,00	12,31	16,50	10,30	18,88
X	76,00	15,20	14,42	15,36	14,29	20,90	14,70	24,41
XI	173,30	10,74	37,17	12,98	15,39	39,80	15,70	43,58
XII	111,80	13,61	29,67	14,82	14,37	59,80	19,80	37,70
průměr za rok	77,70	35,86	27,37	36,25	42,50	29,03	27,66	38,72

Obr. 13 - Graf průtoku řeky Berounky



7.2 Stanovení minimálního zůstatkového průtoku

Minimální zůstatkový průtok je průtok, který je nutno ponechat ve vodním toku v daném profilu nebo úseku pro dodržení jeho základních vodohospodářských a ekologických funkcí. Veškerá voda se tedy nesmí použít pro turbíny, ale část musí protékat původním tokem, např. přes jez, jak je tomu u MVE Řevnice. Minimální zůstatkový průtok je stanoven obvykle jako množství vody, které protéká korytem řeky nejméně 355 dní v roce. Vodoprávní úřad stanovuje zůstatkový průtok pro každou MVE zvlášť.

Pro výpočty minimálního zůstatkového průtoku je třeba znát M – denní průtoky (Q_m) v $m^3 \cdot s^{-1}$ v dané řece. Pro výpočty jsou uvažovány hodnoty z manipulačního řádu MVE Řevnice. Tyto průtoky jsou udávány Českým hydrometeorologickým ústavem.

Výpočet minimálního zůstatkového průtoku se provádí ze směrných hodnot podle Metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích.

M – denní průtoky [Q_m] v $m^3 \cdot s^{-1}$

M	30	90	180	270	355	364
Q_m	82,2	39,2	22,6	14,1	5,33	3,19

Pro posuzovanou elektrárnu platí kritérium kdy $Q_{355d} = 5,33 m^3 \cdot s^{-1} > 5,00 m^3 \cdot s^{-1}$. Pro toto kritérium se stanoví $MZP = (Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5 = 4,26 m^3 \cdot s^{-1}$. Z tohoto výpočtu tedy vyplývá, že MVE Řevnice může být spuštěna při průtoku větším než $MZP = 4,26 m^3 \cdot s^{-1}$. Elektrárna pak může využívat přebytkový průtok nad touto hodnotou. [16]

7.3 Území a popis umístění elektrárny

Malá vodní elektrárna leží na řece Berounce v ř. km 19,429 v obci Řevnice okres Praha-západ. Součástí elektrárny je přímý betonový jez v ř. km 19,429. V příčném profilu má konstrukce jezu zaoblenou přelivnou hranu. Výška koruny jezu se pohybuje od 205,89 do 206,60 m n.m. a délka je 175, přičemž minimální

úrovně dosahuje u pravého zavázání a maximální uprostřed. V příčném směru se konstrukce jezu mírně rozšiřuje.

Obr. 14 - Letecký pohled na jez a MVE v Řevnicích



U levého břehu je situována MVE Řevnice. Vtoková část navazuje na levý konec vlastního jezu. Strojovna MVE je umístěna v objektu přístavby mlýna u jezu na levém břehu. Instalovaná je jak původní Francisova turbína s hltností $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ o výkonu 30 kW, tak i Kaplanova turbína s hltností $8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ o výkonu 85,5 kW. Odpadní koryto od MVE tvoří Mlýnský potok.

Obr. 15 - Budova MVE Řevnice



Elektrárna byla postavena kolem roku 1913 jako přístavba k objektu, který původně sloužil jako mlýn. V roce 1932 byla původní stavba rozšířena o další část, ve které byla instalována Kaplanova turbína. Obě části jsou propojeny a tvoří společnou strojovnu. Součástí MVE je krátký přívodní kanál s betonovými stěnami, který v novější části přístavby slouží jako opěrná konstrukce pro stavidlový uzávěr a obslužnou lávku.

Obr. 16 - MVE v Řevnicích



8 Turbíny v MVE Řevnice

Malá vodní elektrárna v Řevnicích je provozována s Francisovou a Kaplanovou turbínou. Turbíny v elektrárně jsou původní a v roce 2005 rekonstruované.

Parametry turbín:	Druh:	Francisova turbína
	Výkon:	30 kW
	Průtočné množství:	4 m ³ /s
	Spád:	1,2 m
	Výrobce:	Martin a Česák, Praha
	Rok výroby:	1910
	Průměr oběžného kola:	1 250 mm
	Druh:	Kaplanova turbína
	Výkon:	85,5 kW
	Průtočné množství:	8 m ³ /s
	Spád:	1,2 m
	Výrobce:	JG Stork Brno
	Rok výroby:	1932
	Průměr oběžného kola:	1 750 mm

Obr. 17 - Kaplanova turbína v MVE Řevnice



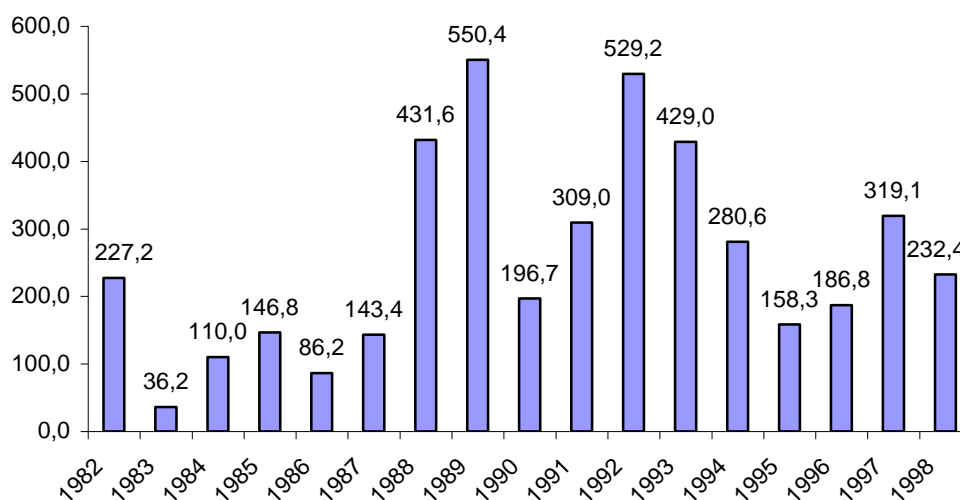
Obr. 18 – Francisova turbína v MVE Řevnice



V letech 1982 – 1998 vodní elektrárnu vlastnila společnost Středočeské energetické závody, státní podnik. Přehled výroby elektrické energie za toto období je uveden na obr. 19, hodnoty jsou převzaty z Informačního memoranda vzniklého při prodeji elektrárny.

Obr. 19 - Výroba elektrické energie v letech 1982 - 1998

Výroba v letech 1982 - 1998 v tis. kWh



9 Vývoj výkupní ceny pro malé vodní elektrárny

Od roku 2002 vydává Energetický regulační úřad cenová rozhodnutí, která se týkají výkupních cen elektřiny z obnovitelných zdrojů. Cenová rozhodnutí se pro každý rok mění a jsou stanoveny nové ceny a tzv. zelené bonusy. Energetický regulační úřad udává výkupní cenu elektřiny dodané do sítě nebo může výrobce prodat elektřinu za smlouvenou tržní cenu jakémukoliv zákazníkovi či obchodníkovi s elektřinou nebo vyrobenou elektřinu sám spotřebuje, má právo navíc dostat od provozovatele přenosové nebo regionální distribuční soustavy zelené bonusy. Tyto bonusy jsou udávány v Kč za MWh. Zelené bonusy začal zveřejňovat Energetický regulační úřad v Cenovém rozhodnutí pro rok 2006. Výkupní ceny jsou v cenovém rozhodnutí stanoveny jako minimální ceny a zelené bonusy jsou stanoveny jako pevné ceny, které musí výrobce elektřiny obdržet. Bonusy se nemohou kombinovat s uvedenou výkupní cenou elektřiny dodané do sítě.

V cenovém rozhodnutí vydávaném Energetickým regulačním úřadem se do roku 2004 neměnily ceny ve vztahu ke stáří malých vodních elektráren. Od roku 2005 se cenově zvýhodňují MVE podle roku uvedení do provozu nebo provedené rekonstrukce.

Minimální ceny za kWh elektrické energie vykupované od malých vodních elektráren se od roku 2002 zdvojnásobily vzhledem k elektrárnám uvedeným do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010. Přehled cen od roku 2002 do roku 2010 je uveden v tabulkách níže.

Tab. 8 - Minimální výkupní ceny rok 2002 – 2004 [21]

Druh obnovitelného zdroje	Minimální výkupní cena za 1 kWh elektřiny dodané do sítě v Kč			
	Rok	2002	2003	2004
Malé vodní elektrárny		1,5	1,5	1,55

Tab. 9 - Výkupní ceny a zelené bonusy pro MVE od roku 2005 do 2010 [21]

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
2005		
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu od 1.1. 2005	2050	-
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu před 1.1. 2005	1600	-
2006		
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách po 1.1. 2006 včetně	2340	1430
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu od 1.1. 2005 včetně a rekonstruované malé vodní elektrárny	2130	1220
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu před 1.1. 2005	1660	750
2007		
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách po 1.1. 2006 včetně	2390	1340
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu od 1.1. 2005 včetně a rekonstruované malé vodní elektrárny	2170	1120
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu před 1.1. 2005	1690	640
2008		
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách po 1.1. 2008 včetně	2600	1400
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách od 1.1. 2006 do 31.12. 2007	2450	1250
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu po 1.1. 2005 včetně a rekonstruované malé vodní elektrárny	2220	1020
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu před 1.1. 2005	1730	530
2009		
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách po 1.1. 2008 včetně	2700	1260
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách od 1.1. 2006 do 31.12. 2007	2540	1100
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu po 1.1. 2005 včetně a rekonstruované malé vodní elektrárny	2300	860
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu před 1.1. 2005	1790	350
2010		
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách od 1.1. 2010 do 31.12. 2010	3000	2030
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách od 1.1. 2008 do 31.12. 2009	2760	1790
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu v nových lokalitách od 1.1. 2006 do 31.12. 2007	2600	1630
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu po 1.1. 2005 včetně a rekonstruované malé vodní elektrárny	2350	1380
Malé vodní elektrárny uvedené do provozu před 1.1. 2005	1830	860

10 Technicko-ekonomické hodnocení

V roce 1999 byl před prodejem malé vodní elektrárny v Řevnicích vypracován technicko-ekonomický audit, který elektrárnu zhodnotil jako neschopnou provozu bez značných nákladů na opravu celého objektu. Podle tohoto auditu je stavební konstrukce strojovny silně zanedbaná a je zde uveden předpoklad, že je narušena statika základové konstrukce stavby. Turbíny byly zhodnoceny jako nevyhovující pro trvalý provoz a Kaplanova turbína nedává předpokládaný výkon. Francisova turbína nebyla v provozu, ale je provozuschopná po dílčí opravě. Koupě byla zhodnocena jako problematická vzhledem k předpokládaným nákladům uvedených v technicko-ekonomickém auditu MVE Řevnice z roku 1999.

Po koupi MVE Řevnice nový majitel Ing. Jirák provedl veškerá opatření, která byla zapotřebí k uvedení elektrárny do provozu.

Po převzetí objektu 15.1.2000 byla novým majitelem provedena tato opatření, aby mohla být elektrárna uvedena do provozu:

- Montáž nových česlí na vtoku.
- Demontáž rozváděcího kola včetně lopatek. Po opravě montáž.
- Oprava stavidel.
- Revize elektrické instalace a generátoru.

Předpokládané náklady na obnovu a zprovoznění elektrárny nebyly tak vysoké, jak bylo uvedeno v technicko-ekonomickém auditu z roku 1999. Po přezkoumání objektu odborníky nebylo nutné provést opatření na podporu statiky objektu a strojovna byla zhodnocena jako vhodná pro další provozování výroby elektrické energie.

Po těchto opravách byla elektrárna uvedena do provozu 4.4.2000. Od uvedení MVE Řevnice do provozu byl v roce 2001 vyměněn generátor u Kaplanovy turbíny. Při povodních v roce 2002 byla MVE kompletně zatopena. Opravovala se elektrická instalace, byla vyměněna provozní ochrana a provedlo se vysušení generátorů, výměna olejů a odbahnění. Elektrárna byla z tohoto důvodů odstavena z provozu od 12.8.2002 do 25.9.2002, kdy byla uvedena opět do provozu. V roce

2003 byla provedena výměna převodového soukolí Kaplanovy turbíny, montáž nových generátorů a rozvaděčů s automatikou u obou turbín. U Francisovy turbíny byla provedena montáž nových stavidel. V roce 2004 byla provedena u Kaplanovy turbíny montáž česlí a v roce 2005 byla demontována Kaplanova turbína a provedené přetěsnění oběžného kola. Od roku 2006 se na elektrárně provádí jen běžná údržba.

V současné době je objekt plně využíván k výrobě elektrické energie. Veškerá vyrobená energie je dodávána do sítě. V provozu je jak Francisova tak Kaplanova turbína. O údržbu elektrárny se stará majitel. Výroba elektrické energie je celoroční, elektrárna je odstavena pouze při nízkém průtoku a při drobných opravách. Práce související s údržbou a odstavení soustrojí jsou časově zanedbatelné. Přibližně 2 hodiny za měsíc. V roce 2002 při povodních byla elektrárna odstavena asi na 1,5 měsíce. Automatika zabezpečuje odpojení a odstavení soustrojí v případě poruchy přenosové sítě. Zároveň také po obnově činnosti přenosové soustavy zabezpečí uvedení turbín do provozu a připojení k přenosové soustavě. Turbíny bývají v nepřetržitém provozu i více jak dva měsíce.

Pro výpočet výkonu byly používány hodnoty z manipulačního řádu MVE Řevnice, kde jsou uvedeny spády a průtoky.

Teoretický výkon turbíny je závislý na spádu H [m], průtoku turbínou Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], gravitačním zrychlením g [$9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$], hustotě vody ρ [$1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$].

$$P_{th} = \rho g Q H \quad [2]$$

Pro Kaplanovu turbínu $P_{th} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 8 \cdot 1,2 = 94176W$

Pro Francisovu turbínu $P_{th} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 1,2 = 47088W$

Při přeměně hydraulické energie na mechanickou energii v turbíně a dále na elektrickou v generátoru vznikají ztráty. Proto bude skutečný výkon elektrárny menší než teoretický.

10.1 Tržby za energii dodanou do sítě

V tab. 10 jsou uvedeny hodnoty výkonu od roku 2000 až do současnosti. Z těchto výkonů je vypočítána tržba v MVE Řevnice za jednotlivé roky. Ceny, které jsou používány pro výpočet jsou uvedeny v kapitole 9.

Tab. 10 - Roční výkon MVE a tržby

Rok	Roční výkon v MWh	Výkupní cena za MWh [Kč]	Tržba za rok	Náklady
2000	850	1 200	1 020 000	100 000
2001	940	1 200	1 128 000	100 000
2002	920	1 500	1 380 000	100 000
2003	1 056	1 500	1 584 000	100 000
2004	1 120	1 550	1 736 000	100 000
2005	1 210	1 600	1 936 000	100 000
2006	1 200	2 130	2 556 000	100 000
2007	1 280	2 170	2 777 600	100 000
2008	1 275	2 220	2 830 500	100 000
2009	1 260	2 300	2 898 000	100 000

Náklady na koupi byly přibližně 5 500 000 Kč. Na uvedení malé vodní elektrárny do provozu byla vynaložena částka asi 800 000. Od roku 2002 dodnes byly provedeny opravy na elektrárně v hodnotě 1 000 000 Kč. Celková výše investice je tedy 7 300 000 Kč. Mzdové náklady nejsou uvažovány, majitel MVE údržbu provádí sám a jiná obsluha není potřeba. Investice byla financována z vlastních zdrojů. Ostatní náklady na provoz jsou uvažovány 100 000 Kč ročně. V dalších výpočtech je počítáno s růstem ceny výkupu energie o 50 Kč/MWh ročně.

10.2 Odpisy

Doba odepisování pro skupinu, do které je majetek zařazen, je třicet let. Pro první rok je stanovena roční sazba odepisování 1,4 % a v dalších letech 3,4 %. V průběhu odepisování je do MVE investováno v roce 2002 a 2005, pro tento případ je úroková sazba 3,4 %. Podrobně jsou odpisy uvedeny v příloze 1. [16]

10.3 Doba návratnosti investic

Doba návratnosti investic vyjadřuje dobu, za kterou se investice splatí z peněžních zisků, které jsou z provozu malé vodní elektrárny. Čím je doba návratnosti kratší, tím je investice hodnocena příznivěji.

$$DN = \frac{I}{RCF} \quad [22]$$

I – Investice

RCF – Roční cash flow

Tab. 11 - Doba návratnosti investic

Rok	Cash flow	Roční cash flow kumulované
2000	920 000	920 000
2001	1 028 000	1 948 000
2002	1 280 000	3 228 000
2003	1 484 000	4 712 000
2004	1 636 000	6 348 000
2005	1 836 000	8 184 000
2006	2 456 000	10 640 000
2007	2 677 600	13 317 600
2008	2 730 500	16 048 100
2009	2 798 000	18 846 100

Z tabulky 11 je patrné, že doba návratnosti se pohybuje mezi pátým a šestým rokem životnosti.

$$DN = 5 + \frac{7300000 - 6348000}{1636000} = 5,58 \text{ roku}$$

Přesná doba návratnosti je podle výpočtů 5 let a 7 měsíců. Ke splacení počáteční investice tedy došlo během šestého roku provozu malé vodní elektrárny.

10.4 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota je dynamická metoda vyhodnocování efektivnosti investice. Vypočítá se jako rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investice

a kapitálových výdajů. Za peněžní příjem je zvolen cash flow. Pro výpočet bylo určeno úrokové procento 4 %.

$$\check{C}SH = \sum (CF \cdot q^{-n}) - \text{kapitálový výdaj} = 44163530 - 7300000 = 36863530 \text{ Kč [10]}$$

Kde:

n – roky

CF – cash flow v jednotlivých letech

q^{-n} – diskont

Je-li čistá současná hodnota větší než nula, investice se vyplatí.

10.5 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento je taková úroková míra, při níž se čistá současná hodnota rovná nule.

$$VWP = p_1 + \frac{A}{A+B} \cdot (p_2 - p_1) = 4 + \frac{36863530}{36863530 + 1336930} \cdot (10 - 4) = 8,4 \text{ \% [10]}$$

Kde:

A – ČSH při úrokovém procentu 4 %

B – ČSH při úrokovém procentu 10 %

p1 – úrokové procento při vyšší ČSH

p2 – úrokové procento při nižší ČSH

Vypočtená hodnota vnitřního výnosového procenta pro tuto investici je 8,4 %.

11 Závěr

Vodní energie je jedna z forem obnovitelných zdrojů energie a její využívání je upřednostňováno a podporováno státem. Tato podpora nezahrnuje jen povinnost odkupu elektřiny a stanovení minimální ceny, které jsou garantované na určitou dobu, ale celou řadu legislativních opatření spojených s přípravou, výstavbou a provozem malé vodní elektrárny.

Malé vodní elektrárny jsou v dnešní době upřednostňovány pro získávání energie z obnovitelných zdrojů. Velký význam je kladen na rekonstrukce starých vodních elektráren. Podpora pro rozvoj malých vodních elektráren je v České republice značná a to i kvůli závazku, který má naše země k Evropské unii. Tento závazek je stanoven tak, aby do roku 2020 byl podíl 13 % obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny. Za tímto účelem jsou podporovány všechny stavby pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Pro Českou republiku není energie z malých vodních elektráren zanedbatelná. Vzhledem k tomu, že vodní elektrárny mají velký podíl na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů, bude energie s ohledem na množství průtoku v jednotlivých letech vytvářet značné výkyvy v celkovém objemu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Nejvíce se na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů podílejí velké vodní elektrárny, ale rozvíjí se výstavba nových nebo rekonstrukce starých vodních minielektráren, mikroelektráren a především domácích vodních elektráren. Rozvoj a obnova MVE se u nás v posledních patnácti letech obnovil.

Při ekonomicko technickém zhodnocení bylo zjištěno, že malá vodní elektrárna Řevnice byla vhodnou investicí. Z výpočtů vyplývá, že návratnost vložených investic do MVE se navrátí za 5 let a 7 měsíců. Tato hodnota je krátká vzhledem k životnosti elektrárny, ve zbývajícím období si zařízení vydělá na svou obnovu a přinese značný zisk. Při výpočtech bylo předpokládáno, že výkupní cena elektřiny z MVE bude každý rok stoupat o 50 Kč/MWh. Při vyšším růstu cen bude návratnost investice rychlejší a stoupne zisk.

Seznam použité literatury

- [1] PAŽOUT, František. Malé vodní elektrárny 1 ekonomika – předpisy. 2. přepravované vyd. Praha: SNTL, 1990.
- [2] GABRIEL, P.; ČIHÁK, F.; KALANDRA, K. Malé vodní elektrárny. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998.
- [3] MELICHAR, J., VOJTEK, J., BLÁHA, J. Malé vodní turbíny – konstrukce a provoz, 1.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998.
- [4] MELICHAR, J., BLÁHA, J., BRADA, K. Hydraulické stroje – konstrukce a provoz, 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.
- [5] NECHLEBA, M., HUŠEK, J. Hydraulické stroje, 1. vyd. Praha: SNTL, 1966
- [6] ŠTOLL, Č., KRATOCHVIL, S., HOLATA, M. Využití vodní energie, 1. vyd. Praha: SNTL, 1977.
- [7] BEDNÁŘ, Josef. Malé vodní elektrárny 2 Turbíny. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989.
- [8] ZEITHAMMER, Karel. Vývoj techniky. 1.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000.
- [9] MELICHAR, J. Malé vodní turbíny. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000.
- [10] BERVIDOVÁ, L.; VANČUROVÁ, P. Cvičení z ekonomiky podniků I, 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007.
- [11] PASTOREK, P.; KÁRA, J.; JEVIČ, P. Biomasa obnovitelný zdroj energie, 1. vyd. Praha FCC PUBLIC , 2004.
- [12] JIRÁK, P. Manipulační řád MVE Řevnice, Praha
- [13] BOUDA, Z. Technicko-ekonomický audit MVE Řevnice, Praha 1999
- [14] VLASÁK, R. Hydrotechnické posouzení VD pro minimální zůstatková průtok, Praha 2009
- [15] Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za rok 2008 [databáze online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu 2010 [citováno 2010-03-12]. Dostupná z <http://www.mpo.cz/dokument25358.html>
- [16] Zákon o daních z příjmů 586/92 Sb.
- [17] URL: <http://www.spvez.cz/pages/voda.htm> [cit. 2010-04-16]
- [18] URL: http://www.vodni-elektrarny.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=70

- [19] URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Berounka>
- [20] URL: <http://www.chmi.cz/hydro/opzv/bilance/bilance.htm>
- [21] URL: <http://www.eru.cz>
- [22] URL: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4469&h=3>
- [23] URL: <http://www.eis.cz>
- [24] URL: <http://www.mpo.cz>
- [25] URL: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6296&h=279&pl=49>
- [26] URL: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37856
- [27] URL: http://www.vodni-elektrarny.cz/index.php?option=com_content&view=artikle&id=47&Itemid=74
- [28] URL: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>
- [29] URL: <http://www.fs.cvut.cz/stretech/2009/pdf/1067.pdf>
- [30] URL: http://www.vodni-elektrarny.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=70
- [31] URL: http://www.mzp.cz/cz/male_vodni_elektrarny
- [32] URL: http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=43115&s_lang=2
- [33] URL: <http://www.waterhistory.org/histories/waterwheels/>

Seznamy použitých zkratk, obrázků, tabulek

Zkratky

MVE – malá vodní elektrárna
 OZE – obnovitelné zdroje energie
 EU – Evropská unie
 MZP – minimální zůstatkový průtok

Seznam obrázků

Obr. 1 - Vodní kola [33]	3
Obr. 2 - Ilustrace z nabídkového prospektu z roku 1935 [1]	9
Obr. 3 - Výroba elektřiny v ČR v roce 2008 [15]	16
Obr. 4 - Podíl jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v ČR v roce 2008 [15]	16
Obr. 5 - Podíl výkonových kategorií VE na hrubé výrobě elektřiny [15]	18
Obr. 6 - Vývoj a struktura spotřeby paliv a energie do roku 2060 [11]	18
Obr. 7 - Oblasti použití základních typů turbín [2]	22
Obr. 8 - Schéma zařízení pro natáčení oběžných lopatek Kaplanovy turbíny [6] ..	24

Obr. 9 - Kaplanova turbína s diagonálním rozvaděčem [32]	24
Obr. 10 - Horizontální Francisova turbína [7]	
Obr. 11 - Oběžné kolo Francisovy turbíny [18].....	25
Obr. 12 - Poloha řeky Berounky [19].....	29
Obr. 13 - Graf průtoku řeky Berounky	30
Obr. 14 - Letecký pohled na jez a MVE v Řevnicích	32
Obr. 15 - Budova MVE Řevnice	32
Obr. 16 - MVE v Řevnicích.....	33
Obr. 17 - Kaplanova turbína v MVE Řevnice.....	34
Obr. 18 - Francisova turbína v MVE Řevnice	35
Obr. 19 - Výroba elektrické energie v letech 1982 - 1998	35

Seznam tabulek

Tab. 1 - Výkony významnějších hydroelektráren v roce 1918 [1].....	6
Tab. 2 - Malé vodní elektrárny postavené v období 1919 – 1930 [1].....	8
Tab. 3 - Malé vodní elektrárny postavené v období 1931 – 1944 [1].....	11
Tab. 4 - Výroba energie ve vodních zdrojích v roce 1944 – 1945 [1]	12
Tab. 5 - Rozdělení vodních elektráren spravovaných úředním ředitelstvím ČEZ na území naší republiky v roce 1949 podle velikosti výkonu [1]	12
Tab. 6 - Malé vodní elektrárny vyřazené z provozu v období 1967 až 1979 [1]	15
Tab. 7 - Přirozený průtok řeky Berounky rok 2002 – 2008 [20].....	30
Tab. 8 - Minimální výkupní ceny rok 2002 – 2004 [21].....	36
Tab. 9 - Výkupní ceny a zelené bonusy pro MVE od roku 2005 do 2010 [21].....	37
Tab. 10 - Roční výkon MVE a tržby.....	40
Tab. 11 - Doba návratnosti investic.....	41

Seznam příloh

Příloha 1 - Odpisy

Příloha 1 - Odpisy

Rok	Odpis [Kč]	Zůstatková cena [Kč]
1	88 200	6 211 800
2	214 200	5 997 600
3	231 200	6 266 400
4	231 200	6 035 200
5	231 200	5 804 000
6	248 200	6 055 800
7	248 200	5 807 600
8	248 200	5 559 400
9	248 200	5 311 200
10	248 200	5 063 000
11	248 200	4 814 800
12	248 200	4 566 600
13	248 200	4 318 400
14	248 200	4 070 200
15	248 200	3 822 000
16	248 200	3 573 800
17	248 200	3 325 600
18	248 200	3 077 400
19	248 200	2 829 200
20	248 200	2 581 000
21	248 200	2 332 800
22	248 200	2 084 600
23	248 200	1 836 400
24	248 200	1 588 200
25	248 200	1 340 000
26	248 200	1 091 800
27	248 200	843 600
28	248 200	595 400
29	248 200	347 200
30	347 200	0