

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**  
Katedra energetiky a ekologie

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studie rekonstrukce MVE Bdeněves na řece Mži

Autor: **Bc. Ondřej Tančouz**

Vedoucí práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**

Akademický rok 20011/2012

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací rekonstrukce malé vodní elektrárny v Obci Bdeněves na řece Mži na říčním kilometru 17,037. Hlavním cílem bylo seznámit s používanými vodními turbínami pro malé vodní elektrárny, popsat stručnou historii a současný stav elektrárny, navrhnout nové technické vybavení a v závěru zhodnotit z hlediska ekonomického energetického a ekologického.

## **Klíčová slova**

Bdeněves, Hydroenergetický potenciál, rekonstrukce, malá vodní elektrárna, vodní turbína, náhon, česle, odpadní kanál, Peltonova turbína, Francisova turbína, Kaplanova turbína, Bánkiho turbína.

## **The Study of Reconstruction of Small Hydropower Plant Bdeněves on the River Mže**

### **Abstract**

This thesis describes the design and implementation of the reconstruction of the small hydropower plant Bdeněves on the river Mže on the 17.037 river kilometre. The main objective was to familiarize with the applicable water turbines for small hydroelectric power plant, to describe a brief history and current status of water plant, suggest new technical equipment and finally evaluate in terms of economic and environmental energy.

### **Key words**

Bdeněves, Hydro-energetic potential, reconstruction, small hydro-electric power, water turbine, lead canal, trash racks, water turbine, adjustable-blade-type turbine, Francis turbine / american-type turbine, Pelton turbine / impulse turbine, Banki turbine,

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a jiných pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

**V Plzni dne 10.5. 2012**

**Ondřej Tančouz**

---

## **Poděkování:**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. Za trpělivost a profesionální vedení. Dále majiteli MVE Bdeněves p. Romanu Sovovi za cenné informace. Miloslavu Kubátovi pracovníkovi na MVE Bdeněves za čas a pochopení. A v neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu při studiu.

## Obsah

1	Seznam použitých značek a symbolů.....	7
2	Úvod.....	8
3	Vodní turbíny pro MVE a jejich základní rozdělení.....	9
3.1.1	Podle způsobu přenosu energie vody.....	9
3.1.2	Podle průtoku vody oběžným kolem.....	9
3.1.3	Podle polohy hřídele.....	9
3.1.4	Podle měrné energie a výkonu.....	9
3.1.5	Podle vstupní části turbíny.....	10
4	Typy turbín využívaných pro MVE.....	10
4.1	Peltonova turbína.....	10
4.2	Bánkiho turbína.....	12
4.3	Kaplanova turbína.....	14
4.4	Francisova turbína.....	17
5	Stručná historie a popis MVE Bdeněves.....	19
5.1	Stručná historie.....	19
5.2	Popis objektu, vodního díla.....	20
5.2.1	Jez.....	22
5.2.2	Přívodní kanál, náhon a odpadní kanál.....	24
5.2.3	Česle.....	26
5.2.4	Turbína, převodové soustrojí a elektrická výbava.....	29
6	Studie rekonstrukce MVE Bdeněves.....	32
6.1	Spád.....	33
6.2	Průtok.....	34
6.3	Hydrologická data a manipulace s vodou v lokalitě MVE Bdeněves.....	35
7	Návrh rekonstrukce MVE Bdeněves.....	39
7.1	Strojní a elektrotechnické vybavení MVE Bdeněves.....	40
7.1.1	Turbína pro MVE Bdeněves :.....	40
7.1.2	Savka :.....	42
7.1.3	Česle.....	43
8	Zhodnocení rekonstrukce.....	43
8.1	Energetické zhodnocení rekonstrukce.....	43
8.1.1	Stanovení výkonu vodního díla.....	43
8.1.2	Teoretická roční vyrobená energie pro MVE Bdeněves.....	44
8.1.3	Bilance rekonstrukce.....	46
8.2	Ekonomické zhodnocení rekonstrukce.....	46
8.2.1	Náklady na rekonstrukci MVE Bdeněves.....	47

8.2.2	Doba návratnosti .....	47
8.3	Ekologické zhodnocení rekonstrukce .....	48
8.3.1	Vliv MVE Bdeněves na životní prostředí .....	49
9	Závěr .....	49
10	Seznam použité literatury .....	51
11	Seznam použitých internetových adres .....	51

## 1 Seznam použitých značek a symbolů

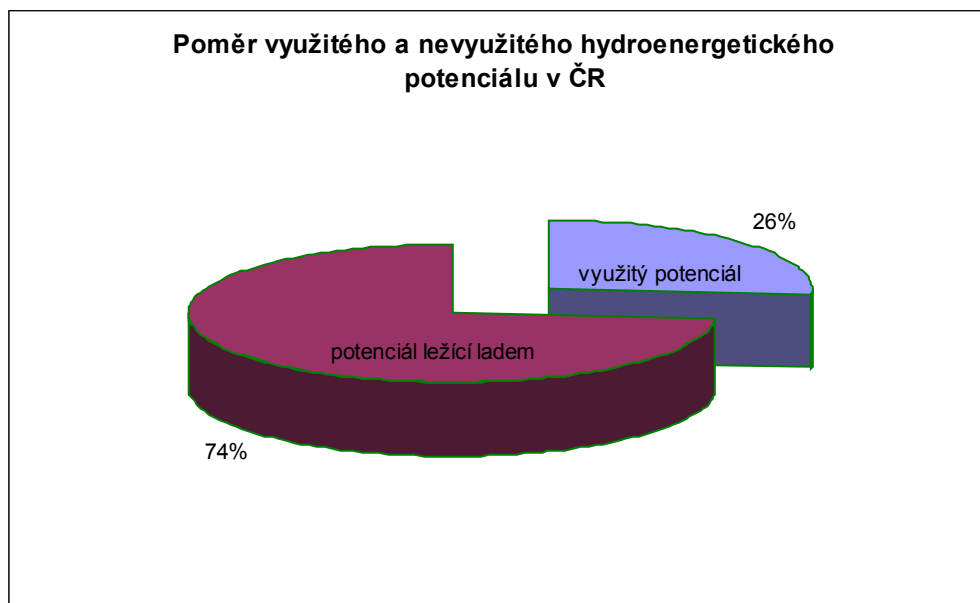
P	výkon	[kW]
H,h	spád	[m]
D,d,s	rozměry	[m, mm]
A	množství vyrobené energie	[kWh ]
E	měrná energie	[J/kg]
Q	průtok vody	[m <sup>3</sup> . s <sup>-1</sup> , litr/sec.]
Q <sub>min</sub>	asanační průtok	[m <sup>3</sup> . s <sup>-1</sup> , litr/sec.]
Q <sub>tmin</sub>	minimální průtok turbínou	[m <sup>3</sup> . s <sup>-1</sup> , litr/sec.]
Q <sub>tmax</sub>	maximální průtok turbínou	[m <sup>3</sup> . s <sup>-1</sup> , litr/sec.]
Q <sub>v</sub>	využitelný průtok	[m <sup>3</sup> . s <sup>-1</sup> , litr/sec.]
n	otáčky turbíny	[ot./min]
η	účinnost	[ - ]
U	napětí	[V]
I	proud	[A]
DN	doba návratnosti	[roky]



## 2 Úvod

V lidské historii je vodní energie nejdéle technicky využívaným zdrojem energie. Sama voda nese v přírodě energii mechanickou, tepelnou a chemickou. Pro nás má z hlediska technického využití nejbližší energie mechanická. Tyto energie jsou neustále obnovovány koloběhem vody v přírodě. Jejím zdrojem je energie slunečního záření. Energie vodních toků se projevuje ve formě potenciální a ve formě energie kinetické. Tuto energii jsme schopni přeměnit na energii elektrickou ve vodních elektrárnách, respektive malých vodních elektrárnách, dále jen VE a MVE.

V současné době patří hydroenergetický potenciál mezi přírodní bohatství každé země. Jeho využití a s ním související stavba a údržba, popřípadě rekonstrukce VE je speciálním odvětvím hydroenergetiky. V ČR se vyrábí přibližně 3% elektrické energie z VE a celkový podíl vyrobené elektrické energie z obnovitelných zdrojů činí zhruba 4%. Podle[1] je v ČR v MVE využito pouze 26% možného hydroenergetického potenciálu. V ČR je stále ještě dostatek lokalit na výstavbu MVE a zejména pak na jejich rekonstrukci a údržbu. Při celkovém zhodnocení všech atributů hydroenergetického potenciálu bývá hodnocení ekologicky a energeticky přínosné.



Obrázek 3.1.1-1 podíl využitého potenciálu v ČR [10]

### **3 Vodní turbíny pro MVE a jejich základní rozdělení [1]**

#### **3.1.1 Podle způsobu přenosu energie vody**

- přetlaková turbína
- rovnotlaková turbína
- mezní turbína s tvarovanými lopatkami

#### **3.1.2 Podle průtoku vody oběžným kolem**

- centrifugální turbína (Fourneyronova)
- centripetální turbína (historická Francisova)
- axiální turbína (Kaplanova)
- radiálně axiální turbína (moderní Francisova)
- diagonální turbína (Dériazova)
- turbína se šikmým průtokem (TURGO)
- tangenciální turbína (Peltonova)
- turbína s dvojitým průtokem (Bánkiho)

#### **3.1.3 Podle polohy hřídele**

- horizontální (turbíny přímoproudé)
- vertikální (většina typů)
- šikmé (menší přímoproudé turbíny)

#### **3.1.4 Podle měrné energie a výkonu**

##### **Energie:**

- nízkotlakové ( $E < 200 \text{ J/kg}$ ), zpravidla turbíny Kaplanovy.
- středotlakové ( $E < 1000 \text{ J/kg}$ ), zpravidla turbíny Kaplanovy, Dériazovy a Francisovy.
- vysokotlakové ( $E > 1000 \text{ J/kg}$ ), zpravidla turbíny Francisovy a Peltonovy.

##### **Výkon:**

- velké ( $P > 100 \text{ MW}$ )
- střední ( $P < 100 \text{ MW}$ )
- malé ( $P < 10 \text{ MW}$ )
- drobné ( $P < 60 \text{ kW}$ )

### 3.1.5 Podle vstupní části turbíny

- Spirální (spirála před rozvaděčem)
- Kašnová (kašna s volnou hladinou)
- Kotlová (kotlové těleso na konci tlakového přívodu)
- Násoskové (zavzdušněním lze přerušit průtok)
- Přímoproudé (přímý průtok od vstupu po výstup)

## 4 Typy turbín využívaných pro MVE

### 4.1 Peltonova turbína [10]

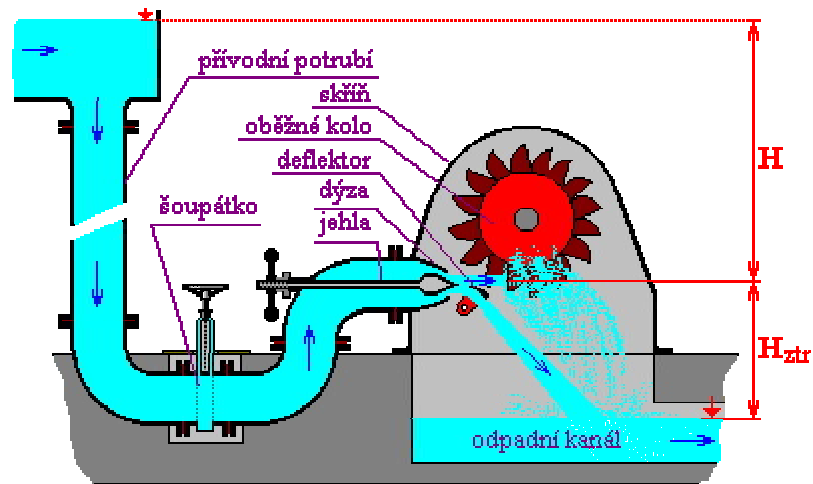
Byla vynalezena roku 1880 Lesterem Allenem Peltonem (U.S.A). Typově můžeme turbínu zařadit mezi rovnotlaké, s parciálním tangenciálním ostřikem. Uspořádání bývá vertikální, často horizontální. Turbína je určena k používání na největší spády. Voda je přiváděna k turbíně potrubím kruhového průřezu, které vede k jedné(Obr. 3.1.5-1) nebo více dýzám (Obr. 3.1.5-2). Při více dýzách se o stejnou polohu jehel stará pákový mechanismus nad skříní turbíny (Obr. 3.1.5-2).V dýze slouží jako regulátor síly paprsku tzv.jehla (Obr. 3.1.5-1). V dýze kruhového průřezu se celý spád vody přetransformuje na pohybovou energii. Voda vstoupí tangenciálně do oběžného kola osazeného lžícovitými lopatkami. Těch bývá po obvodu oběžného kola 18-26 kusů. Břit uprostřed lopatek rozdělí paprsek na dvě poloviny a lžícovitý tvar lopatky se snaží otočit směr tekoucí vody zpět. Změna směru způsobí předání energie oběžnému kolu. Vzájemným souběhem rychlosti vody tekoucí po lopatce při současném otáčení oběžného kola dojde k tomu, že voda opouští lopatky na vnější straně s minimální zbytkovou rychlostí a volně odchází do obou stran z oběžného kola ven a padá do odpadu pod turbínou. Plně je využitý spád "**H**". Výškový rozdíl "**H<sub>ztr</sub>**" je ztracený a energeticky nevyužitý (Obr. 3.1.5-1). V současné době je tato turbína spjata s firmami ČKD Turbo Technics s.r.o., Cink a Hydrohrom.

**Odstavení,regulace:** Při potřebě rychlého odstavení turbíny není možné použít například šoupátko na přívodním potrubí. Veliká rychlost média by měla za následek destrukci potrubí. Proto se používá zařízení, které odkloní popřípadě zredukuje paprsek.

**Deflektor:** Ořezává paprsek z trysky (Obr. 3.1.5-1).

**Deviátor:** Odkloní celý paprsek.

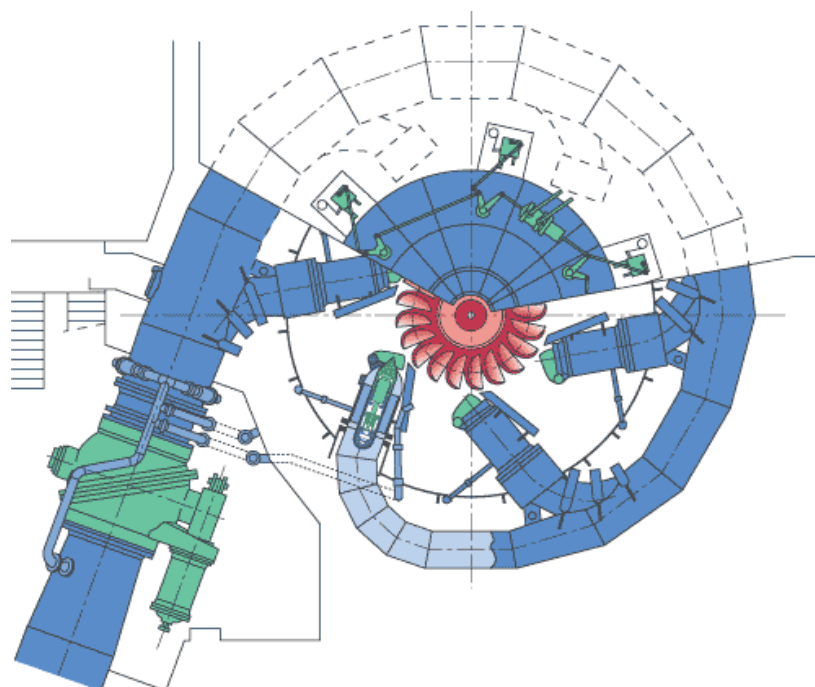
Lze kombinovat ještě se zpětným ostřikem, kdy je v turbíně přítomna další tryska, která působí na oběžné kolo z druhé strany lžicových lopatek a v podstatě oběžné kolo brzdí. U menších strojů by šla na dobrždění použít mechanická brzda na hřídeli (hydraulická, vzduchová a pod.).



Obrázek 3.1.5-1 schéma turbíny[10]

#### Parametry[10]:

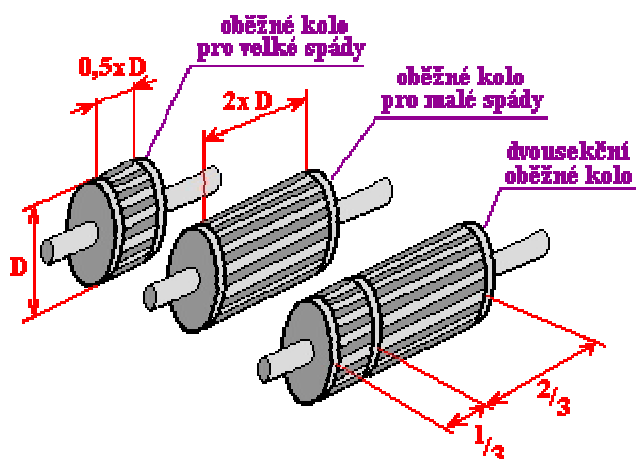
- spád  $H=30-200$  obvykle, (min.1-1770 max.) [m]
- průtok  $Q=1.5-34\ 000$  [litr/sec.]
- účinnost 80-85% malé u velké pak 85-95%



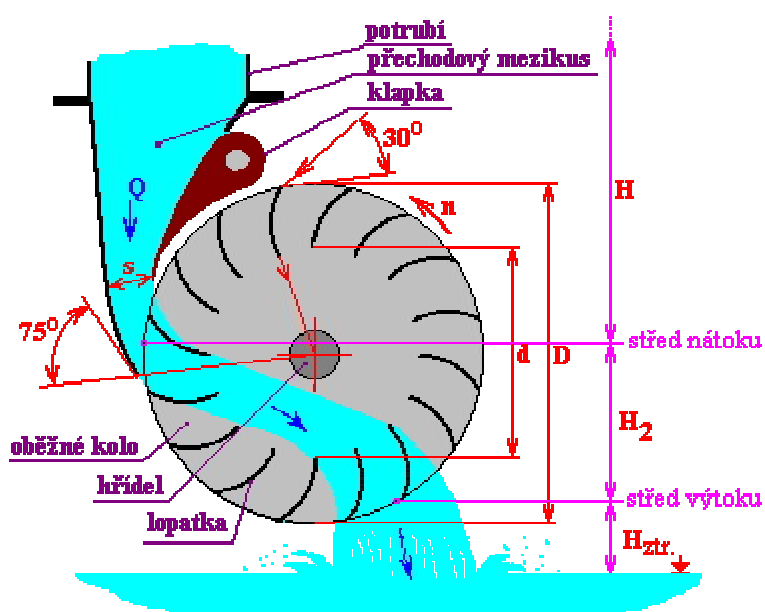
Obrázek 3.1.5-2 schéma turbíny, půdorys[15]

## 4.2 Bánkiho turbína [3]

Teoreticky vynalezena australským inženýrem A.G.M. Mitchelem v r.1903. Pro praktické použití ji dopracoval maďarský profesor D. Bánki v r.1918. Typově se jedná o příčně dvojnásobně protékanou turbínu s parciálním ostřikem. Která, na prvním dostředivém průtoku pracuje přetlakově nebo mezně, druhý odstředivý průtok je pouze rovnotlaký. Celek nám může vzdáleně připomínat Ponceletovo vodní kolo. Voda je přiváděna k turbíně potrubím kruhového průřezu. Před turbínou je umístěn mezikus, který mění kruhový průřez na obdélný. Na konci tohoto vstupního dílu je umístěn regulační orgán, nejčastěji klapka. (Obr. 3.1.5-2) Ve štěrbině mezi zakřivenou stěnou a klapkou se celý spád vody přetransformuje na pohybovou energii. Voda vstoupí tangenciálně do oběžného kola hustě osazeného dlouhými lopatkami. Lopatky se snaží odklonit směr tekoucí vody do středu kola k hřídeli. Změna směru způsobí předání energie oběžnému kolu. Při prvním průtoku lopatkami se turbíně předává asi 79% z celkového výkonu. Vlivem souběhu mezi rychlostí vody a otáčením kola nemíří vytékající paprsek na hřídel turbíny, ale mine jej volným zavzdušněným prostorem. Potom vstoupí do lopatek na protější straně lopatkového věnce. Voda je opět přinucena změnit směr a předává lopatkám další díl své energie, odpovídající 21% z celkového výkonu turbíny. Po opuštění lopatkového věnce volně vytéká pod oběžné kolo. Plně je využitý spád "H", částečně i spád "H<sub>2</sub>". Výškový rozdíl mezi oběžným kolem a spodní hladinou "H<sub>ztr</sub>" je spád ztracený. (Obr. 3.1.5-2) Využití této turbíny je zejména na malých tocích a všude tam, kde by jiný stroj vycházel malý a choulostivý. Je ideálním motorem na lokalitách, kde bylo v minulosti instalováno kolo na horní vodu a někdy i tam, kde byla (v důsledku módního trendu ve dvacátých letech minulého století) instalována Francisova turbína. Turbína vykazuje dobrou účinnost v rozsahu od 30 do 100% plnění. U turbíny dvojsekční (při poměru sekcí 1/4 ku 3/4) dokonce jen do 8% plnění.(Obr. 3.1.5-1) Je odolná proti abrazi pískem. Běh bez zatížení ji nevádí. Není náchylná ke kavitaci. Ložiska jsou mimo vodu, takže je možno pracovat i s pitnou vodou bez nebezpečí jejího znečištění. Hřídel není nutné těsnit (pokud není použita savka). Turbína se může točit bez vody a neklade odpor - to je výhodné na přečerpávacích elektrárnách a při kombinování více turbín k jednomu generátoru, kdy se nemusí spojkou odpojovat. Vhodnou volbou šířky kola nebo dělením do více sekcí (Obr. 3.1.5-1) ji lze téměř libovolně přizpůsobit hydrologickým podmínkám lokality. Její konstrukce je spojena s firmami Ossberg, Cink a ČKD Turbo Technics s.r.o.



Obrázek 3.1.5-1 sekvenční řešení oběžného kola [10]



obrázek 3.1.5-2 schéma turbíny [10]

### Legenda:

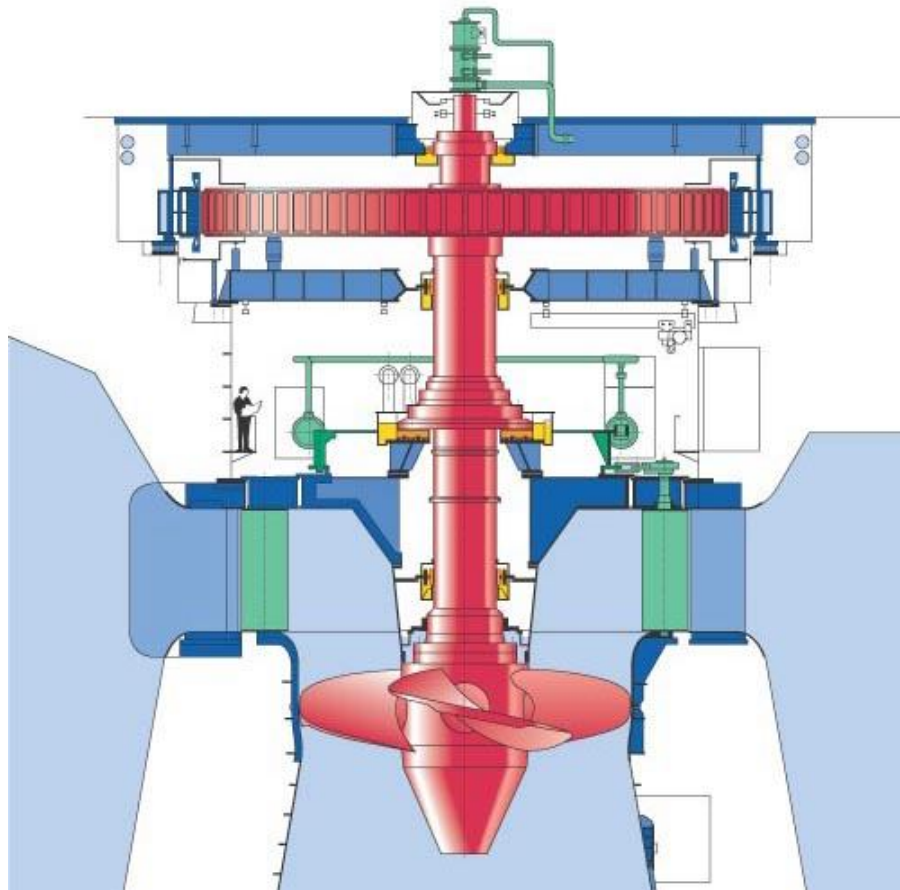
- $H$ ...činný spád [m]
- $H_2$ ...spád v kole [m]
- $H_{ztr}$ ...výška nad spod.vodou [m]
- $D$ ...vnější průměr kola [mm]
- $d$ ...kružnice na níž končí lopatky [mm]
- $n$ ...otáčky turbíny [ot./min.]
- $s$ ...jmenovité otevření štěrbin [mm]

### **Parametry[3]:**

- spád  $H=(\text{min.}1) 2-30$  (max.200) [m]
- průtok  $Q=(\text{min.} 0.5) 20-2000$  (max.9000) [litr/sec.]
- účinnost 78-84%

### **4.3 Kaplanova turbína [3]**

Vznikla zdokonalením vrtulové turbíny prof. Kaplana v roce 1919. Jedná se o poměrně mladou turbínu. Turbína je přetlaková, axiální, s velmi dobrou možností regulace. Kaplanova turbína se skládá ze spirály nebo kašny, rozváděcího kola, oběžného kola a savky. Od svého předchůdce, Francisovy turbíny, se liší především menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola a možností regulace náklonu lopatek u oběžného i rozváděcího kola. Je vzhledem k počtu pohyblivých částí poměrně drahá a složitá. Její provedení je zpravidla vertikální (Obr. 3.1.5-1), není vzácností též provedení horizontální nebo šikmé (především její mutace). Regulací lze dosáhnout vysoké účinnosti v širokém rozmezí průtoků. Oběžné kolo má lopatky pomocí otočných čepů umístěny na masivním náboji, lopatky oběžného kola svírají s osou hřídele (náboje)  $90^\circ$ . Ovládání natáčení lopatek je uloženo v mohutném náboji a vyvedeno dutou hřídelí. Je poháněno hydraulicky, u malých strojů někdy i mechanicky, například šroubovým převodem. Počet lopatek oběžného kola se liší podle daného spádu, nejčastěji od 3-10 lopatek (Orlík). Při menším počtu lopatek stoupají otáčky turbíny. Lopatkami rozváděcího kola, které jsou konstruovány jako stavitelné, se může turbína do určité míry přizpůsobit různému vodnímu průtoku. Z oběžného kola vystupuje voda ve směru osy otáčení (axiálně). Jak voda prochází oběžným kolem, její rotační rychlost se zmenšuje a zároveň odevzdává energii oběžnému kolu. Tento efekt spolu s působením samotného vysokého tlaku vody přispívá k efektivitě turbíny. U Kaplanových turbín se objevuje vzhledem k vysokým otáčkám problém kavitace, který se podařilo odstranit vhodnou instalací turbíny.



obrázek 3.1.5-1 schéma Kaplanovy turbíny [15]

### **Kavitace:**

Je vznik dutin v kapalině při lokálním poklesu tlaku, následovaný jejich implozí. Pokles tlaku může být důsledkem lokálního zvýšení rychlosti. Kavítace je zpočátku vyplněna vakuem, později do ní mohou difundovat plyny z okolní kapaliny. Při vymizení podtlaku, který kavítaci vytvořil její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destruktivním účinkem na okolní materiál. Kavítace vzniká například na lopatkách lodních šroubů, turbín, na čerpadlech a dalších zařízeních, která se velkou rychlostí pohybují v kapalině. [3]

Kavítace způsobuje hluk, snižuje účinnost strojů a může způsobit i jejich mechanické poškození.

### **Varianty Kaplanovy turbíny:**

Vzhledem k složitosti stroje a s ní spojená ekonomická stránka věci se objevují mutace, které se snaží zachovat přednosti tohoto konstrukčního řešení při nižších nákladech. Samozřejmě při nižší účinnosti a podobně.



**Kaplanova turbína pravá:**

Má regulovatelné lopatky, jak u rozváděcího kola, tak u oběžného kola. Je konstrukčně nejsložitější. Její parametry jsou pro ostatní varianty nedosažitelné.

**Kaplanova axiální neregulovatelná:**

Má oboje lopatky pevné, žádná možnost regulace, nejjednodušší a nejlevnější turbíny. Použití u MVE malých výkonů.

**Semi-Kaplan, Propelerova:**

Oběžné lopatky má pevné, reguluje pouze rozváděcí. Jistá analogie s Francisovo turbínou. To se v praxi projevuje menším regulačním rozsahem a rychlejším poklesem účinnosti a výkonu při menších průtocích. Samotným oběžným kolem také nelze zcela zastavit průtok strojem. Navíc je uzavírání poměrně pomalé. Před vstup do turbíny se proto vždy osazuje rychlouzávěr. Bývá jím nejčastěji hydraulicky ovládané stavidlo, klapka nebo padací hradící deska. Výhodou je cena stroje, protože odpadá složité ovládání oběžného kola. Použití u jezových, derivačních MVE.

**Tomanova turbína:**

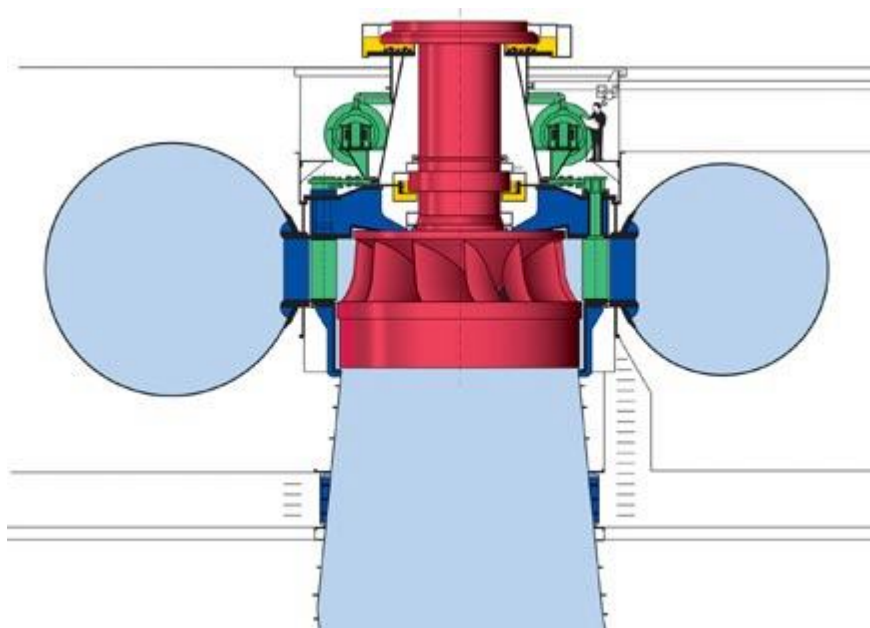
Oběžné lopatky jsou natáčivé, rozváděcí jsou pevné. Díky tomuto řešení odpadá ovládání rozváděcích lopatek, je dražší než Propelerova, ale má také lepší parametry.

**Parametry[10]:**

- spád  $H= 1.5-80$  [m]
- průtok  $Q=150$ -do stovek tisíc [litr/sec.]
- účinnost okolo 90%

Mezi přední výrobce Kaplanových turbín patří u nás ČKD Turbo Technics s.r.o. a Hydrohrom.

#### 4.4 Francisova turbína [3]



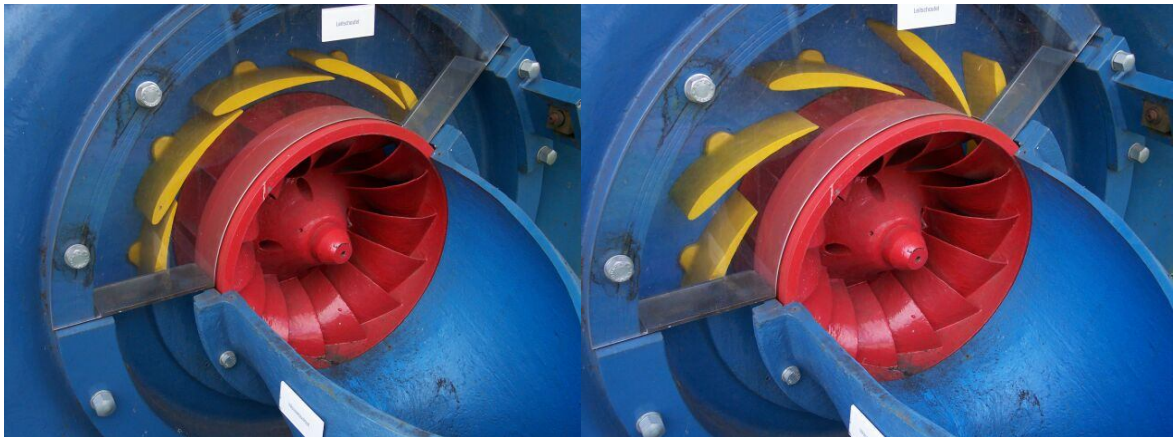
obrázek 3.1.5-1 schéma Francisovy turbíny [15]

Vznikla v roce 1847-1849 a to zdokonalením Howdovy turbíny Jamesem B. Francisem. V té době již podobný princip existoval, a to u Polceletovy turbíny a Fourneyronovy turbíny. Teprve tato turbína mohla plně soupeřit s parním strojem. Začala ho na mnoha místech vytlačovat. Jedná se o přetlakovou turbínu. Má dvě varianty, podle uložení hřídele, vertikální (Obr. 3.1.5-1) a horizontální. Hojně se začala používat na MVE, kde dnes její využití nahrazují turbíny vhodnější. Tato turbína je vhodná na větší spády, ale osazovala se i na malé, z důvodu například ještě neobjevené turbíny Kaplanovy. Oběžné kolo (rotor) turbíny se nachází mezi vysokotlakým přívodem a nízkotlakou savkou většinou v patě přehrady. Vstupní potrubí má tvar spirály. Voda je pomocí věnce rozváděcího kola (tangenciálně) směřována na oběžné kolo. Lopatky rozváděcího kola jsou konstruovány jako stavitelné, aby se turbína mohla (do určité míry) přizpůsobit různému vodnímu průtoku. (Obr. 3.1.5-2) Obrázek vlevo zobrazuje polohu při malém průtoku a vpravo lopatky nastavené na maximální průtok. Z oběžného kola vystupuje voda ve směru osy otáčení (axiálně). Jak voda prochází oběžným kolem, její rotační rychlost se zmenšuje a zároveň odevzdává energii oběžnému kolu. Tento efekt (spolu s působením samotného vysokého tlaku vody) přispívá k efektivitě turbíny. Francisovy turbíny patří k nejpoužívanějším. Mezi největší výhody patří schopnost pracovat v reversním režimu, tedy jako čerpadlo. Toho se využívá hojně u přečerpávacích elektráren. Například na naší

největší VE Dlouhé Stráně, kde je instalovaný výkon 2x325 MW a v čerpadlovém režimu 2x312 MW. Patří mezi největší reversní turbíny v Evropě. Mezi hlavní výrobce patří ČKD Blansko.

**Parametry[10]:**

- spád  $H$ =od 1,5 obvykle od 10 [m]
- průtok  $Q$ = od 100-8000 a více [litr/sec.] záleží na uspořádání
- účinnost kolem 90%



obrázek 3.1.5-2 polohy rozváděcích lopatek [6]

## 5 Stručná historie a popis MVE Bdeněves

### 5.1 Stručná historie

Obec Bdeněves, kde se nachází objekt malé vodní elektrárny leží zhruba 12km na západ od Plzně, na hlavním tahu mezi Plzní a městem Stříbro. Historie obce sahá do 12.stol. Objekt č.p. 29, kde se nalézá MVE, byl zbudován v druhé polovině 19.stol. Objekt sloužil jako mlýn na zpracování obilí a byl zbudován jistým německým šlechtickým rodem, jehož část erbu se zachovala v čele obytné budovy a i dnes je patrné velké „R“. Mlýn byl značně přebudován kolem roku 1919, kdy byl objekt osazen Francisovou turbínou a dále sloužil pro

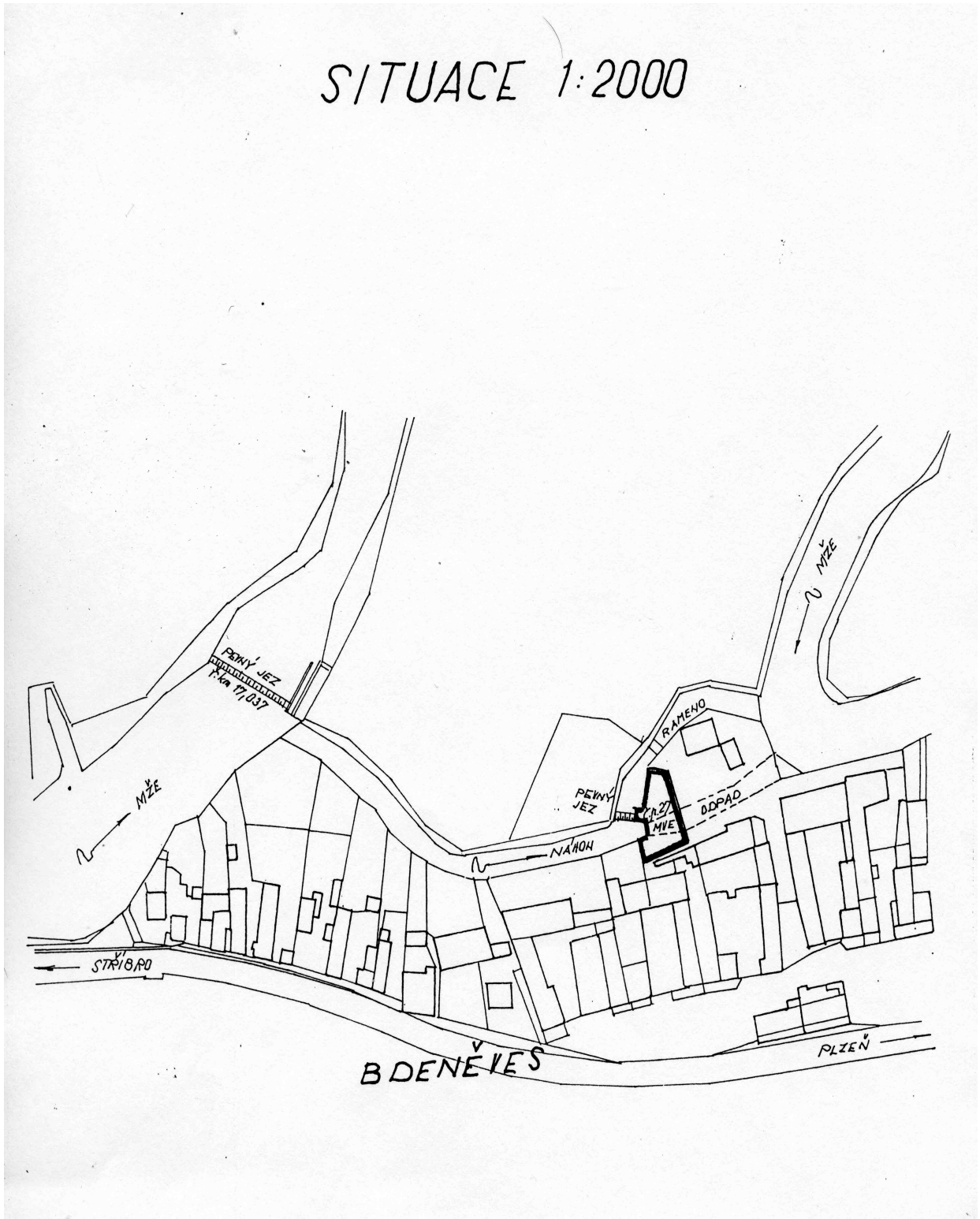


obrázek 3.1.5-1 čelo obytné budovy s „erbem“ [4]

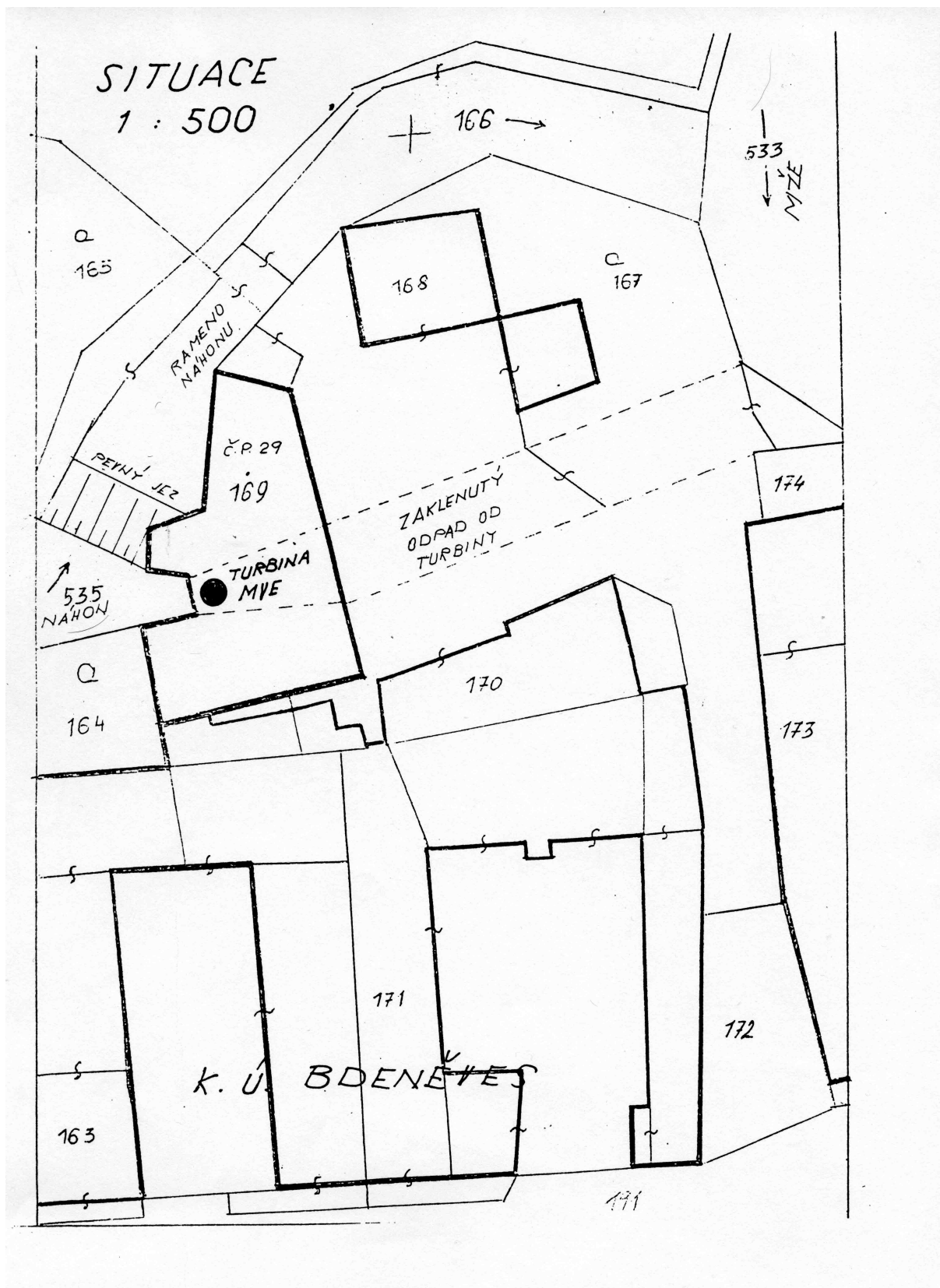
zpracování obilí. Po roce 1945 byl mlýn přebudován na výrobu elektrické energie. Poslední významné změny se objekt dočkal v letech 1963-4, kdy došlo k rekonstrukci vzdouvacího zařízení na ř.km, 17.037 toku Mže. Kdy nový jez nahradil starý jez a bylo vybudováno ústí přívodního kanálu, který je do dnešních dnů prakticky beze změny. V roce 1984 byl jez zesílený a upravený do současné podoby. Do začátku 90.let sloužila elektrárna pro napájení veřejného osvětlení v obci. V roce 2000 byl objekt zakoupen současným majitelem p.Romanem Sovou, jež nechal vybudovat novou trafostanici a začal provozovat MVE s distribucí do sítě. Objekt se dočkal pod jeho područím nového zastřešení a celkové

kultivace, kterou provádí z velké části sám. Ostrovní plochu využívá k pěstování obilí a chování ovcí.

## 5.2 Popis objektu, vodního díla



obrázek 3.1.5-1 Náčrtek umístění MVE 1: 2000[9]



obrázek 3.1.5-2 Detail rozmístění budov MVE 1: 500 [9]

Kromě samotné budovy, kde je umístěna strojovna MVE, je na pozemku č.p. 29 budov několik. Na obrázku vidíme především budovy č.168, 169, 170., jež patří k pozemku č.p. 29. Přičemž strojovna a samotná MVE je v budově č.159, v přízemí, v budově bývalého mlýna, samotná strojovna je oddělena dvěma dveřmi. Budova se dočkala od majitele p. Sovy nové střechy. Vedle budovy je využíváný přístřešek na manipulační techniku. Budova č.168 slouží jako stodola pro uskladnění obilí a zemědělské techniky. Budova č.170 je obytná. Všechny budovy nabízí široké možnosti rekonstrukce a oprav. Přes rameno náhonu byla vybudována pevná železobetonová lávka pro přesuny zemědělské techniky, popřípadě k přesunu techniky na opravu vedení 22 kV nebo transformátorové stanice.

### **5.2.1 Jez**

Jez (nazývaný též i stav, splav, či hatě) slouží k vzedmutí a stabilizaci vodní hladiny v říčním korytě. Díky tomu je možné určitou část vody odebírat mimo hlavní řečiště. Jez přehrazuje vodní tok v určité vzdálenosti pod bodem počátku vodního práva. Vzdálenost je zvolená tak, aby nadržaná voda v tomto bodě nestoupala. U derivačního vodního díla má jez jen takovou výšku, jaká je nezbytná pro vedení vody náhonem, Vodohospodářské zařízení v obci Bdeněves na řece Mži se již v minulosti sestávalo z využívání vodní energie zadržované a vzdouvané na vodním díle – pevném jezu v říčním kilometru 17,037 toku Mže. Informace o původním jezu se nedochovaly. Současný jez byl přebudován a opraven v roce 1963-4. Pozemními stavbami Plzeň. Jez je pevné betonové konstrukce s žulovou vyzdívkou, proudnicovou přelivnou plochou a zděnými žulovými břehy. Na jezu se nachází regulace v podobě propustě, hrazená stavidlem šířky 2 m. Propust je ve funkci jako šterková a je dlouhá 14 m. se sklonem 1:8. Propust se stavidlem se nachází na pravém břehu. Stavidlo je ovládáno mechanicky přes převodové soustrojí. Ovládání je zamčeno, propust je ve vlastnictví Povodí Vltavy a.s. Šířka jezu v koruně je 40,5m. Kóta koruny jezu je 324,41m.n.m. V podjezí je vývar dlouhý 14,45m. Kóta dna ve vývaru je 320,72m. V nadjezí těsně nad propustí zaúst'uje do pravého břehu náhon, přívodní kanál k MVE.



obrázek 5.2.1-1 Jez na řece Mži. [4]



obrázek 5.2.1-2 Propust se stavidlem na pravém břehu. [4]



### **5.2.2 Přívodní kanál, náhon a odpadní kanál**

Náhon, tedy přivaděč s otevřenou hladinou, je typický pro derivační vodní dílo. Vede vodu od vzdouvacího zařízení (jezu) zcela mimo přírodní tok. Má menší měrný spád než křivolaké řečiště a tak se postupně dostává nad základní úroveň a získává rozdíl hladin potřebný pro funkci vodního motoru. Náhon může být řešen jako nadzemní dřevěný vantrók nebo plechový žlab. Častěji bývá vytvořen v úbočí svahu ve formě zděného, kamenného nebo betonového koryta, nebo jako prostá strouha kopaná v hlíně, jílu či písčitém podloží. Má-li být veden pod terénem, řeší se jako podzemní štola a kanál (který však nikdy není vodou zcela vyplněn) - v opačném případě hovoříme o potrubí. Na MVE Bdeněves je v podobě strouhy se štěrkovým dnem. Pravý břeh náhonu je spíše travnatý a navazuje na soukromé pozemky, budovy a zahrady. Levý je hustě porostlý stromy a dále navazuje na ostrovní oblast. Břehy jsou silně porostlé stromy, kdy jejich kořeny mohou zasahovat do řečiště náhonu, mohou nepříznivě ovlivnit zvýšení hydraulických ztrát. Ovšem mají i vliv pozitivní, podloží tvoří nesoudržná štěrkovitá zemina, kořeny proto značně zpevňují šikmé stěny. Dřevěný porost tvoří nejvíce olše lepkavá, vrba bílá a jasan ztepilý.



obrázek 5.2.2-1 přívodní kanál [4]

Šířka náhonu je proměnlivá 4-6m. Přivádí vodu v délce 170m k pevnému jezu na náhonu. Kde je odbočka na hlavní stavidlo turbíny. Jez je betonové konstrukce a slouží ke stabilizaci hladiny před vstupem do turbíny. Jez je ukončen vývarem. Při zavření hlavního stavidla plní funkci jalového přepadu a vede obloukem vodu mimo odpadní kanál a zaústíje do řeky Mže v ř. km 16,312.

Jez je dlouhý 5,20m a šířka je 7,0m. Jez byl rekonstruován společně s jezem na řece Mži v roce 1963-4.

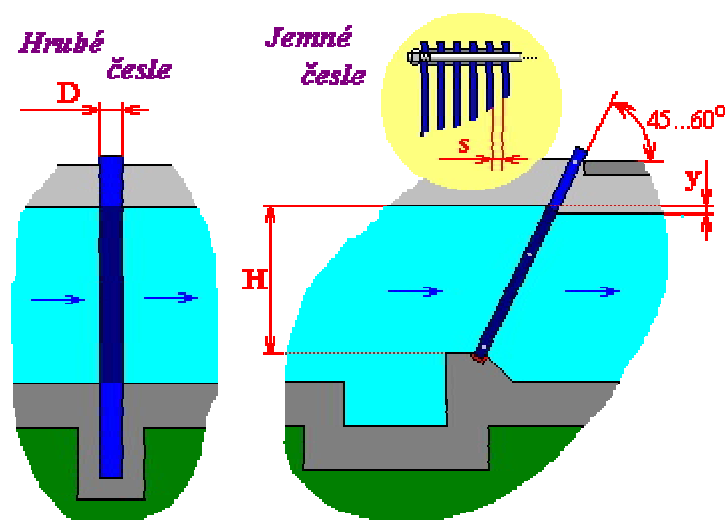


obrázek 5.2.2-2 jez do ramene náhonu a odpadní kanál [4]

Odpadní kanál od savky je dlouhý 60m a je zaklenutý s cihelnou klenbou a vede pod budovami pozemku č.p. 29. Odpadní kanál, byť původní, je v dobrém stavu. Odpadní kanál plynule navazuje na řečiště v ř.km. 16,312. Nejsou zde žádné stabilizátory nebo rozražeče pro stabilizaci hladiny. Do odpadního kanálu ústí též kanál uprostřed nádvoří mezi budovami a je sem svedena také voda srážková. Do odpadního kanálu lze vstoupit po schodech v zadní části odpadního kanálu těsně před vyústěním do řečiště Mže. Kapacitně náhon i odpadní kanál vyhovují požadovanému maximálnímu průtoku až  $18,0\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 5.2.3 Česle

Slouží k zachycení lehčích nečistot plujících po hladině nebo unášené pod hladinou. Jedná se především o spadané listy a úlomky větví. Podle uspořádání, velikosti zachycovaných nečistot a provedení se dělí na hrubé a jemné. Hrubé česle jsou typické pro derivační vodní dílo. Slouží k zachycení nebo odklonění velkých plujících předmětů (kmenů, trámů, ledových ker a pod.), které by mohly poškodit ochranné stavidlo náhonu nebo jeho vstup zcela ucpat. Jsou osazeny na rozšířeném vstupu do náhonu, který se odděluje z hlavního toku 2 až 15 metrů před jezem.



obrázek 5.2.3-1 Náčrt hrubých a jemných česlí. [10]

Už toto uspořádání má za cíl, aby větší předměty stržené vodou byly hnány dále na jez. Vlastní hrubé česle jsou tvořeny svisle zabetonovanými traverzami, kolejnicemi nebo nejlépe silnostěnnými trubkami o průměru  $D$  nejméně 80 mm. Mezery mezi nimi jsou od 10 do 50 centimetrů a jejich rovina sleduje linii břehu. Mohou být na horním konci spojeny nebo upevněny k lávce, zhoršuje to však vyprošťování zaklíněných předmětů. Minimální použitý počet je 4 kusy. Na MVE Bdeněves jsou tvořeny profily „I“ přičemž krajní dva profily jsou vyztuženy profilem „U“ a mají výšku profilu 120mm. Prostřední česlice je tvořena také profilem „I“ a má výšku profilu 150mm. Profily jsou pevně zabetonovány do dna náhonu. Jsou zde oproti doporučení osazeny pouze 3 kusy, nicméně za dobu provozu nevznikl žádný problém s vniknutím velkého plovoucího předmětu na česle jemné.



obrázek 5.2.3-2 Hrubé česle na vstupu náhonu. [4]

Oproti tomu česle jemné se používají téměř na všech vodních dílech a provedením se mohou dost podstatně lišit. Jejich úkolem je zachytit všechny nečistoty, které by mohly poškodit díly nebo ucpat průtokové průřezy vodního motoru, turbíny. Pro malá vodní díla jsou typické česle sestavené ze železných pásů profilu  $50 \times 4$  mm až  $100 \times 20$  mm. Pásky jsou navlečené na dlouhých kulatých tyčích. Mezera mezi jednotlivými pásky  $s$  je 8 až 25 mm a musí být užší než nejmenší průtokový průřez vodního motoru (nejmenším průtokovým průřezem vodního motoru je buď mezera mezi lopatkami na odtokové straně oběžného kola nebo mezera vzniklá otevřením rozváděcího orgánu na minimální provozní průtok). U malých strojů jsou česle velmi husté, těžké a drahé. Podřadné česle mohou být i z kulatiny. Kulatina klade vodě menší odpor, ale není dostatečně pevná. Ucpané česle by se mohly tlakem vody prohnout. U velkých elektráren bývají česlice ve tvaru kapkovitého profilu. Při zachování velké pevnosti kladou vodě minimální odpor. Celková šířka jemných česlí musí být tak velká, aby jejich plocha pod hladinou při nejmenším provozním stavu hladiny  $H$  bezpečně snesla požadovaný průtok a vznikající ztráta na spádu „ $y$ “ nepřekročila několik málo centimetrů. Na MVE Bdeněves jsou jemné česlice tvořeny ocelovou páskovinou  $5 \times 30$  mm a vzdálenost mezi nimi je „ $s$ “ 25 mm. V horní části jsou vybaveny dřevotřískovou stěrnou plochou. Jsou zde instalovány automatické elektrické „hrábě“ na čištění jemných česlí, mají dvoje nastavení automatické po předem nastavené časové období např.: 1 hodina. A pak ruční, které je možné spustit kdykoliv. Na liště „hrábí“ je pevně nasazena gumová lamela, která zajišťuje pevný, ale zároveň šetrný kontakt s přední plochou jemných česlí. „Hrábě“ jsou osazeny malým asynchronním motorkem s příkonem 3 kW. A vhodným hřebenovým převodem. Za česlicemi se nachází

přehradní dřevěné stavidlo, které slouží k uzavření přívodu vody na turbínu, v případě potřeby odkloní vodu z náhonu na přepad. V levé části vedle jemných česlí se nachází druhé stavidlo momentálně trvale zavřené, které vede vodu do druhé kašny, momentálně mimo provoz. Zřejmě se jedná o druhou kašnu využívanou v době, kdy objekt sloužil jako mlýn na obilí. Odpad z této druhé neobsazené kašny nevede překvapivě do odpadního kanálu, ale rovnou do kanálu pro jalový přepad, do ramene bývalého náhonu mlýna. Ovládání obou stavidel je čistě ruční, mechanické se „šnekovým“ převodem a nenese žádné stopy motorizace nebo automatizace.



obrázek 5.2.3-3 Pohled na „hrábě“ a jemné česlice. [4]



obrázek 5.2.3-4 Spuštěné stavidlo u neobsazené kašny. [4]

#### 5.2.4 Turbína, převodové soustrojí a elektrická výbava

Vlastní MVE je umístěna v původním objektu bývalého mlýna. Srdcem každé vodní elektrárny je vodní motor, v našem případě vodní turbína. MVE je osazena momentálně vertikální Francisovou turbínou s velkým zvonovým kolem a dřevěným dubovým ozubením, tzv. „palci“, které pohání přes kuželový převod hnací hřídel. Turbína je vertikálního typu od výrobce J.M. Voith, St. Pölten z roku 1919. Společnost pochází z Německa a i dnes je rozvíjející se společnost v oblasti energetiky a obnovitelných zdrojů.

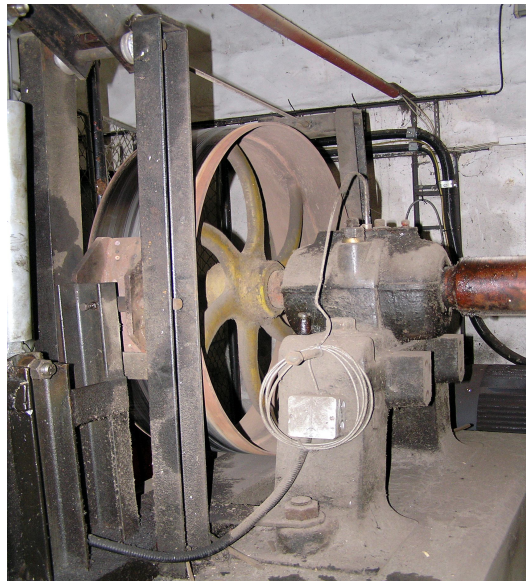


obrázek 5.2.4-1 zvonové kolo a regulace rozváděcích lopatek[4]

**Technická data turbíny: [9]**

- Průměr rozvodného kola : 2020 mm
- Počet rozváděcích lopatek : 22
- Průměr oběžného kola : 1400 mm
- Výška rozváděcích lopatek : 514mm
- Převod oběžného kola : 3 :1
- Počet otáček turbíny : 64/min
- Spád využívaný turbínou : 1,54 m
- Minimální hltnost turbíny : 3,0 m<sup>3</sup>/sec.

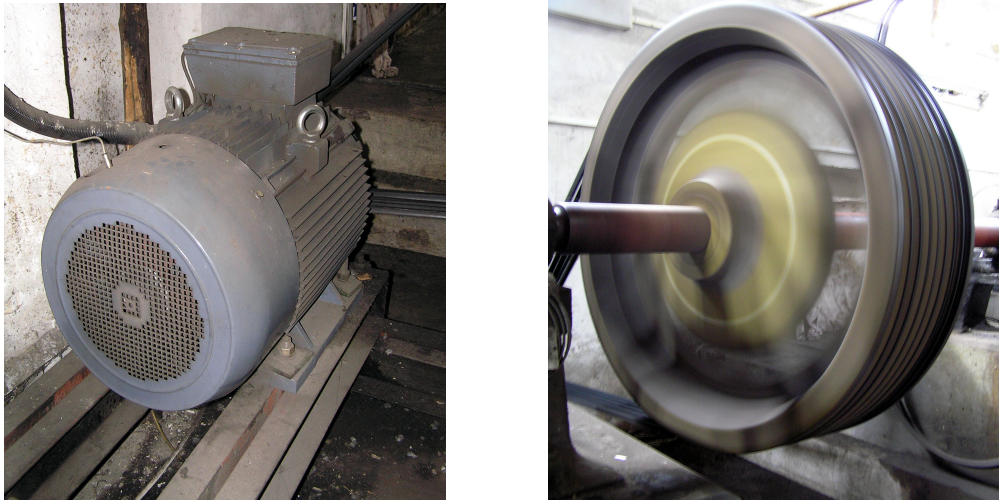
Na hřídeli je dále umístěna řemenice, z které vede široký lamelový řemen na generátor. Za řemenicí dále na hřídeli je umístěna velká třecí brzda s hladkou ocelovou plochou, na kterou dosedají dvě čelisti s filcem.



obrázek 5.2.4-2 40kW brzda na hřídeli [4]

Na hřídeli se dále nachází ložiska s maznicemi. Mazání je centrální podtlakové, vyrovnávací nádržka mazacího oleje je umístěna 30cm nad úrovní  $Q_{100}$  povodně. Je doplněna další olejovou vanou o objemu rovnajícím se minimálnímu obsahu oleje v soustavě. Vodicí ložisko u oběžného kola je dřevěné, dubové. U ložisek jsou rozmístěny tepelná čidla a jsou monitorovány. Mechanická část soustrojí se nachází za pletivovou klecí, samotné zvonové kolo je ještě v pletivovém prstenci. Regulace je hladinová automatická. Převodové soustrojí je

vyvedeno na řemenici s plochým lamelovým řemenem na asynchronní generátor 40 kW , MEZ, který v průběhu let nahradil stejnosměrné dynamo v roce 2000.



obrázek 5.2.4-3 generátor a řemenice[4]

Celou turbínu a hospodaření s vyrobenou elektrickou energií obstarává řídicí skříň, neznámého výrobce a bez schématu zapojení. V horní části skříňe je digitální monitoring, kde se zobrazuje aktuální výkon, teploty ložisek a frekvence sítě.



obrázek 5.2.4-4 ovládací skříň [4]



Energie je dále vedena silovými vodiči zemí přes nově postavený most. Most vede vodiče přes rameno náhonu ke stožáru s transformátorem. Vedení dále pokračuje na „páteř“ vedení 22 kV, mezi obcemi Dobronice a Městem Touškovem.



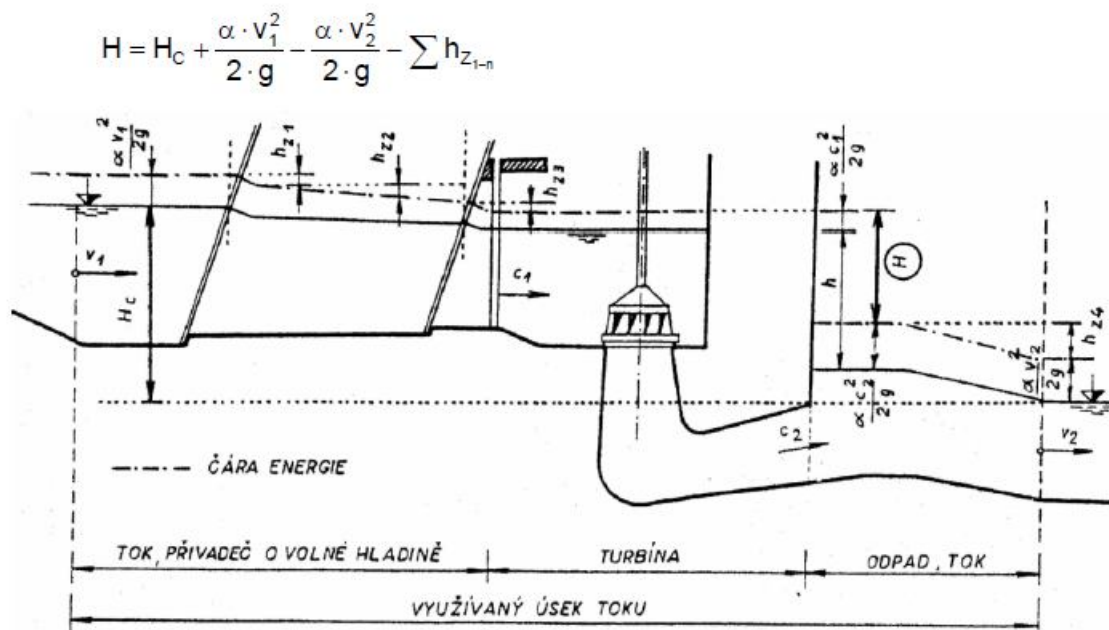
obrázek 5.2.4-5 Budova MVE s transformátorem a sloupem vedení [4]

## 6 Studie rekonstrukce MVE Bděňves

Základními parametry, které charakterizují každé hydroenergetické dílo, jsou průtok  $Q$ , spád  $H$ , účinnost  $\eta$ , výkon  $P$  a výroba elektrické energie  $A$ . Jejich specifikaci je možno nalézt v normách ČSN 75 0128 “Vodní hospodářství – Názvosloví využití vodní energie” a ČSN EN 60 041 “Přejímací zkoušky na díle pro určení hydraulických charakteristik vodních turbín, akumulčních čerpadel a čerpadlových turbín ( mod IEC 41:1991)”. Teoretický výkon vodního díla závisí na součinu spádu a průtoku. Je dále velmi důležité dodržovat daný vodní řád v dané lokalitě, který velmi přesně stanoví možnosti technického využití v dané lokalitě. Vzhledem ke stáří daného soustrojí a především turbíny je třeba zvážit rekonstrukci a pomocí dat a výpočtů určit výkon, cenu a návratnost nově zrekonstruované MVE.

## 6.1 Spád

Obecně lze spád vyjádřit jako výškový rozdíl dvou bodů hladiny udávaný v metrech. Rozdíl hladin před vstupem do vodního motoru a vyústěním do odpadu vodní elektrárny se nazývá spád vodní elektrárny. Spád určují topografické a hydraulické poměry, zároveň je ovlivněn stavebním i hydraulickým řešením díla. V praxi ještě rozlišujeme spád statický, který odpovídá nulovému průtoku a spád dynamický, tj. v pracovním režimu vodní elektrárny. Nivelací úrovně hladin při nulovém průtoku turbínou zjistíme statický spád mezi dvěma body toku ( obvykle jez – odpad turbíny, tok ), který máme v úmyslu energeticky využít. Pokud nemáme možnost použít nivelační přístroj, lze spád měřit za pomoci latě, vodováhy a teodolitu, nebo lze poměry spádů vyčíst z mapových podkladů. Takto určený spád se nazývá celkový spád vodní elektrárny  $H_c$  a představuje potenciální energii vody, kterou máme k dispozici pro energetickou přeměnu ve vodní turbíně mezi jejím vstupním profilem spirály a výstupním profilem savky. Odečtení hydraulických ztrát mimo ztráty v hydraulickém obvodu elektrárny od celkového spádu získáváme spád čistý resp. provozní. Užitečný spád  $H$  dostaneme po odečtení všech hydraulických ztrát nebo jej lze určit z rozdílu kót měrné energie těsně před vstupem do turbíny a na jejím výstupu. Řešením Bernoulliho rovnice pro vstupní a výstupní profil turbíny za dynamického režimu dostáváme vztah pro výpočet užitečného spádu.



obrázek 5.2.4-1 spád na vodním díle [2]

H -užitečný spád [m]

$\alpha$  -Coriolisovo číslo

$\frac{\alpha \cdot V_1^2}{2 \cdot g}, \frac{\alpha \cdot V_2^2}{2 \cdot g}$  -rychlostní výšky na začátku a na konci využívaného úseku [m]

$\sum h_{z_{1-n}}$  -součet všech hydraulických ztrát [m]

Můžeme je rozdělit na dílčí:

$h_{z1}$  vtoková ztráta [m]

$h_{z2}$  ztráta třením v přivaděči [m]

$h_{z3}$  ztráta v česlích a na vtoku do kašny [m]

$h_{z4}$  ztráty v odpadu [m]

Na již postavených dílech lze změřit rozdíl hladin těsně před vtokem do kašny a na konci savky, tento spád je označen h.

Užitečné spády udávané pro turbíny:

$H_n$  návrhový spád, tj. nejčastěji se vyskytující užitečný spád

$H_{max}$  maximální spád, tj. největší užitečný spád, pro který je turbína konstruována

$H_j$  jmenovitý spád, tj. spád, při kterém jsou hydraulické ztráty nejmenší

Hodnoty H a  $H_c$  nejsou během roku konstantní. Mění se v závislosti na přirozeném průtoku, zejména u malých vodních elektráren, které postrádají možnost akumulace vody. Navíc rozlišujeme roky málo vodné a roky vodné.

## 6.2 Průtok

Průtok je definován jako množství vody, které proteče určitým profilem vodního toku za jednotku času. V praxi se takto definovaný průtok nerovná průtoku turbínou, ten je snížen např. o asanační průtok přes jez, průsaky do podzemní vody, odparem apod. Pro počítání návrhového průtoku MVE bychom neměli uvažovat o jednorázových nebo krátkodobých měření průtoku. Jak již bylo zmíněno v předchozích odstavcích, průtok se mění nejen během roku, ale i v průběhu let. Proto pro přesné stanovení  $Q_{nMVE}$  (návrhového průtoku) požádáme profesionální instituci – Český hydrometeorologický ústav. Ten za poplatek poskytne přesná hydrologická data dané lokality. Měření průtočného množství vyžaduje dostatek znalostí, měřicí techniky a především zkušeností. Laicky provedená měření smíme použít pouze pro předběžné úvahy. ČHMÚ poskytuje M – denní průtoky v  $m^3 \cdot s^{-1}$ , zpravidla po 30 dnech. Grafické vyjádření proměnlivosti průtoku v daném profilu řeky v

průběhu roku získáme sestavením tzv. odtokové křivky. Časová osa udává počet dní  $M$  za rok, ve kterých je hodnota větší než hodnota  $Q_{md,MVE}$ . obvykle dimenzují s ohledem na hodnoty  $Q_{90d} - Q_{120d}$ .

### 6.3 Hydrologická data a manipulace s vodou v lokalitě MVE Bdeněves

Vodní dílo Bdeněves je situováno v ř.km. 17,037 vodohospodářsky významného vodního toku Mže, který pramení na území Spolkové republiky Německo v prostoru Českého lesa cca 2 km od hranic s Českou Republikou, asi 11,05 km nad hrází nádrže Lučina v nadmořské výšce 710 m n. m. Na toku proti proudu od MVE Bdeněves se nachází významné vodní dílo a to akumulární vodní dílo Hracholusky na ř.km. 22,673, které má zajistit stálý a trvalý průtok v podhrází v hodnotě  $8,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což má velmi významný vliv pro provoz MVE dále po proudu řeky. Pod MVE Bdeněves ústí do Mže vodohospodářsky významný Vejprnický potok a další tři méně významné přítoky. Po proudu u obce Město Touškov se nachází další MVE v soukromém vlastnictví a u obce Radčice se buduje další MVE v provedení jezovém. Zaústěním Radbuzy do Mže v Plzni ve Štruncových sadech vzniká Berounka. Bez ohledu na velmi příznivé podmínky, především s ohledem na stálý a konstantní průtok způsobený regulací VE Hracholusky je třeba respektovat nařízení vodního řádu, který využití hydroenergetického potenciálu značně omezuje. Jde především o ochranu a zabezpečení stálého průtoku v původním řečišti.

#### **Základní data:** [16]

- řeka Mže
- plocha povodí  $1\,609,38 \text{ km}^2$
- profil říčního kilometru 17,037
- Průměrná dlouhodobá roční výška srážek 632 mm
- Průměrný dlouhodobý roční průtok  $8,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- Rozsah nově instalované turbíny  $3,0\text{-}8,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- Užitečný spád 1,54 m

Výpočet měrné energie  $E$  pro uvažovaný užitečný spád:

$$E = g \cdot H_n = 9,81 \cdot 1,54 = 15,1074 \quad [KJ / Kg]$$

$$g = 9.81 \text{ [m. s}^{-2}\text{]}$$

**Hydrologické údaje lokality : [16]**

tabulka 6-1 M-leté vody.

<b>M [Roky]:</b>	1	2	5	10	20	50	100
<b>Q [m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>]:</b>	61	88	130	165	204	259	306

tabulka 6-2 M denní vody odtoková závislost

<b>M [dny]:</b>	30	90	180	270	330	355	364
<b>Q [m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>]:</b>	19,5	9,48	5,26	3,17	1,88	1,10	0,61

V tabulce (6-2) je patrný celkový roční průtok, provozovatel má ale povinnost udržovat tzv. Asanační průtok, tj. zbytkový průtok „Q<sub>min</sub>“ do podjezí v hodnotě Q<sub>355</sub> tj. 1,1 m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>. Skutečný využitelný průtok musíme tedy spočítat.:

$$Q_v = Q - Q_{\min} \text{ pak tedy :}$$

tabulka 6-3 Odtoková závislost respektující Q<sub>min</sub>

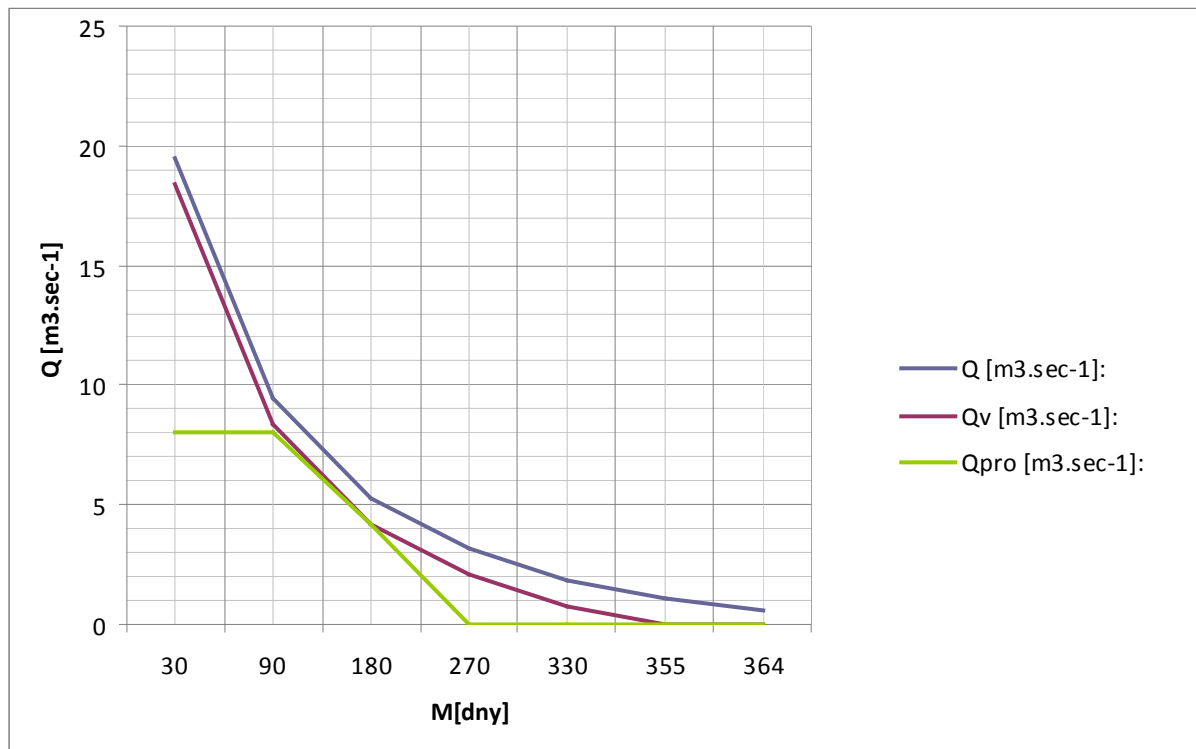
<b>M [dny]:</b>	30	90	180	270	330	355	364
<b>Q<sub>v</sub> [m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>]:</b>	18,4	8,38	4,16	2,07	0,78	0	0

Pokud máme vyjádřen teoretický využitelný přítok můžeme přistoupit k dopočítání odtokové závislosti respektující provozní rozsah nově instalované turbíny.Q<sub>pro</sub>: 3,0-8,0 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>

tabulka 6-4 Odtoková závislost respektující rozsah turbíny a vodní řád.

<b>M [dny]:</b>	30	90	180	270	330	355	364
<b>Q<sub>pro</sub> [m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>]:</b>	8,0	8,0	4,16	0	0	0	0

Celkový a využitelný průtok včetně průtoku využitelného v turbíně.



obrázek 5.2.4-1 odtokové křivky na jezu Bdeněves [16,4]

Můžeme teď tedy výpočtem určit průtok přes jez, a tím ověřit dodržení zbytkového průtoku do podjezí v hodnotě  $Q_{355}$ . Musíme určit hodnotu vodního paprsku protékajícího přes jez. **Pro hladinu 5cm:**

$$Q = \frac{2}{3} \cdot u \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,75 \cdot 40,5 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,05} = 0,987 m^3 \cdot \text{sec}^{-1}$$

**Pro hladinu 10cm:**

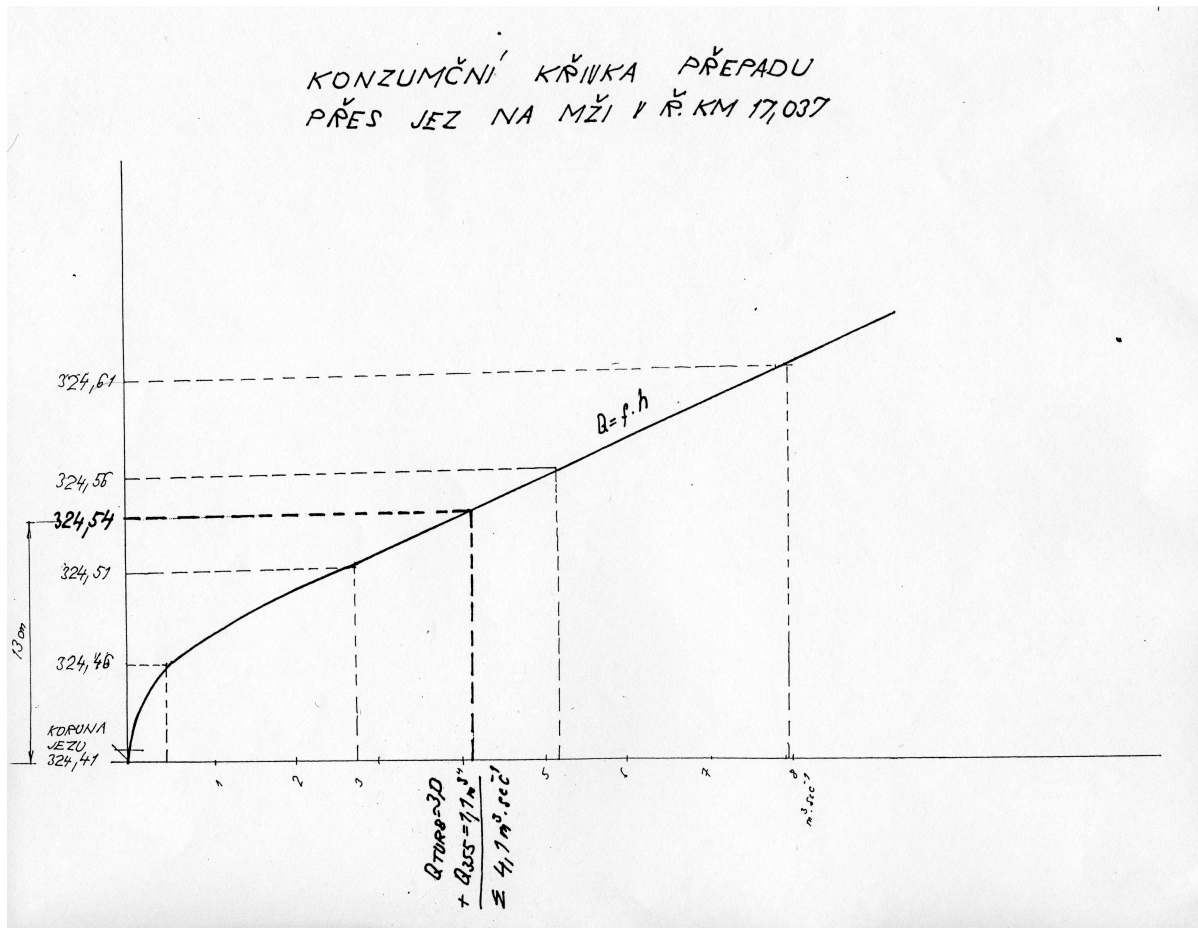
$$Q = \frac{2}{3} \cdot u \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,75 \cdot 40,5 \cdot 0,10 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,10} = 2,81 m^3 \cdot \text{sec}^{-1}$$

**Pro hladinu 15cm:**

$$Q = \frac{2}{3} \cdot u \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,75 \cdot 40,5 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,15} = 5,16 m^3 \cdot \text{sec}^{-1}$$

**Pro hladinu 20cm:**

$$Q = \frac{2}{3} \cdot u \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,75 \cdot 40,5 \cdot 0,20 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,20} = 7,94 m^3 \cdot \text{sec}^{-1}$$



obrázek 5.2.4-2 Konzumční křivka přepadu přes jez [4,9]

### Manipulace s vodou:

Minimální hltnost instalované Francisovy turbíny je stanovena tak, jak bylo stanoveno v původním vodním právu a to  $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což reprezentuje cca 250ti denní vodu a tudíž plně vyhovuje účelovému provozování vodního díla. Manipulace s vodou bude prováděna jejím odběrem tj. otevřením hlavního stavidla k náběhu turbíny.viz kapitola 4.2.3 při stavu vodní hladiny 324,54m.n.m a to reprezentuje vodní paprsek výše 13cm nad korunou jezu.Tato výška dle provedeného výpočtu a konzumční křivky reprezentuje  $Q$  turbíny  $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a  $Q_{355}$  denní do podjezí  $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .Po spuštění turbíny bude za tohoto stavu přepadat paprsek 6cm přes jez na Mži. Při nižším stavu průtoku je nutno provoz turbíny zastavit , neboť průtok nezabezpečí správný provoz, nebo dojde k nežádaně nižšímu průtoku do podjezí než  $Q_{355}$  dennímu. Při vyšších vodních stavech a přítocích vyšších, než je kapacita turbíny, přepadá voda přes jez na náhonu, který plní funkci jalového přepadu. Během provozu na vodním díle mohou nastat následující případy mimořádných okolností.

-nedostatečné průtoky na turbíně při nedostatečném průtoku na Mži mohou být zapříčiněny zanesením česlí nebo zanesením splaveninami v náhonu. Je nutno činit opatření k odstranění této závady.

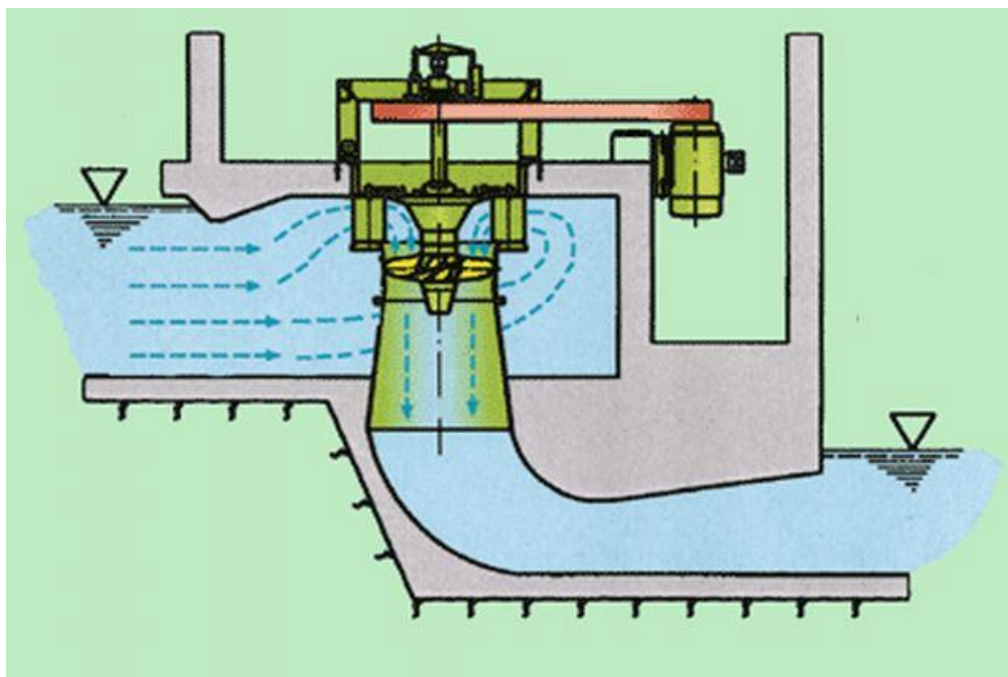
-Průtoky pod úrovní 324,54m.n.m, což je 13cm vodního paprsku, které jsou způsobeny nízkými odtoky z povodí nebo manipulací na VD Hracholusky.

-Zvýšené průtoky ve Mži až do úrovně 325,00m.n.m., což reprezentuje průtok větší než  $13\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  měřeno na vodočetné lati na hlavním jezu, se energeticky využije do maximální hltnosti turbíny, nebo budou převedeny neškodně přes jez na náhonu. Při stálém stoupání vodní hladiny nad úroveň 325,00m.n.m. je nutno odstavit a činit opatření k minimalizaci a odstranění případných škod. Přičemž stav bdělosti nastává při hladině 324,75m.n.m. Stav pohotovosti nastává při stavu 325,00m.n.m. Stav ohrožení nastává při 325,30m.n.m. Kdy  $Q_{100}$  je stanoveno na 326,00m.n.m a souhlasí s kótou podlahy strojovny.

## **7 Návrh rekonstrukce MVE Bdeněves**

Po obstarání hydrologických dat s CHMI pobočka Plzeň, jsem po dohodě s majitelem p.Sovou provedl výběr společnosti, u které bude rekonstrukce stávajícího zařízení provedena. Omezil jsem se pouze na trh v ČR. Volba přirozeně padla na výrobce specializující se na problematiku „malých vod“. Byly vybrány následující společnosti. Mavel a.s., Hydrohrom s.r.o., a CINK Hydro - Energy k. s. Společnosti mají široké portfolio nabízených agregátů či celých bloků pro MVE. Za nejperspektivnější nelze označit ani jednu společnost, všechny nabízejí vysokou úroveň a profesionalitu. Po jednáních a hledání kompromisů mezi cenou, respektováním vodního řádu a možností minimálních stavebních úprav vzešla spolupráce nejlépe se společností CINK Hydro - Energy k. s. Vzhledem k minimálním stavebním úpravám, které jsme vyžadovali byla nabídnuto osadit stávající otevřenou kašnu Kaplanovou turbínou, vzhledem k lokalitě plně regulovatelnou včetně hydraulického agregátu, generátoru a řídicího zařízení včetně GSM modulu. Lokalita by byla vhodná i na osazení turbín v jiných uspořádáních například turbína typu „S“. Nicméně jsme zadali požadavek na co nejmenší stavební práce spojené s přestavbou kašny a odpadního kanálu. Přičemž nová turbína by měla dosahovat při maximu své hltnosti výkonu okolo 100 kW. Což by znamenalo minimálně dvojnásobnou výrobu elektrické energie.





obrázek 5.2.4-1 Návrh stavebního uspořádání [6]

## 7.1 Strojní a elektrotechnické vybavení MVE Bdeněves

### 7.1.1 Turbína pro MVE Bdeněves :

Jedná se o plně regulovatelnou turbínu Kaplan s vertikálním uložením. (viz.kap.3.3). Vhodným a také častým řešením je její instalace v horizontálním uložení. To mnohdy nejde nebo představuje konstrukční problém. Konkrétně, zde to problém není a naopak by činil problém nějaký jiný systém uspořádání. Určitým problémem může být kavitace.(viz.kap.3.3) zde můžeme v rozsahu spádu 1,54m turbínu situovat co nejnižze pod hladinu spodní vody, což samozřejmě nejde do nekonečna. Odborník ze společnosti CINK hydro nás ubezpečil, že riziko případného neodladění kavitace je minimální.

#### Turbína a její části: [6]

- komora oběžného kola se savkou
- oběžné kolo Kaplan se 3 lopatkami – plynule zakončené konickou hlavicí, aby nedocházelo ke vzniku vírů a následného poškození kovového materiálu.
- rozváděcí kolo systému CINK o 20 lopatkách (počet lopatek by měl být lichý pro snížení hlučnosti, ale nakonec se od toho upustilo, kvůli konstrukční náročnosti) se samonosným horním lopatkovým kruhem .
- turbínový hřídel o průměru 130 mm.
- horní regulační kruh

- brzda přes kovové závaží pro případ výpadku sítě
- rozváděcí lopatky v kruhu o poloměru 1300 mm, vyrobené z nerezové oceli, čepy vařené – nejedná se tedy o odlitky (byly tak sníženy náklady na výrobu), lopatky jsou dlouhé 490 mm
- svařované víko (opět se nejedná o odlitek) oběžného kola s radiálním soudečkovým ložiskem – zamezuje výkyvy z osy hřídele
- horní ložiskový stojan na I profilech s radiálním válečkovým a axiálním kuličkovým ložiskem (pro zabránění úniku oleje není možné použít klasické gufero, při výměně by musela být demontována celá hřídel, použijeme tedy ucpávku s olejovou tkaninou) – spojeny přes tzv. čočku, která zajistí vycentrování os a tím pádem prodlouží životnost, zejména axiálního ložiska
- řemenový převod síly turbíny na generátor tvořený velkou řemenicí o průměru 1200 mm a malou řemenicí generátoru o průměru 370 mm, převodový poměr je tedy: 1: 3,2.
- plochý lepený silonový řemen 300 mm

#### **Zdroj tlakového oleje [6]**

- olejová nádrž o obsahu 20 l ,bude instalována minimálně na kótu  $Q_{100}$  , nebo vyšší. Pod nádrž bude instalována bezpečnostní vana s obsahem rovnajícím se minimálnímu objemu oleje tj. 20 l.
- olejové zubové čerpadlo s přírubovým 3f motorem 3 kW.
- servopohony automatizovaného ovládání turbíny, sestávající se z hydroválců, rotačního hydroagregátu, propojek, rozvodných a přepouštěcích ventilů, olejového filtru, atp.

#### **Elektrorozvaděč , a řídicí systém [6]**

- rozvodová skříň automatizace a regulace
- měření výkonu generátoru, otáček turbíny, výšky hladiny v přívodním kanálu – pomocí drátových čidel měření hladiny
- signalizace polohy rozváděcích lopatek turbíny
- obvod záložního zdroje napětí 24 V při výpadku sítě
- automatické najíždění a odstavování soustrojí
- elektrické ochrany přepětí, podpětí, frekvence a zpětné wattové vazby –

v případě výpadku sítě musí být MVE odpojena okamžitě

- záložní zdroj napětí - lithiová baterie 24 V
- automatizovaný zdroj nabíjení 24 V
- digitálním procesorem řízený regulátor k automatickému řízení vykompenzování systému s výstupními relé k připínání a odpínání kapacitní baterie.
- měření průměrného týdenního účinníku (posledních 7 dní), nadproudu kondenzátorů, teploty zařízení, obsah proudových a napěťových vyšších harmonických.
- GSM modul, pro dálkové zasílání informací.

#### **Generátor [6]**

- Siemens 100 kW
- 790 ot./min, 8 magnetických pólů ,230/400 V
- přírubový, s primární řemenicí 1200 mm

#### **7.1.2 Savka :**

V přetlakových turbínách by umístěním oběžného kola nad hladinu spodní vody vznikaly hydraulické ztráty – vzhledem k malému využitelnému spádu velké. Proto k turbíně připojujeme savku. Její nejdůležitější funkce spočívá v tom, že dokáže zužitkovat energii vody, která by jinak marnotratně unikala. Voda opouští oběžné kolo relativně velkou rychlostí a protože se dostala mimo dosah lopatek, je nevyužita odvedena od turbíny. U Kaplanových turbín to může být až 40% celkové energie. Tomu předejdeme použitím savky, voda proudící rozšiřujícím se profilem je nucena zaujímat čím dál větší průřez. Tím pádem musí proudit pomaleji. Jenže setrvačností je hnána dál, a tak se chová jako píst a za odtékající kapalinou se vytváří podtlak, který dosahuje zpět až na lopatky oběžného kola. Oběžné kolo je tedy možné umístit nad i pod hladinu dolní vody a přitom využít celý spád. Jakákoliv závada (koroze, deformace) na savce má negativní vliv na účinnost turbíny. Hydraulické ztráty se zvyšují s rostoucí délkou savky a čím je větší úhel jejího rozšíření. Savka pro MVE Bdeněves bude součástí dodávky turbíny a ostatního vybavení.

### 7.1.3 Česle

Vzhledem k nutnosti zabezpečit „suchý“ přístup do kašny turbíny je vhodné také nainstalovat nové jemné česle. Současný stav je pouze dobrý a bylo by na místě česle vyměnit za nové. Zakázka se provede u společnosti Nerez výroba Lihovar Hrabová s.r.o., kde budou zadány rozměry ze stávajících česlí, kdy se vzdálenost mezi česlicemi zachová, ale bude doinstalován „plášť ryb“. Instalace jemnějších česlí by zbytečně zvyšovali ztráty spádu na česlích.(viz. kapitola 5.1)  $h_{z3}$ . Česle budou zhotoveny z nerez oceli bez nějakých hydrodynamických profilů, což by celou záležitost značně prodražilo, navíc u MVE se k takovému řešení přistupuje zřídka. Stavidla jsou bez problému použitelná.

## 8 Zhodnocení rekonstrukce

### 8.1 Energetické zhodnocení rekonstrukce

#### 8.1.1 Stanovení výkonu vodního díla.

Teoretický výkon hydroenergetického díla spočteme podle:

$P = g \cdot Q \cdot h$  kde ( $g = 9,81$ ) pak tedy:

$P = g \cdot Q \cdot h = 9,81 \cdot 8 \cdot 1,54 = 120,8 [kW]$  ovšem to platí pro  $\eta=1$ , tedy absolutní účinnost beze ztrát. Která činí pro MVE Bdeněves  $P = 120.8 [kW]$ .

Dále si tedy vyjádříme výkon vodního díla včetně ztrát.

$P = g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_{celk}$  kde  $\eta_{celk}$  nám reprezentuje sumu všech ztrát na vodním díle. Můžeme postupným vyjadřováním ztrát získávat postupně výkony na jednotlivých komponentech vodního díla a tím vhodně zvolit jejich typ nebo provedení.

**Pro správný typ a výkon turbíny:**

$P_T = g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_T$  kde  $\eta_T$  nám reprezentuje účinnost instalované Kaplanovy turbíny která se pohybuje v rozmezí  $\eta_T-(0,6-0,9)$  nejvyšší účinnosti dosahují Kaplanovy turbíny větších rozměrů, po konzultaci s hydroenergetikem musíme vzhledem k rozměrům zvolit  $\eta_T - 0,75$ .

Pak tedy:

$$P_T = g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_T = 9,81 \cdot 8 \cdot 1,54 \cdot 0,75 = 90,6 [kW]$$

Výkon na hřídeli turbíny je dále přenášen na hřídel generátoru, tento přenos opět doprovází ztráty, ztráty v převodovém soustrojí a samotném generátoru doplněním získáme vztah pro

výpočet výkonu vodního stroje. Do vztahu přidáme účinnosti převodového ústrojí a generátoru,  $\eta_P$  a  $\eta_G$ .

### **Pro převodové ústrojí a generátor:**

U ozubených převodů volíme  $\eta_P$  – (0,94-0,97) lepší účinnosti dosáhneme použitím řemenu  $\eta_P$  – (0,92-0,98) Zvolíme tedy  $\eta_P$  – 0,97. U generátoru  $\eta_G$  je specifická podle výkonu pro výkony do 40 kW. Je  $\eta_G$  – (0,84-0,93) a pro výkony řádově MW je  $\eta_G$  – (0,95-0,97). Pro náš generátor zvolíme  $\eta_G$  – 0,94. Nyní můžeme vztah rozšířit:

$$P_{TPG} = g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_T \cdot \eta_P \cdot \eta_G = 9,81 \cdot 8 \cdot 1,54 \cdot 0,75 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 82,6 [kW]$$

### **Pro transformátor:**

Výroba elektrické energie se neobejde bez transformace pro přenos. V našem případě můžeme zvolit účinnost  $\eta_{TR}$  – (0,98-0,99). Zvolíme tedy vzhledem k výkonu  $\eta_{TR}$  – 0,98. Nyní můžeme vztah doplnit o poslední účinnost:

$$P_{TPGTR} = g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_T \cdot \eta_P \cdot \eta_G \cdot \eta_{TR} = 9,81 \cdot 8 \cdot 1,54 \cdot 0,75 \cdot 0,97 \cdot 0,94 \cdot 0,98 = 80,9 [kW]$$

Výkon vodního díla za ideálních podmínek je:  $P = 80,9 [kW]$

a součin všech ztrát lze vyjádřit jako účinnost celkovou:

$$\eta_{celk.} = \eta_T \cdot \eta_P \cdot \eta_G \cdot \eta_{TR} \quad [-]$$

## **8.1.2 Teoretická roční vyrobená energie pro MVE Bdeněves**

Nebudeme-li respektovat pracovní rozsah turbíny, můžeme tedy počítat s celým průtokem přes vodní motor, můžeme pak spočítat teoreticky vyrobenou energii za rok, v závislosti na součinu právě zmíněných ztrát (kap.7.1.1) byl stanoven koeficient K (pro MVE v intervalu 5 až 7). Za nejpříznivějších podmínek lze tuto hodnotu volit 7.

$A = \frac{Q_v \cdot H \cdot K \cdot t}{1000} [MWh]$  můžeme tedy dosadit hodnoty z (kap. 5.3) a dostaneme:

$$A_i = \frac{18,4 \cdot 1,54 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 30}{1000} = 142,81 [MWh]$$

tabulka 8-1 teoreticky vyrobená energie za rok

<b>M [dny]:</b>	30	90	180	270	330	355	364
<b>Q<sub>v</sub> [m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>]:</b>	18.4	8.38	4.16	2.07	0.78	0	0
<b>A<sub>i</sub> [MWh]</b>	142.81	65.04	32.28	16.06	6.05	0	0

Maximální roční teoretickou vyrobenou práci získáme součtem dílčích prací z tab. (8-1).

$$A_{Teor} = \sum A_i [MWh]$$

$$A_{Teor} = 263.26 [MWh]$$

Tato hodnota je čistě teoretická, nenese údaje o provozním rozsahu turbíny, odstávkách provozu, vodnosti roku, automatizaci provozu, revizích atd. Ve skutečnosti bude řádově o desítky nižší. Nyní spočteme teoretickou roční vyrobenou práci s ohledem na regulační rozsah turbíny dosažením do vzorce :

$$A = \frac{Q_v \cdot H \cdot K \cdot t}{1000} [MWh] \text{ nesmíme zde zapomenout dosazovat průtoky respektující provozní}$$

rozsah použité turbíny (kap.5.3).Pak tedy:

$$A_{ii} = \frac{8,0 \cdot 1,54 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 30}{1000} = 62,09 [MWh]$$

tabulka 8-2 vyrobená energie za rok

<b>M [dny]:</b>	30	90	180	270	330	355	364
<b>Q<sub>pro</sub> [m<sup>3</sup>.sec<sup>-1</sup>]:</b>	8.0	8.0	4.16	0	0	0	0
<b>A<sub>ii</sub> [MWh]</b>	62.09	62.09	32.28	0	0	0	0

Maximální roční přepokládanou vyrobenou práci získáme součtem dílčích prací z tab. (8-2).

$$A_s = \sum A_{ii} [MWh]$$

$$A_s = 156.47 [MWh]$$

Žádná MVE nepracuje nepřetržitě po celý rok, tj. 8760 hodin. Poměr mezi skutečně vyrobenou a teoretickou prací se nazývá součinitel využitelnosti instalovaného výkonu vodní elektrárny a spočteme ho podle vztahu:

$$K_{vyu\check{z}} = \frac{A_s}{A_{Teor}} \quad [-]$$

$$K_{vyu\check{z}} = \frac{156,47}{263,26} = 0,59 \quad [-]$$

### 8.1.3 Bilance rekonstrukce

V předcházejících kapitolách 8.1.1 a 8.1.2 jsme určili důležité údaje pro zhodnocení energetického zisku před a po rekonstrukci. Je třeba si uvědomit, že současná MVE je schopna i za současných již nepříznivých podmínek (především velké hydraulické ztráty), které značně zhoršují její účinnost dodávat kolem 70 MWh za rok, po rekonstrukci můžeme počítat s pomalu dvojnásobkem a to hodnotou kolem 150 MWh. I po rekonstrukci má MVE Bdeněves ještě rezervy ve využití celého průtoku, především v oblasti nad  $8,0 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$ , kde by se dala využít druhá nevyužitá kašna popsaná v (kap.4.2.3). A tím významně zlepšit součinitel využitelnosti  $K_{vyu\check{z}}$ .

## 8.2 Ekonomické zhodnocení rekonstrukce

Jedním z rozhodujících kritérií je zhodnocení ekonomické efektivity, zda se majiteli p.Sovovi a investorovi v jedné osobě vyplatí do dané technologie a problematiky investovat svoje finanční prostředky. Kromě teoretických výpočtů a hydrologických dat je ekonomická bilance stejně rozhodující. Vždyť právě ona určuje, zda se daná investice vyplatí, zda se finanční prostředky vynaložené do rekonstrukce MVE Bdeněves vrátí, pokud ano, za jakou dobu. Ekonomické výpočty by měli hrát rozhodující roli v pořadí předběžných úvah. Základním krokem pro výpočet ekonomické efektivity je vypracování „cash – flow“ (toků peněz), nebo-li finančního plánu realizace a provozu MVE. Jedná se o bilanci nákladů (spojených s výstavbou, provozem, údržbou, opravami a modernizací) a příjmů (z prodané elektrické energie). Protože investoři financují veškeré náklady z vlastních zdrojů, nebudeme do nákladů promítat úroky, které by připadaly v úvahu využitím případného úvěru. Jelikož známe velice přesné údaje o průtokových poměrech dané lokality pomocí odtokové křivky, jsme schopni provést výpočet příjmů z provozu MVE s velkou přesností, poněvadž příjmy korespondují s množstvím vyrobené elektrické energie. Bilance dále neřeší pořizovací cenu objektu ani investice, které proběhly do realizace.

### 8.2.1 Náklady na rekonstrukci MVE Bdeněves

Hlavním cílem rekonstrukce bylo dosáhnout maximální ekonomické efektivity, tedy vytvořit moderní a fungující MVE s velkou užitnou hodnotou, tedy dosáhnout co nejlepšího poměru mezi výkonem (vyrobenou energií tj. maximalizovat zisky) a cenou. Proto po dohodě s firmou CINK hydro.k.s bude umožněno instalovat turbínu do stávající kašny bez nutných stavebních prací. Jediná stavební úprava se bude týkat střechy, kdy se část rozebere pro pohodlnou instalaci soustrojí, přírodní kanál se ponechá tak jak je. Samozřejmě je třeba započítat i likvidaci stávajícího soustrojí. Výměny se dočkají také česlice, které se před instalací vymění a doplní případně „plašičem ryb“. Do práce je třeba započítat velký kus dobrovolné práce a různé jiné alternativy, které může majitel dosáhnout (zajištění těžké techniky atd.) a tím cenu druhotných položek rapidně snížit. Náklady tedy: [6,9]

- kompletní vybavení strojovny -----4 200 000,-
- úprava vedení, nové česle-----300 000,-
- ostatní-----100 000,-

Náklady celkem : 4 600 000,- bez DPH, supervize a dopravy.

Roční náklady na provoz cca 15 000,-

U malé vodní elektrárny uvedené do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012 je stanovená výkupní cena na 3,19 Kč za kWh.

Při předpokládané roční výrobě popsané v kap.7.1.2 která činí 156,47 [MWh] můžeme vypočítat roční zisk. Který je: 499 139,3 ,- dovolím si zisk zaokrouhlit na : 499 139,-

Tato hodnota je samozřejmě teoretická, také z toho důvodu, že je počítána z teoretické hodnoty  $A_{ii}$ . Ve skutečnosti bude snížena odstávkami provozu pro opravy, revize apod. výsledná částka bude tedy řádově o jednotky procent nižší. .

### 8.2.2 Doba návratnosti

Při výpočtu doby návratnosti neuvažujeme časovou hodnotu peněz a dobu životnosti zařízení, uvažujeme pouze čisté provozní náklady a čisté příjmy za jednotlivé roky.

$$DN = \frac{IN}{CF} [\text{roky}] \quad \text{pak: } DN = \frac{4\,600\,000}{499\,139 - 15\,000} = 9,5 [\text{roku}]$$

DN doba návratnosti [roky]

IN investiční náklady [Kč]

CF “cash flow”/rok = (příjmy – náklady na provoz)/rok



Doba návratnosti nám vyšla 9,5 let , je třeba doplnit informace, zda by bylo možné například čerpat s dotace ze Státního fondu životního prostředí. Což by výslednou dobu návratnosti značně snížilo.

### 8.3 Ekologické zhodnocení rekonstrukce

Z ekologického, energetického hlediska bude znamenat použití nové Kaplanovy, plně regulovatelné turbíny, zvýšení výroby elektrické energie o přibližně dvojnásobek. Máme k dispozici zcela nevyčerpatelný a nezávadný zdroj energie, jehož hlavním přínosem pro životní prostředí je zejména výroba elektrické energie, která neprodukuje žádné emise (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub>, ...) a skleníkové plyny. MVE zároveň produkuje téměř nulové odpady (nutno podotknout, že splaveniny, ač se často jedná o dosti namáhavou ruční práci, nesmějí být v žádném případě pouštěny zpět do toku). Nyní porovnejme, kolik bude ušetřeno emisí, které by vyprodukoval v ČR nejběžnější zdroj energie – hnědouhelná elektrárna, při identickém výkonu. Pro naši úvahu budeme brát emisní koeficienty při 65% odsíření SO<sub>2</sub> a 98 % odlupčivosti filtrů tuhých látek v elektrárně. [1]

tabulka 8-3

Emise	Tuhé látky [Kg/MWh]	SO <sub>2</sub> [Kg/MWh]	NO <sub>x</sub> [Kg/MWh]	CO [Kg/MWh]	CO <sub>2</sub> [Kg/MWh]
Energetické uhlí	3.000	5.300	7.700	0.650	1213.0

Při roční předpokládané výrobě 156,47 [MWh] /rok ušetříme následující množství emisí.

tabulka 8-4

Emise	Tuhé látky [Kg]	SO <sub>2</sub> [Kg]	NO <sub>x</sub> [Kg]	CO [Kg]	CO <sub>2</sub> [tun]
Energetické uhlí	469,41	829,29	1204,81	101,70	189,79

### **8.3.1 Vliv MVE Bdeněves na životní prostředí**

V současné době a v době po rekonstrukci je MVE Bdeněves díky svojí poloze svým způsobem jedinečná. Její vzdálenost do VD Hracholusky zabezpečuje po většinu roku jistý a stálý přítok. Nehrozí (u jiných častý problém) zamrzání přívodního kanálu nebo dokonce kašny s turbínou. VD Hracholusky zabezpečí průtokové poměry na řece Mži, jež se budou měnit jen minimálně. Vodním řádem stanovený minimální průtok přes jez zabezpečuje bezpečnou migraci ryb a mnohem větší problém představuje výše zmiňované VD Hracholusky jež na řece tvoří skutečnou bariéru pro pohyb živočichů. Nově instalované česle se vzdáleností mezi páskovinou 25mm(viz.kap.4.2.3) bude doplněna ochranou elektrickým proudem nízkého napětí, který se v určitých časových impulzech zapíná do vodního proudu a odpuzuje tak ryby. Mezi veřejností existuje laický názor, že MVE může být zdrojem znečištění toku ropnými látkami. Dalo by se říci, že se tak mohlo dít v minulosti. Nynější zařízení jsou takové konstrukce, že vylučují jakýkoliv únik znečišťujících látek do vody (samomazná ložiska, hermeticky uzavřená, která nepřijdou do styku s vodou). Moderní turbíny ze sklolaminátu zabezpečují dlouhou životnost a nezávadnost. Jistou problematiku cítím v budování velkých VE, kde stojí na straně jedné les zachráněný před emisemi uhelných elektráren a na straně druhé změny klimatu, spodní vody a splavy půdy. Zde jako kdekoliv jinde platí, že velikášství a megalománie věci škodí. Nicméně ve využívání vodní energie spatřuji jediný, v současné době použitelný zdroj čisté „zelené“ energie bez velkých „ale“. Naše republika leží ve středu Evropy na rozvodí tří moří. Je svým hydropotenciálem soustředěná hlavně do malých říček a potoků. Tím je přímo předurčená pro jejich využití malými vodními elektrárnami. Také hodně diskutovaným tématem je hlučnost MVE, v současné době se stávající starou turbínou nebyla evidována jediná stížnost od majitelů okolních budov, s novou hlučností ještě klesne. Na druhou stranu nutno říci, že hluk z provozu MVE nepředstavuje větší riziko než hluk způsobený samotným jezem na Mži. Ostrovní část jež vznikne u každé derivační MVE je zde využívána na pěstování obilí a ovcí kategorie BIO. Pro účely komerčního využití nebo osobního majitele.

## **9 Závěr**

Cílem této diplomové práce bylo zdokumentovat a navrhnout modernizaci stávající dosluhující MVE v obci Bdeněves na Plzeňsku. Při návrhu byla na prvním místě respektována potřeba zachovat co nejvíce ze stávající MVE a bez velkým nebo prakticky žádných stavebních úprav osadit strojovnu novým vybavením. Elektrárna by měla využívat vertikální Kaplanovu turbínu plně regulovatelnou a tím přispět k maximálnímu využití

hydroenergetického potenciálu lokality. Předpokládaná roční výroba bude 156,47 [MWh] , což je prakticky dvojnásobek výroby současného stavu. Jistou rezervu spatřuji ve využití průtoku nad  $8,0 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$  , kdy by se dala výhledově instalovat „špičková“ pomocná turbína do neobsazené kašny, jež by přispěla k lepšímu využívání průtoků. Vše je otázka ekonomických aspektů, současný návrh počítá s návratností 9,5 let.. Tento výpočet přitom patří mezi statické ukazatele, jelikož nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Z mého pohledu připomíná výroba ekologické elektrické energie spíše obecně prospěšné hobby než činnost, jak rychle zbohatnout. Majitel p.Sova jež oplývá nadšením a zápalem pro ekologickou energetiku je toho důkazem. Osobně vidím v hydroenergetice budoucnost lidstva, jež je, ať chceme nebo ne na elektrické energii velmi závislé, tvoří bariéru mezi civilizací jakou známe a totálním chaosem jež by nastal. Proto jsem pro podporu MVE i jiných malých autonomních zdrojů „čisté“ energie jež si zachovávají nezávislost na distribuční síti a můžou být sami zdrojem. Věřím ve spolupráci mezi moderními JE dalších generací velkých výkonů a VE respektive MVE jako zdrojů pomocných. Jedinci, kteří doposud bránili realizaci MVE, by si měli uvědomit, že každá kWh. nevyrobená z vody se musí vyrábět jiným již méně šetrným způsobem.

## 10 Seznam použité literatury

- [1] Škorpil J., Kasárník M.: Obnovitelné zdroje energie I. Díl – Vodní elektrárny, ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, Plzeň, 1997
- [2] Gabriel P., Čihák F., Kalandra P.: Malé vodní elektrárny, VYDAVATELSTVÍ ČVUT, Praha, 1998
- [3] Melichar J., Vojtek J., Bláha J.: Malé vodní turbíny – konstrukce a provoz, VYDAVATELSTVÍ ČVUT, Praha, 1998
- [4] Autor, fotografie.
- [5] Holata M.: Malé vodní elektrárny : projektování a provoz, Academia Praha, 2002
- [6] Dokumentace a interní materiály firmy CINK hydro-energy.k.s
- [7] Hodák T. a kolektiv: Malé vodní elektrárny. JAGA GROUP, s.r.o.2003
- [8] Broža Vojtěch a kolektiv : Přehrady Čech, Moravy a Slezka. Nakl: Knihy 555, str.:256, 2005

## 11 Seznam použitých internetových adres

- [1] <http://mve.energetika.cz>
- [2] [www.ekowat.cz](http://www.ekowat.cz)
- [3] [www.eru.cz](http://www.eru.cz)
- [4] [www.cez.cz](http://www.cez.cz)
- [5] [www.spvez.cz](http://www.spvez.cz)
- [6] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



