

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

ONDŘEJ ZIMEK

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav aplikované a krajinné ekologie



Zhodnocení vodních elektráren v povodí Dyje

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Petra Ooppelová, Ph.D.

Vypracoval:

Ondřej Zimek

Brno 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Ondřej Zimek**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Pozemkové úpravy a ochrana půdy
Název tématu: **Hodnocení vodních elektráren v povodí Dyje**
Rozsah práce: 30 stran textu, mapové přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše na téma využití energetického potenciálu vody, principy a typy vodních elektráren a související vodoprávní legislativa
2. Monitoring vodních elektráren v povodí řeky Dyje
3. Popis jednotlivých elektráren a zhodnocení vlivu na životní prostředí
4. Diskuze, závěr

Seznam odborné literatury:

1. DUŠIČKA, P. a kol. *Malé vodní elektrárny*. Bratislava: Jaga group, 2003. 175 s. ISBN 80-88905-45-1.
2. GABRIEL, P. – ČIHÁK, F. – KALANDRA, P. *Malé vodní elektrárny*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998. 321 s. ISBN 80-01-01812-1.
3. HUBAČÍKOVÁ, V. – OPPELTOVÁ, P. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
4. PUNČOCHÁŘ, P. a kol. *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. : v úplném znění k lednu 2004 s rozšířeným komentářem*. Praha: Sondy, 2004. 392 s. ISBN 80-86846-00-8.
5. MALEŇÁK, J. – PODSEDNÍK, O. *Vodní stavby : úpravy toků, jezy, vodní cesty a plavba . Úpravy toků, jezy, vodní cesty a plavba. I*. Brno: CERM, 2002. 130 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2165-7.
6. RYBNÍKÁŘ, J. – ŠÁLEK, J. – SVOBODA, F. *Vodní stavitelství*. 1. vyd. Brno: VUT, 1993. 164 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0511-2.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015



Ondřej Zimek
Autor práce



Ing. Petra Opletová, Ph.D.
Vedoucí práce



prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Zhodnocení vodních elektráren v povodí Dyje vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje Zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád srdečně poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Oppeltové, Ph.D. za cenné rady, podporu, ochotu, čas strávený konzultacemi a vždy vstřícný přístup. Velké díky patří Ing. Stanislavu Čuprovi ze společnosti E.ON Trend, s.r.o. za poskytnutí možnosti monitoringu a poskytnuté materiály, bez kterých by tato bakalářská práce nevznikla.

ABSTRAKT

Bakalářská práce na téma „Hodnocení vodních elektráren v povodí Dyje“ se zabývá vodními elektrárnami na Znojemsku a využitím jejich hydroenergetického potenciálu a možným negativním vlivem na okolí a životní prostředí. Veškerá data byla zpracována ve spolupráci se společností E.ON Trend, s.r.o. pomocí speciálního softwaru monitorující vybrané vodní elektrárny. Díky tomuto softwaru se podařilo vyhodnotit různé hodnoty vodních elektráren v různých měsících. Ke zjištění možného negativního vlivu elektráren na životní prostředí bylo použito odborných konzultací a průzkumů, které byly pro společnost E.ON Trend, s.r.o. již provedeny. Na základě zjištěných údajů je celkem jasné, že výstavba a provoz několika vodních elektráren v povodí Dyje nemá žádný negativní vliv a účinek na životní prostředí, ba naopak. V tomto případě elektrárny výrazně přispívají ke zlepšení životnímu prostředí.

Klíčová slova: vodní elektrárna, hydroenergetický potenciál, životní prostředí

ABSTRACT

The bachelor thesis on the topic „The Evaluation of hydroelectric power plants in the basin of the Thaya“ deals with hydroelectric power plants around Znojmo and using their hydropower potential and possible negative impact on the environment. All dates were processed in cooperation with E.ON Trend, s.r.o. company with special software which monitors all selected hydroelectric power plants. This special software assessed different values in different months. It was used special expertises and surveys to identify possible negative impact on the environment. This expertises and surveyes was made for E.ON Trend, s.r.o. in the past. Thanks identified data is sure that construction and working several hydroelectric power plants has no negative impact on the environment. But in this case these hydroelectric power plants have very positive impact on the environment and make better the environment.

Key words: hydroelectric power plant, hydropower potential, environment

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	CÍL PRÁCE	12
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
3.1	Voda – Zdroje Energie	13
3.1.1	Možnosti využití energie.....	13
3.1.2	Využití vodní energie.....	14
3.2	Vodní díla.....	14
3.2.1	Rozdělení vodních elektráren	15
3.2.2	Legislativa provozu vodních děl.....	16
3.3	Hydroenergetický potenciál vodního toku.....	17
3.4	Základní parametry hydroenergetického díla	18
3.4.1	Průtok turbínou	18
3.4.2	Spád.....	20
3.4.3	Princip fungování vodních elektráren	21
3.4.4	Vodní turbíny	21
3.4.5	Špičkování vodních elektráren.....	23
3.5	Vliv vodních elektráren na životní prostředí	24
3.5.1	Pozitivní vlivy MVE na životní prostředí.....	24
3.5.2	Negativní vlivy MVE na životní prostředí.....	25
4	MATERIÁLY A METODIKA.....	27
5	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	28
5.1	Vymezení oblasti povodí Dyje.....	28
5.2	Vymezení zájmového území.....	29
6	POPIS JEDNOTLIVÝCH ELEKTRÁREN	31
6.1	VE Vranov	31

6.1.1 Historie.....	31
6.1.2 Popis.....	32
6.1.3 Technické parametry.....	32
6.2 MVE Vranov 2.....	33
6.2.1 Popis.....	33
6.2.2 Technické parametry.....	33
6.3 MVE Vranov 3.....	34
6.3.1 Popis.....	34
6.3.2 Technické parametry.....	34
6.4 MVE Znojmo	34
6.4.1 Historie.....	34
6.4.2 Popis.....	35
6.4.3 Technické parametry.....	35
7 VÝSLEDKY MONITORINGU A DISKUZE	36
7.1 VE Vranov	36
7.2 MVE Vranov 2.....	38
7.3 MVE Vranov 3.....	39
7.4 MVE Znojmo	39
7.5 Vliv elektráren na biocenózu	39
8 ZÁVĚR	42
9 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	44
10 PŘEHLED INTERNETOVÝCH ZDROJŮ	45
11 SEZNAM TABULEK	46
12 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	47
13 SEZNAM PŘÍLOH.....	48

1 ÚVOD

Využití vodní energie bylo známo již více než před 3000 lety. V Číně, Egyptě a Indii se používalo vodní kolo k pohonu čerpadel vody do zavlažovacích kanálů, ale také k pohonu mlýnů. Pokud neuvažujeme využití síly zvířat nebo využití síly lidské, byla energie vody po celá tisíciletí jediným zdrojem energie pro pohon jednoduchých strojů.

(Rybníkář a kol., 1993)

Od nepaměti patří využití vodních toků k základním způsobům získání energie. Hydroenergetický potenciál vody patří mezi jedno z nejcennějších přírodních bohatství každé země. Využití tohoto potenciálu se v různých kontinentech a zemích liší. Závisí zejména na přírodních podmínkách, stupni hospodářského, technického a společenského rozvoje dané země.

(Dušička a kol., 2003)

Využití energie vody, tj. hydroenergetického potenciálu vody má velkou řadu výhod v porovnání s využitím dalších energetických zdrojů (fosilní paliva a jaderná energie). Jde o trvalý a čistý zdroj energie, který je prakticky nevyčerpatelný, neznečišťuje ovzduší a je bezodpadový. Jedná se o vlastní zdroj, jehož využívání není závislé na zahraničí.

(Gabriel a kol., 1998)

Problém nedostatku získávání energie z obnovitelných zdrojů se čím dál více dostává do povědomí jak odborníků, tak i široké veřejnosti. Poptávka po energii se stále zvyšuje, a jelikož zásoby fosilních paliv jsou omezené, ropu a zemní plyn je třeba dovážet, většina států se začíná zaměřovat na pokrytí spotřeby energie z vlastních zdrojů. Mezi tyto zdroje patří především vodní elektrárny, které bývají šetrnější k životnímu prostředí na rozdíl od tepelných elektráren a zároveň jsou velmi efektivním, obnovitelným a ekologicky výhodným producentem elektrické energie.

(Dušička a kol., 2003)

Vodní elektrárna je velmi složité inženýrské technické dílo. Na přípravě, projekci, výstavbě i následném provozu se podílí velká řada odborníků z různých profesí. Tento náročný proces je určován zejména tím, že základní parametry průtoku a spádu nebo konstrukce jednotlivých objektů výrazně závisí na souboru přírodních, hydrologických,

topografických geologických a dalších činitelů dané lokality. Vodní díla s energetickým využitím se většinou v dnešní době řeší jako víceúčelová. Primárním účelem bývá výroba elektrické energie, ale často slouží i k protipovodňové ochraně, neenergetickým odběrům vody, rybolovu, vodní dopravě, sportovní plavbě, rekreaci apod.

(Dušička a kol., 2003)

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce na téma *Hodnocení vodních elektráren v povodí Dyje* je seznámit se s vodními elektrárnami, které se nachází v dané lokalitě a zhodnotit je jak po stránce energetické, tak i po stránce zabývající se vlivem na okolí a životní prostředí.

V první části práce je rozpracována literární rešerše, kde jsou charakterizovány malé vodní elektrárny, principy a typy vodních elektráren. Do popředí pozorování se dostává taktéž problematika hydroenergetického potenciálu vodního toku a je nastíněna i legislativa související s provozováním vodních elektráren. Dále je literární rešerše tvořena popisem základních částí hydroenergetického díla a popisem turbín. Úplný závěr této části je věnován vlivu malých vodních elektráren na životní prostředí.

Dalším cílem práce je seznámit se podrobněji s danými vodními elektrárnami. Je zde rozpracována charakteristika zájmového území a následný popis samotných elektráren. Následuje monitoring elektráren a závěr této části je věnován celkovému zhodnocení vodních elektráren na životní prostředí.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Voda – Zdroje Energie

Voda je v přírodě nositelem tří typů energie a to: chemické, tepelné a zejména mechanické. Při přeměně na elektrickou energii je atraktivita těchto tří druhů velice rozdílná.

(Gabriel a kol., 1998)

- Chemická forma energie se v přírodě objevuje ve formě solných roztoků, které jsou i jejím hlavním činitelem.
- Tepelná forma energie se v přírodě technicky využívá pomocí tzv. tepelných čerpadel. Principem je zvýšení teplotní úrovně tepelného spádu. Ten se vyskytuje zejména v tropických mořích, kde je voda na povrchu v rozmezí 20-25°C a v hloubce několika desítek metrů kolem 4°C.
- Mechanická energie zahrnuje v přírodě 4 typy energií:
 - Mechanická energie atmosférických srážek (Srážky jsou rozloženy nepravidelně a proto se obtížně využívají pro výrobu elektrické energie.)
 - Mechanická energie ledovců (Energie pohybujících se ledovců je obrovská, ovšem není možné její praktické využití)
 - Mechanická energie toků (Představuje hlavní část energie vod v přírodě, která se dá technicky využít. Pohyb povrchových vod je součástí koloběhu vody na Zemi.)
 - Mechanická energie moří (Projevuje se vlněním hladiny způsobeným větrem, přílivem a odlivem. Vlnění představuje obrovskou energii, ovšem zatím ji neumíme přeměnit v jiný druh použitelné energie.)

(Dušička a kol., 2003)

3.1.1 Možnosti využití energie

Energii z vody lze získat využitím proudění (energie pohybová, kinetická) nebo tlaku (energie potencionální, tlaková), popřípadě se tyto 2 způsoby mohou zkombinovat. Kinetická energie je dána rychlostí proudění, které je závislé na spádu toku. V současné době je kinetická energie využívána turbínami typu Bánki a Pelton.

Potencionální energie je závislá na výškovém rozdílu hladin a vzniká v důsledku gravitace. Využívá se zejména turbínami Kaplan, Francis a Reiffenstein.

[1]

3.1.2 Využití vodní energie

Využití vodní energie zajišťují vodní elektrárny provozně související s přehradou či jezem. Jedná se o budovy, ve kterých jsou vodní turbíny, generátory a jiná příslušenství.

(Hasík, Dostálová, 2002)

V České republice nejsou příliš ideální podmínky pro budování vodních energetických děl. Toky na našem území často nemívají dostatečný spád či množství vody. Z tohoto důvodu je podíl vyrobené elektrické energie ve vodních elektrárnách na celkové výrobě v ČR poměrně nízký.

[3]

Ve vodních elektrárnách se vyrobí asi jen 2% z celkové produkce elektřiny v ČR. To představuje 12% instalovaného výkonu všech elektráren. Většina tohoto výkonu (cca 90%) připadá na zařízení s výkonem vyšším než 5 MW. Jedná se zejména o malé vodní elektrárny (MVE). Tyto jsou rozptýleny po celé republice, takže jejich dodávky není nutné přenášet daleko, za cenu ztrát v rozvodech. Případný výpadek některé z nich je z hlediska sítě nevýznamný, kdežto výpadek velkého centrálního zdroje by mohl být problém.

[1]

3.2 Vodní díla

Z právního hlediska je výraz vodní dílo definován Zákonem č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách dle § 55 v odstavci 1 takto: Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem. V tomto případě se jedná o stavby k využití vodní energie a energetického potenciálu

(Punčochář a kol., 2001)

3.2.1 Rozdělení vodních elektráren

Vodní elektrárny se dají klasifikovat dle různých parametrů a hledisek. Dle ČSN 75 01 28 se dělí podle instalovaného výkonu (jedno z nejužívanějších hledisek) na:

- malé vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW,
- střední vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 10-200 MW,
- velké vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW.

Malé vodní elektrárny se dále dělí dle této normy na:

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

(Dušička a kol., 2003)

Dle velikosti spádu se dále vodní elektrárny dělí do tří kategorií:

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

(Gabriel a kol., 1998)

Dle charakteru pracovního režimu rozeznáváme:

- průtočné vodní elektrárny pracující s přirozeným průtokem a zpravidla využívají spád vzdutý jezem nebo energií vodního proudu nahrazeného toku
- akumulární vodní elektrárny pracující s řízeným odběrem vody akumulované v nádrži
- přečerpávací vodní elektrárny využívající akumulovanou vodu, která je přečerpána z dolní nádrže do nádrže horní. Spád elektrárny je vytvářen rozdílem hladin těchto nádrží.

(Dušička a kol., 2003)

Norma ČSN (STN) 75 0128 kromě toho uvádí vodní elektrárny s denním, týdenním, ročním a víceletým řízením, které pracují s řízeným odběrem akumulované vody

z nádrže, při němž cyklus plnění a prázdnění jejího zásobního prostoru trvá zpravidla den, týden, rok, či více let.

Dle účasti na pokrývání diagramu zatížení elektrizační soustavy se vodní elektrárny dělí na:

- základní, které pracují převážně v pásmu základního zatížení denního diagramu zatížení elektrizační soustavy
- pološpičkové, které pracují převážně v pásmu pološpičkového zatížení denního diagramu zatížení, jsou to vesměs elektrárny s denním řízením odtoku
- špičkové, které pracují převážně v pásmu špičkového zatížení denního diagramu zatížení elektrizační soustavy
- samostatné, které nespolupracují s elektrizační soustavou

(Dušička a kol., 2003)

Dle umístění strojovny se dělí vodní elektrárny na tyto typy:

- hrázové vodní elektrárny – strojovna je umístěna u vzdušního líce hráze, v jejím tělese, popřípadě v přelivných blocích
- jezové vodní elektrárny – strojovna je umístěna u jezu, nejčastěji v jeho břehové části, v jeho těsné blízkosti nebo přímo ve spodní stavbě
- členěné vodní elektrárny – strojovna je rozdělena na 2 nebo více samostatných částí, např. na obou březích toku
- věžové vodní elektrárny – strojovna je umístěna ve zvláštním objektu situovaném v nádrži, zdrži, popřípadě v jejich břehové části
- podzemní vodní elektrárny – strojovna je vybudována pod zemí; mohou být dvojího typu: švédský typ – krátká přívodní tlaková šachta a dlouhá odpadní štola a švýcarský typ – dlouhý přivaděč a krátká odpadní štola.

(Dušička a kol., 2003)

3.2.2 Legislativa provozu vodních děl

Dle Zákona č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách, je pro manipulaci s vodou na vodních dílech, jejich obsluhou, manipulací a dohledem nad technickým stavem vodních děl vyžadováno provádění odborné činnosti a je potřeba existence manipulačních a

hospodářsko-provozních řádů a dokumentu označovaného jako zvláštní povodeň.

Povinností vlastníků děl rovněž upravuje vodní zákon § 59 odstavec 1, dle kterého jsou vlastníci vodního díla povinni dodržovat podmínky a povinnosti, za kterých bylo vodní dílo povoleno a uvedeno do provozu. Zejména jsou povinni dodržovat provozní řád a schválený manipulační řád.

(Punčochář a kol., 2001)

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) říká, že pro provoz vodní elektrárny je nutná licence pro podnikání v energetice. Tuto licenci mohou získat jak právnické, tak fyzické osoby pouze na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem. Tento zákon se dále řídí vodním zákonem (např. minimální zůstatkový průtok, rybí přechody aj.)

[9]

Velice důležitý je i Zákon č. 165/2012 Sb. (zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů), který upravuje podporu výroby elektřiny, tepla a biometanu z obnovitelných zdrojů energie.

[10]

3.3 Hydroenergetický potenciál vodního toku

Jakýkoliv vodní tok představuje určité množství vodní energie. Hydroenergetický potenciál vodního toku patří mezi základní údaje o toku. Určuje, jakou energii unášejí jeho průtoky.

(Dušička a kol., 2003)

K celkové informaci o možnosti využití povrchových vodních toků slouží údaje o hydroenergetickém potenciálu na určitém území. Rozlišujeme hrubý, teoretický a reálně využitelný hydroenergetický potenciál.

(Gabriel a kol., 1998)

Hrubý hydroenergetický potenciál má evidenční charakter. Je určován z nadmořských výšek a příslušných průměrných průtoků hodnocené oblasti. Určuje se k hladině moře, do něž tok ústí, nebo ke kótě hladiny toku na státní hranici.

Teoretický hydroenergetický potenciál udává teoretické zásoby energie v našich tocích při 100% využití spádu toku a při 100% využití středních průtoků. (Tab. 1)

Reálně využitelný hydroenergetický potenciál bývá menší než teoretický hydroenergetický potenciál, protože vodní tok nelze využít celý. V cestě mu stojí vybudovaná města, komunikace, chráněná krajinná území apod.

Tabulka 1: Teoreticky využitelný potenciál vodních toků v ČR do 10 MW dle dílčích povodí k roku 2003:

	výkon [MW]	výroba [GWh]
Labe	114	420
Vltava	164	430
Ohře	78	300
Odra	56	100
Morava	100	250
celkem	512	1500

[2]

3.4 Základní parametry hydroenergetického díla

Mezi základní veličiny pro výpočet výkonu a výroby energie z vodního zdroje patří průtok, spád a účinnost hydroagregátu tj. vodního stroje (turbíny, čerpadla, vodního kola), případně elektrického hydroalternátoru či motorgenerátoru. Charakteristickými parametry pro každé energetické dílo jsou zejména: průtok Q , spád H , účinnost η , výkon P a výroba elektrické energie E .

(Dušička a kol., 2003)

3.4.1 Průtok turbínou

Průtokem turbínou se rozumí celkové množství vody protékající turbínou za 1 sekundu. Jedná se o úhrnné množství vody, potřebné pro provoz turbíny při daném zatížení, včetně ztrát. Jednotkou je $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

(Gabriel a kol., 1998)

Z vodohospodářského hlediska řešení vodní elektrárny jsou důležité hodnoty průtoků, které jsou k dispozici pro účinné energetické zpracování. Rozeznáváme tyto průtoky:

- nejmenší ($Q_{p \min}$) a největší ($Q_{p \max}$) využitelný průtok – nejmenší a největší průtok, který byl v uvažovaném období ve vodní elektrárně k využití
- nejmenší ($Q'_{p \min}$) a největší ($Q'_{p \max}$) využitelný – nejmenší a největší průtok vodní elektrárnou, který byl v daném období energeticky využitý
- průměrný roční využitelný průtok ($Q_{p \text{ roč}}$) – úhrnné množství vody, které by mohl být v jednom roce celkem využitelné, dělené počtem sekund v roce
- průměrný roční využitý průtok ($Q'_{p \text{ roč}}$) – úhrnné množství vody v jednom roce skutečně využitě ve vodní elektrárně, dělené počtem sekund v roce
- jalový průtok vodní elektrárny (Q_j) – průměrný průtok vodní elektrárny, který nebyl v daném energetickém období využitý
- provozní průtok vodní elektrárny (Q_{pr}) – dosažitelný průtok, který je k dispozici vodní elektrárně při daném spádu a v daném časovém okamžiku.

(Dušička a kol., 2003)

Z hlediska průtoku vody vodním strojem rozeznáváme:

- průtok turbínou (Q_T) – průtok využitý turbínou včetně vody prosáknuté ucpávkou a obtokovými trubkami, rozumíme tím celkové množství vody potřebné na provoz turbíny při daném zatížení včetně ztrát
- hltlost turbíny (Q_H) – největší průtok turbínou, který se často vztahuje k určitému spádu
- jmenovitá hltlost (Q_{jm}) – maximální průtok turbínou při jmenovitém spádu (tj. při spádu, při němž je největší účinnost)
- návrhový průtok turbínou (Q_n) – průtok při návrhových hodnotách spádu, výkonu a otáček turbíny
- využitelný průtok turbínou (Q_v) – průtok, který je turbína při příslušném okamžitém spádu schopna účinně energeticky zpracovat
- jednotkový průtok turbínou (Q'_1) – průtok přepočítaný na spád $H = 1\text{ m}$ a průměr oběžného kola $D = 1\text{ m}$
- průtok turbínou při chodu naprázdno (Q_0) – průtok turbínou při chodu s nabuzeným hydroalternátorem bez zatížení, při návrhových otáčkách turbíny a při návrhovém spádu

- průtoková kapacita – největší průtok, který lze převádět přes všechny vodní stroje hydroenergetického díla

(Dušička a kol., 2003)

3.4.2 Spád

Spád H je v obecném významu výškový rozdíl dvou bodů hladiny. U vzdouvacích staveb je to rozdíl dvou hladin – nad a pod ní. Spádem vodní elektrárny se rozumí výškový rozdíl hladin před vtokem a před vyústěním do odpadu vodní elektrárny.

(Dušička a kol., 2003)

V hydroenergetické praxi rozlišujeme dva druhy spádů – hrubý, celkový spád H_b a užitný, čistý spád H .

- hrubý spád H_b (brutto) je celkový statistický spád mezi dvěma uvažovanými profily úseku řeky, který chceme energeticky využít. Je dán rozdílem hladin v těchto profilech při nulovém průtoku vodní elektrárnou, takže jej lze na hotovém díle určit nivelací.
- užitný spád H (netto) je výškový rozdíl mezi čarami energie těsně před vodním motorem a za ním. Je to hrubý spád, od něhož jsou odečteny hydraulické ztráty v přivaděči a odpadu, které se nezahrnují do účinnosti turbíny.

(Gabriel a kol., 1998)

Pro turbíny se uvádějí tyto užitečné spády:

- návrhový spád (H_n) - spád s největší pravděpodobností výskytu při návrhových hodnotách průtoku a výkonu hydroagregátu vodní elektrárny (na tento spád je turbína dodávána)
- maximální spád (H_{max}) – největší užitečný spád, na který je turbína konstruována
- jmenovitý spád (H_m) – užitečný spád, při němž má turbína nejlepší hydraulické vlastnosti (největší účinnost)

(Gabriel a kol., 1998)

3.4.3 Princip fungování vodních elektráren

Ve vodních elektrárnách voda roztáčí turbínu, která je na společné hřídeli s elektrickým generátorem (dohromady tvoří turbogenerátor). Mechanická energie proudící vody se tak mění na energii elektrickou. Ta se následně transportuje a odvádí do míst spotřeby.

(Mastný, 2011)

3.4.4 Vodní turbíny

Vodní turbína je rotační vodní motor přeměňující jen kinetickou nebo kinetickou i tlakovou část mechanické energie v mechanickou energii rotující hřídele.

(Dušička a kol., 2003)

Vodní turbíny jsou technicky nejdokonalejší mechanické motory vůbec. Dosahují až 95% účinnosti. (Obr. 1)

(Mastný, 2011)

Turbíny lze rozlišovat dle způsobu přenosu energie vody na turbínu. Rozlišujeme tedy turbíny rovnotlaké (akční), kdy se mění tlaková energie v pohybovou (např. Peltonova a Bánkiho turbína) a turbíny přetlakové (reakční), kdy se mění část tlakové energie v rozváděcím kole na energii pohybovou. Na lopatky oběžného kola přichází voda s částečným přetlakem. Ten se zde mění v energii otáčivého pohybu (např. Francisova a Kaplanova turbína)

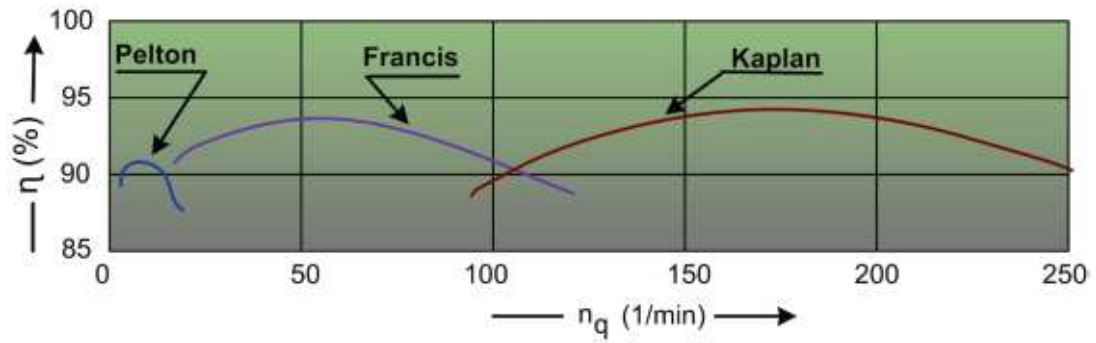
(Gabriel a kol., 1998)

3.4.4.1 Rozdělení vodních turbín (Obr. 2)

1. **Peltonova turbína** – rovnotlaká turbína využívaná pro velké spády (15 – 1800 m) a malé průtoky, v energetice se využívá vertikální uložení turbín s výkonem až 200 MW
2. **Bánkiho turbína** – rovnotlaká turbína s dvojnásobným průtokem oběžného kola, využitelná pro spády od 1–50m (ekonomická výhodnost pro spády od 4m), rozsah průtoky od $50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ po jednotky $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
3. **Kaplanova turbína** – klasická přetlaková turbína s dobrou regulací výkonu, využitelná pro spády od 1 do 20m, průtoky od 0,1 do několika $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, využití zejména pro jezové a říční MVE

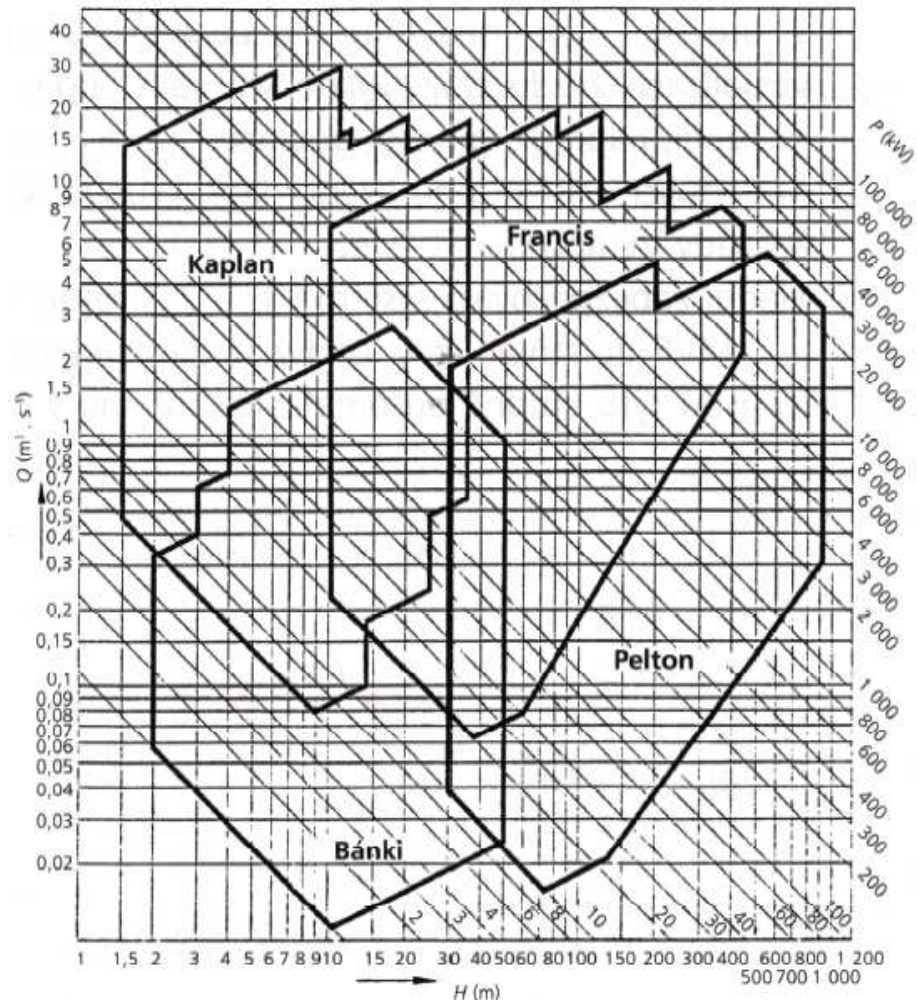
4. **Francisova turbína** – přetlaková turbína využitelná pro celé spektrum průtoků a spádů, dnes instalována zejména pro spády větší než 10 m a velké průtoky

[11]



Obrázek 1: Dosahové účinnosti základních typů turbín

(Mastný, 2011)



Obrázek 2: Oblasti použití základních typů turbín

(Mastný, 2011)

3.4.5 Špičkování vodních elektráren

Mezi specifický problém u provozu velkých přehradních vodních děl patří špičkování. Jedná se zpravidla o nárazový provoz vodních elektráren 2x denně (zpravidla ráno a večer), kdy dochází ke zvýšení z minimálního až nulového průtoku na průtok daný hltností turbín. Ve špičkovém režimu pracuje většina vodních elektráren jak ve světě, tak i u nás. Samotné špičkování je charakteristické náhlým až povodňovým nástupem průtoku. Při zastavení provozu vodní elektrárny dojde k poklesu průtoku, snížení hloubky a plochy hladiny. Tento proces je pomalejší a do značné míry je závislý na morfologii říčního dna.

(Adámek a kol., 2010)

3.5 Vliv vodních elektráren na životní prostředí

Při provozu vodních elektráren jsou jejich majitelé nebo správci nuceni dodržovat složité vztahy v rámci hospodaření s vodními toky a jejich okolním prostředím. Jedná se zejména o spolupráci se správcem vodního toku a dále je nutné plnit závazky vůči orgánům státní správy. Čím dál více se totiž vyskytují otázky ochrany přírody a životního prostředí, které podporují rozvíjet spolupráci s veřejností.

(Gabriel a kol., 1998)

3.5.1 Pozitivní vlivy MVE na životní prostředí

Malé vodní elektrárny jsou z ekonomického pohledu nejefektivnějším a ke svému okolí nejšetrnějším zdrojem výroby elektrické energie. Zároveň nezatěžují životní prostředí a přírodní bohatství. Jako jediné stavby v porovnání s jinými inženýrskými stavbami (průmyslové, dopravní, občanské aj.) nezabírají trvale půdu.

Souhrn činitelů, ovlivňujících výstavbu a provoz MVE, lze rozčlenit na globální a lokální.

(Dušička a kol., 2003)

3.5.1.1 Globální přínosy a pozitiva

Tyto přínosy vyplývají z výhod využívání vodní energie u hydroenergetických děl v porovnání s hlavními energetickými zdroji. Těmito zdroji jsou u nás hlavně jaderné a tepelné elektrárny. Malé vodní elektrárny představují nevyčerpatelný a zároveň ekologicky a ekonomicky nejvýhodnější zdroj energie. Mezi hlavní pozitiva zejména patří to, že: neznečišťují ovzduší kouřem a jinými látkami; nedevastují a neznečišťují krajinu, povrchové ani podzemní vody; jsou bezodpadové; jsou nezávislé na importu surovin ze zahraničí; poskytují vyšší zabezpečení proti haváriím; při velmi nízkých provozních nákladech zaručují dlouhodobou životnost a návratnost vložených investičních prostředků; neničí životní prostředí trvalým zábořem půdy; přispívají k vytváření nových podmínek pro rekreaci obyvatelstva a při vhodném architektonickém řešení dotvářejí krajinný ráz. Mezi jeden z hlavních ekologických přínosů lze označit skutečnost, že každá kilowatthodina vyrobená v MVE ušetří přibližně 1,5 kg hnědého uhlí v tepelné elektrárně. Dnes takto vodní elektrárny

nahrazují až 3 mil. tun hnědého uhlí ročně. Toto číslo by mohlo být až třikrát vyšší při plném využití hydroenergetického potenciálu.

(Dušička a kol., 2003)

3.5.1.2 Lokální přínosy a pozitiva

Výstavba a rekonstrukce MVE je v dnešní době všeobecně podporována širší veřejností a v řadách profesionálních ekologů se již také nesetkáváme s výrazným nesouhlasem. Především je to dáno tím, že: MVE jsou navrhovány, budovány a téměř vždy využívány bez akumulčních nádrží a přednostně jsou budovány v lokalitách s již soustředěným spádem nebo u nových vodních děl, které nemají energetické využití.

Na tocích v ČR existují desítky lokalit s jezy nebo stupni s již soustředěným spádem, které jsou vybudovány pro jiné účely, a zde zůstává vodní energie nevyužita. V posledních letech byly na těchto místech MVE vybudovány, ovšem velký počet jich zůstává stále nevyužit. Na opravu a rekonstrukci čekají i zrušené a odstavené MVE, které byly po desítky let nedílnou součástí okolního krajinného prostředí a nyní zde jen chátrají a jejich torza narušují krajinný ráz.

(Dušička a kol., 2003)

Při vybudování vodního díla s MVE dochází v mnoha směrech k významnému a pozitivnímu ovlivnění nejen samotného toku, ale i přilehlého území podél tohoto toku. K těmto pozitivním vlivům můžeme uvést např. stabilizaci hladin v toku za nízkých průtoků; zvýšení ochrany přilehlého území proti povodním; zmírnění až zastavení erozního procesu; možnost účinné likvidace znečištění; zlepšování kvality vody a rozšíření možností pro rekreaci a sport. Tyto uvedené vlivy se významně a výrazně projevují zejména, pokud vytvářejí vodní díla na toku souvislou kaskádu na sebe navazujících stupňů.

(Dušička a kol., 2003)

3.5.2 Negativní vlivy MVE na životní prostředí

Přírodovědci a ekologové v mnoha případech poukazují na celou řadu negativních vlivů při výstavbě a provozu MVE. Dle jejich názoru negativně působí na okolní přírodní a životní prostředí. Nejčastěji se mezi ně zařazují: změna průtokových poměrů; zvýšení sedimentační, resp. erozní účinnosti toku; změna režimu podzemní vody; migrace ryb a

vodních živočichů přes stupně na tocích; potenciální únik ropných látek; ohrožení vodních živočichů chodem turbín; změny druhového složení vodních organismů; hlučnost provozu; ovlivnění břehových porostů; zábor pozemků a zásahy do území během stavby; urbanistický zásah do okolního krajinného prostředí a ovlivnění rekreační plavby.

Bez dokonalé studie, která bere v potaz všechny možné negativní vlivy na životní prostředí, by nemohla být vybudována žádná vodní elektrárna, proto tato kritika vyplývá většinou z neznalosti technického řešení a provozu MVE či ze zaujatosti daného ekologa.

(Dušička a kol., 2003)

4 MATERIÁLY A METODIKA

Literární rešerše byla z větší části zpracována z odborné literatury. Tato odborná literatura byla částečně doplněna internetovými zdroji. Jednalo se zejména o zdroje týkající se vodních elektráren či zákonů potřebných k jejich provozu.

Veškeré materiály k vypracování této bakalářské práce mi byly zprostředkovány panem Ing. Stanislavem Čuprem, ředitelem obnovitelných a kogeneračních zdrojů společnosti EON Trend, s.r.o., který mi poskytl především materiály týkající se historie a technických parametrů daných elektráren a částečnou fotodokumentaci, a panem RNDr. Jiřím Zahradkou, CSc., autorizované osobě, který pro tuto společnost prováděl biologické hodnocení. Samotný monitoring byl prováděn ve společnosti EON Trend, s.r.o. v Brně. Všechny vodní elektrárny jsem osobně navštívil, a proto je fotodokumentace vodních elektráren doplněna o mé vlastní fotografie. Po celou dobu vypracování této práce probíhaly odborné konzultace s vedoucí práce Ing. Petrou Oppeltovou, Ph.D. a Ing. Stanislavem Čuprem.

5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

5.1 Vymezení oblasti povodí Dyje

Oblast povodí Dyje je druhou největší z osmi oblastí povodí na území ČR. (Obr. 3) Jejím správcem je povodí Moravy. Je vějířovitého tvaru a ve vztahu k řece Dyji je asymetricky vyvinutá. Na jihozápadě sousedí s oblastí povodí Dyje nacházející se již v Rakousku. Na severovýchodě a východě sousedí s povodím Moravy, na severu a severozápadě s oblastmi Horního a Středního Labe, Dolní Vltavy podél rozvodnice Severního a Černého moře. Celková plocha povodí je 13 419 km², z toho na území České republiky je přibližně 11 164 km². Oblast povodí Dyje zasahuje na našem území celkem do šesti krajů: Jihomoravský kraj (55,2%), kraj Vysočina (34,3%), Jihočeský kraj (4,5%), Pardubický kraj (4,4%), Zlínský kraj (1,1%) a Olomoucký kraj (0,5%).

[5]

Oblast povodí Dyje není příliš výškově členitá a to je způsobeno zejména tím, že její největší body jsou situovány na Českomoravské vrchovině. Nejvyšším bodem je vrchol Javořice (837 m n.m.), naopak nejnižším bodem je vyústění Dyje do Moravy (150 m n.m.) Největší svislá odlehlost tak činí cca 680 m.

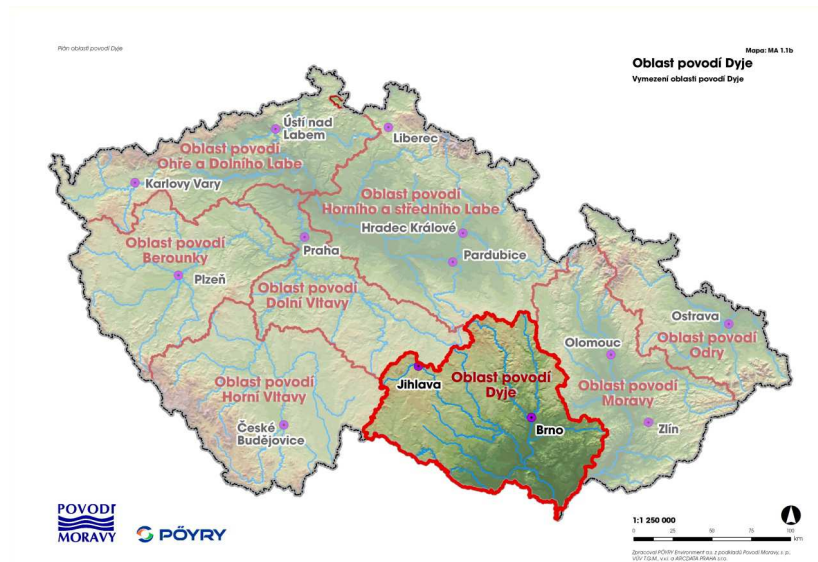
[5]

Hlavním tokem je řeka Dyje. Po hydrologické stránce patří oblast povodí Dyje stejně jako oblast povodí Moravy k úmoří Černého moře. Hlavní pramennou oblast tvoří východní a jižní část Českomoravské vrchoviny. Mezi další významné toky patří např. Kyjovka, Jevišovka, Svitava, Jihlava, Litava, Rokytná a Oslava.

[6]

V celé této oblasti jsou klimatické podmínky teplé, mírně teplé a okrajově je i jedna oblast chladná. I z tohoto důvodu tvoří převážnou část oblasti povodí Dyje zemědělská půda a lesy.

[6]



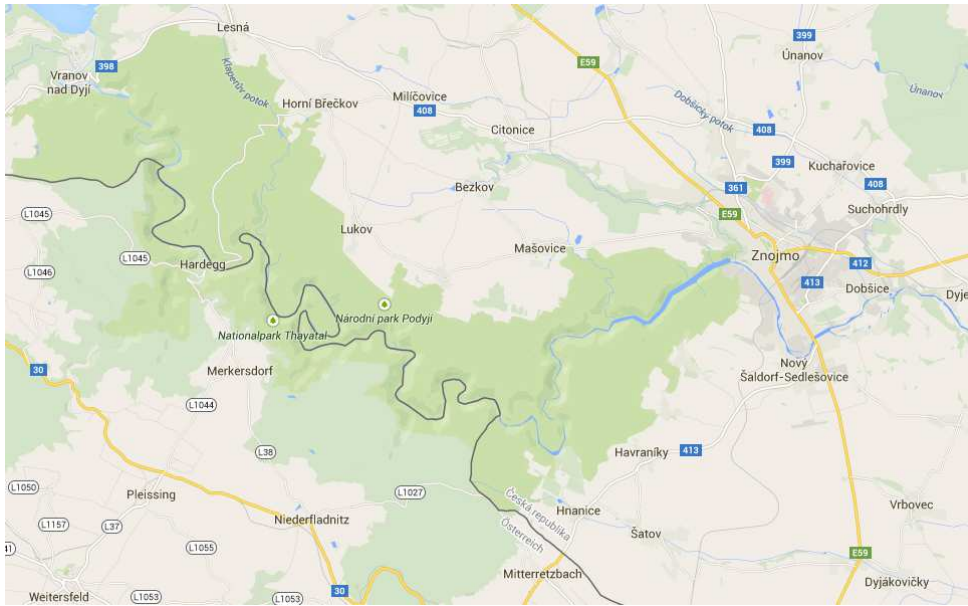
Obrázek 3: Vymezení oblasti povodí Dyje

[5]

5.2 Vymezení zájmového území

Zájmové území představuje část toku řeky Dyje, které se nachází v Národním parku Podyjí. (Obr. 4) NP Podyjí je nejmenším NP v České republice. Tento park leží na jihovýchodě naší republiky. Nachází se v okrese Znojmo, který spadá do Jihomoravského kraje. Byl vyhlášen nařízením vlády ČR č. 164 ze dne 20. 3. 1991. Výměra NP činí 6276 ha, výměra ochranného pásma je 2822 ha. Území NP sleduje tok řeky mezi Znojmem a Vranovem nad Dyjí v délce 42 km. Na západním a východním okraji území zahrnuje NP plochy na obou březích řeky Dyje. Na většině území toku Dyje (34km) ovšem tvoří hranici mezi Českou republikou a Rakouskem a území NP Podyjí tudíž leží pouze na jejím levém břehu.

[7]



Obrázek 4: Vymezení NP Podyjí

[8]

6 POPIS JEDNOTLIVÝCH ELEKTRÁREN

V daném území a na vymezeném toku řeky Dyje se nachází 4 vodní elektrárny. Tři z nich jsou vybudovány ve Vranově nad Dyjí. Jedná se o VE Vranov, MVE Vranov 2 a MVE Vranov 3. Čtvrtá elektrárna je situována do Znojma a je to MVE Znojmo. Celá koncepce elektráren ve Vranově nad Dyjí přispívá ke zlepšení ekologie řeky Dyje.

6.1 VE Vranov

6.1.1 Historie

Otázkou využití vodní síly řeky Dyje se již od roku 1908 zabývaly bývalé Podyjské závody. Využití bylo navrženo v pěti stupních, přičemž Vranovská přehrada byla stupněm nejhořejším. Její výstavba včetně udělení koncese na využití vodních sil pro výrobu elektřiny byla Podyjským závodům povolena vodohospodářským rozhodnutím Císařsko-královského okresního hejtmantství Znojmo dne 28. srpna 1912, přičemž převoditelné využití vodní síly bylo uděleno na 90 let. (V roce 2002 bylo v zákonné lhůtě zažádáno provozovatelem o její prodloužení.) Co se týče výstavby vodní elektrárny a využití vodní síly z této přehrady, byla sjednána smlouva mezi Západomoravskými elektrárnami (dále ZME) na straně jedné a Československým státem a zemí Moravskoslezskou na straně druhé. Touto smlouvou bylo ZME, v rámci udělené koncese (výměr okresního hejtmantství ve Znojmě ze dne 28. srpna 1912) propůjčeno právo na využití nádrže a to jen k výrobě energie do roku 2000. Historické zahájení provozu vodní elektrárny Vranov bylo 11. března 1934, 11. dubna téhož roku bylo připojeno na síť první soustrojí této vodní elektrárny. Koncem roku 1934 ZME vyrobily 765,492 kWh. Počínaje roku 1935 lze konstatovat, že začal normální provoz elektrárny a během celého roku bylo vyrobeno 8 736, 900 kWh. Po Mnichovu v roce 1938 byla elektrárna, i se vším elektrárenským zařízením, zabrána a přičleněna k Rakousku. ZME byly nuceny elektrárnu prodat akciové společnosti NEWAG se sídlem ve Vídni. Tento prodej se uskutečnil 1. 4. 1940 a výše kupní ceny byla stanovena na 75 mil. Kč. Po skončení druhé světové války se stává vlastníkem vodní elektrárny stát, který ji pak zpětně začleňuje do národního podniku Západomoravské elektrárny. Během několika let elektrárna mnohokrát měnila majitele. Od roku 1961 patřila i s ostatními vodními elektrárnami do nově vzniklého podniku Jihomoravské energetické závody n.p. Brno, se kterým sdílí svůj osud až do dnešních dnů.

6.1.2 Popis

Vodní elektrárna byla vybudována jako špičková a v tomto režimu je provozována i v současnosti. Pro vyrovnání nepravidelných odtoků do řeky Dyje slouží vyrovnávací nádrž Znojmo s průtočnou vodní elektrárnou, která byla uvedena do provozu v roce 1967.

Špičkovým provozem vodní elektrárny Vranov je tedy ovlivněn úsek řeky Dyje v délce zhruba 43 km, z čehož cca 40 km leží v I. zóně NP Podyjí a asi v délce 34 km tvoří hranici s Rakouskem. Ve smyslu původních projektů měl být energeticky využit i tento úsek. Dle posledního Směrného vodohospodářského plánu na využití vodní energie jsou na území NP evidovány dvě lokality na stavbu přehrad (VE Býčí skála a MVE Hardegg), které v podstatě využijí celý hydroenergetický potenciál dané oblasti. Vlivem dotčení zájmu Rakouska a ekonomické náročnosti tato díla nebyla realizována a v budoucnosti k její realizaci dojde jen stěží.

Vlivem špičkového provozu VE Vranov dochází ke značnému kolísání průtoků a ke změnám zavodnění koryta řeky Dyje. Minimální zůstatkový průtok v korytu řeky Dyje pod jezem Formóza byl zvýšen z $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na hodnotu $2,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respektive na hodnotu $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v měsíci září a říjnu. Stalo se tak díky výstavbě MVE Vranov 3, kdy došlo k revitalizaci náhonu u jezu Formóza.

V průběhu několika dalších období došlo, v rámci oprav a investiční činnosti, k mnoha změnám. Jedná se zejména o rekonstrukce, modernizace a opravy. Po dokončení všech těchto činností umožnilo snížení směnových pracovníků téměř na polovinu. (Příloha č. 5, 10)

6.1.3 Technické parametry (Tab. 2)

Tabulka 2: Technické parametry VE Vranov

Rok uvedení do provozu	1934
Celkový instalovaný výkon	18 900 kW
Počet a typ turbín	3x vertikální Francisova
Hltnost	$16,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Spád	42,7 m
Otáčky	300 min ⁻¹
Průměr oběžného kola	1540 mm
Výrobce turbína/generátor	ČKD Blansko / Škoda Plzeň
Průměrná roční výroba	25 357 MWh

6.2 MVE Vranov 2

6.2.1 Popis

Tato elektrárna byla vybudována v roce 2012 a jejím účelem je zlepšení energetického využití stávajícího vodního díla Vranov. Stavba je situována jako samostatně stojící vedle stávající strojovny VE Vranov na dně paty hráze vodního díla Vranov. (Příloha č. 6) Jedná se o elektrárnu průtočnou, která pracuje 8760 hodin v roce a slouží k zajištění minimálního zůstatkového průtoku v řece Dyji ve výši 3,2 m³.s⁻¹. (Příloha č. 4)

6.2.2 Technické parametry (Tab. 3)

Tabulka 3: Technické parametry MVE Vranov 2

Rok uvedení do provozu	2012
Celkový instalovaný výkon	1125 kW
Počet a typ turbín	1 (vertikální Francisova)
Hltnost	3,5 m ³ .s ⁻¹
Spád	42 m
Otáčky	600min ⁻¹
Průměr oběžného kola	700mm
Výrobce turbína/generátor	ČKD Blansko/TES Vsetín

6.3 MVE Vranov 3

6.3.1 Popis

Jedná se také o nově vybudovanou elektrárnu, která byla zprovozněna v roce 2012. Vznikla po revitalizaci bývalého mlýnského náhonu a leží cca 3 km pod Vranovským zámkem. Tato elektrárna využívá zvýšený zůstatkový průtok pod vodní elektrárnou Vranov. (Příloha č. 3)

6.3.2 Technické parametry (Tab. 4)

Tabulka 4: Technické parametry MVE Vranov 3

Rok uvedení do provozu	2012
Celkový instalovaný výkon	44 kW
Počet a typ turbín	2x Kaplanova
Hltnost	1,4 m ³ .s ⁻¹
Spád	1,4-2,2m
Otáčky	1025 min ⁻¹
Průměr oběžného kola	700 mm
Výrobce turbína/generátor	Elzaco / Siemens
Průměrná roční výroba	300 MWh

6.4 MVE Znojmo

6.4.1 Historie

Pro plné zabezpečení špičkového provozu byla nejprve pod VE Vranov připravována výstavba vyrovnávací nádrže Vranov II s průtočnou vodní elektrárnou, jako jedno z dalších 4, variantně 3 vodních děl, které měly dále využívat hydroenergetický potenciál řeky Dyje pod Vranovem až po Znojmo. Zhruba kolem roku 1952 začaly být pro výstavbu vyrovnávací nádrže Vranov zvažovány dvě varianty: Vranov II a Znojmo. Především vlivem stanovisek zástupců státní správy byla nakonec vybrána lokalita Znojmo. Přípravu a vlastní výstavbu vyrovnávací nádrže s vodní elektrárnou převzala

organizace: „Krajské vodohospodářské rozvojové investiční středisko“. Od doby uvedení elektrárny do provozu v roce 1967, došlo v rámci oprav a investiční činnosti, k mnoha změnám. Jednalo se zejména o různé rekonstrukce, modernizace a stavební úpravy.

6.4.2 Popis

Jedná se o přehradní, průtočnou vodní elektrárnu sloužící jako vyrovnávací pro špičkovou vodní elektrárnu Vranov nad Dyjí. Tato elektrárna slouží především k vyrovnání rozkolísaných průtoků v řece Dyji vlivem špičkového provozu vodní elektrárny Vranov nad Dyjí, k výrobě elektrické energie v průtočné vodní elektrárně, odběru vody skupinového vodovodu Znojmo a k zajištění odběrů vody pro závlahy. (Přílohy č. 7, 8, 9)

6.4.3 Technické parametry (Tab. 5)

Tabulka 5: Technické parametry MVE Znojmo

Rok uvedení do provozu	1967
Celkový instalovaný výkon	1350 kW
Počet a typ turbín	2x Kaplanova, protékavý generátor
Hltnost	6,0 m ³ .s ⁻¹
Spád	14,3 m
Otáčky	500 min ⁻¹
Průměr oběžného kola	1000 mm
Výrobce turbína/generátor	ČKD Blansko/ ČKD Praha
Průměrná roční výroba	4845 MWh

7 VÝSLEDKY MONITORINGU A DISKUZE

Jelikož při monitoringu vodních elektráren není třeba terénního průzkumu, všechna sledování a monitorování probíhala v Brně ve společnosti E.ON Trend s.r.o., která se zabývá kogeneračními a obnovitelnými zdroji energie. Tato společnost je provozovatelem a vlastníkem výše zmíněných vodních elektráren.

Systém řízení jednotlivých soustrojí všech elektráren E.ON Trend na Moravě je třístupňový. Já sám jsem se setkal pouze s druhým stupněm, který pracuje s vizualizačním a ovládacím systémem (IOS). Tento systém umožňuje dálkové ovládání strojů z dozorny příslušné vodní elektrárny a zároveň zajišťuje monitorování. IOS se skládá z ovládacího pracoviště, které je vybaveno počítačem s barevnými monitory, klávesnicí, myší, tiskárnou a záložním zdrojem UPS. Na IOS Systému je nainstalován vizualizační systém SW Promotic firmy Microsys, který pracuje pod operačním systémem NT 4.0.

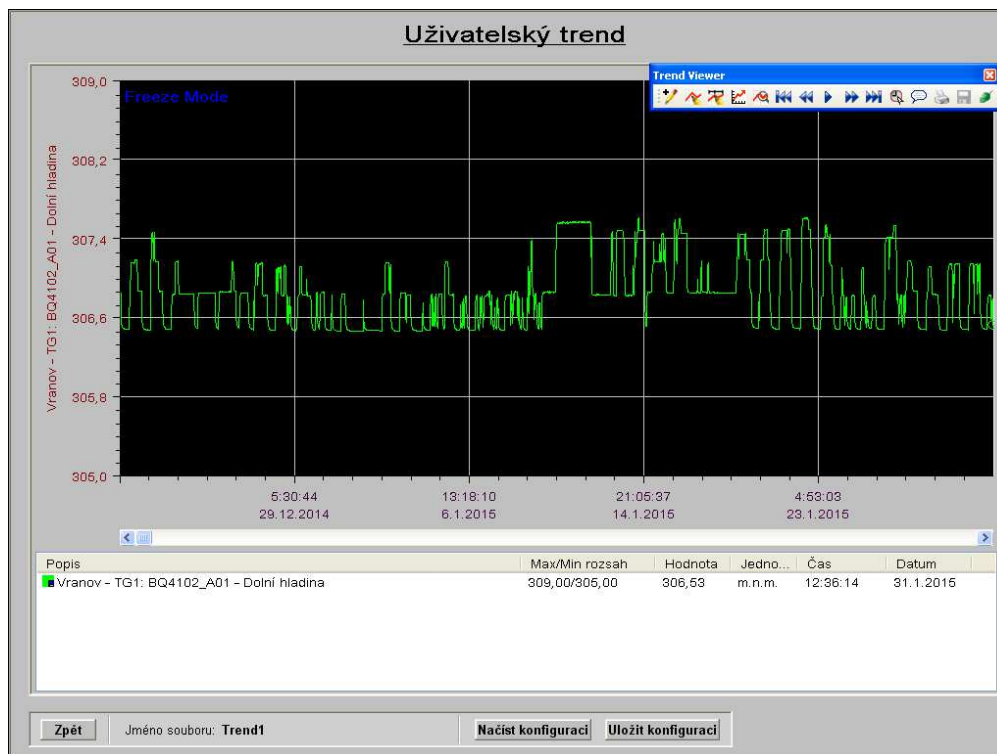
Popis obrazovek IOS: Každá obrazovka se skládá ze 2 částí. Vlastní obrazová část zabírá většinu obrazovky, pod ní je umístěna přepínací lišta. Úvodní obrazovku tvoří přehled, tj. pohled na vybranou elektrárnu s nejdůležitějšími údaji o turbogenerátorech. Podrobnější technologické schéma se vyvolá pro jednotlivé stroje volbou ze spodní lišty na daný turbogenerátor (např. TG1, TG2).

Osobně jsem se nejvíce zajímal o obrazovku Elektro, která je sestavena z několika monitorů sloužících k monitorování celé elektročásti elektrárny. Je zde vidět schéma propojení na vnější síť se signalizací polohy odpojovačů a vypínačů. Slouží pro poruchová hlášení, zobrazení stavů, historii událostí, zobrazení vybraných trendů (prohlížení grafických průběhů veličin), přehled všech vstupních a výstupních jednotek (včetně stavů, velikosti měřených veličin, komunikačních propojení,...) servis a informace o SW.

7.1 VE Vranov

Vodní elektrárna Vranov pracuje v tzv. špičkovém režimu. Bohužel při monitorování této elektrárny zůstalo pouze u takzvaných špiček a nebylo dosaženo jiných materiálů, než jsou ty, které udávají, kolik turbín zrovna v daný okamžik pracuje. Uvádím „extrémní“ situace, kde bylo v řece hodně vody (Obr. 5) a situaci, kdy je vody naopak

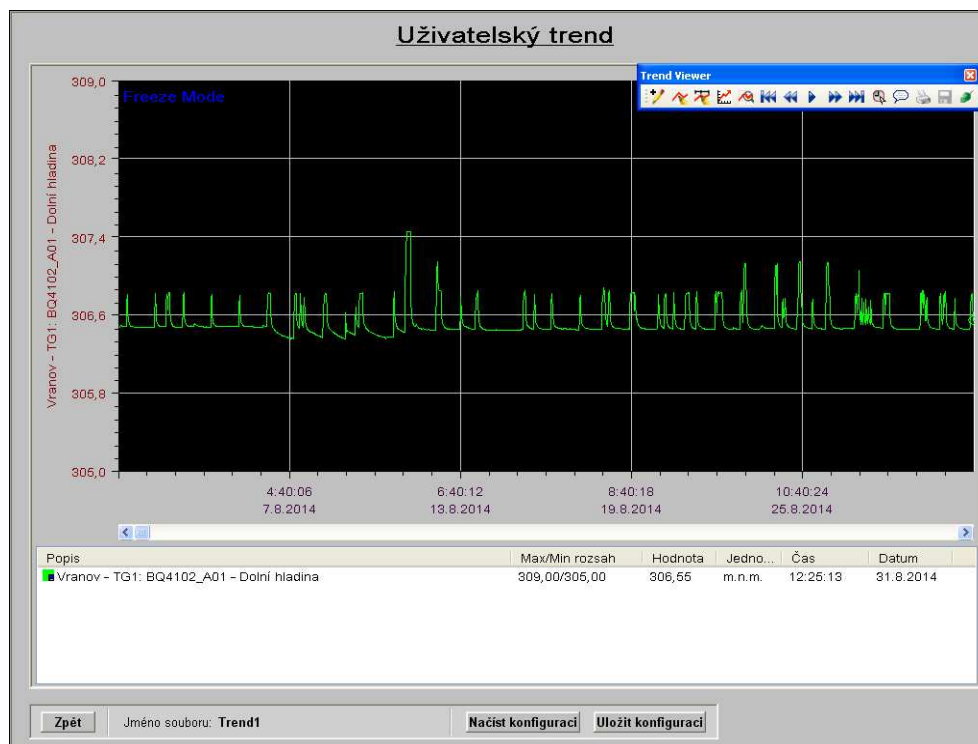
málo (Obr. 6) Monitorování probíhalo od července 2014 do února 2015. U obou případů značí zelená čára kótu dolní hladiny.



Obrázek 5: VE Vranov – leden

(Zdroj: O. Zimek)

Z tohoto grafu, který zachycuje leden 2015 lze vyčíst, že v jeden okamžik pracují tři turbíny zároveň a tím je dán maximální možný průtok turbínou ($3 \times 16,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a tím pádem se vyrábí i nejvíce energie. Tenhle jev je podmíněn tím, že se v řece nachází velké množství vody. Opačný stav (Obr. 6) zachycuje srpen roku 2014, kdy je naopak v řece málo vody a zde můžeme vidět krátké nájezdy elektrárny, kdy pracuje většinou pouze 1 turbína ($1 \times 16,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).



Obrázek 6: VE Vranov – srpen

(Zdroj: O. Zimek)

7.2 MVE Vranov 2

Z monitorování všech elektráren se mi dostalo nejlepších výsledků právě u této vodní elektrárny, kde se daly zjistit všechny informace, které byly v mém zájmu. (Tab. 6) Elektrárna byla monitorována od března 2014 do února 2015 (Příloha č. 1). Výsledky monitorování byly zpracovány do následující tabulky:

Tabulka 6: Výsledky monitoringu MVE Vranov 2

Období	Průtok turbínou (m ³ s ⁻¹)			Spád (m)			Činný výkon (kW)		
	min	max	průměr	min.	max.	průměr	min.	max.	průměr
1.3.- 30.7. 2014	3,26	3,47	3,38	38,07	39,40	38,78	979	1054	1001
1.8. - 31.10. 2014	0,00	3,76	2,60	39,37	40,72	40,12	0	1111	694
1.11. - 30.11. 2014	2,65	3,76	3,56	38,81	40,67	40,02	899	1101	1061
1.12. - 31.12. 2014	3,38	3,65	3,42	38,54	40,30	39,58	1016	1111	1050
1.1.- 31.1. 2015	3,39	3,68	3,51	38,05	40,49	39,53	1015	1117	1045
1.2. - 28.2. 2015	3,41	3,72	3,56	38,86	40,52	39,89	983	1120	1083

7.3 MVE Vranov 3

U této elektrárny nebyl proveden žádný monitoring. Neprovádí ho ani společnost E.ON Trend. Je zde totiž trvalý průtok turbínou $1,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a jedná se o minielektrárnu, která má průměrnou roční výrobu pouze 300 MWh. Slouží zejména k zajištění minimálního zůstatkového průtoku u jezu Formóza.

7.4 MVE Znojmo

Zde jsem byl opět seznámen s problémem, kdy monitorování neprobíhá takřka vůbec nebo probíhá pouze v omezeném množství. Monitorování bylo minimalizováno pouze na průtoky turbínami TG 1 a TG 2. (Tab. 7). Monitorování zachycuje období od června 2014 až do února 2015. (Příloha č. 2) Výsledky jsou opět zaznamenány v tabulce:

Tabulka 7: Výsledky monitoringu MVE Znojmo

Období	Průtok turbínou ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)			
	TG1		TG2	
	max.	průměr	max.	průměr
1.6. - 31.8.2014	7,56	5,3	7,66	5,27
1.9. - 31.10.2014	11,45	6,76	7,67	4,99
1.12.-28.2.2015	7,64	5,35	7,74	6,92

Žádné jiné výsledky již nebyly k dispozici, a proto jsem se dále zaměřil na provoz vodních elektráren na řece Dyji a jejich vlivy na biocenózu.

7.5 Vliv elektráren na biocenózu

Řeka Dyje představuje biotop rostlinných a živočišných druhů. Existence přehradní nádrže a způsob vypouštění vody z ní vytváří významný selekční tlak na přítomné organismy, v jehož důsledku dochází ke změně biocenóz. Druhy, které nejsou schopné tolerovat změněné podmínky, ze společenstva buďto mizí nebo se snižuje

jejich početnost. Oproti tomu druhy, které jsou schopny změnu podmínek tolerovat, svůj podíl ve společenstvech zvyšují, popřípadě se ve společenstvech objevují druhy nové. V případě řeky Dyje došlo ke změně původně epipotamálního společenstva makrozoobentosu (vodní bezobratlí větší než 0,5-1mm) na společenstvo ritrální. V případě ichtyocenózy (rybí společenstvo) se změnilo pásmo parmové na druhotné pásmo pstruhové. V rámci těchto společenstev pak probíhají v podélném profilu toku změny, které odrážejí postupné vyznívání hlavních stresových faktorů – v podélném profilu toku jsou transformovány jak účinky nízkých průtoků v mimoturbínovém provozu VE Vranov, tak i účinky přívalových vln při špičkovém turbínovém provozu. Z výsledků hydrobiologického průzkumu vyplývá, že společenstvo makrozoobentosu pozitivně reaguje na změny ve způsobu manipulace s vodou, ke kterým došlo v posledních letech (uvedení do chodu MVE Vranov 2 a Vranov 3) – všechny tyto změny vedou ke snížení environmentálního stresu, na což toto společenstvo reaguje pozitivními změnami (rozšíření druhového spektra, rychlejší rehabilitace v podélném profilu).

Současný stav rybního společenstva – ichtyocenózy – je velmi neuspokojivý. Osídlení řeky Dyje bylo v první polovině 90. let minulého století velice dobré. Populace druhů, které byly předmětem rybářského hospodaření na pstruhových revírech byly velmi početné (pstruh potoční, pstruh druhový, lipan podhorní). V případě pstruha potočního a lipana podhorního docházelo i k úspěšné reprodukci. K mimořádně významnému úbytku došlo na přelomu roku 1995/1996 díky prvnímu zimnímu náletu kormoránů. Tyto nálety se každoročně opakují a úsilí věnované vysazováním rybích násadek nevede k obnově původního bohatství řeky Dyje. Predačního stresu na pstruhy využila populace vranky, patřící do pstruhového pásma evropských vod, která toleruje průtokový turbínový i mimoturbínový provoz. Vranka, která žije skrytým způsobem, snadno odolává predaci kormorána a tak se jednoduše stala druhem dominantním.

Jak minimální průtoky, tak i přívalové vlny při turbínovém provozu ovlivňují stav makrofyt. V podélném profilu řeky Dyje dochází k určité zonaci v druhovém spektru makrofyt – v horním úseku (zhruba po Hardegg) dominují mechy, zatímco v nižších úsecích lakušník vodní. Jsou – li jarní průtoky vyšší, porosty makrofyt jsou rozlehlejší a naopak.

(Zahrádka, 2013)

Dle Divišové (2012) požadovala Správa NP Podyjí zvýšení minimálního zůstatkového průtoku u jezu Formóza z $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $2,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (listopad – červenec) a $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (září, říjen). Této hodnoty bylo následně dosaženo vybudováním a zprovozněním MVE Vranov 3. Správa NP se dále snažila průtok $2,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ještě zvýšit. To se jí nakonec povedlo a tento minimální zůstatkový průtok pod vodním dílem Vranov v řece Dyji se zvětšil na konečnou hodnotu $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Začalová (2012) uvádí, že provoz a stavba MVE nikterak závažným způsobem negativně neovlivňuje životní prostředí, protože provozovatelé a majitelé musí dodržovat povinnosti, které jim byly zákonem stanoveny. S tímto názorem se ztotožňují, jelikož změny, které nastaly po uvedení MVE Vranov 2 a MVE Vranov 3 do provozu, způsobily zlepšení přírodních poměrů a zároveň pozitivně ovlivnily hodnotu minimálního zůstatkového průtoku pod vodním dílem Vranov až na $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Současně se snižuje frekvence provozu druhé a třetí turbíny u VE Vranov. Dochází tak ke snižování environmentálního stresu a zlepšení přírodních poměrů ve srovnání se stavem, za kterého byl Národní park Podyjí vyhlášen.

8 ZÁVĚR

Smyslem této práce bylo zjištění, jakým způsobem může být ovlivněno životní prostředí výstavbou a provozem vodních děl. Jedná se buďto o ovlivnění pozitivní či negativní. Jako objekty posouzení byly využity kaskády tří vranovských děl. Jedná se o VE Vranov, MVE Vranov 2 a MVE Vranov 3.

Vodní elektrárny ovšem mají jinou důležitou funkci. Tou je výroba elektrické energie. Ta je v místě vzniku převáděna ihned do sítě. K velkému plusu vodních elektráren patří to, že jsou bezodpadové a nezatěžují ovzduší a okolní prostředí. Z obnovitelných zdrojů jsou malé vodní elektrárny nejekonomičtější a ke svému okolí nejšetrnějším zdrojem výroby elektrické energie.

Výsledky monitoringu nejsou příliš uspokojivé. Práce se zabývá především průtokem turbínou, činným výkonem a spádem v daných měsících. Nejlepší monitoring byl proveden pouze u MVE Vranov 2 a to především díky dostatku všech požadovaných dat a informací. Monitorovací systém totiž není moc dobře ovladatelný a pochopitelný. Sami pracovníci společnosti E.ON Trend, kde byl monitoring prováděn, nebyli schopni v rámci této práce poskytnout relevantní pomoc a rady. Je tomu tak zejména proto, že sami nejsou se systémem dostatečně obeznámeni a objasnění některých informací pro ně bylo komplikované.

Z ekologického hlediska zde mohl být problém s minimálním zůstatkovým průtokem. Ten nemusí být provozovatelem vždy dodržován a to zejména v zimních a letních měsících, kdy je v řekách málo vody, musely by se odstavovat turbíny a to by způsobovalo velké finanční ztráty. Tento problém byl zjištěn zejména pod jezem Formóza, ovšem po vybudování MVE Vranov 3 se minimální zůstatkový průtok zvedl z $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ až na $2,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a v září a říjnu na $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A vybudováním MVE Vranov 2 se tento minimální zůstatkový průtok pod vodním dílem Vranov dostal až na hodnotu $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dle názoru některých ekologů mají MVE negativní dopad na životní prostředí a okolí. Velmi často se jedná pouze o jejich neznalost a jejich kritika je neoprávněná. MVE by totiž nemohly být vůbec vystavěny, kdyby studie obsahovala nějaký negativní dopad na životní prostředí.

Na základě zjištěných informací o vodních elektrárnách v povodí Dyje na Znojensku jsem dospěl k názoru, že jejich provoz nikterak negativně neovlivňuje

životní prostředí. To platí dvojnásob, jelikož řeka Dyje je zde součástí NP Podyjí a bývá pod větším drobnohledem hlavně v očích ekologů.

9 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M. *Aplikovaná hydrobiologie*. 2. rozšířené upravené vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2010, 350 s. ISBN 978-80-87437-09-4.

DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, P. *Malé vodní elektrárny*. První vydání. Bratislava: Jaga group, v.o.s., 2003, 175 s. ISBN 80-88905-45-1.

DIVIŠOVÁ, S., 2012: *Problematika kolísání hladiny na vybraných úsecích řeky Dyje*. Brno. Diplomová práce (nepubl.). Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Vedoucí práce Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.

GABRIEL, P., KALANDRA, P., ČIHÁK, F. *Malé vodní elektrárny*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1998, 321 s. ISBN 80-01-01812-1.

HASÍK, O., DOSTÁLOVÁ, J. *Vodní stavitelství: pro rozsah studia jednoho ročníku*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2002, 236 s. ISBN 80-248-0078-0.

MASTNÝ, P. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2.

PUNČOCHÁŘ, P. *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. v úplném znění k 23. lednu 2004 s rozšířeným komentářem*. 3. vyd. se změnami. Praha: Sondy, 2004, 392 s. ISBN 80-86846-00-8.

RYBNIKÁŘ, J., ŠÁLEK, J., SVOBODA, F. *Vodní stavitelství*. 1. vyd. Brno: VUT, 1993, 164 s. ISBN 80-214-0511-2

ZAČALOVÁ, R., 2012: *Hodnocení vlivu MVE na životní prostředí*. Brno. Bakalářská práce (nepubl.). Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Vedoucí práce Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.

ZAHRÁDKA, J., 2013: *Povolení k nakládání s vodami pro VE Vranov*. Malešovice. Biologické hodnocení ve smyslu podle § 67 zák. 114/1992 Sb. (nepubl.)

10 PŘEHLED INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- [1] Ekowatt © 2015. [online].[cit. 21.2.2015] Dostupné z:
<http://www.ekowatt.cz/uspory/vodni-energie.shtm>
- [2] Hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů © 2015. [online].[cit. 21.2.2015]
Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?pubid=6186&TypeID=7&foldid=5913&foldtype=7>
- [3] Vodní a tepelné elektrárny © 2015. [online].[cit. 10.3.2015] Dostupné z:
<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/vodni-elektrarny-cr.htm>
- [4] ČEZ © 2015. [online].[cit. 11.3.2015] Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/flash-model-jak-funguje-vodni-elektrarna.html>
- [5] Povodí Moravy © 2015. [online].[cit. 10.4.2015] Dostupné z:
<http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/a-1.html>
- [6] Povodí Moravy (Plán oblasti povodí Moravy) © 2015. [online].[cit. 10.4.2015]
Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/strucny-souhrn/strucny_souhrn_DY.pdf
- [7] NP Podyjí (Plán péče 2012-2020) © 2015. [online].[cit. 10.4.2015] Dostupné z:
http://www.nppodyji.cz/uploads/dokumenty/PP_Podyji2012_2020.pdf
- [8] Google maps © 2015. [online].[cit. 10.4.2015] Dostupné z:
<https://www.google.cz/maps/@48.8754563,16.2125043,15z?hl=cs>
- [9] Zákony pro lidi © 2015. [online].[cit. 12.4.2015] Dostupné z:
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>
- [10] TZB - info © 2015. [online].[cit. 12.4.2015] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-165-2012-sb-a-souvisejici-predpisy>
- [11] Vodní elektrárny © 2015. [online].[cit. 12.3.2015] Dostupné z:
<http://slideplayer.cz/slide/3334676/>

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Teoreticky využitelný potenciál vodních toků v ČR do 10MW dle dílčích povodí k roku 2003:	18
Tabulka 2: Technické parametry VE Vranov	32
Tabulka 3: Výsledky monitoringu MVE Znojmo	33
Tabulka 4: Technické parametry MVE Vranov 3	34
Tabulka 5: Technické parametry MVE Vranov 3	35
Tabulka 6: Výsledky monitoringu MVE Vranov 2	38
Tabulka 7: Výsledky monitoringu MVE Znojmo	39

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

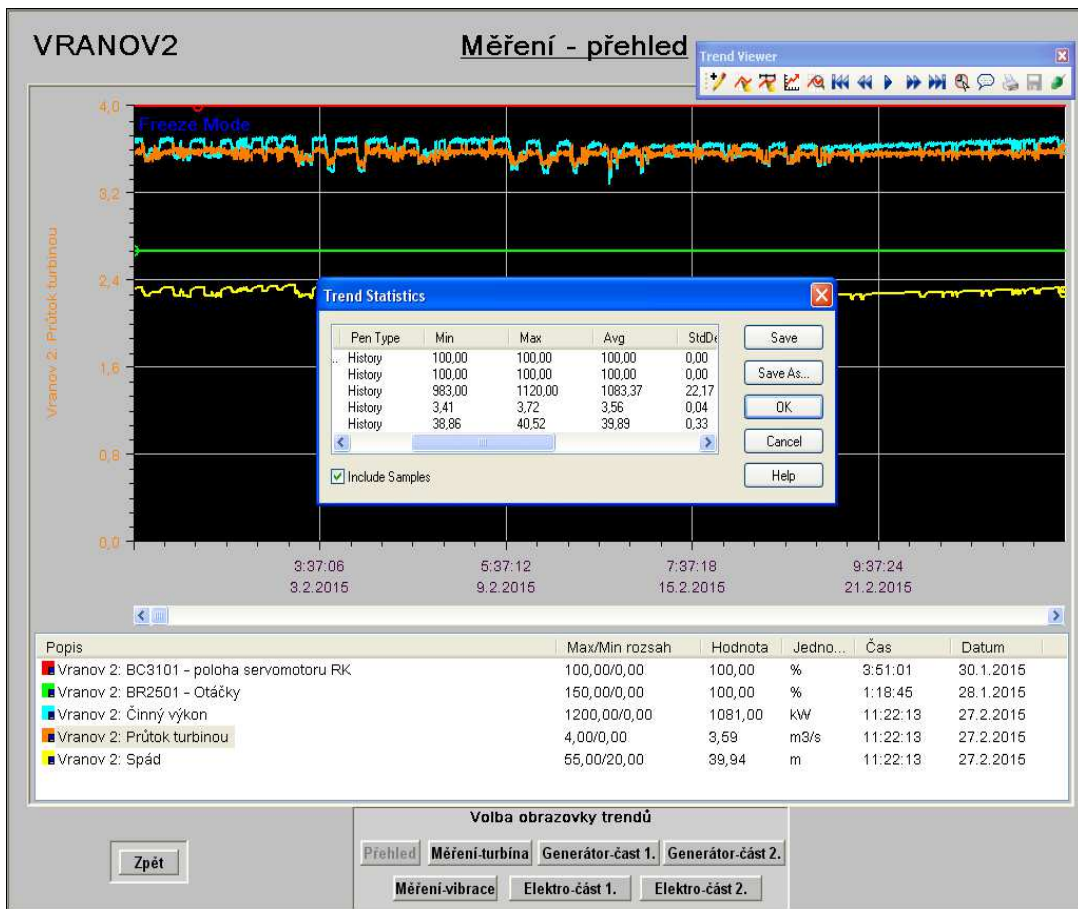
Obrázek 1: Dosahové účinnosti základních typu turbín.....	22
Obrázek 2: Oblasti použití základních typů turbín.....	23
Obrázek 3: Vymezení oblasti povodí Dyje	29
Obrázek 4: Vymezení NP Podyjí	30
Obrázek 5: VE Vranov - leden.....	37
Obrázek 6: VE Vranov - srpen.....	38

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Screenshot z monitoringu MVE Vranov 2.....	50
Příloha č. 2: Screenshot z monitoringu MVE Znojmo	51
Příloha č. 3: MVE Vranov 3	51
Příloha č. 4: MVE Vranov 2.....	52
Příloha č. 5: VE Vranov	52
Příloha č. 6: Vodní elektrárny MVE Vranov 2 a VE Vranov	53
Příloha č. 7: VD a MVE Znojmo.....	54
Příloha č. 8: MVE Znojmo	55
Příloha č. 9: VD Znojmo s MVE Znojmo	56
Příloha č. 10: Řez VE Vranov	56

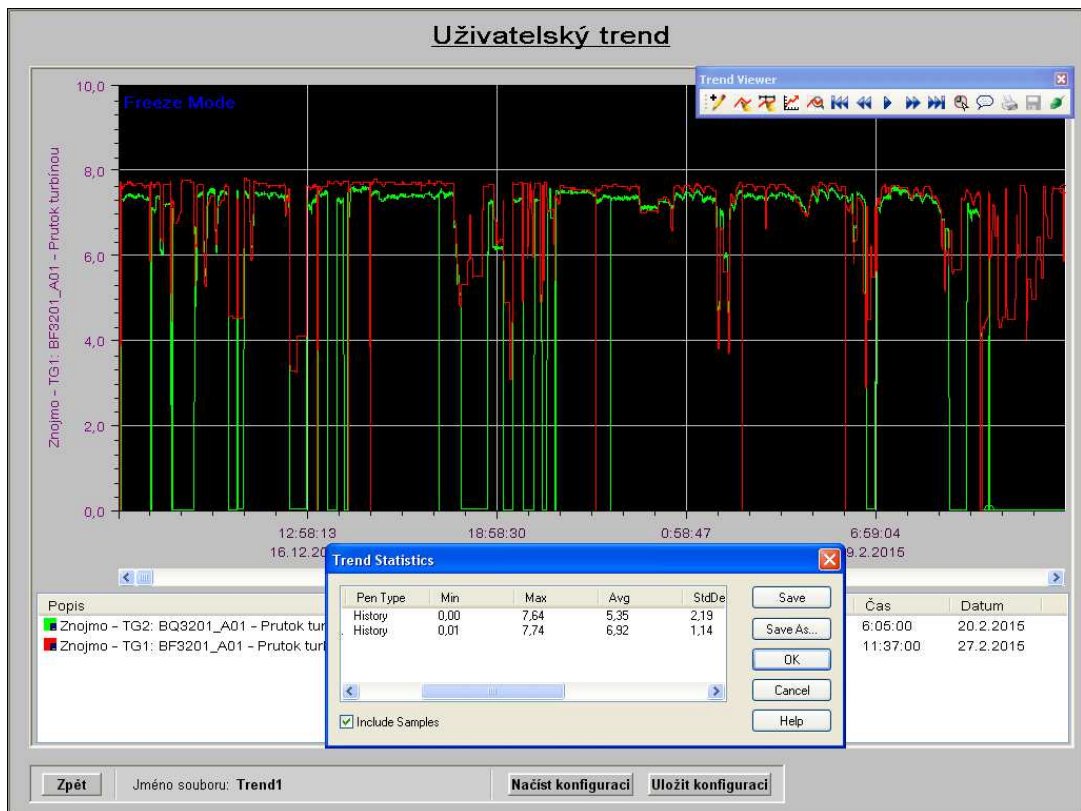
PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Screenshot z monitoringu MVE Vranov 2



(Zdroj: O. Zimek)

Příloha č. 2: Screenshot z monitoringu MVE Znojmo



(Zdroj: O. Zimek)

Příloha č. 3: Fotodokumentace: MVE Vranov 3



(Zdroj: Ing. Stanislav Čupr)

Příloha č. 4: Fotodokumentace: MVE Vranov 2



(Zdroj: Ing. Stanislav Čupr)

Příloha č. 5: Fotodokumentace: VE Vranov



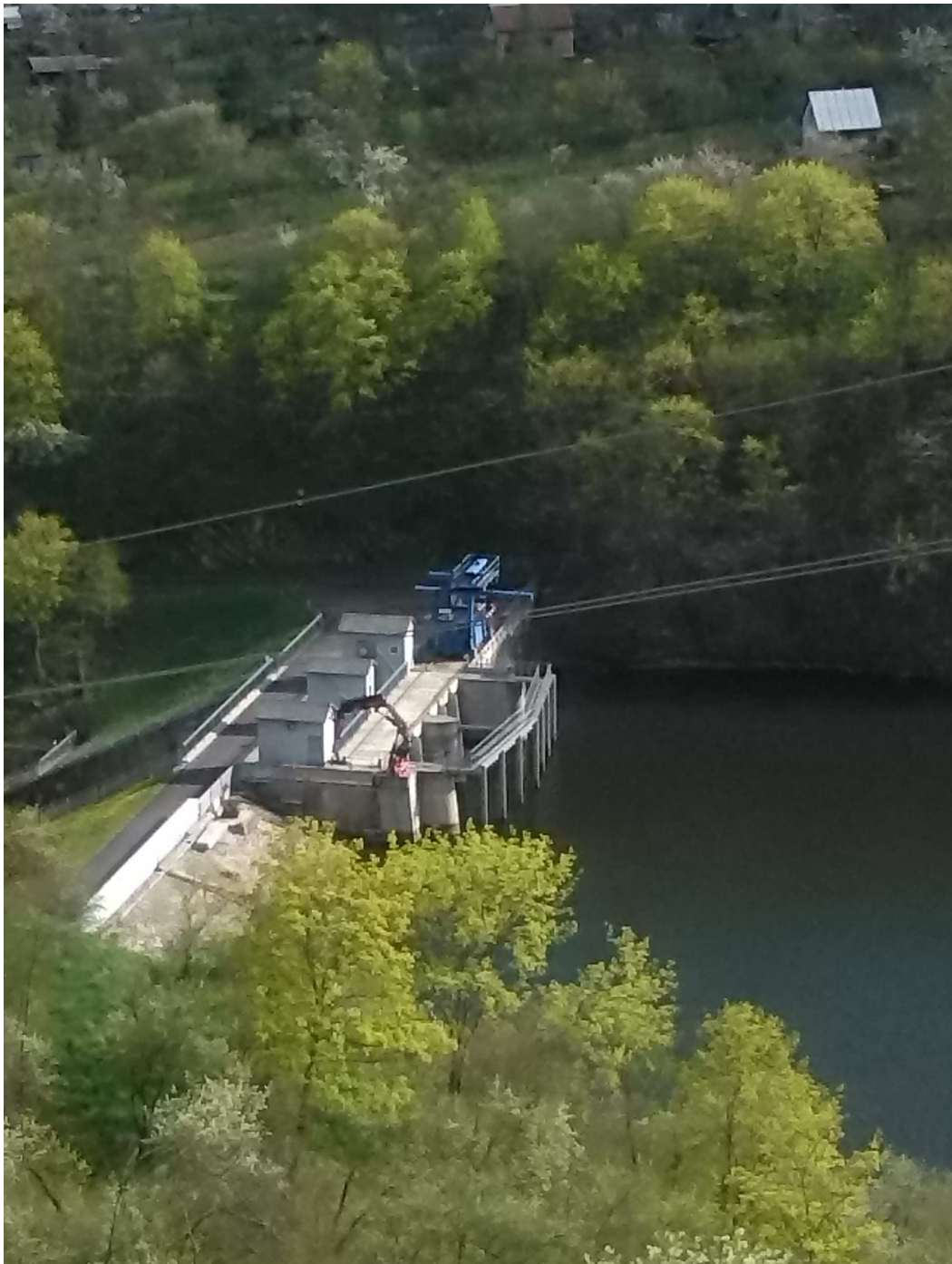
(Zdroj: O. Zimek)

Příloha č. 6: Fotodokumentace: Vodní elektrárny MVE Vranov 2 a VE Vranov



(Zdroj: O. Zimek)

Příloha č. 7: Fotodokumentace: VD a MVE Znojmo



(Zdroj: O. Zimek)

Příloha č. 8: Fotodokumentace: MVE Znojmo



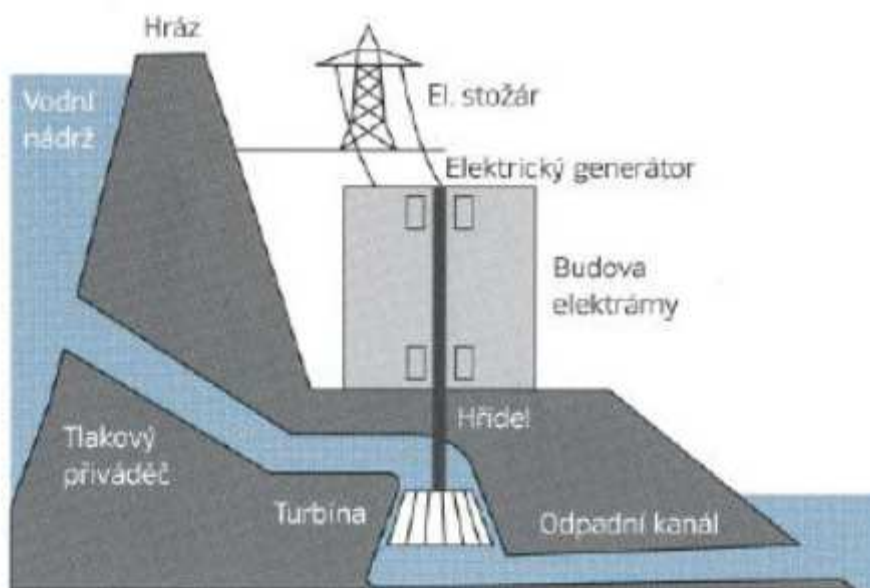
(Zdroj: Ing. Stanislav Čupr)

Příloha č. 9: VD Znojmo s MVE Znojmo



(Zdroj: O. Zimek)

Příloha č. 10: Řez VE Vranov



(Zdroj: Ing. Stanislav Čupr)