

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ A
HUMANITNÍCH VĚD



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza obnovy malé vodní elektrárny

Jaromír KNÍŽE

Praha 2021

Vedoucí práce:

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.

Studijní program:

Elektrotechnika, energetika a management

Specializace:

Elektrotechnika a management

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kníže** Jméno: **Jaromír** Osobní číslo: **483861**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza obnovy malé vodní elektrárny

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of the renewal of a small hydroelectric power plant

Pokyny pro vypracování:

- 1) Současný stav využití hydropotenciálu v České republice.
- 2) Analýza využití hydropotenciálu řeky Berounky.
- 3) Návrh obnovy vodního díla MVE na Berounce.
- 4) Ekonomické zhodnocení návrhu.
- 5) Závěrečné doporučení.

Seznam doporučené literatury:

- 1) BEDNÁŘ, Josef. Turbíny: (malé vodní elektrárny). Českovice: Marcela Bednářová, 2013. ISBN 978-80-905437-0-6.
- 2) ČSN 75 0120. Vodní hospodářství: Terminologie hydrotechniky. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2009, 166 s.
- 3) HOLATA, Miroslav, Pavel GABRIEL, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- 4) MELICHAR, Jan. Malé vodní turbíny. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-010-1403-7.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D., katedra elektroenergetiky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **13.01.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20. května 2021

Jaromír Kníže

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Mgr. Vítu Kleinovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Obrovské poděkování patří mým rodičům a celé rodině za neutuchající podporu a pomoc v mém životě a studiu.

Abstrakt

Bakalářská práce v první části shrnuje aktuální stav využití energetiky malých vod v České republice. Konkrétně se zaměřuje na řeku Berounku. Zjišťuje stav příčných překážek toku a jejich využití k energetickým účelům. Na první část, převážně analytickou, navazuje druhá, zaměřující se na obnovu jednoho zaniklého energetického díla při stávající příčné překážce zmíněného toku. V závěru práce je kromě technického návrhu i hodnocení ekonomické stránky celého problému.

Klíčová slova: Berounka, voda, energie, malá vodní elektrárna, obnova

Abstract

The bachelor thesis describes the current state of use of small hydropower plants in the Czech Republic. It is focused on the Berounka river where it examines the condition of weirs and their use for energy purposes. The first half of the thesis is mostly analytical. The second half discusses a proposal to renovate one defunct power plant. The end of the thesis contains the technical solution of the design as well as the evaluation from the economic point of view.

Keywords: Berounka, water, energy, small hydropower plant, reconstruction

Obsah

1	Úvod	1
2	Současný stav využití hydropotenciálu v České republice.....	2
2.1	Druhy vodních elektráren.....	3
2.2	Instalovaný výkon a vyrobená elektrická energie v ČR.....	4
2.3	Rozvoj MVE	4
3	Analýza využití hydropotenciálu řeky Berounky	6
3.1.1	Jez Černošice – MVE Blukský mlýn	6
3.1.2	Jez Dolní Mokropsy – MVE Kadečkův mlýn.....	7
3.1.3	Jez Dobřichovice – MVE Dobřichovice – Havlíkův mlýn	8
3.1.4	Jez Řevnice – MVE Řevnický mlýn	9
3.1.5	Jez Zadní Třebaň – MVE Zadní Třebaň.....	10
3.1.6	Jez Karlštejn – Klučický mlýn	10
3.1.7	Jez Beroun – MVE Beroun	11
3.1.8	Jez Hýskov – MVE Hýskov.....	12
3.1.9	Jez Nižbor – MVE Nižbor.....	13
3.1.10	Jez Sýkořice – MVE Valentův mlýn.....	14
3.1.11	Jez Roztoky u Křivoklátu – MVE Permon.....	15
3.1.12	Jez Nezabudice – MVE Nezabudický mlýn.....	15
3.1.13	Jez Šlovice – MVE Čechův mlýn	16
3.1.14	Jez Slabce – Kočkův mlýn	18
3.1.15	Jez Zvíkovec – MVE Fišerova elektrárna	18
3.1.16	Jez Hlince – MVE Lejskův mlýn	19
3.1.17	Jez Krašov – Podkrašovský mlýn.....	20
3.1.18	Jez Liblínský mlýn – Liblínský mlýn.....	21
3.1.19	Jez Liblín.....	21
3.1.20	Jez Libštejnský mlýn – MVE Libštejnský mlýn	21
3.1.21	Jez Olešná – MVE Podžikovský mlýn.....	22
3.1.22	Jez Kaceřov – MVE Kacéřovský mlýn	23
3.1.23	Jez Darová – MVE Darová	24
3.1.24	Jez Valentovský mlýn – MVE Valentovský mlýn	25
3.1.25	Jez Telín – bývalý Spálený mlýn	26
3.1.26	Jez Dolany – Dolanský mlýn	26

3.1.27	Jez Bukovec – MVE Bukovec – mlýn	27
3.1.28	Jez U Papírny – MVE Bukovec	27
3.2	Vyhodnocení analýzy	28
4	Návrh obnovy vodního díla MVE na Berounce	30
4.1	Lokalita.....	30
4.2	Místní majetkové poměry.....	30
4.3	Vodohospodářské poměry	30
4.3.1	Čára trvání průtoků	31
4.3.2	Minimální zůstatkový průtok	32
4.4	Hydroenergetický potenciál	33
4.5	Turbína	34
4.5.1	Účinnost turbíny	36
4.5.2	Výkon na hřídeli turbíny	37
4.5.3	Otáčky turbíny.....	38
4.6	Elektrotechnické vybavení MVE	39
4.6.1	Generátory.....	39
4.6.2	Převody	40
4.7	Výkon na výstupních svorkách elektrárny	41
4.8	Předpokládané množství vyrobené elektrické energie	42
4.9	Shrnutí technických parametrů elektrárny	43
5	Ekonomické zhodnocení.....	45
5.1	Technicko-ekonomické parametry, normativy	45
5.2	Finanční náročnost návrhu	46
5.3	Prodej vyrobené elektrické energie MVE	47
5.3.1	Tržní cena elektrické energie	48
5.3.2	Výkupní cena	49
5.3.3	Zelené bonusy	49
5.4	Předpokládané finanční toky.....	51
5.5	Diskontní míra.....	53
5.6	Čistá současná hodnota	55

5.7	Vnitřní výnosové procento	55
5.8	Návratnost investice	56
5.9	Výsledky ekonomické analýzy.....	56
5.10	Citlivostní analýza	57
6	Výsledky a diskuse provedených výpočtů.....	60
6.1	Technická část	60
6.2	Ekonomická část	60
7	Závěr.....	61
8	Seznam použité literatury	64
9	Seznam příloh	71

Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Jez Černošice – MVE Blukský mlýn.....	7
Obrázek 3.2 Jez Dolní Mokropsy – MVE Kadečkův mlýn	7
Obrázek 3.3 Jez Dobřichovice – MVE Dobřichovice.....	9
Obrázek 3.4 Jez Řevnice – MVE Řevnický mlýn.....	9
Obrázek 3.5 Jez Zadní Třebaň - MVE Zadní Třebaň.....	10
Obrázek 3.6 Jez Karlštejn	11
Obrázek 3.7 Jez Beroun – MVE Beroun.....	12
Obrázek 3.8 Jez Hýskov – MVE Hýskov	13
Obrázek 3.9 Jez Nižbor – MVE Nižbor	14
Obrázek 3.10 Jez Sýkořice – MVE Valentův mlýn	14
Obrázek 3.11 Jez Roztoky u Křivoklátu – MVE Permon	15
Obrázek 3.12 Jez Nezabudice - MVE Valentův mlýn	16
Obrázek 3.13 Jez Šlovice - MVE Čechův mlýn.....	17
Obrázek 3.14 Jez Slabce - Kočkův mlýn	18
Obrázek 3.15 Jez Zvíkovec - MVE Fišerova elektrárna	19
Obrázek 3.16 Jez Hlince - MVE Leskův mlýn	20
Obrázek 3.17 Jez Krašov - Podkrašovský mlýn.....	20
Obrázek 3.18 Jez Liblínský mlýn - Liblínský mlýn.....	21
Obrázek 3.19 Jez Libštejnský mlýn - MVE Libštejnský mlýn	22
Obrázek 3.20 Jez Olešná - MVE Žíkovský mlýn.....	23
Obrázek 3.21 Jez Kacéřov - MVE Kacéřovský mlýn	24
Obrázek 3.22 Jez Darová - MVE Darová	25
Obrázek 3.23 Jez Valentovský mlýn - MVE Valentovský mlýn	25
Obrázek 3.24 Jez Telín - Spálený mlýn	26
Obrázek 3.25 Jez Dolany - Dolanský mlýn.....	26
Obrázek 3.26 Jez Bukovec - MVE Bukovec - mlýn.....	27
Obrázek 3.27 MVE Bukovec	28
Obrázek 4.1 Graf čáry trvání průtoků – jez Karlštejn	31
Obrázek 4.2 Graf m-denních průtoků na jezu Karlštejn	34
Obrázek 4.3 Oblasti použití typů turbín.....	35
Obrázek 4.4 Graf účinnosti turbín v závislosti na jejich plnění	36
Obrázek 4.5 Trvání výkonu MVE.....	43
Obrázek 5.1 Graf kumulovaného DCF - varianta 1	57
Obrázek 5.2 Graf kumulovaného DCF - varianta 2	57
Obrázek 5.3 Citlivostní analýza – velikost investice	58

Obrázek 5.4 Citlivostní analýza – roční objem výroby.....	59
Obrázek 5.5 Citlivostní analýza - růst ceny elektřiny	59

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 MVE Blukský mlýn	6
Tabulka 3.2 MVE Kadečkův mlýn	7
Tabulka 3.3 MVE Dobřichovice.....	8
Tabulka 3.4 MVE Řevnický mlýn	9
Tabulka 3.5 MVE Zadní Třebaň	10
Tabulka 3.6 Jez Karlštejn.....	11
Tabulka 3.7 MVE Beroun.....	11
Tabulka 3.8 MVE Hýskov	13
Tabulka 3.9 MVE Nižbor.....	13
Tabulka 3.10 MVE Valentův mlýn.....	14
Tabulka 3.11 MVE Permon	15
Tabulka 3.12 MVE Nezaбудice.....	16
Tabulka 3.13 MVE Čechův mlýn	17
Tabulka 3.14 Kočkův mlýn.....	18
Tabulka 3.15 MVE Fišerova elektrárna	19
Tabulka 3.16 MVE Lejskův mlýn.....	19
Tabulka 3.17 Jez Krašov	20
Tabulka 3.18 Liblínský mlýn	21
Tabulka 3.19 Jez Liblín.....	21
Tabulka 3.20 MVE Libštejnský mlýn.....	22
Tabulka 3.21 MVE Žikovský mlýn	23
Tabulka 3.22 MVE Kacěřovský mlýn	24
Tabulka 3.23 MVE Darová.....	24
Tabulka 3.24 MVE Valentovský mlýn	25
Tabulka 3.25 Jez Telín.....	26
Tabulka 3.26 Jez Dolanský mlýn	27
Tabulka 3.27 MVE Bukovec - mlýn.....	27
Tabulka 3.28 MVE Bukovec.....	28
Tabulka 4.1 Doporučený MZP dle normy ČSN 75 2601.....	32
Tabulka 4.2 Porovnání variant využití návrhového pětoku MVE	38
Tabulka 4.3 Parametry MVE Klučický mlýn.....	44
Tabulka 5.1 Technicko-ekonomické parametry MVE v nových lokalitách	45

Tabulka 5.2 Kalkulace investice do zbudování MVE.....	47
Tabulka 5.3 Výchozí hodnoty CF – Výkupní cena.....	52
Tabulka 5.4 Výchozí hodnoty CF – Zelený bonus.....	52
Tabulka 5.5 Výkaz CF – Výkupní cena.....	53
Tabulka 5.6 Výkaz CF – Zelené bonusy.....	53
Tabulka 5.7 Použitá diskontní míra.....	54
Tabulka 5.8 Ekonomičtí ukazatelé.....	56

Seznam použitých zkratk

BTTO	Brutto; Hrubá mzda; Surová výroba
CF	Peněžní tok – Cash flow
ČEZ	ČEZ, a. s.
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČR	Česká republika
ČSR	Československá republika
DCF	Diskontovaný peněžní tok – Discounted cash flow
DPH	Daň z přidané hodnoty
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrizační soustava
FV	Budoucí hodnota – Future value
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IRR	Vnitřní výnosové procento – Internal Rate o Return
MVE	Malá vodní elektrárna
MZP	Minimální zůstatkový průtok
MŽP	Ministerstvo životního prostředí

NN	Nízké napětí
NPV	Čistá současná hodnota – Net Present Value
OTE	Operátor trhu energií, a. s.
OZE	Obnovitelný zdroj energie
POZE	Podpora obnovitelných zdrojů energie
PV	Současná hodnota – Present value
PVL	Povodí Vltavy, státní podnik
RCF	Roční ekvivalentní peněžní tok
ROI	Návratnost investice – Return of investment
RP	Rybí přechod
ř. km	Říční kilometr, měřeno od ústí
SPVEZ	Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů
VD	Vodní dílo
VE	Vodní elektrárna
VS	Vlastní technologická spotřeba MVE

Seznam použitých technických norem

- I. ČSN 01 6910: Úprava dokumentů zpracovaných textovými procesory
- II. ČSN 75 0120: Vodní hospodářství: Terminologie hydrotechniky
- III. ČSN 75 2601: Malé vodní elektrárny: Základní požadavky

1 Úvod

Voda je mocný živel s obrovskou mocí. Samotná moc představuje i pomoc. Právě pomoc vody, jakožto pohonné síly, je jeden z nejstarších způsobů pohonů těžší techniky. K prvnímu takovému doloženému využití vodní síly došlo přibližně ve 2. st. př. n. l. v Ilyrii na Balkánském poloostrově. Vodními koly s vertikální hřídelí byl poháněn jednoduchý mlýn. Tradice využívání vodního pohonu na našem území je o mnoho mladší, ale ne chudší. První zprovozněný mlýn poháněný vodou v Čechách nalezneme u Žatce na řece Ohři s kořeny sahajícími až do roku 718 n. l. Toto technické řešení není první jenom na území České koruny, ale taktéž se jedná o první vodní dílo tohoto typu na území celé Střední Evropy.^{1, 2}

Historie hydroenergetiky má v naší otčině dlouhou a trnitou historii. V místech, která každý dobře známe, se bude nacházet nějaký objekt, v němž někdy byl vodní motor. V dobách své největší slávy se celé jeho okolí bez něj neobešlo. Dnes lehce najdeme již nefungující kaskády za sebou se řadících mlýnů, pil nebo hamrů na jednom toku. Byly nedílnou součástí obživy a života celých krajů, ale s technickým „pokrokem“ byly uvrženy v zapomnění. Mnoho z nich, ale zdaleka ne všechna díla, byla přetvořena na ekologicky nezávadný zdroj elektrické energie. I přes tuto téměř jedinečnou vlastnost byly mnohé z nich odsouzeny ke zkáze.

Čas dozrál. S rostoucími požadavky obyvatel planety Země spotřebovávat elektřinu a s rostoucím věděním, se klade větší důraz na zdroj a způsob výroby spotřebovávané energie. Díky tomu snad bude možné brzy hovořit o znovuzrození velkoleposti hydroenergetiky.

¹ BEDNÁŘ, Josef. *Turbíny: (malé vodní elektrárny)*. Českovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 9788090543706.

² ŠTOLL, Čestmír, Stanislav KRATOCHVÍL a Miroslav HOLATA. *Využití vodní energie*. Praha 1: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1977. DT 621.22.

2 Současný stav využití hydropotenciálu v České republice

Voda z naší republiky odtéká do třech úmoří. Jsme plně závislí na srážkách dopadajících na naše území. I to je důvod, proč není možné naši rostoucí spotřebu elektrické energie pokrýt majoritně z vody. Předcházející věta ale nevylučuje možnost zvýšení množství vyráběné elektřiny pomocí vodních elektráren (VE) na maximální možnou mez a tím snížit objem chtěné elektřiny vyrobené konvenčním způsobem.

Za první republiky, tedy před 2. světovou válkou, bylo dle sčítání na území ČSR téměř 15 000 děl využívajících energii vody. Po únorovém převratu v roce 1948 dochází k silnému úpadku, devastaci a nežádanosti těchto děl. V současnosti je dle dostupné literatury v provozu 2 299 vodních elektráren, kdy 2 269 spadá do kategorie MVE.^{3,4}

Díla na malých vodních tocích sice nepatří k dominantním zdrojům elektrické energie v ČR, ale měly, mají a budou mít i mimo energetiku nezastupitelnou společenskou, vodohospodářskou a ekologickou roli. V historii vzniklo ve spojitosti s využitím „malých vod“ mnoho rybníků a akumulacních nádrží k všestrannému využití (zásoba vody, pěstování dřevin apod.), jezy a kanály, jež zlepšují stav podzemních vod v jejich okolí. Dochází též k odstraňování splavenin z toků, především plastů a odpadů, jež jsou dnes velmi diskutovaným tématem. Pokud je MVE správně realizována a provozována, pak má její provoz pozitivní vliv na život ve vodě.⁵

Nelze opomenout i negativní vliv na životní prostředí, který je majoritně způsoben lidským faktorem, tedy nedbalou starostí o vodní dílo (VD). Je smutné, že kvůli takovým nedbalcům bývá označován celý obor jako zavrženíhodný, i když se jedná o nejefektivnější způsob výroby elektrické energie, na níž jsem rok od roku víc závislí.

³ MELICHAR, Jan. *Malé vodní turbíny*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01403-7.

⁴ Registrace. *OTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/registrace>

⁵ Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR: Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 - 2030. In: *Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR: Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 - 2030* [online]. Praha: Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, 2018, 2018, s. 44 [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: http://www.spvez.cz/files/MVE_v_%C4%8CR.pdf

2.1 Druhy vodních elektráren

Následující pasáže jsou volně podle autora Josefa BEDNÁŘE.⁶ Vodní elektrárny rozdělujeme podle velikosti instalovaného výkonu na:

- MALÉ – instalovaný výkon do 10 MW,
- STŘEDNÍ – instalovaný výkon od 10 MW do 200 MW,
- VELKÉ – instalovaný výkon větší než 200 MW.

Podle způsobu provozování na:

- PRŮTOČNÉ – bez akumulčního prostoru; de facto stále v provozu,
- ŠPIČKOVÉ – díla s akumulčním prostorem, který umožňuje více regulovat dobu výroby; do této skupiny se řadí i přečerpávací elektrárny.

Provedení VE může být různě navrženo vzhledem k dané lokalitě, ekologii a technickým požadavkům vodního díla. Lze je rozdělit do následujících skupin:

- JEZOVÁ – elektrárna je umístěna v tělese jezu, který vytváří spád,
- DERIVAČNÍ – voda k turbíně je přiváděna kanálem (případně potrubím) mimo původní řečiště. Po průtoku vody strojovnou je objem vrácen do původního toku.
- BŘEHOVÁ – VE umístěná v bezprostřední blízkosti jezu na břehu toku,
- PŘEHRADNÍ – nejnáročnější řešení po všech stránkách,
- BEZ VZDUTÍ.⁷

Z předcházejících třech skupin vyplývá rozdělení VE podle velikosti spádu, který jde ruku v ruce s použitým technickým řešením VE, s řešením vzdouvacího objektu a s umístěním potřebných strojů. Dle spádu dělíme takto:

- NÍZKOTLAKÉ – využívány spád do 20 m,
- STŘEDOTLAKÉ – využívány spád od 20 m do 100 m,
- VYSOKOTLAKÉ – využívány spád je větší než 100 m.⁸

⁶ BEDNÁŘ, Josef. *Turbíny: (malé vodní elektrárny)*. Českovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 9788090543706. Str. 53 až 55

⁷ MELICHAR, Jan. *Malé vodní turbíny*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01403-7. Str. 7

⁸ *Vodní elektrárna* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna

2.2 Instalovaný výkon a vyrobená elektrická energie v ČR

Veškeré obnovitelné zdroje energie (OZE) jsou závislé na počasí. Následující pasáže čerpají z *Roční zprávy o provozu ES v ČR 2019*.⁹ Hydroenergetika není výjimkou. Instalovaný výkon VE v ČR je posledních 10 let téměř konstantní, tudíž by bylo možné očekávat konstantní objem výroby elektrické energie. Posledních 6 let je velmi suchých, což se neblaze promítlo do brutto výroby ve vodních elektrárnách na našem území.

Instalovaný výkon vodních elektráren naší vlasti je 1 094 MW, z toho střední a velké elektrárny (tzn. instalovaný výkon nad 10 MW) zauímají 69 %. Zbývajících 31 % (tedy 341 MW) spadá do skupiny MVE, kde se skupina dělí přibližně na dvě stejně velké skupiny MVE do 1 MW a MVE od 1 MW do 10 MW.

Za kalendářní rok 2019 VE vyrobily btto 2 008 GWh elektrické energie, které tvoří 2 % z celkové tuzemské výroby a 15 % produkce OZE v ČR. Poměrové rozložení vyrobené energie je oproti rozložení instalovaného výkonu velmi rozdílné. Polovinu, konkrétně 51 %, vyrobené energie z vody zajistily MVE. Je zřejmé, že hrají podstatnou roli ve výrobě energie ve VE.

2.3 Rozvoj MVE

Míst pro zbudování velkých vodních elektráren s výkony v řádech několika desítek MW je u nás málo. Právě proto by měl přijít na řadu rozvoj MVE, které ze své podstaty budou rozesety po celé zemi. Tím vzniknou decentralizované zdroje elektřiny, které mají z energetického hlediska své neopomenutelné klady. Na lokální úrovni by došlo (mimo jiné) ke zkrácení vzdálenosti přenosu mezi elektrárnou a spotřebitelem a tím ke snížení ztrát při přenosu výkonu. V neposlední řadě bychom měli chtít rozvíjet energetiku malých vod, protože provozováním MVE vzniká tlak na správné udržování řek a potoků. Sami provozovatelé musí dbát o správné fungování koloběhu vody, aby mohla jejich zařízení efektivně fungovat.

Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů (SPVEZ) ve svém výsledku šetření o rozvoji MVE v ČR uvádí, že je reálně dosažitelné zvýšení instalovaného výkonu „malých vod“ až o 52,6 MW do roku 2030. Dále upozorňuje na skutečnost byrokratické

⁹ *Roční zpráva o provozu ES ČR 2019*, Energetický regulační úřad [online]. 2020 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy>

složitosti zřízení nových VE, jež mnoho potenciálních investorů může odradit. Posledním kamenem úrazu rozvoje jsou finance a motivace pro rekonstrukce, případně rozšiřování stávajících zařízení.¹⁰

¹⁰ Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR: Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 - 2030. In: *Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR: Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 - 2030* [online]. Praha: Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, 2018, 2018, s. 44 [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: http://www.spvez.cz/files/MVE_v_%C4%8CR.pdf

3 Analýza využití hydropotenciálu řeky Berounky

Řeka bez pramene vzniká soutokem dvou západočeských řek v srdci Plzně. Majestátní řeky Mže a Radbuza dávají za vznik krásnou řeku Berounku, s její ještě stále téměř nedotčenou krásou, proslulou v nejednom příběhu či vyprávění. Vodní tok, kroutící se meandry, od středu Plzně přes husté křivoklátské lesy, královské město Beroun, údolím pod hradem Karlštejn až k Praze, kde se stéká s řekou Vltavou. Po celé její délce (139 km) se setkáme s téměř 30 vodními díly měnícími podobu řeky a její okolí.¹¹

3.1.1 Jez Černošice – MVE Blukský mlýn

Na 8,3. říčním kilometru stojí v Černošicích jez s vodním motorem už od roku 1523. V roce 1919 zde byly nainstalovány čtyři turbíny o spádu 2 m a celkovém instalovaném výkonu 250 kW, které bez dlouhodobého přerušení provozu vyrábějí elektrickou energii. Jez byl v letech 2014 až 2017 kompletně zrekonstruován včetně dostavění tzv. rybího přechodu.^{12, 13, 14}

Jez Černošice - MVE Blukský mlýn	
Výška jezu:	2,75 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh jezová
Počet vodních motorů:	4
Instalované turbíny:	2 x Francis, 2 x Semikaplan
Návrhový spád:	2,75 m
Odhadovaný odběr vody:	21,97 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	250 kW

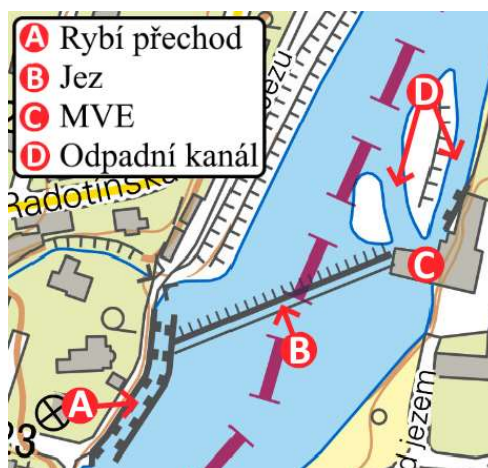
Tabulka 3.1 MVE Blukský mlýn

¹¹ Berounka. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-09-29]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Berounka>

¹² MVE Černošice. *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=1014>

¹³ Blukský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/437-bluksky-mlyn>

¹⁴ Ministři zemědělství a životního prostředí otevřeli jez v Černošicích. *Naše voda: informační portál o vodě* [online]. 2017 [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/ministri-zemedelstvi-zivotniho-prostredi-otevrel-i-jez-cernosicich/>



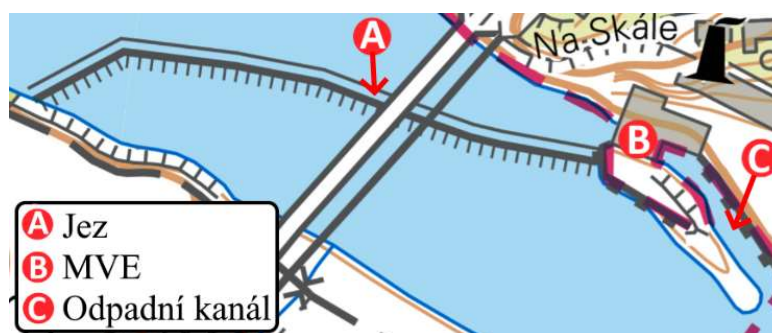
Obrázek 3.1 Jez Černošice – MVE Blukský mlýn¹⁵

3.1.2 Jez Dolní Mokropsy – MVE Kadečkův mlýn

V pořadí druhý jez od nultého říčního kilometru je jez v Dolních Mokropsech. Na levém břehu stojí MVE Kadečkův mlýn. Jez je lomený a vytváří podél levého břehu náhon. Od roku 1923, kdy byla zbudována strojovna MVE se dvěma Francisovými turbínami, zásobuje elektřinou přilehlé obce Horní a Dolní Mokropsy a Všenory. V roce 1930 je v provozu pouze jedna z turbín. Aktuálně je provozována 1 turbína s výkonem 90 kW.¹⁶

Jez Mokropsy - MVE Kadečkův mlýn	
Výška jezu:	0,75 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh břehová
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	1,05 m
Odhadovaný odběr vody:	15,79 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	90 kW

Tabulka 3.2 MVE Kadečkův mlýn



Obrázek 3.2 Jez Dolní Mokropsy – MVE Kadečkův mlýn¹⁷

¹⁵ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

¹⁶ Kadečkův mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. 2019 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/272-kadeckuv-mlyn>

¹⁷ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

3.1.3 Jez Dobřichovice – MVE Dobřichovice – Havlíkův mlýn

Kořeny tohoto VD sahají až do poloviny 16. století, kdy byl mlýn s původním jezem zbudován. Až do roku 1897 veškerá soustrojí poháněla 4 mlýnská kola, která byla nahrazena jedním centrálním. V tomto uspořádání fungoval mlýn až do roku 1923, kdy byla zprovozněna první Francisova turbína. Původní šikmý jez byl v letech 1911 až 1912 nahrazen novým příčným.¹⁸

Roku 1908 tehdejší mlynář pan Karel Havlík zakoupil a uvedl v život dynamo poháněné mlýnským kolem. Z jara roku 1920 bylo dynamo nahrazeno střídavým generátorem s napětím 380/220 V. Téhož roku majitel elektrifikoval levý břeh Dobřichovic a do dalšího roku došlo k elektrifikaci celé obce. Roku 1923 bylo kolo nahrazeno Francisovou turbínou, druhá turbína následuje v roce 1931. Do okamžiku znárodnění energetického provozu čítala rozvodná síť 45 km a zásobovala celkem 4 obce v okolí. Elektrárna s přílehlými technickými stavbami postupem času chátrala, ale fungovala až do roku 1982.¹⁹

Devět let od začátku rekonstrukce vodohospodářských objektů byla uvedena v roce 2004 do provozu 2. Francisova turbína z roku 1931. Její kolegyně ji následovala v roce 2005. Současně s rekonstrukcí došlo k plné automatizaci MVE. Dnes je elektrárna napojena do místní distribuční sítě NN a opět rozsvěcuje žárovky domácností místních obyvatel. Musíme konstatovat, že pan Karel Havlík v naší mladé republice předběhl svou dobu, když elektrifikoval celé své okolí dřív, než tomu bylo běžné.²⁰

Jez Dobřichovice - MVE Dobřichovice	
Výška jezu:	1,85 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh břehová
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	1,85 m
Odhadovaný odběr vody:	9,55 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	84 kW

Tabulka 3.3 MVE Dobřichovice

¹⁸ Havlíkův, Špitální, Panský mlýn. Vodnimlyny.cz [online]. 2012 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/434-havlikuv-spitalni-pansky-mlyn>

¹⁹ Jak se z mlýna v Dobřichovicích stala elektrárna. DOBNET [online]. 2016, 2016(9), 24 str. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: https://idobnet.cz/wp-content/uploads/2016/09/DZ9_2016e.pdf

²⁰ Tamtéž



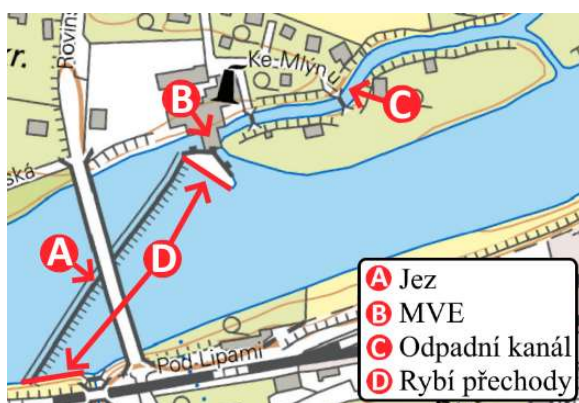
Obrázek 3.3 Jez Dobřichovice – MVE Dobřichovice²¹

3.1.4 Jez Řevnice – MVE Řevnický mlýn

Historie místa tohoto VD s přilehlým mlýnem na levém břehu se počítá pravděpodobně od roku 1335. Současná podoba je ze začátku 20. století. Při mapování vodních děl v roce 1930 je v provozu vodní elektrárna s jednou Francisovou turbínou o výkonu 26,5 kW. Aktuálně jsou ve strojovně v provozu již 2 turbíny o celkovém instalovaném výkonu 200 kW.²²

Jez Řevnice - MVE Mudrův mlýn	
Výška jezu:	0,77 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	1,70 m
Odhadovaný odběr vody:	21,67 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	200 kW

Tabulka 3.4 MVE Řevnický mlýn



Obrázek 3.4 Jez Řevnice – MVE Řevnický mlýn²³

²¹ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

²² Mudrův, Řevnický mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-04]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3348-mudruv-revnicky-mlyn>

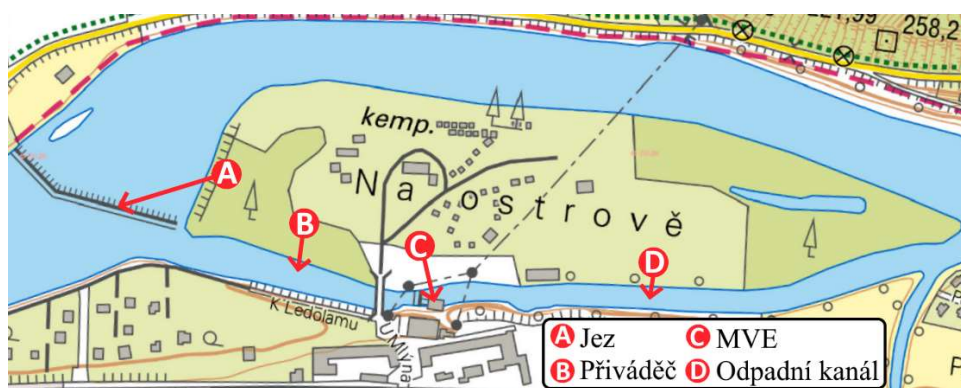
²³ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

3.1.5 Jez Zadní Třeboň – MVE Zadní Třeboň

MVE v Zadní Třebani je typickým příkladem elektrárny s derivačním přivaděčem vody s volnou hladinou. Délka náhonu s odtokovým kanálem je téměř 700 m a zvyšuje velikost spádu na 1,7 m. Roku 1911 zbudoval tehdejší majitel vodní elektrárnu s Francisovou turbínou o výkonu 35 kW, jež nahradila vodní kola. Už v roce 1933 byla nahrazena první vertikální Kaplanovou turbínou instalovanou na Berounce, která je po rekonstrukci v provozu dodnes.^{24, 25}

Jez Zadní Třeboň - MVE Zadní Třeboň	
Výška jezu:	1,22 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	1
Instalované turbíny:	1 x Francis
Návrhový spád:	1,70 m
Odhadovaný odběr vody:	12,75 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	120 kW

Tabulka 3.5 MVE Zadní Třeboň



Obrázek 3.5 Jez Zadní Třeboň - MVE Zadní Třeboň²⁶

3.1.6 Jez Karlštejn – Klučický mlýn

Klučický mlýn na pravém břehu, jež katastrálně spadá pod Karlštejn – Poučnick, je bez funkčního vodního motoru. Od 13. století až do roku 1912, kdy vypukl požár, byly veškeré technologie poháněny vodním kolem. Po požáru měla tehdejší majitelka paní Šulcová v úmyslu na ruinách postavit vodní elektrárnu o výkonu 150 až 200 kW, jež by zásobovala elektřinou celé přilehlé okolí. K realizaci projektu v tomto rozsahu nedošlo.

²⁴ Malá vodní elektrárna (Zadní Třeboň, Česká republika). Středočeská vědecká knihovna v Kladně: příspěvková organizace [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: https://ipac.svkkl.cz/ar1-kl/cs/detail-kl_us_auth-0247763-Mala-vodni-elektrarna-Zadni-Treban-cesko/

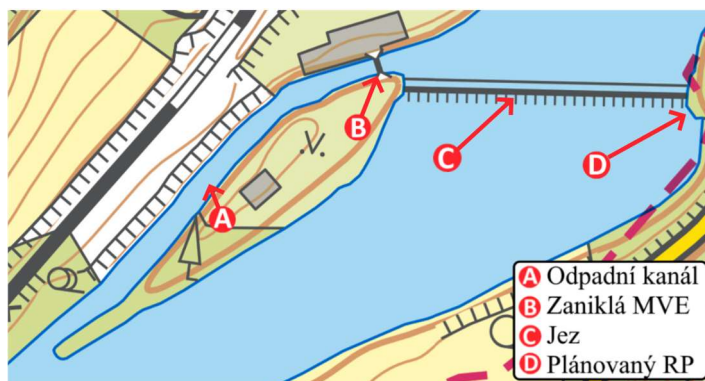
²⁵ Mlýn v Zadní Třebani. Vodnimlyny.cz [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1712-mlyn-v-zadni-treban>

²⁶ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Až do posledních dní provozu v roce 1949 funguje jedna Francisova turbína s výkonem cca 44 kW. V současnosti je zde hotel bez jakéhokoliv využití energie vody.²⁷

Jez Karlštejn - Klučický mlýn	
Výška jezu:	1,18 m
Původní umístění a typ MVE:	pravý břeh břehová
Původně Návrhový spád:	1,40 m

Tabulka 3.6 Jez Karlštejn



Obrázek 3.6 Jez Karlštejn²⁸

3.1.7 Jez Beroun – MVE Beroun

Původní pevný jez z roku 1906 byl v letech 2010 až 2011 nahrazen novým pohyblivým s výškou od 2 m do 3,4 m. Tato změna technologie jezu si kladla za cíl vytvořit mimo jiné protipovodňovou ochranu Berouna. V rámci rekonstrukce jezu vznikla na levém břehu nová průtočná vodní elektrárna osazená 4 Kaplanovými turbínami s celkovým instalovaným výkonem 720 kW. Čímž se stala nejvýkonnější MVE na Berounce.²⁹

Jez Beroun - MVE Beroun	
Výška jezu:	3,40 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh jezová
Počet vodních motorů:	4
Instalované turbíny:	4 x Kaplan
Návrhový spád:	3,50 m
Odběr vody:	28,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	720 kW

Tabulka 3.7 MVE Beroun

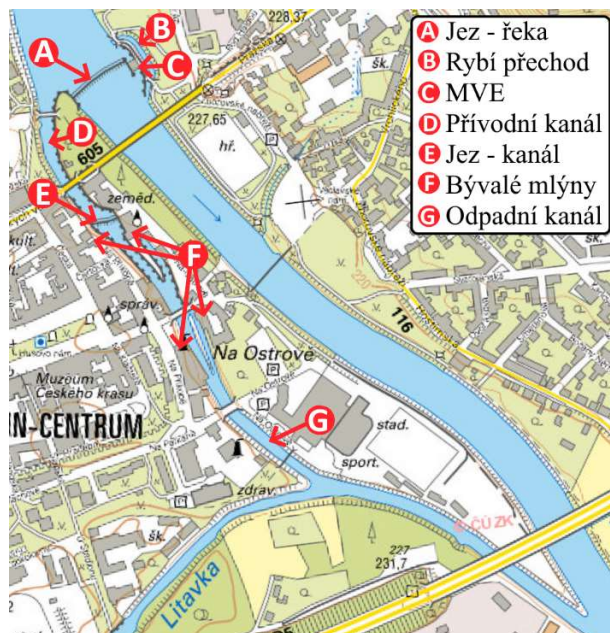
²⁷ Romantický mlýn Mlýn Karlštejn, Klučický mlýn. Vodnimlyny.cz [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2663-romanticky-hotel-mlyn-karlstejn-klucicky-mlyn>

²⁸ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

²⁹ Berounský jez. TV-ADams.wz.cz [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/jez_beroun.html

ANALÝZA VYUŽITÍ HYDROPOTENCIÁLU ŘEKY BEROUNKY

V minulosti pod tímto jezem na pravém břehu řeky fungovaly 4 mlýny na společném derivačním kanále. Pouze ve dvou mlýnech byly instalovány turbíny s paralelně využívanými vodními koly. Do dneška jsou v náhonu patrné známky bývalých technologií.^{30, 31, 32, 33}



Obrázek 3.7 Jez Beroun – MVE Beroun³⁴

3.1.8 Jez Hýskov – MVE Hýskov

Hýskovský jez stál už v roce 1530 a byl vybudován, aby voda z Berounky poháněla hamr na levém břehu. Od 30. let 20. století až do roku 2009 nebylo VD energeticky využíváno. V novém tisíciletí byla dokončena stavba vodní elektrárny na pravém břehu. Při pravém břehu je vytvořen přívodní kanál.^{35, 36}

³⁰ Zajíčkův, Dolejší ostrovní, Petrův mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/269-zajickuv-dolejsi-ostrovní-petrův-mlýn>

³¹ Panský, Obecní mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2708-panský-obecní-mlýn>

³² Turbinové, Křížovy mlýny, Maňasovský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2709-turbinové-křížovy-mlýny-manasovský-mlýn>

³³ Hořejší Hylantovský mlýn, mlýn Pod Českou fortanou. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/6200-horejsi-hylantovský-mlýn-mlýn-pod-českou-fortanou>

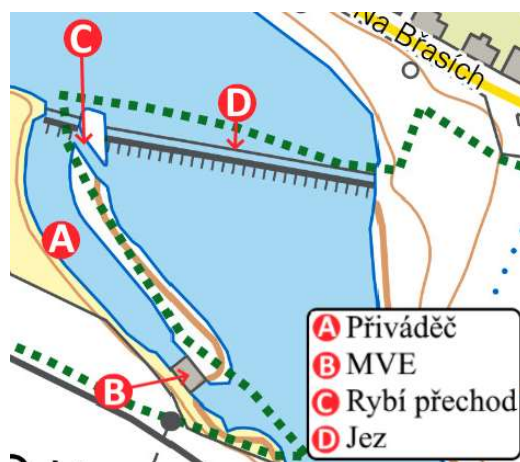
³⁴ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

³⁵ HOŠEK, Ladislav. *Energetická studie části toku Berounky* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <https://otik.zcu.cz/handle/11025/10132>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.

³⁶ Stará Huť - Hýskov. *Nejen hornictví.info* [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/techpam/hyskov/hyskov.htm>

Jez Hýskov - MVE Hýskov	
Výška jezu:	1,01 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	3
Instalované turbíny:	3 x Kaplan
Návrhový spád:	1,70 m
Odhadovaný odběr vody:	29,59 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	297 kW

Tabulka 3.8 MVE Hýskov



Obrázek 3.8 Jez Hýskov – MVE Hýskov³⁷

3.1.9 Jez Nižbor – MVE Nižbor

Další mladou MVE na Berounce je MVE Nižbor stojící v místech bývalého mlýna na pravé straně řeky. Stavba veškerého zařízení trvala necelých 9 měsíců. Celé zařízení pracuje v plně automatickém bezobslužném režimu. Při realizaci byl upraven původní pevný jez na pohyblivý a zbudován rybí přechod (RP).^{38, 39}

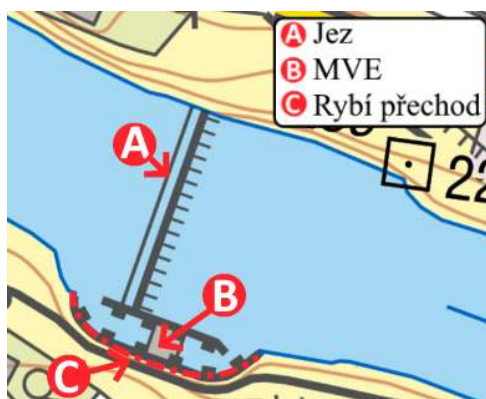
Jez Nižbor - MVE Nižbor	
Výška jezu:	1,30 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh jezová
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Semikaplan
Návrhový spád:	1,70 m
Odhadovaný odběr vody:	26,26 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	280 kW

Tabulka 3.9 MVE Nižbor

³⁷ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

³⁸ HOŠEK, Ladislav. *Energetická studie části toku Berounky* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <https://otik.zcu.cz/handle/11025/10132>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.

³⁹ 3.1 EED03/845 MVE Nižbor - kraj Středočeský. *Operační program podnikání a inovace* [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://www.mpo-oppi.cz/odkazy/337-uspesne-projekty-programu-ekoenergie.html>

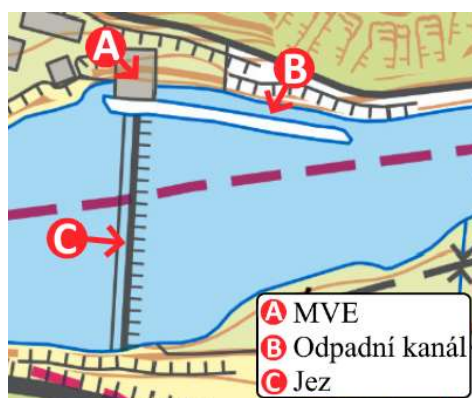
Obrázek 3.9 Jez Nižbor – MVE Nižbor⁴⁰

3.1.10 Jez Sýkořice – MVE Valentův mlýn

Původní mlýn z poloviny 19. století s kolem na spodní vodu je už minulostí. V roce 1930 je evidována pracující elektrárna s Francisovou turbínou. Podle evidence ERÚ byla udělena licence k výrobě elektřiny v MVE s instalovaným „vodním“ výkonem 22 kW v roce 2015.^{41 42}

Jez Sýkořice - MVE Valentův mlýn	
Výška jezu:	1,30 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh břehová
Počet vodních motorů:	1
Instalované turbíny:	1 x Francis
Návrhový spád:	neznámý
Odběr vody:	neznámý
Celkový instalovaný výkon:	22 kW

Tabulka 3.10 MVE Valentův mlýn

Obrázek 3.10 Jez Sýkořice – MVE Valentův mlýn⁴³

⁴⁰ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁴¹ Valentův mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/827-valentuv-mlyn>

⁴² Licence 111533230. *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://licence.eru.cz/>

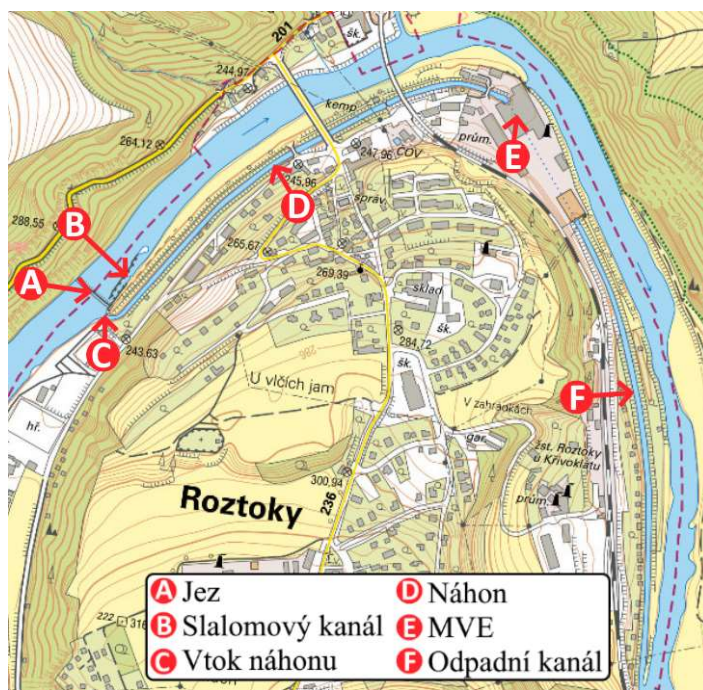
⁴³ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

3.1.11 Jez Roztoky u Křivoklátu – MVE Permon

Historické vodní dílo s 2 km dlouhým přírodním kanálem v prostorách bývalého závodu Permon. Ve 30. letech minulého století byly v provozu 2 Francisovy turbíny se spádem 2,8 m a výkonem 200 kW. Dnes po rekonstrukci a znovuvvedení do provozu v roce 2012 byl instalovaný výkon zvýšen na 400 kW.^{44, 45}

Jez Roztoky u Křivoklátu - MVE Permon	
Výška jezu:	1,49 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Kaplan
Návrhový spád:	3,65 m
Odběr vody:	12,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	400 kW

Tabulka 3.11 MVE Permon



Obrázek 3.11 Jez Roztoky u Křivoklátu – MVE Permon⁴⁶

3.1.12 Jez Nezabudice – MVE Nezabudický mlýn

Spád, který vytváří jez, je pomocí derivačního kanálu zvětšen až na hodnotu 2 m. Na společném náhonu se nachází dvě vodní elektrárny. První (MVE Nezabudice I.) je na

⁴⁴ Hut' Marie Anny, Maria Anna Hütte, Fürstenberské železárny, Eisenhammer, Permon. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/> /mlyny/objekty/detail/1105-hut-marie-anny-maria-anna-hutte-furstenberske-zelezarny-eisenhammer-permon

⁴⁵ Licence 111218952. *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://licence.eru.cz/>

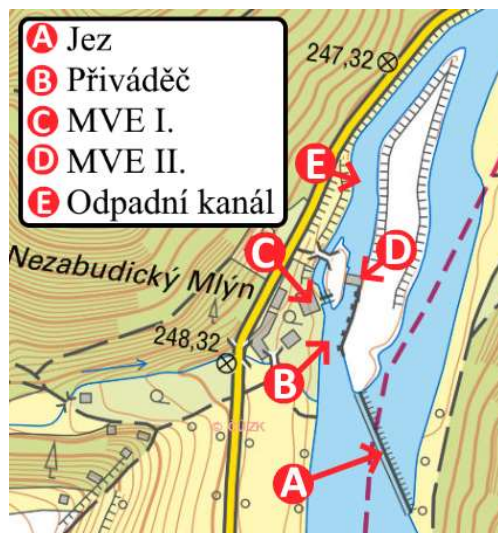
⁴⁶ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

ANALÝZA VYUŽITÍ HYDROPOTENCIÁLU ŘEKY BEROUNKY

místě původní strojovny Nezabudického mlýna s Francisovou turbínou ze začátku minulého století. V 50. letech 20. století společně s ukončením provozu mlýna byl ukončen i provoz elektrárny. Tento klid trval až do roku 2004, kdy byla provedena rekonstrukce. Druhá elektrárna o téměř 100 let mladší (MVE Nezabudice II.) vznikla rozdělením náhonu na dva kanály a osazením 4 Kaplanovými turbínami.^{47 48}

Jez Nezabudice – MVE Nezabudický mlýn				
	MVE I.		MVE II:	
Výška jezu:	0,80 m		0,80 m	
Umístění a typ MVE:	levý břeh	derivační	levý břeh	derivační
Počet vodních motorů:	1		4	
Instalované turbíny:	1 x Francis		4 x Kaplan	
Návrhový spád:	1,80 m		2,31 m	
Odběr vody:	4,00 m ³ .s ⁻¹		13,60 m ³ .s ⁻¹	
Celkový instalovaný výkon:	45 kW		220 kW	

Tabulka 3.12 MVE Nezabudice



Obrázek 3.12 Jez Nezabudice - MVE Valentův mlýn⁴⁹

3.1.13 Jez Šlovice – MVE Čechův mlýn

V letech 1911 až 1916 došlo ke zbudování MVE s vertikální Francisovou turbínou, která nahradila původní mlýnská kola. V roce 1918 byl zrušen provoz mlýna a ponechána pouze výroba elektrické energie. Ta byla dodávána pomocí místní sítě, vybudované tehdejší majitelem, do přilehlých obcí. Celé toto zařízení má dvě prvenství. MVE

⁴⁷ Nezabudice. *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=772>

⁴⁸ Čechův mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/77-cechuv-mlyn>

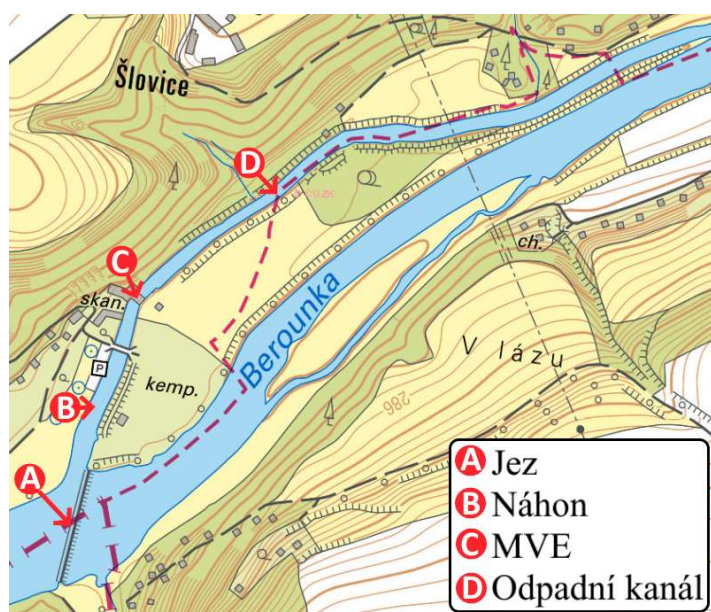
⁴⁹ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Čechův mlýn je první zbudovanou vodní elektrárnou v okrese Rakovník a jedna z prvních elektráren, která vyráběla třífázové napětí a proud v tehdejší ČSR. V roce 1928 se připojuje do celostátní rozvodné sítě. Na přelomu 30. a 40. let je instalována druhá Francisova turbína.⁵⁰

Po znárodnění mlýnu došlo v roce 1967 k přerušení provozu, a to až do navrácení původnímu majiteli a znovuzprovoznění v roce 1992. Po povodních 2002 muselo celé dílo včetně jezu a náhonu projít rozsáhlou rekonstrukcí. Dnes je jedna Francisova turbína nahrazena novou Kaplanovou a společně s asynchronními generátory dodávají proud do distribuční sítě. V roce 2009 bylo celé VD prohlášeno za národní kulturní památku.^{51, 52}

Jez Šlovice - MVE Čechův mlýn	
Výška jezu:	1,20 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	1 x Francis; 1 x Kaplan
Návrhový spád:	2,32 m
Odběr vody:	17,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	300 kW

Tabulka 3.13 MVE Čechův mlýn



Obrázek 3.13 Jez Šlovice - MVE Čechův mlýn⁵³

⁵⁰ Historie. *Elektroskanzen Čechův mlýn* [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.elektroskanzen-slovice.cz/>

⁵¹ Tamtéž

⁵² Čechův mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/278-cechuv-mlyn>

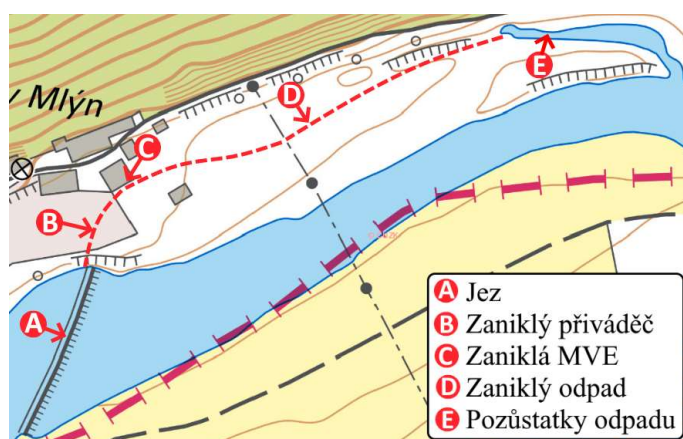
⁵³ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

3.1.14 Jez Slabce – Kočkův mlýn

Kočkův mlýn v derivačním uspořádání je minulostí. Pozůstatky kanálu jsou ještě patrné v místech, kde se voda navracela do původního koryta. V době fungování zde byla instalovaná Francisova turbína se spádem 1,7 m. Jez je poškozený a není schopen plnit plnohodnotně svoji funkci.^{54 55}

Jez Slabce - Kočkův mlýn	
Výška jezu:	0,70 m
Původní umístění a typ	levý břeh derivační
Původní návrhový spád:	1,70 m

Tabulka 3.14 Kočkův mlýn



Obrázek 3.14 Jez Slabce - Kočkův mlýn⁵⁶

3.1.15 Jez Zvíkovec – MVE Fišerova elektrárna

První zmínka o VD v těchto místech je z 16. století, a to mlýn s vodním kolem na spodní vodu. Roku 1917 pan Fišer nechal instalovat namísto kola 2 Francisovy turbíny pro pohon mlýna a pily. Zvláštností, spíš jedinečností, tohoto díla byla historicky cenná mramorová kobka rozvaděče. Nespotřebovaný výkon byl dodáván do okolí. Elektrárna fungovala až do roku 1969. Těleso jezu svým tvarem vytváří hnací kanál vody k elektrárně. Dnes je k výrobě využívána původní dvojice turbín z roku 1917.⁵⁷

⁵⁴ Kočkův mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2707-kockuv-mlyn>

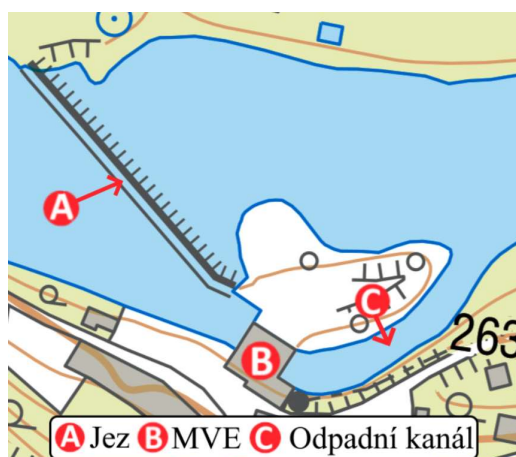
⁵⁵ Jez Kočkův mlýn. *Turistický atlas* [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7902_jez-kockuv-mlyn.html

⁵⁶ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁵⁷ Mlýn Zvíkovec, Rečkův mlýn, Fišerova elektrárna. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2706-mlyn-zvikovec-reckuv-mlyn-fiserova-elektrarna>

Jez Zvíkovec - MVE Fišerova elektrárna	
Výška jezu:	1,60 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh břehová
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	2,00 m
Odběr vody:	10,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	150 kW

Tabulka 3.15 MVE Fišerova elektrárna



Obrázek 3.15 Jez Zvíkovec - MVE Fišerova elektrárna⁵⁸

3.1.16 Jez Hlince – MVE Lejskův mlýn

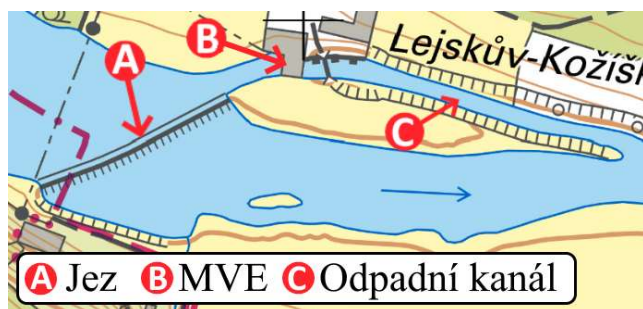
Elektrárna pracuje na levém břehu v rámci Lejskova mlýna. Spádové vlastnosti šikmého jezu výrazně zlepšuje přívodní a odpadní kanál. Strojovna je od roku 1968 osazena dvojicí Francisových turbín.⁵⁹

Jez Hlince - MVE Lejskův mlýn	
Výška jezu:	1,20 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	1,80 m
Odhadovaný odběr vody:	8,74 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	90 kW

Tabulka 3.16 MVE Lejskův mlýn

⁵⁸ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁵⁹ Lejskův mlýn. *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=646>

Obrázek 3.16 Jez Hlince - MVE Leskuv mlýn⁶⁰

3.1.17 Jez Krašov – Podkrašovský mlýn

Architektonicky zajímavý mlýn v minulosti pohánělo vodní kolo na spodní vodu. V současné době zde nenalezneme žádný výkonný vodní motor. Pro potřeby svícení ve mlýně je snad v lednici⁶¹ umístěno malé vodní kolo na spodní vodu s dynamem. Celé zařízení je kutilského charakteru pracující do ostrovní sítě přilehlých budov.^{62, 63}

Jez Krašov - Podkrašovský mlýn		
Výška jezu:	1,10 m	
Umístění a typ strojovny	levý břeh	derivační

Tabulka 3.17 Jez Krašov



Obrázek 3.17 Jez Krašov - Podkrašovský mlýn

⁶⁰ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁶¹ Lednice je přístavek k mlýnici (většinou dřevěný), v němž se nachází a vodou je roztáčeno mlýnské kolo.

⁶² Podkrašovský mlýn. Vodnimlyny.cz [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3933-podkrasovsky-vlkovsky-mlyn-mlyn-u-novaku>

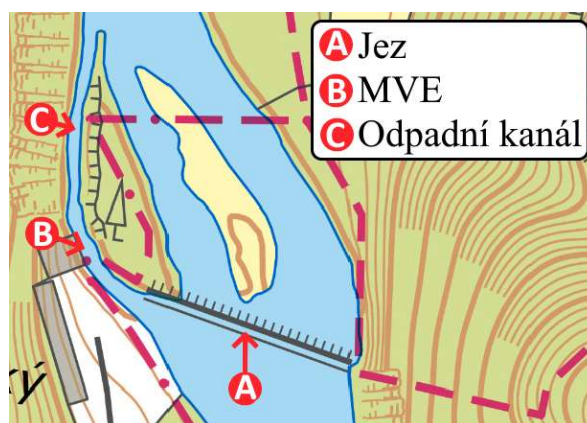
⁶³ Reportáž o Krašovském mlýně: Toulavá kamera. Česká televize [online]. 2008 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1126666764-toulava-kamera/208411000320504/obsah/122332-podkrasovsky-mlyn>

3.1.18 Jez Liblínský mlýn – Liblínský mlýn

Jez je dnes rozvalený a neplní svůj původní účel. Liblínský mlýn slouží pouze k rekreaci jeho majitelů. Šikmý jez zužující koryto směrem ke strojovně vytvářel přívodní kanál ke kolu, resp. turbíně. Mlýn v minulosti pohánělo vodní kolo na spodní vodu o průměru 6 m, jež nemělo ve svém okolí obdoby. Za Protektorátu Čechy a Morava zde byla evidována v provozu jedna Francisova turbína.⁶⁴

Jez Liblínský mlýn - Liblínský mlýn	
Výška jezu:	1,50 m
Původní umístění a typ	levý břeh břehová
Původní návrhový spád:	neznámý

Tabulka 3.18 Liblínský mlýn



Obrázek 3.18 Jez Liblínský mlýn - Liblínský mlýn⁶⁵

3.1.19 Jez Liblín

Šikmý nízký a zvláště nevýrazný jez nadlepšující místní vodohospodářské podmínky.⁶⁶

Jez Liblín	
Výška jezu:	0,30 m

Tabulka 3.19 Jez Liblín

3.1.20 Jez Libštejnský mlýn – MVE Libštejnský mlýn

Šikmý jez nahání vodu do míst původního mlýna pod zříceninou Libštejn. Při mlýnu stávala od roku 1932 elektrárna s Francisovou vertikální turbínou. Namísto budovy

⁶⁴ Liblínský, Kozojedský, Šejnovský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/hr/mlyny/estates/detail/470-liblinsky-kozojedsky-sejnovsky-mlyn>

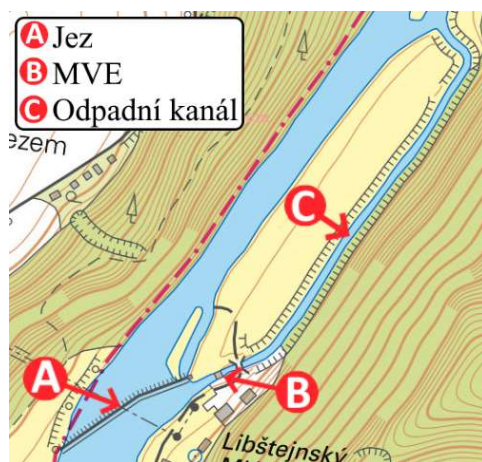
⁶⁵ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁶⁶ Liblín. *Hlásná a předpovědní povodňová služba* [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=2505275

mlýna stojí pouze malá strojovna pro dvě Francisovy vertikální turbíny s celkovým výkonem 140 kW, od nichž voda odtéká 470 m dlouhým kanálem zpět do Berounky.⁶⁷

Jez Libštejnský mlýn - MVE Libštejnský mlýn	
Výška jezu:	1,60 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	2,00 m
Odběr vody:	7,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	140 kW

Tabulka 3.20 MVE Libštejnský mlýn



Obrázek 3.19 Jez Libštejnský mlýn - MVE Libštejnský mlýn⁶⁸

3.1.21 Jez Olešná – MVE Podžikovský mlýn

Na samotě v prostorách Podžikovského mlýna s historií až do 17. století vznikly pod šikmým jezem dvě elektrárny. V budově mlýna byla v roce 1991 zbudována vodní elektrárna se dvěma Kaplanovými turbínami (MVE I.). O devět let později majitelé zbudovali novou ryze derivační MVE na ostrově s druhou dvojicí Kaplanových turbín.⁶⁹

70, 71

⁶⁷ Libštejnský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/471-libstejnsky-mlyn>

⁶⁸ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

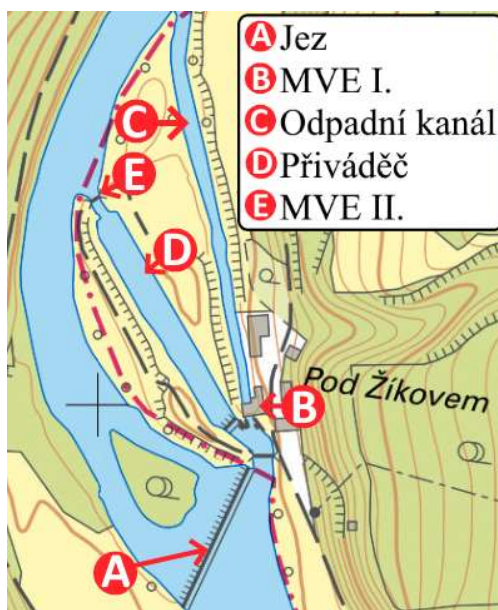
⁶⁹ Olešná I. *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=647>

⁷⁰ Olešná II. *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=648>

⁷¹ Podžikovský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/7337-podzikovsky-mlyn>

Jez Olešná – MVE Podžikovský mlýn				
	MVE I.		MVE II.	
Výška jezu:	2,00 m		2,00 m	
Umístění a typ MVE:	pravý břeh	derivační	pravý břeh	derivační
Počet vodních motorů:	2		2	
Instalované turbíny:	2 x Kaplan		2 x Kaplan	
Návrhový spád:	2,50 m		2,50 m	
Odběr vody:	5,40 m ³ .s ⁻¹		12,00 m ³ .s ⁻¹	
Celkový instalovaný výkon:	70 kW		180 kW	

Tabulka 3.21 MVE Žikovský mlýn



Obrázek 3.20 Jez Olešná - MVE Žikovský mlýn⁷²

3.1.22 Jez Kaceřov – MVE Kacéřovský mlýn

Vodní dílo v těchto místech má více než 600 let dlouhou tradici. Po 2. sv. válce je VD svěřeno do péče státu. V jeho „péči“ vybavení chátrá a mlýn je rabován. K přípravám obnovy došlo v roce 2010 po koupi mlýna současným majitelem.⁷³

Kanál, vedoucí podél mlýna a za původní strojovnu pokračující jako odtok, byl z většiny zasypan a zbývající část byla přetvořena na rybí přechod. Nová MVE vznikla na ostrově zbudováním nového přivaděče. Osazeny jsou zde 4 Archimédovy šrouby. Odebíraná voda před vzdouvacím zařízením je vracena do řečiště okamžitě po průchodu šrouby.⁷⁴

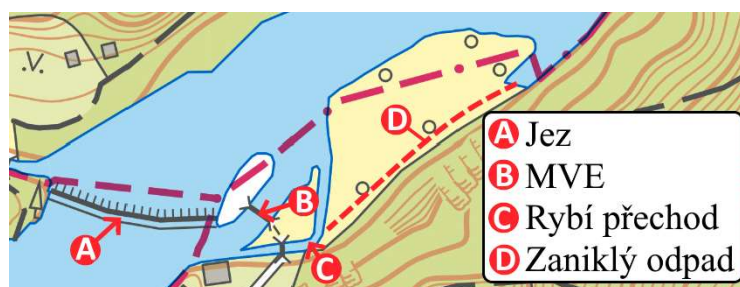
⁷² Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁷³ Malá vodní elektrárna Kaceřov (Ber. km 111,4). *Topenářství, instalace* [online]. 2018, 2018(1), 22 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/casopis/1-detail-3487>

⁷⁴ Tamtéž

Jez Kacěřovský mlýn - MVE Kacěřovský mlýn	
Výška jezu:	1,40 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh jezová
Počet vodních motorů:	4
Instalované turbíny:	4x Archimédův šroub
Návrhový spád:	1,70 m
Odběr vody:	18,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	220 kW

Tabulka 3.22 MVE Kacěřovský mlýn

Obrázek 3.21 Jez Kacěřov - MVE Kacěřovský mlýn⁷⁵

3.1.23 Jez Darová – MVE Darová

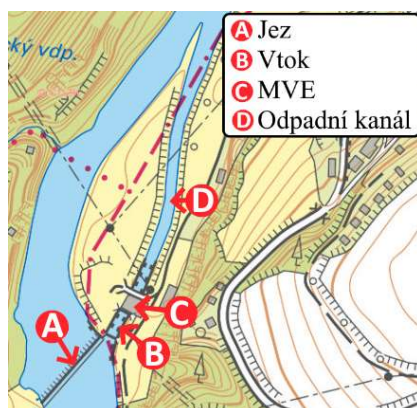
Původní mlýn s pilou o třech kolech na spodní vodu zakoupil roku 1901 hrabě Šternberk a ještě téhož roku postavil vodní elektrárnu s dvojicí turbíny s celkovým výkonem 280 kW. Ve 20. letech došlo po zakoupení Západočeským elektrikářským svazem k rekonstrukci. Změnil se způsob přívodu vody ke strojovně a vyměněna byla původní dvojice turbín. Nad jezem byl vytvořen 40 m dlouhý náhon a odtok prodloužen až na délku 180 m. Kolem roku 1953 se uvažovalo o prohloubení odtoku z důvodu zvětšení spádu a tím zvýšení výkonu. K tomu nikdy nedošlo. Dodnes MVE dodává elektřinu do sítě.⁷⁶

Jez Darová - MVE Darová	
Výška jezu:	2,50 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Francis
Návrhový spád:	2,90 m
Odběr vody:	25,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	525 kW

Tabulka 3.23 MVE Darová

⁷⁵ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce, 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁷⁶ Mlýn Darová. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/8740-mlyn-darova>



Obrázek 3.22 Jez Darová - MVE Darová⁷⁷

3.1.24 Jez Valentovský mlýn – MVE Valentovský mlýn

Pod obcí Nadryby nedaleko Plzně se nachází na levém břehu Valentovský mlýn s elektrárnou při jezu a 100 m dlouhým odpadním kanálem pod strojovnou. V současnosti jsou zde dvě vrtulové turbíny a jedna Bánkiho turbína dodávající elektřinu do sítě.^{78, 79}

Jez Valentovský mlýn - MVE Valentovský mlýn	
Výška jezu:	1,10 m
Umístění a typ MVE:	levý břeh břehová
Počet vodních motorů:	3
Instalované turbíny:	2 x Vrtulová; 1 x Bánki
Návrhový spád:	1,70 m
Odběr vody:	15,50 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	137 kW

Tabulka 3.24 MVE Valentovský mlýn



Obrázek 3.23 Jez Valentovský mlýn - MVE Valentovský mlýn⁸⁰

⁷⁷ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁷⁸ Valentovský mlýn. *Atlas zařízení využívající obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=649>

⁷⁹ Valentovský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-13]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/473-valentovsky-mlyn>

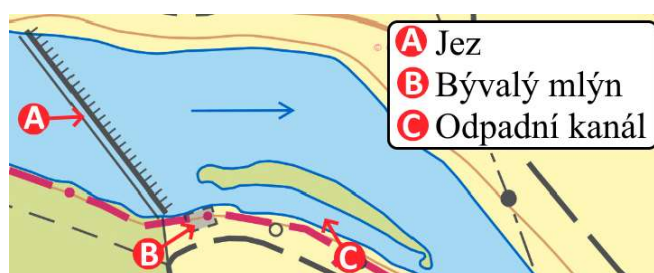
⁸⁰ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

3.1.25 Jez Telín – bývalý Spálený mlýn

Mlýn svůj název získal v roce 1932, kdy vyhořel. Od této doby jsou patrné pouze ruiny budovy a pozůstatky odtokového kanálu. Jez je šikmý a od samého začátku směřoval vodu do míst, kde bylo kolo na spodní vodu. Dnes zde není žádná technologie. ⁸¹

Jez Telín - Spálený mlýn	
Výška jezu:	0,70 m
Původní umístění:	pravý břeh

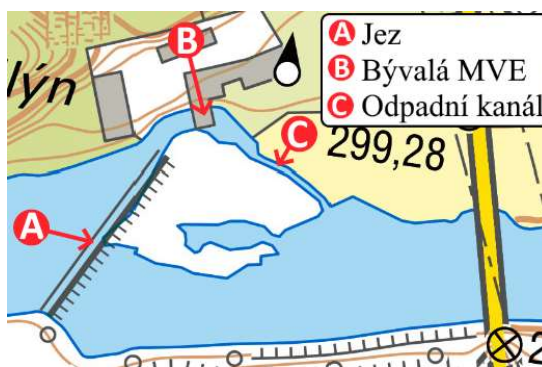
Tabulka 3.25 Jez Telín



Obrázek 3.24 Jez Telín - Spálený mlýn⁸²

3.1.26 Jez Dolany – Dolanský mlýn

Mlýnský dvůr stojí pod šikmým jezem. Jez se nachází v dezolátním stavu, je protržen a rozvalen. V době provozování mlýna fungovaly dvě Francisovy turbíny s celkovým výkonem 126 kW. ^{83, 84}



Obrázek 3.25 Jez Dolany - Dolanský mlýn⁸⁵

⁸¹ Telínský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/4349-telinsky-mlyn>

⁸² Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

⁸³ Dolanský mlýn. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/468-dolansky-mlyn>

⁸⁴ Jezy na řece Berounce. *Berounka-letecky.unas.cz* [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <http://www.berounka-letecky.unas.cz/index-vodactvi-jezy%20na%20berounce.htm>

⁸⁵ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Jez Dolanský mlýn - Dolanský mlýn	
Výška jezu:	1,20 m
Původní umístění a typ	levý břeh břehová
Původní návrhovaný spád:	1,55 m

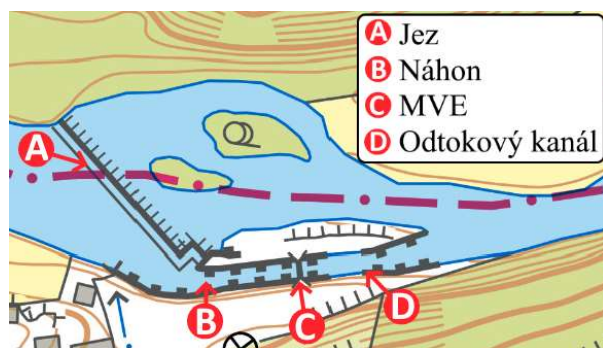
Tabulka 3.26 Jez Dolanský mlýn

3.1.27 Jez Bukovec – MVE Bukovec – mlýn

Ruiny původního mlýna, v němž byla elektřina vyráběna pomocí Francisovy turbíny, jsou minulostí. V roce 2008 byla postavena pod šikmým jezem v Bukovci MVE s dvojicí přímoproudých horizontálních semikaplanových turbín s asynchronními generátory. V rámci obnovy MVE byl zvětšen návrhový spád o 0,3 m oproti spádu původního mlýna. O rok později byl otevřen rybí přechod.⁸⁶

Jez Bukovec - MVE Bukovec - mlýn	
Výška jezu:	1,47 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Semikaplan
Návrhový spád:	2,55 m
Odběr vody:	24,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	540 kW

Tabulka 3.27 MVE Bukovec - mlýn



Obrázek 3.26 Jez Bukovec - MVE Bukovec - mlýn⁸⁷

3.1.28 Jez U Papírny – MVE Bukovec

V areálu bývalých papíren v Plzni stávala v minulosti MVE. Pro využití hydropotenciálu lokality je od jezu vybudován 700 m dlouhý přívodní kanál. Po roce 2000 koupila celé dílo společnost ČEZ, a. s. a začala s rekonstrukcí, resp. stavbou nové MVE. energii vyrábí dvojice Kaplanových horizontálních turbín s instalovaným

⁸⁶ Mlýn Bukovec. *Vodnimlyny.cz* [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/4872-mlyn-bukovec>

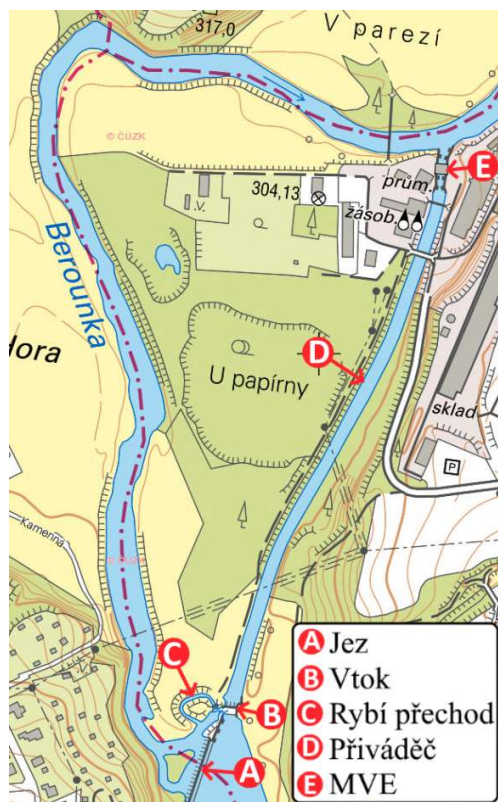
⁸⁷ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

ANALÝZA VYUŽITÍ HYDROPOTENCIÁLU ŘEKY BEROUNKY

výkonem 630 kW. MVE s větším instalovaným výkonem na Berounce je pouze v Berouně. V roce 2007 ČEZ OZ uzavřený investiční fond, a.s. spustila provoz bezobslužné vodní elektrárny. Dle jejich sdělení se jedná o jednu z jejich nejefektivnějších VE v ČR. V rámci obnovy byl vytvořen při jezu rybí přechod.⁸⁸

Jez Plzeň-U Papírny - MVE Bukovec	
Výška jezu:	1,60 m
Umístění a typ MVE:	pravý břeh derivační
Počet vodních motorů:	2
Instalované turbíny:	2 x Kaplan
Návrhový spád:	3,00 m
Odběr vody:	25,00 m ³ .s ⁻¹
Celkový instalovaný výkon:	630 kW

Tabulka 3.28 MVE Bukovec



Obrázek 3.27 MVE Bukovec⁸⁹

3.2 Vyhodnocení analýzy

Na toku Berounky od Plzně až po Prahu je celkem 28 jezů. Ve většině případů se jedná o pevný typ. Výjimkou potvrzující pravidlo je např. jez v Berouně a v Nižboru, kde jsou

⁸⁸ Malá vodní elektrárna v Plzni-Bukovci oslavila 10. narozeniny. *Plzen.cz: zpravodajský portál* [online]. 2017 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <https://www.plzen.cz/mala-vodni-elektrarna-v-plzni-bukovci-oslavila-10-narozeniny/>

⁸⁹ Výřez z mapy ČÚZK – upraveno autorem práce. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

relativně nově využívány (instalovány) jezy s pohyblivou výškou přepadu. Výška jednotlivých vzdouvacích objektů se pohybuje v rozmezí 0,3 m až 3,4 m, pokud pomíneme pozůstatky provalených nefunkčních těles.

Všechny jezy v minulosti vznikly ve spojitosti s výstavbou průmyslových areálů – mlýny, hutě, pily a hamry, jež využívaly vodní pohon, resp. novější areály elektrický proud z VE. Jediný jez, který stojí bez spojitosti se vznikem pohonu, je jez Liblín s výškou cca 30 cm. Všechna VD jsou seřazena v tabulce, viz *Příloha I*. Z celkových 28 jich 27 bylo historicky energeticky využíváno, kdy dnes je jich jen 21 používáno k výrobě elektrické energie.

Průměrná výška všech jezů je cca 1,5 m, ale průměrný spád elektráren je 2,1 m. Žádnou elektrárnu není možné využívat v pološpičkovém, či špičkovém režimu. Všechna díla se řadí do skupiny průtočných nízkotlakých zařízení. Pouhých 17 % lze pokládat za MVE jezového typu ve smyslu umístění strojovny MVE v těsné blízkosti nebo v tělese jezu. Tímto uspořádáním není výrazně měněna velikost spádu oproti výšce koruny hrazení. Ve 22 % případů se strojovna nachází při břehu. Majoritní skupinu na Berounce tvoří MVE v derivačním uspořádání, tedy celých 61 % všech aktuálně provozovaných energetických děl.

Období vzniku elektráren můžeme rozdělit na dvě skupiny. Přibližně polovina MVE byla zbudovaná do 50. let minulého století s následnou renovací. Zbývající MVE vznikly obnovením zaniklých děl, případně při stávajícím VD obnovených po roce 1989, ale s novým technickým řešením. Právě druhá skupina se řadí k výkonnějším dílům na Berounce.

Celkový instalovaný výkon na Berounce je 5,7 MW. Za kalendářní rok 2019 Berounka „vyrobila“ přibližně 28,7 GWh elektrické energie.

Do dalších let by bylo možné navyšovat instalovaný výkon rekonstrukcemi a inovacemi již historických zařízení. Další možností je obnovit lokality s historicky využívaným potenciálem – např. Dolanský mlýn, Klučický mlýn v Karlštejně a další. Byť by se pravděpodobně jednalo o menší zdroje než v Berouně a Bukovci, i tak by nemusel být tento potenciál přehlížen a nevyužit.

4 Návrh obnovy vodního díla MVE na Berounce

V předchozí kapitole byly popsány všechny vzdouvací objekty. Z mé analýzy vychází, že na Berounce se je celkem 7 lokalit, které byly v minulosti využívány pro pohon soustrojí vodou. Na 4 místech dokonce v minulosti byla a pracovala malá vodní elektrárna.

4.1 Lokalita

Nejpříznivější lokalitou pro obnovu malé vodní elektrárny je jez Karlštejn na 24,5. ř. km. Jedná se o dolní tok Berounky, kde drtivá většina přítoků se nachází nad danou lokalitou. V minulosti zde bývala elektrárna, jak bylo blíže popsáno v kapitole 3.1.6. Budova bývalého mlýna a pozůstatky zaniklé MVE stojí na pravém břehu. Jez nebude potřebovat ve spojitosti s výstavbou MVE výrazný zásah. Do budoucnosti je zde naplánovaná stavba rybiho přechodu při levém břehu u vodácké propusti. V Příloze II. je přibližné zakreslení MVE v prostoru.^{90, 91}

4.2 Místní majetkové poměry

Obnova vodního díla se bude bezprostředně týkat 6 pozemků v katastrálním území Poučnick [663743], obec Karlštejn [531316]. Jedná se o parcely a stavby s čísly: st. 102/1 (budova mlýna), 1 472 (koryto vtoku a odtoku), 765/1 (ostrov), 1 471/2 (koryto Berounky nad jezem) a 412 a 414 (těleso jezu). Vlastníky prvních třech parcel jsou soukromí majitelé mlýna (resp. hotelu). Zbývající jmenované pozemky (řeka a jez) jsou v držení Povodí Vltavy, státní podnik.⁹²

4.3 Vodohospodářské poměry

Nejbližší měřicí stanice ČHMÚ, sledující stav toku, je vzdálená 10 km v Berouně pod soutokem Litavky s Berouňkou. Mezi berouňskou stanicí a jezem v Karlštejně se nalézá,

⁹⁰ HLADÍK, Milan, HÁLA, Robin, HÁNOVÁ, Kateřina K.. Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy: 4. Katalog příčných překážek-Berounka [online]. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 2011 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/migrace-vltava/index.html#>

⁹¹ Nahlížení do katastru nemovitostí. *Cuzk.cz* [online]. [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://nahliznidokn.cuzk.cz/>

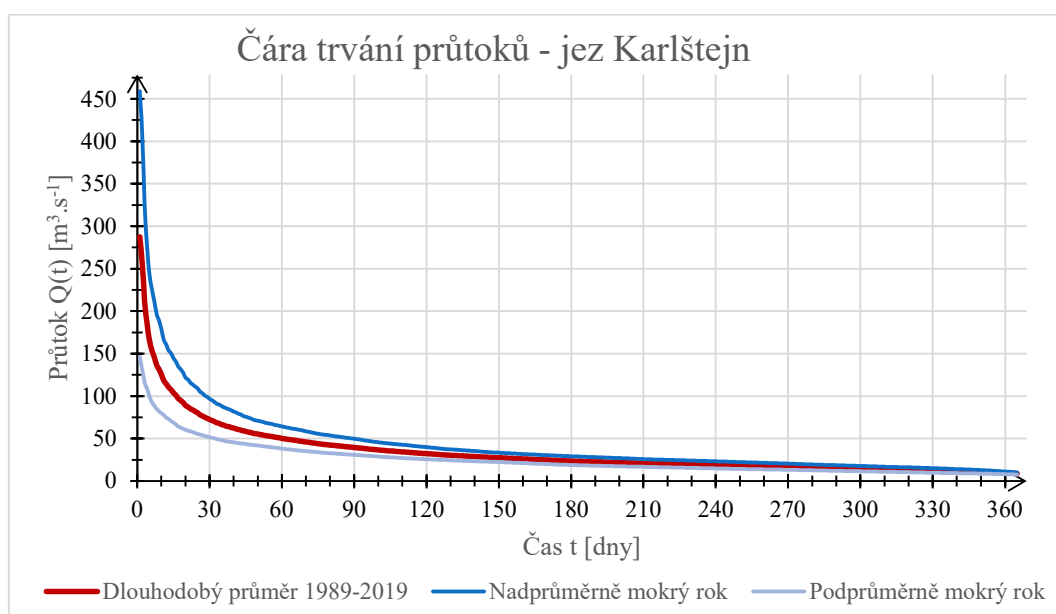
⁹² Tamtéž

kromě méně významných přítoků pramenících v těsné blízkosti koryta řeky, levobřežní přítok řeky Loděnice pramenící až na severu okresu Rakovník. Nejbližší měřicí stanice ČHMÚ nad soutokem s Beroukou na Loděnici stojí ve stejnojmenné obci Loděnice. V oblasti mezi měřicími stanicemi v Loděnici a soutokem s Beroukou není žádný významný a měřený přítok.⁹³

Pro správný návrh vodní elektrárny je potřeba znát statistiku průtoků v daném místě. Z předchozího odstavce vyplývá, že potřebná data bude nutné získat ze dvou měřících stanic, a to z Berouna a z Loděnice. Průměrný denní průtok v Karlštejně získáme sečtením naměřené hodnoty průtoku Beroukou v Berouně a Loděnicí v Loděnici ve stejném dnu. Z těchto podstatných údajů sestavíme čáru trvání průtoků, která dle všech předpokladů bude platná pro karlštejnský jez.⁹⁴

4.3.1 Čára trvání průtoků

Jedná se o křivku, jež je dána seřazenými hodnotami průtoků od maximálního po minimální v daném kalendářním roce. Svým způsobem se jedná o pravděpodobnost trvání určité hodnoty průtoku v jednom roce. Z průběhu této křivky vychází celý návrh MVE. Sestavená čára průtoků pro karlštejnský jez je na *obrázku 4.1*.



Obrázek 4.1 Graf čáry trvání průtoků – jez Karlštejn⁹⁵

⁹³ Denní data dle zákona 123/1998 Sb. *Portál ČHMÚ* [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb; zpracováno autorem

⁹⁴ Tamtéž

⁹⁵ Tamtéž

4.3.2 Minimální zůstatkový průtok

Celý průtok jezem není možné kompletně využít, vždy je nutné zanechat alespoň *minimální zůstatkový průtok* (MZP). Ten pro karlístejnský jez není určen, jelikož zde dlouhodobě není zařízení, jež by vodu z toku odebíralo. Požadavek na MZP vyplývá z § 36 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.⁹⁶ Zákon konkrétní hodnotu minimálního průtoku nespécifikuje. Přibližná hodnota MZP vyplývá z normy ČSN 75 2601 – *Malé vodní elektrárny – Základní požadavky*, a ta udává následující závislosti:

Průtok Q_{355d}	Doporučený minimální zůstatkový průtok
$Q < 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_{330d}
$0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} < Q < 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \times 0,5$
$0,51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} < Q < 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_{355d}
$Q > 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \times 0,5$

Tabulka 4.1 Doporučený MZP dle normy ČSN 75 2601⁹⁷

Potřebné hodnoty odečteme z čáry trvání průtoků, resp. z hydrologických podkladových dat pro sestavení této čáry. Pro rozhodný parametr $Q_{355d} = 10,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vyplývá následující vztah:

$$MZP = (Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5, \quad (1)$$

kde MZP je minimální zůstatkový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

Q_{md} je m-denní průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$].

Pak podle rovnice (1) s příslušnými hodnotami $Q_{355d} = 10,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $Q_{364d} = 9,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ lze očekávat, že minimální zůstatkový průtok bude

$$MZP = \frac{10,3 + 9,1}{2} = 9,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

⁹⁶ ČESKÁ REPUBLIKA. § 36 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz*[online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254#p36>

⁹⁷ ČSN 75 2601: *Malé vodní elektrárny - Základní požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Str. 11.

4.4 Hydroenergetický potenciál

Energetický potenciál vodního toku lze odhadnout podle vztahu:

$$P_{pot.} = k_T \cdot Q \cdot H, \quad (2)$$

kde $P_{pot.}$ je potenciální výkon MVE v lokalitě [kW],
 k_T je násobný součinitel daný velikostí a typem uvažované turbíny [-],
 Q je průtok turbínou [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
 H je spád turbíny [m].⁹⁸

Pro návrh MVE se běžně uvažuje 90denní až 120denní průtok.⁹⁹ To znamená, že vybíráme reálně využitelný průtok v intervalu od $22,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $29,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Zvolený návrhový průtok jasně udává maximální výkon MVE. Hledáme takový objem protékající vody, při němž bude množství vyrobené energie za toto období největší. To znamená, že hledáme takový čas, resp. průtok, kdy bude platit, že plocha obdélníku daného 0 bodem grafu, hodnotou t na ose času a křivkou „ Q_m - Q_{MZP} “, viz obrázek 4.2, bude maximální. Tato souvislost je zřejmá z následující rovnice:

$$W = k_T \cdot Q_m \cdot H \cdot t, \quad (3)$$

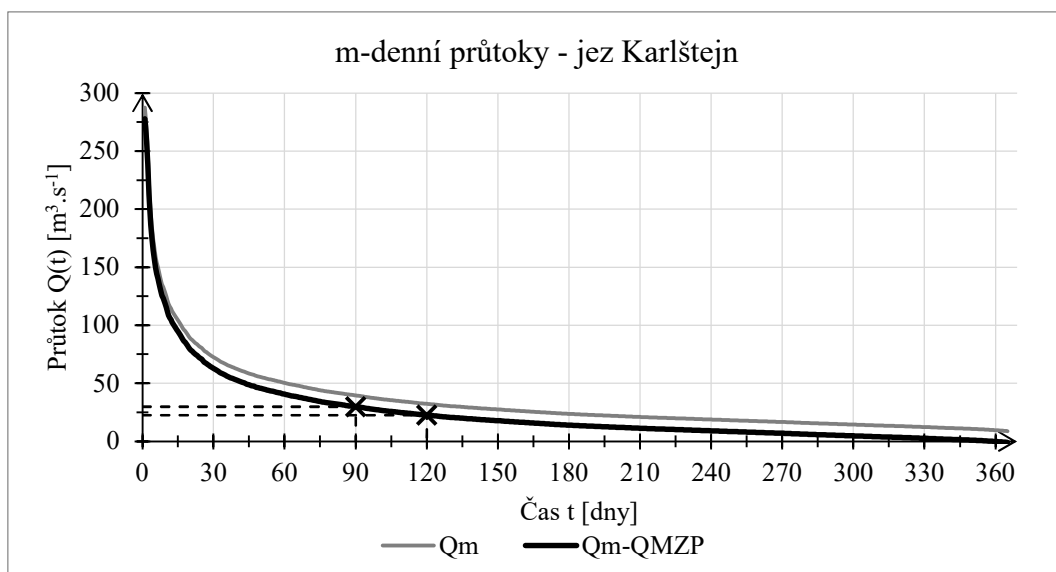
kde W je očekávaný objem vyrobená energie v daném období [kWh],
 Q_m je m -denní průtok, který MVE může odebrat [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
 H je spád turbíny [m],
 t je počet hodin odpovídající m dnům práce MVE s max. výkonem [h].

Velikost spádu uvažujeme totožnou se spádem předcházejícího zařízení, který byl uveden při předchozí turbíně 1,4 m. Koeficient k_T zvolíme 8, jelikož předpokládáme využití turbín s průměry oběžných kol větší než 0,5 m.¹⁰⁰

⁹⁸ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 24

⁹⁹ PROCHÁZKA, Radek. Přednášky a semináře předmětu Elektroenergetika 2 B1B15EN2 na FEL ČVUT v Praze, 2020.

¹⁰⁰ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 24

Obrázek 4.2 Graf m-denních průtoků na jezu Karlštejn¹⁰¹

Analýzou rovnice (3), grafu m-denních průtoků a úvah v předchozích odstavcích docházíme k závěru, že vhodný návrhový průtok je $Q_{III}=24,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, při němž vychází množství vyrobené energie za trvání maximálního výkonu MVE největší. Hydroenergetický potenciál vypočítáme podle rovnice (2) a je roven

$$P_{pot.} = 8 \cdot 24,6 \cdot 1,4 = 276 \text{ kW}$$

4.5 Turbína

V případech, kdy je nutné osadit lokalitu větším počtem hydraulických strojů, než je jedna, bývá celkový instalovaný výkon¹⁰² rozdělen v poměru 2:1. Mění se průtok v čase využíváme efektivně vhodným vzájemným nastavením jednotlivých turbín.¹⁰³ O poměrovém rozdělení mezi více strojů se zmiňuje i příslušná norma. Norma ČSN 75 2601 – *Malé vodní elektrárny v části 9.1.1* říká: „Při více než dvou soustrojích se mají všechna soustrojí navrhovat o stejné velikosti.“¹⁰⁴

Při výběru turbíny hodnotíme proměnnost toku, tedy jak moc potřebujeme regulovatelnou turbínu, dále spád, který ve velké míře ovlivňuje výkon a fungování

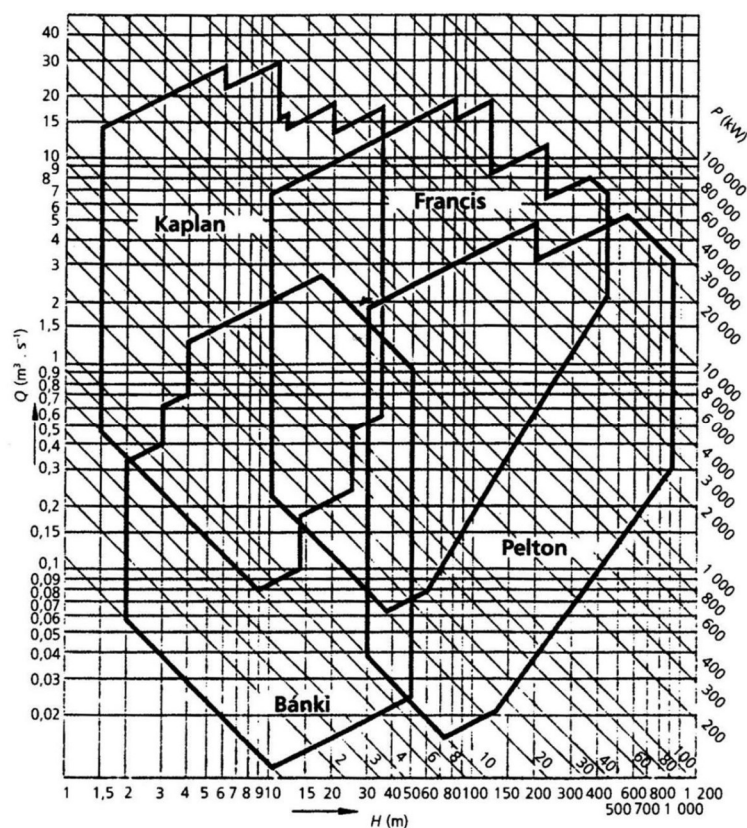
¹⁰¹ Denní data dle zákona 123/1998 Sb. *Portál ČHMÚ* [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb; zpracováno autorem

¹⁰² neboli průtok; mezi průtokem a výkonem platí přímá úměra

¹⁰³ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 18

¹⁰⁴ ČSN 75 2601: *Malé vodní elektrárny - Základní požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Str. 19.

stroje, a v neposlední řadě množství vody roztáčející lopatky. Prvotní odhad vhodného zařízení lze určit na základě hltnosti (osa Q vlevo) a velikosti spádu (osa H dole) z diagramu oblastí použití daných typů turbín, viz *obrázek 4.3*, z něhož lze taktéž orientačně odečíst výkon na hřídeli volené turbíny (hodnoty P šikmo). Znázorněny jsou 4 oblasti pro použití předních typových zástupců turbín. Z přetlakových – Kaplanovy a Francisovy turbíny a z rovnotlakých – Bánkiho a Peltonovy turbíny.¹⁰⁵



Obrázek 4.3 Oblasti použití typů turbín¹⁰⁶

Návrhový průtok $Q=24,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ lze rozdělit mezi stroje v několika variantách. První variantou je rozdělení hltností vodních motorů v poměru 2:1. tím se dostáváme na hodnoty $16,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $8,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Konzultací s diagramem oblastí použití turbín zjistíme, že za podmínek spádu karlíštejnského jezu, jež je 1,4 m, se dostáváme do hraniční oblasti použití Kaplanovy turbíny. Pro tak velkou turbínu to je téměř za hranou funkčnosti. Toto složení nemusí být v našich podmínkách vhodné ani proveditelné.

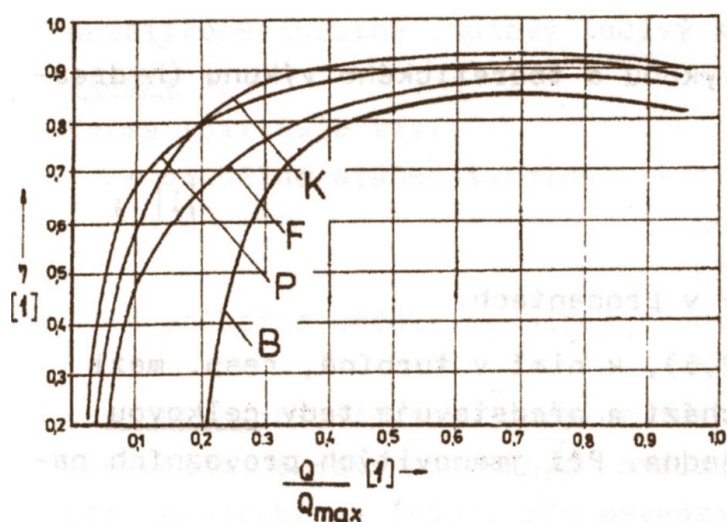
¹⁰⁵ PROCHÁZKA, Radek. Přednášky a semináře předmětu Elektroenergetika 2 B1B15EN2 na FEL ČVUT v Praze, 2020.

¹⁰⁶ MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.

Druhá varianta je instalace několika stejných strojů. Uvažujme rozdělení v poměru 1:1. Pohybujeme se v oblasti použití Kaplanovy turbíny. Po stránce minimálního průtoku, při němž je elektrárna schopna ještě pracovat, jsme značně omezeni oproti první variantě. Docházelo by k výraznému zkrácení ročních provozních hodin při podobném výkonu na hřídelích turbín jako v minulé variantě.

Třetí varianta nabízí využití třech totožných Kaplanových turbín o jmenovitých hltnostech $8,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Společně budou schopny pokrýt výrobu po většinu roku a držet vysoké číslo provozních hodin. Roční provozní hodiny budou totožné s první variantou. Následující výpočty uváděné v práci přímo vychází z úvahy tohoto odstavce.

4.5.1 Účinnost turbíny



K – Kaplanova turbína, *F* – Francisova t., *P* – Peltonova t., *B* – Bánkiho t.

Obrázek 4.4 Graf účinnosti turbín v závislosti na jejich plnění¹⁰⁷

Kaplanovy turbíny jsou typické svou vysokou účinností napříč spektrem daného hraničními hodnotami hltností tohoto vodního motoru. Samotná účinnost závisí na typu turbíny, na jejím technologickém zpracování, na konstrukčním provedení a dalších parametrech. Obvyklé průběhy účinností v závislosti na plnění hlavních typů turbín jsou na *obrázku 4.4*. Průměrná účinnost v intervalu plnění $\langle 0,2 ; 1 \rangle$ Kaplanovy turbíny je 0,9. Tato hodnota je užívána v následujících výpočtech.

¹⁰⁷ MELICHAR, Jan. Malé vodní turbíny. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01403-7. Str. 34

4.5.2 Výkon na hřídeli turbíny

Výkon na hřídeli turbíny je dán vztahem:

$$P_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T, \quad (4)$$

kde P_T je výkon na hřídeli turbíny [kW],

Q je průtok turbínou [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

H je spád turbíny [m],

η_T je účinnost dané turbíny [-].¹⁰⁸

Výpočet výkonů na hřídelích turbín provedeme podle 3. varianty technického řešení MVE popsaného na předcházející straně (poměr 1:1:1). Jednotlivá soustrojí označme číslicemi 1 až 3. Toto neměnné značení jednotlivých soustrojí bude používáno v celé kapitole 4. Turbíny označíme T_1 až T_3 , stroje bezprostředně související s danou turbínou ponесou totožné číselné označení 1 až 3. Účinnost při maximálním plnění turbín uvažujeme 0,9, viz obrázek 4.4. Z rovnice (4) vyplývají maximální výkony na hřídelích turbín.

$$P_{T1} = 9,81 \cdot 8,2 \cdot 1,4 \cdot 0,9 = 101 \text{ kW}$$

$$P_{T2} = 101 \text{ kW}$$

$$P_{T3} = 101 \text{ kW}$$

Celkový maximální mechanický výkon na hřídelích turbín:

$$P_T = P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} = 101 + 101 + 101 = 303 \text{ kW}$$

Souhrn vlastností jednotlivých variant osazení turbínami a z toho plynoucích vlastností MVE je vyjádřeno v tabulce 4.2, za předpokladu využívání turbín až do minimálního poměrného plnění 0,2.

¹⁰⁸ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 24

NÁVRH OBNOVY VODNÍHO DÍLA MVE NA BEROUNCE

Var.	Poměr hltností turbín	Označení turbíny	Hltnost [m ³ .s ⁻¹]	Výkon na hřídeli turbíny [kW]	Výkon turbín [kW]	Roční provozní hodiny [h]	Inst. el. výkon MVE [kW]	Orientační roční výroba [GWh]	Doba využití maxima [h]
1	2:1	T11	16,4	203	304	8 232	360	1,429	3 967
		T12	8,2	101					
2	1:1	T21	12,3	152	304	7 608	400	1,412	3 520
		T22	12,3	152					
3	1:1:1	T1	8,2	101	303	8 232	330	1,417	4 303
		T2	8,2	101					
		T3	8,2	101					

Tabulka 4.2 Porovnání variant využití návrhového pútku MVE

Varianta 3 se po technické stránce jeví jako nejlepší volba. Oproti variantě 1 a 2 je výkon na hřídelích sice o 1 kW nižší, ale generátory nemusejí být výrazně naddimenzované. Doba využití maxima je nejnižší pro 2. verzi, ale jasnou nevýhodou je nevyužitelných necelých 100 kW instalovaného výkonu. Ve 2. variantě není umožněna práce při nižších průtocích jako u varianty 1 a 3.

Není možné při technickém řešení návrhu opomenout ekonomické hodnocení. K nejdražším položkám celého projektu patří turbíny, tedy hlavní a nepostradatelné články celého procesu přeměny energie. Přidání 3. turbíny do MVE musí být nutně vykoupeno vyplývajícími technickým benefitem z investice. Po technické ani ekonomické stránce není žádoucí instalovat naddimenzované stroje, jež ze své podstaty nemohou být plně využity.

4.5.3 Otáčky turbíny

Jmenovité otáčky turbíny lze vypočítat vztahem:

$$n = 1,166 \frac{n_s H^{\frac{4}{3}} \sqrt{H}}{\sqrt{P_T}}, \quad (5)$$

kde n jsou jmenovité otáčky turbíny [min⁻¹],
 n_s jsou specifické otáčky geometricky podobné turbíny [min⁻¹],
 H je spád turbíny [m],
 P_T je výkon na hřídeli turbíny [W].¹⁰⁹

¹⁰⁹ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 27

Z velikosti spádu a doporučení literatury je vhodné, aby hodnota specifických otáček zmiňovaných turbín byla $n_s=800 \text{ min}^{-1}$.¹¹⁰ Otáčky jednotlivých turbín T_1 až T_3 vypočítáme *rovnici (5)* a jsou:

$$n_{T1} = 1,166 \frac{800 \cdot 1,4 \cdot \sqrt[4]{1,4}}{\sqrt{101}} = 141 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{T2} = 141 \text{ min}^{-1} \quad n_{T3} = 141 \text{ min}^{-1}$$

4.6 Elektrotechnické vybavení MVE

Turbíny nám dodají mechanický výkon na hřídelích, jež bude potřeba přeměnit na elektrickou energii. Celkový mechanický výkon turbín je 303 kW.

4.6.1 Generátory

Bude zapotřebí třech generátorů se jmenovitými výkony alespoň 101 kW. Jelikož otáčky turbín jsou nízké, resp. bylo by zapotřebí několika desítek pólů v konstrukci generátoru, bude je pomocí převodů nutné převést do rychla. Elektrárna nebude pracovat v ostrovním režimu, je tedy možné využít asynchronní motory jako generátory. Z důvodu ochrany proti přetížení budeme uvažovat, že přeměňovaný mechanický výkon bude roven 90 % jmenovitého výkonu jednotlivých generátorů. Přepočet výkonu je:

$$P_{NG} = \frac{P_T \cdot \eta_P}{0,9}, \quad (6)$$

kde P_{NG} je jmenovitý výkon generátoru [kW],

P_T je výkon na hřídeli turbíny [W],

η_P je účinnost převodů [-].

S přihlédnutím k typu použitých převodů, viz *kapitola 4.6.2*, určíme vhodný jmenovitý výkon jednotlivých strojů z *rovnice (6)* podle výše uvedeného postupu.

$$P_{NG1} = \frac{101 \cdot 0,97}{0,9} = 109 \text{ kW}$$

$$P_{NG2} = 109 \text{ kW} \quad P_{NG3} = 109 \text{ kW}$$

¹¹⁰ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 27

Z typizovaných výkonových řad budou vhodné tři třífázové asynchronní motory s jednotkovými jmenovitými výkony 110 kW, sdružené napětí 400 V, 4 pólpárovou konstrukcí a pracovními otáčkami 735 min^{-1} . Výrobce uvádí jejich účinnost 0,94. Z konstrukce motoru je zřejmé, že synchronní otáčky jsou 750 min^{-1} . Motor přejde do generátorového chodu, pokud tato hodnota otáček bude překročena. To znamená, že velikost otáček v generátorovém chodu by měla dosahovat 765 min^{-1} . Z toho vyplývá nutnost převodu rychlostí otáček z hřídelí turbín na hřídele motorů (resp. generátorů) do rychla. Generátory se z povahy provozu MVE řadí do skupiny zatížení S1 – trvalé zatížení.^{111, 112}

4.6.2 Převody

K přechodu asynchronního motoru do generátorového chodu je zapotřebí dosáhnout alespoň hodnoty synchronních otáček. Potřebná hodnota otáček v generátorovém chodu uvažovaného stroje je 765 min^{-1} .¹¹³ K mechanickému pohonu generátorů je nutné převést otáčky hřídele turbíny do rychla. V kapitole 4.5.3 jsou vypočítány otáčky jednotlivých turbín. Potřebné převody otáček do rychla jsou dané poměrem otáček generátoru a turbíny:

$$p_p = \frac{n_G}{n_T}, \quad (7)$$

kde p_p je převodní poměr otáček [-],
 n_G jsou otáčky generátoru [min^{-1}],
 n_T jsou otáčky turbíny [min^{-1}].

Převodní poměr zjistíme z rovnice (8) dosazením příslušných hodnot. A zjišťujeme:

$$p_1 = \frac{765}{141} = 5,43$$

$$p_2 = \frac{765}{141} = 5,43 \quad p_3 = \frac{765}{141} = 5,43$$

¹¹¹ Elektromotory 1AL - 8 pólové. VYBO Electric [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.elektromotor.cz/kategoria-produktu/elektromotory-700ot/>

¹¹² KOBRLE, Pavel. Přednášky a semináře předmětů Základy elektrických strojů a přístrojů B1B13ZSP a Základy elektrických pohonů B1B14ZPO na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021

¹¹³ Hodnota otáček v generátorovém chodu odpovídá konkrétnímu provedení stroje od konkrétního výrobce. Výběrem jiného zařízení se hodnoty mohou lišit.

Výhodné budou řemenové převody výkonů pro všechna soustrojí. Ploché řemeny jsou nejstarší způsob přenosu výkonů. V naší republice jsou přenášeny plochými řemeny výkony až 500 kW. Výhodou je vysoký převod rychlostí, uvádí se až 1:15 (klínové 1:10), nízká cena, vysoká účinnost a určitá ochrana zařízení proti přetížení. Dojde-li k přetížení na jedné, či druhé straně, řemen proklouzne po řemenici. Účinnost se typicky pohybuje od 0,96 až 0,98. Nespornou výhodou je cena zařízení pohybující se většinou na nižších hladinách než jiné typy mechanických převodů a spojek.¹¹⁴

4.7 Výkon na výstupních svorkách elektrárny

Výsledný výkon na svorkách generátoru je dán součtem součinů výkonů na hřídelích turbín a účinností dalších příslušných technologických částí (generátory a převody). Tím vzniká následující předpis:

$$P_{MVE} = \sum_{i=1}^k P_{Ti} \eta_{Gi} \eta_{Pi}, \quad (8)$$

kde P_{MVE} je celkový dosažitelný výkon MVE [kW],

k je počet soustrojí [-],

i je číselný index označení soustrojí [-],

P_{Ti} je výkon na hřídeli i -té turbíny [kW],

η_{Gi} je účinnost i -tého generátoru [-],

η_{Pi} je účinnost i -tého převodu [-].

Celkový dosažitelný výkon na výstupních svorkách elektrárny vypočítáme podle vztahu (8) a je:

$$P_{MVE} = 3 (101 \cdot 0,94 \cdot 0,97) = 3 \cdot (92) = 276 \text{ kW}$$

Zjištěná hodnota se plně shoduje s vypočítaným hydroenergetickým potenciálem MVE v této lokalitě, viz kapitola 4.4.

¹¹⁴ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.187 až 189

4.8 Předpokládané množství vyrobené elektrické energie

Celková vyrobená elektrická energie bude rovna obsahu plochy pod křivkou trvání výkonu MVE, viz *obrázek 4.5*, a je dána předpisem:

$$W = \int_0^T P_{MVE}(t) dt = \int_0^{t_n} P_{MVE} dt + \int_{t_n}^T P_{MVE}(t) dt + \int_T^{365} 0 dt, \quad (9)$$

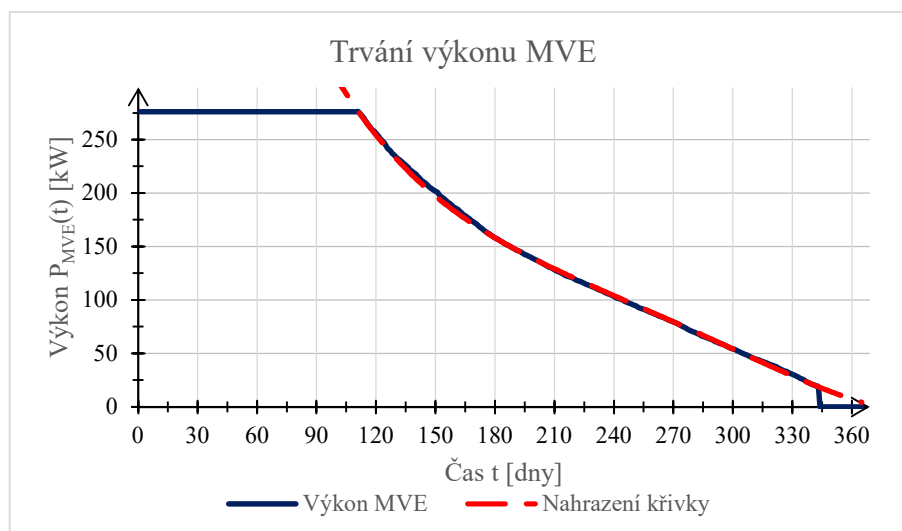
kde W je celková vyrobená energie [kWh],
 P_{MVE} je dosažitelný výkon MVE [kW],
 $P_{MVE}(t)$ je výkon MVE v závislosti na čase [kW],
 t je okamžik trvání časově proměnného výkonu [h],
 T je roční provozní doba MVE [h],
 t_n je doba, po níž MVE pracuje s maximálním dosažitelným výkonem [h].

Ze zátěžového diagramu, přesněji řečeno z čáry trvání průtoků, vyplývá, že elektrárna bude schopna pracovat 343 dní v roce (platí pro průměrně mokrý rok). Ve zbývajících 22 dnech průtokové poměry nedovolují využívat ani jednu turbínu s přijatelnou účinností. Roční počet provozních hodin MVE lze očekávat na hodnotě 8 232 (při průměrně mokrém roku) a dobu využití maxima 4 303 hodin.

V části 0. až 111. dne grafu trvání výkonu odpovídá výkon součtu dosažitelných výkonů všech soustrojí. Výkon v části od 111. do 343. dne je závislý na aktuálním množství vody, kterou je možno z toku odebrat. Předpis pro výkon MVE v závislosti na čase získáme spojením *rovnice (4)* a *(8)*. Dostáváme tím následující závislost:

$$P_{MVE}(t) = \sum_{i=1}^3 9,81 \cdot Q_{Ti}(t) \cdot H_{Ti} \cdot \eta_{Ti} \cdot \eta_{Pi} \cdot \eta_{Gi}, \quad (10)$$

kde $P_{MVE}(t)$ je aktuální výkon MVE v závislosti na čase (resp. průtoku) [kW],
 i je číselné označení soustrojí [-],
 $Q_{Ti}(t)$ je aktuální průtok i -tou turbínou [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
 H_{Ti} je spád i -té turbíny [m],
 η_{Ti} je účinnost i -té turbíny [-],
 η_{Pi} je účinnost i -tého převodu soustrojí [-],
 η_{Gi} je účinnost i -tého generátoru soustrojí [-].



Obrázek 4.5 Trvání výkonu MVE

Průběh výkonu MVE v oblasti diagramu od 111. do 343. dne (viz *obrázek nahoře*) nahradíme polynomem 4. stupně, který dostatečně věrně popisuje průběh křivky trvání výkonu v tomto období. Předpis pro tuto křivku je následující:

$$P_{MVE}(t) = 3,55 \cdot 10^{-13}t^4 - 9,26 \cdot 10^{-9}t^3 + 8,97 \cdot 10^{-5}t^2 - 0,42x + 905,86$$

Vyrobenou elektrickou energii vypočítáme podle *rovnice (9)*. Dosazením dostáváme roční objem výroby elektrické energie v MVE, a ten činí:

$$W = \int_0^{111.24} 276 dt + \int_{111.24}^{343.24} P_{MVE}(t) dt + \int_{343.24}^{365.24} 0 dt =$$

$$W = 1\,420 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Předpokládaná roční výroba elektřiny v obnovované MVE při jezu v Karlštejně je $1\,420 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$.

4.9 Shrnutí technických parametrů elektrárny

V předchozích podkapitolách byly rozebrány hlavní prvky potřebné k chodu a výrobě elektrické energie v uvažované MVE. Pro přehlednost jsou technické parametry zmíněné napříč *kapitolou 4* shrnuty v *tabulce 4.3*. Vlastní technologickou spotřebu (VS) uvažujeme ve výši 2% z ročního objemu výroby v MVE.

NÁVRH OBNOVY VODNÍHO DÍLA MVE NA BEROUNCE

Jez Karlštejn - MVE Klučický mlýn	
Výška jezu:	1,18 m
Umístění:	pravý břeh
Typ MVE:	břehová průtočná
Počet vodních motorů:	3
Instalované turbína:	3 x Kaplan
Návrhový spád:	1,4 m
Návrhový průtok:	24,6 m ³ .s ⁻¹
Minimální průtok provozu MVE:	1,6 m ³ .s ⁻¹
Poměr turbín:	1:1:1
Potenciální výkon toku:	338 kW
Potenciální výkon MVE:	276 kW
Celkový elektrický výkon MVE:	276 kW
Instalovaný elektrický výkon:	330 kW
Teoretická účinnost MVE:	82 %
Průměrná roční výroba:	1 420 MWh
Doba využití maxima:	4 303 h
Průměrný roční počet provozních dnů:	343 dnů

Tabulka 4.3 Parametry MVE Klučický mlýn

Konkrétní vlastnosti jednotlivých soustrojí a použitých konstant k technickým výpočtům návrhu jsou uspořádány do tabulky v *Příloze III* na konci práce.

Při porovnání záměru tehdejší majitelky mlýna ze začátku minulého století, nemůžeme jinak než přiznat, že tenkrát měla úmysl zbudovat MVE v pravděpodobně srovnatelném rozsahu jako dnes. Rozdíl hodnot instalovaných výkonů zde popisovaného návrhu a záměru majitelky z roku 1912 je totiž možné přisuzovat méně účinným zařízením, která byla tehdy dostupná, a také důvodu tehdejší neporovnatelně nižší poptávky po elektrickém proudu v bezprostředním okolí.

5 Ekonomické zhodnocení

Na celý návrh obnovy MVE v Karlštejně bude v kapitole 5 nahlíženo pohledem investora. Z tohoto důvodu bude do úvah započítávána daň z příjmu, která není zanedbatelným výdajem. Pokud není uvedeno jinak, veškeré uváděné a užívané ceny ve výpočtech a kalkulacích jsou bez daně z přidané hodnoty (bez DPH).

5.1 Technicko-ekonomické parametry, normativy

Energetika, podobně jako ostatní obory snažení lidí, je ošetřena normativy. Mimo normy, které mají zajišťovat správné fungování technologie, je nutné řídit se příslušnými zákony, vyhláškami, případně jinými právně závaznými normami.

Technicko-ekonomické parametry elektrárny využívající k výrobě vodu jsou vyjmenované ve Vyhlášce č. 296/2015 Sb. o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech) ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška stanovuje životnost výrobní elektrické energie na 30 let. Klade podmínku minimální účinnosti nových instalovaných turbín na větší nebo rovnu 85 %. Dále uvádí předpokládanou dobu prosté návratnosti investice do 15 let. Všechny parametry dané zmíněnými vyhláškami jsou shrnuty v Tabulka 5.1.^{115, 116}

Životnost	30 let	---
Požadovaná účinnost nově instalované turbíny	≥ 85 %	splněno
Měrné investiční náklady	< 130 000 Kč/kW _e	viz níže
Průměrné roční využití instalovaného výkonu za dobu životnosti	> 4 000 h	splněno
Horní hranice ročního využití instalovaného výkonu	4 800 h	splněno

Tabulka 5.1 Technicko-ekonomické parametry MVE v nových lokalitách¹¹⁷

¹¹⁵ POZE. Energetický regulační úřad [online]. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze>

¹¹⁶ ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 296/2015 Sb. o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech), ve znění pozdějších předpisů. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-296#f5700426>

¹¹⁷ Převzato a upraveno autorem z předcházejícího zdroje

5.2 Finanční náročnost návrhu

Pro ekonomické zhodnocení je nutné stanovit hodnotu potřebných financí na pořízení zařízení a zaplacení s tím souvisejících prací a nákladů. Samostatnou kapitolou problému jsou stavební práce a zbudování strojovny včetně zázemí MVE. Vzniklou stavbu je následně nutné osadit popsányi prostředky.

Výslednou cenu lze považovat pouze za orientační a v dlouhém horizontu neaktuální. Každá z cen jednotlivých položek použitých ke stanovení výsledné ceny je platná jen a pouze v okamžiku jejího zjištění, stejně jako další parametry zasahující do projektu. Výsledkem konzultace se společností ENECOS, s. r. o. zabývající se obnovitelnými zdroji energie, byla odhadnuta výše investice na 45 mil. Kč. Kromě konkrétního čísla byl poskytnut rozsah potřebných financí na jednotku instalovaného výkonu. Tuto informaci mi podala společnost RenoEnergie, a.s. s upozorněním, že vždy závisí na konkrétní situaci. Investiční náklady lze řádově očekávat od 100 do 250 tis. Kč na 1 kilowattu instalovaného výkonu s dodatkem, že střední hodnota měrných investičních nákladů se pohybuje od 150 do 180 tis. Kč za kilowattu instalovaného výkonu.

Pojmem „stavební práce“ jsou myšleny otázky týkající se hrubé stavby, vytvoření odpovídajících vtokových objektů včetně zařízení na jejich běžnou údržbu a vytvoření zázemí MVE. Na tyto účely odhaduji potřebnou částku 7, 5 mil. Kč bez DPH.

Vybranou Kaplanovu turbínu s převody a generátorem včetně dopravy a montáže je schopna vyrobit a dodat společnost Vodní turbíny, s. r. o. za 8 mil. Kč bez DPH. Společnost ENECOS, s. r. o. by dodala řídicí zařízení zajišťující bezpečný chod MVE za 1,7 mil. Kč. Náklady na dopravu a instalaci uvažujeme ve výši 15 % z kupní ceny. V poslední řadě je nutné vyráběný výkon dovést k nejbližšímu transformátoru distribuční sítě vzdáleného cca 130 m od strojovny. Částku na vybudování této nutné technologie včetně s tím spojených prací odhadujeme na 325 tis. Kč bez DPH

Celkovou kalkulaci jednotlivých položek a celé investice vidíme v *tabulce 5.2*. Pro další úvahy zaokrouhlíme hodnotu investice nahoru na celé miliony. Celkově se dostáváme na hodnotu 34 mil. Kč potřebných k realizaci zamýšleného projektu. Hodnota měrných investičních nákladů je 103 tis. Kč.kW⁻¹. Poslední technicko-ekonomická podmínka je tímto splněna.

<i>Investice:</i>	<i>ks</i>	<i>bez DPH</i>	
		<i>Kč.ks⁻¹</i>	<i>Kč</i>
Stavební práce	-	---	7 500 000
Turbínová soustrojí	3	8 000 000	24 000 000
Řídicí systémy MVE	-	---	1 955 000
Vyvedení výkonu z MVE do distr. sítě	-	---	325 000
Celkem:			33 780 000
Celkem zaokr.:			34 000 000

Tabulka 5.2 Kalkulace investice do zbudování MVE

5.3 Prodej vyrobené elektrické energie MVE

Výrobce vyrobí energii, kterou je schopen dodat do distribuční, nebo přenosové soustavy. V drtivé většině případů se jedná o objem výroby nezužítkovatelný v bezprostřední blízkosti energetického objektu. Výrobce dodá energii neboli službu. Odběratel na straně distribuční nebo přenosové soustavy tuto energii musí odebrat, resp. měl by ji odebrat. „Úroveň povinnosti odběru“ vyplývá ze vzájemného vztahu mezi výrobcem a odběratelem v závislosti na jejich ujednání o způsobu odběru energie a finančním vypořádáním za dodanou a odebranou službu.

V principu existují tři různé způsoby „platby“ za odebranou elektřinu. Nejjednodušším způsobem je dohoda mezi výrobcem a distributorem, kde si stanoví podmínky odběru a sjednají cenu. Nelze očekávat, že malý provozovatel MVE bude v takové pozici, aby si mohl klást pro něj výhodné podmínky. Je predikovatelná maximální dohodnutá výkupní cena jednotky energie na úrovni běžné tržní hodnoty této komodity. V současných podmínkách podpory obnovitelných zdrojů energie je tento výkupní vztah nezajímavý.

ERÚ, vydávající cenová rozhodnutí platná pro daný kalendářní rok, stanovuje výši a způsob výplaty podpor pro OZE (dále POZE). Mimo podpory větrné, sluneční energie a dalších typů OZE se podpora vztahuje i na MVE. Provozovatel si může zvolit každý kalendářní rok způsob podpory pro jeho dílo v závislosti na stáří a stavu jeho zařízení. Plynule navazující na předchozí způsob výplaty je tzv. „Zelený bonus“, blíže popsán v části 5.3.3. Druhý systém podpory stanovující ERÚ je „Výkupní cena“. Bližší pojednání viz kapitola 5.3.2. Obnovované vodní dílo se řadí do skupiny „MVE v nových lokalitách“, pro níž je podmínkou neexistence připojení elektrárny k distribuční (resp. přenosové) soustavě od 1. ledna 1995. Tato podmínka je zcela splněna.¹¹⁸

¹¹⁸ POZE. Energetický regulační úřad [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze>

5.3.1 Tržní cena elektrické energie

Energetický průmysl ovlivňuje mnoho vnějších předpověditelných i neočekávatelných faktorů. V poslední dekádě docházelo k výrazným změnám v ceně na trhu s elektřinou. Vytvořit předpověď vývoje ceny této komodity je tedy nelehké. Jedinou možností je na základě statistických dat popsat chování ceny komodity a doufat, že reálné prostředí se bude blížit našemu předpokladu. K těmto účelům poslouží organizace OTE, a. s., vedoucí si statistiku průměrné ceny elektřiny na denním trhu v jednotlivých hodinách. Tyto statistiky jsou ve spojitosti s OZE veřejně dostupné od roku 2011.

K odvození růstu ceny elektřiny budeme vycházet ze vztahu mezi současnou a budoucí hodnotou.

$$FV = PV \cdot (1 + r)^T, \quad (11)$$

kde FV je budoucí hodnota [Kč],
 PV je současná hodnota [Kč],
 r je roční úroková míra, případně meziroční změna [rok⁻¹],
 T je doba mezi FV a PV .

Úpravou a vyjádřením roční úrokové míry růstu ceny elektřiny z rovnice (11) získáme předpis pro hledanou informaci:

$$r = \sqrt[T]{\frac{FV}{PV}} - 1 \quad (12)$$

Za rok 2011 činila průměrná cena elektrické energie 1 029 Kč.MWh⁻¹. V roce 2021 (údaj platný k 16. 4. 2021) je průměrná cena elektřiny na denním trhu 1 398 Kč.MWh⁻¹ bez DPH. Dosazením do rovnice (12) zjišťujeme, že za posledních 8 letech (2013 až 2021) je meziroční úroková změna ceny elektřiny + 3,9 %. Vezmeme-li v úvahu obrovský propad ceny elektřiny v letech 2015 až 2017 následovaný velkým a nekončícím růstem cen, pak meziroční změna průměrné roční ceny elektřiny na denním trhu v uplynulých 5 letech činí 14,4 %. Pro ekonomický model uvažujeme první zmíněnou hodnotu danou dlouhodobějším zkoumáním.¹¹⁹

¹¹⁹ Rozdíl výkupní a tržní ceny. OTE [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/rozdil-vykupni-a-trzni-ceny?date=2015-01-01>

5.3.2 Výkupní cena

Strana vykupující elektřinu je povinna celý objem vyrobené elektřiny od výrobce vykoupit za cenu pevně stanovenou platným cenovým rozhodnutím ERÚ. Tento způsob vyúčtování vychází z garance patnáctileté prosté návratnosti a je popsán v §12 zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pokud dané dílo splní technicko-ekonomické parametry dané příslušnou vyhláškou č. 296/2015 Sb. o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti vyrobené elektřiny a vyrobeného tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech) ve znění pozdějších předpisů. Tyto parametry jsou přehledně prezentovány v části 5.1. Není možné uplatňovat podporu na vlastní technologickou spotřebu výrobní elektrické energie.^{120, 121}

Výkupní cena v kategorii „Malá vodní elektrárna v nových lokalitách uvedená do provozu od 1.1.2021 do 31.12.2021“ je stanovena pro rok 2021 na hodnotu 2 741 Kč.MWh⁻¹ včetně DPH, resp. 2 265 Kč.MWh⁻¹ bez DPH.¹²² Tato hodnota je zachovávána pro nové MVE uvedené do provozu v daném roce. U této podpory je stanovený 2% meziroční růst po dobu životnosti MVE (tedy 30 let), pokud jsou splněny podmínky z kapitoly 5.1.¹²³

5.3.3 Zelené bonusy

Platba formou Zelených bonusů je ve dvou složkách. Skládá se ze složky závislé na cenovém rozhodnutí ERÚ a dohodnuté ceně mezi výrobcem a odběratelem. Výsledný příjem za MWh je dán součtem zmíněných dvou částek. Výrobce si musí najít svého odběratele a sjednat si s ním výkupní cenu, případně další podmínky. Tento způsob financování umožňuje prodávat do sítě i pouhé přebytky, aniž by docházelo ke ztrátě podpory za vyrobenou a spotřebovanou energii v místě výroby. Zelené bonusy se

¹²⁰ POZE. Energetický regulační úřad [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze>

¹²¹ ČESKÁ REPUBLIKA. § 8 až § 13 zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 16. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165#p10>

¹²² ČESKÁ REPUBLIKA. § 47 zákona č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 13. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-235#p47>

¹²³ Energetický regulační věstník: *Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2020* [online]. 20. 2020 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/-/cenove-rozhodnuti-c-7-2020>

EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

vyplácejí za veškerou vyrobenou a účelně spotřebovanou energii mimo vlastní technologickou spotřebu.^{124, 125}

Vydané cenové rozhodnutí platné na kalendářní rok 2021 stanovuje Zelený bonus v dané kategorii na hodnotu 1 899 Kč.MWh⁻¹. Zelené bonusy jsou stanovovány bez DPH. Meziroční změna bonusů není pevně zakotvena a odvíjí se od chování trhu s elektřinou v době stanovování POZE.¹²⁶

Hodnota Zelených bonusů je proměnná v každé hodině pro MVE s instalovaným výkonem větším než 100 kW. Aktuální hodinovou sazbu určuje OTE s ohledem na cenu elektřiny na denním trhu. Průměrná hodnota Bonusů za rok 2020 byla 1 885 Kč.MWh⁻¹ bez DPH. Pro následné ekonomické výpočty uvažujeme ročně neměnnou hodnotu Bonusu 1 899 Kč.MWh⁻¹ stanovenou příslušným cenovým rozhodnutím.^{127, 128}

Porovnáním historických cenových rozhodnutí ERÚ¹²⁹ vyplývá, že meziroční změna se pohybuje v kladných i záporných hodnotách od jednotek až po desítky procent. Markantní změny jsou patrné především před rokem 2015. Průměrná meziroční změna bonusu u nové MVE je v posledních 5 letech -5,4 %. Jasně je zde vidět, že se opravdu velikost Zeleného bonusu odvíjí od ceny elektřiny, tedy s rostoucí cenou elektřiny se zmenšuje bonus. U děl uváděných do provozu dříve, to znamená, že v současné chvíli pracují již několik let, je průměrný růst bonusu v posledních 5 letech 1,84 %. Zmíněná hodnota je ovšem relativní, jelikož se jedná o průměr historických hodnot neříkající nic o budoucím vývoji. Můžeme očekávat a doufat, že situace se bude vyvíjet lépe, ale ne hůře než s průměrným 1,84% růstem.

¹²⁴ POZE. *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze>

¹²⁵ ČESKÁ REPUBLIKA. §8 až §12 zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 16. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165#p9>

¹²⁶ *Energetický regulační věstník: Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2020* [online]. 20. 2020 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/-/cenove-rozhodnuti-c-7-2020>

¹²⁷ ČESKÁ REPUBLIKA. § 9 odst. 4 písm. b) zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 10. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165#p9-4-b>

¹²⁸ Rozdíl výkupní a tržní ceny. *OTE* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/rozdil-vykupni-a-trzni-ceny?date=2015-01-01>

¹²⁹ Rozuměj Cenová rozhodnutí ERÚ od roku 2006 do roku 2021 o podpoře výroby v OZE, Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze/cenova-rozhodnuti/platna-cenova-rozhodnuti/archiv>

Předpokládáme, že jako elektrárna s menším objemem výroby budeme schopni s odběratelem vyjednat cenu ve výši 75 % průměrné tržní ceny uvedené v kapitole 5.3.1. Výsledná užívaná cena ve výpočtech bude 1 049 Kč.MWh⁻¹ bez DPH.

5.4 Předpokládané finanční toky

Každá investice nutně souvisí s pohybem finančních prostředků nezávisle na funkčnosti a výdělečnosti zařízení. Prvotní tok (spíš odliv) financí je zapříčiněn pořízením výdělečného prostředku MVE. V následující době očekáváme, že ono pořízené zařízení si na sebe bude tzv. „vydělávat“. Abychom se jako investoři byli schopni správně rozhodnout po ekonomické stránce věci, měli bychom mít alespoň hrubou představu o finančních tocích plynoucí z dané činnosti. K těmto účelům sestavíme účetní výkazy finančních toků (dále cash flow) po dobu své životnosti. Tyto výkazy budou dále využity v následujících kapitolách.

Prodáváním produktem MVE je a bude elektrická energie. Způsoby prodeje byly popsány v kapitole 5.3 včetně historického vývoje a budoucích záruk změn. Byly popsány 3 varianty výše ceny elektřiny a POZE, ale pouze poslední dvě zmíněné jsou hned na první pohled perspektivní. Proto uvažujeme pouze prodej přes „Zelené bonusy“ a „Výkupní cenu“.

Majitelé MVE jsou prvních pět let osvobozeni od daně z příjmu bez rozdílu, jedná-li se o fyzickou či právnickou osobu. Daňové zatížení návrhu je značné, proto nelze opomíjet tuto výdajovou položku cash flow. Pro potřeby vypočítání daně z příjmu bereme v úvahu rovnoměrné odpisy zařízení v náležitých odpisových skupinách daných příslušným zákonem. Daň z příjmu je odečítána v zákonné výši 19 %.^{130, 131}

Finanční výkazy cash flow lze stanovovat *přímo* a *nepřímo*. Přímá varianta sestavení je vhodná pro danou situaci svou názorností, kdy jednotlivé položky jsou nezaměnitelně spjaty s konkrétní činností MVE. Při sestavování uvažujeme, že všechny tržby a

¹³⁰ ČESKÁ REPUBLIKA. §4 a §19 ÚZ č. 45/2006 Sb., zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, jak vyplývá z pozdějších změn. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 7. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-45#p19-1-d>

¹³¹ ČESKÁ REPUBLIKA. §21 a §30 až §32 zákona č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 7. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586#p30-1>

EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

náklady, které jsou zároveň příjmy a výdaji, přijímáme a vyplácíme v témže roku, kdy tyto pohledávky nebo závazky vznikly.

Neposlední známou neznámou je objem vyrobené elektřiny. Množství srážek, určující průtoky v Berounce, je nemožné předpovědět. Uvažujeme dlouhodobý průměr čáry trvání průtoků. Počítáme s konstantní každoroční výrobou stanovenou v kapitole 4.8.

Cash flow stanovujeme na 30 let životnosti, jak stanovuje vyhláška, viz kapitola 5.1. Jedinou položkou příjmů jsou tržby za vyrobenou a vykoupenou energii. I přes maximální úroveň automatizace MVE je nutné počítat s potřebou obsluhy. Měsíční bto mzdu obsluhy uvažujeme 30 tis Kč, tedy za rok 360 tis. Kč a z toho plynoucí 34% povinné odvody zaměstnavatele na zaměstnance.¹³² Mzda bude meziročně navyšována o 4,4 %, které odpovídají růstu průměrné mzdy k roku 2020.¹³³ Během roku očekáváme provozní výdaje na mazací a ostatní potřebné prostředky ve výši 200 tis. Kč s meziročním navýšením o míru inflace 3,2 % z roku 2020.¹³⁴ Výsledné CF je nutné stanovit pro obě varianty lišící se tržbami (příjmy).

<i>Varianta 1 – Výkupní cena</i>	V 1. roce	Meziroční změna
Výkupní cena [Kč.MWh ⁻¹]	2 741	+ 2,00 %
Prodávané množství energie [MWh]	1 406	+ 0,00 %
Mzdové a osobní náklady [Kč]	482 400	+ 4,40 %
Ostatní provozní výdaje [Kč]	200 000	+ 3,20 %

Tabulka 5.3 Výchozí hodnoty CF – Výkupní cena

<i>Varianta 2 – Zelený bonus</i>	V 1. roce	Meziroční změna
Zelený bonus [Kč.MWh ⁻¹]	1 899	+ 1,84 %
Cena elektrické energie [Kč.MWh ⁻¹]	1 049	+ 3,90 %
Prodávané množství energie [MWh]	1 406	+ 0,00 %
Mzdové a osobní náklady [Kč]	482 400	+ 4,40 %
Ostatní provozní výdaje [Kč]	200 000	+ 3,20 %

Tabulka 5.4 Výchozí hodnoty CF – Zelený bonus

Investiční část zůstává neměnná. V 0. roce investujeme do stavby MVE a následujících 30 let neočekáváme žádné investice do zařízení nebo stavby, které by nepokryly ostatní provozní výdaje. Tato část je každoročně nulová. Ve finanční části CF vydáváme finance

¹³² Odvody sociálního a zdravotního pojištění ze mzdy. *Portál.Pohoda.cz* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://portal.pohoda.cz/dane-ucetnictvi-mzdy/mzdy-a-prace/odvody-zamestnavatele-na-socialnim-a-zdravotnim-po/>

¹³³ Průměrné mzdy. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ci/prumerne-mzdy-4-ctvrtleti-2020>

¹³⁴ Inflace. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace

na zaplacení daní souvisejících s příjmem. Kompletní výkazy na prvních 30 let provozu se nachází v *Příloze IV* a v *Příloze V* na konci práce.

Varianta 1 – Výkupní cena

v Kč	rok	0	1	2	...	30
Investice		-34 000 000	0	0	...	0
Provozní výnosy (příjmy)		0	3 145 717	3 208 631	...	5 586 304
Provozní náklady (výdaje)		0	-200 000	-206 400	...	-498 587
Mzdové a osobní náklady		0	-482 400	-503 626	...	-1 681 596
Odpisy		0	-1 624 525	-3 183 838	...	0
Daň z příjmu 19 %		0	0	0	...	-647 163
CF		-34 000 000	2 463 317	2 498 605	...	2 758 958
Kumulované CF		-34 000 000	-31 536 683	-29 038 078	...	43 686 294
DCF		-34 000 000	2 235 314	2 057 475	...	149 726
Kumulované DCF		-34 000 000	-31 764 686	-29 707 211	...	-10 205 616

Tabulka 5.5 Výkaz CF – Výkupní cena

Varianta 2 – Zelený bonus

v Kč	rok	0	1	2	...	30
Investice		-34 000 000	0	0	...	0
Provozní výnosy (příjmy)		0	2 6737	2 735 002	...	4 556 933
Provozní výnosy (příjmy)		0	1 456 010	1 571 793	...	4 588 078
Provozní náklady (výdaje)		0	-200 000	-206 400	...	-498 587
Mzdové a osobní náklady		0	-482 400	-503 626	...	-1 681 596
Odpisy		0	-1 624 525	-3 183 838	...	0
Daň z příjmu 19 %		0	0	0	...	-1 323 317
CF		-34 000 000	3 410 675	3 596 770	...	5 641 510
Kumulované CF		-34 000 000	-30 589 325	-26 992 555	...	95 340 742
DCF		-34 000 000	3 081 008	2 935 063	...	267 280
Kumulované DCF		-34 000 000	-30 918 992	-27 983 930	...	822 906

Tabulka 5.6 Výkaz CF – Zelené bonusy

5.5 Diskontní míra

V situaci, kdy zvažujeme vložení peněz do projektu, podniku, či jiného subjektu, vyvstává otázka: „Co z toho budu mít?“ V okamžiku vložení peněz do instituce očekávám vrácení vloženého obnosu a zisk ze svěřených prostředků. V každém případě investuji peníze do něčeho, případně někoho, za účel vlastního obohacení. Očekávaný zisk obvykle reprezentujeme procentuálním vyjádřením částky z hodnoty záměru. Ono procento by mělo kromě zisku taktéž zahrnovat předpokládané chování okolních parametrů ovlivňující samotný projekt.¹³⁵

¹³⁵ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021

EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Hodnota peněz klesá každým okamžikem. Tento pokles hodnoty je nutné zahrnout do úvah o investici, resp. zohlednit tuto skutečnost v diskontní míře. Z tohoto důvodu je jedním ze stavebních kamenů výsledného procenta diskontu právě hodnota inflace. Za rok 2020 byla roční hodnota inflace 3,2 %.¹³⁶

Rizikem projektu je nepředvídatelnost vývoje počasí nad povodím Berounky. Faktor snižující míru rizika je, že se jedná o dolní část toku, a v minulých suchých letech by dovozovaly průtoky provozovat MVE alespoň částečně. Neopomenutelnou součástí diskontu musí být vývoj POZE a s tím související vyjednaná cena elektrické energie. Míru rizika odhaduji pro vyplácení Výkupní cenou na 2 %, především proto, že je garantovaný 2% růst POZE.

Velikost rizika při využívání Zelených bonusů zvyšujeme oproti riziku v předcházející variantě o 0,5 %. Důvodem je nejistota vývoje cen energií, od níž se odvíjí velikost tohoto typu podpory. Tuto část diskontu stanovujeme na 2,5 %. Od obnovy VD a jejího následného provozování očekáváme 4% výnos.

Poslední započítanou položkou je *opportunity cost*, neboli cena ušlé příležitosti. Hodnota vyjadřující „o co jsme se vinnou této investice ochudili“, kdybychom peníze využili jinak. Tuto hodnotu stanovujeme na 1 %, vyjadřující výnos, kdybychom použité finanční prostředky svěřeli do bankovních ústavů.

Diskontní míra		
	Varianta 1: Výkupní ceny	Varianta 2: Zelený bonus
Inflace (2020)	3,2 %	3,2 %
Riziko	2,0 %	2,5 %
Výnos	4,0 %	4,0 %
Opportunity cost	1,0 %	1,0 %
Celkem:	10,2 %	10,7 %

Tabulka 5.7 Použitá diskontní míra

¹³⁶ Inflace. Český statistický úřad [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace

5.6 Čistá současná hodnota

Název sám sděluje vlastnost daného čísla. Čistá současná hodnota vyjadřuje součet diskontovaných peněžních toků spojených s investicí. Předpis pro výpočet NPV je následující:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (13)$$

kde NPV je čistá současná hodnota investice [Kč],
 CF_t je hodnota cash flow v daném roce t [Kč],
 T je doba hodnocení [roky],
 r je diskontní míra [-].

Pokud se pro danou investici máme rozhodnout, pak by NPV mělo být větší, nebo rovno nule. V případě záporných hodnot NPV závisí na okolnostech, ale pro náš záměr lze hovořit o zbytečně utracených prostředcích.¹³⁷

5.7 Vnitřní výnosové procento

Vyjadřuje procenty výnosnost investice. Vychází ze vztahu rovnosti nule ročních diskontovaných toků hledaným výnosovým procentem:

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + \frac{IRR}{100})^t} = 0, \quad (14)$$

kde IRR je kritérium vnitřní výnosové procento [%],
 CF_t je hodnota cash flow v daném roce [Kč],
 T je doba hodnocení [roky],
 t je indexové označení daného roku [-].

Rozhodnutí, že investovat do projektu je vhodné, by mělo padnout pouze za předpokladu, že zjištěné IRR je větší nebo rovno uvažované diskontní míře investice.¹³⁸

¹³⁷ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021

¹³⁸ Tamtéž

5.8 Návratnost investice

ROI udává poměr mezi nediskontovanou sumou ročních CF za uvažované období a absolutní hodnotou vynaložené investice:

$$ROI = \frac{\sum_{t=0}^T CF_t}{|CF_0|}, \quad (15)$$

kde ROI je návratnost investice [-],
 CF_t je roční CF v roce t [Kč],
 T je doba hodnocení [roky],
 t je indexové označení daného roku [-].¹³⁹

5.9 Výsledky ekonomické analýzy

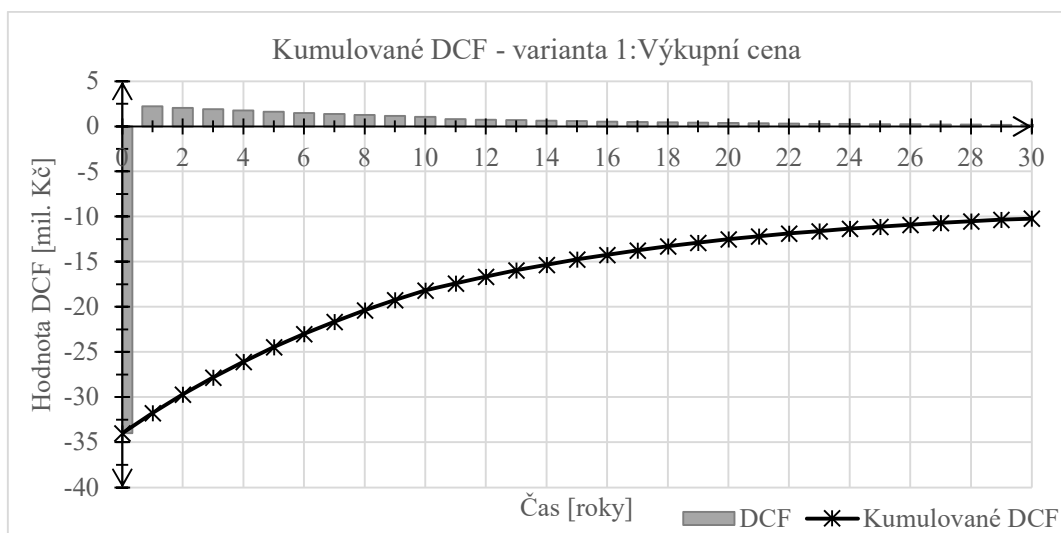
Na základě předcházejících kapitol, popisujících jednotlivé vztahy a ekonomická kritéria, byly sestaveny pro obě varianty způsobu financování hotovostní toky a určeny výše čistých současných hodnot (NPV), vnitřních výnosových procent (IRR), doby návratnosti investice a další ekonomické ukazatele.

	Varianta 1 Výkupní cena	Varianta 2 Zelený bonus
Diskont:	10,20 %	10,70 %
NPV:	-10 205 616,37 Kč	822 905,64 Kč
IRR:	6,38 %	10,98 %
RCF:	-1 100 707,20 Kč	88 752,91 Kč
ROI:	2,28 -	3,80 -
Prostá návratnost:	13,25 let	9,03 let
Diskontovaná návratnost:	> 30 let	27,14 let

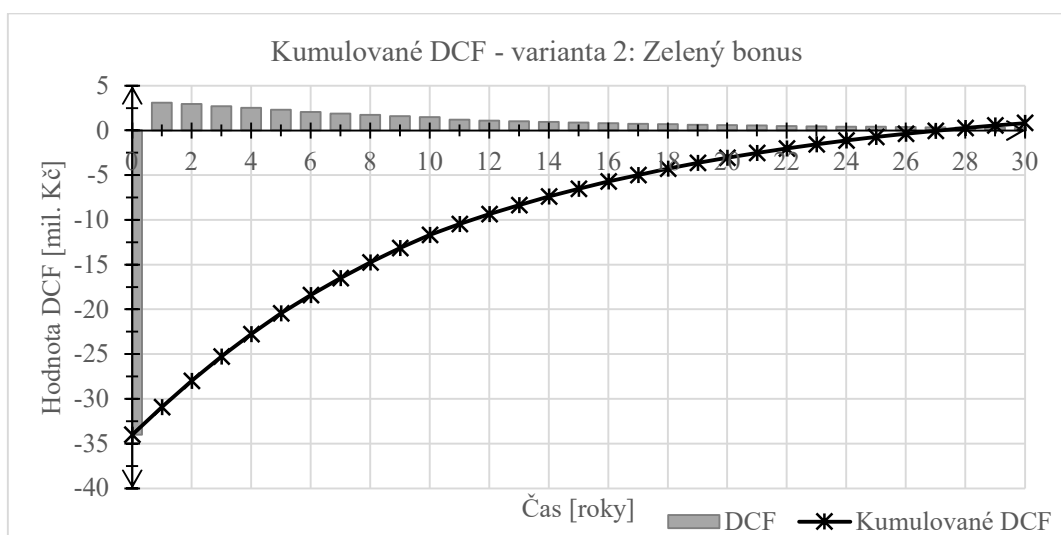
Tabulka 5.8 Ekonomičtí ukazatelé

Z výsledků ekonomické analýzy vyplývá, že varianta Zelených bonusů je výnosnější i přes vyšší riziko spojené s nejistým vývojem POZE. Obě varianty splňují deklarovanou hodnotu prosté návratnosti nižší než 15 let. Ovšem diskontovaná (reálná) návratnost se v lepším případě (varianty 2) blíží k 30 letům, pro variantu 1 tato hodnota výrazně překračuje hranici 30 let uvažované životnosti MVE. Pravdivost těchto informací poskytují plně následující dva grafy kumulativních diskontovaných CF.

¹³⁹ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021



Obrázek 5.1 Graf kumulovaného DCF - varianta 1



Obrázek 5.2 Graf kumulovaného DCF - varianta 2

Kritéria NPV i IRR jasně ukazují, že vhodná volba bude jen realizace financování projektu dle varianty 2 – Zelený bonus. Na základě výsledků všech spočítaných ekonomických ukazatelů nelze v žádném případě doporučit variantu 1 – Výkupní cena. Totéž zjištění vyplývá i z hodnoty RCF. Horní hraniční hodnota investice varianty 1 pro kladné NPV při zachování stejných parametrů diskontu a CF je 23,8 mil. Kč. U varianty 2 je hraniční hodnota vyšší než plánovaná investice, a to 34,8 mil. Kč.

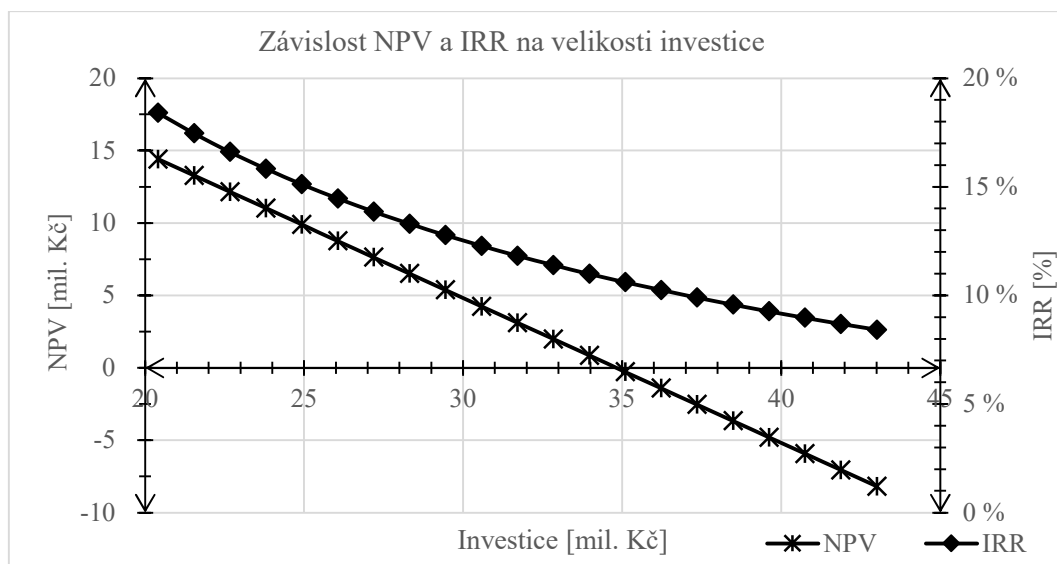
5.10 Citlivostní analýza

Tato kapitola se zaměřuje výhradně na citlivostní analýzu varianty 2 – Zelené bonusy, která sama o sobě vykazuje lepší ekonomické výsledky než varianta 1 – Výkupní cena.

EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

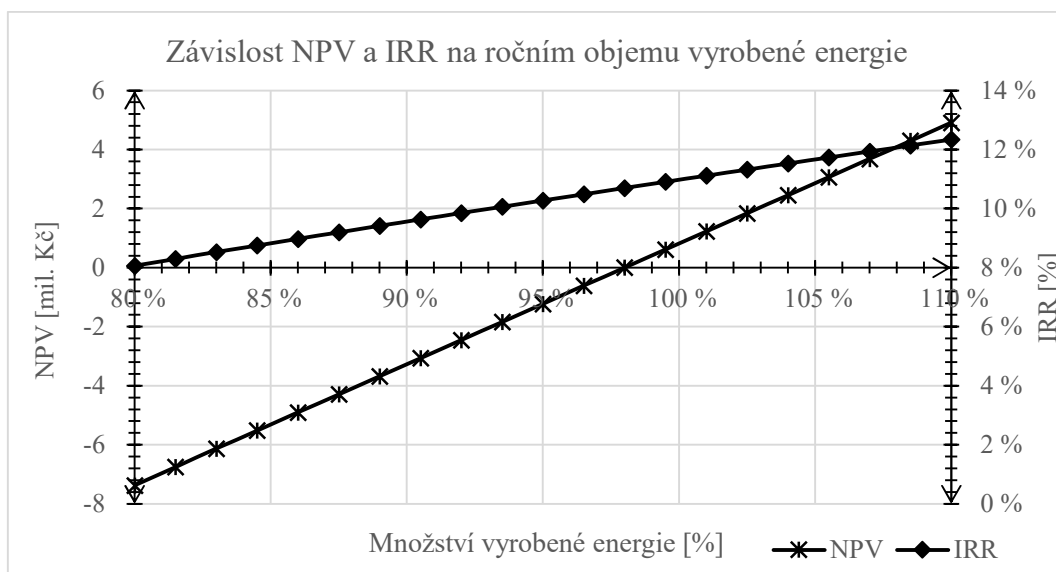
V průběhu posuzované doby projektu je možné, skoro až pravděpodobné, že výdaje i příjmy se budou měnit. Právě citlivostní analýza je nám schopna přiblížit změny chování NPV a IRR, případně dalších souvislostí, v závislosti na změnách investorem neovlivnitelných hodnotách.

Skutečná hodnota investice se může lišit v obou směrech – nahoru i dolů. V případě dotace do projektu se objem našich investovaných peněz sníží. V citlivostní analýze uvažujeme rozsah výše investice od poskytnutí dotace 40% celkové potřebné částky až do stavu prodražení celého projektu na maximální dovolenou hodnotu danou vyhláškou, a to 43 mil. Kč. Z tohoto zkoumání vyplývá, že hranice, kdy je investice ještě doporučitelná a má nezáporné NPV, je 34,8 mil. Kč. Dotací 40 % z investice vzroste hodnota NPV až na hodnotu 14,4 mil. Kč a IRR na 18,4 %.



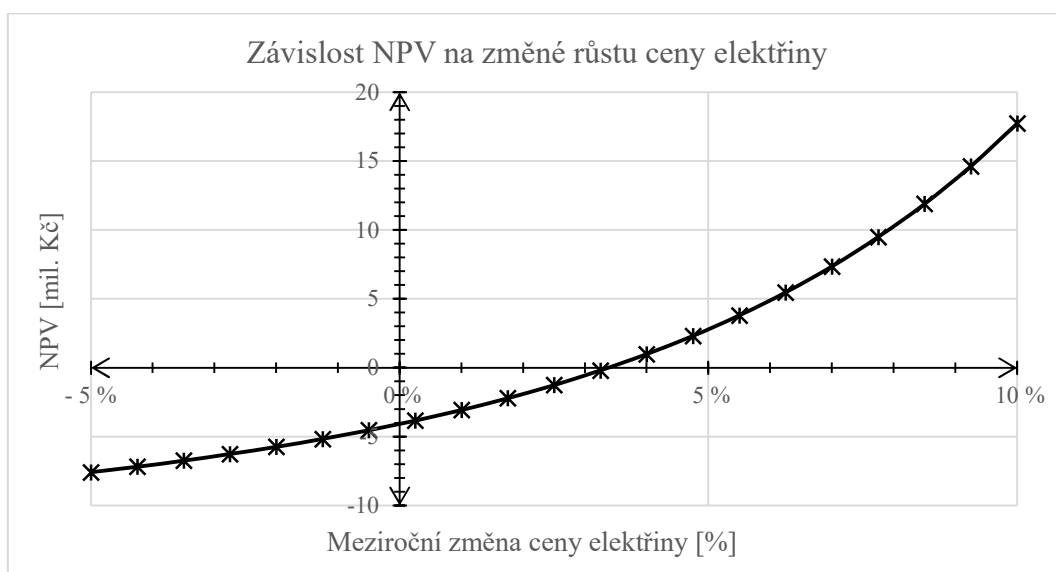
Obrázek 5.3 Citlivostní analýza – velikost investice

Technické řešení návrhu je postaveno na datech z dlouhodobého měření průtoků v řece. Vývoj množství protékající vody tokem nelze předvídat. Objem vyrobené energie se může v jednotlivých letech více či méně lišit od hodnoty dané návrhem. Roční návrhová hodnota objemu výroby je 1 420 MWh, a ty odpovídají 100 % produkce. Závěrem citlivostní analýzy je zjištění, že hranice, kdy NPV je kladné a větší než 0 a IRR neklesne pod hodnotu příslušné diskontní míry, je 98 % průměrného ročního objemu výroby za sledované období 30 let.



Obrázek 5.4 Citlivostní analýza – roční objem výroby

Neméně důležitým a provozovatelem téměř neovlivnitelným parametrem je meziroční růst elektřiny. Lze očekávat, že meziroční růst bude v kladných číslech, čemuž zatím vše nasvědčuje. V situaci, při níž by cena elektrické energie rostla pomaleji než 3,5 %, hodnota NPV klesá do záporných hodnot. Poté se stává návrh neperspektivním.



Obrázek 5.5 Citlivostní analýza - růst ceny elektřiny

Závěrem citlivostní analýzy lze konstatovat, že drobné zhoršení vnějších parametrů (jako počasí, cena elektřiny, popř. růst ostatních nákladů) výrazně neohrozí kladné doporučení k investici.

6 Výsledky a diskuse provedených výpočtů

6.1 Technická část

Ze všech třech uvažovaných variant technického řešení, neboli poměru využití návrhového průtoku turbín, lze považovat zvolenou *technickou variantu 3* turbín v poměru 1:1:1 za nejlepší volbu. Vyráběný výkon je srovnatelný ve všech verzích. Ke stejnému závěru docházíme porovnáním ročního objemu výroby, který je taktéž vždy podobný. Po elektrotechnické stránce jsou všechny 3 návrhy řešení rovnocenné a byla zvolena ta, jež byla schopna v maximální míře využít instalovaný elektrický výkon generátorů – tzn. stroje nejsou nadměru naddimenzované.

Zvolené složení strojů *varianty 3* je oproti zbývajícím návrhům provozně přívětivější. Veškeré turbíny jsou relativně subtilní s průměry oběžných kol 1 400 mm. Lze předpokládat, že stroje s větší hltností nebude vůbec možné umístit do dané lokality. Pro případy, kdy bude nutný servisní zásah do jednotlivých soustrojí, bude možné odstavit pouhou 1/3 výrobní kapacity. Především pravidelné servisní kontroly lze plánovat na část roku, kdy většinou předpokládáme nucené snížení výkonu MVE (resp. odstavení soustrojí) vlivem nižších průtoků. Právě tento benefit zajistí, že nebude docházet k zbytečným odstávkám a s tím spojené snižování ročního objemu vyrobené energie.

6.2 Ekonomická část

Veškeré výpočty naznačují plynoucí finanční benefit z investice (myšleno při zvolení *ekonomické varianty 2 – Zelený bonus*) i za předpokladu malého prodražení návrhu. Instalováním 2 ze 3 soustrojí do MVE dojde ke snížení finanční náročnosti projektu o 8 mil. Kč, ale ve svém výsledku vede téměř k totožným závěrům. Hodnoty NPV, IRR, RCF i diskontované doby návratnosti se při snížení instalovaného výkonu výrazně nezmění. K témuž závěru dojdeme při úvaze rozdělení stavby projektu do několika etap ve smyslu postupného přidávání soustrojí až do celkového počtu 3.

Závěrem mohu doporučit investici do tohoto projektu při dodržení technických vlastností z *kapitoly 4* a při zachování uvažovaných nebo lepších ekonomických parametrů *varianty 2 – Zelený bonus* popsanych v *kapitole 5*.

7 Závěr

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku energetiky malých vod. Celé odvětví je velmi obsáhlé a prolíná se mnoha technickými i netechnickými obory. Zhodnocení a shrnutí všech vzájemně prolnutých znalostí by vydalo na několik knih o stovkách stran. Informace potřebné a užité v práci byly v maximální možné míře zjednodušeny, ale jen na takovou úroveň, aby nedošlo k faktické chybě, nebo nevypřehala samotná podstata zkoumání problematiky.

Rozdělení kapitol práce koresponduje s jednotlivými body zadání. V logických návaznostech se od obecného shrnutí stavu hydroenergetiky v České republice zaměřuji přes konkrétní vodní tok až k řešení technického a ekonomického využití jedné lokality.

Úvodem byly shrnuty současné podmínky České republiky s vizí do budoucnosti na rozvoj vodní energetiky. Tento typ zdrojů energie není zde sice dominantní, ale taktéž není zanedbatelný. V současnosti se vodní elektrárny podílejí přibližně na 2 % btto výroby elektřiny celé České republiky.¹⁴⁰ Lokality vhodné pro stavbu MVE ještě nejsou plně vyčerpány, a proto lze očekávat do budoucnosti nárůst počtu těchto energetických zdrojů

V pokračování úvodu analytické části jsem upřel pozornost na řeku Berounku. Výsledkem mnou provedené analýzy bylo zjištění dlouhé tradice a pestré historie hydroenergetiky na tomto toku. I přes silný úpadek v období 50. až 80. let 20. století došlo v posledních 30 letech k renesanci a rozvoji historicky využívaných lokalit. Dodnes ještě nejsou všechny MVE z doby ČSR obnoveny, nemluvě o dílech nikdy nepřebudovaných z mechanických pohonů na zdroje elektřiny.

Na Berounce existují velké rozdíly mezi používanými technologiemi jednotlivých děl. Využívány jsou netradiční vodní motory (jako Archimédovy šrouby), repasované turbíny staré 100 let, nebo naopak naprosto nové a inovativní řešení pohyblivých jezů v kombinaci s nově postavenými výkonnými elektrárnami.

¹⁴⁰ Údaj platný k roku 2019. V uplynulé dekádě byla výroba ve VE negativně ovlivněna vlivem slabých srážek a nedostatkem vody. Lze tak očekávat, že zastoupení v energetickém mixu může být vyšší.

ZÁVĚR

Výsledkem analýzy v bakalářské práci je ucelený soubor hydroenergetických informací o řece Berounce a jejích jednotlivých vodních dílech. Práce má potenciál poskytnout kromě konkrétních dat o jednotlivých lokalitách i celkovou informaci o využívání řeky k energetickým účelům včetně zobrazení lokalit vhodných k dalšímu rozvoji. I takto známá a velká řeka není v maximální možné míře hydroenergeticky využita, jak by se mohlo na první pohled zdát.

Na Berounce byla mnou vytipována dnes neobsazená lokalita bývalé elektrárny u jezu v Karlštejně – Klučický mlýn. Z volných lokalit má právě jez Klučického mlýna v Karlštejně nejlepší spádové a průtokové poměry. Po uvážené volbě návrhových parametrů MVE jsem spočítal a odvodil hlavní parametry a charakteristické vlastnosti jednotlivých soustrojí plánované MVE. K maximálnímu možnému využití lokality byla zvolena kombinace 3 stejných Kaplanových turbín. Celkový maximální výkon na svorkách všech generátorů MVE předpokládám 276 kW s průměrným objemem výroby elektřiny 1 420 MWh.rok⁻¹. Je s podivem, že toto vodní dílo ještě nikdo neobjevil a neměl snahu jej obnovit.

Před samotným ekonomickým hodnocením technického návrhu jsem se musel seznámit s mnoha legislativními dokumenty a normami předepisujícími závazné požadavky na budované dílo. Mnoho potenciálních investorů mohly a stále mohou všechny tyto požadavky odradit od tohoto záměru. MVE jsou sice státem podporované, ale je nutné se striktně držet pravidel pro přiznání této podpory. Samotná pomoc státu není tak velká, jak by si mnozí představovali.

Konzultacemi se specialisty a porovnáním cenových nabídek komponentů jsem došel k závěru, že potřebná investice ke zbudování zamýšleného díla bude cca 34 mil. Kč. Tato hodnota investice společně s technickými parametry splňuje všechny státem kladené nároky pro přiznání podpory pro obnovitelné zdroje energie.

Energetika malých vod je podporována dvěma různými způsoby, jež si výrobce volí. V prvním případě jsem uvažoval, že vyrobená elektřina bude prodávána pomocí tzv. Výkupní ceny. I když deklarovaná prostá návratnost byla nižší než 15 let, všechny ostatní parametry mluvily v neprospěch tohoto záměru, protože diskontovaná doba návratnosti se pohybuje daleko za horizontem hodnocení, který byl 30 let, a hodnota NPV hluboko v záporných milionech (-10,2 mil. Kč) a hodnota IRR na necelých dvou třetinách uvažované diskontní míry (6,38 %). Tuto variantu návrhu proto nemohu

doporučit k realizaci. Z výsledků tohoto ekonomického hodnocení jsem byl nemile překvapen, protože hodnota Výkupní ceny byla zde nedostatečně vysoká pro přilákání nových provozovatelů MVE.

Zvolením druhé varianty financování se návrh stává proveditelným. Prostá návratnost do 15 let je splněna stejně jako v předchozí variantě, nicméně diskontovaná doba návratnosti čítá 27, 5 roku. Hodnoty NPV a IRR hovoří ve prospěch doporučení takové investice. Čistá současná hodnota je 823 tis. Kč a vnitřní výnosové procento je 10,98 %. Z citlivostní analýzy vyplývá, že drobné nuance v ekonomické části oproti návrhu, jsou akceptovatelné a nezmění závěrečné doporučení k realizaci projektu.

Práce mi poskytla velké a neocenitelné množství informací z oblasti hydroenergetiky malých vod. V rámci návrhu jsem se seznámil s novými znalostmi ze strojírenských nebo stavebních oborů. V neposlední řadě jsem získal představu o byrokratické náročnosti přípravy projektu, o specifikách provozování a úskalích financování MVE.

Myslím si, že výsledky mé práce by bylo vhodné dále rozvíjet. Konkrétně by bylo vhodné se zaměřit na návrh obnovy popisovaného díla a rozvinout jej do takového stavu, že by bylo docíleno realizace projektu MVE. Neméně významnou částí této bakalářské práce, z níž je možné dále vycházet, jsou výsledky analýzy Berounky. Rozvinutím těchto dat by mohl vzniknout plán na celkové hydroenergetické využití potenciálu řeky. Domnívám se, že řeka Berounka by si takové další energetické a rekreační využití velmi zasloužila.

8 Seznam použité literatury

- [1] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie*. Lejskův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=646>
- [2] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie*. MVE Černošice. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=1014>
- [3] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie*. Nezabudlce. [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=772>
- [4] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie*. Olešná I. [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=647>
- [5] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie*. Olešná II. [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=648>
- [6] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie*. Valentovský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=649>
- [7] BEDNÁŘ, Josef. Turbíny: (malé vodní elektrárny). Českovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 9788090543706
- [8] Berounka-letecky.unas.cz. Jezy na řece Berounce. [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <http://www.berounka-letecky.unas.cz/index-vodactvi-jezy%20na%20berounce.htm>
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. ÚZ č. 45/2006 Sb., zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, jak vyplývá z pozdějších změn. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 7. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-45#p19-1-d>
- [10] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 296/2015 Sb. o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-296#f5700426>
- [11] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 441/2013 Sb., k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 21. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-441#f5154860>
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 16. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165#p10>

- [13] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 12. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-235#p47>
- [14] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz*[online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254#p36>
- [15] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 7. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586#p30-1>
- [16] ČESKÁ TELEVIZE: Toulavá kamera. Reportáž o Krašovském mlýně. [online]. 2008 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1126666764-toulava-kamera/208411000320504/obsah/122332-podkrasovsky-mlyn>
- [17] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Inflace. [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace
- [18] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Průměrné mzdy. [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-4-ctvrtleti-2020>
- [19] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ. Mapy ČÚZK. 2020. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [20] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ. Nahlížení do katastru nemovitostí. Cuzk.cz [online]. [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>
- [21] DOBNET. Jak se z mlýna v Dobřichovicích stala elektrárna. [online]. 2016, 2016(9), 24 str. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: https://idobnet.cz/wp-content/uploads/2016/09/DZ9_2016e.pdf
- [22] Elektroskanzen Čechův mlýn. Historie. [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.elektroskanzen-slovice.cz/>
- [23] ENECOS, s. r. o.: Měřicí a řídicí technika pro vodní elektrárny [online]. [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://enecos.cz/>
- [24] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Cenová rozhodnutí ERÚ od roku 2006 do roku 2021 o podpoře výroby v OZE, Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze/cenova-rozhodnuti/platna-cenova-rozhodnuti/archiv>
- [25] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Energetický regulační věstník: Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2020 [online]. 20. 2020 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/-/cenove-rozhodnuti-c-7-2020>
- [26] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Licence 111218952. [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://licence.eru.cz/>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [27] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Licence 111533230. [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://licence.eru.cz/>
- [28] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. POZE. [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze>
- [29] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Roční zpráva o provozu ES ČR 2019. [online]. 2020 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy>
- [30] HLADÍK, Milan, HÁLA, Robin, HÁNOVÁ, Kateřina K.. Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy: 4. Katalog příčných překážek-Berounka [online]. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 2011 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/migrace-vltava/index.html#>
- [31] Hlásná a předpovědní povodňová služba ČHMI. Liblín. [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=2505275
- [32] HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- [33] HOŠEK, Ladislav. Energetická studie části toku Berounky [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <https://otik.zcu.cz/handle/11025/10132>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [34] KOBRLE, Pavel. Přednášky a semináře předmětů Základy elektrických strojů a přístrojů B1B13ZSP a Základy elektrických pohonů B1B14ZPO na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021
- [35] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [36] MELICHAR, Jan. Malé vodní turbíny. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01403-7.
- [37] *Naše voda: informační portál o vodě*. Ministři zemědělství a životního prostředí otevřeli jez v Černošicích. [online]. 2017 [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/ministri-zemedelstvi-zivotniho-prostredi-otevrel-i-jez-cernosicich/>
- [38] *Nejen hornictví.info*. Stará Huť - Hýskov. [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/techpam/hyskov/hyskov.htm>
- [39] *Operační program podnikání a inovace*. 3.1 EED03/845 MVE Nižbor - kraj Středočeský. [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://www.mpo-oppi.cz/odkazy/337-uspesne-projekty-programu-ekoenergie.html>
- [40] OTE. Registrace. [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/registrace>

- [41] OTE. Rozdíl výkupní a tržní ceny. [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/rozdil-vykupni-a-trzni-ceny?date=2015-01-01>
- [42] *Plzen.cz: zpravodajský portál*. Malá vodní elektrárna v Plzni-Bukovci oslavila 10. narozeniny. [online]. 2017 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <https://www.plzen.cz/mala-vodni-elektrarna-v-plzni-bukovci-oslavila-10-narozeniny/>
- [43] *Portál ČHMÚ*. Denní data dle zákona 123/1998 Sb. [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb; zpracováno autorem
- [44] *Portál.Pohoda.cz*. Odvody sociálního a zdravotního pojištění ze mzdy. [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://portal.pohoda.cz/dane-ucetnictvi-mzdy/mzdy-a-prace/odvody-zamestnavatele-na-socialnim-a-zdravotnim-po/>
- [45] PROCHÁZKA, Radek. Přednášky a semináře předmětu Elektroenergetika 2 B1B15EN2 na FEL ČVUT v Praze, 2020.
- [46] RenoEnergie, a. s.: energie efektivně [online]. [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <http://renoenergie.cz/>
- [47] STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy podnikání B1B16ZPU a Základy finančního managementu B1B16ZFM1 na FEL ČVUT v Praze, 2020 a 2021
- [48] *Středočeská vědecká knihovna v Kladně: příspěvková organizace*. Malá vodní elektrárna (Zadní Třebaň, Česká republika). [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: https://ipac.svkkk.cz/ar1-kl/cs/detail-kl_us_auth-0247763-Mala-vodni-elektrarna-Zadni-Treban-cesko/
- [49] *Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů*. Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR: Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 - 2030. In: *Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR: Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 - 2030* [online]. Praha: Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, 2018, 2018, s. 44 [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: http://www.spvez.cz/files/MVE_v_%C4%8CR.pdf
- [50] ŠTOLL, Čestmír, Stanislav KRATOCHVÍL a Miroslav HOLATA. *Využití vodní energie*. Praha 1: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1977. DT 621.22.
- [51] *Topenářství, instalace*. Malá vodní elektrárna Kaceřov (Ber. km 111,4). [online]. 2018, **2018**(1), 22 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/casopis/1-detail-3487>
- [52] *Turistický atlas*. Jez Kočkův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7902_jez-kockuv-mlyn.html
- [53] *TV-ADams.wz.cz*. Berounský jez. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/jez_beroun.html

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [54] *TV-ADams.wz.cz*. Seznam vodních elektráren na Berounce. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://tv-adams.wz.cz/berounka-mve.html>
- [55] *TZB-info - Stavebnictví, Úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>
- [56] *VODNÍ TURBÍNY s. r. o. - Václav Jiříček* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://vodniturbiny.com/>
- [57] *Vodnimlyny.cz*. Blukský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/437-bluksky-mlyn>
- [58] *Vodnimlyny.cz*. Čechův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/278-cechuv-mlyn>
- [59] *Vodnimlyny.cz*. Čechův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/77-cechuv-mlyn>
- [60] *Vodnimlyny.cz*. Dolanský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/468-dolansky-mlyn>
- [61] *Vodnimlyny.cz*. Havlíkův, Špitální, Panský mlýn. [online]. 2012 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/434-havlikuv-spitalni-pansky-mlyn>
- [62] *Vodnimlyny.cz*. Hořejší Hylantovský mlýn, mlýn Pod Českou fortanou. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/6200-horejsi-hylantovsky-mlyn-mlyn-pod-ceskou-fortanou>
- [63] *Vodnimlyny.cz*. Huť Marie Anny, Maria Anna Hütte, Fürstenberské železářny, Eisenhammer, Permon. [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1105-hut-marie-anny-maria-anna-hutte-furstenberske-zelezarny-eisenhammer-permon>
- [64] *Vodnimlyny.cz*. Kadečkův mlýn. [online]. 2019 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/272-kadeckuv-mlyn>
- [65] *Vodnimlyny.cz*. Kočkův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2707-kockuv-mlyn>
- [66] *Vodnimlyny.cz*. Liblínský, Kozojedský, Šejnovský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/hr/mlyny/estates/detail/470-liblinsky-kozojedsky-sejnovsky-mlyn>
- [67] *Vodnimlyny.cz*. Libštejský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/471-libstejsky-mlyn>
- [68] *Vodnimlyny.cz*. Mlýn Bukovec. [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/4872-mlyn-bukovec>
- [69] *Vodnimlyny.cz*. Mlýn Darová. [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/8740-mlyn-darova>

- [70] *Vodnimlyny.cz*. Mlýn v Zadní Třebani. [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1712-mlyn-v-zadni-trebani>
- [71] *Vodnimlyny.cz*. Mlýn Zvíkovec, Rečkův mlýn, Fišerova elektrárna. [online]. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2706-mlyn-zvikovec-reckuv-mlyn-fiserova-elektrarna>
- [72] *Vodnimlyny.cz*. Mudrův, Řevnický mlýn. [online]. [cit. 2020-10-04]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3348-mudruv-revnicky-mlyn>
- [73] *Vodnimlyny.cz*. Panský, Obecní mlýn. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2708-pansky-obecni-mlyn>
- [74] *Vodnimlyny.cz*. Podkrašovský mlýn. [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3933-podkrasovsky-vlkovsky-mlyn-mlyn-u-novaku>
- [75] *Vodnimlyny.cz*. Podžikovský mlýn. [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/7337-podzikovsky-mlyn>
- [76] *Vodnimlyny.cz*. Romantický mlýn Mlýn Karlštejn, Klučický mlýn. [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2663-romanticky-hotel-mlyn-karlstejn-klucicky-mlyn>
- [77] *Vodnimlyny.cz*. Telínský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/4349-telinsky-mlyn>
- [78] *Vodnimlyny.cz*. Turbinové, Křížovy mlýny, Maňasovský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2709-turbinove-krizovy-mlyny-manasovsky-mlyn>
- [79] *Vodnimlyny.cz*. Valentovský mlýn. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/473-valentovsky-mlyn>
- [80] *Vodnimlyny.cz*. Valentův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/827-valentuv-mlyn>
- [81] *Vodnimlyny.cz*. Zajíčkův, Dolejší ostrovní, Petrův mlýn. [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/269-zajickuv-dolejsi-ostrovni-petruv-mlyn>
- [82] *VYBO Electric*. Elektromotory 1AL - 8 pólové. [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.elektro-motor.cz/kategoria-produktu/elektromotory-700ot/>
- [83] *Wikipedia: the free encyclopedia*. Berounka. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-09-29]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Berounka>
- [84] *Wikipedia: the free encyclopedia*. Vodní elektrárna [online]. [cit. 2020-10-11]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna

9 Seznam příloh

Příloha I: Seznam vodních děl na řece Berounce včetně jejich vlastností

Příloha II: Zakreslení přibližné polohy uvažované MVE vzhledem ke svému okolí

Příloha III: Parametry soustrojí MVE – použité hodnoty

Příloha IV: Výkaz CF na prvních 30 let provozu – varianta 1 (Výkupní cena)

Příloha V: Výkaz CF na prvních 30 let provozu – varianta 2 (Zelený bonus)

Příloha VI: Technický a ekonomický model BP

Elektronická příloha A: Analýza využití hydropotenciálu řeky Berounky – pod názvem „KnizeJaromir_BP_PriloahaA_AnalyzaBerounky.xlsx“ na přiloženém CD

Elektronická příloha B: Technický a ekonomický model BP – pod názvem „KnizeJaromir_BP_PriloahaB_TechnickyAEkonomickyModel.xlsx“ na přiloženém CD