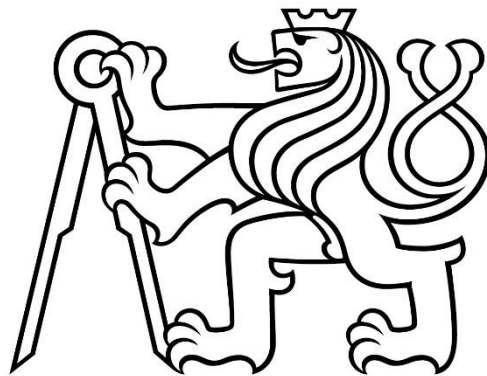


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ
A HUMANITNÍCH VĚD



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Malá vodní elektrárna

Jan Cigler

Praha 2022

Vedoucí práce:

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.

Studijní program:

Elektrotechnika, energetika a management

Specializace:

Elektrotechnika a management

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Cigler** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **492198**
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:

Malá vodní elektrárna

Název bakalářské práce anglicky:

Small water plant

Pokyny pro vypracování:

1. Současný stav využití hydropotenciálu v České republice.
2. Analýza nevyužitého hydropotenciálu zvolené řeky.
3. Návrh malé vodní elektrárny na vybraném toku.
4. Ekonomické zhodnocení návrhu.

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: **20.01.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.01.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

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 18. prosince 2022

Jan Cigler

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce Mgr. Ing. Vítu Kleinovi, Ph. D., za vedení, pravidelné konzultace a připomínky směřující k vytvoření práce. Dále děkuji všem osloveným firmám za spolupráci a poskytnutí údajů nutných pro vypracování bakalářské práce. V neposlední řadě jsem rád za podporu své rodiny a přátel.

Abstrakt

Bakalářská práce je náhledem na hydroenergetický potenciál řeky Ohře a jeho možné využití v podobě malých vodních elektráren. Tato práce se zaměřuje na energetické využití jedné konkrétní lokality a zahrnuje nutné požadavky související s plánováním a výstavbou malé vodní elektrárny. První segment je zaměřen na analýzu vodního toku a jeho využití. V druhé části jsou popsány technologické aspekty a v poslední části je vypracován ekonomický model shrnující celou problematiku v číslech.

Klíčová slova: Ohře, malá vodní elektrárna, hydropotenciál, výstavba, energie, voda.

Abstract

The bachelor thesis is an insight into the hydropower potential of the Czech Republic in terms of small hydropower plants. Bachelor thesis focuses on the Ohře river and its potential energy use in the form of small hydropower plant in selected location. The first segment focuses on the analysis of the water flow and its use. The second part describes the technological elements of small hydropower plant. The last section provides an economic view of the project and its evaluation.

Keywords: Ohře, small hydropower plant, construction, hydropower potential, energy, water.

Obsah

1	Úvod	1
2	Současný stav využití hydropotenciálu v České republice	2
2.1	Členění vodních elektráren	3
2.2	Členění vodních turbín	4
2.3	Vývoj v oblasti MVE	4
2.4	Využitelný hydropotenciál ČR.....	5
3	Hydropotenciál řeky Ohře	6
3.1.1	MVE Pomezná u Chebu	6
3.1.2	Vodní nádrž Skalka – MVE Skalka	7
3.1.3	Hradební jez I – MVE Cheb.....	8
3.1.4	Hradební jez II.....	9
3.1.5	Ottův jez.....	9
3.1.6	MVE Jindřichov.....	10
3.1.7	Jez Vokovský mlýn	11
3.1.8	Jez Nebanice.....	12
3.1.9	Jez Kynšperk nad Ohří.....	13
3.1.10	Jez Dasnice	14
3.1.11	Jez Šabina.....	14
3.1.12	Jez Černý mlýn	15
3.1.13	Jez Královské poříčí.....	16
3.1.14	Jez Vřesová u Lokte.....	17
3.1.15	Horní jez – MVE Loket I.....	17
3.1.16	Dolní jez – MVE Loket II	18
3.1.17	Tuhnický jez.....	19
3.1.18	Jez U Solivárny	20
3.1.19	Jez U Solivárny II	21
3.1.20	Jez Dubina.....	21
3.1.21	Jez Radošov – výstavba MVE Radošov.....	22
3.1.22	Jez Jakubov – MVE Jakubov	23
3.1.23	Jez Černýš – MVE Perštejn - Černýš.....	24
3.1.24	Jez Klášterec nad Ohří – MVE Klášterec nad Ohří	25
3.1.25	Vodní nádrž Kadaň – MVE Kadaň.....	26
3.1.26	Jez Kadaň I	26
3.1.27	Jez Kadaň II – MVE Kadaň	27
3.1.28	Jez Želina	28

3.1.29	MVE Želina.....	29
3.1.30	Vodní nádrž Nechanice – MVE Nechanice	30
3.1.31	Jez Stranná.....	31
3.1.32	Jez Číňovský mlýn	32
3.1.33	Jez Libočany – MVE Libočany.....	33
3.1.34	Jez Žatec.....	34
3.1.35	Jez Mradice – MVE Mradice.....	35
3.1.36	Jez Březno – MVE Lenešice	36
3.1.37	Jez Louny – MVE Louny	37
3.1.38	Jez Vršovice – MVE Vršovice.....	38
3.1.39	Jez Pátek – MVE Pátek	39
3.1.40	Jez Koštice – MVE Koštice	40
3.1.41	Jez Křesín – MVE Křesín	41
3.1.42	Jez Libochovice – MVE Libochovice.....	42
3.1.43	Jez Hostěnice.....	43
3.1.44	MVE Brozany	44
3.1.45	Jez Doksany – MVE Doksany.....	45
3.1.46	MVE Doksanský mlýn	46
3.1.47	Jez Terežín	47
3.2	Analytický pohled na Ohři	48
3.2.1	Budoucnost hydroenergetiky na Ohři.....	49
4	Výstavba vodního díla.....	50
4.1	Popis lokality.....	50
4.1.1	Vlastnické poměry	50
4.2	Vodoměrné stanice profilu	51
4.2.1	Čára trvání průtoků – jez Číňovský mlýn.....	51
4.2.2	Minimální zůstatkový průtok	52
4.3	Hydroenergetický potenciál lokality	54
4.4	Turbíny	56
4.4.1	Účinnost a hltnost turbín	58
4.4.2	Výkon předaný na hřídel.....	59
4.4.3	Doba provozu turbín.....	60
4.4.4	Jmenovité otáčky turbín	62
4.5	Generátor.....	63
4.5.1	Otáčky generátoru	63
4.5.2	Jmenovitý výkon generátoru	64

4.5.3	Účinnost generátorů.....	64
4.6	Převody	65
4.6.1	Účinnost převodů	65
4.6.2	Převod turbína - generátor	65
4.7	Transformátory	66
4.8	Výkon na výstupu z MVE	67
4.9	Očekávaná výroba elektrické energie	67
4.10	Návrhové parametry MVE.....	70
5	Ekonomický segment	73
5.1	Podmínky realizace MVE.....	73
5.2	Investice do výstavby MVE.....	74
5.2.1	Soustrojí	74
5.2.2	Objekt a vybavení MVE	74
5.2.3	Úprava tělesa jezu.....	75
5.2.4	Zapojení do elektrické sítě.....	75
5.2.5	Celkové investiční náklady	75
5.3	Prodej elektrické energie vyrobené MVE.....	75
5.3.1	Tržní cena elektrické energie.....	76
5.3.2	Výkupní cena elektrické energie.....	77
5.3.3	Zelený bonus	77
5.4	Finanční toky	78
5.5	Ekonomické ukazatele	82
5.5.1	Diskont	82
5.5.2	Čistá současná hodnota (NPV)	83
5.5.3	Vnitřní výnosové procento (IRR)	84
5.5.4	Návratnost investice (ROI)	84
5.6	Výsledek ekonomické analýzy	85
5.7	Scénáře projektu (citlivostní analýza).....	86
6	Shrnutí projektu.....	89
6.1	Technická část	89
6.2	Ekonomická část.....	90
7	Závěr.....	92

Seznam obrázků

Obrázek 3.1 MVE Pomezná u Chebu	7
Obrázek 3.2 Vodní nádrž Skalka – MVE Skalka	8
Obrázek 3.3 MVE Cheb	9
Obrázek 3.4 Ottův jez	10
Obrázek 3.5 MVE Jindřichov	11
Obrázek 3.6 jez Vokovský mlýn	12
Obrázek 3.7 jez Nebanice	12
Obrázek 3.8 Jez Kynšperk nad Ohří	13
Obrázek 3.9 jez Dasnice	14
Obrázek 3.10 jez Šabina	15
Obrázek 3.11 jez Černý Mlýn	16
Obrázek 3.12 jez Královské poříčí	16
Obrázek 3.13 jez Vřesová u Lokte	17
Obrázek 3.14 MVE Locket I	18
Obrázek 3.15 MVE Locket II	19
Obrázek 3.16 Tuhnický jez	20
Obrázek 3.17 jez U Solivárny	20
Obrázek 3.18 jez U Solivárny II	21
Obrázek 3.19 jez Dubina	22
Obrázek 3.20 jez Radošov	23
Obrázek 3.21 MVE Jakubov	24
Obrázek 3.22 MVE Perštejn – Černýš	25
Obrázek 3.23 MVE Klášterec nad Ohří	25
Obrázek 3.24 Vodní nádrž Kadaň - MVE Kadaň	26
Obrázek 3.25 jez Kadaň I	27
Obrázek 3.26 MVE Kadaň	28
Obrázek 3.27 jez Želina	29
Obrázek 3.28 MVE Želina	30
Obrázek 3.29 Vodní nádrž Nechanice - MVE Nechanice	31
Obrázek 3.30 jez Stranná	32
Obrázek 3.31 jez Čířovský mlýn	33
Obrázek 3.32 MVE Libočany	34
Obrázek 3.33 jez Žatec	35
Obrázek 3.34 MVE Mradice	36
Obrázek 3.35 MVE Lenešice – Březno	37
Obrázek 3.36 MVE Louny	38
Obrázek 3.37 MVE Vršovice	39
Obrázek 3.38 MVE Pátek	40
Obrázek 3.39 MVE Koštice	41
Obrázek 3.40 MVE Křesín	42
Obrázek 3.41 MVE Libochovice	43
Obrázek 3.42 jez Hostěnice	44
Obrázek 3.43 MVE Brozany	45
Obrázek 3.44 MVE Doksany	46
Obrázek 3.45 Doksanský mlýn	47

Obrázek 3.46 jez Terezín	48
Obrázek 4.1 Grafické zobrazení čáry trvání průtoků	52
Obrázek 4.2 Grafické zobrazení n-denních průtoků (odečet n-denních průtoků)	55
Obrázek 4.3 Pracovní diagram turbín	57
Obrázek 4.4 Univerzální charakteristika Kaplanovy turbíny	59
Obrázek 4.5 Graf trvání výkonů MVE (1. varianta)	69
Obrázek 4.6 Graf trvání výkonů MVE (2. varianta)	69
Obrázek 4.7 Graf trvání výkonů MVE (3. varianta)	70
Obrázek 5.1 Vliv diskontu na NPV – varianta 3	87
Obrázek 5.2 Vliv velikosti investice na NPV a IRR – varianta 3	87
Obrázek 5.3 Změna ceny elektrické energie – varianta 3	88

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 MVE Pomezna u Chebu (jez Pomezna)	6
Tabulka 3.2 Vodní nádrž Skalka (MVE Skalka)	7
Tabulka 3.3 MVE Cheb (Hradební jez I)	8
Tabulka 3.4 Hradební jez II	9
Tabulka 3.5 Ottův jez	10
Tabulka 3.6 MVE Jindřichov (jez Jindřichov)	10
Tabulka 3.7 jez Vokovský mlýn	11
Tabulka 3.8 jez Nebanice	12
Tabulka 3.9 jez Kynšperk nad Ohří	13
Tabulka 3.10 jez Dasnice	14
Tabulka 3.11 jez Šabina	14
Tabulka 3.12 jez Černý mlýn	15
Tabulka 3.13 jez Královské Poříčí	16
Tabulka 3.14 jez Vřesová u Lokte	17
Tabulka 3.15 MVE Locket I (Horní jez)	18
Tabulka 3.16 MVE Locket II (Dolní jez)	19
Tabulka 3.17 jez Tuhnice	19
Tabulka 3-18 jez U Solivárny	20
Tabulka 3.19 jez U Solivárny II	21
Tabulka 3.20 jez Dubina	21
Tabulka 3.21 MVE Radošov (jez Radošov)	22
Tabulka 3.22 MVE Jakubov (jez Jakubov)	23
Tabulka 3.23 MVE Perštejn – Černýš (jez Perštejn – Černýš)	24
Tabulka 3.24 MVE Klášterec nad Ohří (jez Klášterec nad Ohří)	25
Tabulka 3.25 Vodní nádrž Kadaň - MVE Kadaň	26
Tabulka 3.26 jez Kadaň I	27
Tabulka 3.27 MVE Kadaň (jez Kadaň II)	27
Tabulka 3.28 jez Želina	28
Tabulka 3.29 MVE Želina	29
Tabulka 3.30 Vodní nádrž Nechanice (MVE Nechanice)	30
Tabulka 3.31 jez Stranná	31
Tabulka 3.32 jez Číňovský mlýn	32
Tabulka 3.33 MVE Libočany (jez Libočany)	33
Tabulka 3.34 jez Žatec	34
Tabulka 3.35 MVE Mradice (jez Mradice)	35
Tabulka 3.36 MVE Lenešice (jez Březno)	36
Tabulka 3.37 MVE Louny (jez Louny)	37
Tabulka 3.38 MVE Vršovice (jez Vršovice)	38
Tabulka 3.39 MVE Pátek (jez Pátek)	39
Tabulka 3.40 MVE Koštice (jez Koštice)	40
Tabulka 3.41 MVE Křesín (jez Křesín)	42
Tabulka 3.42 MVE Libochovice (jez Libochovice)	42
Tabulka 3.43 jez Hostěnice	43
Tabulka 3.44 MVE Brozany	44
Tabulka 3.45 MVE Doksany (jez Doksany)	45

Tabulka 3.46 Doksanský mlýn.....	46
Tabulka 3.47 jez Terezín.....	47
Tabulka 4.1 Standardy MZP dle ČSN 75 2601	53
Tabulka 4.2 Výkonové a časové hodnoty variant turbín	61
Tabulka 4.3 Návrhové parametry MVE Číňovský mlýn	71
Tabulka 4.4 Návrhové parametry soustrojí MVE Číňovský mlýn.....	72
Tabulka 5.1 Technicko-ekonomické parametry MVE	74
Tabulka 5.2 Investice do výstavby MVE	75
Tabulka 5.3 Vstupní hodnoty ekonomického modelu	78
Tabulka 5.4 Výkaz CF – výkupní cena (varianta 1)	79
Tabulka 5.5 Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 1)	79
Tabulka 5.6 Výkaz CF – výkupní cena (varianta 2)	80
Tabulka 5.7 Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 2)	80
Tabulka 5.8 Výkaz CF – výkupní cena (varianta 3)	81
Tabulka 5.9 Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 3)	81
Tabulka 5.10 Srovnání variant z ekonomického hlediska	85

Seznam použitých zkratek

AVTS	Asociace vodní turistiky a sportu
CF	Cash flow
ČEZ, a. s.	ČEZ, a. s.
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČNB	Česká národní banka
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
ČVUT	České vysoké učení technické
DPH	Daň z přidané hodnoty
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrizační soustava
FSI	Fakulta strojního inženýrství
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IRR	Internal rate of return (Vnitřní výnosové procento)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MVE	Malá vodní elektrárna
MZP	Minimální zůstatkový průtok
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NPV	Net present value (Čistá současná hodnota)
OTE	Operátor trhu s elektřinou
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PK	Průmyslový komplex

PVE	Přečerpávací vodní elektrárna
ROI	Return of investment (Návratnost investice)
řkm	Říční kilometr
VD	Vodní dílo
VKP	Významný krajinný prvek
VUT	Vysoké učení technické v Brně

Seznam použitých technických norem

- I. ČSN 75 2601 Malé vodní elektrárny - Základní požadavky
- II. ČSN 75 0120 Vodní hospodářství - Terminologie hydrotechniky
- III. ČSN 08 5000 Názvosloví vodních turbín, akumulčních čerpadel, čerpadlových turbín a regulátorů vodních turbín
- IV. ČSN 01 6910 Úprava dokumentů zpracovaných textovými procesory

1 Úvod

Naše země není bohatá na takové zdroje energie, jako je ropa a zemní plyn. Vědomí, že v nedaleké budoucnosti budou i zásoby uhlí na našem území vyčerpány, nás mobilizuje k lepšímu hospodaření s palivy a energií. Proces takové racionalizace však nelze chápat jen jako dosahování úspor spotřebované energie, ale i jako účelné využívání dostupných zdrojů primární energie.¹

Se současnou situací je tedy nutné obrátit své úsilí k dalším zdrojům energie pro udržení a rozvoj civilizace. Do tohoto rozvoje spadá jaderná energetika a obnovitelné zdroje energie a tedy i využití našeho přírodního bohatství, vodních toků.

Vodní energie je mocný sluha, ale zlý pán. Svoji silou dokáže zničit mnoho, ale rovněž nám dokáže svou sílu poskytnout k výrobě elektrické energie. Právě energie získávaná z vodních toků přispívá v několika zemích nemalým procentem do jejich energetického mixu a například v Norsku tvoří 99 % právě vodní elektrárny. a rovněž v České republice dochází k pozvolnému nárůstu v oblasti vodní energetiky.

Tradice využívání vodního pohonu na našem území je o mnoho mladší, ale nikoliv 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.²

Tato práce se zabývá analýzou vodního toku Ohře na českém území, výběrem vhodné lokality pro výstavbu malé vodní elektrárny (MVE) a následným technickým provedením spolu s ekonomickým modelem založeným na prodeji elektrické energie. Cílem práce je vytvořit ucelený návrh pro projekt výstavby nebo obnovy MVE. V dokumentu se nachází výčet vodních děl (VD) na Ohři, technické zázemí elektrárny a ekonomický model.

¹ PAŽOUT, František. Malé vodní elektrárny 1: Ekonomika - předpisy. Praha: SNTL, 1987. Str. 11

² BEDNÁŘ, Josef. Turbíny: (malé vodní elektrárny). Češkovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 978-80-905437-0-6.

2 Současný stav využití hydropotenciálu v České republice

Síť řek na českém území je poměrně hustá, avšak hydroenergetický potenciál z nich získatelný není dostačující k tomu, aby bylo možné dosáhnout vysokého podílu v energetickém mixu. Budováním a obnovou starších VD je ale možné tento podíl navýšit a podpořit tím i vlastní podíl Obnovitelných zdrojů energie (OZE) nejvíce ekologicky šetrnou cestou, jaká je v aktuálním světě možná.

Významnou částí naší vodní infrastruktury je Vltavská kaskáda spolu se třemi přečerpávacími vodními elektrárnami (PVE), které nás zásobují elektrickou energií a zároveň tvoří bezpečnostní přepážku v případě povodní, potažmo startu ze tmy. Hydroenergetický potenciál pro výstavbu těchto děl na českém území je, bohužel již téměř vyčerpán a tyto zdroje je nutné doplnit menšími. Mezi těmito díly nepochybně kralují MVE, jejichž historie sahá až k první Křížikově vodní elektrárně v Jindřichově Hradci, jež byla otevřena v roce 1887. Od té doby došlo k nárůstu vodních děl.

Ve 30. letech 20. století bylo na území Československa téměř 15 000 lokalit, ve kterých byla využívána vodní energie. V polovině 40. let bylo registrováno asi 11 700 malých vodních děl. Většina děl byla v 50. letech zdevastována a později rušena jako neefektivní.³

Po tomto úpadku došlo v 70. letech v důsledku energetické krize k opětovnému zájmu o výstavbu MVE, který byl zejména po roce 1989 podpořen soukromými vlastníky.⁴

V současnosti se na území České republiky nachází 2 354 vodních elektráren, přičemž 2324 z těchto děl zaujímají MVE. Z tohoto počtu bylo 67 malých vodních elektráren uvedeno do provozu v roce 2021, přičemž 57 z nich bylo zrekonstruováno a 10 nově vybudováno.⁵

S přihlédnutím na celosvětový trend odklonu od fosilních paliv s nejistou vidinou nahrazení těchto zdrojů má vodní energie značný potenciál tento problém aktivně a v krátkém časovém

³ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0. Str. 18

⁴ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 9, 10

⁵ Registrace. OTE: 2021. [online]. [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/registrace>

horizontu začít řešit. V rámci České republiky je stále dostatek vhodných lokalit pro výstavbu nových vodních děl bez nutnosti významného zásahu do přírody.

2.1 Členění vodních elektráren

Elektráren operujících s energií vody je obrovské množství, přičemž každá z nich je svým provedením unikátní. Pro zobecnění je, však nutné provést jisté sjednocení těchto zdrojů, které nám pomůže lépe pochopit problematiku malých vod.

Vodní elektrárny se podle instalovaného výkonu dělí na:

Malé vodní elektrárny (MVE) s instalovaným výkonem do 10 MW

Střední vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 10 MW do 200 MW

Velké vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW.⁶

Dále je možné VD rozdělit v závislosti na velikosti spádu na:

Nízkotlaké – využitý spád do 20 m

Středotlaké – využitý spád od 20 m do 100 m

Vysokotlaké – využitý spád je vyšší než 100 m.

V návaznosti na výkonové rozdělení je nutné rovněž brát ohled na samotné umístění a tedy provedení stavby, které je závislé na konkrétní lokalitě a vlastnostech dané řeky. Takto uvažované vodní zdroje lze rozdělit podle provedení na:

Přehradové – spád je tvořený přehradou

Jezové – spád je vytvořen jezem

Derivační – umělé vyvedení vody mimo koryto pomocí přiváděcího kanálu

Bez vzdouvací stavby.

Posledním z hlavních kritérií determinující samotný provoz vodní elektrárny je jejich způsob práce s vodní energií. Tyto zdroje lze rozdělit na:

Průtočné – bez akumuláční nádrže

⁶ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0. Str. 16

Akumulační - součástí VD je nádrž, potažmo přehrada, je zde řízený odběr vody.⁷

2.2 Členění vodních turbín

Specifičnost hydroenergetiky vyžaduje použití vodní turbíny různých typů, výkonů, rozměrů a konstrukčního řešení. Volba typu a provedení je dána především konkrétní konfigurací terénu a hydrologickými podmínkami v místě instalace vodní turbíny.⁸

Vodní turbíny v základu dělíme na:

Přetlakové (reakční) – převažuje využití tlakové energie vody nad kinetickou

Rovnotlaké (akční) – využívá spíše energii kinetickou⁹

Do kategorie akčních turbín zařazujeme Peltonovy turbíny, zatímco mezi reakční spadají turbíny Thomanovy, Kaplanovy a Francisovy. Specifickým případem jsou turbíny nazývané Bankiho, které se standardně berou za akční, avšak v okamžiku využití savky v soustavě s turbínou je považována za reakční.¹⁰

Z historického hlediska je dobré zmínit, že vodní kola jsou rovněž považována za vodní motory a v současnosti je stále možné se s těmito VD setkat na mnohých místech naší republiky. Jedná se zejména o lokace s nízkým spádem a průtokem vody, přičemž vodní kolo je připojeno k budově vodního mlýnu.

2.3 Vývoj v oblasti MVE

Odvětví MVE je relativně konzervativní z hlediska užívaných technologií. V současné době stále těžíme z konstrukcí vodních turbín vynalezené před několika staletími. Tyto turbíny byly pouze v průběhu let modernizovány a upravovány tak, aby splňovaly požadavky instalované lokality a jejího vhodného využití. U některých prvků vodních elektráren nedošlo v posledním století téměř k žádnému technologickému postupu. Prostor pro vyvíjení nových technologií v tomto odvětví je nyní více než kdy jindy nakloněný k modernizaci funkčních, ale neefektivních prvků tvořící vodní elektrárny po celé zemi.

⁷ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0. Str. 17

⁸ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0 Str. 50

⁹ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 171

¹⁰ Volně dle: GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 171

Mezi relativně aktuální vývoj v oboru dobývání energie z vody je možné zařadit projekt studentů Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně, kterým se podařilo vyvinout násoskovou vírovou turbínu pro nízkotlaká VD s nízkým spádem. Jejich práce byla dotažena až do realizace a od roku 2016 je v ostrém provozu.¹¹

2.4 Využitelný hydropotenciál ČR

Jak již bylo zmíněno dříve, hydropotenciál pro výstavbu středně velkých a velkých vodních elektráren je na českém řekách přirozeně vyčerpán a jedinou možností výstavbě těchto VD zůstává vybudování PVE. U MVE je situace poněkud jednodušší, jelikož zde existuje stále mnoho lokací na kterých je možné stavbu realizovat. Stinnou stránkou tohoto problému bývá povětšinou odpor veřejnosti, která si nepřeje výstavbu VD v jejich blízkosti. Tento faktor lze přehlédnout modernizací již přesluhujících VD a tedy jejich zefektivnění.

Instalovaný výkon v našich MVE činil ke konci minulého roku 355 MW¹², přičemž více než polovina z tohoto výkonu je generována elektrárnami po rekonstrukci. Dá se tedy předpokládat, že při optimalizaci turbín ve zbylých zařízeních a modernizací systému by bylo možné navýšit instalovaný výkon o několik procent.

Pro výrazné navýšení tohoto výkonu je však nutné instalovat více nových VD. Celkový technicky využitelný hydropotenciál našich řek do 10 MW je přibližně 1 800 GWh za rok¹³. Takovýto potenciál výroby elektrické energie by činil 2,12 % z brutto výroby elektrické energie České republiky k poslednímu roku, přičemž výroba činila 84,9 TWh¹⁴.

Doplněním těchto malých energetických vodních zdrojů do ES by došlo k větší decentralizaci výrobních zdrojů elektrické energie a tedy k lokálnímu přístupu k elektrické energii. Tento postup by s sebou nesl vyšší počáteční nároky na vybudování nutné infrastruktury pro zapojení těchto menších zdrojů do stávající ES, ale výměnou za tuto investici by bylo možné snížit elektrické ztráty na přenosu vedením. Tyto menší projekty mohou být rovněž zajímavé pro investory a menší města, která by si tímto mohla pomoci s pokrytím vlastní spotřeby elektrické energie po určitou část období roku.

¹¹ŠTÁVOVÁ, RADKA. [online]. FME VUT Brno: © 2017 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.fme.vutbr.cz/veda/uspechy/66344>

¹²Registrace. OTE: ©2021. [online]. [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/registrace>

¹³Mve.energetika.cz: Hydropotenciál [online]. [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/uvod/hydropotencial.htm>

¹⁴Roční zpráva o provozu ES ČR 2021. Energetický regulační úřad. [online]. ERÚ: ©2022 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/rocni-zprava-o-provozu-es-cr-pro-rok-2021>

3 Hydropotenciál řeky Ohře

Ohře je řeka pramenící na německém území ve Svobodném státě Bavorsko přibližně 70 kilometrů od České republiky. Na našem území měří necelých 250 km a protéká mnohými městy jako je například Cheb, Karlovy Vary, Kadaň, Žatec. Značná část Ohře rovněž protéká chráněnou krajinnou oblastí Slavkovský les a na konci své dlouhé cesty dochází ke vlévání do řeky Labe.

Z vodních děl nacházejících je třeba zmínit tři velké vodní nádrže Skalka, Kadaň a Nechranice. Spolu s těmito hydroenergetickými stavbami se zde nachází na tři desítky malých vodních elektráren a čtyřicet jezů. Většina MVE je situována na dolním toku řeky za oblastí CHKO Slavkovský les. Na Ohři se dále nachází 7 stanic měřících zejména každodenní průměrný objemový průtok vody a výšku hladiny. V následující části budou podrobněji rozebrána VD nacházející se na toku.

3.1.1 MVE Pomezna u Chebu

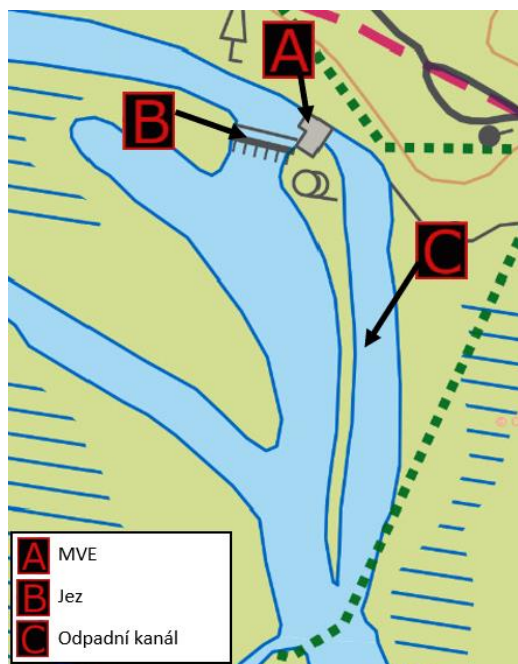
Původní lokalita nacházející se kousek před městem Cheb historicky sloužila jako vodní mlýn, jenž v průběhu komunistického režimu zanikl. Na jeho základech byla vybudována MVE využívající přilehlého jezu pomocí jedné vertikálně situované Francisovy turbíny. S instalovaným výkonem 55 kW a průměrnou roční výrobou 387 MWh se jedná o jednu z menších elektráren provozovaných na Ohři.^{15,16}

MVE Pomezna u Chebu			
Říční kilometr	249,9	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Francis
Výška jezu	2,4 m	Spád MVE	2 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	0,5 – 4,3
Roční výroba [GWh]	0,387	Instalovaný výkon [kW]	55

Tabulka 3.1 MVE Pomezna u Chebu (jez Pomezna)

¹⁵ MVE Pomezna u Chebu. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/308.html

¹⁶ Mlýn u Pomezne. Vodnimlyny.cz [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z <https://www.vodnimlyny.cz/no/mlyny/estates/detail/6488-mlyn-u-pomezne>



Obrázek 3.1 MVE Pomezná u Chebu ¹⁷

3.1.2 Vodní nádrž Skalka – MVE Skalka

Tato vodní nádrž historicky spadá do období výstavby prakticky všech našich největších VD současnosti. V roce 1962 byla uvedena do provozu a řadila se po boku dalších přehrad jakožto Orlík, Kamýk a Lipno. V 90. letech minulého století prošlo VD Skalka rozsáhlou rekonstrukcí, které zahrnovalo vybudování vlastního hydroenergetického zdroje v podobě MVE Skalka. Elektrárna byla uvedena do provozu v roce 2000 s dvěma horizontálně situovanými turbínami typu Kaplan o celkovém výkonu 700 kW. Průměrná roční produkce elektrické energie VD činí 1830 MWh.^{18,19}

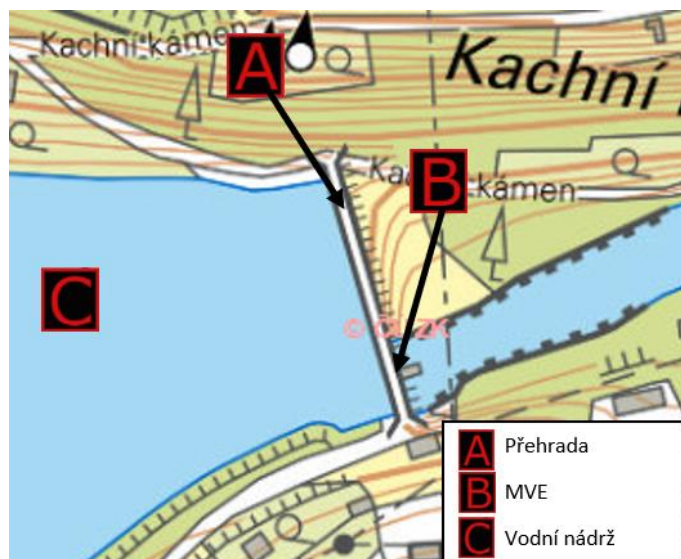
Vodní nádrž Skalka - MVE Skalka			
Říční kilometr	242,4	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Přehradová	Typ turbín	Kaplan
Umístění MVE	na přehradě	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	9
Spád MVE	4,7 - 9,7 m	Instalovaný výkon [kW]	719
Roční výroba elektrické energie [GWh]		1,835	

Tabulka 3.2 Vodní nádrž Skalka (MVE Skalka)

¹⁷ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

¹⁸ Historie českých vodních děl. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: <http://www.tv-adams.wz.cz/text/casovaOsaCesko.html#8>

¹⁹ Přehrada Skalka. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/prehrada_skalka.html



Obrázek 3.2 Vodní nádrž Skalka – MVE Skalka²⁰

3.1.3 Hradební jez I – MVE Cheb

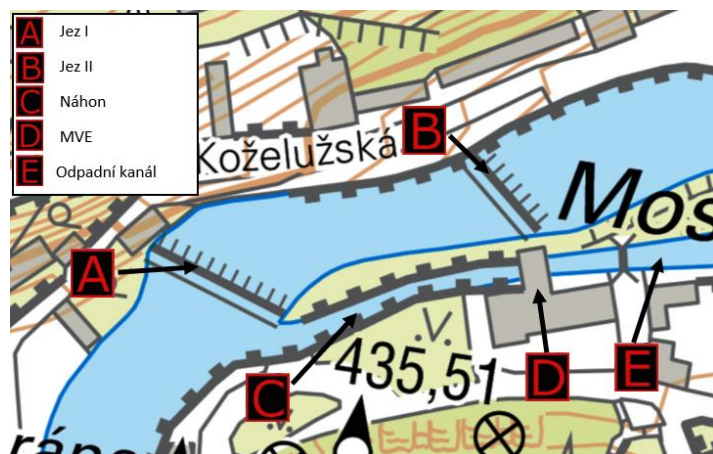
Jediná MVE nacházející se přímo ve městě Cheb je situována na pravém břehu řeky a voda je k ní přiváděna prostřednictvím derivačního kanálu. Hlavní vzdouvací stavbou pro tuto elektrárnu je Hradební jez I, na jehož peripetii je voda odváděna. Délka derivačního kanálu činí necelých 100 metrů a výrobu elektrické energie zde zajišťuje jediná Kaplanova turbína o instalovaném výkonu 0,115 MW. Zajímavostí je, že na tomto krátkém úseku se nachází ještě Hradební jez II, který je rovněž touto MVE obcházený.²¹

MVE Cheb (Hradební jez I)			
Říční kilometr	241,3	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Derivační	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	0,9 m	Spád MVE	2,2 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	8,14
Roční výroba [GWh]	0,292	Instalovaný výkon [kW]	115

Tabulka 3.3 MVE Cheb (Hradební jez I)

²⁰ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

²¹ MVE Cheb. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/307.html



Obrázek 3.3 MVE Cheb²²

3.1.4 Hradební jez II

Druhým jezem v pořadí tvořící derivační dílo MVE Cheb je právě Hradební jez II. Derivační kanál zde byl pravděpodobně využíván již kolem roku 1328, kdy jsou datovány první zmínky o Panském mlýně. Od 15. století patří budovy dnes již rekonstruovaného mlýna městu Cheb a do současnosti je zde provozována MVE Cheb, viz 3.1.5.²³

Hradební jez II	
Říční kilometr	214,2
Výška jezu	1,21 m

Tabulka 3.4 Hradební jez II

3.1.5 Ottův jez

Poslední z trojice jezů nacházející se ve městě Cheb je Ottův jez. Rozkládá se na 240. říčním kilometru (řkm) a se svým spádem 1,5 metru je nejvyšším z celé trojice. Nad jezem se nachází lávka pro pěší a z vodáckého hlediska je nesjízdný. Historie hydroenergetického využití jezu sahá do období blízkého Bitvě na Bílé hoře, kdy se na tomto úseku řeky tyčil mlýn se třemi vodními koly. Budova ani infrastruktura Slavického mlýna nebyla po roce 1945 zachována a v současnosti se na bývalém umístění mlýna nachází park.^{24,25}

²² Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

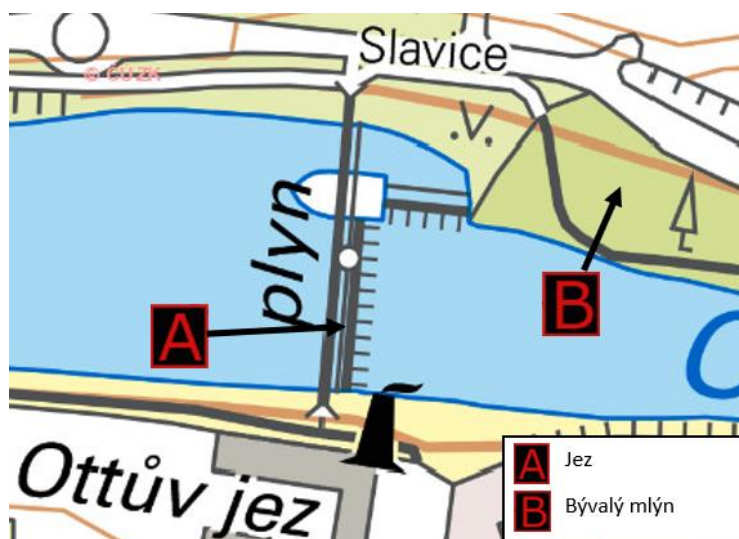
²³ Městské mlýny, Panský mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/7701-mestske-mlyny-pansky-mlyn>

²⁴ Ottův jez Ohře. Vodackanavigace.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodackanavigace.cz/ohre-jez-ottuv?detailId=2308>

²⁵ Slavický mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/7695-slavicky-mlyn>

Ottův jez	
Říční kilometr	240
Výška jezu	1,5 m

Tabulka 3.5 Ottův jez



Obrázek 3.4 Ottův jez²⁶

3.1.6 MVE Jindřichov

VD využívající derivačního kanálu s hradicím vakovým jezem se rozkládá na historickém místě kdysi stávajícího Jedlového mlýnu. Původní mlýn byl v součinnosti s přílehlou pilou a později byl vlastněn lokální pekárnou. Po druhé světové válce byli obyvatelé mlýna odsunuti do Německa a budovy byly postupně předělány do současné podoby. Výrobu zde zajišťuje jedna Kaplanova turbína o hltnosti $6,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s průměrnou roční výrobou 240 MWh.^{27,28}

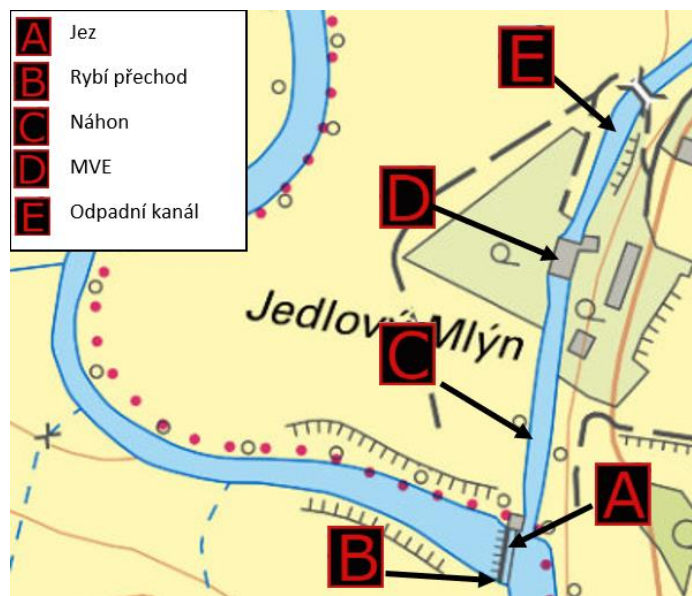
MVE Jindřichov			
Říční kilometr	237,4	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Derivační	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	1,6 m	Spád MVE	1,75 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	6,28
Roční výroba [GWh]	0,24	Instalovaný výkon [kW]	144

Tabulka 3.6 MVE Jindřichov (jez Jindřichov)

²⁶ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

²⁷ MVE Jindřichov. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/306.html

²⁸ Jedlový mlýn Tanner Mühle. Vodnimlyny.cz [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/8162-jedlovy-mlyn-tanner-muhle>



Obrázek 3.5 MVE Jindřichov²⁹

3.1.7 Jez Vokovský mlýn

Na jezu uměle ústící do Ohře z vytvořeného vodního kanálu se nachází dnes již bývalá budova vodního mlýna Vokov. Jeho historie sahá do roku 1666, kdy byla usedlost koupena městem Cheb. O 11 let později byl odkoupen předchozími nájemníky. Povodeň roku 1829 si vyžádala obnovu vodního mlýna, jelikož původní mlýn umístěný na jezu byl zničen.

Za První republiky spadal mlýn pod vlastnictví bratří Zimmermannů, jež v roce 1930 přišli s inovací v podobě instalace Francisovy turbíny pro výrobu elektrické energie pro pekárnu. Mlýn jako takový zanikl s koncem druhé světové války, kdy byli poslední majitelé odsunuti do Bavorska.³⁰

V současnosti již nejsou téměř žádné památky ani po zmíněném jezu. Posledními zbytky zaniklého jezu mimo vlastní koryto Ohře zde tvoří jalový přepad, jenž sloužil k ochraně bývalého mlýna Vokov. Zánik zřejmě souvisel se zánikem samotné budovy mlýna a rovněž přeložky koryty řeky, jež mělo významný vliv na vzdouvací stavbu.³¹

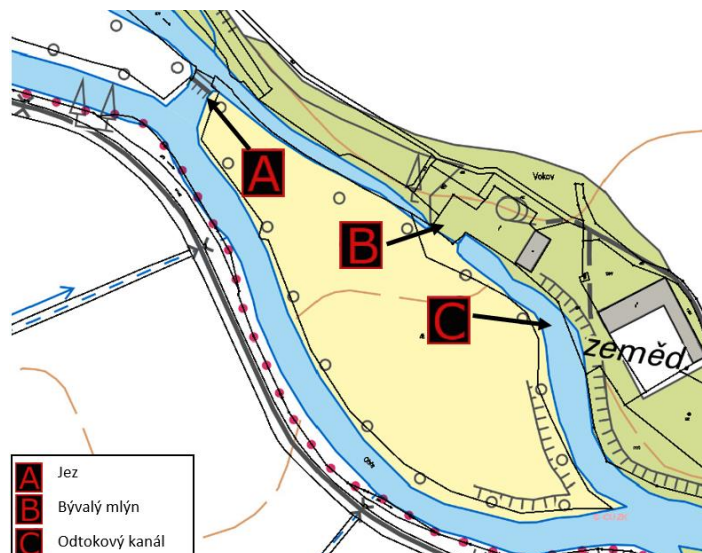
Jez Vokovský mlýn	
Říční kilometr	230
Výška jezu	0,1 m

Tabulka 3.7 jez Vokovský mlýn

²⁹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

³⁰ Vokovský mlýn, Wogauer Mühle. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/8170-vokovsky-mlyn-wogauer-muhle>

³¹ Ing. POLÁCH, David. POVODÍ OHŘE, státní podnik. [email]. [cit. 2022-10-25].



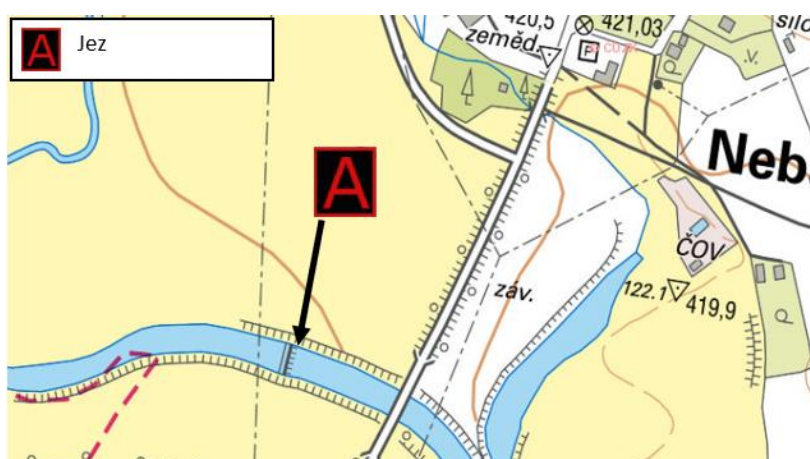
Obrázek 3.6 jez Vokovský mlýn ³²

3.1.8 Jez Nebanice

Jez rozprostírající se na 226. řkm nedaleko obce Nebanice nelze již přímo označit jako vzdouvací stavbu v podobě jezu. V současnosti se jedná spíše o práh ve dně vzniklý při upravování koryta řeky v podobě přeložky a přepad vody necelých 30 cm slouží jakožto stabilizační prvek.³³

jez Nebanice	
Říční kilometr	226,1
Výška jezu	0,3 m

Tabulka 3.8 jez Nebanice



Obrázek 3.7 jez Nebanice ³⁴

³² Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

³³ Ing. POLÁCH, David. POVODÍ OHŘE, státní podnik. [email]. [cit. 2022-10-25].

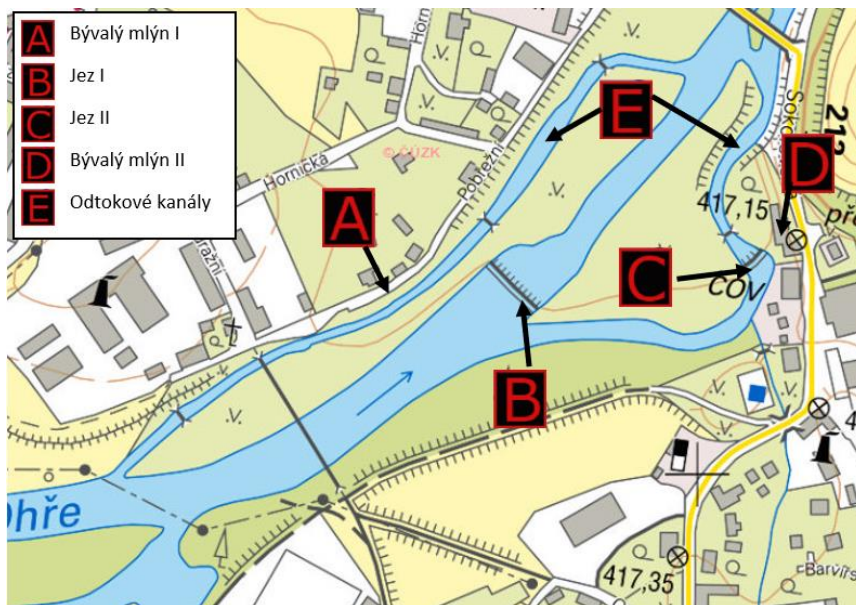
³⁴ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

3.1.9 Jez Kynšperk nad Ohří

Jez o přibližné výšce spádu 1,9 metrů je jedním z nejnebezpečnějších jezů na Ohři vůbec. Nachází se na 218,6. řkm a pro jeho sjízdnost byly podniknuté kroky v podobě vybudování vodáckého kanálu po levém břehu řeky. Na tomto břehu se v minulosti nacházel vodní mlýn Bruckmühle, jež se zde nacházel minimálně od roku 1765. Roku 1930 byl vybaven dvěma vodními koly se spádem 0,63 m. V současnosti se jedná o zaniklý vodní mlýn. Těsně před samotným jezem řeka odbočuje rovněž do pravého ramena přes podobně nesjízdný a v minulosti vodním mlýnem využívaný jez. Nyní se v tomto rameni nachází Panský mlýn přestavěný na penzion.^{35,36,37,38}

jez Kynšperk nad Ohří	
Říční kilometr	218,6
Výška jezu	1,9 m

Tabulka 3.9 jez Kynšperk nad Ohří



Obrázek 3.8 Jez Kynšperk nad Ohří³⁹

³⁵ Nebezpečný jez v Kynšperku. HOUDEK, Michal. IDNES.cz [online]. © 2012 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/vodaci-se-dockali-bezpecnejsiho-jezu-u-kynsperka.A120727_154609_vary-zpravy_pl

³⁶ Jez Kynšperk nad Ohří. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1904883&x=12.5257578&y=50.1239986&z=17>

³⁷ Mostní mlýn; Bruckmühle. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3944-mostni-mlyn-bruckmuhle>

³⁸ Panský mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z:

<https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3942-pansky-mlyn>

³⁹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

3.1.10 Jez Dasnice

Poblíž obce se nachází zbytky jezu Dasnice, který se svou výškou 0,6 metru nepředstavuje význačnější potenciál. V těsné blízkosti s jezem vede železnice.⁴⁰

jez Dasnice	
Říční kilometr	214,2
Výška jezu	0,6 m

Tabulka 3.10 jez Dasnice



Obrázek 3.9 jez Dasnice⁴¹

3.1.11 Jez Šabina

Klidný a bezpečný jez lokalizovaný na hranicích CHKO Slavkovský les s celkovou výškou spádu 0,6 metru. V těsné blízkosti jezu je vodácký camp a po levé straně řeky protíná krajinu železniční trať.^{42,43}

jez Šabina	
Říční kilometr	211,1
Výška jezu	0,6 m

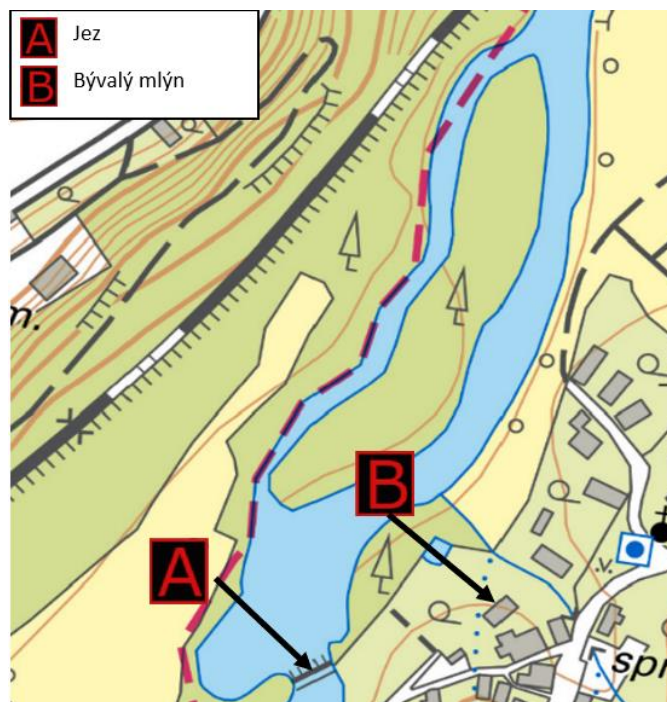
Tabulka 3.11 jez Šabina

⁴⁰ Dasnice Ohře. Vodackanavigace.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodackanavigace.cz/ohre-dasnice?detailId=2346>

⁴¹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁴² Jez Šabina. TURISTICKÝ ATLAS. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7915_jez-sabina.html

⁴³ Jez Šabina. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905023&x=12.5797132&y=50.1349944&z=17>



Obrázek 3.10 jez Šabina ⁴⁴

3.1.12 Jez Černý mlýn

Jez o celkovém spádu něco málo přes metr s příznačným názvem „Černý jez“ má se sebou spojenou pochmurnou pověst jednoho z nejnebezpečnějších jezů na Ohři. V návaznosti na tuto problematiku podstoupil jez v letech 2014 až 2015 rekonstrukci, při níž byl vytvořený sportovní kanál a rybí přechod. Nedaleko pravého břehu leží elektrárna tisová a před tělem jezu se nachází budova bývalého vodního mlýnu, jež v současnosti slouží jako penzion.^{45,46,47}

jez Černý mlýn	
Říční kilometr	209
Výška jezu	1 m

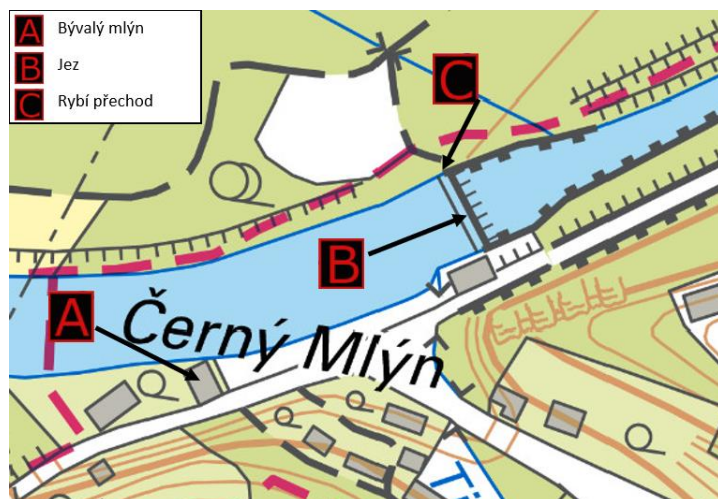
Tabulka 3.12 jez Černý mlýn

⁴⁴ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁴⁵ Vodáci se zbavili jezu smrti, Černý mlýn je bezpečný. ČURLINOVÁ, Klára. jez Černý mlýn. [online]. © 2015 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: https://sokolovsky.denik.cz/zpravy_region/vodaci-se-zbavili-jezu-smrti-cerny-mlyn-je-bezpecny-20150709.html

⁴⁶ Černý mlýn; Schwarzmühle. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3940-cerny-mlyn-schwarzmuhle>

⁴⁷ Jez Černý mlýn. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905017&x=12.6016697&y=50.1439405&z=18>



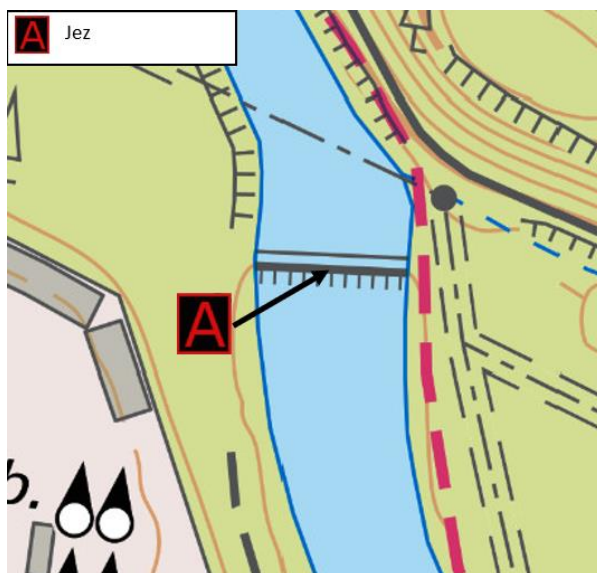
Obrázek 3.11 jez Černý Mlýn ⁴⁸

3.1.13 Jez Královské poříčí

Jedná se o starý kamenitý jez se spádovou výškou 1,5 m. Jez je situován na 200,8 řkm a po pravém břehu se rozkládá chemická továrna firmy Synthomer a.s. ⁴⁹

jez Královském Poříčí	
Říční kilometr	200,8
Výška jezu	1,5 m

Tabulka 3.13 jez Královské Poříčí



Obrázek 3.12 jez Královské poříčí ⁵⁰

⁴⁸ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁴⁹ Jez Královském Poříčí. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905057&x=12.6655787&y=50.1849451&z=14>

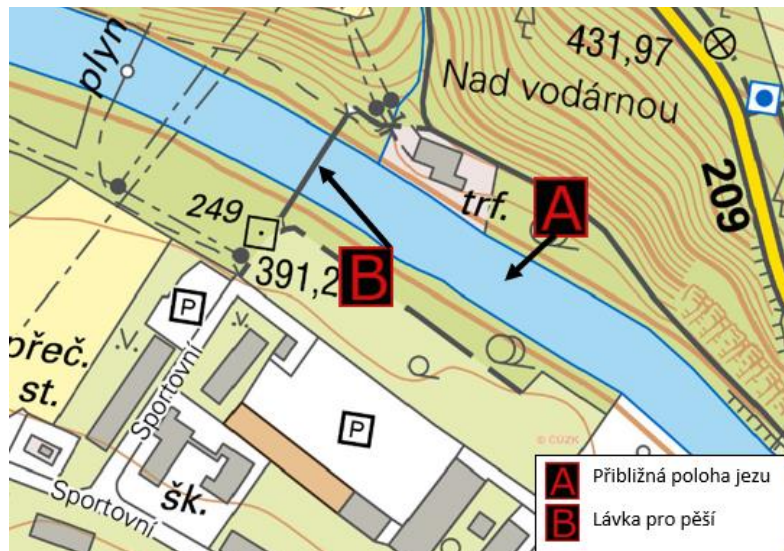
⁵⁰ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

3.1.14 Jez Vřesová u Lokte

Na řkm 194,15 až 194,19 je rozprostřený jez Vřesová u Lokte. Na pravém břehu jezu se rozprostírá ČS PK Vřesová u Lokte, jež ze vzdouvací stavby odebírá poměrně značné množství povrchových vod. Dalším atributem jezu je stabilizace koryta řeky v daném segmentu. Jez rovněž dále není zakreslen v mapách Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), proto jeho poloha na přidruženém obrázku bude označena přibližně.⁵¹

Jez Vřesová u Lokte	
Říční kilometr	194,1
Výška jezu	1,2 m

Tabulka 3.14 jez Vřesová u Lokte



Obrázek 3.13 jez Vřesová u Lokte⁵²

3.1.15 Horní jez – MVE Loket I

Město Loket jde příkladem v ohledu využití plného vodního potenciálu na svém území. První takto využitou lokalitou je na betonově zpevněném jezu vybudovaná MVE Loket I v derivačním provedení. Elektrárna byla vybudována na základech bývalého vodního mlýna, jenž byl přestavěn na začátku 20. století se všemi historickými hodnotami. Tato elektrárna

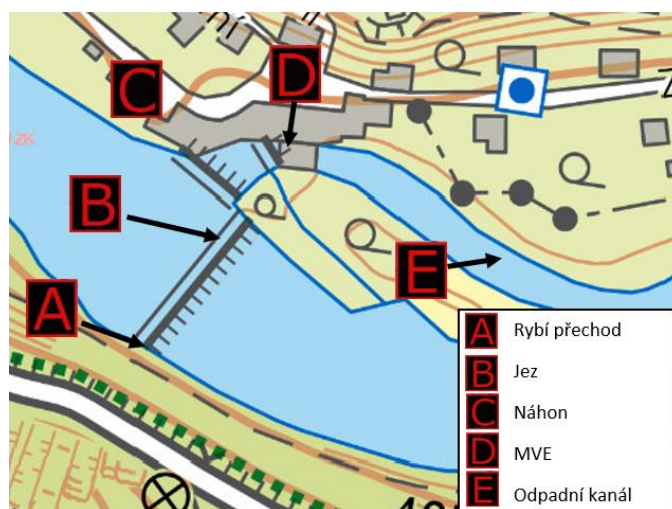
⁵¹ Ing. POLÁCH, David. POVODÍ OHŘE, státní podnik. [email]. [cit. 2022-10-25].

⁵² Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

využívá dvě Francisovy turbíny o celkovém instalovaném výkonu 0,110 MW. Roční produkce této elektrárny činí 724 MWh a řadí se k větším VD rozkládající se na vodním toku.^{53 54}

MVE Loket I (Horní jez)			
Říční kilometr	191,7	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Francis
Výška jezu	1,5 m	Spád MVE	1,8 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	8,7
Roční výroba [GWh]	0,724	Instalovaný výkon [kW]	110

Tabulka 3.15 MVE Loket I (Horní jez)



Obrázek 3.14 MVE Loket I⁵⁵

3.1.16 Dolní jez – MVE Loket II

Ve vzdálenosti přibližně 600 metrů od MVE Loket I se nachází další jez s přidruženou vodní elektrárnou. Opět je zde využito derivačního typu MVE a výrobu zde zajišťuje jedna turbína typu Kaplan o instalovaném výkonu 90 kW. Koncept vodní elektrárny vychází z přestavěného vodního mlýna. Budova mlýna byla sama o sobě přestavěna na továrnu na porcelán v roce 1930. V období po revoluci došlo k úpravě na MVE. Tato elektrárna má oproti svému konkurentovi přibližně třetinovou výrobu elektrické energie, tedy nějakých 276 MWh. Vzdouvací funkci zde plní jez o spádové výšce 1,7 metru.^{56,57}

⁵³ MVE Loket I. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/305.html

⁵⁴ mlýn v Lokti I. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3239-mlyn-v-lokti-i>

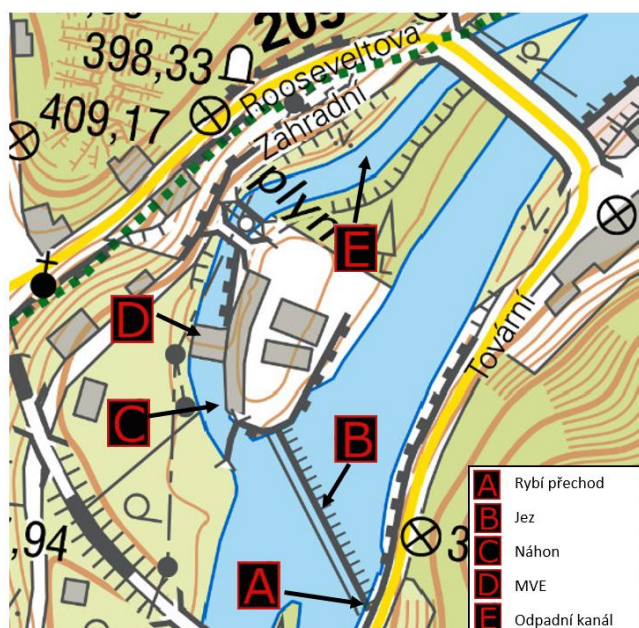
⁵⁵ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁵⁶ MVE Loket II. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/304.html

⁵⁷ mlýn v Lokti II. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3240-mlyn-v-lokti-i>

MVE Loket II (Dolní jez)			
Říční kilometr	191,1	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	1,7 m	Spád MVE	1,8 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	6
Roční výroba [GWh]	0,276	Instalovaný výkon [kW]	90

Tabulka 3.16 MVE Loket II (Dolní jez)



Obrázek 3.15 MVE Loket II⁵⁸

3.1.17 Tuhnický jez

Na 178,3 řkm při vjezdu do Karlových Varů se nachází nově rekonstruovaný betonový jez Tuhnice. Jeho rekonstrukce proběhla v roce 2010 a byla zde vybudována sportovní propust a rybí přechod. Mlýn přidružený k tomuto jezu je již delší dobu zaniklý a na jeho místě byla vybudována továrna.^{59,60,61}

Tuhnický jez	
Říční kilometr	178,3
Výška jezu	1 m

Tabulka 3.17 jez Tuhnice

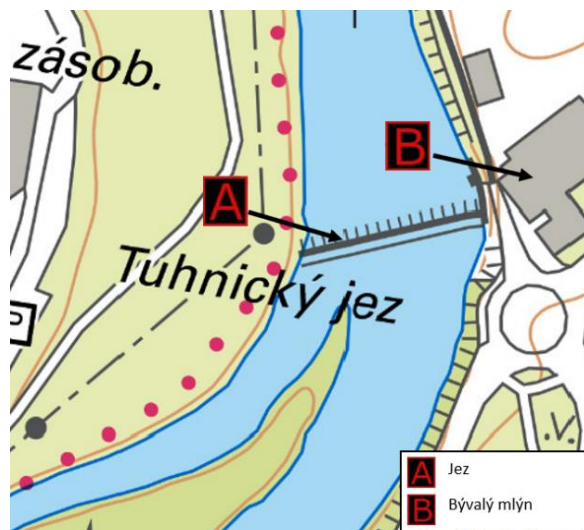
⁵⁸ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁵⁹ Jez Tuhnice. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:

<https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905044&x=12.8441441&y=50.2270812&z=17>

⁶⁰ Jez Tuhnice - Karlovy Vary. TURISTICKÝ ATLAS. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7920_jez-tuhnice-karlovy-vary.html

⁶¹ Tuhnický mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/11532-tuhnicky-mlyn>



Obrázek 3.16 Tuhnický jez⁶²

3.1.18 Jez U Solivárny

Jez U Solivárny je situován mezi dvěma mosty nacházejícími se v Karlových Varech na říčním kilometru 175,5. Při pravém břehu je široká propust s téměř kolmým spádem. Tento jez je z hlediska lokality téměř nezpůsobilý pro jakoukoli výstavbu MVE.⁶³

Jez U Solivárny	
Říční kilometr	175,5
Výška jezu	1 m

Tabulka 3-18 jez U Solivárny



Obrázek 3.17 jez U Solivárny⁶⁴

⁶² Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁶³ Jez U Solivárny Karlovy Vary. TURISTICKÝ ATLAS. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7921_jez-u-solivarny-karlovy-vary.html

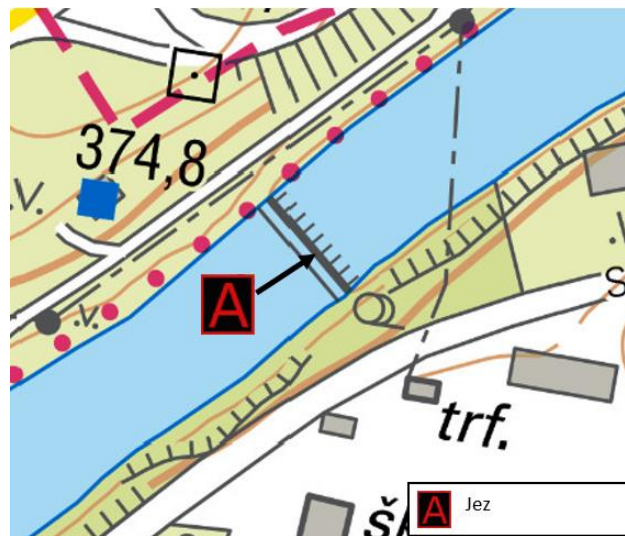
⁶⁴ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

3.1.19 Jez U Solivárny II

Na 173,6 řkm kousek od jezu U Solivárny se nachází další jez bez specifického označení. Účelem této vodní stavby je stabilizace vodní hladiny a není tedy optimálně uzpůsoben k možnému dalšímu využití.⁶⁵

Jez U Solivárny II	
Říční kilometr	173,6
Výška jezu	0,8 m

Tabulka 3.19 jez U Solivárny II



Obrázek 3.18 jez U Solivárny II⁶⁶

3.1.20 Jez Dubina

Jez Dubina je balvanitý jez s peřejí a celkovým převýšením vodní hladiny zhruba 1,7 metru. Na tuto lokalitu vznikaly projekty za účelem zpevnění jezu a zvýšení jeho světlé výšky až do úrovně 4 m, přičemž dále zde měla být vybudována MVE. Tento projekt se, avšak nepotkal s pozitivními ohlasy a s přispěním Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) došlo ke zrušení stanoviska s odůvodněním značného zásahu do významného krajinného prvku (VKP).^{67,68}

jez Dubina	
Říční kilometr	161,6
Výška jezu	1,7 m

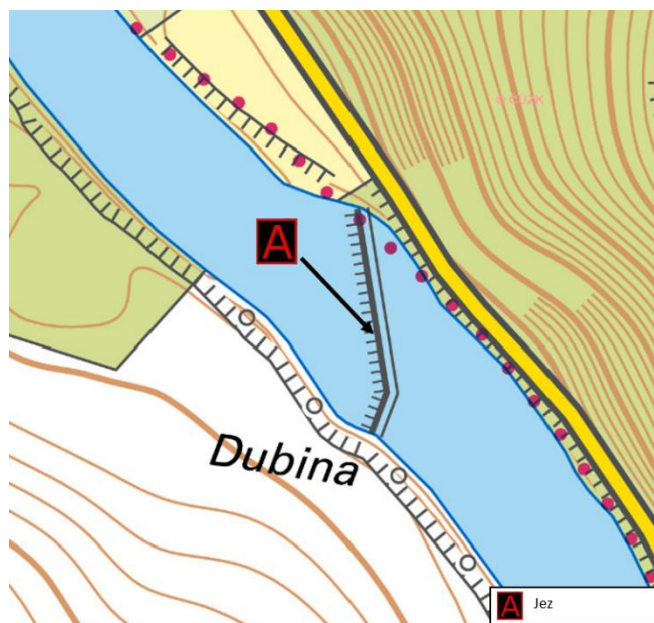
Tabulka 3.20 jez Dubina

⁶⁵ Ing. POLÁCH, David. POVODÍ OHŘE, státní podnik. [email]. [cit. 2022-10-25].

⁶⁶ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁶⁷ Skutečné dopady stavby MVE Dubina. AVTS. [online]. © 2021 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.raft.cz/Clanek-Skutečne-dopady-stavby-MVE-Dubina.aspx?ID_clanku=2273

⁶⁸ MVE Dubina se stavět nebude. AVTS. [online]. © 2021 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.raft.cz/Clanek-Skutečne-dopady-stavby-MVE-Dubina.aspx?ID_clanku=2328



Obrázek 3.19 jez Dubina⁶⁹

3.1.21 Jez Radošov – výstavba MVE Radošov

Dalším jezem v pořadí je Radošovský jez, na jehož levém břehu je plánována strojovna MVE. Tento jez o spádové výšce asi 1,5 m vyčnívá zejména tím, že se jeví jako bezpečný, avšak pod jezem dochází k tvorbě tzv. válce. O nebezpečnosti tohoto jezu svědčí i příběh pana Jan Čečrle, který z tohoto jezu zachránil přes 50 tonoucích a za svou snahu byl v roce 2010 oceněn cenou Osobnost kraje. Situace okolo výstavby není aktuálně příliš průhledná, jelikož je spjatá s nedaleko se nacházejícím jezem Dubina, na jehož břehu byla stavba MVE zapovězena.^{70,71}

MVE Radošov (plánované parametry)			
Říční kilometr	158	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Semi - Kaplan
Výška jezu	1,5 m	Spád MVE	2,9 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	2 x 15,0
Roční výroba [GWh]	2,253	Instalovaný výkon [kW]	660

Tabulka 3.21 MVE Radošov (jez Radošov)⁷²

⁶⁹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

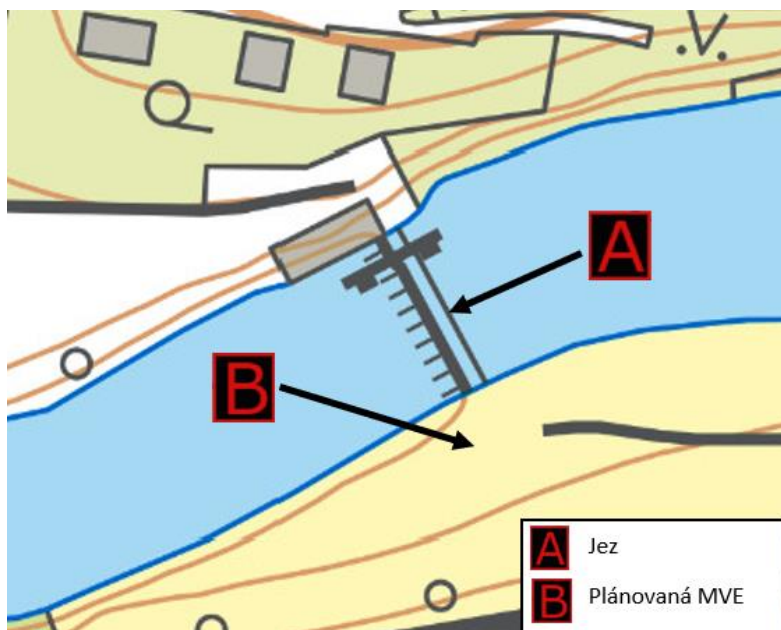
⁷⁰ Čerstvý důchodce zachraňuje vodáky. ZEDNÍK, Vladimír. IDNES.cz [online]. © 2010 [cit. 2022-10-13].

Dostupné z: https://www.idnes.cz/karlovy-vary/zpravy/cerstvy-duchodce-zachranuje-vodaky-na-jezu-smrti-v-radosove.A101210_153904_vary-zpravy_sou

⁷¹ Jez Radošov. TURISTICKÝ ATLAS. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:

https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7923_jez-radosov.html

⁷² MVE Radošov. UMAN, Vladimír. EnerUm a.s. [email]. [cit. 2022-10-21].



Obrázek 3.20 jez Radošov ⁷³

3.1.22 Jez Jakubov – MVE Jakubov

Dalším v pořadí zajímavým místem je místo bývalého VD Mlýn na Ohři. Tento vodní mlýn spadající do okresu Karlov Vary se nachází v Jakubově. K roku 2012 je mlýn neprovozuschopný z hlediska výroby elektrické energie a jeho původní budova nyní slouží jako restaurační zařízení. Derivační kanál původně vybudovaný pro mlýn je, však využíván dodnes prostřednictvím MVE Jakubov.

Elektrárna využívá dvě přímo proudé Kaplanovy turbíny o instalovaném výkonu 160 kW každá. Realizovaný spád VD je 2,65 m a průměrná roční výroba činí 1300 MWh. ^{74,75,76}

MVE Jakubov (jez Jakubov)			
Říční kilometr	150	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Derivační	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	1,2 m	Spád MVE	2,65 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	12
Roční výroba [GWh]	1,2 - 1,5	Instalovaný výkon [kW]	320

Tabulka 3.22 MVE Jakubov (jez Jakubov)

⁷³ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

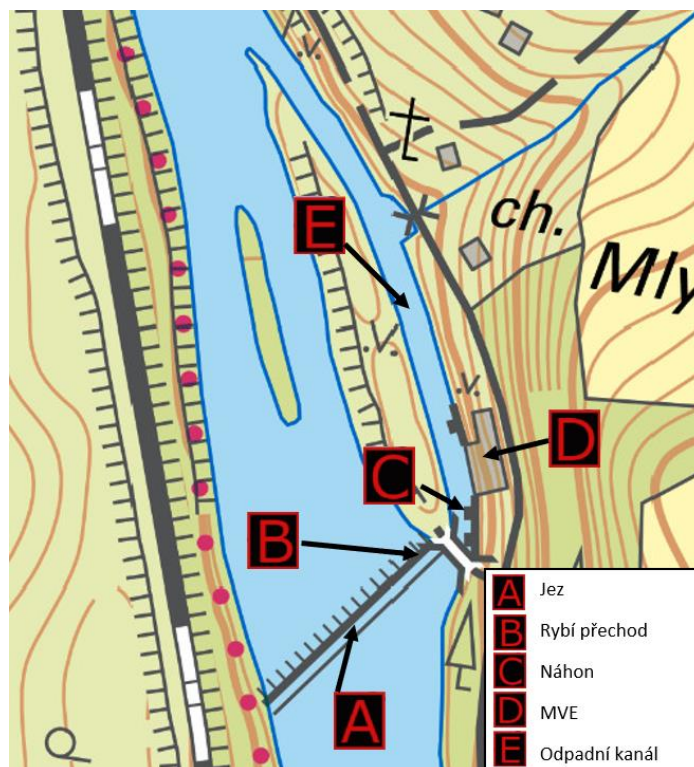
⁷⁴ Mlýna na Ohři, Eger Mühle. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:

<https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/5298-mlyn-na-ohri-eger-muhle>

⁷⁵ Jez Jakubov - Mlýn nad Ohří (Vojkovice). TURISTICKÝ ATLAS. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13].

Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7924_jez-jakubov-mlyn-nad-ohri.html

⁷⁶ MVE Jakubov s.r.o. NOVÁK, Vladimír. [ústní sdělení] [cit. 2022-10-19]



Obrázek 3.21 MVE Jakubov⁷⁷

3.1.23 Jez Černýš – MVE Perštejn - Černýš

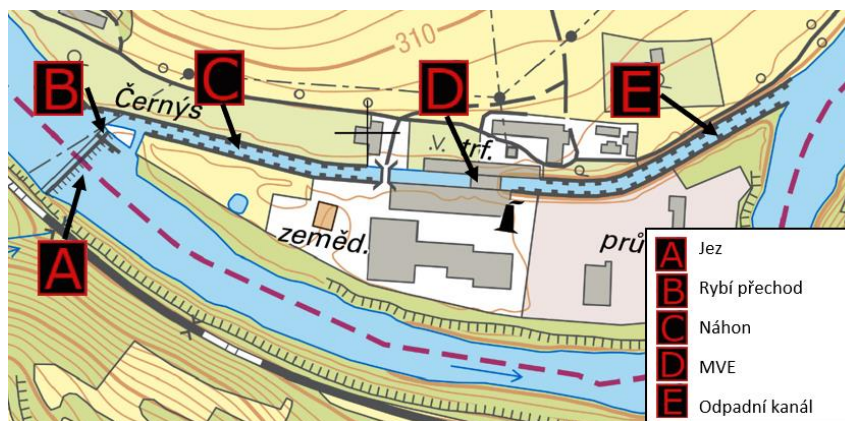
Významným VD z výkonového hlediska je z dnešního pohledu MVE Perštejn – Černýš. K elektrárně je voda přiváděna prostřednictvím 300 m dlouhého derivačního kanálu a o výrobu elektrické energie se zde starají dvě vodní turbíny s celkovým instalovaným výkonem 410 kW. S obrovskou hltností až $17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a roční výrobou téměř 2 400 MWh se tato elektrárna řadí mezi největší na Ohři vůbec.⁷⁸

MVE Perštejn-Černýš (jez Pernštejn - Černýš)			
Říční kilometr	138,4	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Derivační	Typ turbín	1 x Semi Kaplan, 1x Francis
Výška jezu	2,2 m	Spád MVE	3,5 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	17,1
Roční výroba [GWh]	2,344	Instalovaný výkon [kW]	410

Tabulka 3.23 MVE Perštejn – Černýš (jez Perštejn – Černýš)

⁷⁷Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁷⁸MVE Perštejn - Černýš. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/303.html



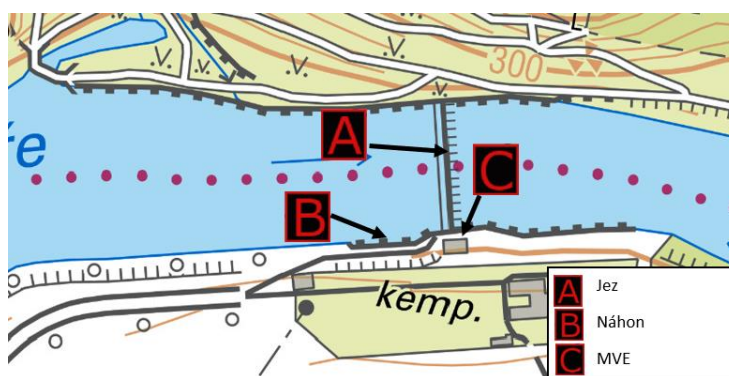
Obrázek 3.22 MVE Perštejn – Černýš⁷⁹

3.1.24 Jez Klášterec nad Ohří – MVE Klášterec nad Ohří

V Klášterci nad Ohří se nachází stejnojmenná MVE v břehovém provedení. Součástí stavby jsou tři tělesa jezu a náhon na pravém břehu řeky s celkovým převýšením 2,5 m. Jedná se o pohyblivý klapkový jez, tedy jezy sklápěné podle stavu vody. Výroba je zde zajištěna jednou Kaplanovou turbínou o instalovaném výkonu 149 kW.^{80,81}

MVE Klášterec nad Ohří			
Říční kilometr	132,5	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	2,5 m	Spád MVE	2,15 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	7,28
Roční výroba [GWh]	0,779	Instalovaný výkon [kW]	149

Tabulka 3.24 MVE Klášterec nad Ohří (jez Klášterec nad Ohří)



Obrázek 3.23 MVE Klášterec nad Ohří⁸²

⁷⁹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁸⁰ MVE Klášterec. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/302.html

⁸¹ Jez Klášterec nad Ohří. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?q=MVE%20Loket&source=base&id=1905079&ds=2&x=13.1774515&y=50.3835529&z=19>

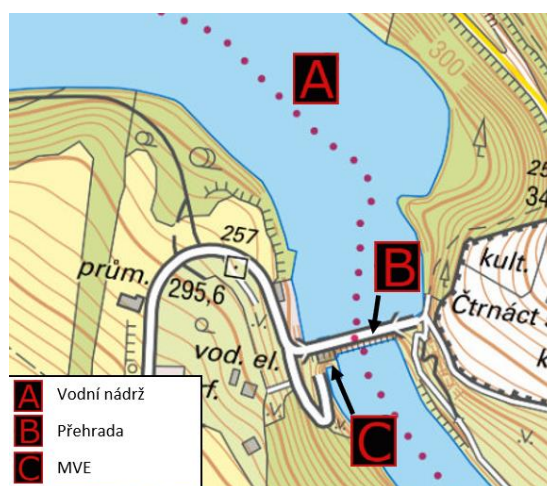
⁸² Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

3.1.25 Vodní nádrž Kadaň – MVE Kadaň

V pořadí druhou vodní nádrží na Ohři je právě Kadaňská. Do provozu byla uvedena na počátku 70. let minulého století a nachází se zde MVE s jednou turbínou typu Kaplan o instalovaném výkon 2 280 kW. VD se využívá zejména pro rekreační účely už jen z toho titulu, že průměrná hloubka nádrže činí 4,1 m. S průměrnou roční výrobou lehce přesahující 102 MWh se tato MVE řadí na druhé místo co se týče výrobní produkce na Ohři.⁸³

Vodní nádrž Kadaň - MVE Kadaň			
Říční kilometr	125,8	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Přehradová	Typ turbín	Kaplan
Umístění MVE	na přehradě	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	7,0 - 31,0
Spád MVE	5,1 - 8,85 m	Instalovaný výkon [kW]	2280
Roční výroba elektrické energie [GWh]		10,232	

Tabulka 3.25 Vodní nádrž Kadaň - MVE Kadaň



Obrázek 3.24 Vodní nádrž Kadaň - MVE Kadaň⁸⁴

3.1.26 Jez Kadaň I

Těsně pod vodní nádrží se nachází dvojice jezů vzdálených od sebe přibližně 900 m. Prvním z těchto jezů nese název Kadaň I. Jez se nachází přímo pod historickým centrem města a jeho tvrzí. Již za První republiky se zde nacházel Weisskopfův mlýn, avšak jeho historie není příliš dlouhá, přičemž v 50. letech byl nesmyslně zbourán s okolními stavbami. Lokalita přilehlého jezu se bere v potaz, jelikož je v plánu výstavba vodního díla na obdobném místě.^{85,86}

⁸³ Přehrada Kadaň. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/1160.html

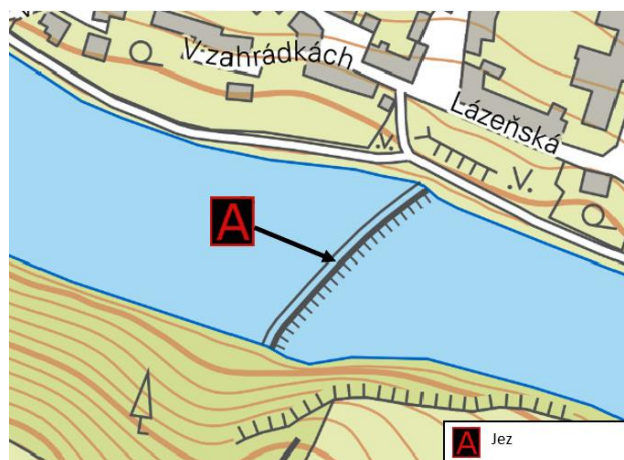
⁸⁴ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁸⁵ Jez Kadaň I. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904964&x=13.2655728&y=50.3743104&z=17>

⁸⁶ Weisskopfův mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3560-weisskopfuv-mlyn>

jez Kadaň I	
Říční kilometr	124,9
Výška jezu	1,2 m

Tabulka 3.26 jez Kadaň I



Obrázek 3.25 jez Kadaň I⁸⁷

3.1.27 Jez Kadaň II – MVE Kadaň

Druhý jez pod VD Kadaň je již plně vybavený MVE s jednou vodní turbínou o instalovaném výkonu 110 kW. Na spádu 1,4 m proudícím do elektrárny derivačním kanálem po levém břehu řeky se ročně vyrobí průměrně 173 MWh elektrické energie. Koncepce původně vychází z vodního mlýna Steinkopf, jehož výstavba se datuje do roku 1848. Budova mlýna aktuálně neslouží jakožto zmíněná MVE, nýbrž prochází rekonstrukcí pod dohledem památkářů.^{88,89}

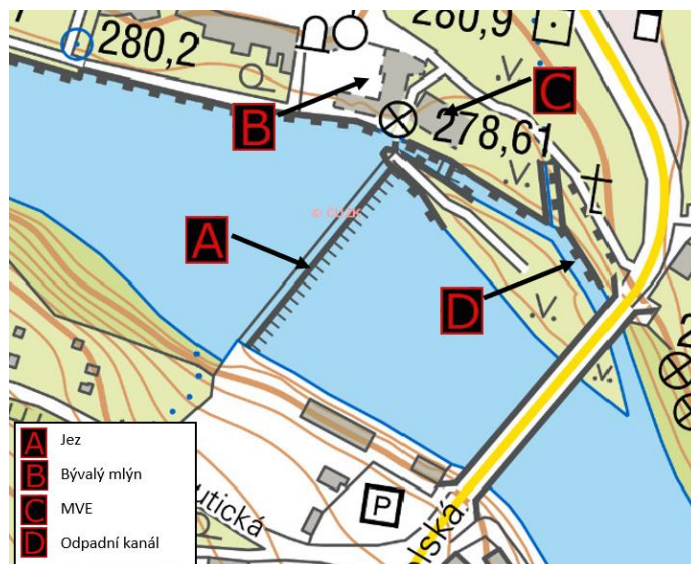
MVE Kadaň (jez Kadaň II)			
Říční kilometr	124,5	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	pův. Francis
Výška jezu	1,5 m	Spád MVE	1,4 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	5,3
Roční výroba [GWh]	0,173	Instalovaný výkon [kW]	110

Tabulka 3.27 MVE Kadaň (jez Kadaň II)

⁸⁷ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁸⁸ MVE Kadaň. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/301.html

⁸⁹ Steinkopfvův mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3555-steinkopfvu-mlyn>



Obrázek 3.26 MVE Kadaň⁹⁰

3.1.28 Jez Želina

Prvním vysokým jezem na dolním toku řeky Ohře je právě jez Želina, jenž se svým spádem 3,2 m představuje význačný potenciál pro vybudování vlastní MVE po pravém břehu řeky. Na levém břehu se nachází přivaděče pro nedalekou MVE Želina spadající pod divizi Tušimice. Jez je díky přítomnosti přivaděčů od 90. let minulého století betonový.^{91,92}

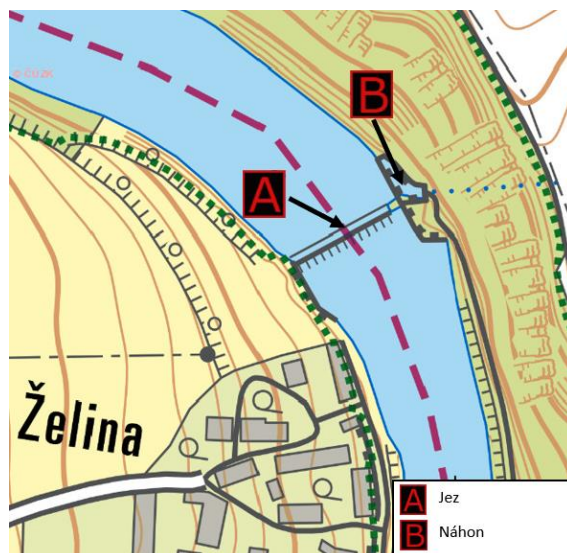
jez Želina	
Říční kilometr	122,7
Výška jezu	3,2 m

Tabulka 3.28 jez Želina

⁹⁰ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁹¹ MVE Želina. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/300.html

⁹² Jez Želina. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1904988&x=13.2925880&y=50.3655033&z=17>



Obrázek 3.27 jez Želina⁹³

3.1.29 MVE Želina

Historické VD pod záštitou skupiny ČEZ, a. s. bylo obnoveno roku 1995. Nachází se zde dvě Francisovy turbíny, ke kterým je voda přiváděna z nedalekého jezu Želina potrubím dlouhým 166 m. Dále jsou zde umístěné dvě vírové Francisovy turbíny násoskového provedení, přičemž tyto turbíny a jejich instalace jsou výsledkem spolupráce Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně a skupiny ČEZ, a. s. při vývoji a finální realizaci. Tyto turbíny byly v MVE realizovány v roce 2016 a i s jejich přičiněním dochází ke každoroční úspoře uhlí jinak nutné k výrobě elektřiny v nedalekých tepelných elektrárnách. Jen za období od roku 1995 do 2010 došlo k úspoře 34 400 tun uhlí.^{94,95,96}

MVE Želina			
Říční kilometr	122,1	Počet turbín	4
Typ elektrárny	Derivační	Typ turbín	Francis
Výška jezu	3,2 m	Spád MVE	5 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	16
Roční výroba [GWh]	2,097	Instalovaný výkon [kW]	630

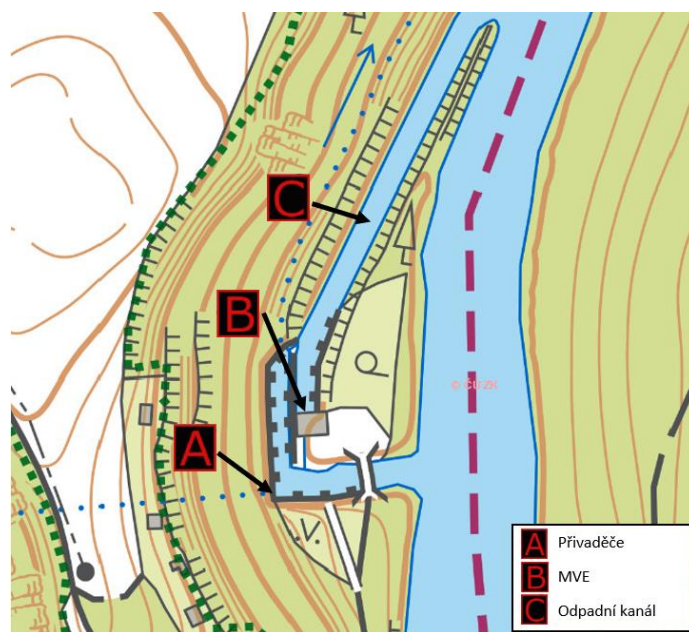
Tabulka 3.29 MVE Želina

⁹³ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁹⁴ Malá vodní elektrárna Želina, Obnovitelné zdroje. ČEZ, a. s. [online]. ©2022 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny/ceska-republika/zelina-58138>

⁹⁵ Unikátní český vynález – vírová turbína zahájila provoz na MVE Želina. NAŠE VODA. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/unikatni-cesky-vynalez-virova-turbina-zahajila-provoz-na-mve-zelina/>

⁹⁶ Malá vodní elektrárna Želina opět přispěla k ekologické výrobě elektřiny, v loňském roce ušetřila 1 888 tun uhlí, Obnovitelné zdroje. ČEZ, a. s. [online]. ©2011 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/mala-vodni-elektrarna-zelina-opet-prispela-k-ekologickevyrobe-elektriny-v-lonskem-roce-usetrila-1-888-tun-uhli-49503>



Obrázek 3.28 MVE Želina⁹⁷

3.1.30 Vodní nádrž Nechanice – MVE Nechanice

Poslední z trojice přehrad na Ohři je rovněž největším vodním dílem nacházejícím se na této řece. Masivní přehrada Nechanice byla zprovozněna v roce 1968 a s průměrnou hloubkou nádrže 21,5 m je jednou z největších VD v ČR vůbec.

Na výpusti přehrady je umístěná podle českých technických norem stále MVE Nechanice o instalovaném výkonu rovných 10 MW. Elektrárna je tvořena dvěma Kaplanovými turbínami a průměrně vyrobí ročně 63,445 GWh elektrické energie, což je suverénně nejvíce ze všech vodních děl na řece.^{98,99}

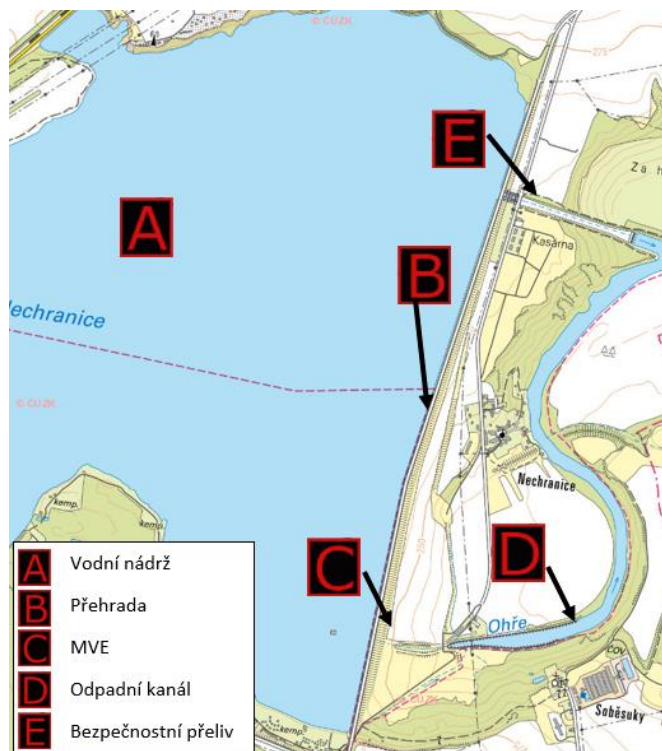
Vodní nádrž Nechanice - MVE Nechanice			
Říční kilometr	103.4	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Přehradová	Typ turbín	Kaplan
Umístění MVE	na přehradě	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	2 x 16
Spád MVE	záv. na vodě	Instalovaný výkon [kW]	10000
Roční výroba elektrické energie [GWh]		63,445	

Tabulka 3.30 Vodní nádrž Nechanice (MVE Nechanice)

⁹⁷ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

⁹⁸ Přehrada Nechanice. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/1167.html

⁹⁹ Přehrada Nechanice. Vodní dílo Nechanice. [online]. © 2019 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.poh.cz/vodni-dilo-nechanice/d-2598>



Obrázek 3.29 Vodní nádrž Nechranice - MVE Nechranice ¹⁰⁰

3.1.31 Jez Stranná

Na 99,2 řkm se rozprostírá jez Stranná, na jehož levém břehu se nachází vodojem a čerpací stanice Stranná. Realizace projektu byla zaštitována společností ABB s.r.o., jež se postarala o plnou automatizaci této stanice. Účelem tohoto zařízení je napájet průmyslový vodovod Nechranice vodou po provedení hrubé filtrace. Celková světlá výška přilehlého jezu činí necelé dva metry.^{101,102}

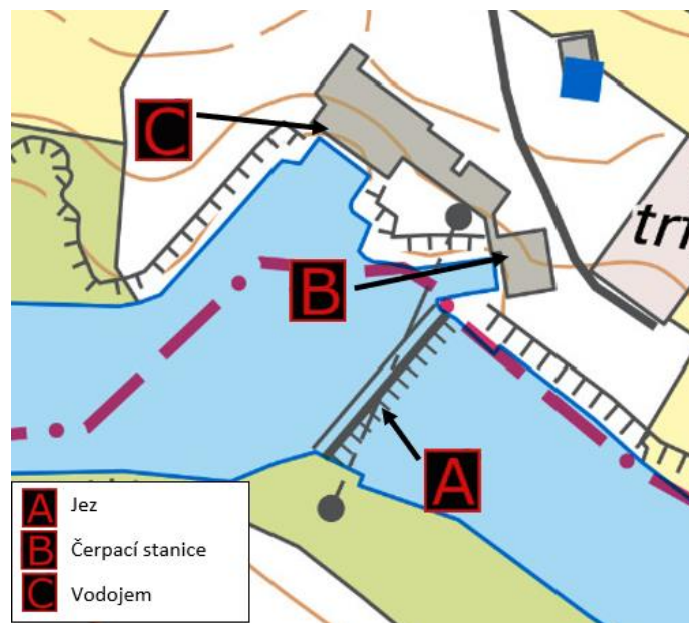
jez Stranná	
Říční kilometr	99,2
Výška jezu	2 m

Tabulka 3.31 jez Stranná

¹⁰⁰ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁰¹ Jez Stranná. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904991&x=13.4453550&y=50.3684801&z=18>

¹⁰² Čerpací stanice Stranná. ELEKTRO. [online]. FCC PUBLIC. [cit. 2022-10-19]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/cerpaci-stanice-stranna--14697>



Obrázek 3.30 jez Stranná¹⁰³

3.1.32 Jez Číňovský mlýn

V okrese Louny se nachází zbytky po Číňovském vodním mlýně, jenž disponoval odtokovým kanálem, vzdouvací stavbou a samotným jezem. Tyto stavby jsou stále funkční a je zde tedy možnost využití takto vybudovaného derivačního kanálu pro další energetické účely. Samotný spád jezu činí necelé 2 metry.^{104,105}

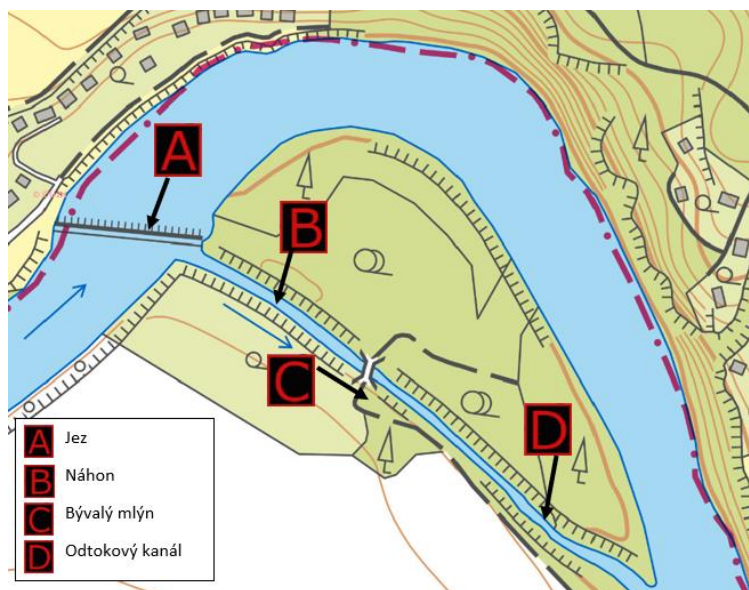
jez Číňovský mlýn	
Říční kilometr	98,4
Výška jezu	1,9 m

Tabulka 3.32 jez Číňovský mlýn

¹⁰³ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁰⁴ Číňovský mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2390-cinovsky-mlyn>

¹⁰⁵ Jez Číňovský mlýn. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904993&x=13.4536291&y=50.3681130&z=17>



Obrázek 3.31 jez Čířovský mlýn ¹⁰⁶

3.1.33 Jez Libočany – MVE Libočany

Další typickou MVE využívající spádu přilehlého jezu je právě ta nacházející se v Libočanech. Elektrárna je osazena dvěma turbínami typu Kaplan o celkovém instalovaném výkonu 672 kW a roční výrobou 3 179 MWh. Výrobní potenciál této malé vody je dostatečný do takové míry, že svou výrobou by dokázal zásobovat až 1 100 obyvatel po celý rok, tedy přibližně dvojnásobný počet osob trvale žijících v Libočanech. ^{107,108}

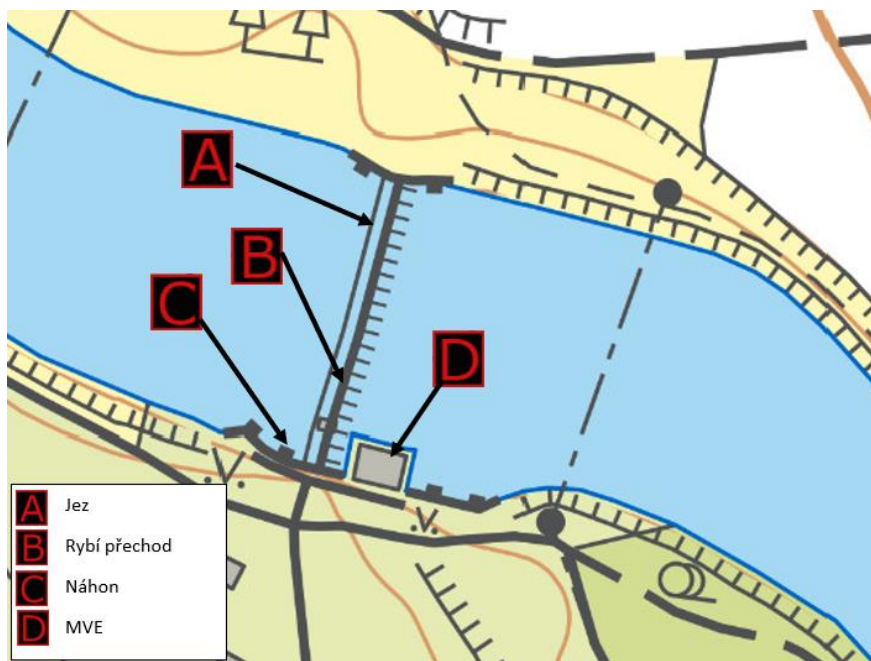
MVE Libočany (jez Libočany)			
Říční kilometr	90,9	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Semi - Kaplan
Výška jezu	2,21 m	Spád MVE	2,1 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	30
Roční výroba [GWh]	3,179	Instalovaný výkon [kW]	672

Tabulka 3.33 MVE Libočany (jez Libočany)

¹⁰⁶ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁰⁷ Počet obyvatel Libočany. Mistopisy.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/9301/libocany/pocet-obyvate/>

¹⁰⁸ MVE Libočany. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/299.html



Obrázek 3.32 MVE Libočany¹⁰⁹

3.1.34 Jez Žatec

Jez Žatec s jeho obrovským spádem činícím téměř 4 metry je dlouhou dobou předmětem sporů o výstavbu MVE. Důvodem ke změně územního plánu a zamezení výstavby jsou obavy z hluku a zápachu v důsledku provozu budoucí elektrárny. Celá situace je tedy nyní neřešitelná a využití takto vhodné lokality bude zřejmě ještě po nějakou dobu nemožné.^{110,111}

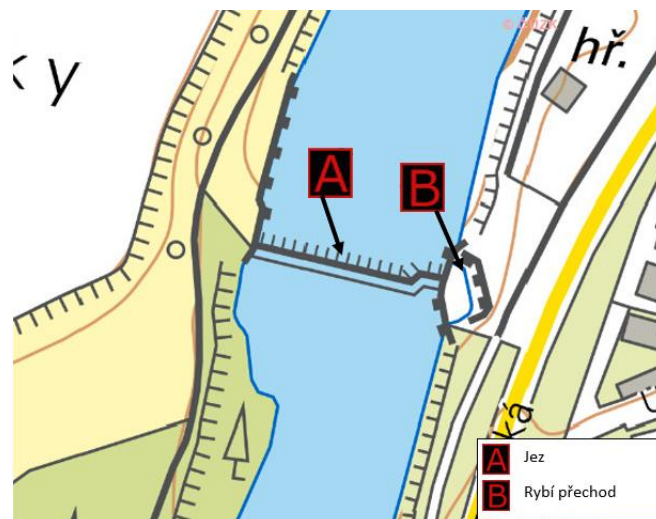
jez Žatec	
Říční kilometr	89,6
Výška jezu	3,5 m

Tabulka 3.34 jez Žatec

¹⁰⁹ Výřez z mapy a ČÚŽK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹¹⁰ Žatec se brání výstavbě vodní elektrárny. STRNADOVÁ, Miroslava. IDNES.cz [online]. © 2021 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/usti/zpravy/zatec-jez-ohre-vodni-elektrarna-landreal-uzemni-plan.A211102_095629_usti-zpravy_grr

¹¹¹ Jez Žatec. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904874&x=13.5319741&y=50.3295343&z=17>



Obrázek 3.33 jez Žatec¹¹²

3.1.35 Jez Mradice – MVE Mradice

Na 74. řkm se rozkládá další z mnoha pevných jezů s přidruženou MVE. Zdejší elektrárna se nachází na pravém břehu a voda je do ní derivována z koryta řeky. Výrobu zajišťuje jediná turbína s hltností až $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a instalovaným výkonem 125 kW. Kanál původně sloužil mlýnu na mletí mouky a jeho historie se táhne až do roku 1768, kdy byl mlýn pravděpodobně postavený.

Specialitou této lokality je turbína instalována v roce 2013. Nese název „Mixer“ a jedná se o jedinou doposud realizovanou instalaci v ČR. Účelem vývoje turbíny byla konkurence k současných vodním motorům specializovaná na využití nízkých spádů v lokalitách s konstantním průtokem vody. Konstrukce turbíny se podobá přímo proudým Kaplanovým turbínám, avšak na rozdíl od nich má Mixer více lopatek a oproti standardním Kaplanovým turbínám nejsou tyto lopatky natáčivé.^{113,114,115}

MVE Mradice (jez Mradice)			
Říční kilometr	74,4	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Mixer
Výška jezu	2,1 m	Spád MVE	1,85 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	12
Roční výroba [GWh]	0,339	Instalovaný výkon [kW]	125

Tabulka 3.35 MVE Mradice (jez Mradice)

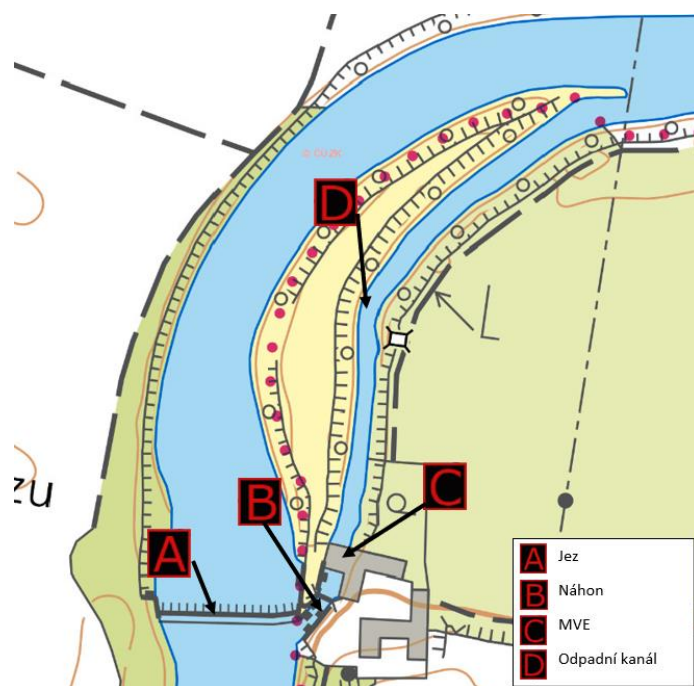
¹¹² Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹¹³ MVE Mradice. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/298.html

¹¹⁴ mlýn Mradice. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:

<https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2739-mlyn-mradice>

¹¹⁵ LITOSTROJ ENGINEERING. ŠTEGNER, Ladislav. [ústní sdělení] [cit. 2022-10-19]



Obrázek 3.34 MVE Mradice ¹¹⁶

3.1.36 Jez Březno – MVE Lenešice

Na levém břehu v zákrutí řeky se krčí MVE Lenešice využívající spádu přílehlého jezu Březno. Srdcem elektrárny jsou dvě turbíny o celkovém instalovaném výkonu 700 kW a celkové hltnosti $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Provoz tohoto VD byl zahájen teprve nedávno v roce 2014, přičemž náklady na výstavbu byly ve výši 88 milionů korun. Budova původního mlýna v Březně u Loun sloužila jako elektrárna již v roce 1930, kdy turbínou vybavená elektrárna dokázala dodávat elektrickou energii pro několik přilehlých obcí ^{117,118,119}

MVE Lenešice (jez Březno)			
Říční kilometr	63,5	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	1,9 m	Spád MVE	1,8 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	30
Roční výroba [GWh]	3	Instalovaný výkon [kW]	700

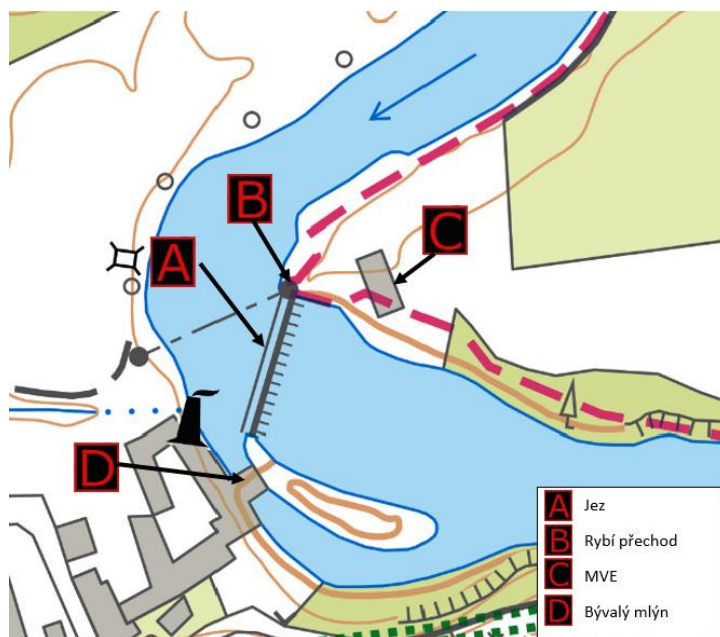
Tabulka 3.36 MVE Lenešice (jez Březno)

¹¹⁶ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹¹⁷ MVE Lenešice. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/297.html

¹¹⁸ U jezu v Březně byl zahájen provoz malé vodní elektrárny. KOUT, Jan. ŽATECKÝ A LOUNSKÝ deník.cz. [online]. © 2014 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://zatecky.denik.cz/zpravy_region/vodni_elektrarna_brezno_20140417.html

¹¹⁹ Mlýn v Březně u Loun. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/5518-mlyn-v-brezne-u-loun>



Obrázek 3.35 MVE Lenešice – Březno ¹²⁰

3.1.37 Jez Louny – MVE Louny

MVE uprostřed Loun by mohla jít vzorem nežádané výstavby MVE v Žatci. Turbína je umístěna ve strojovně přilehlé budovy bývalého vodního mlýna na levém břehu řeky a se svým ročním příspěvkem 378 MWh by dokázala bezpečně napájet až 130 domácností. Elektrárna pro svůj výkon využívá přilehlého jezu o výšce 1,85 m. Původní zmínka o zdejším vodním díle se datuje do roku 1469. Dalším význačným datem je rok 1895, kdy došlo k požáru a následnému přetransformování budovy. V roce 1930 zde byla provozována Francisova turbína o celkovém spádu 1,9 m a elektrárna je s touto turbínou v provozu dodnes. ^{121,122}

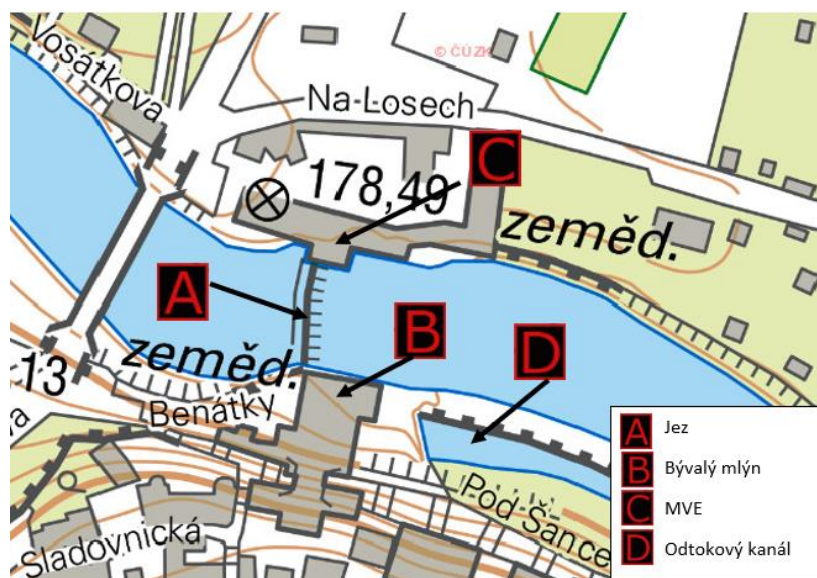
MVE Louny (jez Louny)			
Říční kilometr	54	Počet turbín	1
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Francis
Výška jezu	1,85 m	Spád MVE	1,85 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	9,6
Roční výroba [GWh]	0,378	Instalovaný výkon [kW]	160

Tabulka 3.37 MVE Louny (jez Louny)

¹²⁰ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹²¹ MVE Louny. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/296.html

¹²² Jiráskovy mlýny, mlýn Hasák, Hasáčert. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1275-jiraskovy-mlyny-mlyn-hasak-hasacert>



Obrázek 3.36 MVE Louny¹²³

3.1.38 Jez Vršovice – MVE Vršovice

Po levém břehu za zákrutou řeky se rozkládá budova se strojovnou obsahující dvě turbíny o instalovaném výkonu 190 kW každá. Přilehlý jez se svou výškou 2,2 m poskytuje dostatečný spád pro roční výrobu 1 000 MWh elektrické energie. Na současném místě MVE se původně rozkládal mlýn, jehož historie sahá až do období nástupu Habsburků k moci. V poválečném období došlo v letech 1964 až 1965 k automatizaci elektrárny.^{124,125}

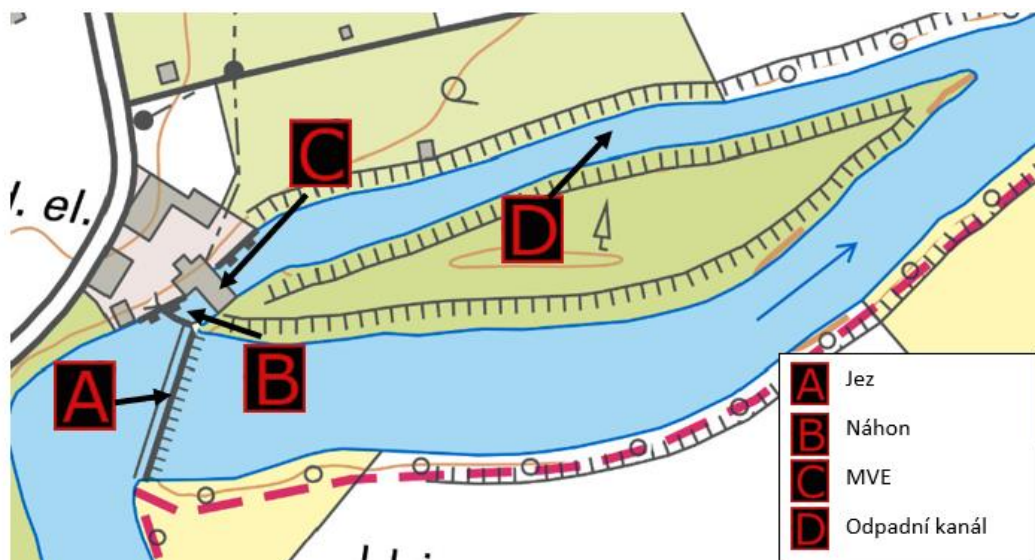
MVE Vršovice (jez Vršovice)			
Říční kilometr	47,8	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	pův. Francis
Výška jezu	2,2 m	Spád MVE	2,65 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín $m^3 \cdot s^{-1}$	28
Roční výroba [GWh]	0,999	Instalovaný výkon [kW]	380

Tabulka 3.38 MVE Vršovice (jez Vršovice)

¹²³ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹²⁴ MVE Vršovice. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/295.html

¹²⁵ Vršovický mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/5528-vrsovicky-mlyn>



Obrázek 3.37 MVE Vršovice ¹²⁶

3.1.39 Jez Pátek – MVE Pátek

Původní renesanční stavba z roku 1567 nacházející se na místě současné MVE byla roku 1915 zachváčena požárem. Tento fakt však nezabránil znovuobnovení vodního mlýna s několika původními ornamenty vyhořelé budovy a toto VD je i do současnosti v provozu. Pouze u mlýnu přibyla nová budova MVE Pátek, jenž rovněž využívá přilehlého klapkového jezu o výšce 2,8 metru. ^{127,128}

MVE Pátek (jez Pátek)			
Říční kilometr	36	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	2,82 m	Spád MVE	2,7 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	25,4
Roční výroba [GWh]	2,146	Instalovaný výkon [kW]	500

Tabulka 3.39 MVE Pátek (jez Pátek)

¹²⁶ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹²⁷ MVE Pátek. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/294.html

¹²⁸ mlýn v Pátku. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3334-mlyn-v-patku>



Obrázek 3.38 MVE Pátek¹²⁹

3.1.40 Jez Košnice – MVE Košnice

Lokalita bývalého vodního mlýna se 440 letou historií využívající derivaci vody v současnosti hostí na přilehlém jezu moderní MVE Košnice. Historický pohon až šesti vodních kol vyrábějících elektrickou energii k pohonu pekárny nyní nahradily dvě Francisovy turbíny o celkovém instalovaném výkonu 121 kW. K technologickému zázemí tohoto vodního areálu patří i turbínová kašna, jež posílá vodu na oběžná kola turbín o hltnosti $14,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Roční produkce elektrické energie činí 700 MWh.^{130,131,132}

MVE Košnice (jez Košnice)			
Říční kilometr	32,5	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	pův. Francis
Výška jezu	1,5 m	Spád MVE	1,5 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	14,4
Roční výroba [GWh]	0,7	Instalovaný výkon [kW]	121

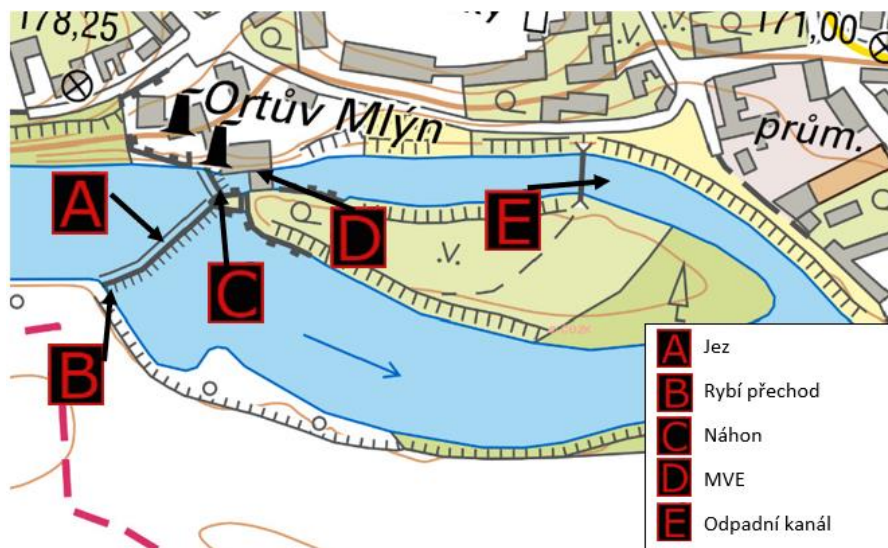
Tabulka 3.40 MVE Košnice (jez Košnice)

¹²⁹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹³⁰ MVE Košnice. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/293.html

¹³¹ Koštický mlýn. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3332-kosticky-mlyn>

¹³² Mlýn starý 440 let byl zcela zdevastovaný. Josef Kindl mu vrátil život. KOTRBOVÁ, Martina, MF DNES. IDNES.cz [online]. © 2018 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/bydleni/rekonstrukce/rekonstrukce-mlyn-zachrana-mlyna-vodni-mlyn-vodni-elektrarna-pamatka.A180627_112904_rekonstrukce_web



Obrázek 3.39 MVE Koštica¹³³

3.1.41 Jez Křesín – MVE Křesín

Při přesunu do Litoměřického okresu narazíme na vodní mlýn s instalovanou MVE v jednom. Mlýn s názvem L. Klíma mlýny Křesín se nachází na levém břehu řeky u přilehlého jezu. Součástí mlýna je i stále aktivní mlýniště. Prvotní zmínky o budově mlýna na opačném břehu se datují do roku 1526, kdy mlýn spadl pod vládu pánů na Šebíně.

V období první světové války došlo prvně k vybudování přístavku pro umístění parního stroje pro pohon při vysokém stavu vody. Následně byla pomocí pořízeného dynama v roce 1917 vyráběna a rozvedena elektrická energie po celé obci.

V současnosti je strojovna MVE lokalizována na levém břehu Ohře a pomocí svých dvou Francisových turbín vyrábí ročně až 953 MWh elektrické energie. Každá z turbín disponuje instalovaným výkonem 85 kW a s výrobou by dokázaly zásobovat každoročně až 400 domácností přidružených obcí. Toto VD se nedávno zapsalo do historie i po své negativní stránce, jelikož dostalo pokutu za nedodržení minimálního zůstatkového průtoku (MZP). Pokuta byla uložena Českou inspekcí životního prostředí (ČIŽP) ve výši 50 000 Kč.^{134,135,136}

¹³³ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

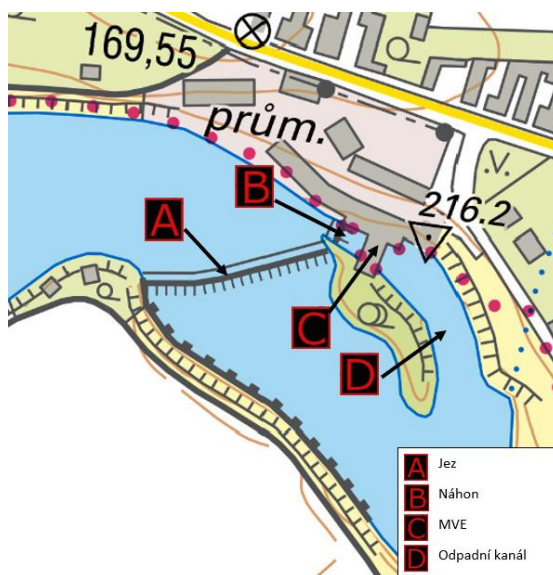
¹³⁴ MVE Křesín. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/292.html

¹³⁵ L. Klíma mlýny Křesín. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1274-l-klima-mlyny-kresin>

¹³⁶ Malá vodní elektrárna v Křesíně dostala rekordní pokutu. Nebylo dost vody. BALVÍN, Jaroslav Deník.cz. [online]. ©2018 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/mala-vodni-elektrarna-v-kresine-dostala-rekordni-pokutu-nebylo-dost-vody-20181130.html>

MVE Křesín (jez Křesín)			
Říční kilometr	29,1	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Francis
Výška jezu	2 m	Spád MVE	2,35 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	14,5
Roční výroba [GWh]	0,953	Instalovaný výkon [kW]	170

Tabulka 3.41 MVE Křesín (jez Křesín)



Obrázek 3.40 MVE Křesín¹³⁷

3.1.42 Jez Libochovice – MVE Libochovice

Historie tohoto mlýna jakožto i téměř všech dalších na dolním toku Ohře sahá až k nástupu Habsburků na český trůn. Mlýn sloužil svému účelu přibližně 300 let než došlo ke zrušení mlynářské živnosti a zániku mlýnu samotného. Na původním místě byla postavena MVE Libochovice, jež využívá plný dvou metrový spád jezu svými dvěma Kaplankami.^{138,139}

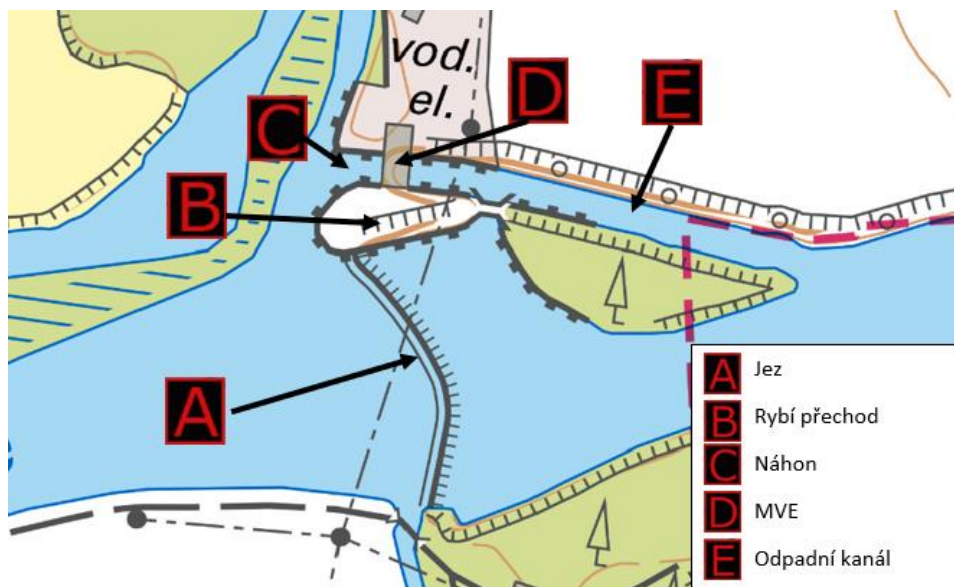
MVE Libochovice (jez Libochovice)			
Říční kilometr	22,3	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	2,0	Spád MVE	2,6 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	25,4
Roční výroba [GWh]	2,321	Instalovaný výkon [kW]	500

Tabulka 3.42 MVE Libochovice (jez Libochovice)

¹³⁷ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹³⁸ MVE Libochovice. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/291.html

¹³⁹ mlýn v Libochovicích. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2393-mlyn-v-libochovicich>



Obrázek 3.41 MVE Libochovice¹⁴⁰

3.1.43 Jez Hostěnice

V centru obce Hostěnice se nachází zpevněný jez Hostěnice s výškou spádu 2.5 m. Těsně před samotným jezem začíná v levé části řeky náhon a derivační kanál vedoucí napříč Hostěnicemi až do Obce Brozany nad Ohří. Tato lokalita patří mezi vytipovaná místa na výstavbu MVE, avšak projekty se zde nesetkaly s kladnou odezvou.^{141,142}

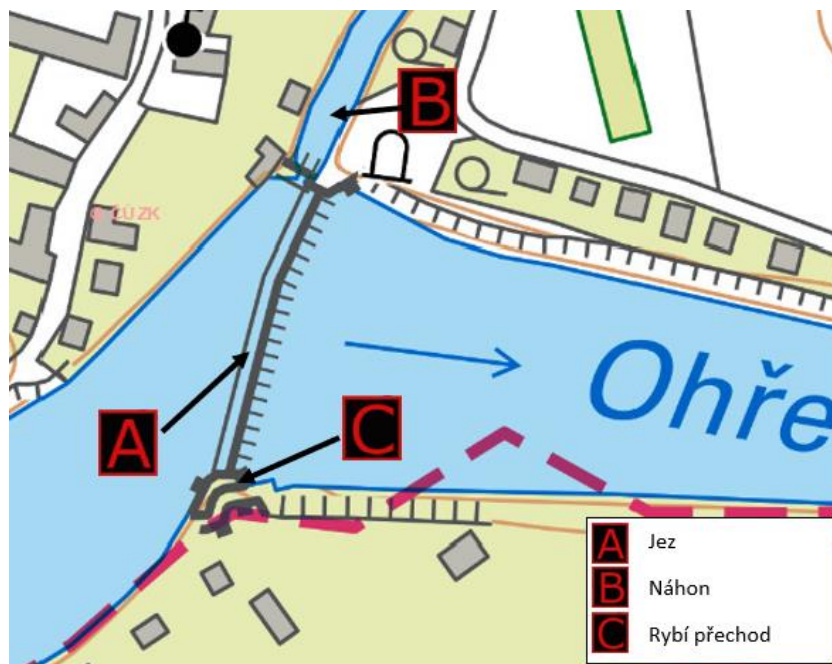
jez Hostěnice	
Říční kilometr	13,8
Výška jezu	2,5 m

Tabulka 3.43 jez Hostěnice

¹⁴⁰ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁴¹ Ne, ne, ne zaznívá elektrárně ze strany Píšť i Hostěnic. Deník.cz [online]. ©2014 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ustecky-kraj/ne-ne-ne-zazniva-elektrarne-ze-strany-pistu-i-hostenic-20140206-bkaz-eoyz.html>

¹⁴² Jez Brozany. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904891&x=14.1446098&y=50.4520348&z=16>



Obrázek 3.42 jez Hostěnice ¹⁴³

3.1.44 MVE Brozany

Hodně specifickou MVE je jedna z posledních na Ohři vůbec. Elektrárna je osazena dvěma turbínami typu Semi – Kaplan o celkovém výkonu 38 kW, jež jsou umístěny v budově bývalého mlýna. Hodně velkou zvláštností zde je, že turbíny pracují s poměrně obstojným spádem činicím 2,15 m, avšak voda je zde přiváděna derivačním kanálem o délce téměř 3 km. Z těchto hodnot je patrné, že voda proudící na turbíny nedosahuje příliš velkého průtoku a s hltností turbín $1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se jedná o malý zdroj elektrické energie. ^{144,145}

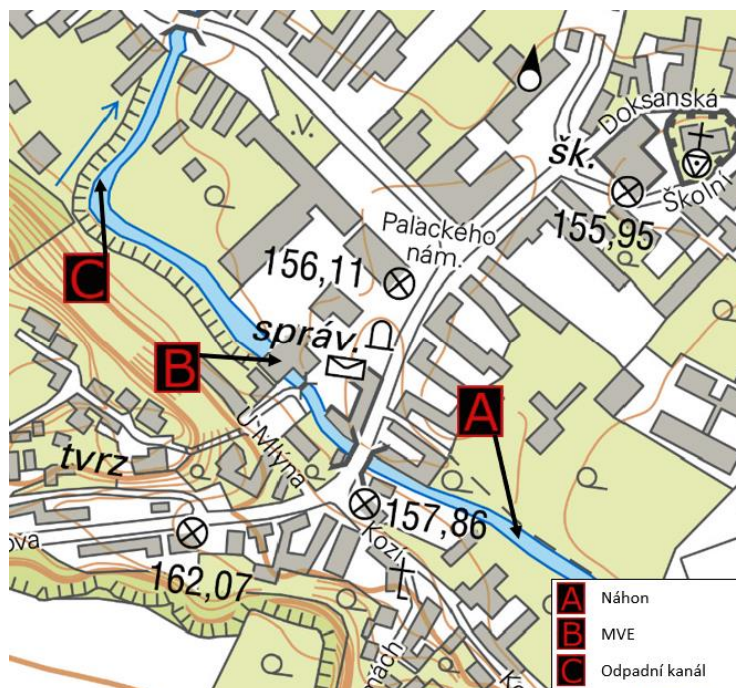
MVE Brozany			
Říční kilometr	13,2	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Derivační	Typ turbín	Semi - Kaplan
Výška jezu	2,5 m	Spád MVE	2,15 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	1,3
Roční výroba [GWh]	0,093	Instalovaný výkon [kW]	38

Tabulka 3.44 MVE Brozany

¹⁴³ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁴⁴ MVE Brozany. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/290.html

¹⁴⁵ mlýn Brozany. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1505-mlyn-brozany>



Obrázek 3.43 MVE Brozany ¹⁴⁶

3.1.45 Jez Doksany – MVE Doksany

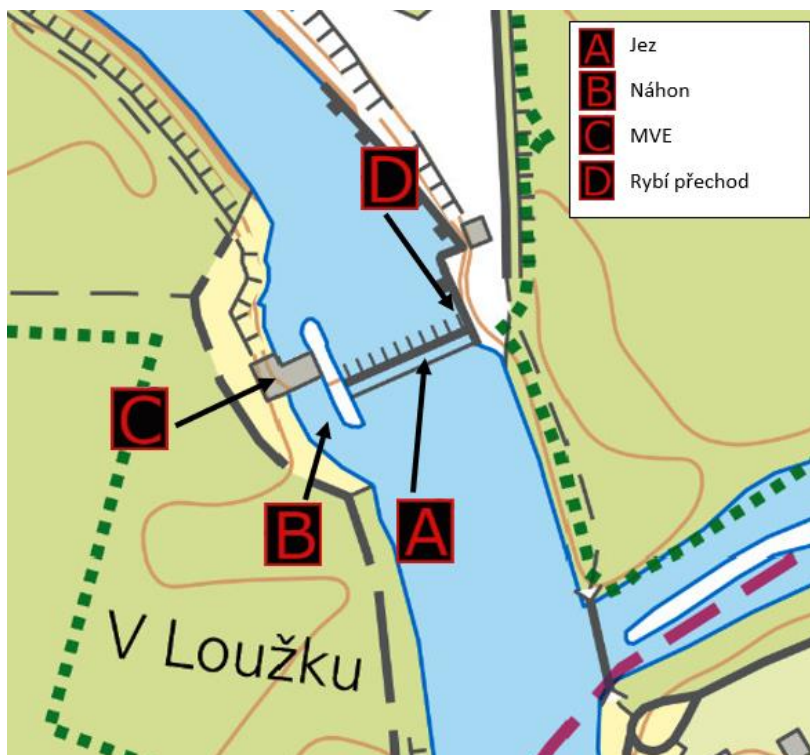
Jedním z posledních velkých zdrojů elektrické energie před vléváním Ohře do Labe je stěžejní MVE Doksany. Ve strojovně se nachází dvojice Kaplanových turbín s potenciálem roční výroby až 2 733 MWh, což dokáže pokrýt spotřebu přibližně 1 000 domácností. ¹⁴⁷

MVE Doksany (jez Doksany)			
Říční kilometr	10,3	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	Kaplan
Výška jezu	3,1 m	Spád MVE	6 m
Umístění MVE	levý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	14,7
Roční výroba [GWh]	2,733	Instalovaný výkon [kW]	500

Tabulka 3.45 MVE Doksany (jez Doksany)

¹⁴⁶ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁴⁷ MVE Doksany. TV-Adams.wz.cz. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/289.html



Obrázek 3.44 MVE Doksany¹⁴⁸

3.1.46 MVE Doksanský mlýn

Nedaleko ležící MVE Doksany se v pravém rameni řeky Ohře nachází jeden z nejstarších vodních mlýnů v Čechách. Jeho počátky se datují do poloviny 12. století spolu se založením přidruženého kláštera. V 19. století proběhla přestavba Doksanského mlýna do umělecké podoby, přičemž tehdy mechaniku mlýna pohánělo 6 vodních kol. Veškeré zařízení mlýna bylo odstraněno roku 1982 a o 15 let později došlo k rekonstrukci budovy a rozšíření o vlastní MVE Doksanský mlýn.^{149,150}

MVE Doksanský mlýn			
Říční kilometr	10,1	Počet turbín	2
Typ elektrárny	Jezová	Typ turbín	1 x Francis, 1 x Kaplan
Výška jezu	3,1 m	Spád MVE	3,2 m
Umístění MVE	pravý břeh	Hltnost turbín [$m^3 \cdot s^{-1}$]	3
Roční výroba [GWh]	0,700	Instalovaný výkon [kW]	110

Tabulka 3.46 Doksanský mlýn

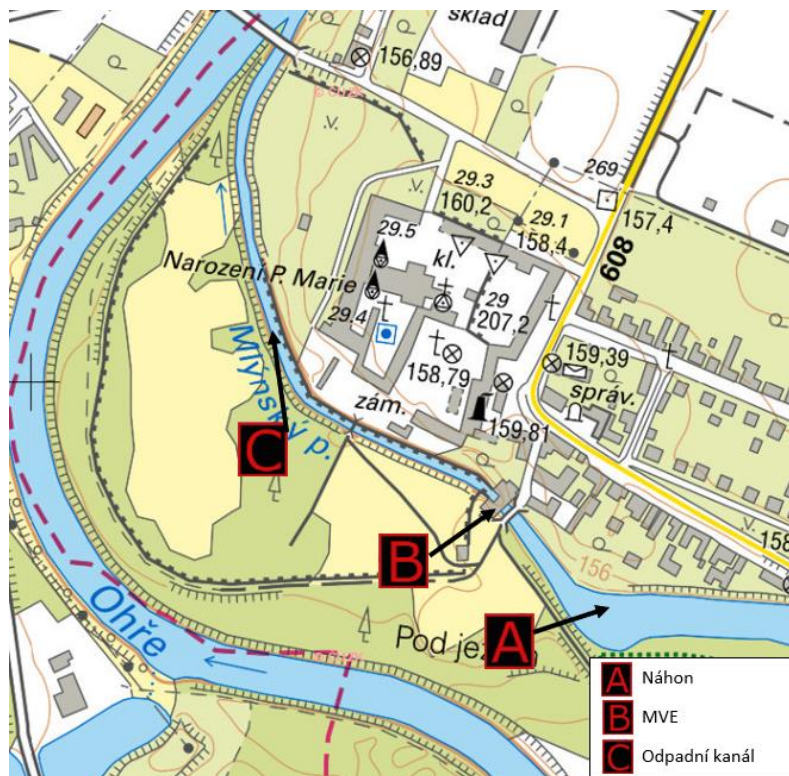
¹⁴⁸ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁴⁹ Doksanský mlýn. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:

<https://mapy.cz/turisticka?q=Doksany&source=base&id=2463323&ds=2&x=14.1587397&y=50.4521049&z=16>

¹⁵⁰ mlýn Doksany. Vodnimlyny.cz. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:

<https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1504-mlyn-doksany>



Obrázek 3.45 Doksanský mlýn ¹⁵¹

3.1.47 Jez Terežín

Posledním jezem na řece Ohře je jez na 2,7. řkm nacházející se v Terežíně. Po levém břehu řeky se nachází rybí přechod a jez není vybavený žádnou propustí. Se spádovou výškou 2,6 m zde již v minulosti byly snahy o využití tohoto hydropotenciálu, přičemž touto tematikou se podrobněji zabývaly dvě diplomové práce studentů ČVUT v Praze.^{152,153,154}

jez Terežín	
Říční kilometr	2,7
Výška jezu	2,6 m

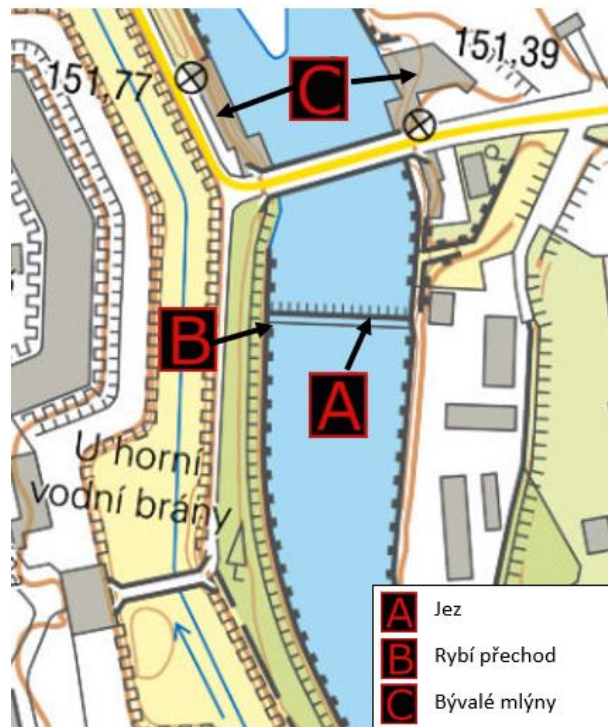
Tabulka 3.47 jez Terežín

¹⁵¹ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

¹⁵² PONOŘENÁ MVE TEREŽÍN V LEVÉM JEZOVÉM POLI - KONCEPT, 3D MODEL, TISK: Bakalářská práce. BUREŠOVÁ, Klára. ČVUT DSpace. [online]. © 2019 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/79525>

¹⁵³ NÁVRH BŘEHOVÉ MVE TEREŽÍN S VYUŽITÍ TECHNOLOGIE "DIVE-TURBINE": Diplomová práce. VODRÁŽKOVÁ, Lucie. ČVUT DSpace [online]. © 2019 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/8099>

¹⁵⁴ Jez Terežín. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905046&x=14.1559511&y=50.5114660&z=17>



Obrázek 3.46 jez Terežín¹⁵⁵

3.2 Analytický pohled na Ohři

Na dlouhém toku řeky Ohře nalézáme rozmanité spektrum vodních děl od klasických jezů pevného provedení, klapkové jezy i jeden hradicí vakový jez přidružený k MVE Jindřichov. Celkový počet jezů na samotném toku je v současnosti 44, přičemž 61 % z nich je využito pro výrobu elektrické energie v podobě přidruženého VD. Na části ze zbylých 17 jezů probíhá nebo v posledních 15 letech proběhla studie zaměřující se na využití tohoto hydropotenciálu, z nichž například jez Radošov nacházející se na 158. řkm má výrazně nakročeno k realizaci výstavby.

V dalších případech, jakožto jez Žatec, Terežín a Dubina a Hostěnice avšak nedošlo ke shodě s místními obyvateli, potažmo projekty výstavby podle Ministerstva životního prostředí (MŽP) příliš ohrožovaly VKP Ohře a přidružený ekosystém. Zbylé jezové stavby jsou do spádové výšky jednoho metru a povětšinou by vyžadovaly dodatečné náklady na vybudování infrastruktury a zpevnění samotného jezu. Tento hydropotenciál je, avšak stále k dispozici a například u jezu Královské Poříčí by bylo možné spojit potřebu elektrické energie z vodního zdroje s přílehlou chemickou továrnou.

¹⁵⁵ Výřez z mapy a ČÚZK. Upraveno autorem práce 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>

Využívaný hydropotenciál Ohře aktuálně disponuje 25 MVE, přičemž tři z těchto VD jsou umístěné v tělese přehrad vodních nádrží Skalka, Kadaň a Nechanice. Celá polovina zbylých elektráren je lokalizována na spodním toku řeky v Ústeckém kraji, kde průměrný spád MVE přesahuje hranici 2,5 m. Zbylá VD jsou rozmístěná po celém toku mezi přehradami a většinou sdílí svou lokalitu s historickým osazením vodního mlýna.

Převažují zde provedení elektrárny jezového typu, kterých je zde 16. Dále se vyskytuje 6 lokalit derivačního provedení MVE a 3 přehradové. Právě elektrárny umístěné na přehradě dosahují svého optimálního objemového průtoku prakticky celoročně a lze je tedy provozovat výrazně déle v roce nežli MVE jiného provedení, které se řídí nekonstantním průtokem vody.

Z hlediska turbín zde narážíme na nekonvenční a unikátní provedení hned v několika VD. Převažují zde Kaplanovy turbíny (27) z nichž 7 instalovaných spadá do skupiny Semi – Kaplan. Dále zde najdeme klasické Francisovy turbíny v celkovém zastoupení 17, přičemž 5 těchto turbín je z původních vodních mlýnů, které byly povětšinou předělávány v roce 1930. Specifickou instalaci turbín v podobě 2 vírových Francisových turbín násoskového provedení mají v historické budově MVE Želina. Turbína vyústila v realizaci spoluprací FSI VUT Brno a společnosti ČEZ, a. s. Poslední instalovanou turbínou je v Česku unikátní turbína nesoucí název Mixér. Turbína je instalována v MVE Mradice a svým konceptem představuje vhodný způsob využití vodní energie při očekávaném konstantním objemovém průtoku vody.

Celkový instalovaný výkon turbín na řece Ohři činí 19,768 MW s průměrnou roční výrobou elektrické energie 102,618 GWh.

3.2.1 Budoucnost hydroenergetiky na Ohři

Jak vidno, hydropotenciál této řeky je z velké části využíván, avšak nejedná se o vyčerpaný zdroj. Při správné optimalizaci a modernizaci déle sloužících MVE je možné relativně levně navýšit výrobu elektrické energie bez významnějšího omezení ze strany veřejnosti. Do této kategorie lze rovněž zařadit obnovu původních VD, které nebyly pohlceny při tvorbě přehrad.

Poslední z možností je přepracování projektů na již plánované jezy, jelikož se výše zmíněná VD nenachází v CHKO, lze tuto alternativu při úzké spolupráci s dotčenými orgány vzít v potaz a dotáhnout ke zdárnému konci.

4 Výstavba vodního díla

Z výše popsaných lokalit na vodním toku lze zrealizovat obnovu, potažmo realizovat projekty výstavby MVE na mnoha lokalitách. Pro účel rozšíření hydroenergetického potenciálu jsem se rozhodl pro obnovení VD na jezu Číňovský mlýn, jež je k dnešnímu datu zaniklé.

4.1 Popis lokality

Původní budova vodního mlýna pojmenovaného po nedaleké obci Číňov se rozkládá na uměle zbudovaném vodním kanále na jezu Číňovský mlýn na rkm 98,4. Samotný mlýn je v neprovoznoschopném stavu a z přidružených budov zůstalo pouze několik stěn. Náhon a derivační kanál přivádějící vodu k bývalému mlýnu je však stále funkční.¹⁵⁶

Samotný jez disponuje spádem necelé dva metry a není nijak zvlášť upraven. Po levé straně břehu se nachází chatařská oblast obce Stranná. Na pravém břehu řeky Ohře se nalézají travnatý porost a zemědělská půda. Přístupová cesta k bývalému mlýnu je možná přes vesnici Číňov a následně prostřednictvím zemědělsky užívaných komunikací.

Vzhledem k tomu, že kanál původně sloužil pouze pro pohon dvou vodních kol se spádovou výškou 1 m a relativně nízkým průtokem, bude nutné provést náležité úpravy derivačního kanálu, jezu a náhonu pro realizaci MVE. Derivační kanál disponuje v nejširším místě šířkou 9,9 m a na délku měří 400 m.

4.1.1 Vlastnické poměry

Výstavba MVE v této lokalitě se dotkne zejména zemědělské půdy v povodí, jež nabývá charakteru trvalého travního porostu, ovocného sadu a orné půdy. Samotný zásah se zde dotkne zejména soukromých vlastníků s vlastnickými právy na uměle vytvořený kanál a jeho příslušné pozemky. Další zapojenou stranou bude státní podnik Povodí Ohře spravující jez a vodní plochu k němu příslušnou. Veškeré dotčené pozemky spadají pod katastrální území Číňov [614912], obce Nové Sedlo [566519].¹⁵⁷

¹⁵⁶ Jez Číňovský mlýn. Mapy turistika. [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904993&x=13.4536291&y=50.3681130&z=17>

¹⁵⁷ Nahližení do katastru nemovitostí. Cuzk.cz [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz>

Dotčenými objekty jsou parcely č. 687 a 688/2, jež tvoří koryto derivačního a odtokového kanálu. Dále pozemky č. 132/3, 172/4, 177 a 174/2 spadající do kategorie trvalého travního porostu a ovocného sadu, jež lemují odtokový kanál.¹⁵⁸

Parcela s označením st.31 nese charakter využití jako zásobíště a nachází se v oblasti bývalého vodního mlýna, přičemž je zde aktuálně z několika kmenů vytvořená dřevěná lávka k přechodu na druhý břeh kanálu. V neposlední řadě je pozemek 688/1 na spodní straně derivačního kanálu a pozemky spojené s jezem, přičemž vlastníkem je státní podnik Povodí Ohře.¹⁵⁹

4.2 Vodoměrné stanice profilu

Jednou z esenciálních hodnot, kterou je nutné znát pro vhodné navržení samotné MVE a přidružených komponent, je průměrný průtok vody v roce na uvažované lokalitě VD. Pro nej přesnější odhady je adekvátní sledovat přímo konkrétní lokalitu po dobu mnoha let, avšak pro dostatečně dobrou aproximaci lze využít odečtů vodoměrných stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a historických dat v profilu daného toku.

Tok Ohře disponuje dohromady 7 vodoměrnými stanicemi, které měří průměrný denní průtok v konkrétním úseku a sbírají tyto data pro možnost budoucích analýz a vývoje vodního toku. Z přístupných lokalit vodoměrných stanic je v mém případě adekvátní zvolit pro porovnání charakter průtoku vody mezi vodoměrnou stanicí Stranná a stanicí v Žatci.

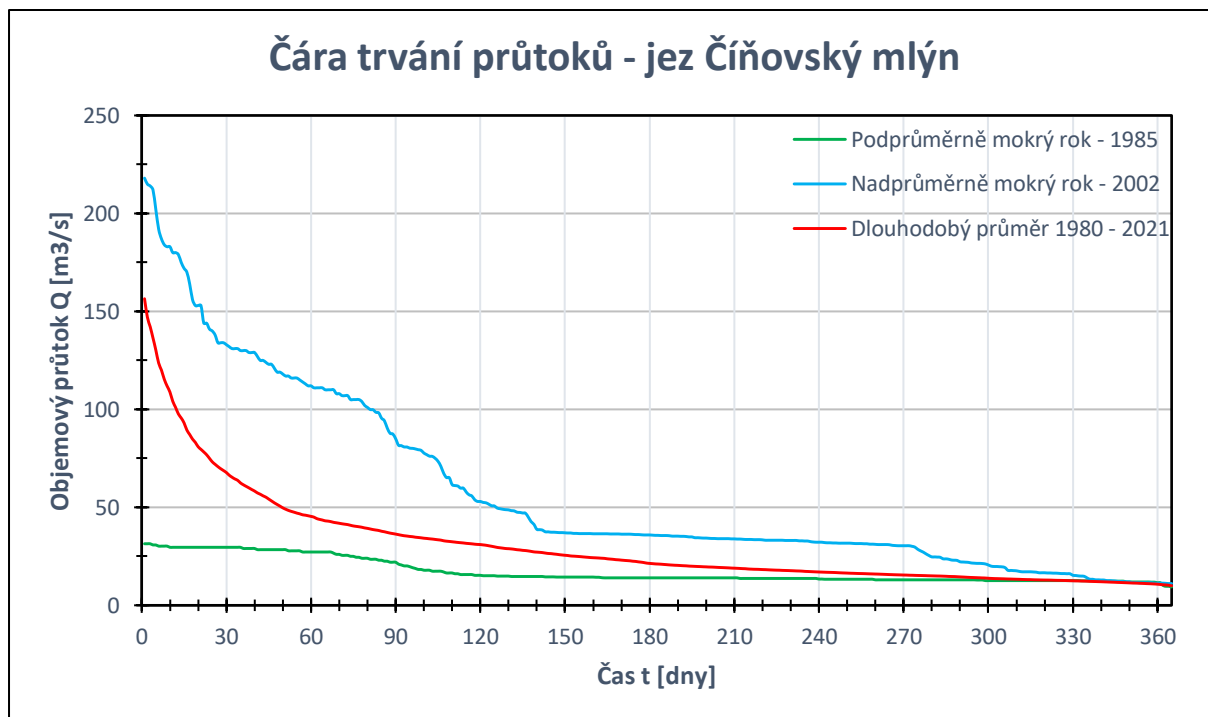
První zmíněná stanice Stranná leží 500 m nad kýženým jezem, avšak historická data z této stanice se vztahují pouze na rok 2017. Z toho důvodu bude vycházeno zejména z dat vodoměrné stanice Žatec. Tato stanice leží na 88,5 řkm, tedy 10 km pod ústím odtokového kanálu.¹⁶⁰

4.2.1 Čára trvání průtoků – jez Číňovský mlýn

Z načerpaných dat a jejich interpretace lze sestavit graf čáry trvání průtoků. Hlavní pointou tvorby grafu je přehledné zobrazení rozložení očekávaných objemových průtoků vody v roce a jeho optimální využití. V grafu je zanesen průměrný objemový průtok za celou dobu měření a rovněž dva roky nejvíce vymykající se svým průběhem, nadprůměrně mokrá a podprůměrně mokrá rok.

¹⁵⁸ Nahlížení do katastru nemovitostí. Cuzk.cz [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://nahliznidokn.cuzk.cz>

¹⁵⁹ Tamtéž



Obrázek 4.1 Grafické zobrazení čáry trvání průtoků ¹⁶¹

4.2.2 Minimální zůstatkový průtok

Z výše předpokládaného denního průtoku jezem je nezbytné zaplatit pomyslnou daň v podobě zachování hygienického MZP. Důvodem pro zajištění minimálního průtoku v korytu řeky je zachování určitých, alespoň minimální podmínek, kdy nedochází k narušení ekosystému živočichů a rostlin, potažmo řeky samotné.

MZP je upraven vodním zákonem dle § 36 zákona číslo 254/2001 Sb. – *Zákon o vodách a o změně některých zákonů*, přičemž způsob stanoveného měření a určení hladiny MZP stanovuje vodoprávní úřad v příslušnými kompetencemi. ¹⁶² Vlastní výpočet MZP vychází z normy ČSN 75 2601 *Malé vodní elektrárny – Základní požadavky*. V následujícím výpočtu bude využito právě této normy.

¹⁶¹ Denní data dle zákona 123/1998 Sb. Portál ČHMÚ [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z:

https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb. Zpracováno autorem

¹⁶² Ministerstvo životního prostředí: Platná právní norma [online]. © 2008–2022 [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=20F9C15060CAD3AEC1256AE30038D05C&action=openDocument>

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

Tabulka 4.1 Standardy MZP dle ČSN 75 2601¹⁶³

Pro náš případ je klíčovým vztah pro objemový průtok vody Q na velkých tocích, tedy celkový objemový průtok Q_{355d} dosahuje nad hranici $Q > 5,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Příslušným vztahem k určení MZP je:

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

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

Q_{nd} je n -denní objemový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$].¹⁶⁴

Dosazením příslušných hodnot $Q_{355d} = 11,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $Q_{364d} = 10,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nám vyjde konkrétní hodnota zůstatkového průtoku:

$$Q_{MZP} = (11,45 + 10,50) \cdot 0,5 = 10,95 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

¹⁶³ ČSN 75 2601. Malé vodní elektrárny – Základní požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2010. Str. 11.

¹⁶⁴ Tamtéž

4.3 Hydroenergetický potenciál lokality

Základem využití hydroenergetického potenciálu je mít alespoň rámcový odhad potenciálního výkonu dané lokality při očekávaném využití turbín. Základním nástrojem pro tento odhad teoreticky využitelného hydropotenciálu popisuje následující vztah:

$$P_{id} = k_T \cdot Q_T \cdot H_b, \quad (2)$$

kde P_{id} je potenciální výkon MVE v uvažovaném místě [kW],

k_T je součinitel pro nízkotlaké turbíny [-],

Q_T je objemový průtok vody turbínou [$m^3 \cdot s^{-1}$],

H_b je celkový spád daný rozdílem hladin [m].¹⁶⁵

Pro konkrétnější výpočet je nutné zavést předpoklad, že na derivačním kanálu takto velkého vodního toku bude realizována turbína největších možných rozměrů, přičemž součinitel pro nízkotlaké turbíny s rozměry oběžného kola D nad 0,5 m činí $k_T = 8$.¹⁶⁶

Spád daný rozdílem hladin v této lokalitě přibližně odpovídá výšce jezu, tedy 1,9 m. Posledním neznámým parametrem je předpokládaný denní průtok turbínou Q_T , jež bude stanoven z níže.

K určení posledního požadovaného parametru je nutné provést analýzu reálně využitelného vodního toku turbínou. Analýza vyplývá ze sledování denních objemových průtoků na konkrétním profilu řeky. Specificky v našich podmínkách se pro MVE uvažuje překročení denních průtoků v rozmezí Q_{90} až Q_{120} .¹⁶⁷

Z grafického zobrazení čáry trvání průtoků pro průměrný objemový tok historických dat nyní určíme Q_{Tn} , tedy objemový průtok za určitý počet dní po úpravě o MZP. Motivací k získání

¹⁶⁵ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.24

¹⁶⁶ Tamtéž

¹⁶⁷ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 66

tohoto parametru je samozřejmě maximalizace potenciální výroby elektrické energie v obvyklém rozpětí $Q_{90} - Q_{120}$,¹⁶⁸ jež je popsána následujícím vztahem:

$$W_e = k_T \cdot H_T \cdot t_n \cdot Q_{Tn}, \quad (3)$$

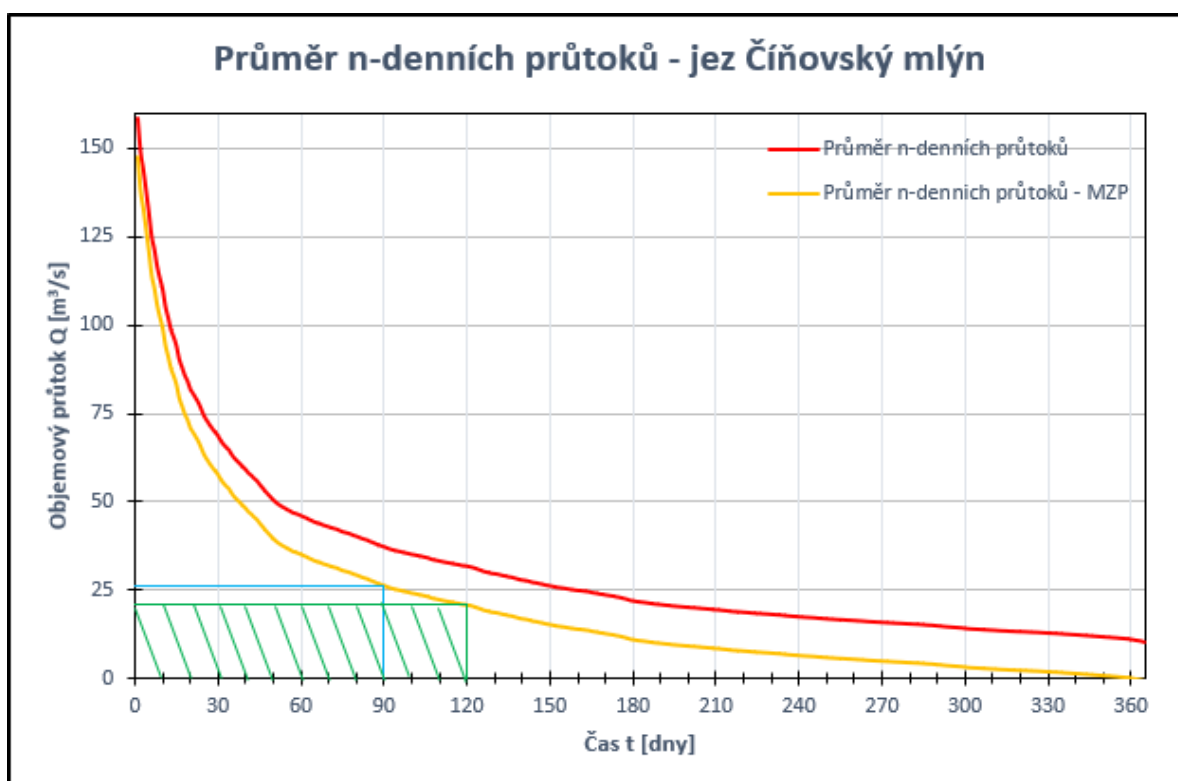
kde W je očekávaný objem vyrobené energie za dané období [kWh],

k_T je součinitel pro nízkotlaké turbíny [-],

H_T je spád turbíny [m],

t_n je počet hodin odpovídající n -dnům maximálního výkonu MVE [hod]

Q_{Tn} je n -denní objemový průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$].



Obrázek 4.2 Grafické zobrazení n -denních průtoků (odečet n -denních průtoků)¹⁶⁹

Z analyzování dat vychází hodnota největšího obsahu pod křivkou, respektive maximum očekávané výroby energie v tomto rozmezí pro průtok $Q_{120} = 20,8 m^3 \cdot s^{-1}$. Dosazením

¹⁶⁸ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 32

¹⁶⁹ Denní data dle zákona 123/1998 Sb. Portál ČHMÚ [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb. Zpracováno autorem

tohoto objemového průtoku do rovnice (2) určíme celkovou hodnotu teoretického výkonového potenciálu MVE na uvažovaném místě. Po dosažení

$$P_{id} = 8 \cdot 20,3 \cdot 1,9 = 316,09 \text{ kW}.$$

Tento výkon je samozřejmě orientační, jelikož ve svém výpočtu nezahrnuje žádné ztráty a předpokládá stabilní hodnoty zahrnutých parametrů. Poskytuje však již názornější pohled na problematiku zpracování vodní energie a později může být srovnán s reálnými hodnotami.

4.4 Turbíny

Srdcem každé MVE je přirozeně turbína, jež převádí energii vody prostřednictvím lopatek oběžného kola na hřídel s osazeným generátorem. Osazení lokality optimálním vodním motorem rovněž vede k ideálnímu využití vodního toku a co možná nejvíce efektivní výrobě elektrické energie.

Vývoj vodních motorů byl koneckonců motivován zlepšením provozních vlastních vůči původnímu vodnímu kolu. Zejména se bavíme o navýšení počtu otáček, rozšíření působnosti výroby energie na jezy s rozmanitější výškou spádu a s tím související průtok. Zásadním krokem vpřed bylo rovněž navýšení účinnosti oproti vodním kolům.¹⁷⁰

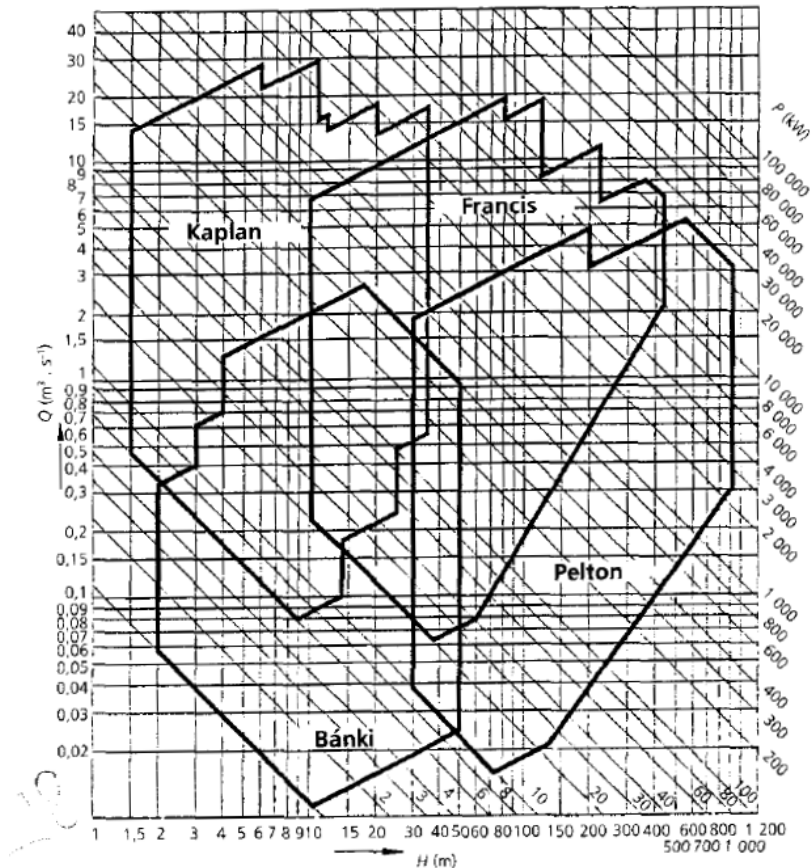
Esenciálními údaji pro návržení parametrů turbíny je průtok turbínou Q_T , respektive jmenovitý průtok, a užitný spád turbíny. Předpokládaný průtok turbínou MVE je odvozen od průměrného denního toku řeky v roce, přičemž každá turbína disponuje svou maximální hltností, podle níž je nutno uzpůsobit konstrukci turbíny nebo objem protékané vody MVE. Obecně platí, že jmenovitý průtok turbínou je dán užitným spádem turbíny a jmenovitými otáčkami.¹⁷¹

Pro tento partikulární případ plánuji vzhledem k charakteru toku instalovat turbíny reakční, jimiž předními kandidáty z kategorie jsou turbíny Kaplanovy a Francisovy. Očekávaný průměrný průtok $Q_{120} = 20,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je poměrně významný. Značné důležitosti rovněž nabíjí vzdouvací stavba, jež aktuálně dosahuje spádu 1,9 m. Rozdílová výška mezi spádem jezu a koncem derivačního kanálu činí dodatečných 30 cm, které lze využít. Proto budu dále ve své práci uvažovat možnost navýšení vzdouvací stavby až na konečných 2,2 m.

¹⁷⁰ Volně podle: HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.153

¹⁷¹ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0. Str.35

Pro konkrétní rozhodování při výběru typu turbín nám práci usnadní pracovních diagram turbín, jenž znázorňuje pracovní oblast jednotlivých turbín v závislosti na průtoku a užitém spádu turbíny.



Obrázek 4.3 Pracovní diagram turbín ¹⁷²

Jak vidno, relativně nízký spád i po náležité úpravě vzdouvací stavby a derivačního kanálu zasahuje s příslušným průtokem pouze do oblasti Kaplanovy turbíny. Návrh méně než tři vodních motorů není nijak výrazně legislativně ovlivněn z hlediska nároků na identické provedení turbín, proto zde budu uvažovat rozložení výkonu 1:1 a rozložení 2:1 v podobě jedné velké a jedné malé turbíny. Dále budu uvažovat instalaci jedné turbíny o maximální hltnosti návrhového průtoku MVE.

Uvažovaná varianta rozdělení výkonů turbínou 1:1 počítá s rovnoměrným rozdělením průtoku mezi oba vodní motory s celkovou maximální hodnotou $Q_{T11} = 10,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pro každou turbínu. Pro uspořádání turbín větší – menší je porce objemového toku rozdělena 2:1, tedy

¹⁷² DUŠIČKA Peter, Pavel GABRIEL, Tomáš HODÁK, František ČIHÁK a Peter ŠULEK. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY. 2003. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN ISBN 80-88905-4s-1. Str. 118

$Q_{T21} = 13,86 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pro větší z motorů a pro menší turbínou $Q_{T22} = 6,93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jak již bylo zmíněno, poslední alternativa uvažuje turbínu o maximální hltnosti $Q_{T31} = 20,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

4.4.1 Účinnost a hltnost turbín

S každou přeměnou energie z jednoho druhu na jiný jsou neodmyslitelně spojené ztráty, respektive účinnost přeměny. V turbíně hlavní položku ztrát energie z vody způsobují hydraulické ztráty na přivaděči (česle, kanál, uzávěry) a dále se část energie ztrácí v samotné turbíně s definovanou účinností přeměny.¹⁷³

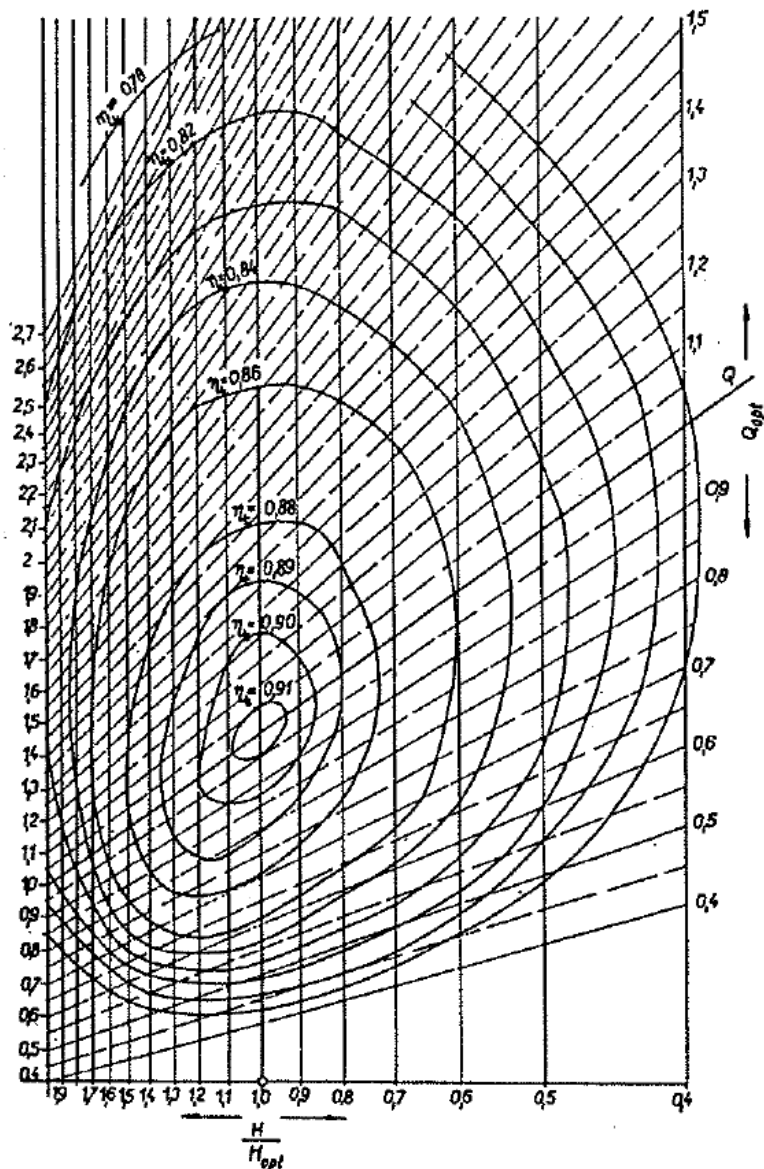
Účinnost přeměny je závislá na konstrukci turbíny a bývá dále specifikovaná výrobcem. Pro rámcový odhad je však možné využít univerzální charakteristiku příslušné turbíny, která stanovuje účinnost v závislosti na průtoku turbínou a očekávaném spádu.

Pro zjednodušení je v tomto modelu počítáno se zachováním konstantní výšky spádu, tedy poměr mezi návrhovým a skutečným spádem při proměnném průtoku vody turbínou je 1. K určení poměru mezi reálným a optimálním průtokem již bude postupováno komplexněji.

Z předchozích výpočtů byly stanoveny hltnosti jednotlivých turbín. Aby byla zajištěna mechanická funkčnost turbíny a nehrozilo její poškození, stanovuje se minimální průtok přes turbínu. V tomto případě musí turbínou protékat alespoň 25 % z její celkové hltnosti, jinak dojde k odstavení vodního motoru a přestaneme vyrábět elektrickou energii. Průtok, jež nedosahuje tohoto minimálního plnění se nazývá jalový.¹⁷⁴

¹⁷³ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0. Str.59

¹⁷⁴ DUŠIČKA Peter, Pavel GABRIEL, Tomáš HODÁK, František ČIHÁK a Peter ŠULEK. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY. 2003. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN ISBN 80-88905-4s-1. Str. 40 až 41



Obrázek 4.4 Univerzální charakteristika Kaplanovy turbíny ¹⁷⁵

Za využití stanovených předpokladů, tedy že turbínou protéká nejvýše $\frac{Q}{Q_{max}} = 1$ a spád je v závislosti na průtoku neměnný, lze stanovit hraniční meze účinnosti Kaplanovy turbíny z univerzální charakteristiky.

4.4.2 Výkon předaný na hřídel

V kapitole hydroenergetického potenciálu lokality byl stanoven odhad maximálního ziskatelného výkonu z vodního toku bez jakékoliv znalostí parametrů turbín. Po nabytí těchto

¹⁷⁵ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 69

vědomostí je nutné provést preciznější výpočet, jenž stanoví reálný výkon pro možné využití generátorem na hřídeli. Vztah je následující:

$$P_T = g \cdot Q_T \cdot H_T \cdot \eta_T, \quad (4)$$

kde P_T je výkon na hřídel turbíny uvažovaného VD [kW],

g je tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],

Q_T je objemový průtok vody turbínou [$m^3 \cdot s^{-1}$],

H_T je čistý spád turbíny [m],

η_T je účinnost turbíny [-].¹⁷⁶

Účinnost pro maximální průtok turbínou je pro jednotlivé varianty odečítán z charakteristiky Kaplanovy turbíny. Spád MVE bude vzat již po úpravě na hodnotu 2,2 m a tíhové zrychlení pro příslušný region činí $9,81 m \cdot s^{-2}$. Výpočet pro rozložení turbín na dvě stejné je následující:

$$P_{T1} = 9,81 \cdot 10,40 \cdot 2,2 \cdot 0,85 = 190,74 kW.$$

Celkový výkon na hřídeli první varianty je tedy $P_1 = 2 \cdot P_{T1} = 381,48 kW$. Výsledný výkon turbín v provedení 2:1 je identický s výkonem P_1 , přičemž rozdělení výkonu mezi turbíny je $P_{T21} = 248,34 kW$ a $P_{T22} = 119,68 kW$. Instalace jedné Kaplanovy turbíny přináší potenciální výkon na hřídeli turbíny $P_{T31} = 359,04 kW$.

Na tyto hodnoty je dobré cílit při vhodné volbě turbíny z hlediska instalovaného výkonu, zde budou uvažovány turbíny s instalovanými výkony 150 kW, 210 kW, 250 kW a 400 kW.

4.4.3 Doba provozu turbín

Každá z turbín má svou vlastní kritickou hranici, za níž nelze turbínu provozovat bez rizika poškození, potažmo se její chod nevyplatí z ekonomického hlediska. Základem k určení této hodnoty je výpočet střední hodnoty výkonů turbín z maximální a minimální hodnoty výkonu podle rovnice:¹⁷⁷

¹⁷⁶ DUŠIČKA Peter, Pavel GABRIEL, Tomáš HODÁK, František ČIHÁK a Peter ŠULEK. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY. 2003. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 80-88905-4s-1. Str. 38

¹⁷⁷ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 69

$$P_{stř} = \frac{(P_{max} + P_{min})}{2}, \quad (5)$$

kde $P_{stř}$ je střední roční výkon [kW],

P_{max} je maximální výkon turbíny [kW],

P_{min} je minimální výkon turbíny [kW].

Prostřednictvím středního výkonu lze dále určit dobu ročního využití instalovaného výkonu podle:

$$M = \frac{P_{stř} \cdot t_r}{P_{inst}}, \quad (6)$$

kde M je doba využití maxima [hod],

$P_{stř}$ je střední roční výkon [kW],

t_r je počet hodin za rok [hod],

P_{inst} je instalovaný výkon MVE [kW].¹⁷⁸

Uvažované varianty	Rozložení výkonů turbín	Značení turbín	Výkon na hřídel P_{max} [kW]	Výkon na hřídel P_{min} [kW]	Instalovaný výkon P_{inst} [kW]	Doba využití maxima T_{max} [hod]	Doba ročního provozu T_p [hod]
1	1:1	T11	190,74	47,69	210	5 475	7 464
		T12	190,74	47,69	210		
2	2:1	T21	248,34	63,58	250	5 515	7 992
		T22	119,68	31,79	150		
3	1	T31	359,04	95,37	400	5 543	6 312

Tabulka 4.2 Výkonové a časové hodnoty variant turbín

Varianta označená číslem 1 uvažuje instalaci dvou Kaplanových turbín o hltnosti rovnoměrně rozložené mezi oba motory. Obě soustrojí mají stejný instalovaný výkon a potřebné převody a generátory jsou rovněž identické.

¹⁷⁸ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 69

Pod variantou 2 se rovněž skrývají dvě Kaplanovy turbíny, avšak jejich poměrné rozložení hltnosti 2:1 znamená, že jedna turbína je navrhována zejména na vyšší průtoky v roce, zatímco menší vodní motor je uvažován pro téměř nepřetržitý provoz.

Poslední varianta označuje instalaci jedné Kaplanovy turbíny o maximální možné hltnosti pro tuto lokalitu. Tento motor má nejkratší dobu provozu v roce, avšak díky své mohutné hltnosti $20,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dokáže výkonově konkurovat předchozím variantám zejména v nadměrně mokřích rocích.

4.4.4 Jmenovité otáčky turbín

Podstatným parametrem, jež nám v podstatě stanoví podmínky instalace generátoru s příslušným převodem, je právě otázka jmenovitých otáček. Pro MVE se uvažují soustrojí o širokém rozpětí otáček od 53 až do 1500 min^{-1} , přičemž nízké otáčky nejsou příliš žádoucí kvůli instalaci komplikovaných převodů do rychla, jež jsou spojené se ztrátami a vyššími pořizovacími náklady na MVE. Naopak příliš vysoké otáčky působí rizikově z hlediska vypadnutí generátoru a výraznému navýšení průběžných otáček turbíny.¹⁷⁹

Pro hrubý výpočet jmenovitých otáček se využívá vztahu:

$$n = 1,166 \cdot \frac{n_s \cdot H_T \cdot \sqrt[4]{H_T}}{\sqrt{P_T}}, \quad (7)$$

kde n jsou jmenovité otáčky turbíny [min^{-1}],

n_s jsou specifické otáčky turbíny [min^{-1}],

H_T je čistý spád turbíny [m],

P_T je výkon na hřídel turbíny [kW].

Specifické otáčky turbín představují charakteristický rys, jenž reprezentuje vlastnosti turbíny bez ohledu na její typ. Pro výpočet bude využito vytyčeného rozmezí specifických otáček Kaplanovy turbíny, jež je na intervalu $\langle 300; 1000 \rangle$ otáček za minutu.¹⁸⁰

¹⁷⁹ Volně podle: HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.26

¹⁸⁰ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str. 27

Při uvažování konstantní spádové výšky MVE při daném výkonu získáváme v daném rozpětí specifických otáček turbíny příslušné jmenovité otáčky. Otáčky se snažíme zvolit tak, aby výsledná hodnota byla co nejbližší jmenovitým otáčkám generátoru a vyžadovala pokud možno co nejméně komplikovaný přechod do rychla. Z důvodu neohrožení turbín kavitací budu uvažovat specifické otáčky 900 min^{-1} , tedy otáčky s dostatečnou rezervou v případě navýšení spádu MVE na kritickou hranici.¹⁸¹

Po dosazení do (7) budou jmenovité otáčky turbíny z první varianty rovné:

$$n_{11} = 1,166 \cdot \frac{900 \cdot 2,2 \cdot \sqrt[4]{2,2}}{\sqrt{190,74}} = 204 \text{ min}^{-1}.$$

Jmenovité otáčky druhé soustavy jsou $n_{21} = 178 \text{ min}^{-1}$ a $n_{22} = 257 \text{ min}^{-1}$. Třetí turbína má jmenovité otáčky $n_{31} = 148 \text{ min}^{-1}$.

4.5 Generátor

Základním elektromechanickým prvkem zajišťující výrobu elektrické energie je právě generátor. Jedná se o točivé stroje přeměňující mechanickou energii z hřídele na elektřinu.¹⁸² Vzhledem k proporcím plánované MVE bude zapotřebí zajistit třífázové generátory spadající do vysokonapěťové kategorie, jejichž konkrétní hodnoty výkonů budou odpovídat alespoň hodnotám instalovaného výkonu konkrétní turbíny.

Pro MVE využívající axiálních turbín s celkovým instalovaným výkonem do 2000 kW se téměř výhradně využívají asynchronní generátory s otáčkami 1000 min^{-1} , tedy stroje o šesti pólech. Tyto stroje jsou obecně levnější než synchronní generátory, ale jejich hlavní nevýhodou je odběr jalové energie ze sítě, jež musí být kompenzována.¹⁸³

4.5.1 Otáčky generátoru

Obecně sice platí, že se při instalaci generátorů do MVE využívá generátorů se synchronními otáčkami 1000 min^{-1} .¹⁸⁴ V tomto případě je ale možnost přiblížit otáčky turbíny vůči otáčkám generátorů za použití více pólového stroje a tedy snížit požadavky na nutný převodový poměr. Z toho důvodu bude využito generátorů o osmi pólech a otáčkách motoru 750 min^{-1} .

¹⁸¹ Tamtéž

¹⁸² GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 244

¹⁸³ MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0. Str. 168

¹⁸⁴ Tamtéž

Asynchronní motor sám o sobě nedosahuje synchronních otáček a jeho jmenovité otáčky jsou mírně nižší. Tento rozdíl většinou činí 2 %, tedy jmenovité otáčky asynchronního motoru nabývají hodnoty 735 min^{-1} . Pro provoz asynchronního motoru v režimu generátoru, tedy výroby elektrické energie, je nutné provozovat asynchronní motor nad synchronními otáčkami. Hodnota těchto otáček pro zvolený generátor dosahuje 765 min^{-1} . Na tuto hodnotu je nutné zvolit adekvátní převodový poměr.¹⁸⁵

4.5.2 Jmenovitý výkon generátoru

Podobně jako transformátory i generátory jsou dimenzovány na určitou mez, aby byly zachovány jejich optimální vlastnosti v provozu a nedošlo k jejich poškození. Obecně bezpečnou hodnotou pro nepřetížení generátoru je provozovat jej maximálně na 90 % jmenovité hodnoty výkonu.

Pro výpočet jmenovitého výkonu generátoru ošetřený o tuto hranici využijeme následujícího vztahu:

$$P_G \cdot 0,9 = P_T \cdot \eta_p \quad (8)$$

kde P_G je jmenovitý výkon generátoru [kW]

P_T je výkon na hřídel turbíny [kW]

η_p je účinnost převodů [-]

Pro předběžný výpočet lze vzít předpoklad, že současné mnohé moderní převody dosahují vysoké účinnosti v rozpětí 95 až 98 %¹⁸⁶ zejména v důsledku eliminace prokluzů na hřídeli.

4.5.3 Účinnost generátorů

Pro účinnost platí obdobné pravidlo jako u turbín, a to čím větší stroj, tím větší účinnost. Hodnota účinnosti pro asynchronní motory v generátorovém chodu takto velkých zařízení se pohybují okolo 90 až 96 %. U varianty 1 bude uvažována účinnost přeměny za ideálních

¹⁸⁵ KOBRLE, Pavel. Přednášky a semináře předmětů Základy elektrických strojů a přístrojů B1B13ZSP a Základy elektrických pohonů B1B14ZPO na FEL ČVUT v Praze, 2021 a2022

¹⁸⁶ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.188 až 191

podmínek u obou strojů 94 % a pro druhé rozpoložení budou účinnost 92 % a 95 %. U generátoru o instalovaném výkonu nad 400 kW se očekává vysoká účinnost až 96 %.

4.6 Převody

Kritickým článkem zajišťující přenos mezi pomaluběžnou turbínou a relativně rychloběžným asynchronním generátorem je právě převodová soustava. Situace pro přímé propojení těchto dvou strojů je díky značnému rozdílu rychlostí téměř nemožná. Vzhledem k důležitosti této komponenty jsou na převody kladené značné požadavky, mezi nimiž figuruje spolehlivost, vysoká účinnost přenosu, dlouhá doba životnosti a minimální nároky na prostor a údržbu.¹⁸⁷

4.6.1 Účinnost převodů

Tradičním provedením převodů je převodovka s ozubenými soukolími. Předními vlastnostmi tohoto typu převodu je možnost vyvedení výkonu přes ozubená kola svírající až 90°. Nevýhodou se může zdát relativně nízký poměr převodu 1:10 bez nutnosti použití vícestupňové převodovky, avšak problémem je drasticky klesající účinnost při opotřebení z 98 % na 80 %.¹⁸⁸

V duchu jednoduchosti připadá v úvahu převod pomocí řemene, jež dokáže přenášet výkony okolo 3 MW. Nejrozšířenějším zástupcem této kategorie je plochý převodový řemen, jež dokáže přenášet výkony až 500 kW s účinností 97 %, přičemž jediné ztráty jsou zaviněny výhradně proklouznutím na hřídeli. Jediným omezením tohoto převodu je maximální obvodová rychlost řemene, jež činí $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.¹⁸⁹

Nejmodernější způsob převodu do rychla je v současnosti kombinace dvou výše popsaných technologií, tedy ozubený řemen. Dokáže přenášet výkon až 300 kW na hřídeli a se svou účinností 99 % se jedná o téměř bezztrátové zařízení.¹⁹⁰

4.6.2 Převod turbína - generátor

Potřebná hodnota převodů mezi turbínou a generátorem vychází z poměru rychlosti otáčení turbínových strojů a generátorů na stejné hřídeli, konkrétně rovnicí:

¹⁸⁷ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.186

¹⁸⁸ DUŠIČKA Peter, Pavel GABRIEL, Tomáš HODÁK, František ČIHÁK a Peter ŠULEK. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY. 2003. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN ISBN 80-88905-4s-1. Str. 109

¹⁸⁹ DUŠIČKA Peter, Pavel GABRIEL, Tomáš HODÁK, František ČIHÁK a Peter ŠULEK. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY. 2003. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN ISBN 80-88905-4s-1. Str. 110

¹⁹⁰ HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4. Str.190

$$p_{T-G} = \frac{n_G}{n_T} \quad (9)$$

kde p_{T-G} je převodový poměr turbína – generátor [-],

n_G jsou otáčky generátoru [min^{-1}],

n_T jsou jmenovité otáčky turbíny [min^{-1}].

Dosazením do (9) získáváme převodový poměr pro turbíny T11 a T12 roven hodnotě $p_{T-G11} = 3,75$. Pro Turbínu T21 činí poměr $p_{T-G21} = 4,30$ a u T22 je hodnota $p_{T-G22} = 2,98$. Pro variantu tři je převodní poměr větší než 5, což sice stále splňuje parametry pro použití řemenového převodu, avšak je zde již riziko rychlého opotřebení a poškození. Z toho důvodu je lepší uvažovat převod přes ozubená kola.

4.7 Transformátory

Transformátor je známý příklad netočivého stroje, který převádí jedno střídavé napětí na jiné při zachování totožné frekvence. Velikost změny napětí je dána převodem mezi vstupní hodnotou napětí na primární části vůči výstupní hodnotě napětí na sekundární části. Samotná přeměna se neobejde bez ztrát, přičemž okamžitá hodnota dosahující 99 % není zcela průkazná, jelikož transformátor bude v průběhu roku provozován i s minimálním přenosem, potažmo naprázdno.¹⁹¹

Při instalaci všech variant provedení MVE je uvažována instalace malých jednofázových transformátorů pro ovládací a měřicí obvody. Tyto transformátory jsou suchého provedení a vesměs chlazené vzduchem. Hlavními výstupními transformátory jsou třífázové stroje o větším výkonu. Chlazení u těchto zařízení již probíhá pomocí transformátorového oleje.¹⁹²

¹⁹¹ GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1. Str. 256 až 257

¹⁹² Tamtéž

4.8 Výkon na výstupu z MVE

Výkonem na výstupu MVE se rozumí výkon, jež naměříme na svorkách generátorů, tedy ve výpočtu nejsou zahrnuté ztráty způsobené transformací elektrické energii v transformátorech, nýbrž čistě výroba z vodního toku zahrnující úbytky na turbíně, převodech a generátoru. Vztah popisující tuto skutečnost je:

$$P_{MVE} = \sum_{i=1}^k P_{ti} \cdot \eta_{T-Gi} \cdot \eta_{Gi} \quad (10)$$

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

P_{ti} je výkon na hřídeli turbíny [kW],

η_{T-Gi} je účinnost převodu turbína – generátor [-],

η_{Gi} je účinnost generátoru [-],

k je celkový počet soustrojí [-],

i je číselný index soustrojí [-].

Dosazením získáme výkon $P_{MVE1} = 2 \cdot (190,74 \cdot 0,97 \cdot 0,94) = 2 \cdot 173,92 = 347,8 \text{ kW}$ pro první uvažované provedení. U druhé varianty je použito dvou různých turbín, proto je nutné výpočet poupravit na $P_{MVE2} = (248,34 \cdot 0,97 \cdot 0,95) + (119,68 \cdot 0,97 \cdot 0,92) = 335,7 \text{ kW}$. Nejnižší výkon vykazuje poslední soustrojí $P_{MVE1} = 327,5 \text{ kW}$.

4.9 Očekávaná výroba elektrické energie

Předpokládanou výrobu elektrické energie lze určit pomocí integrálních počtů. Konkrétně u malých vod se výpočet dělí na tři části reprezentující období maximální využitelnosti toku, kdy MVE generuje maximální možný výkon po omezený počet dní. Dále je zde období poklesu, kdy výkon v závislosti na čase klesá kvůli snižujícímu se průtoku. Poslední období z ročního cyklu je reprezentováno integrálem s nulovým příspěvkem, jelikož došlo k poklesu průtoku pod hranici, kde se již nevyplatí, potažmo není možno vyrábět elektrickou energii kvůli zachování MZP. Předpis této funkce je:

$$W = \int_0^{365} P_{MVE}(t) dt = \int_0^{t_1} W_1 dt + \int_{t_1}^{t_2} W_2 dt + \int_{t_2}^{365} 0 dt \quad (11)$$

kde W je celková vyrobená energie MVE [kW],

P_{MVE} je celkový výkon MVE [kW],

- $P_{MVE}(t)$ je celkový výkon MVE v závislosti na čase [kW],
- W_1 je vyrobená energie při maximálním výkonu MVE [kW],
- W_2 je vyrobená energie při poklesu maximálního výkonu MVE [kW],
- t_1 je doba, kdy MVE pracuje s maximální výkonem [hod],
- t_2 je doba, kdy MVE pracuje s klesajícím maximálním výkonem [hod].¹⁹³

Vyrobenou energii při maximální výkonu W_1 lze dále popsat pomocí rovnice:

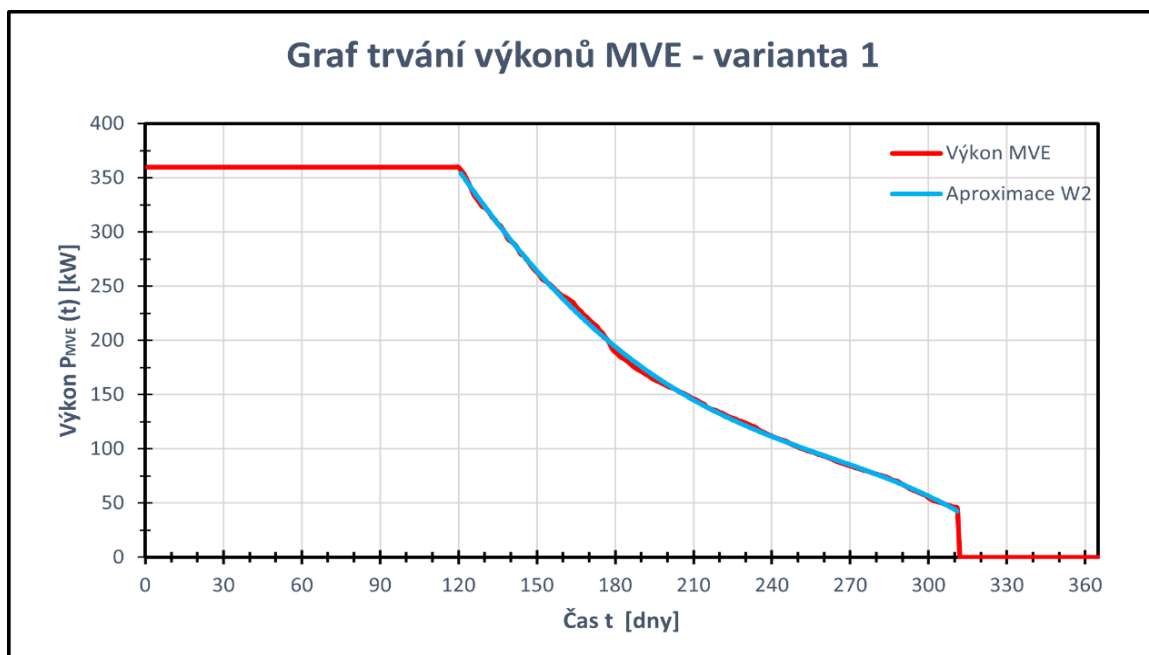
$$W_1 = g \cdot H \cdot Q_n \cdot T_n \cdot \eta_k \quad (12)$$

- kde g je tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],
- H je výška spádu [m],
- Q_n je n-denní průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$],
- η_k je kombinovaná účinnost soustrojí [-],
- T počet hodin za den [hod].

Tato plocha bude tvořit majoritní přínos k celkové vyrobené energii, jelikož průtok je zde roven hltnosti turbíny.

Energie vyrobená v období menších průtoků naopak zasahuje většinou část roku. Pro výpočet je potřeba provést aproximaci křivky prostřednictvím polynomu čtvrtého stupně. Funkce charakterizující spojnicí trendů bude dále reprezentována v integrálu prostřednictvím $P_{MVE}(t)$. Každý vlastník MVE si přeje co nejkratší období příliš nízkých průtoků, kdy není možné vyrábět elektrickou energii a celkový příspěvek v průběhu několika desítek dnů bývá nulový. Konkrétní rozložení trvání výkonů MVE je shrnuto na následujících grafech.

¹⁹³ PROCHÁZKA, Radek. Přednášky a semináře předmětu Elektroenergetika 2 B1B15EN2 na FEL ČVUT v Praze, 2021.

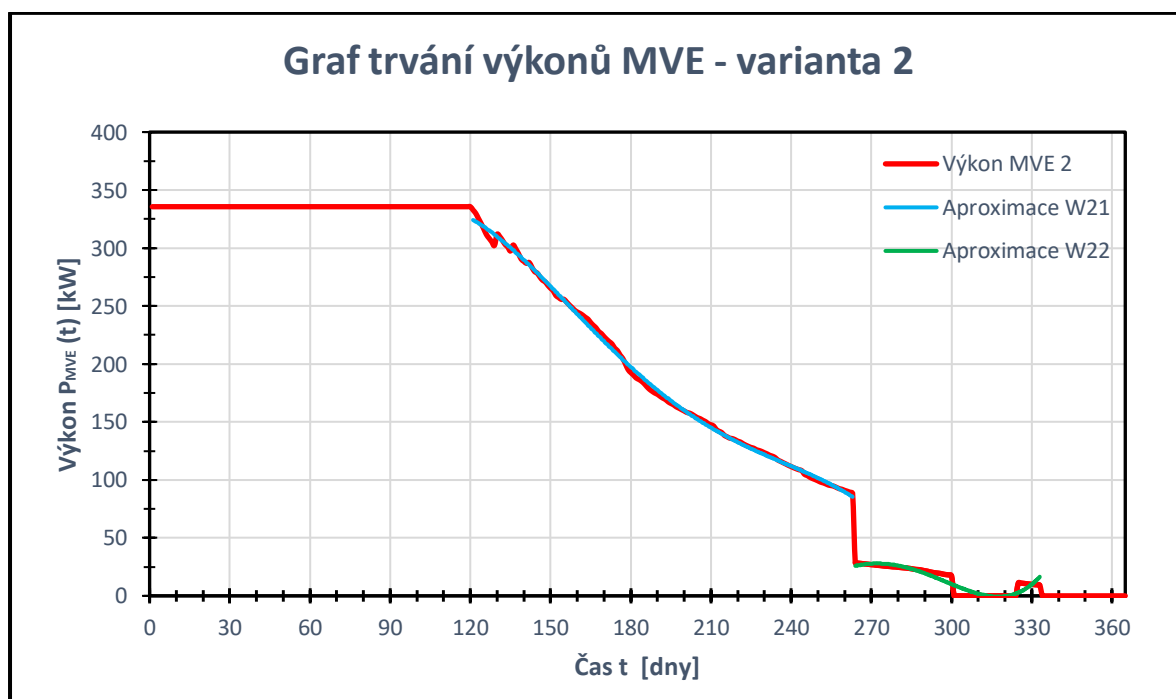


Obrázek 4.5 Graf trvání výkonů MVE (1. varianta)

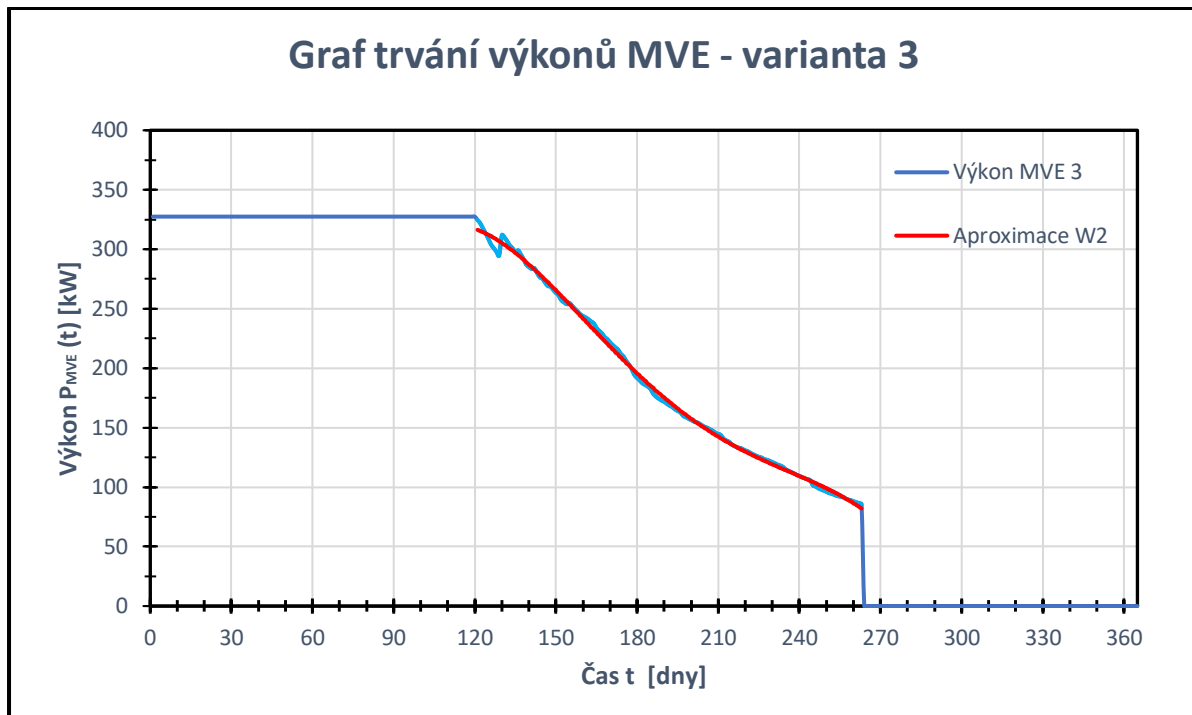
Po dosazení do rovnice (11) získáváme celkovou elektrickou energii vyrobenou za rok vodního díla v provedení turbín 1:1.

$$W = \int_0^{120} (9,81 \cdot 2,2 \cdot 20,8 \cdot 24 \cdot 0,85) dt + \int_{t_1}^{t_2} P_{MVE}(t) dt + \int_{t_2}^{365} 0 dt = 1737 MWh$$

Celkový objem výroby elektrické energie tedy činí $W_{var1} = 1,737 GWh$.



Obrázek 4.6 Graf trvání výkonů MVE (2. varianta)



Obrázek 4.7 Graf trvání výkonů MVE (3. varianta)

Objem vyrobené energie pro druhou variantu činí $W_{var2} = 1,638 \text{ GWh}$ a nejnižší příspěvek elektrické energie spočívá ročně na poslední variantě $W_{var3} = 1,590 \text{ GWh}$. Ve všech případech je MVE schopná vyrobit poměrně dost elektrické energie, přičemž v kontextu při realizaci jakékoliv z této variant by se zařadila k největším MVE do objemu vyrobené energie na Ohři.

4.10 Návrhové parametry MVE

V předchozích kapitolách byly podrobněji rozebrány jednotlivé komponenty MVE a jejich charakteristické parametry. Výsledná tabulka dat návrhového konceptu MVE Číňovský mlýn pro obě uvažované varianty včetně technických proporcí soustrojí je uvedena níže. Soustrojí bylo navrhováno tak, aby mělo dlouhou životnost, bylo dostatečně dimenzováno a mělo adekvátní ekonomický poměr cena – výkon.

MVE Čížovský mlýn			
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
<i>Spád jezu [m]</i>	1,9	1,9	1,9
<i>Typ MVE</i>	derivační	derivační	derivační
<i>Umístění</i>	pravý břeh	pravý břeh	pravý břeh
<i>Počet turbín [ks]</i>	2	2	1
<i>Typ turbín</i>	Kaplan	Kaplan	Kaplan
<i>Poměr hltnosti</i>	1:1	2:1	1
<i>Spád MVE [m]</i>	2,2	2,2	2,2
<i>Průtok MVE [m³s⁻¹]</i>	20,80	20,80	20,80
<i>Minimální průtok MVE [m³s⁻¹]</i>	2,60	1,73	5,20
<i>Potenciální výkon MVE [kW]</i>	366	366	366
<i>Instalovaný výkon [kW]</i>	420	400	400
<i>Kombinovaná účinnost [%]</i>	80,99	78,58	78,56
<i>Doba využití maxima [hod]</i>	5 475	5 515	5 543
<i>Počet provozních dnů [den]</i>	311	333	263
<i>Průměrná roční výroba [GWh]</i>	1,737	1,638	1,590

Tabulka 4.3 Návrhové parametry MVE Čížovský mlýn

Parametry soustrojí MVE Čížovský mlýn					
	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3
Zařízení	Turbína	Turbína	Turbína	Turbína	Turbína
Značení	T11	T12	T21	T22	T11
Typ	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan
Hltnost [$m^3 \cdot s^{-1}$]	10,40	10,40	13,86	6,93	20,80
Minimální průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]	2,60	2,60	3,47	1,73	5,20
Otáčky [min^{-1}]	204	204	178	257	148
Účinnost [-]	0,89	0,89	0,89	0,84	0,86
Výkon na hřídel [kW]	190,74	190,74	248,34	119,68	359,04
Zařízení	Generátor	Generátor	Generátor	Generátor	Generátor
Typ	Asynchronní	Asynchronní	Asynchronní	Asynchronní	Asynchronní
Napětí [V]	400	400	400	400	400
Počet pólů	8	8	8	8	8
Synchronní otáčky [min^{-1}]	750	750	750	750	750
Otáčky generátoru [min^{-1}]	765	765	765	765	765
Účinnost [-]	0,94	0,94	0,95	0,92	0,96
Jmenovitý výkon [kW]	225	225	300	150	450
Zařízení	Převodovka	Převodovka	Převodovka	Převodovka	Převodovka
Typ	Řemenová	Řemenová	Řemenová	Řemenová	Ozubená
Poměr T-G	3,75	3,75	4,30	2,98	5,17
Účinnost [-]	0,97	0,97	0,97	0,97	0,95

Tabulka 4.4 Návrhové parametry soustrojí MVE Čížovský mlýn

5 Ekonomický segment

S každým technologickým projektem je vždy neodlučitelně spjatá ekonomická náročnost projektu a zda si dokáže v určitém časovém období na sebe vydělat, tedy alespoň zaplatit provedenou počáteční investici a provozní náklady. V investici budu uvažovat i náklady spojené s úpravou lokality, jelikož by jinak nebylo možné VD provozovat za stanovených podmínek. Na problematiku předchozí části bude v této kapitole nahlíženo pohledem investora.

5.1 Podmínky realizace MVE

MVE si v současnosti může nechat postavit téměř každý, když má dostatečné finanční prostředky a vydané stavební povolení s projektovou dokumentací. Všechny tyto stavby jsou podřízeny právním normám, zákonům a vyhláškám, jež definují MZP, nakládání s vodním tokem a vlastní udržitelnost VD.

Jednou z těchto vyhlášek byla právě *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*.¹⁹⁴

Tato vyhláška byla k 01.05.2022. zrušena zřejmě v souvislosti s vývojem ceny elektrické energie a došlo k jejímu nahrazení prostřednictvím *Vyhlášky č. 79/2022 Sb., o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení referenčních výkupních cen a zelených bonusů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech)*.¹⁹⁵

Pro nově vznikající MVE stanovuje předpokládanou dobu životnosti, měrné investiční náklady na vyrobenou kW a povinné ročního využití instalovaného výkonu v hodinách.

¹⁹⁴ 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). In: Sběrka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2015, ročník 2015, částka 124. Dostupné také z:

https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=296/2015&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

¹⁹⁵ 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). In: Sběrka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2022, ročník 2022, částka 43. Dostupné také z:

https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=79/2022&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

MVE v provozu od 01.01.2022	Ano	
Doba životnosti	20	let
Doba ročního využití instalovaného výkonu	4 000	hod
Měrné investiční náklady na 1 kW instalovaného výkonu	154 000	Kč/kW

Tabulka 5.1 Technicko-ekonomické parametry MVE¹⁹⁶

Oproti předchozí vyhlášce došlo ke zkrácení životnosti MVE o 10 let a byla odstraněna klauzule stanovující účinnost nově instalované turbíny. Přestože účinnost již není v nové vyhlášce zmíněna, dá se předpokládat, že budeme chtít tento parametr co nejvyšší za účelem efektivnosti a maximalizace zisku z výroby elektrické energie. Vzhledem k dynamickému vývoji cen materiálu podstatně stouply i položky potřebné ke stavbě MVE, proto Energetický regulační úřad (ERÚ) zejména v posledních měsících monitoruje tyto změny a mění měrné investiční náklady. Doposud poslední úprava proběhla na konci roku 2021 navýšením z původních 140 000 Kč/kW instalovaného výkonu.¹⁹⁷

5.2 Investice do výstavby MVE

V následujících bodech budou představeny hlavní položky, z nichž se bude skládat celková investice do jednotlivých variant MVE. Většina z uvažovaných dat vychází z konzultací s firmami zabývajícími se touto problematikou a pohybujícím se v oboru po desítky let. Veškeré cenové odhady jednotlivých položek jsou vztaženy k roku 2022.

5.2.1 Soustrojí

Nejnákladnější položkou při stavbě MVE jsou použitá soustrojí, specificky turbíny. Cenový odhad soustrojí byl určen za pomoci firem SH CONTROL s.r.o. a ELEKTRO KOTOUČ, jež byly nápomocny při odhadu ceny u jednotlivých komponent. Podrobnější rozpis cen je uveden v příloze VII: *Technický a ekonomický model BP*.

5.2.2 Objekt a vybavení MVE

Před umístěním technického zázemí je nutné zbudovat strojovnu a přivaděče k uvažovaným turbínám. Měrné investiční náklady na tyto práce jsou odvozené od aktuálních cen použitých materiálu a použité množství vychází z přibližného odhadu na základě podobně

¹⁹⁶ 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). In: Sbíрка zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2022, ročník 2022, částka 43. Dostupné také z:

https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=79/2022&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

¹⁹⁷ ERÚ: Veřejný konzultační proces k návrhu vyhlášky [online]. 01.04.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/verejny-konzultacni-proces-k-navrhu-vyhlascky-o-technicko-ekonomickych-parametrech>

strukturovaných elektráren. Pod celkovou částku je rovněž zahrnuta logistika dopravy a stavební práce. Vybavením MVE se rozumí zejména zázemí a specifickou položkou zde jsou řídicí systémy zahrnující dispečerský přístup k řízení vodní elektrárny.

5.2.3 Úprava tělesa jezu

Nedílnou částí investice je v tomto případě i rekonstrukce tělesa jezu spolu s navýšením náhonu při pravém břehu a úprava přítokového kanálu. Nejedná se přímo o náklad spojený s výstavbou MVE, avšak bez podstatné úpravy by realizace nebyla téměř možná. Z tohoto důvodu je nezbytná úprava vzdouvací stavby, náhonu a kanálu zahrnuta do investice

5.2.4 Zapojení do elektrické sítě

Aby nebylo nutné stavět vlastní rozvodnu pro připojení výkonu z MVE, jež by výrazně ovlivnila finanční náročnost projektu, bude realizováno vyvedení výkonu k nejbližší stávající rozvodně. K vyvedení výkonu z MVE je potřeba postavit elektrické vedení o celkové délce 750 m k rozvodné stanici Stranná.

5.2.5 Celkové investiční náklady

Kompletní shrnutí počáteční investice do MVE v jednotlivých variantách je uvedeno v tabulce níže. Lze vidět významný rozdíl mezi variantou s jednou turbínou, jež vyrábí nejméně elektrické energie, avšak její investiční náklady jsou výrazně nižší. Veškeré potřebné zařízení pro realizaci elektrárny je uvedeno bez daně z přidané hodnoty (DPH). Uvažovaná sazba DPH činí 21 %.

	Soustrojí 1	Soustrojí 2	Soustrojí 3
Investice:	bez DPH [Kč]		
Strojní zařízení a ŘS	31 700 000	39 400 000	24 300 000
Stavební práce	10 500 000	10 500 000	9 100 000
Vyvedení výkonu	6 400 000	6 400 000	6 400 000
Celkem za MVE	48 600 000	56 300 000	39 800 000

Tabulka 5.2 Investice do výstavby MVE

5.3 Prodej elektrické energie vyrobené MVE

Ústředním bodem provozování MVE přinášejícím zisky po provedené investici je prodej elektrické energie. Vyrobená energie je prostřednictvím kontraktu mezi výrobcem a odběratelem za určitých podmínek stanovených smlouvou prodávána k další spotřebě či obchodu. V závislosti na způsobu financování lze dále řešit způsoby a podmínky odběru elektrické energie odběratelem od výrobce.

V rámci podpory OZE lze pro tento případ uvažovat tři způsoby financování za odběr elektřiny. Klasickým způsobem zařizující prodej vyrobené elektrické energie je smlouva mezi subjektem vyrábějící elektřinu a kupujícím. Tento způsob sebou nese žádné konkrétní benefity provozování obnovitelného zdroje a tedy veškerá platba za dodanou elektrickou energii závisí na vyjednání ceny mezi těmito subjekty.

Další zmíněné způsoby platby za vyrobenou energii spadají pod regulaci prostřednictvím ERÚ. Tyto cenová rozhodnutí jsou každoročně vydávána prostřednictvím energetických věstníků pro příslušný rok a stanovují hodnotu výkupní ceny elektřiny a výši zelených bonusů pro jednotlivé OZE. Tyto bonusy nelze mezi sebou kombinovat.¹⁹⁸

Vzhledem k nestabilitě ceny elektrické energie v tomto roce vydal ERÚ krom těchto cenových rozhodnutí i mimořádný návrh cenového rozhodnutí pro podporu POZE na rok 2023. Tento návrh v podstatě terminuje podporu zelených bonusů pro MVE postavené mimo roky 2010 – 2015 vzhledem k současným cenám.¹⁹⁹

5.3.1 Tržní cena elektrické energie

Elektrická energie v tržním prostředí je zejména v posledním roce velmi volatilní a bývá ovlivněna mnoha faktory, které mohou či nemusí být predikovatelné. Doposud bylo možné se alespoň částečně spolehnout na předpověď ceny elektrické energie na základě statistických údajů vedených prostřednictvím Operátora trhu s elektřinou (OTE), jež zaznamenávají tržní ceny elektrické energie pro každou hodinu v roce. Bohužel z historického vývoje není aktuální situace absolutně předvídatelná a proto bude nutné uvážit i jiné faktory pro určení férové ceny elektrické energie pro MVE, které jsou i více spekulativní.

Určení ceny při vynechání nejvyššího a nejnižšího výkyvu elektrické energie, specificky roky 2016 a 2022, dostáváme rovněž neadekvátní tržní cenu vzhledem k současnosti. Při uvážení nákladů na investici do MVE při současných cenách je nutné prodávat za současné ceny, aby došlo k rozumné době návratnosti investice.

Vzhledem k blížící se účinnosti zákona o zastropování cen energií nabývajících účinnosti 01.01.2023.²⁰⁰ stanovující strop elektrické energie bez příspěvku od státu

¹⁹⁸ ERÚ: Je možné kombinovat formu podpory [online]. 21.03.2022 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/je-mozne-kombinovat-formu-podpory-v-rezimu-vykupni-ceny-zeleneho-bonusu>

¹⁹⁹ ERÚ: Návrh cenového rozhodnutí pro rok 2023 [online]. 05.10.2022 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/navrh-cenoveho-rozhodnuti-kterym-se-stanovuje-podpora-pro-poze-pro-rok-2023>

²⁰⁰ MPO: Vláda schválila zastropování cen energií. [online]. @2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/vlada-schvalila-zastropovani-cen-energi--pomuze-jak-domacnostem--tak-firmam--270228/>

na 6 050 Kč/MWh včetně DPH se dá očekávat, že obchodníci stanoví svou prodejní cenu za silovou složku elektrické energie právě na tuto hranici. Po odečtení DPH bude cena za elektrickou energii po zastropování činit 5 000 Kč/MWh. Při dobrých vyjednávacích schopnostech předpokládám, že v případě stanovení ceny elektrické energie na maximální možnou hranici po zastropování by bylo možné vyjednat cenu za prodej elektrické energie na konečnou částku 4 390 Kč/MWh bez DPH. Odhadnout meziroční růst elektrické energie při současném stavu je zcela nemožné, proto tato hodnota bude ponechána čistě subjektivnímu uvážení. Meziroční změnu ceny elektrické energie předpokládám v následujících letech okolo 10 %. Výše rozvedené údaje souvisejí se stanovením ceny a jejího nárůstu v dalších letech jsou platné k 11.11.2022.

5.3.2 Výkupní cena elektrické energie

Určení ceny elektrické energie v kategorii výkupní ceny vychází z cenového rozhodnutí ERÚ. Metodika postupu výpočtu stojí na základě prosté doby návratnosti, jež bývá pro MVE stanovena na 15 let. Pro rok 2022 nebyly doposud uveřejněny výkupní ceny, avšak jsou k dispozici referenční výkupní ceny na elektrickou energii pro roky 2022 a 2023. Výkupní cena pro příští rok se zohledněnou inflací je očekávána na částce 3 701 Kč/MWh.²⁰¹ Podle zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie, ve znění pozdějších předpisů, dochází každoročně ke 2 % meziročnímu růstu výkupní ceny po dobu předpokládané životnosti MVE.²⁰²

5.3.3 Zelený bonus

Na elektrickou energii vyrobenou z OZE zahrnující veškerou vyrobenou a účelně spotřebovanou elektřinu vyjma vlastní technologické spotřeby lze aplikovat zelené bonusy. Při volbě tohoto postupu platby si musí výrobce zajistit svého odběratele, s nímž následně sjedná obchodní cenu. Druhou částí platby jsou právě bonusy, jež jsou každoročně stanovovány ERÚ. Tento příplatek je vyplácen oprávněným subjektům OTE.²⁰³

V současnosti je složka vyplácená operátorem nulová, jelikož ceny elektrické energie jsou natolik vysoké, že si vlastník OZE dokáže dostatečně vydělat nezávisle na tomto příplatku. Z historického srovnání došlo ke změně tohoto trendu v minulém roce, kdy průměrný příplatek

²⁰¹ ERÚ: Návrh cenového rozhodnutí pro rok 2023 [online]. 05.10.2022 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/navrh-cenoveho-rozhodnuti-kterym-se-stanovuje-podpora-pro-poze-pro-rok-2023>

²⁰² ERÚ: Jak jsou vypočteny výkupní ceny a zelené bonusy [online]. 29.07.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/jak-jsou-vypocteny-vykupni-ceny-zelene-bonusy>

²⁰³ ERÚ: Jaký je rozdíl mezi zeleným bonusem a výkupní cenou [online]. 01.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/jaky-je-rozdil-mezi-zelenym-bonusem-vykupni-cenou>

zeleného bonusu činil 105 Kč/MWh²⁰⁴, což je významný pokles oproti předchozím rokům. V této situaci lze tedy považovat zelené bonusy za nulové a výkupní cena pro nové zdroje vychází pouze z prodeje elektrické energie na základě sjednané kupní smlouvy.

5.4 Finanční toky

V předchozích kapitolách byl nastíněn podnikatelský záměr v podobě počátečních investic do podniku a předpokládané prodejní ceny elektrické energie, naší hlavní prodejní složkou. S provozováním VD vyvstanou na povrch i náklady spojené s provozem, údržbou, náklady spojené se zaměstnanci a jiné. Pro přehlednost těchto finančních toků jsou sestavovány účetní výkazy finančního toku ve firmě.

Ve výkazu cash flow jsou přehledně vidět změny provozních nákladů, meziroční nárůsty mzdy zaměstnancům a daňové úlevy. Cash flow MVE je počítán na 20 let, tedy na dobu životnosti stanovenou nejnovější vyhláškou. Mzdy zaměstnancům odpovídají 34 100 Kč s nutností platby sociálního a zdravotního pojištění v podobě 34 % odvodů. Meziroční nárůst mezd vychází z vývoje průměrné mzdy v roce 2022 a činí 5,7 %.²⁰⁵

Provozní náklady na údržbu a opravu zařízení jsou uvažovány do maximální výše 250 000 Kč za rok, přičemž jejich meziroční změna závisí na výši inflace. Celková inflace pro třetí kvartál roku 2022 činila 15,8 %.²⁰⁶ Zdanění příjmu je uvažováno 19 % a neexistuje zde žádné osvobození od této daně. Po dobu životnosti MVE neuvažují žádné dodatečné investice spojené s obměnou hlavních zařízení či rozšíření provozu. Z tohoto důvodu jsou provozní náklady konečnou hodnotou, z nichž bude zajišťován provoz elektrárny. Všechny níže vytvořené výkazy CF nezahrnují DPH a jsou vyčíslené v Kč.

	Počáteční stav	Meziroční změna
Prodejní cena [Kč/MWh]	4 390	10 %
Výkupní cena [Kč/MWh]	3 701	2 %
Zelený bonus [Kč/MWh]	0	1 %
Prodávané množství [MWh]	1 719	0 %
Mzdové náklady [Kč]	548 328	5,7 %
Provozní náklady [Kč]	250 000	15,8 %

Tabulka 5.3 Vstupní hodnoty ekonomického modelu

²⁰⁴ Data převzata z: OTE: STATISTIKA - Rozdíl výkupní a tržní ceny [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/rozdil-vykupni-a-trzni-ceny?date=2021-01-01>

²⁰⁵ ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Www.czso.cz [online]. 05.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cr/prumerne-mzdy-2-ctvrtleti-2022>

²⁰⁶ ČNB: Prognóza ČNB – podzim 2022 [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>

Výkaz CF – výkupní cena (varianta 1)

Tato varianta 1 zahrnuje instalaci dvou Kaplanových turbín o rozložení výkonů 1:1, přičemž z finanční hlediska se jedná o prostřední z uvažovaných variant. Toto rozložení disponuje nejvyšším objemem vyrobené elektrické energie za rok a svou flexibilitou předčí ostatní uvažované varianty.

Rok	Investiční náklady	Provozní náklady	Mzdové náklady	Tržby z prodeje elektrické energie	Daně z příjmu	Cash Flow
0	-48 600 000	0	0	0	0	-48 600 000
1	0	-250 000	-548 328	6 363 443	-657 070	4 908 045
2	0	-289 500	-579 583	6 490 712	-270 328	5 351 301
3	0	-335 241	-612 619	6 620 526	-280 025	5 392 641
4	0	-388 209	-647 538	6 752 937	-288 484	5 428 705
5	0	-449 546	-684 448	6 887 995	-295 479	5 458 523
6	0	-520 574	-723 461	7 025 755	-300 745	5 480 974
7	0	-602 825	-764 699	7 166 270	-303 980	5 494 766
8	0	-698 072	-808 287	7 309 596	-304 834	5 498 404
9	0	-808 367	-854 359	7 455 788	-302 900	5 490 162
10	0	-936 089	-903 057	7 604 903	-297 712	5 468 045
11	0	-1 083 991	-954 532	7 757 001	-921 145	4 797 335
12	0	-1 255 261	-1 008 940	7 912 141	-907 742	4 740 198
13	0	-1 453 593	-1 066 449	8 070 384	-889 199	4 661 144
14	0	-1 683 260	-1 127 237	8 231 792	-864 679	4 556 615
15	0	-1 949 215	-1 191 490	8 396 428	-833 221	4 422 502
16	0	-2 257 191	-1 259 404	8 564 356	-793 708	4 254 052
17	0	-2 613 828	-1 331 191	8 735 644	-744 852	4 045 773
18	0	-3 026 812	-1 407 068	8 910 356	-685 164	3 791 312
19	0	-3 505 049	-1 487 271	9 088 564	-612 920	3 483 324
20	0	-4 058 847	-1 572 046	9 270 335	-526 128	3 113 315
Celkem:	-48 600 000	-28 165 470	-19 532 007	154 614 926	-11 080 315	47 237 136

Tabulka 5.4 Výkaz CF – výkupní cena (varianta 1)

Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 1)

Rok	Investiční náklady	Provozní náklady	Mzdové náklady	Tržby z prodeje elektrické energie	Daně z příjmu	Cash Flow
0	-48 600 000	0	0	0	0	-48 600 000
1	0	-250 000	-548 328	7 548 099	-882 155	5 867 616
2	0	-289 500	-579 583	8 302 909	-614 645	6 819 181
3	0	-335 241	-612 619	9 133 200	-757 433	7 427 907
4	0	-388 209	-647 538	10 046 520	-914 265	8 096 507
5	0	-449 546	-684 448	11 051 172	-1 086 482	8 830 696
6	0	-520 574	-723 461	12 156 289	-1 275 547	9 636 707
7	0	-602 825	-764 699	13 371 918	-1 483 053	10 521 341
8	0	-698 072	-808 287	14 709 110	-1 710 741	11 492 010
9	0	-808 367	-854 359	16 180 021	-1 960 505	12 556 790
10	0	-936 089	-903 057	17 798 023	-2 234 405	13 724 472
11	0	-1 083 991	-954 532	19 577 825	-3 167 101	14 372 202
12	0	-1 255 261	-1 008 940	21 535 608	-3 496 201	15 775 206
13	0	-1 453 593	-1 066 449	23 689 168	-3 856 767	17 312 359
14	0	-1 683 260	-1 127 237	26 058 085	-4 251 675	18 995 913
15	0	-1 949 215	-1 191 490	28 663 894	-4 684 039	20 839 149
16	0	-2 257 191	-1 259 404	31 530 283	-5 157 234	22 856 453
17	0	-2 613 828	-1 331 191	34 683 311	-5 674 909	25 063 384
18	0	-3 026 812	-1 407 068	38 151 642	-6 241 008	27 476 753
19	0	-3 505 049	-1 487 271	41 966 807	-6 859 786	30 114 701
20	0	-4 058 847	-1 572 046	46 163 487	-7 535 827	32 996 768
Celkem:	-48 600 000	-28 165 470	-19 532 007	432 317 371	-63 843 778	272 176 115

Tabulka 5.5 Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 1)

Výkaz CF – výkupní cena (varianta 2)

Pod touto variantou se rovněž skrývá instalace dvou turbín. Tyto turbíny se liší oproti předchozím jejich poměrným rozložením hlností, jež odpovídá poměru 2:1. Od tohoto modelu je očekáváno efektivní využití vodního toku při proměnných průtocích, avšak výroba dvou parametricky odlišných zařízení sebou nese dodatečné náklady.

Rok	Investiční náklady	Provozní náklady	Mzdové náklady	Tržby z prodeje elektrické energie	Daně z příjmu	Cash Flow
0	-56 300 000	0	0	0	0	-56 300 000
1	0	-250 000	-548 328	5 995 688	-506 732	4 690 628
2	0	-289 500	-579 583	6 115 602	-45 442	5 201 077
3	0	-335 241	-612 619	6 237 914	-53 714	5 236 340
4	0	-388 209	-647 538	6 362 673	-60 719	5 266 206
5	0	-449 546	-684 448	6 489 926	-66 231	5 289 701
6	0	-520 574	-723 461	6 619 724	-69 984	5 305 704
7	0	-602 825	-764 699	6 752 119	-71 677	5 312 919
8	0	-698 072	-808 287	6 887 161	-70 956	5 309 847
9	0	-808 367	-854 359	7 024 905	-67 417	5 294 761
10	0	-936 089	-903 057	7 165 403	-60 592	5 265 664
11	0	-1 083 991	-954 532	7 308 711	-835 969	4 434 219
12	0	-1 255 261	-1 008 940	7 454 885	-820 863	4 369 820
13	0	-1 453 593	-1 066 449	7 603 983	-800 582	4 283 358
14	0	-1 683 260	-1 127 237	7 756 062	-774 291	4 171 274
15	0	-1 949 215	-1 191 490	7 911 184	-741 024	4 029 454
16	0	-2 257 191	-1 259 404	8 069 407	-699 668	3 853 144
17	0	-2 613 828	-1 331 191	8 230 795	-648 931	3 636 846
18	0	-3 026 812	-1 407 068	8 395 411	-587 324	3 374 206
19	0	-3 505 049	-1 487 271	8 563 319	-513 123	3 057 876
20	0	-4 058 847	-1 572 046	8 734 586	-424 335	2 679 358
Celkem:	-56 300 000	-28 165 470	-19 532 007	145 679 458	-7 919 574	33 762 402

Tabulka 5.6 Výkaz CF – výkupní cena (varianta 2)

Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 2)

Rok	Investiční náklady	Provozní náklady	Mzdové náklady	Tržby z prodeje elektrické energie	Daně z příjmu	Cash Flow
0	-56 300 000	0	0	0	0	-56 300 000
1	0	-250 000	-548 328	7 111 881	-718 809	5 594 745
2	0	-289 500	-579 583	7 823 069	-369 861	6 584 126
3	0	-335 241	-612 619	8 605 376	-503 532	7 153 985
4	0	-388 209	-647 538	9 465 914	-650 335	7 779 831
5	0	-449 546	-684 448	10 412 505	-811 521	8 466 991
6	0	-520 574	-723 461	11 453 756	-988 450	9 221 270
7	0	-602 825	-764 699	12 599 131	-1 182 609	10 048 999
8	0	-698 072	-808 287	13 859 044	-1 395 614	10 957 072
9	0	-808 367	-854 359	15 244 949	-1 629 226	11 952 997
10	0	-936 089	-903 057	16 769 444	-1 885 360	13 044 938
11	0	-1 083 991	-954 532	18 446 388	-2 952 128	13 455 738
12	0	-1 255 261	-1 008 940	20 291 027	-3 259 730	14 767 095
13	0	-1 453 593	-1 066 449	22 320 130	-3 596 650	16 203 437
14	0	-1 683 260	-1 127 237	24 552 143	-3 965 546	17 776 099
15	0	-1 949 215	-1 191 490	27 007 357	-4 369 297	19 497 354
16	0	-2 257 191	-1 259 404	29 708 092	-4 811 018	21 380 479
17	0	-2 613 828	-1 331 191	32 678 902	-5 294 071	23 439 812
18	0	-3 026 812	-1 407 068	35 946 792	-5 822 087	25 690 824
19	0	-3 505 049	-1 487 271	39 541 471	-6 398 972	28 150 179
20	0	-4 058 847	-1 572 046	43 495 618	-7 028 931	30 835 794
Celkem:	-56 300 000	-28 165 470	-19 532 007	407 332 989	-57 633 747	245 701 765

Tabulka 5.7 Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 2)

Výkaz CF – výkupní cena (varianta 3)

Tato varianta 3 reprezentuje instalaci jedné Kaplanovy turbíny o maximální možné hltnosti, jež by měla profitovat zejména z mokrých roků, kdy vzhledem k vyšším průtokům v roce nebudou turbíny v ostatních variantách schopné vyrábět elektrickou energii. Rovněž se jedná o nejméně finančně náročnou investici.

Rok	Investiční náklady	Provozní náklady	Mzdové náklady	Tržby z prodeje elektrické energie	Daně z příjmu	Cash Flow
0	-39 800 000	0	0	0	0	-39 800 000
1	0	-250 000	-548 328	5 818 952	-636 666	4 383 958
2	0	-289 500	-579 583	5 935 331	-326 135	4 740 113
3	0	-335 241	-612 619	6 054 037	-333 721	4 772 456
4	0	-388 209	-647 538	6 175 118	-340 028	4 799 343
5	0	-449 546	-684 448	6 298 620	-344 827	4 819 800
6	0	-520 574	-723 461	6 424 593	-347 853	4 832 704
7	0	-602 825	-764 699	6 553 085	-348 804	4 836 757
8	0	-698 072	-808 287	6 684 146	-347 327	4 830 461
9	0	-808 367	-854 359	6 817 829	-343 017	4 812 086
10	0	-936 089	-903 057	6 954 186	-335 405	4 779 635
11	0	-1 083 991	-954 532	7 093 270	-808 734	4 246 013
12	0	-1 255 261	-1 008 940	7 235 135	-792 810	4 178 124
13	0	-1 453 593	-1 066 449	7 379 838	-771 694	4 088 102
14	0	-1 683 260	-1 127 237	7 527 434	-744 551	3 972 387
15	0	-1 949 215	-1 191 490	7 677 983	-710 415	3 826 863
16	0	-2 257 191	-1 259 404	7 831 543	-668 172	3 646 774
17	0	-2 613 828	-1 331 191	7 988 174	-616 532	3 426 623
18	0	-3 026 812	-1 407 068	8 147 937	-554 003	3 160 053
19	0	-3 505 049	-1 487 271	8 310 896	-478 862	2 839 714
20	0	-4 058 847	-1 572 046	8 477 114	-389 115	2 457 107
Celkem:	-39 800 000	-28 165 470	-19 532 007	141 385 221	-10 238 671	43 649 073

Tabulka 5.8 Výkaz CF – výkupní cena (varianta 3)

Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 3)

Rok	Investiční náklady	Provozní náklady	Mzdové náklady	Tržby z prodeje elektrické energie	Daně z příjmu	Cash Flow
0	-39 800 000	0	0	0	0	-39 800 000
1	0	-250 000	-548 328	6 902 242	-842 491	5 261 423
2	0	-289 500	-579 583	7 592 466	-640 990	6 082 393
3	0	-335 241	-612 619	8 351 713	-770 280	6 633 573
4	0	-388 209	-647 538	9 186 884	-912 264	7 238 873
5	0	-449 546	-684 448	10 105 573	-1 068 147	7 903 431
6	0	-520 574	-723 461	11 116 130	-1 239 245	8 632 849
7	0	-602 825	-764 699	12 227 743	-1 426 989	9 433 230
8	0	-698 072	-808 287	13 450 517	-1 632 938	10 311 221
9	0	-808 367	-854 359	14 795 569	-1 858 788	11 274 055
10	0	-936 089	-903 057	16 275 126	-2 106 384	12 329 596
11	0	-1 083 991	-954 532	17 902 638	-2 862 515	13 001 601
12	0	-1 255 261	-1 008 940	19 692 902	-3 159 786	14 268 915
13	0	-1 453 593	-1 066 449	21 662 192	-3 485 341	15 656 809
14	0	-1 683 260	-1 127 237	23 828 411	-3 841 736	17 176 178
15	0	-1 949 215	-1 191 490	26 211 253	-4 231 737	18 838 811
16	0	-2 257 191	-1 259 404	28 832 378	-4 658 331	20 657 451
17	0	-2 613 828	-1 331 191	31 715 616	-5 124 746	22 645 851
18	0	-3 026 812	-1 407 068	34 887 177	-5 634 459	24 818 837
19	0	-3 505 049	-1 487 271	38 375 895	-6 191 212	27 192 363
20	0	-4 058 847	-1 572 046	42 213 484	-6 799 025	29 783 567
Celkem:	-39 800 000	-28 165 470	-19 532 007	395 325 909	-58 487 404	249 341 027

Tabulka 5.9 Výkaz CF – smlouva s kupujícím (varianta 3)

5.5 Ekonomické ukazatele

Následující pasáže jsou volně vychází z přednášek a cvičení předmětů: *Základy podnikání a účetnictví B1B16ZPU*, *Základy finančního managementu B1B16ZFM1* spadající pod Katedru ekonomiky, manažerství a humanitních věd Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

5.5.1 Diskont

Pod pojmem diskont si lze představit číslo, jež zahrnuje předpokládaný vývoj projektu, jeho určité zhodnocení ale i rizika spojená s vložením peněz do projektu.²⁰⁷ Hodnotu diskontu při novém projektu si volíme sami, je však vhodné toto rozhodnutí podložit nějakými argumenty, proč byla tato hodnota takto stanovena. Diskont v projektu je sestaven ze základních proměnných, konkrétně o co přicházíme, když investujeme do tohoto projektu, jaké je riziko investice, jaký očekáváme zisk a jaké je momentální znehodnocení finančních prostředků.

Cena ušlé příležitosti vychází ze srovnání s dalšími investicemi, které mohou nabídnout vyšší zisk než uvažovaný projekt. Vždy bude existovat ziskovější projekt než ten, s nímž jej porovnáváme. Pro tento případ jsem zvolil cenu ušlé příležitosti 0,5 % pro všechny uvažované případy. Očekávám, že možnost investice například do dluhopisů v oboru bude mít obdobný, potažmo lehce vyšší výnosy než 5 %, což koresponduje s uvažovanou představou.

Obchodování s elektřinou sebou nese určité riziko, avšak není zde riziko z hlediska neodbytu námi vyrobené elektrické energie jaké hrozí u jiných komodit. Riziko ztráty z prodeje je hodně závislé na predikci cen elektrické energie v budoucnosti a na stanovení výkupních cen ERÚ.²⁰⁸ Pro uvažované varianty jsou z tohoto důvodu stanovená rozdílná rizika, jež přispívají k diskontu. Riziko 0,5 % pro výkupní ceny stanovované ERÚ vychází z předpokladu, že částka, za kterou bude docházet k výkupu elektrické energie nebude v průběhu let příliš negativně ovlivněna a bude tedy relativně stabilní. U prodeje elektrické energie přes kupní smlouvu s kupujícím je riziko stanoveno na 2 % zejména proto, že je zde větší volnost při sjednání konkrétní částky za kterou bude elektrická energie prodávána.

Zisky z projektu jsou závislé individuálně na každém investorovi. Záleží na něm, jaký procentuální zisk si od své investice slibuje. Od projektu vyrábějící elektrickou energii prostřednictvím OZE předpokládám zisky v rozmezí 3 – 5 % závislé na způsobu prodeje

²⁰⁷ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy finančního managementu B1B16ZFM1 a Základy podnikání B1B16ZPU na FEL ČVUT v Praze, 2021 a 2022

²⁰⁸ ERÚ: ENERGETICKÝ REGULAČNÍ VĚSTNÍK 13/2022 [online]. 30.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-132022>

elektriny a jejím vývoji. Pro méně ziskovější variantu financování přes výkupní ceny uvažují ziskovost 3,5 % a pro variantu uvažující sjednání kupní smlouvy s kupujícím předpokládám procentuální zisk 4,5 %.

Nejvyšším přispěvatelem k hodnotě diskontu je v současnosti inflace, jež oproti předchozím letům poměrně dost vzrostla. Vzhledem k tomu, že projekt je uvažován na realizaci při cenách roku 2022 – 2023, volím proto i příslušnou inflaci v těchto letech. Predikce České národní banky (ČNB) pro následující roky předpokládají návrat inflace k hodnotám několika jednotek procent²⁰⁹, přičemž tento faktor bude zohledněn v uvažované závislosti změny hodnoty NPV v důsledku inflace.

5.5.2 Čistá současná hodnota (NPV)

NPV je podle definice součet budoucích hotovostních toků diskontovaných do současnosti. Pro její určení je nutné znát dobu životnosti zařízení a stanovit příslušný diskont. Toto kritérium nám následně stanoví, zda je náš projekt ztrátový, výdělečný, potažmo investice se po daném časovém období rovná $NPV = 0$. V okamžiku upřednostnění jedné investice se stejnou dobou životnosti před druhou realizujeme tu, jež má větší hodnotu NPV, i v okamžiku obou hodnot v záporných číslech. Čistá současná hodnota je dána vztahem:

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

kde NPV je čistá současná hodnota [Kč],

CF_t je hodnota cash flow v daném roce [Kč],

T je doba posuzování [roky],

r je diskont [%],

t je číselný index roku [-].²¹⁰

²⁰⁹ ČNB: Prognóza ČNB – podzim 2022 [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>

²¹⁰ STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy finančního managementu B1B16ZFM1 a Základy podnikání B1B16ZPU na FEL ČVUT v Praze, 2021 a 2022

5.5.3 Vnitřní výnosové procento (IRR)

Vnitřní výnosové procento nám v podstatě stanovuje, pro jakou hodnotu diskontu by bylo NPV rovno nule. Pokud je hodnota IRR větší než diskont, pak danou investici realizujeme. Problémem u tohoto kritéria je možnost neexistence a nejednoznačnosti. Je určeno vztahem:

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

kde CF_t je hodnota cash flow v daném roce [Kč],

T je doba posuzování [roky],

IRR je vnitřní výnosové procento [%],

t je číselný index roku [-].²¹¹

5.5.4 Návratnost investice (ROI)

Kritérium ROI se definuje jako podíl vydělaných peněz z projektu vůči počáteční investici. Z hlediska investora se snažíme o maximalizaci výnosů, přičemž tento poměr vůči investici s maximalizací narůstá. Obrovskou nevýhodou tohoto kritéria je fakt, že nebere v úvahu časovou cenu peněz. Investice se tedy s tímto zanedbáním jeví jakožto perfektní prostředek pro zhodnocení, avšak po započtení časové ceny peněz je výsledek diametrálně odlišný. Vztah pro návratnost investice je následující:

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

kde ROI je návratnosti investice [%]

CF_t je hodnota cash flow v daném roce [Kč],

T je doba posuzování [roky],

CF_0 je hodnota cash flow v nultém roce (cena investice) Kč],

t je číselný index roku [-].²¹²

²¹¹ Tamtéž

²¹² STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy finančního managementu B1B16ZFM1 a Základy podnikání B1B16ZPU na FEL ČVUT v Praze, 2021 a 2022

5.6 Výsledek ekonomické analýzy

Ekonomická analýza tohoto i každého projektu má spoustu proměnných. Pro určení alespoň nějakého scénáře je nutné si stanovit parametry, které budou pro všechny varianty stejné a bude tedy možné investice mezi sebou srovnat. Tímto základem rozumím zejména hodnoty definované v kapitolách 5.3 a 5.4, přičemž hodnota jednotlivých investic je uvažována podle kapitoly 5.2. Pro přehlednost níže uvádím přehledovou tabulku pro varianty investice, přičemž na projekt je pohlíženo očima investora.

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Investiční náklady [Kč]	48 600 000	53 300 000	39 800 000
Srovnání variant z hlediska výkupních cen elektrické energie			
Diskont	20,30 %		
NPV [Kč]	-23 597 927	-32 288 959	-17 732 531
IRR [%]	8,23	5,49	9,26
RCF [Kč]	-4 912 270	-6 721 441	-3 691 298
ROI [-]	1,97	1,6	2,1
Prostá doba návratnosti [rok]	10	11	9
Reálná doba návratnosti [rok]	> 20 let	> 20 let	> 20 let
Mezní hranice investice [Kč]	25 002 073	24 011 041	22 067 469
Srovnání variant z hlediska ceny elektrické energie v kupní smlouvě			
Diskont	22,80 %		
NPV [Kč]	-7 777 757	-17 405 020	-3 172 470
IRR [%]	19,87	16,91	21,37
RCF [Kč]	-1 802 978	-4 034 695	-735 417
ROI [-]	6,6	5,36	7,26
Prostá doba návratnosti [rok]	7	8	6
Reálná doba návratnosti [rok]	> 20 let	> 20 let	> 20 let
Mezní hranice investice [Kč]	40 822 243	38 897 980	36 627 530
Srovnání variant z hlediska ceny elektrické energie – zelené bonusy			
Diskont	22,80 %		
NPV [Kč]	-7 777 757	-17 405 020	-3 172 470
IRR [%]	19,87	16,91	21,37
RCF [Kč]	-1 802 978	-4 034 695	-735 417
ROI [-]	6,6	5,36	7,26
Prostá doba návratnosti [rok]	7	8	6
Reálná doba návratnosti [rok]	> 20 let	> 20 let	> 20 let
Mezní hranice investice [Kč]	40 822 243	38 897 980	36 627 530

Tabulka 5.10 Srovnání variant z ekonomického hlediska

Jak je vidět z tabulky, v žádné variantě ani při alternativním způsobu financování se projekt nedostává do kladných čísel a investice je aktuálně ztrátová. Tato skutečnost je výrazně

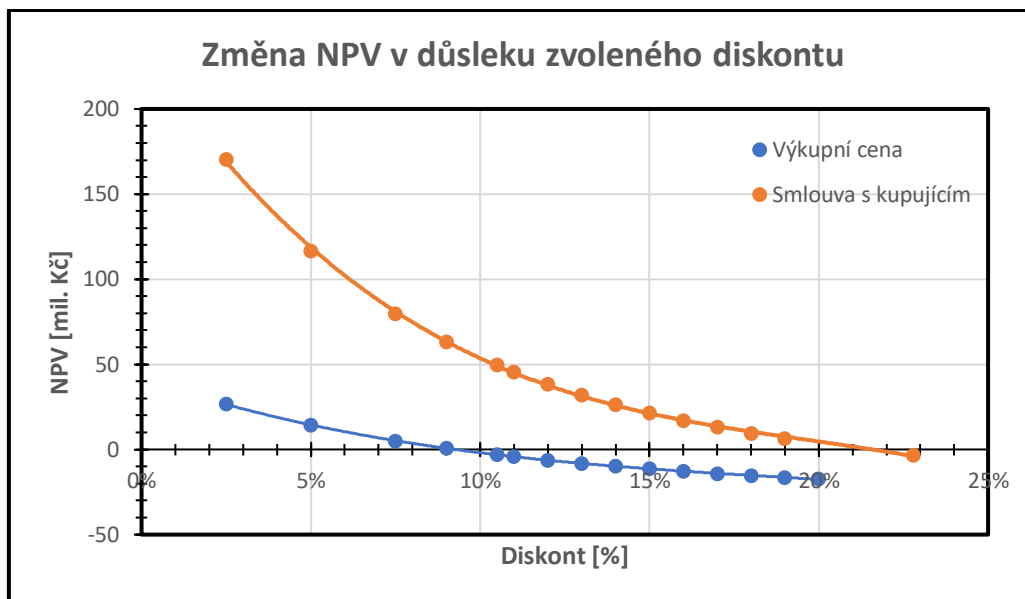
ovlivněná změnami v posledních letech v podobě snížení deklarované životnosti MVE, která je nyní považována na pouhých 20 let.

Nejméně ztrátové soustrojí je při současných cenách a proměnných varianta 3, tedy uvážení jedné Kaplanovy turbíny, přičemž prodej elektrické energie je realizován prostřednictvím uzavření smlouvy o prodeji elektrické energie kupujícímu.

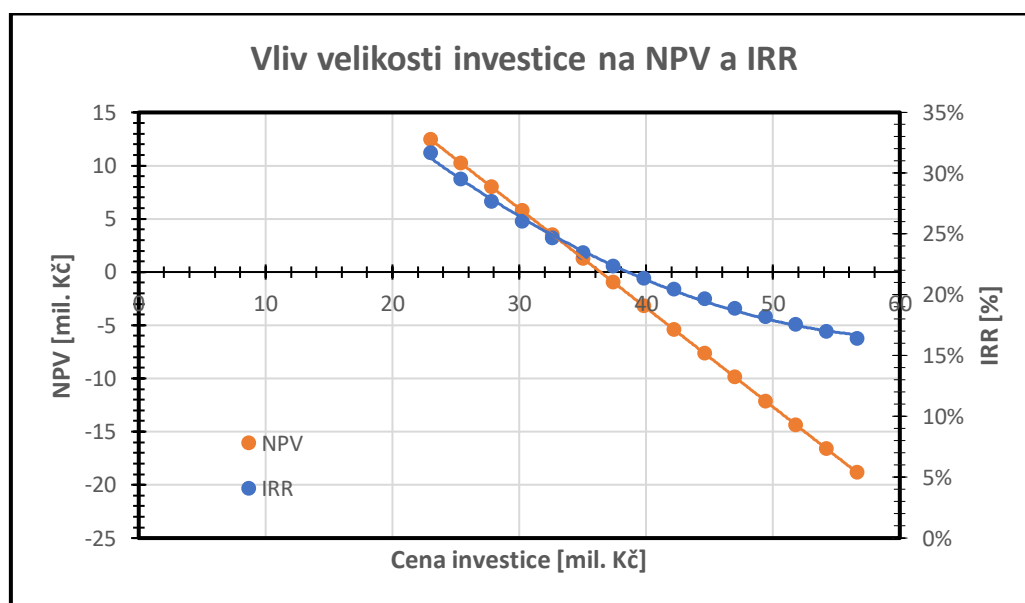
5.7 Scénáře projektu (citlivostní analýza)

Projekty standardně nevznikají s pevně fixovanými cenami a jejich růstem, které by byly identické v tomto roce jakožto i za 5 let. Časová cena peněz se mění každým okamžikem a proto se v projektu uvažují možné variace, kdy dochází k meziročním změnám cen zahrnutých položek. Tyto hlavní proměnné, zejména změna inflace, ceny elektrické energie a změna investičních nákladů byly podrobeny citlivostní analýze. Pro přehlednost byly vybrány grafy pouze z varianty 3, jelikož investice do tohoto projektu dává z ekonomického hlediska největší smysl. Zbylé ekonomické modely a příslušné grafy lze dohledat v *Příloze VII: Technický a ekonomický model BP*.

K hodně velké změně NPV dochází zejména při změnách uvažovaného diskontu, respektive inflace, jež projekt velmi výrazně ovlivňuje. Rozdíl ve zvoleném diskontu je nejvíce patrný z grafu 5.1, kde je srovnána změna diskontu pro financování prostřednictvím smlouvy s kupujícími a výkupních cen ERÚ. Pro výkupní ceny je mezní hranice diskontu pro nulové NPV rovno $IRR = 9,26 \%$, přičemž pro vyšší hodnoty je již NPV záporné a pro nižší naopak kladné. Zajímavé je zde srovnání právě srovnání s alternativním způsobem prodeje vyrobené elektrické energie, jenž při nastavených podmínkách dosahuje nulového NPV až v hodnotě $IRR = 21,37 \%$, což je velice blízko uvažovanému diskontu, jenž byl pro tento případ $22,8 \%$. Z toho vyplývá, že při nepatrně nižším diskontu se již dostáváme do kladných čísel.

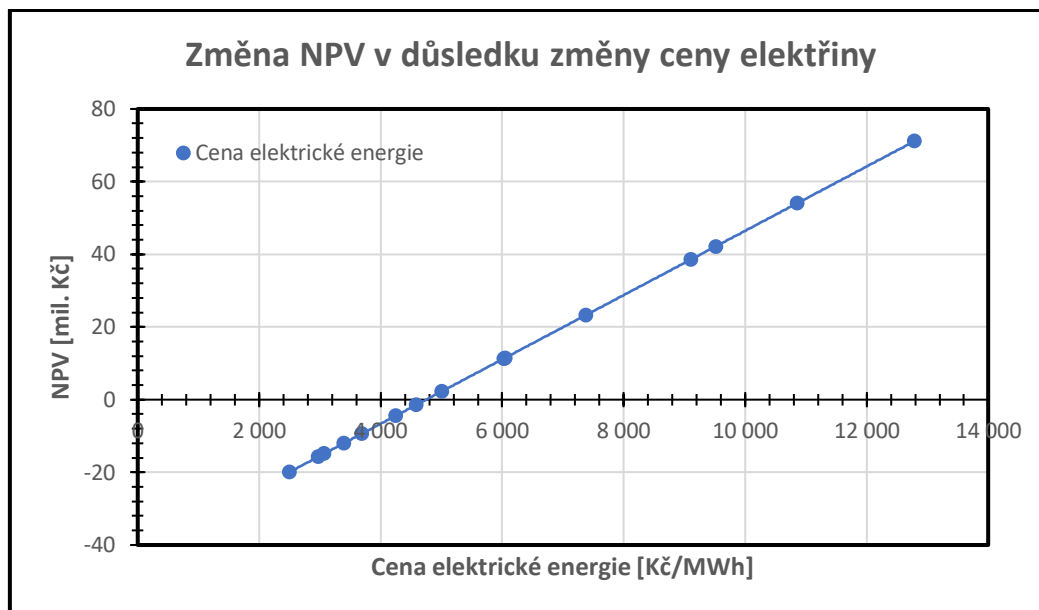


Obrázek 5.1 Vliv diskontu na NPV – varianta 3



Obrázek 5.2 Vliv velikosti investice na NPV a IRR – varianta 3

Dalším sledovaným kritériem byla vliv velikosti investičních nákladů na změnu NPV a IRR. Graf vychází ze změny investičních nákladů při způsobu financování prostřednictvím kupní smlouvy na vyrobenou elektrickou energii bez příspěvku zelených bonusů. Investiční náklady byly původně uvažovány v hodnotě 39 800 000 Kč, přičemž při snížení této investice o 3 100 000 Kč docházíme do bodu, kdy je hodnota NPV nulová. Při dalším snižování počátečních investičních nákladů se dostáváme do oblasti, kdy je NPV kladné a projekt je tedy ziskový. Naopak při navýšení nákladů nám NPV klesá a projekt není ziskový.



Obrázek 5.3 Změna ceny elektrické energie – varianta 3

Poslední graf se zaměřuje na vývoj ceny elektrické energie a její vliv na hodnotu NPV. Pro případ zvolené ceny za prodej elektrické energie stanovené na hodnotu 4 390 Kč/MWh se nacházíme těsně pod hranicí ziskovosti podniku a tedy proděláváme. Při navýšení o 300 Kč/MWh již dosahuje NPV nulové hodnoty a při dalším navyšování dosahujeme zisku. Naopak při poklesu ceny elektrické energie se může projekt ocitnout ve výrazné ztrátě.

V analýze se uvažuje vždy optimální výroba elektrické energie, tedy téměř 100 % z průměrně mokrého roku. K výraznějšímu ovlivnění by mohlo dojít pouze v okamžiku dlouhodobě trvajících extrémů v podobě nadměrných či podprůměrných průtoků, které ovlivní hodnotu NPV. Bohužel, tuto proměnnou nelze dost dobře predikovat a je možno pouze uvážit situace, kdy tyto dva extrémy nastaly a provést úpravu projektu na tento pesimistický a optimistický scénář. Realistický scénář by rovněž uvažoval opotřebení strojního zařízení a onu dynamiku vodního toku.

Dále je vhodné zmínit výraznou citlivost na změny cen elektrické energie. Projekt je při uvážení ceny elektrické energie 4 390 Kč/MWh aktuálně ztrátový, avšak při aplikaci cen za silovou složku elektrické energie vycházející z burzy je situace úplně jiná. Při předpokládaném stropu 5 000 Kč/MWh bez DPH je již varianta s jednou turbínou na kladné hodnotě NPV a doba návratnosti se zkrátila z více než 20 let na 16 let. Při dalším navyšování cen elektrické energie, jež více reflektuje ceny na burze, se do hodnoty kladného NPV dostává rovněž i projekt se dvěma totožnými Kaplanovými turbínami. Pro 6 000 Kč/MWh činí v prvním případě doba návratnosti již pouhou polovinu zkoumaného období, tedy 10 let s NPV = 11 000 000 Kč a IRR

dosahujícím 27,5 %. Druhý ze jmenovaných projektů je při této ceně elektrické energie těsně v závěsu s dobou návratnosti 12 let a $NPV = 7\,800\,000$ Kč při $IRR = 25,5$ %. Při dalším navyšování ceny elektrické energie oproti předpokladu dojde k ještě výrazně rychlejší ekonomické návratnosti projektu.

6 Shrnutí projektu

6.1 Technická část

Lokalita byla vybrána na základě velkého objemového průtoku a faktu, že v tomto místě se již dříve nacházela stavba operující s energií vody. Pro umožnění výstavby MVE v této lokalitě bylo nutno přijmout předpoklad investice do infrastruktury a úpravy vzdouvací stavby s derivačním kanálem, jež jsou v aktuálním stavu nevyhovující.

Parametry vodního toku umožňují instalaci výhradně Kaplanových turbín, přičemž maximální uvažovaný spád MVE činí 2,2 m. Na tento spád byly zváženy instalace tří variant rozložení turbín v poměrech 1:1, 2:1 a jedné samostatné turbíny. Všechna soustrojí byly uvažována tak, aby jejich celková hltnost $20,8\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dokázala plně využít potenciál Ohře. Instalovaný výkon soustrojí je pro variantu jedna 420 kW, zatímco zbylé varianty mají instalovaný výkon roven hodnotě 400 kW.

Všechny uvažované varianty splňují podmínky ročního využití instalovaného výkonu po dobu minimálně 4 000 hodin, přičemž všechna soustrojí využívají svůj výkon v rozpětí 5 400 až 5 600 hodin. Z hlediska ročního provozu jsou varianty s poměrným rozložením turbín 1:1 a 2:1 téměř nastejno, jelikož provozní hodiny činí 7 464 a 7 992. Naopak samostatná Kaplanova turbína díky své hltnosti a relativně brzké nutnosti zastavení kvůli nedostatku vody dosahuje v průměru ba 6 312 provozních hodin za rok.

Vzhledem k relativně vysokým provozním hodinám, dodatečným kW instalovaného výkonu a účinnosti 81 % dosahuje varianta 1 nejvyšší průměrné roční výroby elektrické energie, jež činí 1,737 GWh. Další varianty postupně v průměru vyprodukují 1,638 GWh a 1,590 GWh.

Z technologického hlediska tedy nejlépe vychází varianta 1 s dvěma turbínami o stejné hltnosti a soustrojí. Dokáže vyrobit nejvíce energie, v okamžiku nízkého stavu vody pro provoz obou turbín může být jedna z nich zastavena a provozována druhá s vyšší účinností, přičemž může být souběžně na vypnutém stroji prováděna údržba. Soustrojí rovněž dokáže vzdorovat nepřízní počasí v podobě suchých let, kdy například v porovnání s jedním velkým vodním

motorem bude elektrárna alespoň v částečném provozu stále vyrábět elektrickou energii. Celkově flexibilita soustrojí v případě nepředvídatelných situací a jednodušší údržba díky identičnosti obou strojů dává této variantě jasnou výhodu oproti ostatním.

6.2 Ekonomická část

Z ekonomického hlediska bylo na projekt pohlíženo z pohledu investora a tedy samotné zhodnocení se zabývá zejména ziskovostí projektu, respektive nejmenší ztrátovostí. Obecně lze shrnout, že všechny uvažované varianty jsou v aktuálních cenách materiálu a s příspěvkem současné inflace ztrátové.

Investiční náklady vložené do projektu na jeho počátku dosahují pro jednotlivé varianty částek od 40 000 000 Kč do 56 500 000 Kč bez DPH. Společnou položkou je zde nutnost vybudování vyvedení elektrického výkonu z MVE do nejbližší rozvodny, jež vychází na 6 400 000 Kč. Mandatorní složkou ovlivňující investiční náklady jsou samotná soustrojí, z čehož nejvíce vyčnívají turbíny. Variantu 3 uvažující pouze jednu Kaplanovu turbínu s příslušným soustrojím lze v současnosti pořídit za necelých 24 300 000 Kč, zatímco soustrojí o dvou turbínách vyžadují 31 700 000 Kč pro rozložení 1:1 a 39 400 000 Kč pro rozložení 2:1. Velký rozdíl mezi posledními dvěma variantami je zapříčiněn zejména tím faktem, že je výrazně jednodušší vyrobit dva stejné stroje o stejných parametrech nežli dva odlišné.

MVE byla navržena tak, aby byla co nejvíce automatizována a tedy samotný provoz nevyžadoval zásahy obsluhy vyjma údržby. Mzdové náklady na zaměstnance při použití průměrné měsíční mzdy za rok 2022, jež ke 2. čtvrtletí činí 34 100 Kč²¹³, byly stanoveny na 548 328 Kč s meziroční změnou 5,7 %. Uvažovaná sazba za sociální a zdravotní pojištění je 34 %. Provozní náklady MVE jsou odhadovány na 250 000 Kč ročně s meziroční změnou záviselou na inflaci, jež aktuálně činí 15,8%.²¹⁴

Hodnota diskontu tuto skutečnost rovněž odráží a diskont pro projekt uvažující výkupní ceny stanovované ERÚ má hodnotu 20,3 %, Varianty projektu uvažující sjednání smlouvy s kupujícím, kde je potenciálně vyšší riziko, byl diskont navýšen na 22,8 %.

²¹³ ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Www.czso.cz [online]. 05.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-2-ctvrtleti-2022>

²¹⁴ ČNB: Prognóza ČNB – podzim 2022 [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>

Uveřejněné výkupní ceny stanovovány ERÚ na příští rok činí 3 701 Kč/MWh s meziroční změnou 2 %, současně byly uveřejněny zelené bonusy, které jsou pro rok 2023 nulové.²¹⁵ Odhadovat cenu elektrické energie na příští roky při současných podmínkách a výkyvech bylo obtížné, jelikož zde vstupuje mnoho proměnných. Po konzultacích s potenciálními kupujícími a svojí predikcí jsem došel k hodnotě 4 390 Kč/MWh s meziroční změnou 10 %.

Jak již bylo psáno výše, žádná z uvažovaných variant ani při změně způsobu prodeje elektrické energie nedosahuje za těchto podmínek kladné hodnoty NPV a tedy návratnosti investice. Nejblíže k dosažení kladných hodnot NPV je varianta 3 uvažující jednu Kaplanovu turbínu při způsobu financování prostřednictvím kontraktu s kupujícím. NPV pro tuto variantu činí – 3 172 470 Kč s hodnotou IRR = 21,369 %.

Naopak nejvíce ztrátová je varianta uvažující dvě turbíny o rozložení 2:1 a financování přes výkupní ceny. Tento projekt dosahuje hodnoty NPV = - 32 288 959 Kč a IRR = 5,493 %. Aby byl projekt na nule, musela by být investice maximálně 24 000 000 Kč, což nelze bez vybudování infrastruktury aktuálně dosáhnout.

Z uvážených variant tedy dává nejvyšší smysl investovat do jediné Kaplanovy turbíny, která sice vyrábí nejméně elektrické energie za rok a je náchylná na nízký stav vody, avšak z finančního hlediska je nejméně ztrátová, respektive nejvíce zisková. Dá se předpokládat, že kdyby byl projekt uvažován v dobách, kdy nedochází k výrazným změnám cen materiálů a změnám v oblasti energetiky, pak by projekt dosahoval zisku.

Jednou z těchto proměnných, která velmi výrazně ovlivní ekonomické zhodnocení projektu a dosažení zisk, je cena elektrické energie. Zvolená částka 4 390 Kč/MWh je relativně vzdálená od zastropování přicházející 01.01.2023 a zásadně se liší od cen za silovou složku elektrické energie na burze. Pokud by byla uvažována cena elektrické energie na úrovni zastropování, tedy 5 000 Kč/MWh bez DPH a vyšší burzovní ceny, pak bude projekt výrazně ziskový. Při cenách elektrické energie blízké zastropované hodnotě vykazuje varianta 3 dobu návratnosti do 16 let s NPV = 2 225 000 Kč a IRR = 23,7 %. Pro ceny odpovídající burze, tedy pro částky 6 000 Kč/MWh a výše za silovou složku se již nacházíme v době návratnosti pod 10 let a NPV okolo 11 000 000 Kč s IRR = 27,5 %.

²¹⁵ ERÚ: ENERGETICKÝ REGULAČNÍ VĚSTNÍK 13/2022 [online]. 30.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-132022>

7 Závěr

Práce je zaměřena na problematiku výtěžnosti energetického potenciálu z vodních toků provozem MVE. Účelem bakalářské práce bylo vytvořit návrh a projekt k lokalitě Číňovský mlýn, jež poskytne potenciálním zájemcům o investici v této lokalitě alespoň nějaký přehled o situaci. S použitými informacemi bylo nakládáno tak, aby nebylo nutné provádět příliš velká zjednodušení a bylo tedy docíleno přesnějších výsledků.

Bakalářská práce naplnila všechny body ze zadání. Chronologický postup seznamuje čtenáře s využitím hydroenergetického potenciálu v České republice přes energetické využití řeky Ohře. Dále je kladen důraz na samotný potenciál toku v konkrétní lokalitě a technologickou stránku návrhu MVE, jež volně přechází do ekonomického návrhu a zhodnocení celé investice.

Výstupem ze segmentu zabývající se řekou Ohře je ucelený soubor dat mapující umístění elektráren na toku, jejich vybavenost a energetickou výtěžnost toku. Na Ohři je stále mnoho lokalit, které jsou vhodné pro výstavbu MVE, avšak jsou zde často problémy komplikující realizaci. Volba na lokalitu Číňovský mlýn padla zejména z toho důvodu, že zde již dříve stávala hydroenergetická stavba a potenciál po obnově poničených staveb je zde stále významný.

Technická část pojednává o srovnání tří možných instalací MVE do uvažované lokality. Při návrhu parametrů bylo nutné dbát na požadavky technické, právní a na požadavky spojené s ochranou životního prostředí. Z technického hlediska vychází nejlépe varianta s umístěním dvou Kaplanových turbín o stejné hltnosti, jenž na 420 kW instalovaného výkonu dokáže vyprodukovat až 1 737 MWh za rok. Tato varianta má svého konkurenta v podobě jedné velké Kaplanovy turbíny, která při 400 kW instalovaného výkonu vyrobí ročně v průměru 1 590 MWh. Konkurenceschopnost zde spočívá zejména v oblasti ekonomiky, kdy investiční náklady jsou výrazně nižší. Varianta s rozložením turbín 2:1 se technologicky nedokáže prosadit zejména kvůli tomu, že dřívější odstavení větší z turbín nedokáže pokrýt delší běh menší turbíny a s průměrnou roční výrobou 1 638 MWh tedy nemá smysl tuto variantu z technologického hlediska zavádět.

Vstupní hodnoty určující ekonomické parametry byly získány prostřednictvím konzultací s odborníky z oborů vodní energetiky, elektrotechniky a stavebnictví. Z těchto konzultací byly stanoveny ceny jednotlivých komponent, potažmo přepočtové koeficienty na jednotlivá soustrojí. Tržní cena elektrické energie byla odvozena ze statistik OTE a zelené bonusy spolu

s výkupní cenou odpovídají cenám stanoveným ERÚ. Výkupní cena elektrické energie činí 3 701 Kč/MWh pro rok 2023 s meziroční změnou 2 %, zelené bonusy pro nadcházející rok jsou stanoveny jako nulové a odhadovaná cena prodeje elektrické energie pro příští rok činí 4 390 Kč/MWh.

Z pohledu investora nejlépe vychází varianta 3, tedy instalace jedné Kaplanovy turbíny. Tímto pohledem chceme co nejvyšší ziskovost projektu, přičemž při financování skrze kontrakt s kupujícím naši elektrickou energii dosáhneme hodnoty NPV = - 3 172 470 Kč. Vzhledem k nulovým příspěvkům v podobě zelených bonusů na příští roky jsou tyto způsoby financování ekvivalentní, avšak při znovuzavedení těchto příspěvků dojde k navýšení tržeb z prodeje elektrické energie a tedy i vyšší ziskovosti.

V současné situaci bych doporučil z technického hlediska provést výstavbu varianty 1 sdružující 2 stejné Kaplanovy turbíny, jelikož dosahují nejvyšší průměrné roční výroby elektrické energie a rovněž jsou nejvíce flexibilní. Z pohledu ekonomického nejlépe vychází investice do soustrojí varianty 3 při zajištěné smlouvě s kupujícím o daných parametrech. V tomto případě je investice nejméně ztrátová, avšak stále ztrátová. V žádném případě nedoporučuji investici do varianty 2 o rozložení turbín 2:1, jelikož po technické ani ekonomické stránce se v dané lokalitě nevyplácí.

V okamžiku uvažování ceny silové složky elektrické energie na úrovni zastropování 5 000 Kč/MWh bez DPH se varianta 3 uvažující samostatnou Kaplanovu turbínu již jeví jako zisková s NPV = 2 225 000 Kč a IRR = 25,5 %. Při zvážení burzovních cen dosahuje zisku i varianta s dvěma Kaplanovými turbínami o poměrném rozložení 1:1 a například pro 6 000 Kč/MWh bez DPH se dostává varianta 3 na hodnotu NPV = 11 000 000 Kč s dobou návratnosti do 10 let.

Bakalářská práce mi poskytla náhled do problematiky malých vod, jejich navrhování a ekonomické zhodnocení. Pro účely práce bylo nutné nastudovat problematiku vodních motorů ze strojařského hlediska, dále vyřešit provedení stavby a infrastruktury ze stavebního hlediska a v neposlední řadě zpracovat nepřehledné množství statistických dat, technických norem a právních norem zabývajících se touto komplexní problematikou.

Tuto bakalářskou práci rozhodně nelze brát jako uzavřené dílo sloužící k návrhu MVE. Pro podrobnější popsání problematiky je důležité podrobněji popsat technický aspekt elektrárny a lépe charakterizovat vodní tok v lokalitě. Konkrétně by bylo možné zpřesnit návrh sledováním reálných spádů na jezu a před vstupem do MVE vedoucí k optimalizaci provozu. S tímto

tématem souvisí podrobnější studie proveditelnosti o úpravě vzdouvací stavby, jež by mohla mít pozitivní vliv na navýšení výkonu. Z ekonomického hlediska je zde možnost provést přepočty pro dynamické změny toku a klesající účinnost v důsledku opotřebení strojů v průběhu let, potažmo blíže rozepsat způsoby financování a rentability podniku.

Seznam použité literatury

- [1] AVTS. MVE Dubina se stavět nebude. [online]. © 2021 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.raft.cz/Clanek-Skutecne-dopady-stavby-MVE-Dubina.aspx?ID_clanku=2328
- [2] AVTS. Skutečné dopady stavby MVE Dubina. [online]. © 2021 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.raft.cz/Clanek-Skutecne-dopady-stavby-MVE-Dubina.aspx?ID_clanku=2273
- [3] BALVÍN, Jaroslav. Deník.cz. Malá vodní elektrárna v Křesíně dostala rekordní pokutu. Nebylo dost vody. [online]. ©2018 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/mala-vodni-elektrarna-v-kresine-dostala-rekordni-pokutu-nebylo-dost-vody-20181130.html>
- [4] BEDNÁŘ, Josef. Malé vodní elektrárny 2: Turbíny. Praha: SNTL, 1989.
- [5] BEDNÁŘ, Josef. Turbíny: (malé vodní elektrárny). Českovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 978-80-905437-0-6.
- [6] BUREŠOVÁ, Klára. PONOŘENÁ MVE TEREZÍN V LEVÉM JEZOVÉM POLI - KONCEPT, 3D MODEL, TISK: Bakalářská práce. ČVUT DSpace. [online]. © 2019 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/79525>
- [7] Cuzk.cz. Nahlížení do katastru nemovitostí. [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz>
- [8] 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). In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2015, ročník 2015, částka 124. Dostupné také z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=296/2015&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [9] 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). In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2022, ročník 2022, částka 43. Dostupné také z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=79/2022&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

- [10] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Www.czso.cz [online]. 05.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-2-ctvrtleti-2022>
- [11] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ. Mapy ČÚZK. 2022. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [12] ČEZ, a.s. Malá vodní elektrárna Želina opět přispěla k ekologické výrobě elektřiny, v loňském roce ušetřila 1 888 tun uhlí, Obnovitelné zdroje. [online]. ©2011 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/mala-vodni-elektrarna-zelina-opet-prispela-k-ekologickevyrobe-elektriny-v-lonskem-roce-usetrila-1-888-tun-uhli-49503>
- [13] ČEZ, a.s. Malá vodní elektrárna Želina, Obnovitelné zdroje. [online]. ©2022 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny/ceska-republika/zelina-58138>
- [14] ČHMÚ. Data převzata podle zákona 123/1998 Sb. [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrolog>
- [15] ČNB: Prognóza ČNB – podzim 2022 [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>
- [16] ČURLINOVÁ, Klára. Vodáci se zbavili jezu smrti, Černý mlýn je bezpečný. jez Černý mlýn. [online]. © 2015 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: https://sokolovsky.denik.cz/zpravy_region/vodaci-se-zbavili-jezu-smrti-cerny-mlyn-je-bezpecny-20150709.html
- [17] Deník.cz. Ne, ne, ne zaznívá elektrárně ze strany Pístů i Hostěnic. [online]. ©2014 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ustecky-kraj/ne-ne-ne-zazniva-elektrarne-ze-strany-pistu-i-hostenic-20140206-bkaz-eoyz.html>
- [18] DUŠIČKA Peter, Pavel GABRIEL, Tomáš HODÁK, František ČIHÁK a Peter ŠULEK. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY. 2003. Bratislava: Jaga group, 2003.
- [19] ELEKTRO. Čerpací stanice Stranná. [online]. FCC PUBLIC. [cit. 2022-10-19]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/cerpaci-stanice-stranna--14697>
- [20] Energetický regulační úřad. [online]. ERÚ: ©2022 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/roční-zprava-o-provozu-es-cr-pro-rok-2021>

- [21] ERÚ: ENERGETICKÝ REGULAČNÍ VĚSTNÍK 13/2022 [online]. 30.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/energeticky-regulacni-vestnik-132022>
- [22] ERÚ: Jak jsou vypočteny výkupní ceny a zelené bonusy [online]. 29.07.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/jak-jsou-vypocteny-vykupni-ceny-zelene-bonusy>
- [23] ERÚ: Jaký je rozdíl mezi zeleným bonusem a výkupní cenou [online]. 01.09.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/jaky-je-rozdil-mezi-zelenym-bonusem-vykupni-cenou>
- [24] ERÚ: Je možné kombinovat formu podpory [online]. 21.03.2022 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/je-mozne-kombinovat-formu-podpory-v-rezimu-vykupni-ceny-zeleneho-bonusu>
- [25] ERÚ: Návrh cenového rozhodnutí pro rok 2023 [online]. 05.10.2022 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/navrh-cenoveho-rozhodnuti-kterym-se-stanovuje-podpora-pro-poze-pro-rok-2023>
- [26] ERÚ: Veřejný konzultační proces k návrhu vyhlášky [online]. 01.04.2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/verejny-konzultacni-proces-k-navrhu-vyhlasky-o-technicko-ekonomickych-parametrech>
- [27] GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1.
- [28] HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. Malé vodní elektrárny: projektování a provoz. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- [29] HOUDEK, Michal. Nebezpečný jez v Kynšperku. IDNES.cz [online]. © 2012 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/vodaci-se-dockali-bezpecnejsiho-jezu-u-kynsperka.A120727_154609_vary-zpravy_pl
- [30] KOBRLE, Pavel. Přednášky a semináře předmětů Základy elektrických strojů a přístrojů B1B13ZSP a Základy elektrických pohonů B1B14ZPO
- [31] KOTRBOVÁ, Martina, MF DNES. Mlýn starý 440 let byl zcela zdevastovaný. Josef Kindl mu vrátil život. IDNES.cz [online]. © 2018 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/bydleni/rekonstrukce/rekonstrukce-mlyn-zachrana-mlyna-vodni-mlyn-vodni-elektrarna-pamatka.A180627_112904_rekonstrukce_web

- [32] KOUT, Jan. U jezu v Březně byl zahájen provoz malé vodní elektrárny. ŽATECKÝ A LOUNSKÝ deník.cz. [online]. © 2014 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://zatecky.denik.cz/zpravy_region/vodni_elektrarna_brezno_20140417.html
- [33] Mapy turistika- Jez Číňovský mlýn. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904993&x=13.4536291&y=50.3681130&z=17>
- [34] Mapy turistika- Jez Šabina. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905023&x=12.5797132&y=50.1349944&z=17>
- [35] Mapy turistika- Jez Tuhnice. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905044&x=12.8441441&y=50.2270812&z=17>
- [36] Mapy turistika. Doksanský mlýn. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?q=Doksany&source=base&id=2463323&ds=2&x=14.1587397&y=50.4521049&z=16>
- [37] Mapy turistika. Jez Brozany. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904891&x=14.1446098&y=50.4520348&z=16>
- [38] Mapy turistika. Jez Černý mlýn. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905017&x=12.6016697&y=50.1439405&z=18>
- [39] Mapy turistika. Jez Kadaň I. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904964&x=13.2655728&y=50.3743104&z=17>
- [40] Mapy turistika. Jez Klášterec nad Ohří. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?q=MVE%20Loket&source=base&id=1905079&ds=2&x=13.1774515&y=50.3835529&z=19>
- [41] Mapy turistika. Jez Královském Poříčí. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905057&x=12.6655787&y=50.1849451&z=14>
- [42] Mapy turistika. jez Kynšperk nad Ohří. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1904883&x=12.5257578&y=50.1239986&z=17>
- [43] Mapy turistika. Jez Stranná. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904991&x=13.4453550&y=50.3684801&z=18>
- [44] Mapy turistika. Jez Terežín. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1905046&x=14.1559511&y=50.5114660&z=17>

- [45] Mapy turistika. Jez Žatec. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=base&id=1904874&x=13.5319741&y=50.3295343&z=17>
- [46] Mapy turistika. Jez Želina. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?source=base&id=1904988&x=13.2925880&y=50.3655033&z=17>
- [47] MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01808-0.
- [48] Ministerstvo životního prostředí: Platná právní norma [online]. © 2008–2022 [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/www/pl>
- [49] Mistopisy.cz. Počet obyvatel Libočany. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/9301/libocany/pocet-obyvatel/>
- [50] MPO: Vláda schválila zastropování cen energií. [online]. @2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/vlada-schvalila-zastropovani-cen-energi--pomuze-jak-domacnostem--tak-firmam--270228/>
- [51] NAŠE VODA. Unikátní český vynález – vírová turbína zahájila provoz na MVE Želina. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/unikatni-cesky-vynalez-virova-turbina-zahajila-provoz-na-mve-zelina/>
- [52] NOVÁK, Vladimír. MVE Jakubov s.r.o. [telefonický hovor] [cit. 2022-10-19].
- [53] OTE. [online]. Registrace: © 2021 [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/registrace>
- [54] OTE: STATISTIKA - Rozdíl výkupní a tržní ceny [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/rozdil-vykupni-a-trzni-ceny?date=2021-01-01>
- [55] PAŽOUT, František. Malé vodní elektrárny 1: Ekonomika - předpisy. Praha: SNTL, 1987.
- [56] Portál ČHMÚ. Denní data dle zákona 123/1998 Sb. [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrolo>
- [57] POVODÍ OHŘE, státní podnik. Ing. POLÁCH, David. [email]. [cit. 2022-10-25].
- [58] PROCHÁZKA, Radek. Přednášky a semináře předmětu Elektroenergetika 2 B1B15EN2 na FEL ČVUT v Praze, 2021.

- [59] STARÝ, Oldřich, MAKEŠOVÁ, Michaela, ČERNOHOUS, Josef. Přednášky a semináře předmětu Základy finančního managementu B1B16ZFM1 a Základy podnikání B1B16ZPU na FEL ČVUT v Praze, 2021 a 2022
- [60] STRNADOVÁ, Miroslava. Žatec se brání výstavbě vodní elektrárny. IDNES.cz [online]. © 2021 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/usti/zpravy/zatec-jez-ohre-vodni-elektrarna-landreal-uzemni-plan.A211102_095629_usti-zpravy_grr
- [61] ŠTÁVOVÁ, RADKA. [online]. FME VUT Brno: © 2017 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.fme.vutbr.cz/veda/uspechy/66344>
- [62] ŠTEGNER, Ladislav. LITOSTROJ ENGINEERING. [telefonický hovor] [cit. 2022-10-19].
- [63] TURISTICKÝ ATLAS. Jez Jakubov - Mlýn nad Ohří (Vojkovice). [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7924_jez-jakubov-mlyn-nad-ohri.html
- [64] TURISTICKÝ ATLAS. Jez Radošov. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7923_jez-radosov.html
- [65] TURISTICKÝ ATLAS. Jez Šabina. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7915_jez-sabina.html
- [66] TURISTICKÝ ATLAS. Jez Tuhnice - Karlovy Vary. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7920_jez-tuhnice-karlovy-vary.html
- [67] TURISTICKÝ ATLAS. Jez U Solivárny Karlovy Vary. [online]. © 2016 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://turistickyatlas.cz/vse/misto/7921_jez-u-solivarny-karlovy-vary.html
- [68] TV-Adams.wz.cz. MVE Jindřichov. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/306.html
- [69] TV-Adams.wz.cz. MVE Loket I. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/305.htm
- [70] TV-Adams.wz.cz. MVE Loket II. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/304.html
- [71] TV-Adams.wz.cz. Přehrada Skalka. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/prehrada_skalka.html

- [72] TV-Adams.wz.cz. Historie českých vodních děl. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: <http://www.tv-adams.wz.cz/text/casovaOsaCesko.html#8>
- [73] TV-Adams.wz.cz. MVE Brozany. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/290.html
- [74] TV-Adams.wz.cz. MVE Doksany. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/289.html
- [75] TV-Adams.wz.cz. MVE Cheb. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/307.html
- [76] TV-Adams.wz.cz. MVE Kadaň. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/301.html
- [77] TV-Adams.wz.cz. MVE Klášterec. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/302.html
- [78] TV-Adams.wz.cz. MVE Košnice. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/293.html
- [79] TV-Adams.wz.cz. MVE Křesín. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/292.html
- [80] TV-Adams.wz.cz. MVE Lenešice. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/297.html
- [81] TV-Adams.wz.cz. MVE Libočany. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/299.html
- [82] TV-Adams.wz.cz. MVE Libochovice. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/291.html
- [83] TV-Adams.wz.cz. MVE Louny. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/296.html
- [84] TV-Adams.wz.cz. MVE Mradice. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/298.html
- [85] TV-Adams.wz.cz. MVE Pátek. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/294.html

- [86] TV-Adams.wz.cz. MVE Perštejn - Černýš. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/303.html
- [87] TV-Adams.wz.cz. MVE Vršovice. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/295.html
- [88] TV-Adams.wz.cz. MVE Želina. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/300.html
- [89] TV-Adams.wz.cz. Přehrada Kadaň. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/1160.html
- [90] TV-Adams.wz.cz. Přehrada Nechanice. [online]. [cit. 2022-10-13] Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/1167.html
- [91] TV-Adams.wz.cz: MVE Pomezňá u Chebu [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_dila/308.html
- [92] UMAN, Vladimír. EnerUm a.s. MVE Radošov. [email]. [cit. 2022-10-21].
- [93] Vodackanavigace.cz. Dasnice Ohře. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodackanavigace.cz/ohre-dasnice?detailId=2346>
- [94] Vodackanavigace.cz. Ohře jez Ottův [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodackanavigace.cz/ohre-jez-ottuv?detailId=2308>
- [95] Vodní dílo Nechanice. Přehrada Nechanice. [online]. © 2019 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.poh.cz/vodni-dilo-nechanice/d-2598>
- [96] Vodnimlyny.cz. Panský mlýn. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3942-pansky-mlyn>
- [97] Vodnimlyny.cz. Číňovský mlýn. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2390-cinovsky-mlyn>
- [98] Vodnimlyny.cz. Jedlový mlýn Tanner Mühle. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/8162-jedlovy-mlyn-tanner-muhle>
- [99] Vodnimlyny.cz. Jiráskovy mlýny, mlýn Hasák, Hasáčert. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1275-jiraskovy-mlyny-mlyn-hasak-hasacert>

- [100] Vodnimlyny.cz. Koštický mlýn. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3332-kosticky-mlyn>
- [101] Vodnimlyny.cz. L. Klíma mlýny Křesín. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1274-l-klima-mlyny-kresin>
- [102] Vodnimlyny.cz. Městské mlýny, Panský mlýn. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/7701-mestske-mlyny-pansky-mlyn>
- [103] Vodnimlyny.cz. mlýn Brozany. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1505-mlyn-brozany>
- [104] Vodnimlyny.cz. mlýn Doksany. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1504-mlyn-doksany>
- [105] Vodnimlyny.cz. mlýn Mradice. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2739-mlyn-mradice>
- [106] Vodnimlyny.cz. Mlýn u Pomezne. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/no/mlyny/estates/detail/6488-mlyn-u-pomezne>
- [107] Vodnimlyny.cz. Mlýn v Březně u Loun. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/5518-mlyn-v-brezne-u-loun>
- [108] Vodnimlyny.cz. mlýn v Libochovicích. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/2393-mlyn-v-libochovicich>
- [109] Vodnimlyny.cz. mlýn v Lokti I. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3239-mlyn-v-lokti-i>
- [110] Vodnimlyny.cz. mlýn v Lokti II. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3240-mlyn-v-lokti-i>
- [111] Vodnimlyny.cz. mlýn v Pátku. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3334-mlyn-v-patku>
- [112] Vodnimlyny.cz. Mlýna na Ohři, Eger Mühle. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/5298-mlyn-na-ohri-eger-muhlee>
- [113] Vodnimlyny.cz. Mostní mlýn; Bruckmühle. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3944-mostni-mlyn-bruckmuhle>

- [114] Vodnimlyny.cz. Slavický mlýn. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/7695-slavicky-mlyn>
- [115] Vodnimlyny.cz. Steinkopfv mlýn. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3555-steinkopfuv-mlyn>
- [116] Vodnimlyny.cz. Tuhnický mlýn. [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/11532-tuhnicky-mlyn>
- [117] Vodnimlyny.cz. Vokovský mlýn, Wogauer Mühle. [online]. [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/8170-vokovsky-mlyn-wogauer-muhle>
- [118] Vodnimlyny.cz. Vršovický mlýn. [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/5528-vrsovicky-mlyn>
- [119] Vodnimlyny.cz. Weisskopfv mlýn. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3560-weisskopfuv-mlyn>
- [120] Vodnimlyny.cz. Černý mlýn; Schwarzmühle. [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/3940-cerny-mlyn-schwarzmuhle>
- [121] VODRÁŽKOVÁ, Lucie. NÁVRH BŘEHOVÉ MVE TEREZÍN S VYUŽITÍ TECHNOLOGIE "DIVE-TURBINE": Diplomová práce. ČVUT DSpace [online]. © 2019 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/80995>
- [122] ZEDNÍK, Vladimír. Čerstvý důchodce zachraňuje vodáky. IDNES.cz [online]. © 2010 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/karlovy-vary/zpravy/cerstvy-duchodce-zachranuje-vodaky-na-jezu-smrti-v-radosove.A101210_153904_vary-zpravy_sou

Seznam příloh

Příloha I: Seznam vodních děl na Ohři

Příloha II: Návrhové parametry lokality a soustrojí

Příloha III: Zakreslení uvažované MVE do příslušné lokality

Příloha IV: Výkaz CF pro soustrojí MVE – varianta 1

Příloha V: Výkaz CF pro soustrojí MVE – varianta 2

Příloha VI: Výkaz CF pro soustrojí MVE – varianta 3

Příloha VII: Technický a ekonomický model BP

7.1 List 1 – Ekonomický model (var.1)

7.2 List 2 – Ekonomický model (var. 2)

7.3 List 3 – Ekonomický model (var. 3)

7.4 List 4 – Finanční náročnost investice

7.5 List 5 – Technické parametry MVE

7.6 List 6 – Statistika průtoků – jez Číňovský mlýn