

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

### **Studie proveditelnosti VD Kryry na Podvineckém potoce Feasibility study of the Kryry dam on the Podvinecky creek**

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Vedoucí bakalářské práce:

Květen 2023

doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.

Ondřej Němčanský

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Němcanský Jméno: Ondřej Osobní číslo: 494052  
Zadávající katedra: K142 - Katedra hydrotechniky  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor/specializace: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie proveditelnosti VD Kryry na Podvineckém potoce  
Název bakalářské práce anglicky: Feasibility study of the Kryry dam on the Podvinecky creek  
Pokyny pro vypracování:  
V lokalitě budoucího profilu VD Kryry navrhnete varianty koncepčního a konstrukčního řešení hráze. Varianty budou obsahovat základní výkresovou dokumentaci hráze včetně funkčních objektů, které budou navrženy na základě příslušných hydrotechnických výpočtů. V rámci zpracování práce využijte kromě dostupných podkladů také místní šetření a zpracujte potřebnou dokumentaci z místního šetření.  
Seznam doporučené literatury:  
Přehrady, V. Broža, J. Kratochvíl, P. Peter, L. Votruba, 04-728-87, SNTL 1987  
Skriptum Navrhování přehrad, V. Broža, L. Satrapa., 1996  
Technické normy: ČSN 75 2340 Navrhování přehrad - Hlavní parametry a vybavení; ČSN 75 2310 Sypané hráze; příslušné EC a legislativní předpisy  
Vyhlášky: 255/2010 Sb. (úprava 471/2001 Sb.), 590/2002 Sb.  
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.  
Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2023 Termín odevzdání BP v IS-KOS: 22.5.2023  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

22.2.2023

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze, 22.5.2023

\_\_\_\_\_  
Místo zpracování, datum

\_\_\_\_\_  
Ondřej Němčanský

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Ladislavu Satrapovi, CSc. za celkové vedení při vypracování této práce, za odborné rady při konzultacích a za vždy vřelý přístup. Zároveň bych chtěl poděkovat mému konzultantovi Ing. Stanislavu Plecitému ze společnosti Vodní díla – TBD, a.s. za rady z oblasti vodohospodářské praxe, ale také za korekci textu této práce.

Dále bych rád poděkoval doc. Dr. Ing. Pavlu Fošumpaurovi za rady z oblasti vodohospodářského řešení vodních děl a Ing. Miroslavu Broučkovi, Ph.D. za doporučení v oblasti přehradní geologie. Současně bych chtěl poděkovat hrázným a pracovníkům podnikového ředitelství Povodí Ohře, s.p. za poskytnuté informace a podklady a také pracovníkům Ministerstva obrany České republiky za posouzení variant.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině, přátelům a spolužákům za podporu.

## **ABSTRAKT**

Předmětem této práce je navržení variant koncepčního a konstrukčního řešení hráze nově budovaného vodní díla Kryry na Podbořansku. Součástí práce je charakteristika území, základní údaje o plánované přehradě a také zpracování dokumentace místního šetření. V práci jsou navrženy 4 varianty řešení hráze včetně funkčních objektů, přičemž pro každou variantu je vyhotovena výkresová dokumentace v návaznosti na hydrotechnické výpočty. Varianty jsou zhodnoceny technickoekonomickým hlediskem mezi sebou.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Přehrada, Kryry, Podbořansko, studie proveditelnosti, zemní sypaná hráz, asfaltobetonové jádrové těsnění, hrazený přímý přeliv, nehrazený boční přeliv, klapkový uzávěr, segmentový uzávěr, labyrintový přeliv, výkresová dokumentace, technickoekonomické hodnocení

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to propose alternatives for the conceptual and structural design of the dam of the newly built water structure Kryry in the Podbořany region. The work includes a characterization of the area, basic data about the planned dam and the documentation of the local survey. The thesis proposes 4 variants of the dam solution including functional objects, while for each variant there is a project documentation connected with hydrotechnical calculations. The options are evaluated on a technical-economic basis against each other.

## **KEY WORDS**

Dam, Kryry, Podbořany region, feasibility study, earth fill dam, asphalt-concrete core seal, regulated lateral spillway, unregulated side spillway, flap gate, segmented gate, labyrinth spillway, project documentation, technical-economic evaluation

## Seznam použitých zkratek

A	plocha
AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSN	česká státní norma
ČSR	Československá republika
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
DN	vnitřní průměr potrubí
DTM	digitální technická mapa
GPS	globální družicový polohový systém
HMX	cyklotetrametylentetranitramin
HG	hydrogeologický průzkum
IG	inženýrskogeologický průzkum
JTSK	jednotná trigonometrická síť katastrální
KMH	kontrolní mezní hladina
KPV	kontrolní povodňová vlna
LAPV	území chráněné pro akumulaci povrchových vod
MBH	mezní bezpečná hladina
MO ČR	Ministerstvo obrany České republiky
MVE	malá vodní elektrárna
MZE	Ministerstvo zemědělství České republiky
MZP	minimální zůstatkový průtok
MŽP	Ministerstvo životního prostředí České republiky
N	počet let
NPÚ	Národní památkový ústav
NPV	návrhová povodňová vlna
p	pravděpodobnost
P	cena
PETN	pentaerythritol tetranitrát
POH	Povodí Ohře, s. p.
PPO	protipovodňová ochrana
PUPFL	pozemek určený k plnění funkcí lesa

Q	průtok
Q <sub>a</sub>	dlouhodobý průměrný roční průtok
Q <sub>neš</sub>	neškodný průtok
Q <sub>MZP</sub>	minimální zůstatkový průtok
s. p.	státní podnik
SVP	směrný vodohospodářský plán
T	doba
TPV	teoretická povodňová vlna
VD	vodní dílo
VO	vegetační období
VUV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
ZPF	zemědělský půdní fond





4.2.2	Zatřídění vodního díla z hlediska významu a bezpečnosti .....	31 -
4.2.3	Rozdělení prostorů nádrže .....	32 -
4.2.4	Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže .....	33 -
4.2.5	Výběh větrových vln .....	35 -
4.2.6	Určení výšky koruny hráze, KMH a MBH .....	39 -
4.2.7	Minimální zůstatkový průtok .....	41 -
4.2.8	Výpar z nádrže .....	42 -
4.2.9	Průsaky tělesem hráze .....	43 -
4.2.10	Vodní bilance – vodohospodářská .....	46 -
4.2.11	Doba plnění nádrže .....	47 -
4.2.12	Doba prázdnění nádrže .....	47 -
4.2.13	Transformace povodňové vlny .....	48 -
4.3	Místní šetření .....	57 -
4.4	Řešení přípravné fáze výstavby .....	57 -
4.4.1	Demolice objektů .....	57 -
4.4.2	Kácení dřevin a skrývka ornice .....	57 -
4.4.3	Zemníky .....	58 -
4.4.4	Převedení vody .....	58 -
4.5	Společná řešení variant .....	58 -
4.5.1	Hráz .....	58 -
4.5.2	Bezpečnostní přeliv .....	59 -
4.5.3	Konstrukce za bezpečnostním přelivem .....	59 -
4.5.4	Spodní výpusti .....	60 -
4.5.5	Odpadní chodba a koryto spodní výpusti .....	60 -
4.5.6	MVE .....	61 -
4.5.7	Migrační zprůchodnění a ichtyologie nádrže .....	62 -
4.5.8	Objekt hrázného .....	62 -

4.5.9	Objekt vstupu do injekční chodby.....	- 62 -
4.5.10	Přístup k nádrži pro údržbu.....	- 62 -
4.6	Řešení varianty A.....	- 63 -
4.6.1	Hráz .....	- 63 -
4.6.2	Bezpečnostní přeliv .....	- 63 -
4.6.3	Spadiště.....	- 64 -
4.6.4	Skluž .....	- 64 -
4.6.5	Vývar .....	- 64 -
4.6.6	Odpadní koryto za vývarem .....	- 64 -
4.7	Řešení varianty B.....	- 65 -
4.7.1	Hráz .....	- 65 -
4.7.2	Bezpečnostní přeliv .....	- 65 -
4.7.3	Skluž .....	- 66 -
4.7.4	Vývar .....	- 66 -
4.7.5	Odpadní koryto za vývarem .....	- 66 -
4.8	Řešení varianty C.....	- 67 -
4.8.1	Hráz .....	- 67 -
4.8.2	Bezpečnostní přeliv .....	- 67 -
4.8.3	Spadiště.....	- 67 -
4.8.4	Skluž .....	- 67 -
4.8.5	Vývar .....	- 68 -
4.8.6	Odpadní koryto za vývarem .....	- 68 -
4.9	Řešení varianty D.....	- 68 -
4.9.1	Hráz .....	- 68 -
4.9.2	Bezpečnostní přeliv .....	- 69 -
4.9.3	Skluž .....	- 69 -
4.9.4	Vývar .....	- 69 -

4.9.5	Odpadní koryto za vývarem .....	- 69 -
4.10	Řešení varianty E .....	- 70 -
5.	Technicko-ekonomické hodnocení .....	- 71 -
5.1	Kritéria hodnocení a jejich váha .....	- 71 -
5.2	Odhad nákladů na jednotlivé varianty .....	- 73 -
5.3	Výhody a nevýhody variant.....	- 74 -
5.3.1	Varianta A .....	- 74 -
5.3.2	Varianta B .....	- 74 -
5.3.3	Varianta C .....	- 75 -
5.3.4	Varianta D .....	- 76 -
5.4	Vyhodnocení variant .....	- 77 -
6.	Závěr .....	- 80 -
7.	Seznam obrázků .....	- 82 -
8.	Seznam tabulek .....	- 84 -
9.	Seznam rovnic .....	- 86 -
10.	Použité zdroje a literatura.....	- 87 -
11.	Fotodokumentace .....	- 91 -
12.	Přílohy .....	- 92 -
13.	Výkresová dokumentace.....	- 93 -

# 1. Úvod

Problematika změny klimatu přímo souvisí s narůstající intenzitou a četností extrémního sucha a zároveň souvisí s náhlými prudkými dešti, které způsobují povodně. Z tohoto důvodu je nutné hospodařit s vodou v co největší míře tak, abychom eliminovali negativní účinky těchto jevů a zajistili dostatek zdrojů vody pro život lidí, živočichů a rostlin i v budoucnu. Jedním z těchto zdrojů je akumulace vody v krajinně vodními nádržemi, které zadrží povrchovou vodu, jež by jinak odtekla z povodí.

Nádrže mají výhodu v možnosti akumulace vody pro zásobování vodou obyvatelstvo, průmysl a zemědělství. Současně můžou transformovat případnou povodňovou vlnu a při suchých měsících můžou nadlepšovat průtoky vodních toků. Při těchto činnostech je možné využít kinetickou energii vody pro výrobu elektrické energie v objektech malých vodních elektráren.

Předmětem bakalářské práce je navrhnout a posoudit konstrukční varianty hráze a objektů vodního díla Kryry na Podbořansku, které se nachází v místech s výskytem nejčastějších suchých období v celé České republice. První zmínky o záměru vybudování přehrady na Podvineckém potoce se datují již do roku 1975 ve Směrném vodohospodářském plánu.

Podklady pro vypracování této práce tvoří geodetické zaměření nádrže a toků, hydrologická a klimatologická studie, ichtyologický posudek a dopravní studie. Tyto podklady mi poskytlo Povodí Ohře, s.p. Další podklady jako například věcný rozsah a obsah technického řešení předprojektové přípravy VD Kryry a online dokumenty jsem získal z veřejně dostupných online zdrojů. Podklad vodohospodářského řešení z první fáze mi byl poskytnut doc. Dr. Ing. Pavlem Fošumpauřem. Doplnkovými podklady byly protokoly o výsledcích laboratorních zkoušek z dolů společnosti Severočeské doly a.s., zpráva o geologii a hospodaření se zásobami výhradního ložiska z dolů společnosti 7 Inntech a.s. a ceny komponentů klapkového a segmentového uzávěru od společnosti Ševčík HYDRO s.r.o.

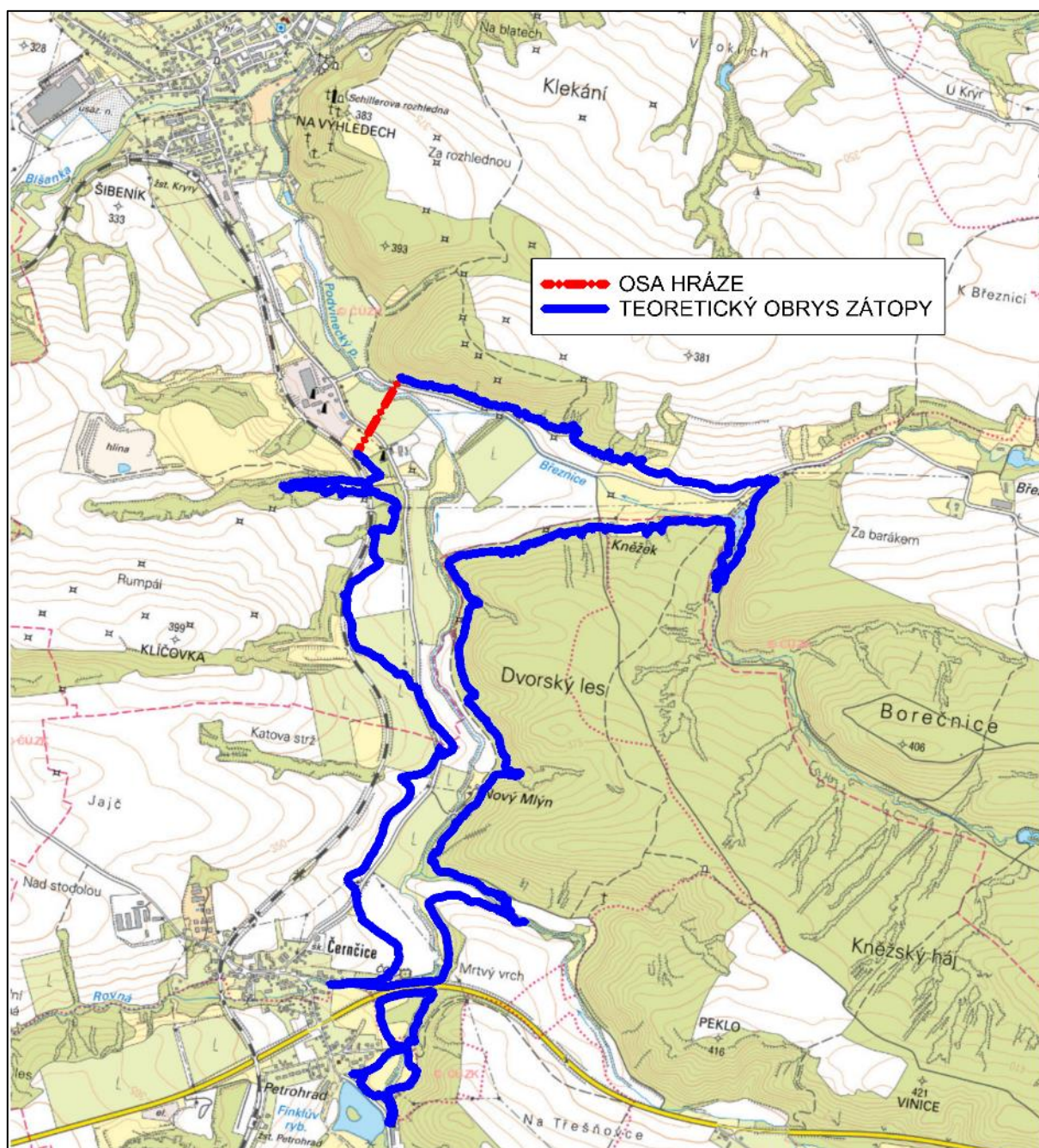
**Níže uvádím cíle této práce:**

- Prostudovat a případně srovnat veškeré podklady a jejich výstupy potřebné pro stavbu VD Kryry
- Navrhnout několik variant koncepčního a konstrukčního řešení hráze včetně funkčních objektů VD Kryry
- Všechny navržené varianty posoudit z hlediska technickoekonomického hodnocení
- Vybrat a zdůvodnit vhodnou variantu řešení VD Kryry
- Pořídit a zpracovat fotodokumentaci z místa stavby VD Kryry
- Vypracovat výkresovou dokumentaci všech variant řešení

## 2. Charakteristika území

### 2.1 Poloha a popis území

Území stavby se nachází v jižní části obce Kryry na Podbořansku v okrese Louny Ústeckého kraje. Území je zřídka doprovázeno rodinnými domy viz obr. 2.1. Převažují zde chmelnice, plochy a objekty využívané pro zemědělství a průmysl, přičemž prudší svahy jsou zalesněny. Plocha povodí k profilu hráze, která přehradí Podvinecký potok, činí 84,1 km<sup>2</sup>. Zatopená plocha nádrže VD Kryry bude činit cca 124 ha. [1]



Obr.2.1 – Mapa s umístěním VD Kryry, [18]

Údolí v profilu hráze má v příčném řezu tvar „U“, které je široké okolo 400 m. Proti toku se pak rozděluje na dvě části. Vrcholy okolních kopců jsou na úrovních mezi 350 m n. m. a 410 m n. m., přičemž jednou částí údolí směrem od jihu od obce Černčice protéká tok Podvineckého potoka a druhou částí směrem od východu teče Březnice. Podvinecký potok protéká přes Finklův rybník, u něhož bude zajištěna stabilita hráze, což není předmětem této práce. Současně budou na přítocích do nádrže VD Kryry postaveny sedimentační předzdrže. Březnice, která má na své ose i nádrž, bude následně sloužit jako sedimentační předzdrž. [1]

V prostoru zátopy bude realizována demolice celkem 23 objektů včetně odstranění stávajících chmelnic. Zároveň bude zajištěno přeložení inženýrských sítí a pozemních komunikací silnic III. třídy. V jižní části zátopy dojde k přemostění silnice I/6. [1]

## 2.2 Geologické poměry

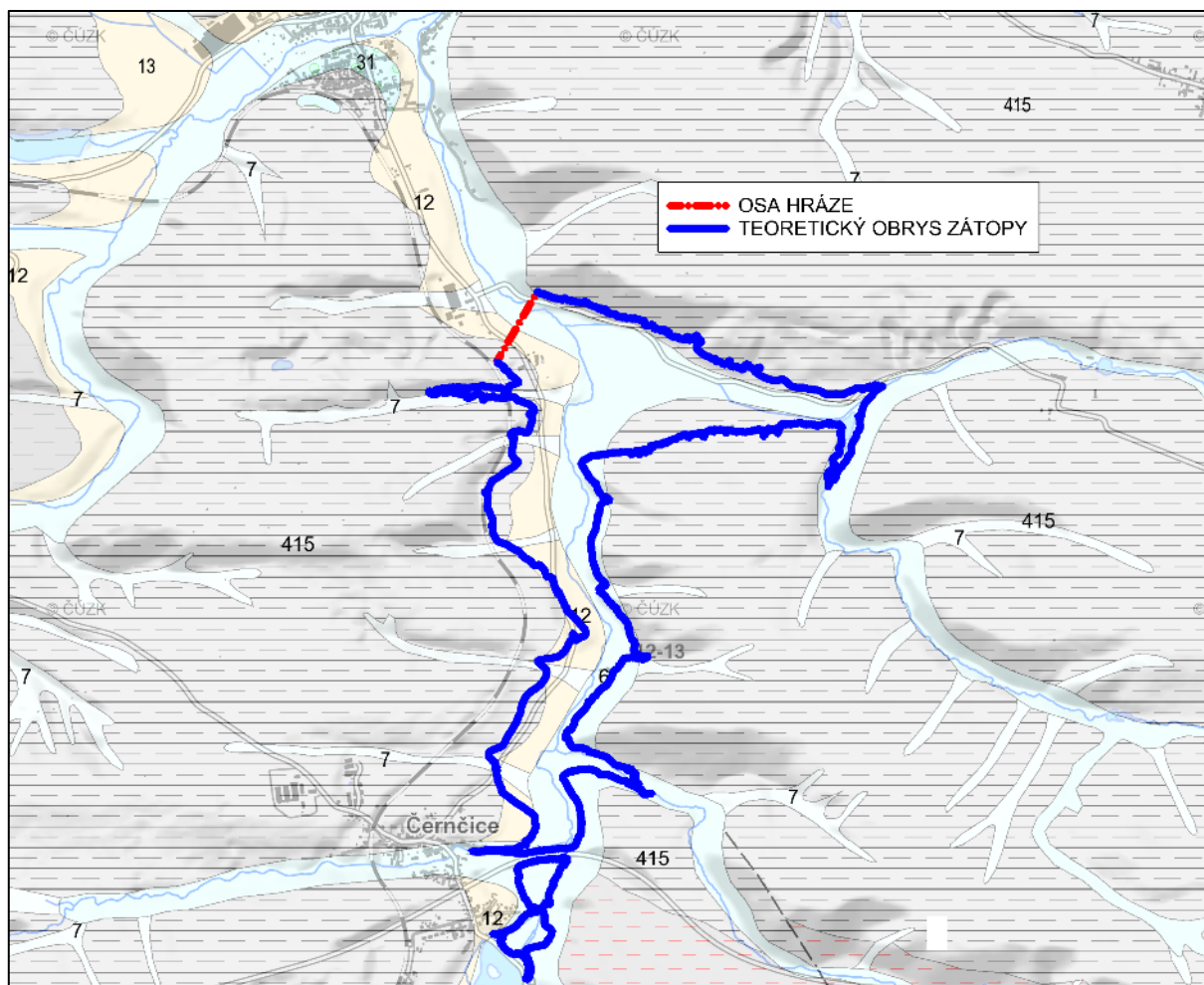
Současnými geologickými průzkumy bylo zjištěno, že se jedná o území se složitými základovými podmínkami, a proto bude nutné, aby konstrukce hráze byla mohutnější z důvodu její stability. Stabilitu tělesa hráze lze zajistit navržením vhodného sklonu svahů, popřípadě upravením její konstrukce s návrhem přitěžovacích lavic. Dále bylo zjištěno, že v levém zavázání ve směru toku nejsou vhodné základové poměry pro těžké konstrukce z betonu, jakými jsou bezpečnostní přeliv, těleso spadiště a skluzu.

Z geologické mapy obr. 2.2 v měřítku 1:50 000 bylo zjištěno, že v ose hráze se nachází různé druhy hornin ve 4 úsecích. První úsek zleva po směru toku je tvořen hnědočervenými jílovci, prachovci, pískovci, arkózovitými pískovci a slepenci. Druhý úsek zleva obsahuje písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty. Třetí úsek zleva zahrnuje nivní sedimenty a poslední úsek je totožný s prvním úsekem. [11]

Podrobnější litologická data jsou zakreslena ve výkresu C.5 teoretickém geologickém profilu v ose hráze. Data pro tento výkres pochází z databáze České geologické služby, konkrétně z vrtů ID: 215382, 215289, 215383. [11]

Dle mapových podkladů ČGS nejsou zaznamenány v území stavby žádné svahové nestability a ani důlní činnosti. Nejbližší neaktivní doly Kryry a Kryry II se nachází cca 170 m na západ od stavby. Jedinými podzemními konstrukcemi jsou sklepní prostory po dřívějších stavbách, které byly pozemním průzkumem objeveny v části pravého zavázání. [11]





Obr.2.2 – Geologická mapa s umístěním VD Kryry, [11]

### **Vysvětlivky geologické mapy:**

#### **Kenozoikum – Kvartér**

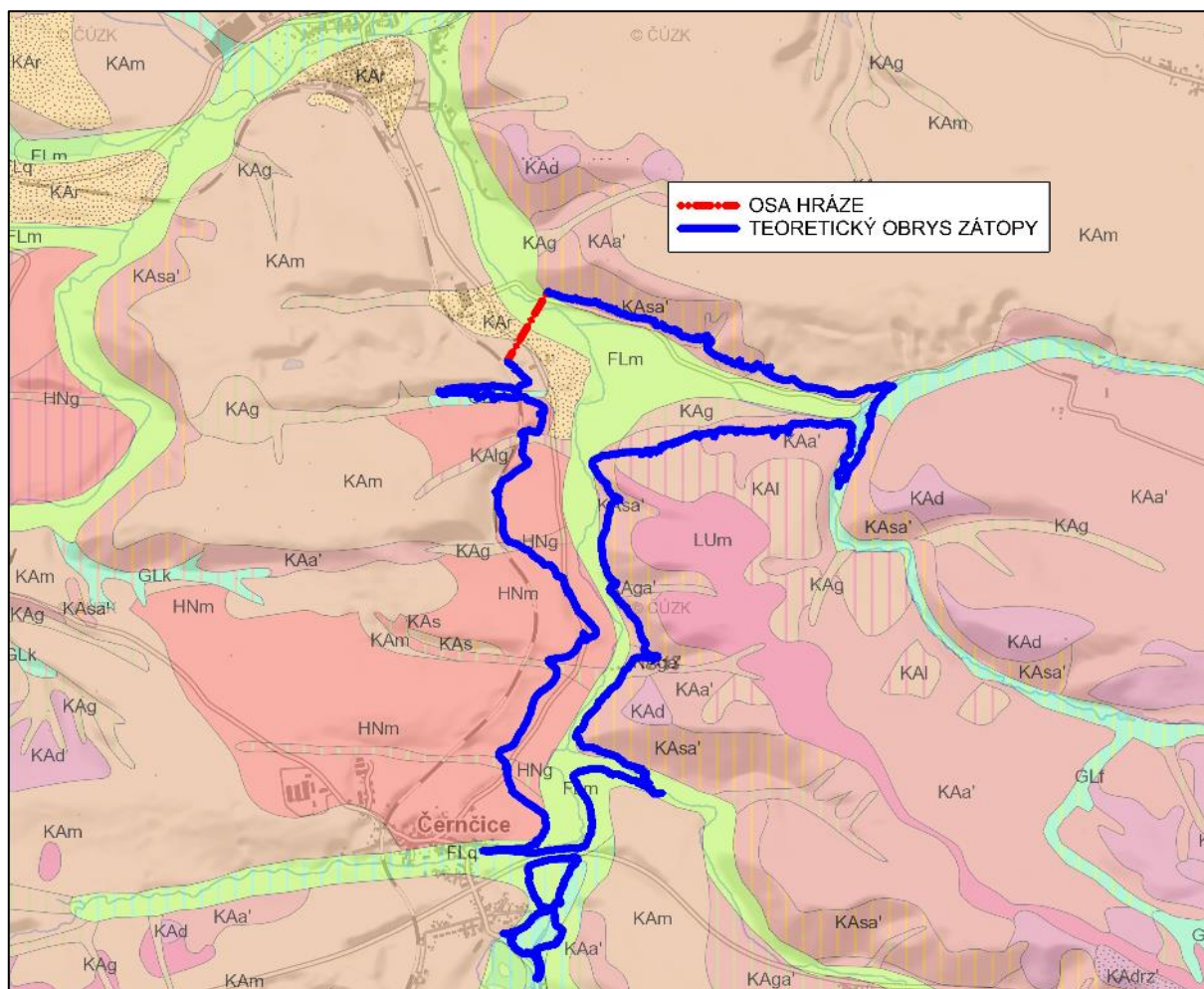
- 6 nivní sediment
- 7 smíšený sediment
- 12 písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment
- 13 kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
- 31 písek, štěrk

#### **Paleozoikum – Karbon**

- 415 hnědočervené jílovce, prachovce, pískovce, arkózovité pískovce, slepence
- 417 arkózovité pískovce, valounové pískovce a slepence, hnědočervené jílovce, prachovce až jemně zrnité pískovce
- 421 jílovce, aleuropelity, pískovce, arkózovité pískovce až arkózy, lokálně uhelné slojky (kounovské sousloví)



## 2.3 Pedologické poměry



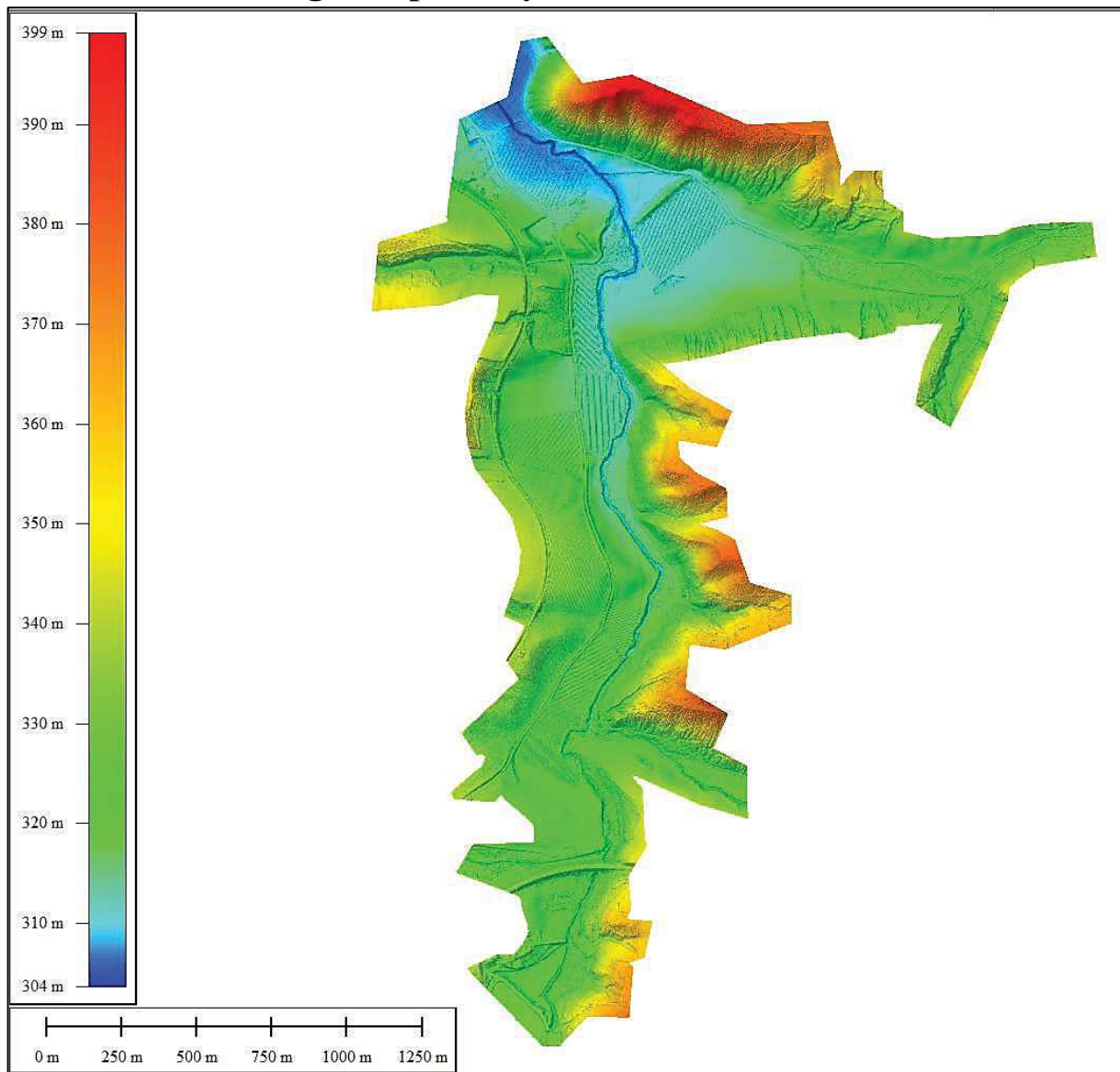
Obr.2.3 – Půdní mapa s umístěním VD Kryry, [11]

### Vysvětlivky geologické mapy:

LIm	litozem modální	KAg <sup>a'</sup>	kambizem oglejená mesobazická
PRp	pararendzina pelická	KAsa <sup>a'</sup>	kambizem rankerová mesobazická
PRk	pararendzina kambická	KAd	kambizem dystrická
FLm	fluvizem modální	KAdz <sup>a'</sup>	kambizem dystrická podzolovaná
FLq	fluvizem glejová	KAds	kambizem dystrická rankerová
HNm	hnědozem modální	KAdr <sup>a'</sup>	kambizem dystrická arenická podzolovaná
HNl	hnědozem luvická	KAr	kambizem arenická
HNg	hnědozem oglejená	PGm	pseudoglej modální
LUm	luvizem modální	GLm	glej modální
LUg	luvizem oglejená	GLf	glej fluvický
KAm	kambizem modální	GLk	glej kambický
KAl	kambizem luvická		
KAlg	kambizem luvická oglejená		
KAg	kambizem oglejená		
KAs	kambizem rankerová		
KAsa <sup>a'</sup>	kambizem mesobazická		

Na základě uvedené půdní mapy v měřítku 1:50 000 na obr. 2.3 je zřejmé, že v ose hráze se nachází především kambizemě a v okolí Podvineckého potoka fluvizemě, které byly vhodné pro zemědělské využití, nicméně podle hodnocení BPEJ dle bodové výnosnosti je tato půda málo produkční až produkčně málo významná. [9][10][11]

## 2.4 Geomorfologické poměry



Obr.2.4 – Náhled na DTM v zájmovém území, [20]

V zájmové oblasti je údolí ve tvaru asymetrického U, přičemž pravý svah ve směru toku je strmější, ale také vyšší než ten levý. To je důležité z hlediska výšky hráze, kdy nelze překročit výšku levého svahu. Dále je možné si povšimnout, že údolí se proti toku dělí směrem na východ a jih, a tím jsou vytvořené podmínky pro větší objem nádrže.

Dle geodetického zaměření a laserového leteckého skenování viz obr. 2.4 lze určit, že levý svah v ose hráze dosahuje cca 330 m n. m. zatímco pravý svah okolo 400 m n. m.

## 2.5 Hydrogeologické poměry

Podle hydrogeologické rajonizace patří území VD Kryry pod rajon č. 5131 Rakovnické pánve v povodí Ohře se sedimenty permokarbonu, a to jak jezerního, jezerně deltového, říčního, ale i vulkanického původu. Tyto horniny jsou často zvětralé a obsahují ve svých vrstvách vodu, která postupným hromaděním může vytvářet zvodně. [11][12]

## 2.6 Hydrologické poměry

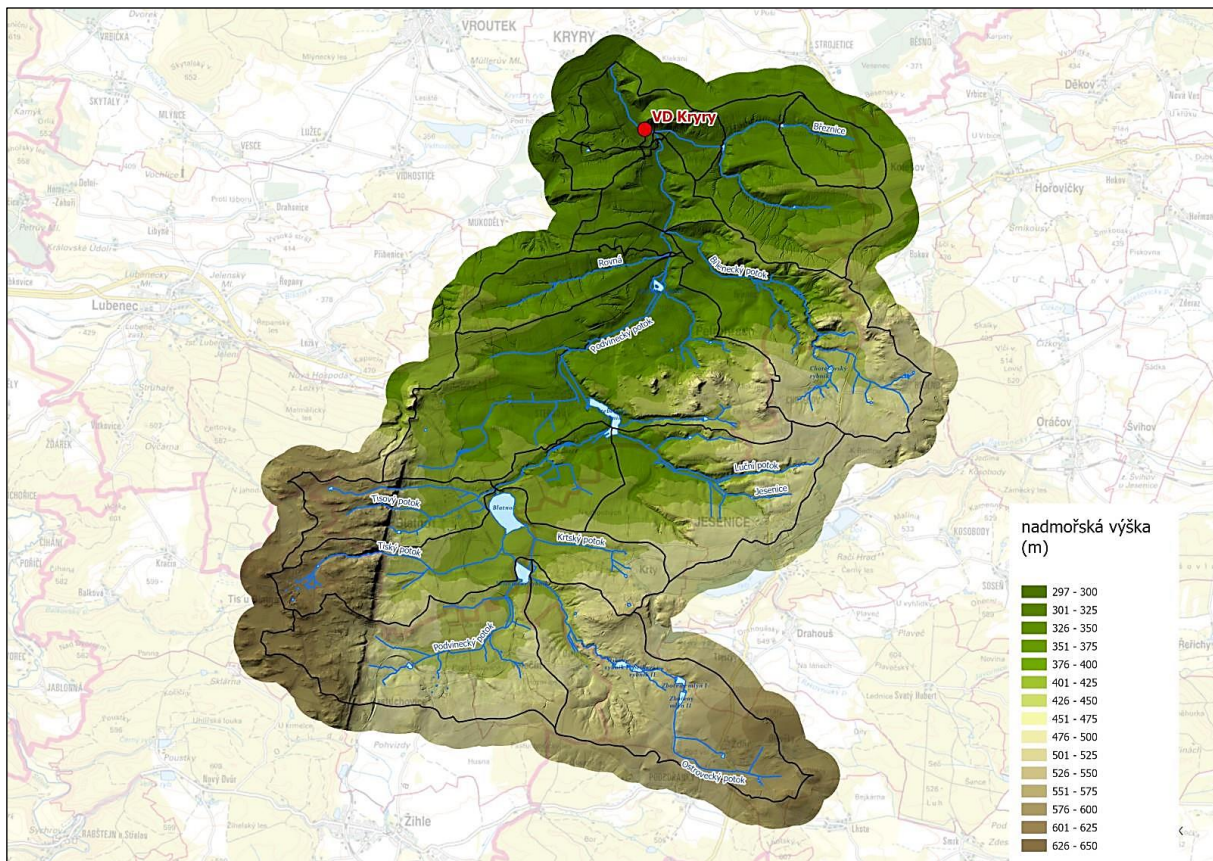
Zájmové území leží v povodí Podvineckého potoka, přičemž hráz je situována 1,5 km od soutoku s Blšankou. Podvinecký potok pramení západně od Pastuchovic v Plzeňském kraji v nadmořské výšce okolo 480 m n. m. Celková délka toku je 17,9 km a plocha povodí činí 86,03 km<sup>2</sup>. V místě navrhovaného tělesa hráze je plocha povodí 84,1 km<sup>2</sup>. Podvinecký potok protéká několika nádržemi a rybníky. Jedním z posledních rybníků je Finklův rybník u obce Petrohrad. Do potoka ústí řada menších toků viz obr. 2.5. Mezi ty nejdůležitější drobné toky patří potok Rovná, Bílenský potok a Březnice, které pomohou s napouštěním nádrže vodního díla Kryry. [19]

Hydrologická data viz tab. 2.1, tab. 2.2, tab. 2.3 a tab. 2.4 byla převzata z hydrologické studie VD Kryry – Podvinecký potok od ČHMÚ. Údaje v ní jsou z dubna 2022 a nejsou starší než 5 let, a proto mohou být použita. Údaje  $Q_{md}$ ,  $Q_N$ ,  $Q_a$  jsou dle ČSN 75 1400 zařazeny pod IV. třídu přesnosti. [19]

Tab.2.1 – Hydrologické údaje v profilu hráze, [19]

Tok:	Podvinecký potok
Specifikace profilu:	č. 3 hráz VD Kryry
X-JTSK:	1024726
Y-JTSK:	811377
Číslo hydrologického pořadí:	1-13-03-0700
Plocha povodí A [km <sup>2</sup> ]	84.1
Průměrný dlouhodobý roční úhrn srážek $P_a$ [mm]:	525
Průměrný dlouhodobý roční průtok $Q_a$ [m <sup>3</sup> /s]:	0.195





Obr.2.5 – Mapa povodí Podvineckého potoka dle DMR 5G, [19]

Tab.2.2 – Odvozené m-denní průtoky v profilu hráze VD Kryry, [19]

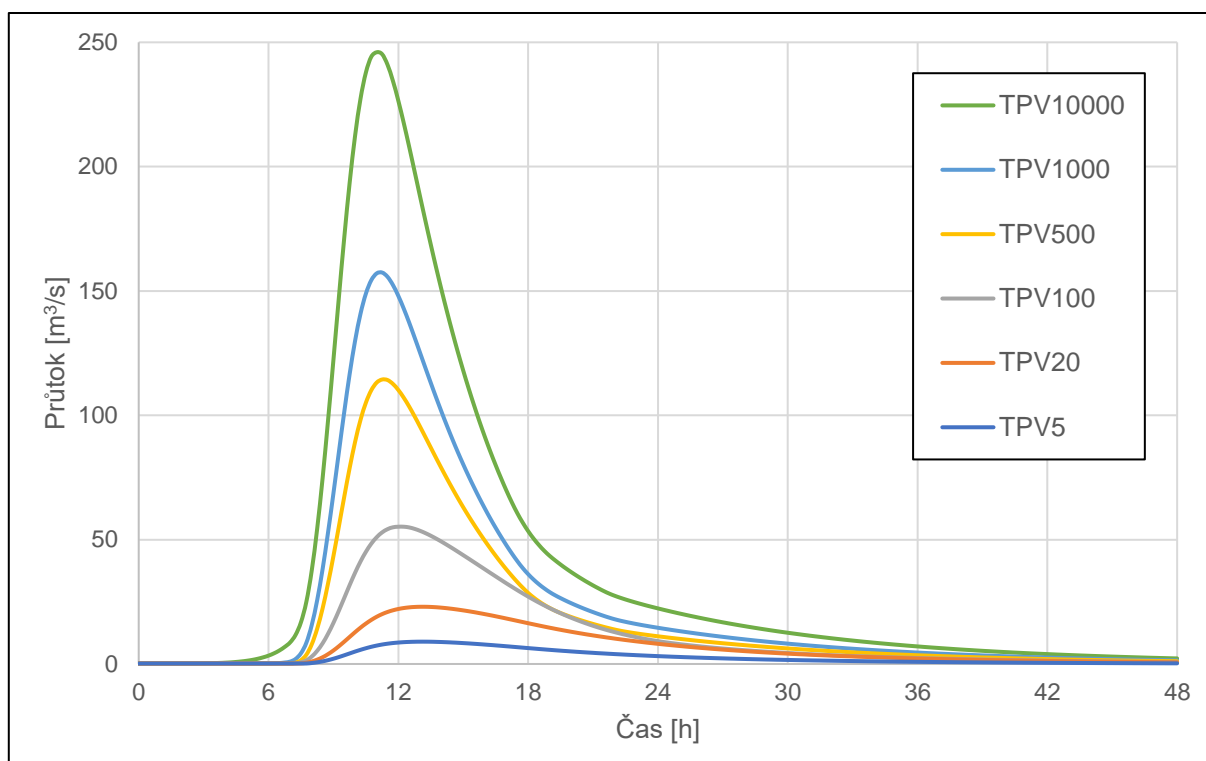
<b>m – denní průtoky <math>Q_{md}</math> [<math>m^3/s</math>]</b>												
$Q_{30d}$	$Q_{60d}$	$Q_{90d}$	$Q_{120d}$	$Q_{150d}$	$Q_{180d}$	$Q_{210d}$	$Q_{240d}$	$Q_{270d}$	$Q_{300d}$	$Q_{330d}$	$Q_{355d}$	$Q_{364d}$
0.419	0.266	0.207	0.166	0.138	0.117	0.099	0.082	0.064	0.049	0.03	0.012	0.0051

Tab.2.3 – Odvozené N-leté průtoky v profilu hráze VD Kryry, [19]

<b>N – leté průtoky <math>Q_N</math> [<math>m^3/s</math>]</b>									
$Q_1$	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{500}$	$Q_{1000}$	$Q_{10000}$
2.45	4.33	8.97	14.7	23	38.7	55.2	114	157	246

Tab.2.4 – Maximální průtoky a objemy teoretických povodňových vln po profil hráze VD Kryry, [19]

<b>Doba opakování TPV</b>	<b><math>Q_{max}</math> [<math>m^3/s</math>]</b>	<b><math>W_{pv}</math> [mil. <math>m^3</math>]</b>
5	8.97	0.446
20	23	1.136
100	55.2	2.045
500	114	3.285
1000	157	4.418
10000	246	6.898



Obr.2.6 – Teoretické povodňové vlny pro profil hráze VD Kryry, [19]

Podle dat ze studie vyplývá, že maximální teoretická povodňová vlna  $Q_{10000}$  dosáhne kulminace  $246 \text{ m}^3/\text{s}$  za 11 hodin viz obr. 2.6, a proto je třeba se při návrhu bezpečnostní přelivu zabývat i variantním řešením hrazeného bezpečnostního přelivu, kterým by se mohly transformovat povodňové situace.

## 2.7 Klimatické poměry – vliv pro potřebnost nádrže

Pro zhodnocení klimatických poměrů bylo využito studie klimatických charakteristik vztahující se k profilu hráze vodního díla Kryry, která byla vypracována ČHMÚ v dubnu 2022. Data v této studii byla upravena tak, aby odpovídaly požadovanému místu profilu hráze VD Kryry, tj. GPS N  $50.16133^\circ$ , E  $13.43533^\circ$ . Údaje teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, srážek a rychlosti větru byly zpracovány pro normálové 30leté období 1981-2010 a 1991-2020. Hodnoty byly především získávány z meteorologických stanic Strojetic v nadmořské výšce 372 m n. m. GPS N  $50.17389^\circ$  E  $13.47694^\circ$  a již neexistující stanice Blšany v nadmořské výšce 290 m n. m. GPS N  $50.21694^\circ$  E  $13.46639^\circ$ . Průměrná rychlost větru je uvažována 10 m nad předpokládanou vodní hladinou. Do výpočtů byly zahrnuty vlivy orografie a drsnosti terénu. [21]

Tab.2.5 – Průměrná měsíční a roční teplota vzduchu za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]

Průměrná měsíční a roční teplota vzduchu [°C]													
Období/ měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1981-2010	-1.2	-0.1	3.9	8.6	13.7	16.6	18.6	17.9	13.4	8.4	3.4	0.0	8.6
1991-2020	-0.5	0.5	4.1	9.2	13.7	17.2	19.0	18.4	13.6	8.5	3.9	0.5	9.0

Tab.2.6 – Průměrná měsíční a roční vlhkost vzduchu za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]

Průměrná měsíční a roční relativní vlhkost vzduchu [%]													
Období/ měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1981-2010	85.0	79.7	76.4	67.3	69.3	70.5	69.1	70.5	77.0	82.5	86.6	85.7	76.6
1991-2020	84.1	78.7	74.2	66.5	68.8	69.4	67.8	69.3	76.2	82.6	86.9	85.8	75.9

Tab.2.7 – Průměrná měsíční a roční rychlost větru za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]

Průměrná měsíční a roční rychlost větru [m/s]													
Období/ měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1981-2010	2.9	2.7	2.9	2.5	2.3	2.1	2.0	1.9	2.0	2.1	2.2	2.5	2.3
1991-2020	2.5	2.5	2.6	2.2	2.1	1.9	1.9	1.7	1.8	1.8	1.8	2.2	2.1

Tab.2.8 – Průměrný měsíční a roční úhrn srážek za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]

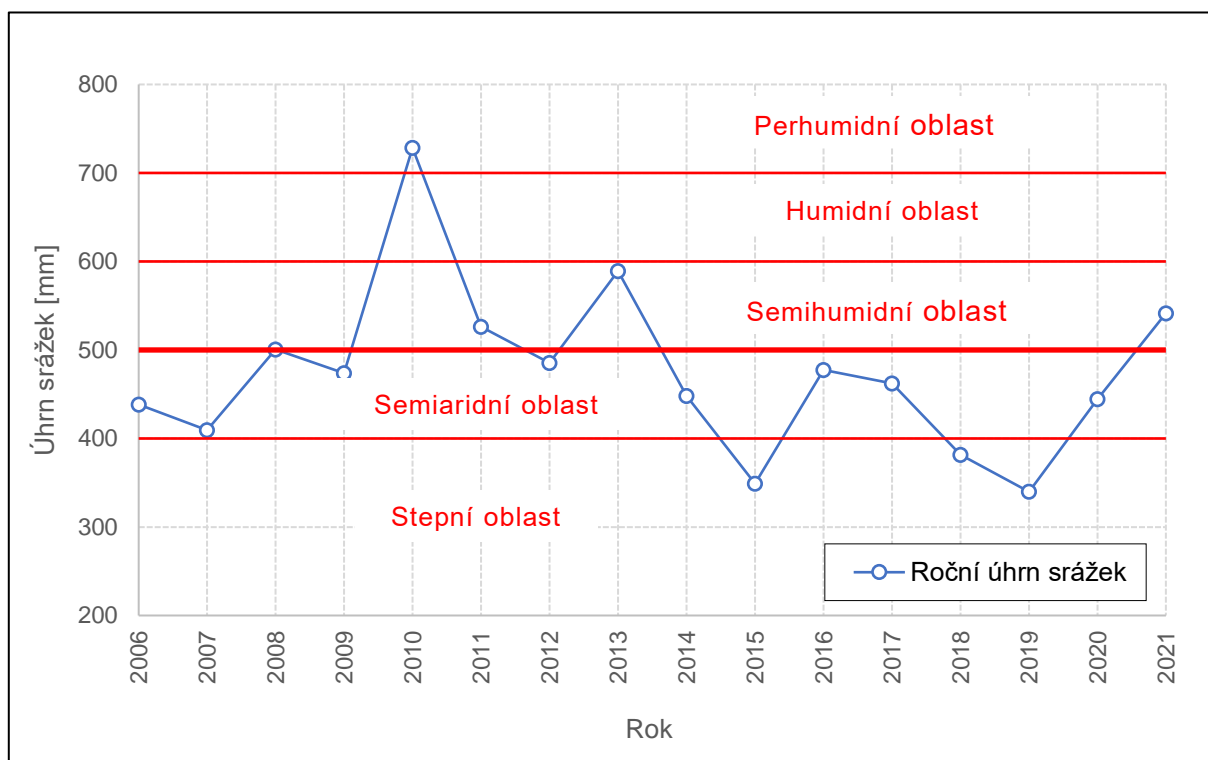
Průměrný měsíční a roční úhrn srážek [mm]													
Období/ měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1981-2010	23.8	20.7	28.0	31.9	54.7	59.8	67.4	65.2	38.8	28.7	32.8	28.5	480.3
1991-2020	22.5	18.3	25.1	29.1	55.9	64.2	65.7	63.7	41.1	32.8	30.0	27.0	475.4

Z tab. 2.5, tab. 2.6, tab. 2.7 a tab. 2.8 vyplývá, že teploty se zvýšily cca o 0,4 °C mezi normálovými obdobími, přičemž klesla vlhkost vzduchu a úhrn srážek. To má za následek větší sucha a nedostatek vody v území okolo Kryr, která je potřeba pro okolní zemědělství a zásoby pitné vody.

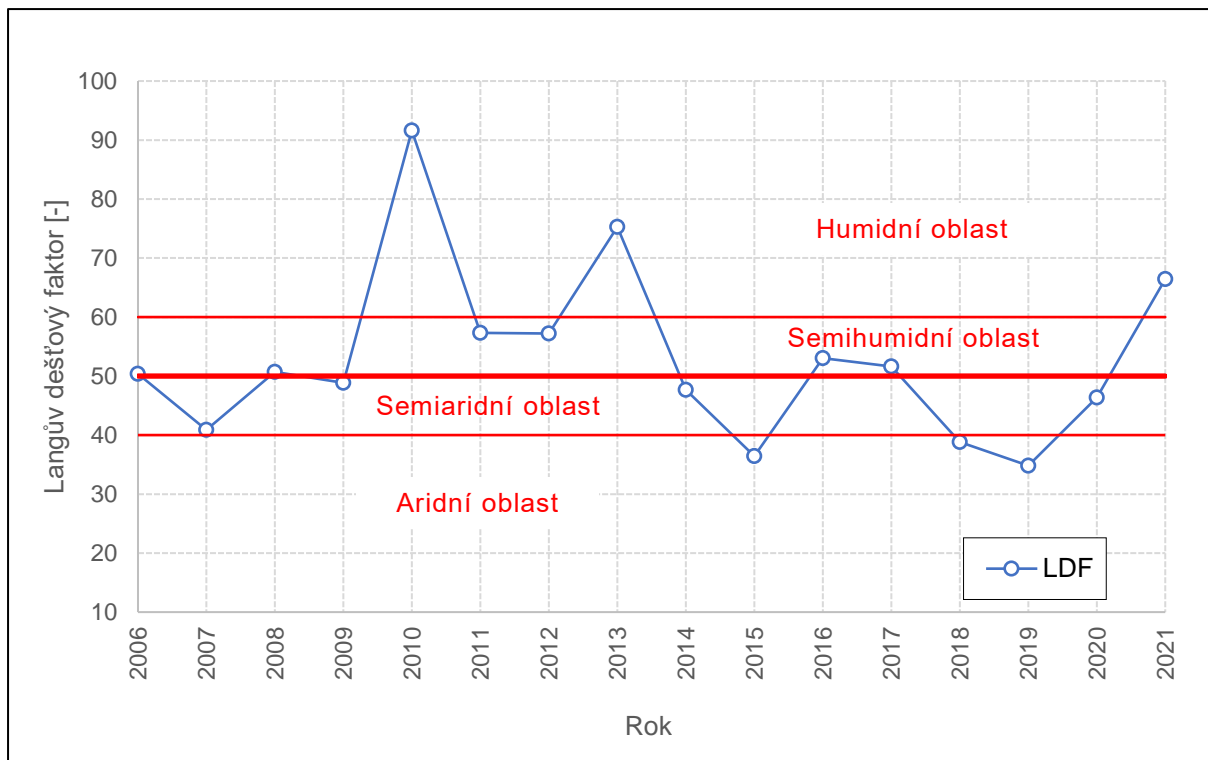
Průměrné roční teploty vzduchu činí 9,0 °C. Průměrný roční úhrn srážek je 475,4 mm. Průměrná roční rychlost větru se pohybuje okolo 2,1 m/s a průměrná roční relativní vlhkost je 75,9 %. Veškeré tyto hodnoty byly získány a zprůměrovány z průběhu 30 let. Hodnoty v tab. 2.9 znamenají, že průměrná hodinová rychlost větru může dosahovat až 13 m/s s dlouhodobou pravděpodobností dosažení 1 %. S větší pravděpodobností tyto hodnoty klesají.

Tab.2.9 – Průměrná rychlost větru ve výšce 335.4 m n.m. v místě profilu hráze VD Kryry, [21]

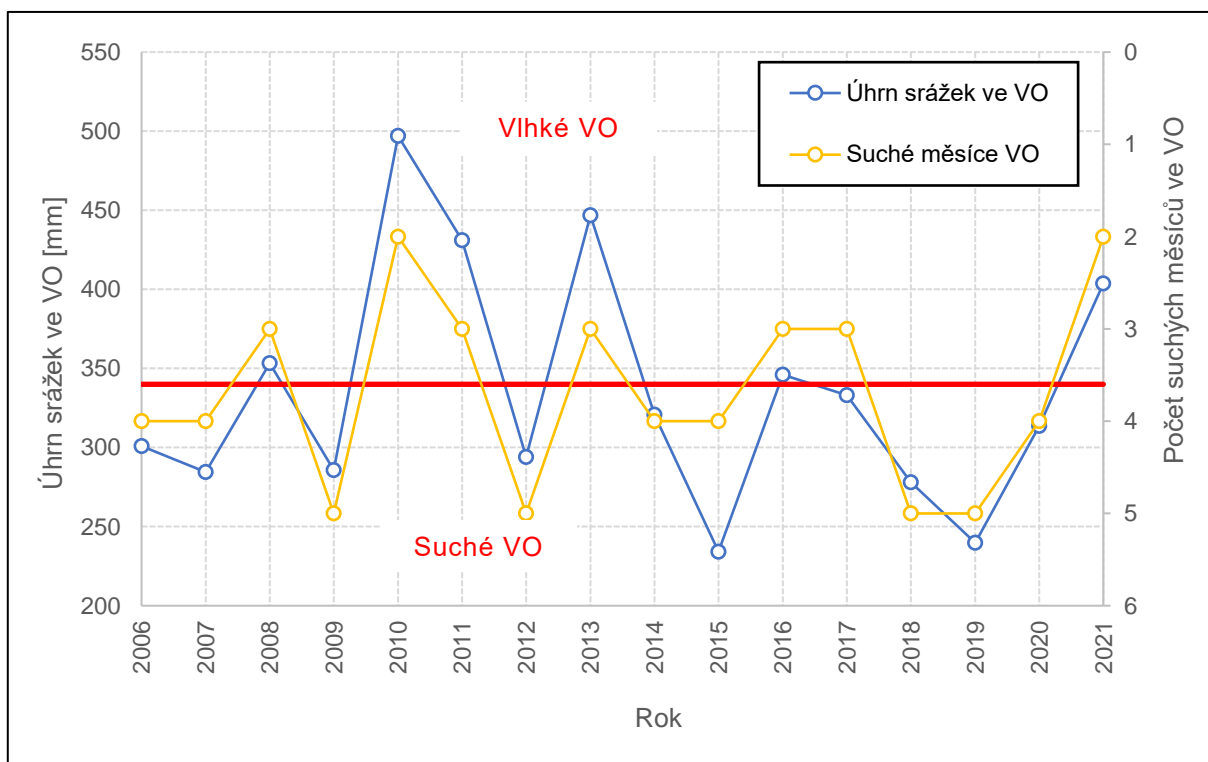
Periodicita	Směr 100° ± 20°	Směr 160° ± 20°
	Průměrná hodinová rychlost větru [m/s]	
0.01	13	8.4
0.04	12.1	8.1
0.2	10.6	7.5
	Průměrná 2hodinová rychlost větru [m/s]	
0.01	12.1	8.2
0.04	11.4	7.8
0.2	10.1	6.9



Obr.2.7 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody prof. Ing. Dr. Karla Jüvy, DrSc., [22]

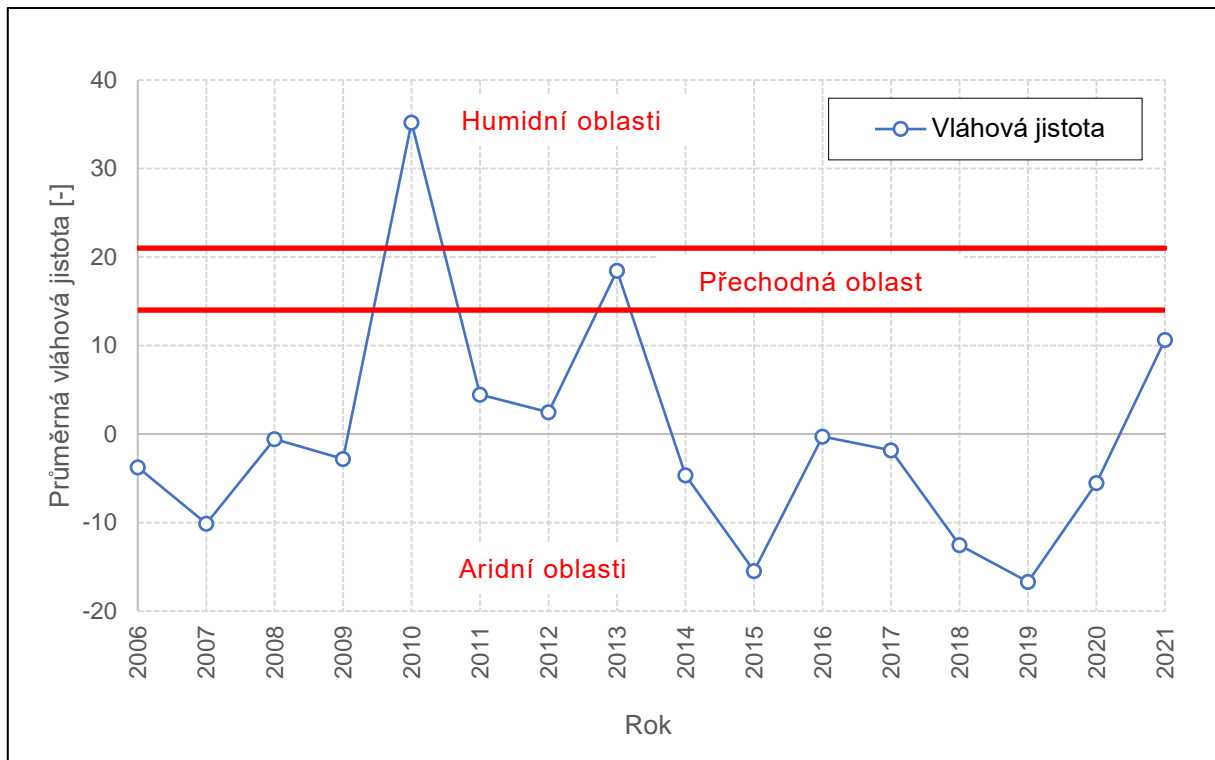


Obr.2.8 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody Langova dešťového faktoru, [22]

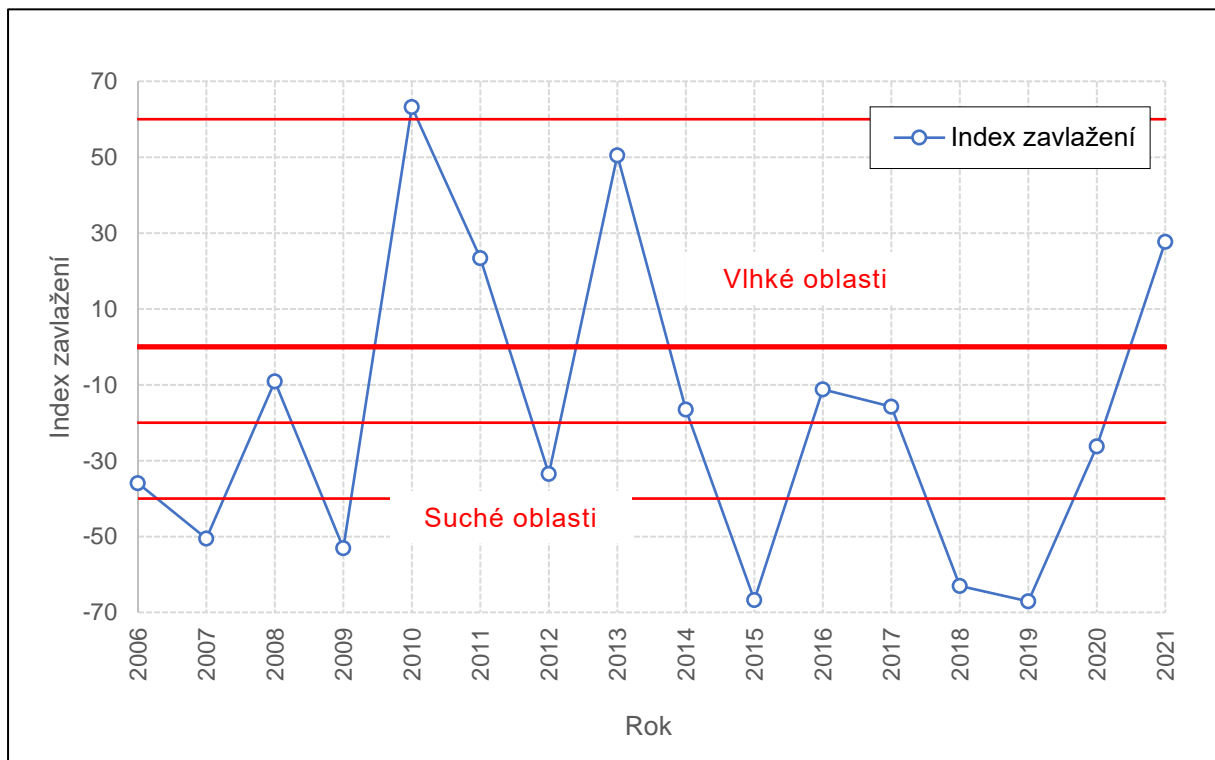


Obr.2.9 – Vyhodnocení vegetačního období (VO) na území VD Kryry dle metody prof. Ferdinanda Friedricha Helmuta Zunkera, [22]





Obr.2.10 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody Minářovy vláhové jistoty, [22]



Obr.2.11 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody Končekova indexu zavlažení, [22]

Obr. 2.8, obr. 2.9, obr. 2.10, obr. 2.11 byly zpracovány z dat meteorologické stanice Strojeticce. Data průměrného úhrnu srážek, průměrné teploty vzduchu a další nebyla nijak upravována pro profil hráze VD Kryry. [22]

Na obrázcích je zřejmé, že mezi roky 2006 až 2009 a 2015 až 2020 bylo v území okolo VD Kryry sucho, které mělo negativní účinky z hlediska potřeby vody. Zároveň je vidět z obr. 2.9, že sucho převládalo i ve vegetačním období, kdy zemědělské plodiny potřebují vodu pro růst. Z těchto poznatků se jeví stavba vodního díla Kryry jako potřebná ne-li nutná, neboť pokud by se přehrada nerealizovala, oblast okolo Kryr by byla postupně časem trvale srážkově a bilančně deficitní.

## **2.8 Biota**

V zájmovém území byl v roce 2021 proveden ichtyologický posudek, z něhož vyplývá, že vzhledem k hydrologickým podmínkám v toku Podvineckého potoka není mnoho druhů ryb, a tudíž není nutné zpracovávat technické řešení pro migrační zprůchodnění vodního toku přes VD Kryry. Posudek spoléhá na zajištění minimálních zůstatkových průtoků pod vodním dílem. [23]

V prostoru zátopy se nachází i biotop vybraných zvláště chráněných druhů velkých savců. Dle mapy AOPK je v místě vodního díla evidovaný výskyt raka říčního. Flóra je v místě vodního díla spíše lesostepního charakteru viz 11. Fotodokumentace z místního šetření, přičemž velkou část zaujímají pole pro zemědělskou činnost. [13]

## **2.9 Osídlení**

Zájmové území stavby a okolí náleží pod správu obcí Kryry a Petrohrad, do jejichž území částečně zasahuje budoucí nádrž a hráz vodního díla Kryry. V prostoru nádrže se nachází také další objekty a jiné konstrukce, které budou muset být před zatopením odstraněny. [1]

Z hlediska zvláštních povodní je ohroženější obec Kryry s počtem cca 2350 obyvatel a obce na toku Blšanky, neboť leží pod hrází. Obec Petrohrad s počtem cca 650 obyvatel je dle požadavků PPO Petrohrad chráněna vodním dílem Kryry do  $TPV_{1000}$ , kdy hladina nádrže nesmí překročit úroveň 325.40 m n. m. [1]

## **3. Základní údaje o VD Kryry**

### **3.1 Historie průběhu příprav pro realizaci VD Kryry**

V rámci dlouhodobých záměrů s hospodařením vod byla vytvořena řada podkladů a dat, které se zmiňují o realizaci vodního díla Kryry.

#### **1. Směrný vodohospodářský plán – Technicko-ekonomické vyhodnocení vodních nádrží: Nádrž Kryry na Podvineckém potoce (Hydroprojekt - 1975)**

- Tento plán zahrnoval šetření možných přehrad na území tehdejšího Československa. Mezi jedním z plánů byla i vodní nádrž Kryry. [1][8]

#### **2. Směrný vodohospodářský plán ČSR: Publikace SVP č. 34 – Kryry: evidovaná nádrž (1988)**

- SVP ponechal pouze některé přehradní profily, mezi nimiž byla i vodní nádrž Kryry na Podvineckém potoce, která měla umožnit vodohospodářský rozvoj spolu s dalšími územně hájenými i evidovanými územně nehájenými přehradami. [1][8]

#### **3. Studie potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (2009)**

- Cílem studie bylo zjišťování potřeby vody pro obyvatelstvo, průmysl a zemědělství v povodích vodních toků Blšanky a Liboce, které je dlouhodobě sužováno suchem a nedostatkem vody. Na základě těchto výsledků bylo navrženo v povodí Blšanky řešení v podobě vybudování vodních děl Mukoděly a Kryry. [3][8]

#### **4. Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území, Praha, září 2011 (LAPV) – Kryry lokalita kat. B (MZE, MŽP - 2011)**

- Generel LAPV z roku 2011 vyhodnocoval lokality z SVP a zapracoval je do územně plánovací dokumentace. Jednalo se o lokality, jakým je i vodní dílo Kryry, které byly morfologicky, geologicky a hydrogeologicky vhodné pro akumulaci vody a z dlouhodobého hlediska dopomáhaly ke zmírnění klimatických změn. [4][8]

- 5. Studie proveditelnosti vodní nádrže Kryry na Podvineckém potoce (Sweco Hydroprojekt a.s., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. - listopad 2017)**
  - Vypracovaná studie řešila různé varianty technického řešení přehrady Kryry, přičemž z variant byla preferovaná varianta A, která zahrnovala homogenní sypanou zemní nebo kamenitou hráz se sdruženým objektem o výšce 21,7 m. [1][8]
- 6. Usnesení vlády č. 256 z 15. dubna 2019 - Návrh komplexního řešení sucha (kombinace technických a přírodě blízkých opatření) v oblasti Rakovnicka (Pragoprojekt a.s. - 2019)**
  - Usnesením vlády se schválila realizace vodního díla Kryry, přivaděče vody z vodního díla Nechanice přes vodní dílo Kryry do povodí Rakovnického potoka. Dále se tímto usnesením schvalují ke stavbě vodní díla Senomaty a Šanov. [5][8]
- 7. Investiční záměr VD Kryry (Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. - prosinec 2019)**
  - Záměr zohledňoval komplexní návrh VD Kryry v povodí toku Blšanky, jež bude sloužit jako přírodě blízké opatření. Současně zahrnuje multikriteriální posouzení přivaděče vody z řeky Ohře do VD Kryry a převodu vody z Berounky do povodí Rakovnického potoka. [8]
- 8. Usnesení vlády č. 56 z 20. ledna 2020 - Aktualizace Politiky územního rozvoje České republiky z důvodu naléhavého veřejného zájmu za účelem přípravy výstavby vodního díla Kryry a dalších opatření v rámci komplexního řešení sucha v oblasti Rakovnicka (2020)**
  - Vláda tímto usnesením schválila aktualizaci Politiky územního rozvoje České republiky. [6][8]
- 9. Příprava Návrhu zásad pro vypořádání práv k nemovitým věcem dotčeným plánovanou realizací komplexního řešení sucha na Rakovnicku - I. etapa (leden 2020)**
  - Tímto dokumentem se určily podmínky pro odkoupení nemovitých věcí, tj. objektů, pozemků ad. v prostoru zátopy nádrže VD Kryry a okolí. [8]

## **10. Příprava podkladů pro informování veřejnosti (únor 2020)**

- Podklady informovali veřejnost o průběhu příprav a realizací VD Kryry a VD Mukoděly, přičemž obyvatelstvo okolních obcí bylo informováno o technických datech stavby a celkovou vizualizací stavby. [8]

## **11. 4. aktualizace Zásad územního rozvoje Ústeckého kraje vymezující plochu vodního díla Kryry a koridory související veřejné infrastruktury (2022)**

- Listina aktualizuje zásady územního rozvoje Ústeckého kraje a řeší plochy potřebné či jinak zasahující do stavby VD Kryry. [1][7]

## **3.2 Účel VD Kryry**

Navrhované VD Kryry bude zajišťovat následující účely:

- zajištění minimálních zůstatkových průtoků,
- nadlepšování průtoků v povodí Blšanky a Rakovnického potoka,
- zajištění zásoby vody pro závlahy,
- zásoba vody pro požární účely,
- protipovodňová ochrana města Kryry a dalších obcí na toku a okolí Blšanky,
- chov ryb,
- rekreace,
- výroba elektrické energie (není zadáním této práce). [1]

## **3.3 Vliv VD Kryry na okolí a životní prostředí**

Vybudováním vodního díla Kryry budou působit na okolí a životní prostředí pozitivní i negativní vlivy, které je razantním způsobem změny, tak jako každá větší stavba.

Mezi pozitivní vlivy patří všechny účely vodního díla vypsané v kapitole 3.2, tedy:

- zásobování vodou zemědělství,
- protipovodňová ochrana města Kryry a dalších obcí na toku a okolí Blšanky,
- nadlepšování průtoků v povodí Blšanky a Rakovnického potoka,
- zajištění minimálních zůstatkových průtoků v suchých obdobích,
- akumulace vody pro požární účely,
- zlepšení vodohospodářské bilance,
- rekreační aktivity,
- chov ryb,

- zlepšování biodiverzity,
- snížení eroze v okolí,
- výroba elektrické energie,
- rozvoj místní ekonomiky vlivem turismu,
- vytváření pracovních míst v oblasti při realizaci, provozu a údržbě vodního díla
- příležitost pro vzdělávání v oblasti využívání vodních nádrží a ochrany životního prostředí.

Negativní vlivy jsou uvedeny níže:

- omezení migrace ryb,
- narušení a změna charakteru krajiny po dobu výstavby,
- likvidace chmelnic a zábor polí v prostoru budoucí zátopy,
- přeložení silnic I. a III. třídy a inženýrských sítí (není zadáním této práce). [1]

### **3.4 Napojení stavby na veřejnou dopravní a technickou infrastrukturu**

Stavba VD Kryry bude mít na koruně hráze účelovou pozemní komunikaci. Tato asfaltová vozovka bude napojena na nové náhradní silnice za stávající silnice III. třídy č. 2244 a 2243. [24]

Přehrada bude zároveň napojena na energetickou, datovou, vodovodní síť a jiné sítě zajišťující stálý a plynulý provoz a manipulace. S tím souvisí i nutnost záložních řešení v případě výpadku sítí, tak aby byla zajištěna bezpečnost díla i po dobu této mimořádné události.

### **3.5 Chráněné území dotčené stavbou**

Pozemky v území dotčené stavbou vodního díla jsou převážně zapsány v PUPFL, ZPF a bude nutné žádat o jejich vyjmutí z této evidence. V území vodního díla se nachází oblast zvláště chráněných druhů velkých savců, pro kterou bude nutné žádat výjimku AOPK pro realizaci vodního díla. Jiný způsob ochrany jako například Natura 2000, maloplošná či velkoplošná zvláště chráněná území nejsou v místě stavby zaznamenány, a tudíž nebrání vybudování VD Kryry. [13]

### 3.6 Kulturní památky dotčené stavbou

V oblasti stavby VD Kryry se nachází objekty lehkého opevnění z let 1937-1938 I. armádního sboru viz obr. 3.1, které dle NPÚ nejsou klasifikovány jako kulturní památka, a tudíž není nutnost žádat o povolení k jejich demolici. Většina těchto objektů je zanesena v koordinačním situačním výkresu investičního záměru VD Kryry z roku 2019 a jsou určeny k již zmiňované demolici. Jiné objekty mající památkový charakter v prostoru budoucí nádrže nestojí. [14]



Obr.3.1 – Mapa československého opevnění 1935-1938, [14]

### 3.7 Majetkoprávní vztahy

Vzhledem k tomu, že jsou pozemky s poli stále užívány pro zemědělskou činnost, je většina těchto pozemků vlastněna soukromými fyzickými a právnickými osobami, od kterých bude muset Česká republika jako stát, potažmo Povodí Ohře, s. p. pozemky odkoupit. Dalšími pozemky jsou lesy, které jsou již ve vlastnictví České republiky. Některé z nich jsou již ve správě Povodí Ohře, s. p., avšak velká část je pod správou Lesů České republiky, s. p., a proto bude nutné převést tyto pozemky pod správu Povodí Ohře, s. p. [18]



## 4. Technické řešení vodního díla

### 4.1 Navržené varianty vodního díla

#### 4.1.1 Použité varianty

Níže uvedené varianty jsou detailně řešeny v dalších kapitolách této práce. Varianty A, B, C, D jsou vypracovány i na základě výhod nepoužitých variant E, F, G, H, I případně je u nich navrženo lepší řešení některých jejich částí a konstrukcí.

#### Varianta A



Obr.4.1 – Ortofoto náhled varianty A na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{max}$

Hráz je v této variantě řešena jako homogenní zemní sypaná. Vzhledem ke 4 různým druhům zemin použitých pro těleso hráze upřednostňovaných v předprojektové přípravě, byla vybrána a použita jedna z nich. Jedná se o GM, tedy štěrk hlinitý, neboť se předpokládá, že se tento materiál nalézá v prostoru zátopy či nejbližšího okolí. Součástí



je také nehrazený boční bezpečnostní přeliv, na který navazuje spadiště společně se skluzem a s dalšími vodními objekty. Tato varianta je použita, neboť byla její obdoba ve fázi předprojektové přípravy vodního díla preferovaná. [1][8]

### **Varianta B**

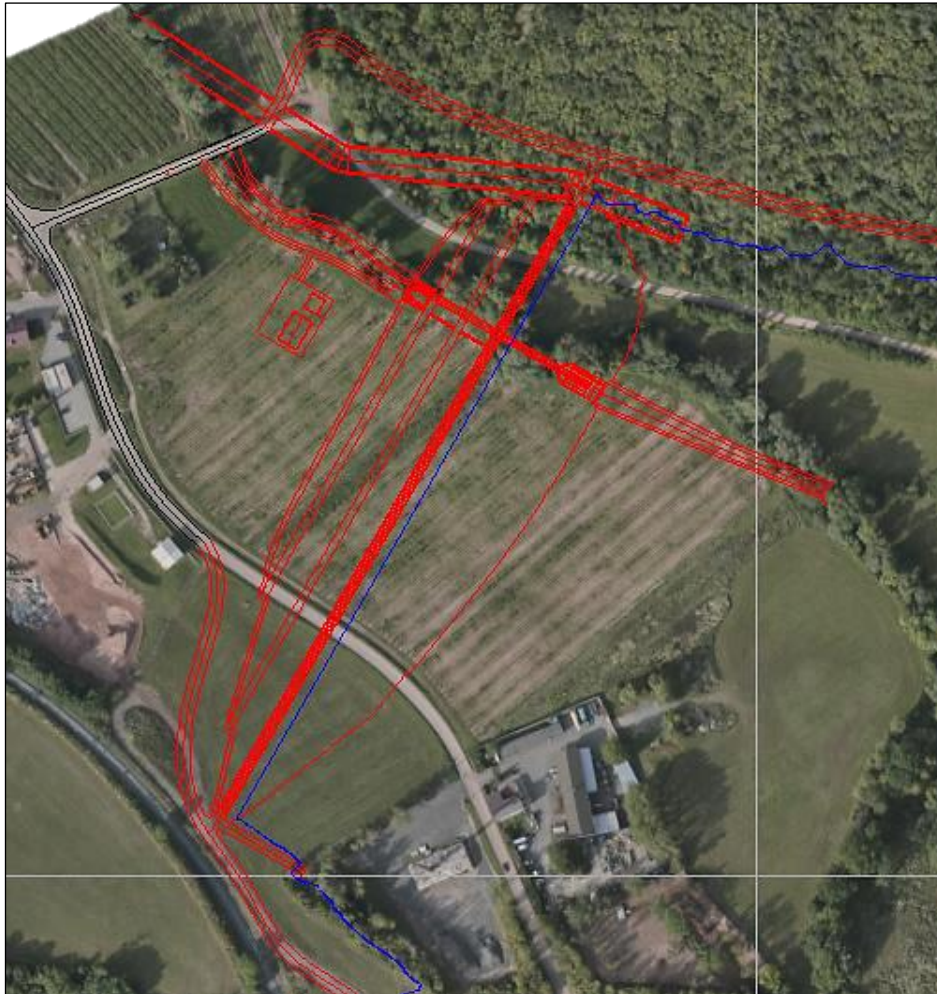
U této varianty je navržena sypaná zemní hráz se středním zemním těsněním. Stabilizační část tvoří GW, tedy štěrk dobře zrněný a těsnicí část tvoří MG, tedy hlína štěrkovitá. U obou zemin se opět počítá se zemníky v prostoru zátopy či okolí, případně z výstavby pozemní komunikace dálnice D6. Varianta také obsahuje hrazený postranní bezpečnostní přeliv s klapkovým uzávěrem. Na konstrukci přelivu navazuje přímý skluz a další funkční objekty.



*Obr.4.2 – Ortofoto náhled varianty B na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{max}$*

### Varianta C

Varianta je obdobná jako varianta B. Rozdílností mezi těmito variantami je typ bezpečnostního přelivu, neboť u varianty C je užito labyrintového přelivu typu „VS3 – Varianta II.“ a zároveň také konstrukce spadiště za přelivem. Data tohoto přelivu vychází z fyzikálního výzkumu, který prováděl Václav Strejček pro svou bakalářskou práci ve Vodohospodářském experimentálním centru Fakulty stavební ČVUT v Praze. [25]



*Obr.4.3 – Ortofoto náhled varianty C na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{max}$*



### Varianta D

V této variantě je navržena sypaná zeminí hráz s asfaltobetonovým středním těsněním, přičemž stabilizační část zeminy včetně lokace zemníků bude stejná jako ve variantě B. Bezpečnostní přeliv je řešen jako hrazený v pravém zavázání hráze se segmentovým uzávěrem, na který navazuje přímý skluz s dalšími objekty.



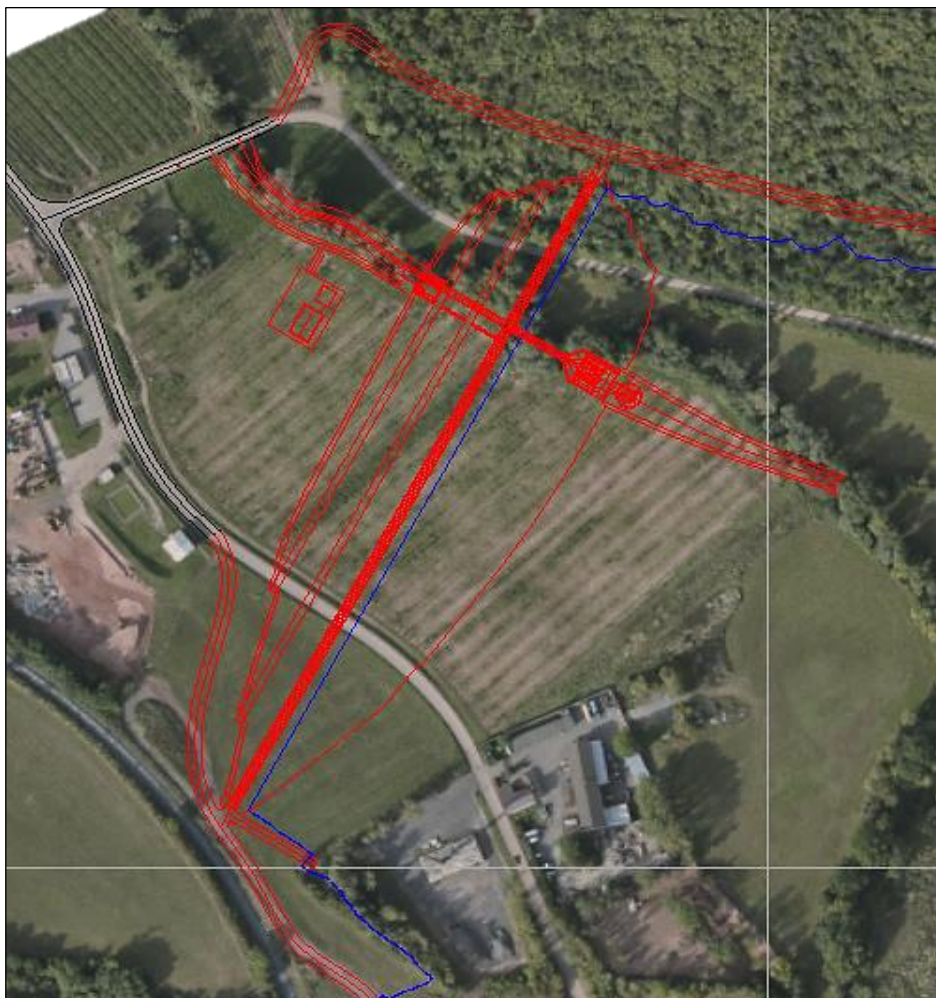
Obr.4.4 – Ortofoto náhled varianty D na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{max}$

### 4.1.2 Vyřazené varianty

Varianty níže uvedené byly v průběhu této práce vyřazené a nebyly dále zpracovány. U každé z těchto variant byly uvedeny hlavní argumenty, proč nejsou vhodné k provedení v lokaci mezi obcemi Kryry a Petrohrad.

#### Varianta E

Varianta je obdobná jako u varianty D. Odlišností je použití šachtového přelivu, který bude součástí věžového objektu. Tato varianta je jedinou variantou, která není zcela vyřazená, přestože je uvedena pod touto kapitolou 4.1.2. Důvodem, proč je uvedena mezi vyřazené varianty, je nevýhoda spočívající ve zvýšeném zatížení v místě věžového objektu, jenž je založen na složitém podloží, které je málo únosné. Nicméně výhodou této varianty je soustředění bezpečnostního přelivu a spodních výpustí v rámci jedné konstrukce v jednom místě, a tedy i menší technologická náročnost při výstavbě. Proto byla tato varianta vypracována ve výkresu E\_C.6 v příloze 13.



Obr.4.5 – Ortofoto náhled varianty E na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{max}$

### **Varianta F**

Varianta obsahuje betonovou tížnou hráz z válcovaného betonu s přímým přelivem. Tato varianta nebyla vybrána hned z několika důvodů níže popsaných:

- z estetického hlediska postrádá hráz přírodní ráz,
- množství a náklady na dopravu a materiál,
- dlouhá doba výstavby v závislosti na technologii,
- velké zatížení hráze na složité podloží.

### **Varianta G**

Varianta obsahuje sypanou kamenitou hráz s bočním přelivem. I tato varianta nebyla vybrána z níže uvedených důvodů:

- náklady za dopravu materiálu a samotný materiál,
- velká vzdálenost lomů od místa realizace.

### **Varianta H**

Varianta obsahuje sypanou zemní hráz s návodním asfaltobetonovým těsněním. Varianta nebyla zvolena z důvodu:

- návodní asfaltové těsnění relativně rychle degraduje (viz VD Josefův Důl a VD Dlouhé stráně).

### **Varianta I**

Varianta obsahuje sypanou zemní hráz se středním zemním těsněním s využitím zeminy z dolů. Varianta nebyla zvolena z níže uvedeného důvodu:

- nákladná doprava zeminy na těsnění z dolů – v prostoru zátopy se nachází dostatek zeminy na těsnící část hráze,
- nelze zaručit kvalitu a jiné požadavky pro použití na výstavbu tělesa hráze.

### **Jiné varianty**

Mezi ostatní varianty patří například betonová klenbová přehrada, která by však nemohla být provedena z důvodu morfologie a geologie území.

## **4.2 Vodohospodářské řešení**

### **4.2.1 Kategorizace vodního díla z hlediska technickobezpečnostního dohledu**

Dle §61 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů v znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 471/2001 Sb. Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly ve znění pozdějších předpisů se každé vodní dílo kategorizuje oprávněnými osobami technickobezpečnostního dohledu.

Vzhledem k zatím neprovedené kategorizaci lze zatím kategorii vodního díla Kryry jen předpokládat, neboť do vyhodnocení kategorie se zahrnují mnohé faktory, které vznikají v důsledku případné havárie vodního díla. Mezi tyto faktory patří dle vyhlášky č. 471/2001 Sb. ohrožení lidských životů, sociálně-hospodářské škody a škody na životním prostředí. [27]

VD Kryry by dle Vodního zákona a výše uvedené vyhlášky mohly být zařazeny mezi I. nebo II. kategorii, a to z důvodu, že lze předpokládat ztráty lidských životů v řádech tisíců, velké škody na vodním díle, jehož následná oprava by byla nákladná a složitá, rozsáhlé škody na obytné a průmyslové zástavbě a škody na životním prostředí. Proto bude v této práci toto dílo hodnoceno na požadovanou míru bezpečnosti s  $p = 0,0001$ , tedy  $N = 10\ 000$  let. [27]

### **4.2.2 Zatřídění vodního díla z hlediska významu a bezpečnosti**

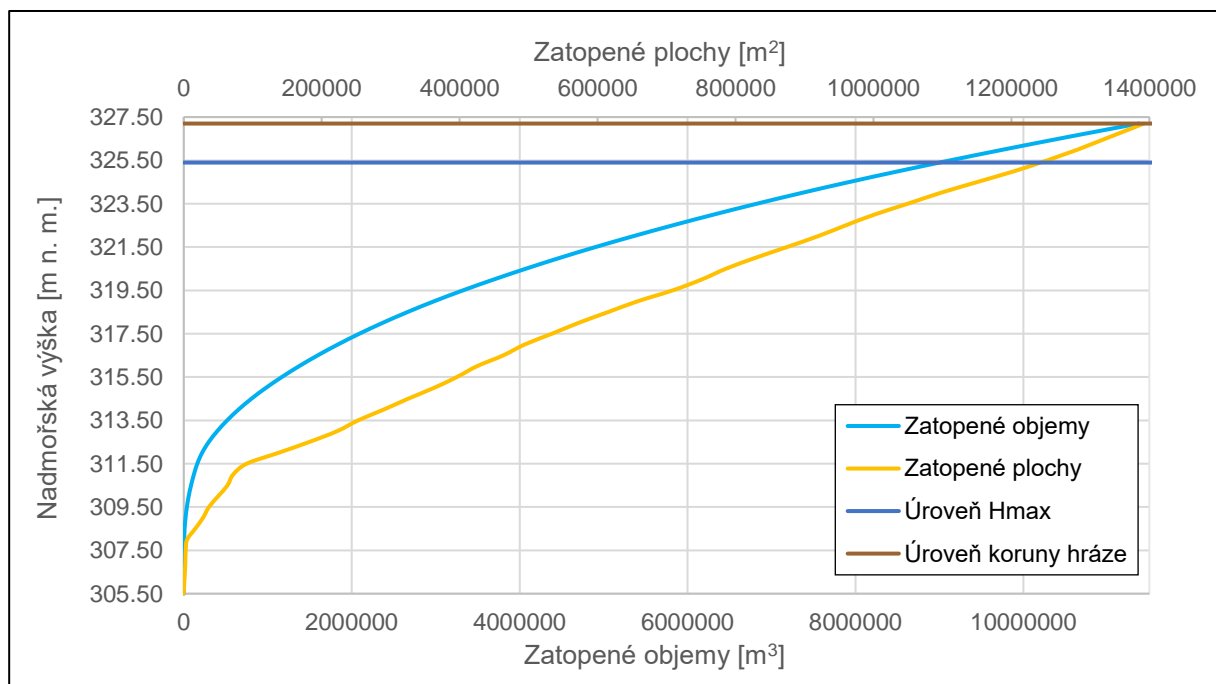
Sypané hráze lze zatřídit dle ČSN 75 2310 „Sypané hráze“ také z hlediska jejich významu a bezpečnosti, a to pro potřeby této normy. V bodovém ohodnocení VD Kryry by v kritériu a) bylo dílo hodnoceno jako vodní dílo s oblastním významem s počtem bodů 2, v kritériu b) dle výšky hráze nad 20 m nebo objemem hráze nad  $170\ 000\ m^3$  s počtem bodů 3 a v kritériu c) dle obtížných geologických podmínek s počtem bodů 2. Dohromady by přehrada Kryry získala 7 bodů a podle hodnocení ČSN 75 2310 se pohybuje v rozmezí 7 až 9, což je na základě této normy kategorie vodního díla I. Z toho vyplývá, že vodní dílo musí být posuzováno 3. geotechnickou kategorií, tedy jako dílo s náročnou konstrukcí a složitými základovými poměry. [28]

### 4.2.3 Rozdělení prostorů nádrže

V předprojektové přípravě VD Kryry z roku 2021 byla nádrž rozdělena podle níže uvedené tabulky 4.1. Zároveň v tomto dokumentu byla stanovena kóta úrovně bezpečnostního přelivu  $H_{BP} = 324.50$  m n. m., kóta maximální hladiny  $M_{max} = 325.40$  m n. m. a kóta koruny hráze  $H_{kor} = 327.20$  m n. m. [1]

Tab.4.1 – Rozdělení prostorů nádrže podle předprojektové přípravy, [1]

Rozdělené prostorů v nádrži				Ozn.	Nadmořská výška [m n. m.]	Zatopené objemy	
						$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$\Sigma V_i$ [m <sup>3</sup> ]
V <sub>c</sub>	V <sub>neovl.</sub>	V <sub>r</sub>	Hladina neovladatelného ochranného prostoru	M <sub>m</sub>	325.40	1 070 156	8 947 676
			Hladina ovladatelného ochranného prostoru	M <sub>ro</sub>	324.50	773 296	7 859 007
	V <sub>ovl.</sub>	V <sub>z</sub>	Hladina zásobního prostoru	M <sub>z</sub>	323.80	6 867 257	6 985 741
			Hladina stálého nadržení	M <sub>s</sub>	310.80	99 971	118 484
	V <sub>m</sub>	V <sub>s</sub>	Hladina mrtvého prostoru	M <sub>m</sub>	308.80	18 513	18 513
			Dno nádrže	Dno	305.50	-	-



Obr.4.6 – Graf zatopených ploch a objemů

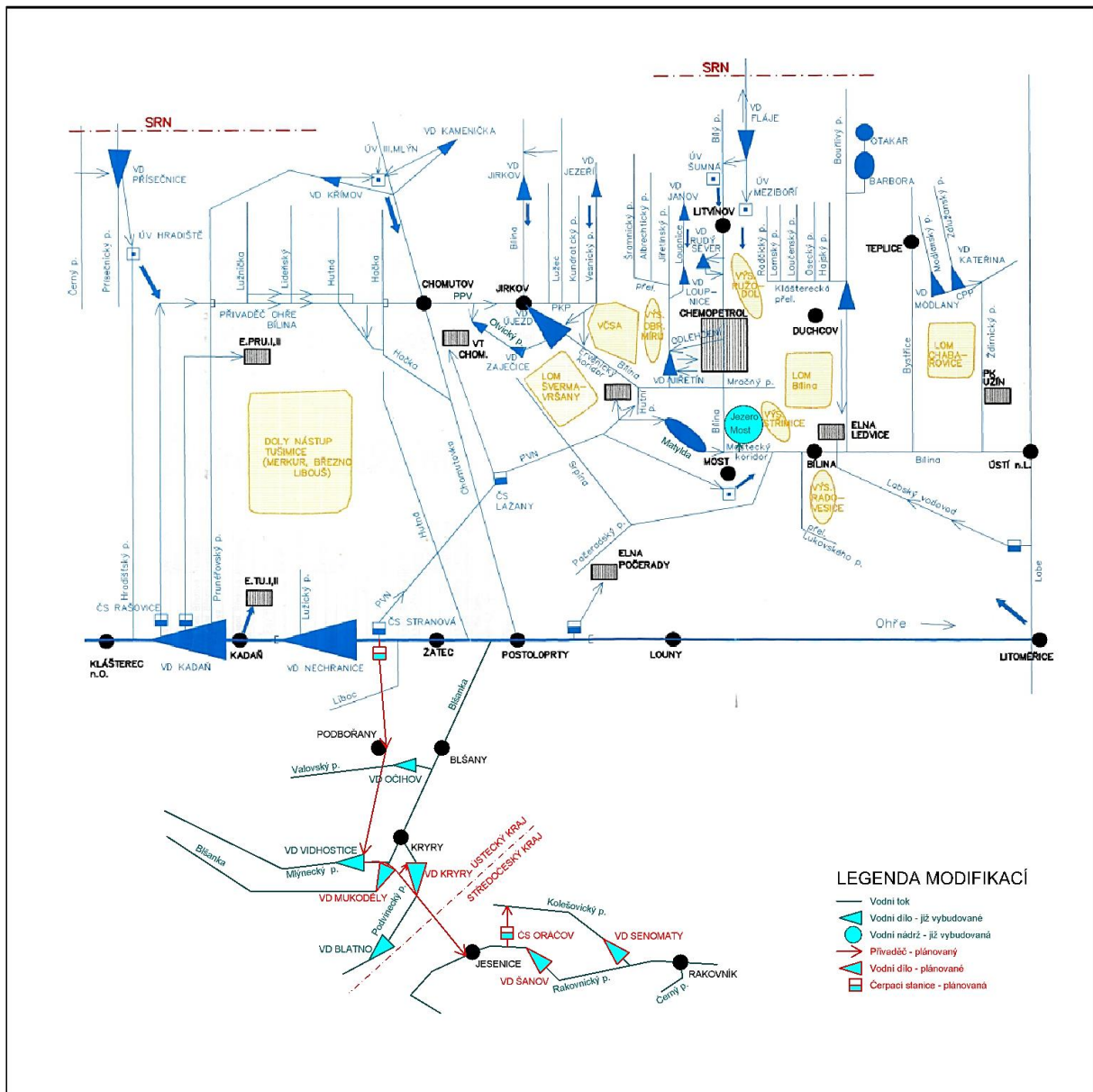
Kóta maximální hladiny je dána dle plánu protipovodňové ochrany obce Petrohrad, kdy bude nutné zajistit v této obci i další ochranu proti rozlití vody při povodňových situacích, stabilizace hráze Finklova rybníku, ale také bude nutno zajistit regulaci hladiny podzemní vody. [1]

Podle tabulky je zřejmé, že celkový objem nádrže dosahuje okolo 9 mil. m<sup>3</sup>. Celkový ovladatelný prostor činí cca 8 mil. m<sup>3</sup> z toho zásobní prostor má objem okolo 7 mil. m<sup>3</sup>. Prostory a k nim uvedené zatopené objemy budou vzhledem ke konstrukcím jiné. Jednotlivé zatopené plochy nebyly v předprojektové přípravě uvedeny, a proto byly určeny z geodetického zaměření a jsou uvedeny v grafu na obr. 4.6.

#### **4.2.4 Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže**

Dle studie vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže VD Kryry z ledna 2023 vyplývá, že při kótě zásobního prostoru  $M_z = 323.80$  m n. m. bude nádrž schopna plnit požadavky na závlahy a  $Q_{MZP}$  bez poruch v dodávce pro podmínky klimatické změny v období 2041-2060. Pro jiná delší časová období bude zabezpečení v dodávkách vody nižší, a to zejména z důvodu snížení průtoků v tocích a současně zvýšené výparnosti. Problematika výpadků v dodávkách vody bude v budoucnu kompenzována přivaděčem vody z VD Nechranice, jak je znázorněno na obr. 4.7 v jeho spodní části. [8][39]

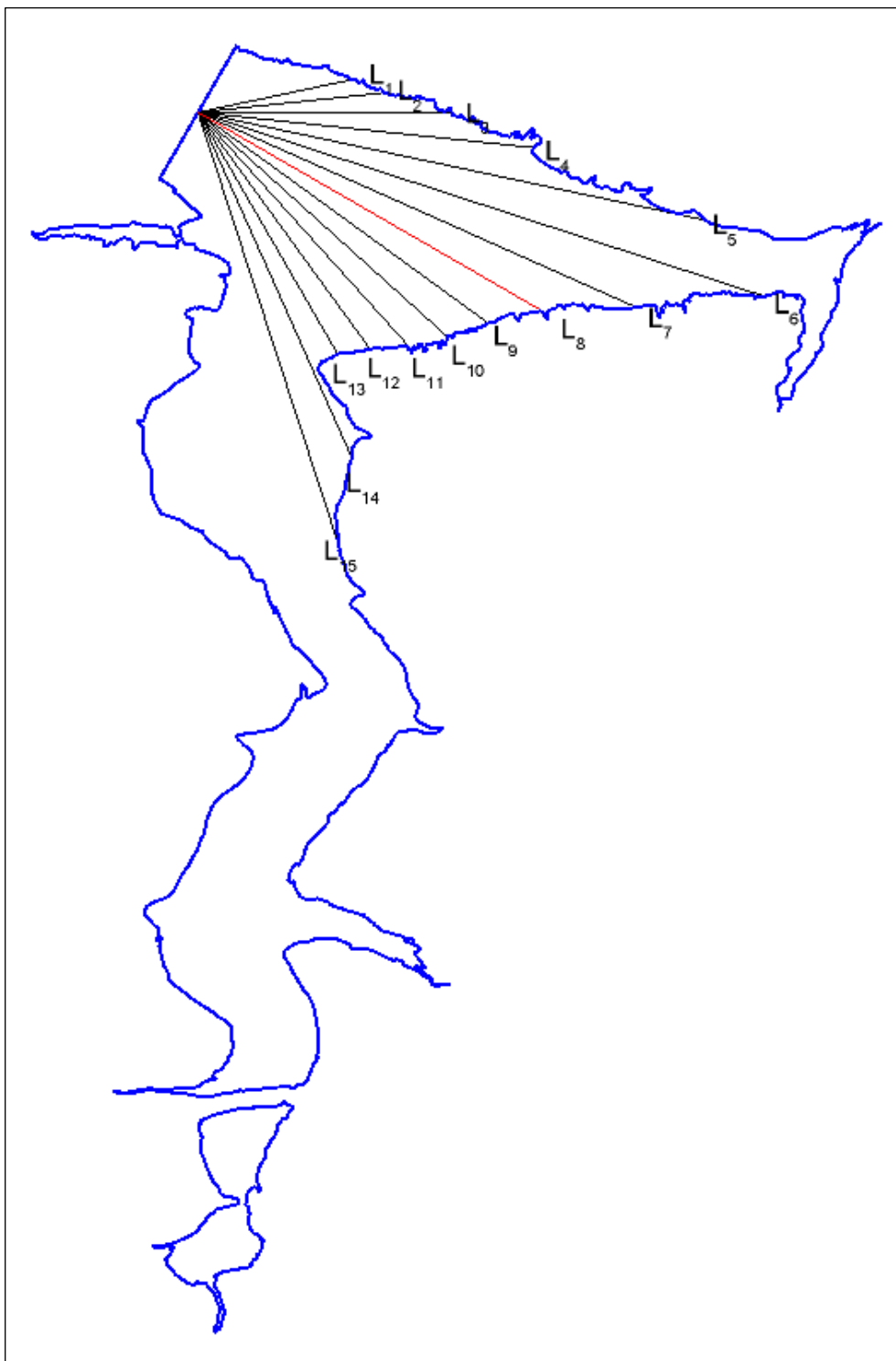




Obr.4.7 – Schéma vodohospodářských soustav v povodí Ohře a Bíliny (Vlasák a kol., 1997) modifikované o povodí Blšanky a Rakovnického potoka a jiných úprav (Němčanský, 2023), [26]

#### 4.2.5 Výběh větrových vln

Výběh větrových vln byl vypočten na základě ČSN 75 0255, kdy byla určena efektivní délka rozběhu větru  $L_{ef}$ , která byla stanovena odečtením vzdáleností od návodního svahu hráze ke břehu po  $6^\circ$  viz obr. 4.8, tab. 4.2 a rovnice 4.1. [29]



Obr.4.8 – Zobrazení radiál pro výpočet efektivní délky rozběhu větru

Tab.4.2 – Odečtené vzdálenosti a výpočty pro efektivní délku rozběhu větru

Označení	$\varphi_i$ [°]	$L_i$ [km]	$\cos(\varphi_i)$	$L_i * \cos^2(\varphi_i)$ [km]
L <sub>1</sub>	42	0.3764	0.7431	0.2079
L <sub>2</sub>	36	0.4379	0.8090	0.2866
L <sub>3</sub>	30	0.5921	0.8660	0.4441
L <sub>4</sub>	24	0.7880	0.9135	0.6576
L <sub>5</sub>	18	1.2128	0.9511	1.0970
L <sub>6</sub>	12	1.3924	0.9781	1.3322
L <sub>7</sub>	6	1.1200	0.9945	1.1078
L <sub>8</sub>	0	0.9434	1.0000	0.9434
L <sub>9</sub>	6	0.8379	0.9945	0.8287
L <sub>10</sub>	12	0.7818	0.9781	0.7480
L <sub>11</sub>	18	0.7483	0.9511	0.6768
L <sub>12</sub>	24	0.6846	0.9135	0.5713
L <sub>13</sub>	30	0.6520	0.8660	0.4890
L <sub>14</sub>	36	0.8821	0.8090	0.5773
L <sub>15</sub>	42	1.0602	0.7431	0.5855
		Σ	13.5109	10.5533

Rovnice 4.1 – Výpočet efektivní délky rozběhu větru, [29]

$$L_{\text{ef}} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i * \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} = \frac{10.5533}{13.5109} = 0.7811 \text{ km}$$

Výpočet jednotlivých veličin pro výběh vln byl v prvním kroku počítán na základě rychlosti větru určené ČHMÚ, který jej určil 10 m nad kótou maximální hladiny. V druhém kroku bylo na základě trvání účinku větru 10 minut navýšena rychlost větru o 20 % a výsledná výška výběhu vlny na svah při 13 % pravděpodobnosti překročení byla stanovena na 0,6 m viz tab. 4.3 a tab. 4.4. Stejným způsobem proběhl výpočet pro normové hodnoty rychlosti větru, kde výsledná výška výběhu vlny na svah dosahovala 1,21 m viz tab. 4.5 a tab. 4.6. Obě hodnoty byly následně porovnány, viz tab. 4.7, a pro další výpočet byla použita výška výběhové vlny z výpočtu dle dat ČHMÚ. [29]

Tab.4.3 – Výpočet veličin pro výběh vlny dle dat ČHMÚ, [21][29]

Efektivní délka rozběhu větru	$L_{ef}$ [m]	781.10
Hloubka vody při hladině v klidu	$H$ [m]	20.0
Rychlost větru 10 m nad hladinou vody v klidu	$w_{10v}$ [m/s]	13.0
Koeficient závislý na rychlosti větru	$k_w$ [-]	1.47E-06
Výška nahnání vody větrem	$\Delta H = k_w * w_{10v}^2 * L_{ef} * \cos(\alpha) / (g * H)$ [m]	9.89E-04
Hodnota pro graf	$g * L_{ef} / w_{10v}^2$	45.34
Hodnota pro graf	$g * H / w_{10v}^2$	1.16
1. Hodnota z grafu	$g * h_c / w_{10v}^2$	0.018
2. Hodnota z grafu	$g * T / (2 * \pi * w_{10v})$	0.25
Charakteristická výška vlny (z grafu)	$h_c$ [m]	0.31
Perioda vlny (z grafu)	$T_c$ [s]	2.08
Trvání účinku větru	$t = 0.027 * L_{ef} / T_c$ [min]	10

Tab.4.4 – Výpočet výšky výběhu vlny dle dat ČHMÚ, [21][29]

Efektivní délka rozběhu větru	$L_{ef}$ [m]	781.10
Hloubka vody při hladině v klidu	$H$ [m]	20
Rychlost větru 10 m nad hladinou vody v klidu	$w_{10v} (+20 \%)$ [m/s]	15.6
Koeficient závislý na rychlosti větru	$k_w$ [-]	1.70E-06
Výška nahnání vody větrem	$\Delta H = k_w * w_{10v}^2 * L_{ef} * \cos(\alpha) / (g * H)$ [m]	1.65E-03
Hodnota pro graf	$g * L_{ef} / w_{10v}^2$	31.49
Hodnota pro graf	$g * H / w_{10v}^2$	0.81
1. Hodnota z grafu	$g * h_c / w_{10v}^2$	0.016
2. Hodnota z grafu	$g * T / (2 * \pi * w_{10v})$	0.23
Charakteristická výška vlny (z grafu)	$h_c$ [m]	0.40
Perioda vlny (z grafu)	$T_c$ [s]	2.30
Výška výběhu vlny	$h_{1\%}$ [m]	0.56
Koeficient drsnosti svahu	$k_d$ [-]	0.8
Délka vlny	$\lambda_c = g * T_c^2 / (2 * \pi)$ [m]	8.25
Úhel sklonu návodního líce	$\alpha$ [°]	18.43
Cotg úhlu sklonu návodního líce	$\cotg \alpha$ [-]	3.00
Koeficient (z grafu)	$k_p$ [-]	1.57
Výška výběhu vlny na svah	$h_{v1\%} = k_d * k_p * h_{1\%}$ [m]	0.70
Koeficient	$k_{13\%}$ [-]	0.85
Výsledná výška výběhu vlny na svah	$h_{v13\%} = k_{13\%} * h_{v1\%}$ [m]	<b>0.60</b>

Tab.4.5 – Výpočet veličin pro výběh vlny dle normových hodnot ČSN 75 0255, [29]

Rychlost větru 10 m nad zemí	$w_{10z}$ [m/s]	25
Koeficient závislý na efektivní délce rozběhu	$k$ [-]	1.08
Efektivní délka rozběhu větru	$L_{ef}$ [m]	781.10
Hloubka vody při hladině v klidu	$H$ [m]	20.0
Rychlost větru 10 m nad hladinou vody v klidu	$w_{10v}$ [m/s]	27.0
Koeficient závislý na rychlosti větru	$k_w$ [-]	2.73E-06
Výška nahnání vody větrem	$\Delta H = k_w * w_{10v}^2 * L_{ef} * \cos(\alpha) / (g * H)$ [m]	7.92E-03
Hodnota pro graf	$g * L_{ef} / w_{10v}^2$	10.51
Hodnota pro graf	$g * H / w_{10v}^2$	0.27
1. Hodnota z grafu	$g * h_c / w_{10v}^2$	0.012
2. Hodnota z grafu	$g * T / (2 * \pi * w_{10v})$	0.18
Charakteristická výška vlny (z grafu)	$h_c$ [m]	0.89
Perioda vlny (z grafu)	$T_c$ [s]	3.11
Trvání účinku větru	$t = 0.027 * L_{ef} / T_c$ [min]	7

Tab.4.6 – Výpočet výšky výběhu vlny dle normových hodnot ČSN 75 0255, [29]

Efektivní délka rozběhu větru	$L_{ef}$ [m]	781.10
Hloubka vody při hladině v klidu	$H$ [m]	20
Rychlost větru 10 m nad hladinou vody v klidu	$w_{10v} (+20 \%)$ [m/s]	32.4
Koeficient závislý na rychlosti větru	$k_w$ [-]	3.22E-06
Výška nahnání vody větrem	$\Delta H = k_w * w_{10v}^2 * L_{ef} * \cos(\alpha) / (g * H)$ [m]	1.34E-02
Hodnota pro graf	$g * L_{ef} / w_{10v}^2$	7.30
Hodnota pro graf	$g * H / w_{10v}^2$	0.19
1. Hodnota z grafu	$g * h_c / w_{10v}^2$	0.0085
2. Hodnota z grafu	$g * T / (2 * \pi * w_{10v})$	0.155
Charakteristická výška vlny (z grafu)	$h_c$ [m]	0.91
Perioda vlny (z grafu)	$T_c$ [s]	3.22
Výška výběhu vlny	$h_{1\%}$ [m]	1.27
Koeficient drsnosti svahu	$k_d$ [-]	0.8
Délka vlny	$\lambda_c = g * T_c^2 / (2 * \pi)$ [m]	16.15
Úhel sklonu návodního líce	$\alpha$ [°]	18.43
Cotg úhlu sklonu návodního líce	$\cotg \alpha$ [-]	3.00
Koeficient (z grafu)	$k_p$ [-]	1.4
Výška výběhu vlny na svah	$h_{v1\%} = k_d * k_p * h_{1\%}$ [m]	1.43
Koeficient	$k_{13\%}$ [-]	0.85
Výsledná výška výběhu vlny na svah	$h_{v13\%} = k_{13\%} * h_{v1\%}$ [m]	<b>1.21</b>

Tab.4.7 – Hodnoty výšky výběhu vlny

$w_{10v}$ [m/s]	$h_{v13\%}$ [m]
13.0	0.60
27.0	1.21

#### 4.2.6 Určení výšky koruny hráze, KMH a MBH

Dle předprojektové přípravy VD Kryry byla úroveň koruny hráze stanovena  $H_{kor} = 327.20$  m n. m. S touto kótou se postupovalo i v dalších podkladech například ve studii klimatických charakteristik vztahující se k profilu hráze vodního díla Kryry nebo v dopravní studii. Proto je tato kóta brána jako maximální kóta koruny. [1]

Na základě transformací z kapitoly 4.2.13 byla určena návrhová hladina  $H_{max}$  z výpočtu transformace povodňové vlny  $TPV_{1000}$  [30]:

- varianta A s Rehbockovým přelivem: 325.33 m n. m.
- varianta B s klapkovým uzávěrem: 325.40 m n. m.
- varianta C s labyrintovým přelivem: 325.37 m n. m.
- varianta D se segmentovým uzávěrem: 325.40 m n. m.
- varianta E se šachtovým přelivem: 325.38 m n. m.

Hladiny  $H_{max}$  byly následně zvýšeny o výšku výběhu vln, a tím byla získána úroveň koruny hráze pro  $TPV_{1000}$  [30]:

- varianta A s Rehbockovým přelivem:  $325.33 + 0.60 = 325.93$  m n. m.
- varianta B s klapkovým uzávěrem:  $325.40 + 0.60 = 326.00$  m n. m.
- varianta C s labyrintovým přelivem:  $325.37 + 0.60 = 325.97$  m n. m.
- varianta D se segmentovým uzávěrem:  $325.40 + 0.60 = 326.00$  m n. m.
- varianta E se šachtovým přelivem:  $325.38 + 0.60 = 325.98$  m n. m.

Pro splnění zabezpečení vodního díla na požadovanou míru bezpečnosti  $N = 10000$  let, byla určena hladina KMH při  $TPV_{10000}$  [30]:

- varianta A s Rehbockovým přelivem: 325.80 m n. m.
- varianta B s klapkovým uzávěrem: 325.96 m n. m.
- varianta C s labyrintovým přelivem: 325.81 m n. m.
- varianta D se segmentovým uzávěrem: 326.06 m n. m.
- varianta E se šachtovým přelivem: 325.93 m n. m.

Hladina KMH byla následně též zvýšena o výšku výběhu vln, a tím byla dosažena úroveň koruny hráze pro  $TPV_{10000}$  [30]:

- varianta A s Rehbockovým přelivem:  $325.80 + 0.60 = 326.40$  m n. m.
- varianta B s klapkovým uzávěrem:  $325.96 + 0.60 = 326.56$  m n. m.
- varianta C s labyrintovým přelivem:  $325.81 + 0.60 = 326.41$  m n. m.
- varianta D se segmentovým uzávěrem:  $326.06 + 0.60 = 326.66$  m n. m.
- varianta E se šachtovým přelivem:  $325.93 + 0.60 = 326.53$  m n. m.

Z výše uvedených dat je zřejmé, že úroveň koruny hráze při kótě 327.20 m n. m. je správná a rozdílem této hodnoty a KMH s výškou výběhu vln je bezpečnostní rezerva  $\Delta$  0,5 - 0,7 m.

Pro každou variantu byl navíc navržen vlnolam na koruně hráze o výšce 0,6 m. Tato výška byla stanovena na základě rozdílu hodnot výšky výběhu vln, tak aby bylo zajištěno, že hráz odolá i scénáři dle normy ČSN 75 0255, tedy rychlosti větru až 27 m/s nad hladinou nádrže.

Vzhledem k posouzenému vodnímu dílu Kryry na  $NPV_{1000}$  a  $KPV_{10000}$ , stanovené výšce vlnolamu a úrovni koruny hráze, musí být stanovena mezní bezpečná hladina MBH. Tato hladina nesmí být překročena, neboť by jinak hrozilo protržení hráze, která je sypaná, a tudíž je o to víc ohrožena případným přelitím. Kóta MBH byla stanovena ze součtu úrovně koruny hráze a vlnolamu a sníženo o výšku výběhu vln. [30]

- pro všechny varianty:  $MBH = 327.20 + 0.60 - 0.60 = 327.20$  m n. m.

Z výše vypočtených hladin KMH a MBH vyplývá, že všechny varianty splňují podmínku  $KMH \leq MBH$  z normy ČSN 75 2935 „Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních“. [30]



## 4.2.7 Minimální zůstatkový průtok

Minimální průtok potřebný pro zajištění zejména ekologických funkcí Podvineckého potoka byl určen na základě zákona č. 150/2010 Sb. ve znění pozdějších předpisů, kdy byla použita platná metodika viz tab. 4.8 a rovnice 4.2 a nová metodika určování minimálního zůstatkového průtoku viz tab. 4.9 a rovnice 4.3, přičemž pro další zpracování bude využito výpočtů z platné metodiky. Dle nové metodiky spadá Podvinecký potok do oblasti 4 dle obr. 4.9, ve které se hodnoty MZP zvýšily v průměru o 16 %, avšak ve výpočtu MZP Podvineckého potoka není zvýšení zřejmé. [15][16][17]

Tab.4.8 – Platná metodika – výpočet hodnot minimálního zůstatkového průtoku pro nakládání s vodami, [17]

Průtok $Q_{355d}$ [ $m^3/s$ ]	MZP [ $m^3/s$ ]
< 0.05	$Q_{330d}$
0.05 – 0.5	$(Q_{330d} + Q_{355d}) * 0.5$
0.51 – 5.0	$Q_{355d}$
> 5.0	$(Q_{355d} + Q_{364d}) * 0.5$

Rovnice 4.2 – Platná metodika – výpočet minimálního zůstatkového průtoku, [17]

$$Q_{MZP} = Q_{330d} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tab.4.9 – Nová metodika – výpočet hodnot minimálního zůstatkového průtoku pro nakládání s vodami, [15][16]

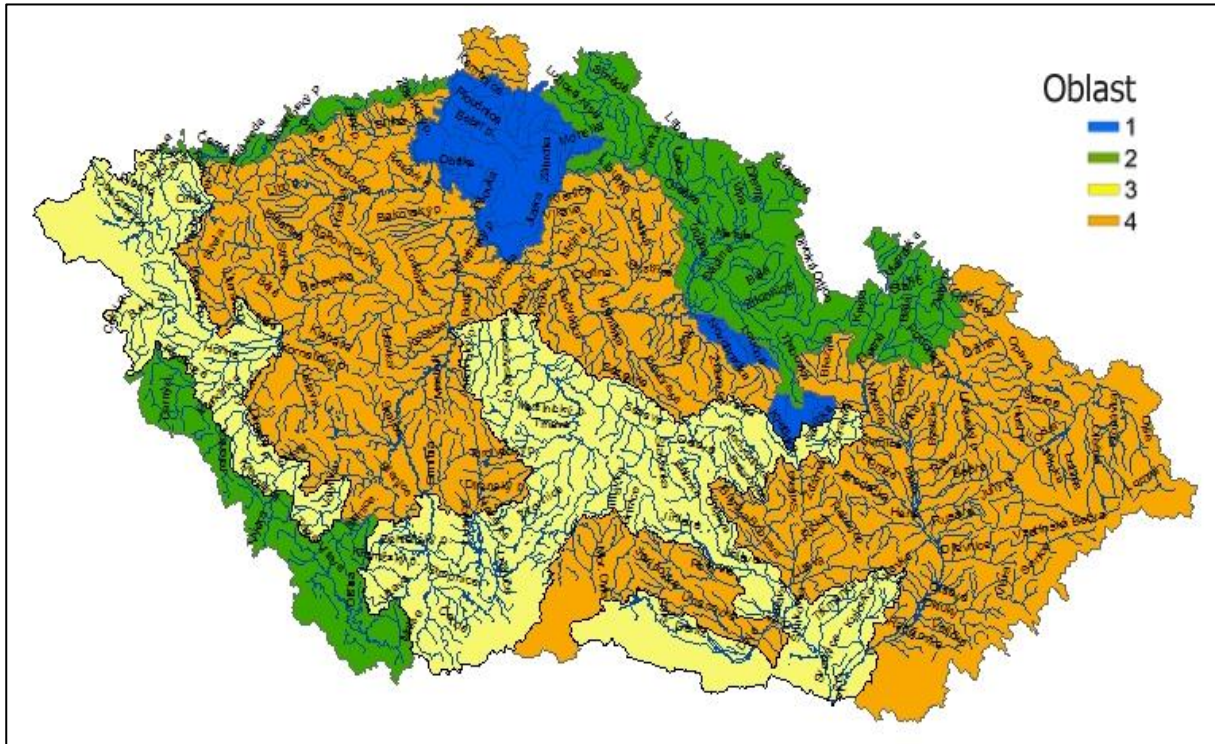
Oblast podle přílohy	Hlavní sezóna		Koeficient K	Jarní sezóna	
1	květen – leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) * Q_{330d} * K$	1.2	únor – duben	$Q_{330d}$
2	květen – leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) * Q_{330d} * K$	1.1	únor – duben	$Q_{330d}$
3	květen – leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) * Q_{330d} * K$	1.05	únor – duben	$Q_{330d}$
4	květen – leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) * Q_{330d} * K$	1.07	únor – duben	$Q_{330d}$

Rovnice 4.3 – Stará metodika – výpočet minimálního zůstatkového průtoku, [15][16]

$$Q_{MZP} \text{ (hlavní sezóna)} = \left(1 - \frac{Q_{355d}}{Q_a}\right) * Q_{330d} * K = \left(1 - \frac{0,012}{0,195}\right) * 0,03 * 1,07 = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{MZP} \text{ (jarní sezóna)} = Q_{330d} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

;



Obr.4.9 – Nová metodika – grafické rozdělení území České republiky se zobrazením čtyř oblastí podle hranic hydrologických povodí 4. řádu, [15][16]

#### 4.2.8 Výpar z nádrže

Přibližný výpar z volné hladiny nádrže byl stanoven grafem z ČSN 75 2405 a to na základě nadmořské výšky. Pro určení byla zvolena nadmořská výška hladiny zásobního prostoru  $M_z = 323.80$  m n. m., pro niž je přibližný výpar cca 794 mm/rok. [31]

Výsledný přibližný objem výparu za rok se následně určí přenásobením hodnoty výparu plochou ve výšce hladiny zásobního prostoru, přičemž se zanedbává změna výšky hladiny viz rovnice 4.4. [31]

Rovnice 4.4 – Výpočet výparu z volné hladiny nádrže, [31]

$$V_{vyp} = 0,794 * 874\,625 \doteq 694\,452 \text{ m}^3/\text{rok}$$

#### 4.2.9 Průsaky tělesem hráze

Vzhledem k 3 různým materiálovým variantám provedení hráze bylo postupováno podle odlišných vzorců. Pro variantu A s hlinitým štěrskem s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s byl vypočten průsak pro výpočet homogenní hráze podle rovnice 4.5, rovnice 4.6 a rovnice 4.7 na základě vstupních dat z tabulky tab. 4.10. [32][33]

Pro varianty B a C bylo počítáno podle rovnice 4.8 a 4.9 a vstupní data s výsledkem jsou v tab. 4.11. Varianta B a C obsahují dobře zrněný štěrk s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s pro stabilizační část a štěrkovitou hlínu s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_t = 1 \cdot 10^{-9}$  m/s pro těsnicí část. Varianta D a E byla počítána stejnou rovnicí 4.8 jako v předchozím případě a vstupní data s výsledky jsou v tab. 4.12. Varianta D a E mají stejnou zeminu pro stabilizační část jako u varianty B a C, ale pro těsnicí část je použit asfaltobeton s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_t = 3 \cdot 10^{-11}$  m/s. Hodnota nasycené hydraulické vodivosti asfaltobetonu s obsahem bentonitové přísady byla převzata z odborné literatury společnosti Shell Bitumen, která prováděla měření těsnosti na již postavených přehradách. U variant B, C, D a E byl průsak uvažován pouze těsnicí částí se zanedbáním propustné stabilizační části. Nicméně ve variantách D a E je tento výpočet průsaku pouze orientační, a to z toho důvodu, že varianty obsahují střední asfaltobetonové těsnění, u něhož by byl průsak spočten poměrem celkové těsnicí části ku počtu póru v ní obsažené. Pro tento vztah se následně odečítá předpokládaný průsak těsnění. Tento výpočet je však složitý, a proto je průsak v těchto variantách uvažován dle rovnice 4.8. Navíc dle odborné literatury společnosti Walo Bertschinger AG se uvádí, že do 150 m vodního sloupce, pokud je asfaltobetonové těsnění provedeno správně, je toto těsnění nepropustné. Průsak podloží není spočten, neboť není známá celková mocnost propustného podloží. [32][33][34][35]

Tab.4.10 – Výpočet průsaků homogenní hrázi,  
[32]

<b><math>K_s</math> [m/s]</b>	1.0E-08
<b>m [-]</b>	3
<b><math>L_{hráze}</math> [m]</b>	367.3
<b>H [m]</b>	20.0
<b>A [m]</b>	5.4
<b>B [m]</b>	5.0
<b><math>\lambda</math> [-]</b>	0.43
<b>C [m]</b>	38.7

<b>L [m]</b>	57.7
<b>q [m<sup>3</sup>/s.m]</b>	3.5E-08
<b>Q [m<sup>3</sup>/rok]</b>	402

Rovnice 4.5 – Výpočet specifického průsaku homogenní hrázi, [33]

$$q = K_s * \frac{H^2}{2 * L}$$

q specifický průsak

K<sub>s</sub> součinitel hydraulické vodivosti zeminy tělesa hráze

H výška vody v nádrži nad úrovní patního drénu

L vodorovná délka průsakové dráhy

Rovnice 4.6 – Výpočet vodorovné délky průsakové dráhy, [32]

$$L = \lambda * H + A + B + C = \left( \frac{m}{1 + 2 * m} \right) * H + A + B + C$$

L vodorovná délka průsakové dráhy

λ poměr

H výška vody v nádrži nad úrovní patního drénu

A vodorovná délka od hladiny ke koruně hráze na návodním líci

B vodorovná příčná délka koruny hráze

C vodorovná délka od koruny hráze k patnímu drénu na vzdušním líci

m sklon návodního líce

Rovnice 4.7 – Výpočet průsaku homogenní hráze, [32]

$$Q = q * L_{\text{hráze}}$$

Q celkový průsak tělesem hráze

q specifický průsak

L<sub>hráze</sub> vodorovná podélná délka hráze v koruně

Tab.4.11 – Výpočet průsaků heterogenní hrázi se středním zemním těsněním, [32]

<b>K<sub>s</sub> [m/s]</b>	1.0E-05
<b>K<sub>t</sub> [m/s]</b>	1.0E-09
<b>t<sub>1</sub> [m]</b>	4.8
<b>t<sub>2</sub> [m]</b>	14.0
<b>t [m]</b>	12.56
<b>H [m]</b>	20.0
<b>L<sub>1</sub> [m]</b>	367.3
<b>L<sub>2</sub> [m]</b>	160.0
<b>Q [m<sup>3</sup>/s]</b>	3.6E-06
<b>Q [m<sup>3</sup>/rok]</b>	115

Rovnice 4.8 – Výpočet průsaku heterogenní hrázi se středním těsněním, [32]

$$Q = \frac{K_t}{6} * \frac{H^2}{t} * (L_1 + 2 * L_2)$$

- Q celkový průsak tělesem hráze  
 K<sub>t</sub> součinitel hydraulické vodivosti těsnící části tělesa hráze  
 H výška vody v nádrži nad úrovní patního drénu  
 t průměrná tloušťka těsnění  
 L<sub>1</sub> vodorovná podélná délka hráze v koruně  
 L<sub>2</sub> vodorovná podélná délka hráze v založení

Rovnice 4.9 – Výpočet průměrné tloušťky těsnící části hráze s rozdílnými tloušťkami po výšce, [32]

$$t = \frac{2}{3} * (t_1 + t_2)$$

- t průměrná tloušťka těsnění  
 t<sub>1</sub> nejmenší z tlouštěk těsnění  
 t<sub>2</sub> největší z tlouštěk těsnění

Tab.4.12 – Výpočet průsaků heterogenní hrázi se středním asfaltobetonovým těsněním, [32][35]

<b>K<sub>s</sub> [m/s]</b>	1.0E-05
<b>K<sub>t</sub> [m/s]</b>	3.0E-11
<b>t [m]</b>	0.6
<b>H [m]</b>	20.0
<b>L<sub>1</sub> [m]</b>	367.3

<b>L<sub>2</sub> [m]</b>	160.0
<b>Q [m<sup>3</sup>/s]</b>	2.3E-06
<b>Q [m<sup>3</sup>/rok]</b>	72

#### 4.2.10 Vodní bilance – vodohospodářská

V rámci výpočtů vodní vodohospodářské bilance dle rovnice 4.10 na základě vyhlášky č. 431/2001 Sb. bylo zjištěno, že nádrž vodního díla Kryry má pozitivní bilanci viz tab. 4.13. Pozitivní bilance znamená funkčnost nádrže a její spolehlivé napuštění. [36]

Rovnice 4.10 – Vodní vodohospodářská bilance, [36]

$$V_{bil} = V_a - V_{hyg} - V_{výp} - V_{ph}$$

$V_{bil}$  bilanční objem

$V_a$  objem přítoku do nádrže

$V_{hyg}$  sanační odtok z nádrže

$V_{výp}$  objem ztráty vody výparem

$V_{ph}$  objem ztráty vody průsakem hráze

$V_z$  objem zásobního prostoru nádrže

Tab.4.13 – Výpočet vodní vodohospodářské bilance, [36]

<b>Přítok do nádrže</b>	
$Q_a$ [m <sup>3</sup> /s]	0.195
$V_a$ [m <sup>3</sup> ]	6 149 520
<b>Odtok z nádrže</b>	
$Q_{hyg}$ [m <sup>3</sup> /s]	0.030
$V_{hyg}$ [m <sup>3</sup> ]	946 080
<b>Ztráty výparem</b>	
$A_{nn}$ [m <sup>2</sup> ]	874 625
$H_{výp}$ [mm/rok]	794
$V_{výp}$ [m <sup>3</sup> ]	694 452
<b>Ztráty průsakem hráze</b>	
$Q_{ph}$ [m <sup>3</sup> /rok]	401.7
$V_{ph}$ [m <sup>3</sup> ]	401.7
<b><math>V_{bil}</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>4 508 586</b>
<b><math>V_z</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>6 985 741</b>

$0 < V_{bil} < V_z \rightarrow$  pozitivní

### 4.2.11 Doba plnění nádrže

Výpočet doby plnění nádrže byl spočten na základě rozdílu objemu zásobního prostoru a ročního bilančního objemu dle rovnice 4.11. Z výpočtů vyplývá, že se nádrž napustí zhruba za 1,5 roku.

Rovnice 4.11 – Doba plnění nádrže

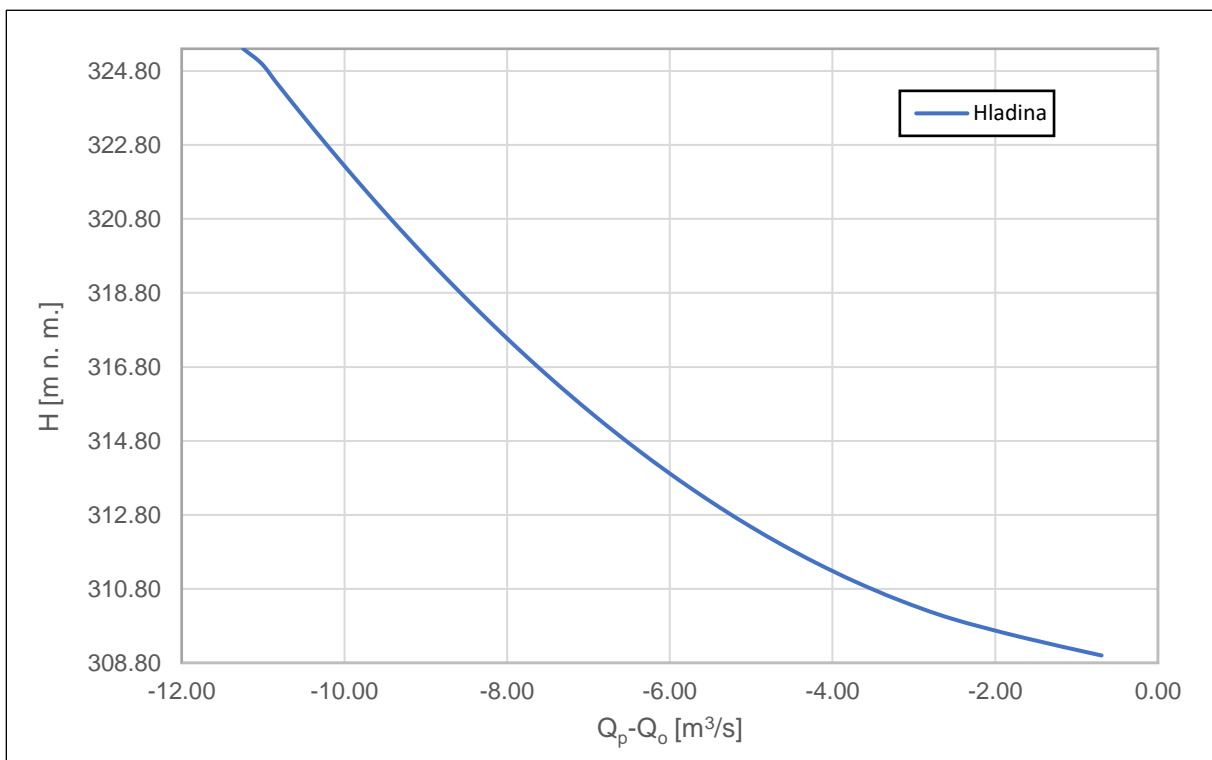
$$T = \frac{V_z}{V_{bil}} = \frac{6\,985\,741}{4\,508\,586} = 1,5 \text{ roku}$$

### 4.2.12 Doba prázdnění nádrže

Výpočet prázdnění nádrže je součástí přílohy 12.1 hydrotechnických výpočtů, přičemž z tab. 4.14 a obr. 4.10 vyplývá, že nádrž se při vypouštění  $Q_a$  vypustí během 12 dní.

Tab.4.14 – Porovnání hodnot pro vypouštění nádrže

$\Sigma T$ [den]	12.04	<	14 dnů
<b>Vyhovuje.</b>			



Obr. 4.10 – Křivka hladiny při vypouštění nádrže spodními výpustmi



### 4.2.13 Transformace povodňové vlny

Transformace povodňové vlny byla spočtena na základě znalosti hydrogramu, znalosti batygrafických čar, a to zejména závislost zatopených ploch na kótě hladina  $A(h)$  a parametrů bezpečnostních přelivů, tedy závislost odtoku z nádrže na kótě hladiny  $Q_o(h)$ . Pro zpřesnění transformace byla využita metoda Runge-Kutte 2. řádu viz rovnice 4.12. Všechny tyto výpočty jsou v příloze 12.1 Hydrotechnické výpočty a výsledky jsou na obr. 4.11 až obr. 4.25. [19][36]

Rovnice 4.12 – Metoda Runge-Kutte 2. řádu, [36]

$$h_{n+1} = h_n + \frac{1}{2} * (k_1 + k_2)$$

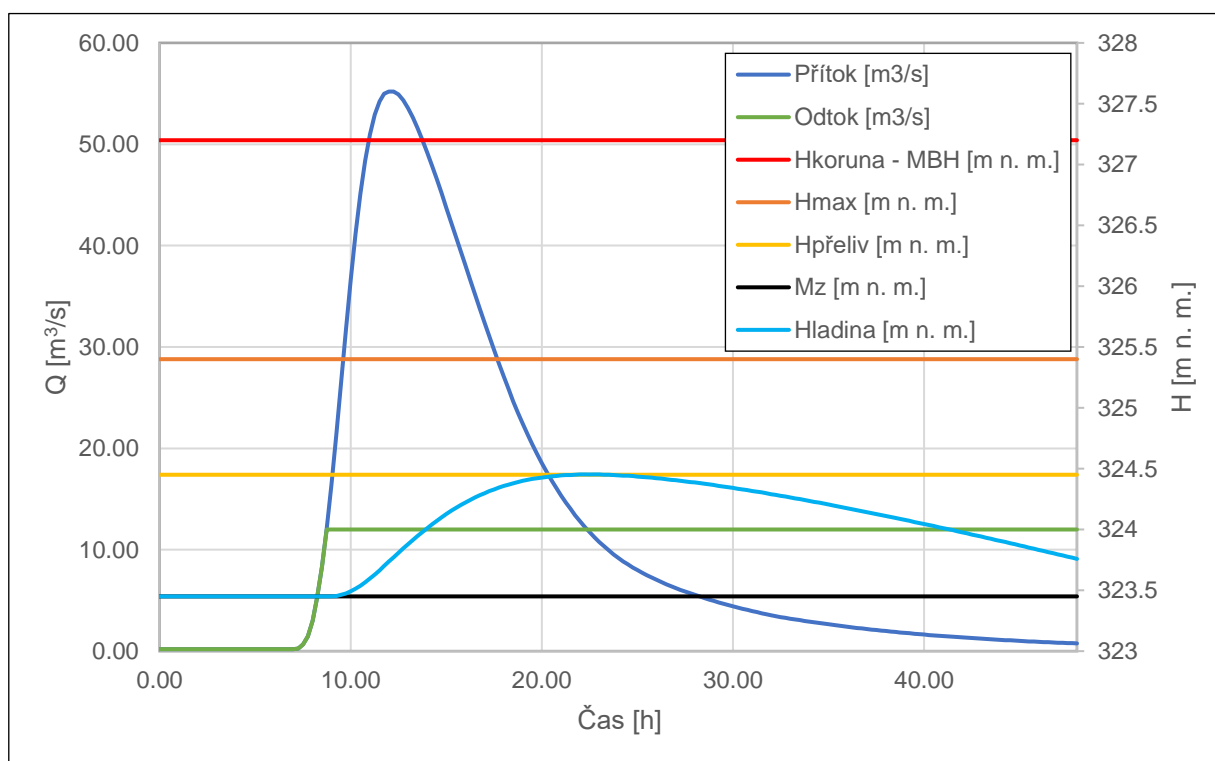
$$k_1 = \Delta t * A(t_n, h_n)$$

$$k_2 = \Delta t * A(t_n + \Delta t, h_n + k_1)$$

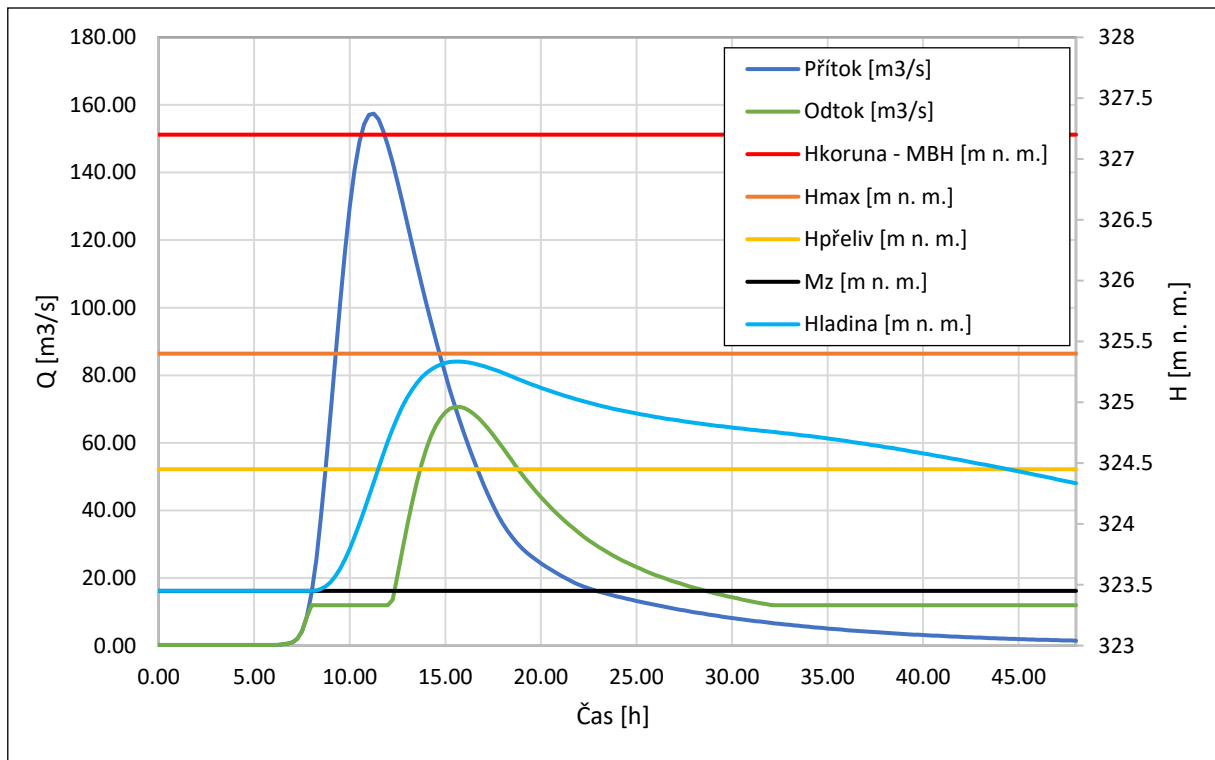
$h$  kóta hladiny

$k_1$  1. opravný součinitel

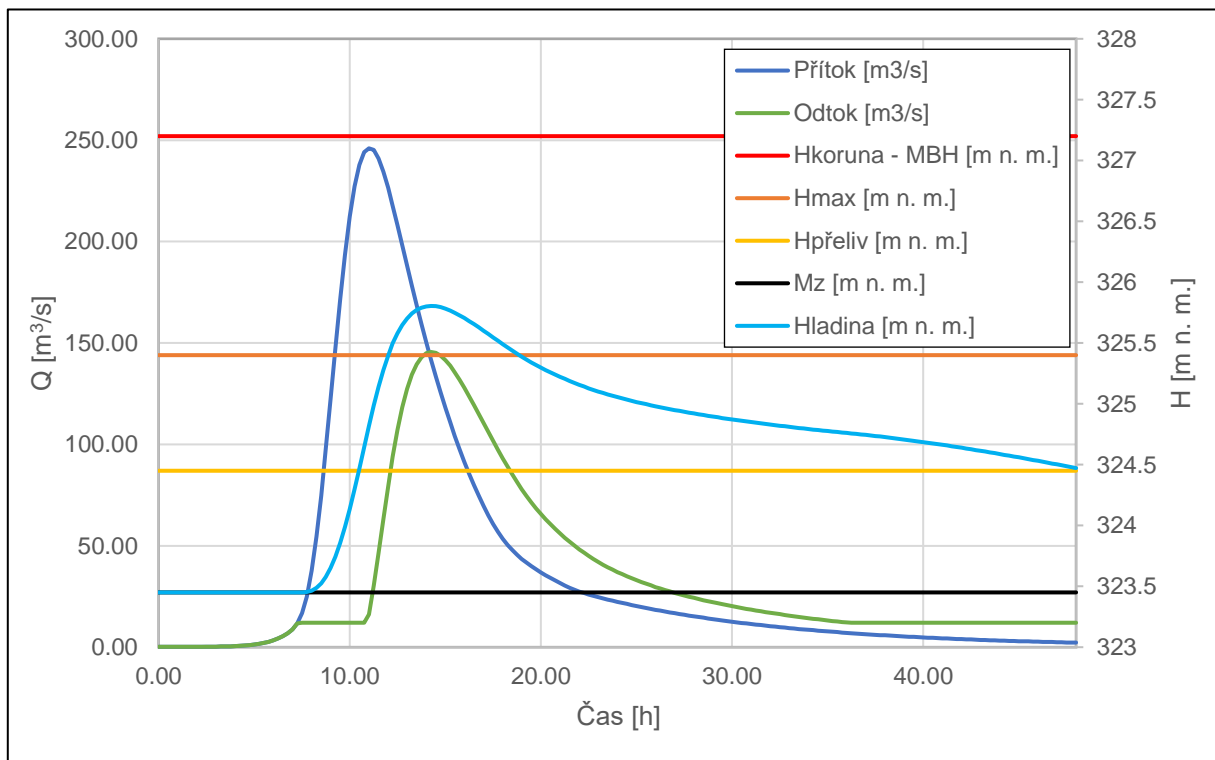
$k_2$  2. opravný součinitel



Obr.4.11 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta A, [19][36]



Obr.4.12 – Transformace TPV<sub>1000</sub> – varianta A, [19][36]

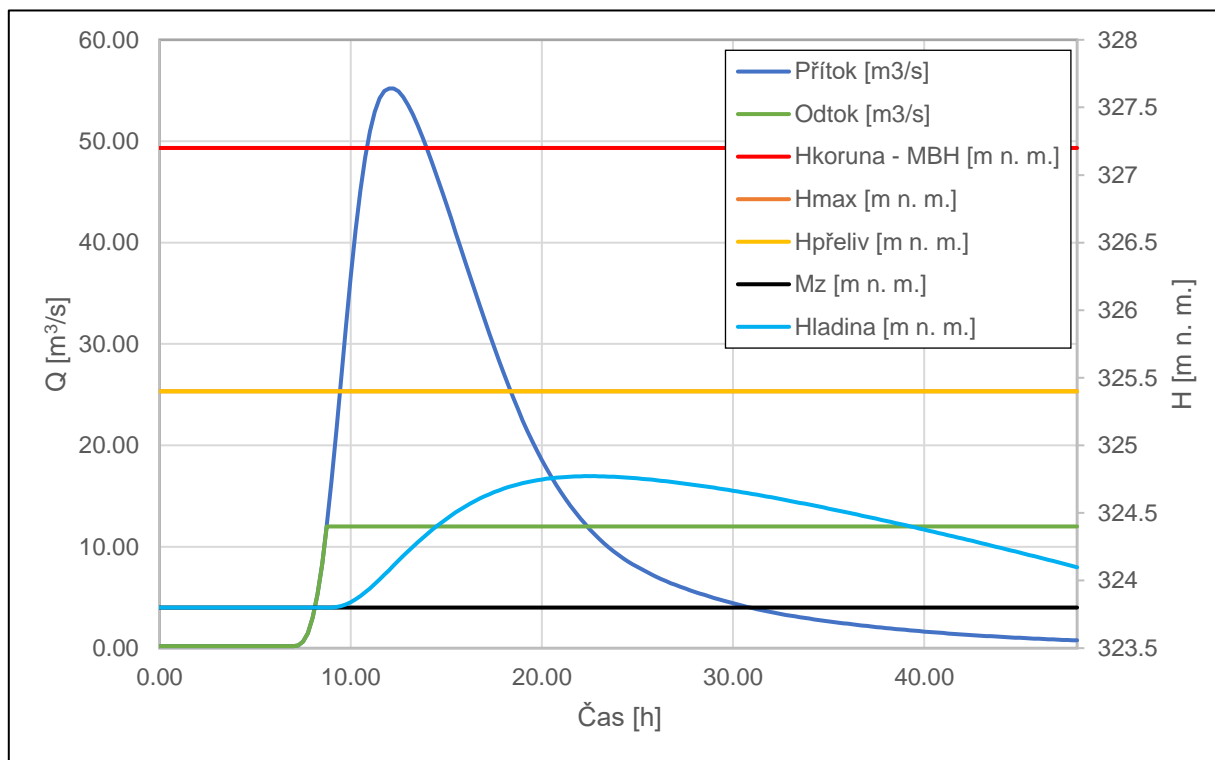


Obr.4.13 – Transformace TPV<sub>10000</sub> – varianta A, [19][36]

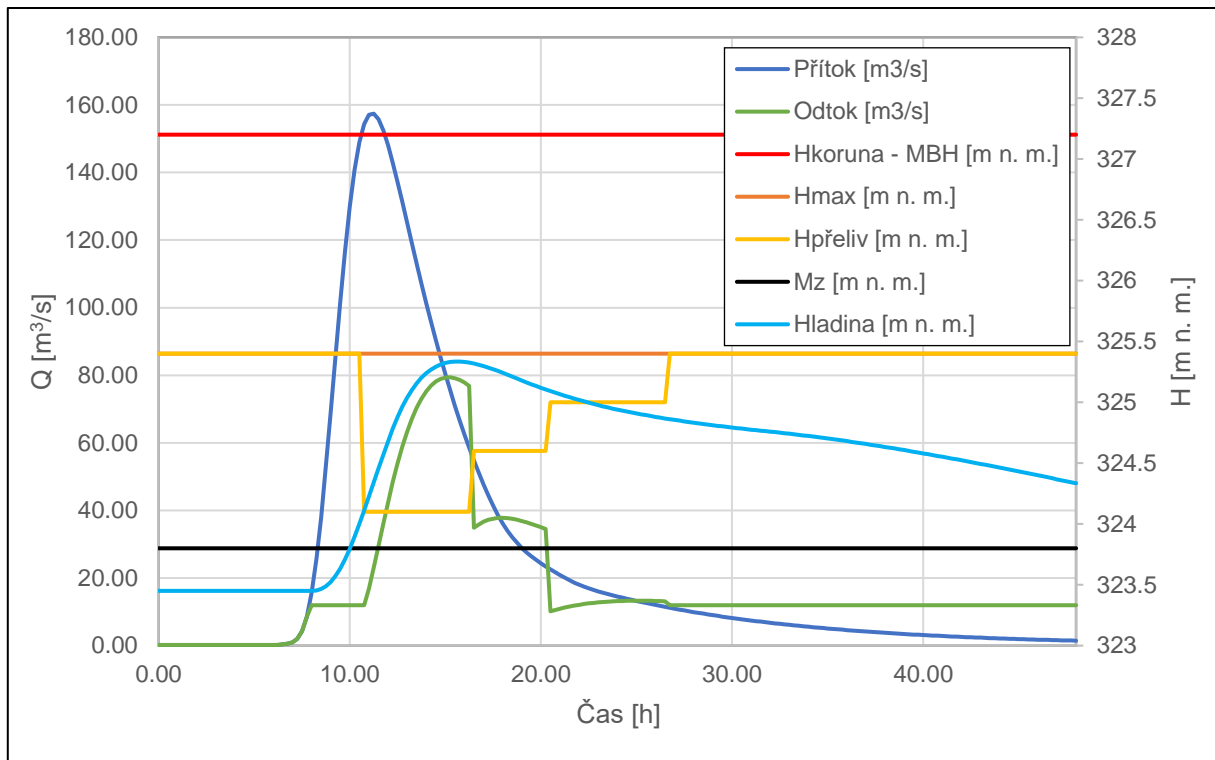
Pro variantu B byl výpočet upraven, a to vzhledem k manipulaci s klapkovým uzávěrem. Manipulace byla do značné míry ovlivněna nepřekročením kóty hladiny  $H_{\max} = 325.40$  m n. m. při  $TPV_{1000}$ , a proto byla manipulace navázána na hodnotu přítoku, přestože měření průtoků je v praxi složitější a používá se odečítání výšky hladiny na limnigrafu. Manipulace je zanesena v tab. 4.15. Transformace byla provedena pro 2 pole bezpečnostního přelivu s 1 vyřazeným polem. Pro přesnější a efektivnější transformaci s klapkou je třeba úlohu optimalizovat, což není předmětem této bakalářské práce.

Tab.4.15 – Manipulace s klapkou

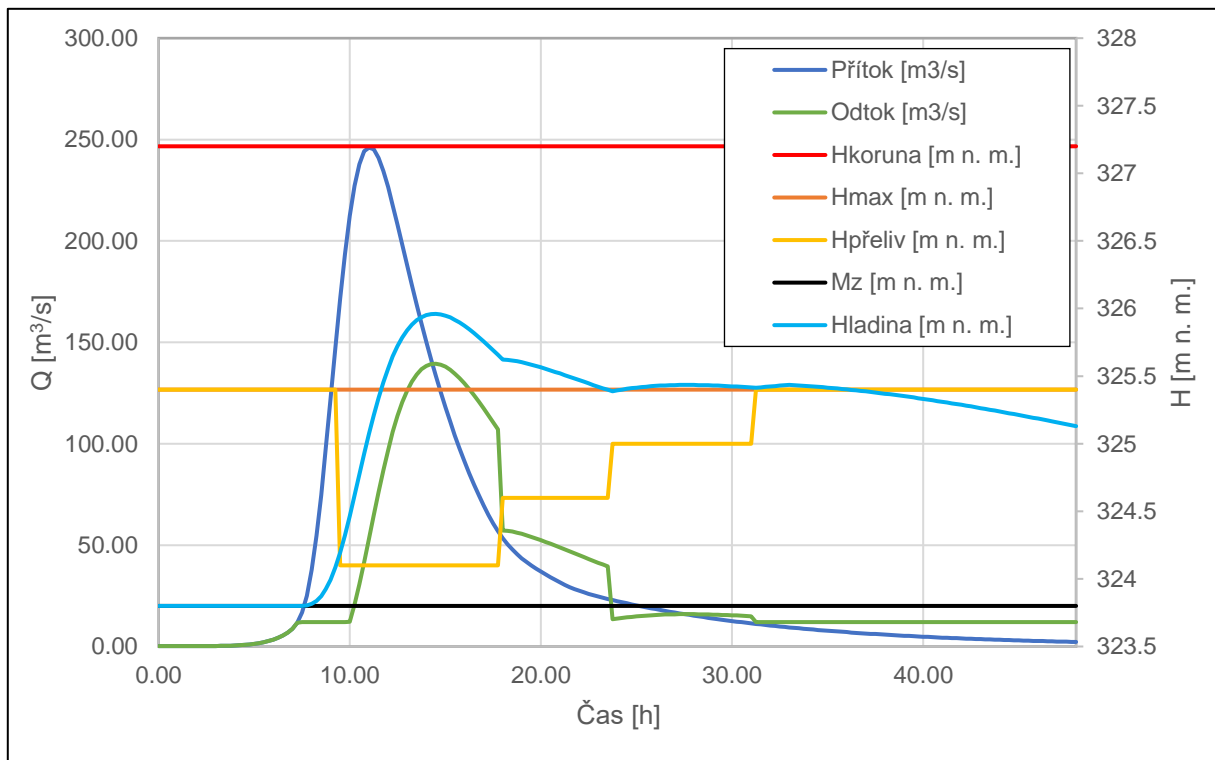
Pohyb hladiny	Přítok	Pohyb uzávěru
	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m n. m.]
↑	< 60	325.40
↑	> 150	324.10
↓	< 55	324.60
↓	< 23	325.00
↓	< 11.25	325.40



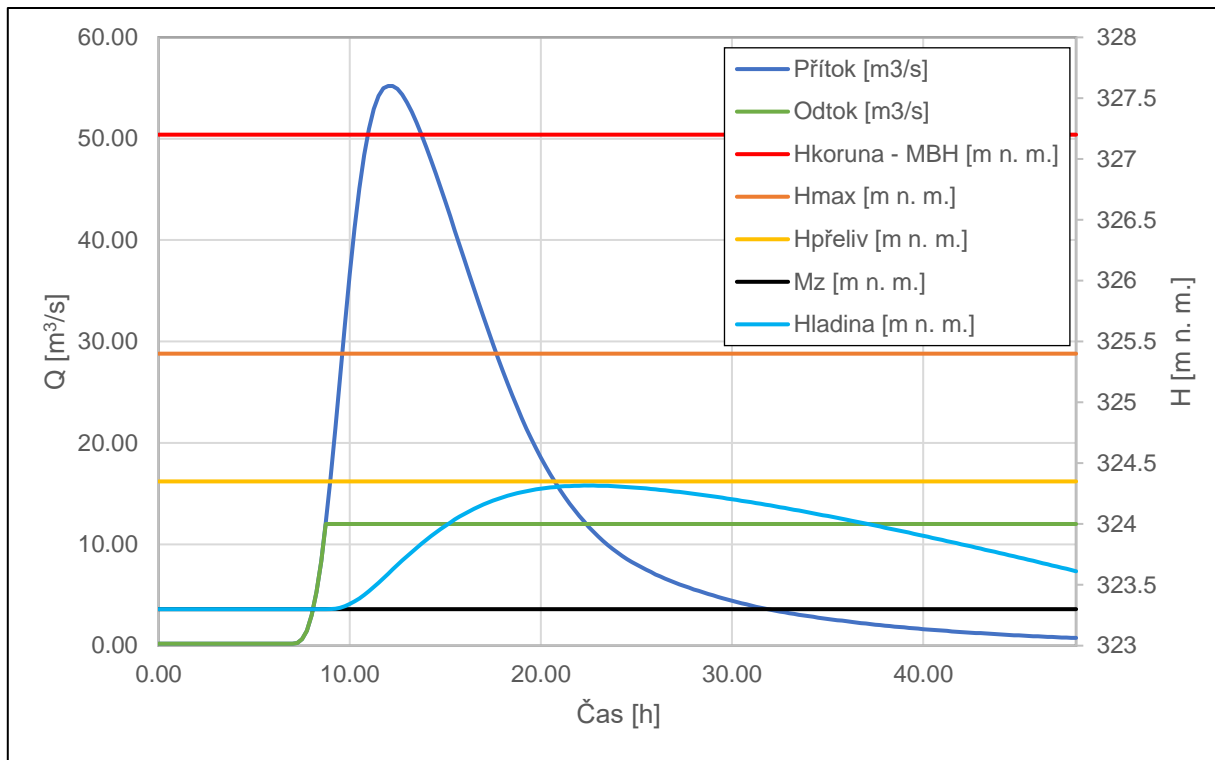
Obr.4.14 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta B, [19][36]



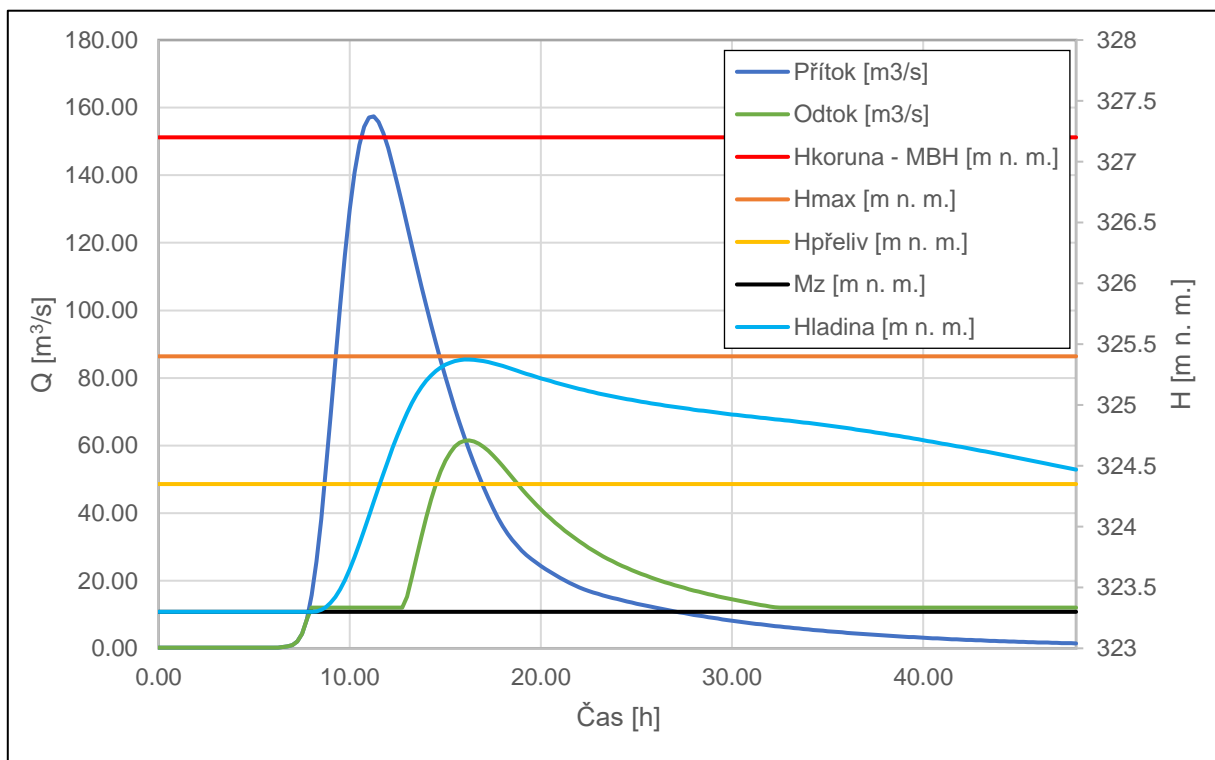
Obr.4.15 – Transformace TPV<sub>1000</sub> – varianta B, [19][36]



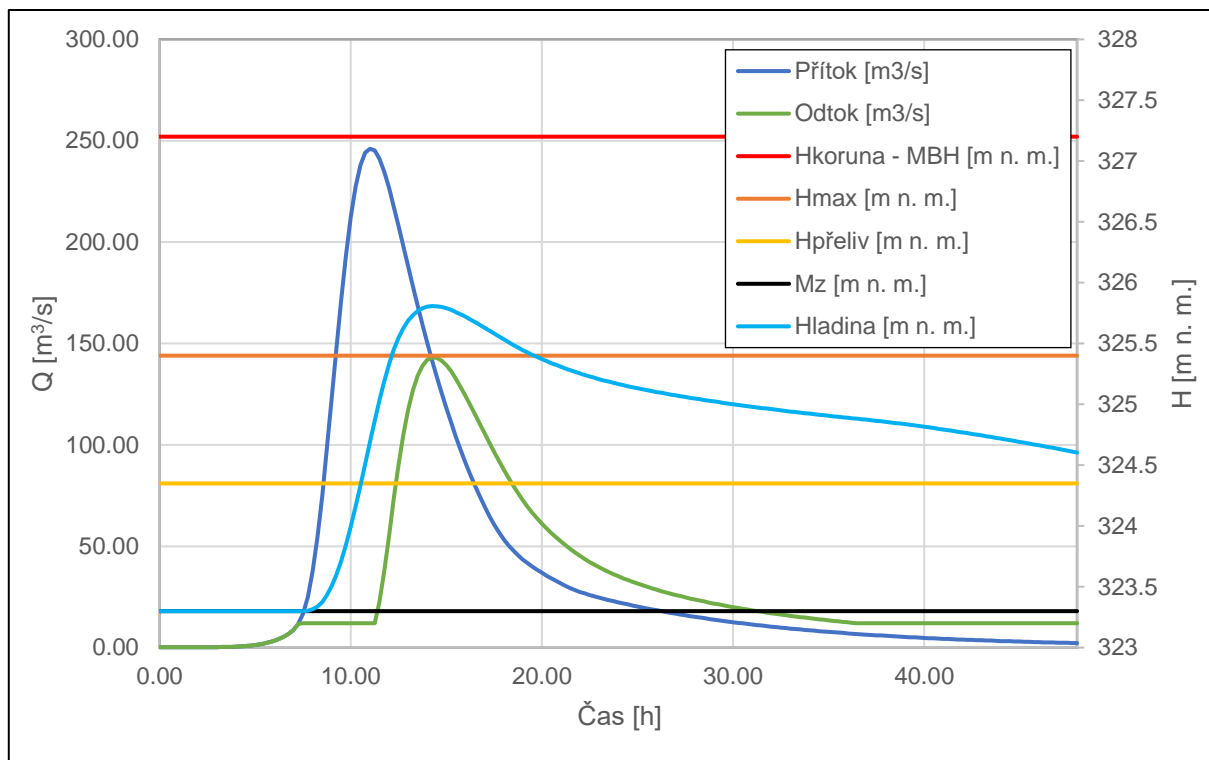
Obr.4.16 – Transformace TPV<sub>10000</sub> – varianta B, [19][36]



Obr.4.17 – Transformace TPV<sub>100</sub> – varianta C, [19][36]



Obr.4.18 – Transformace TPV<sub>1000</sub> – varianta C, [19][36]

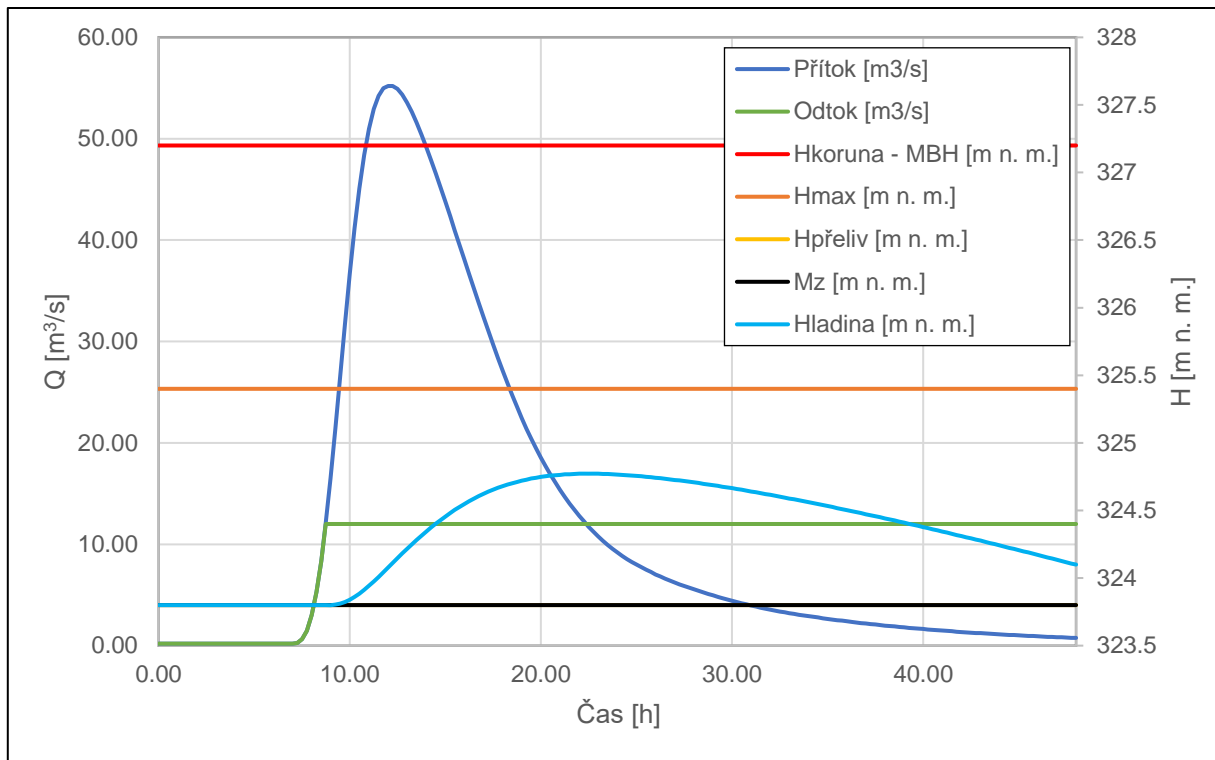


Obr.4.19 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta C, [19][36]

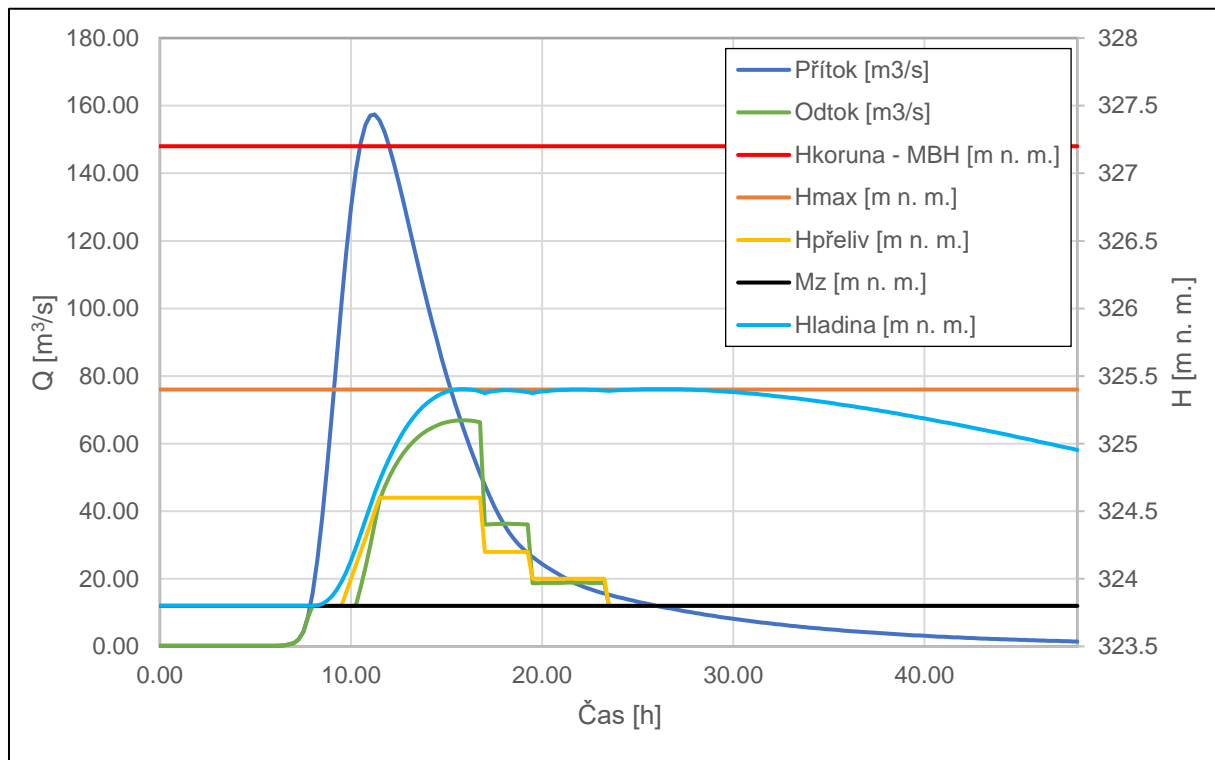
I pro variantu D byl výpočet transformace upraven na základě manipulace se segmentovým uzávěrem. Postup a podmínky manipulace jsou stejné, avšak za jiných manipulačních hodnot viz tab. 4.16. Transformace byla provedena pro 2 pole bezpečnostního přelivu s 1 vyřazeným polem. Pro přesnější a efektivnější transformaci se segmentem je třeba úlohu optimalizovat, což není předmětem této bakalářské práce.

Tab.4.16 – Manipulace se segmentem – s dolní hranou

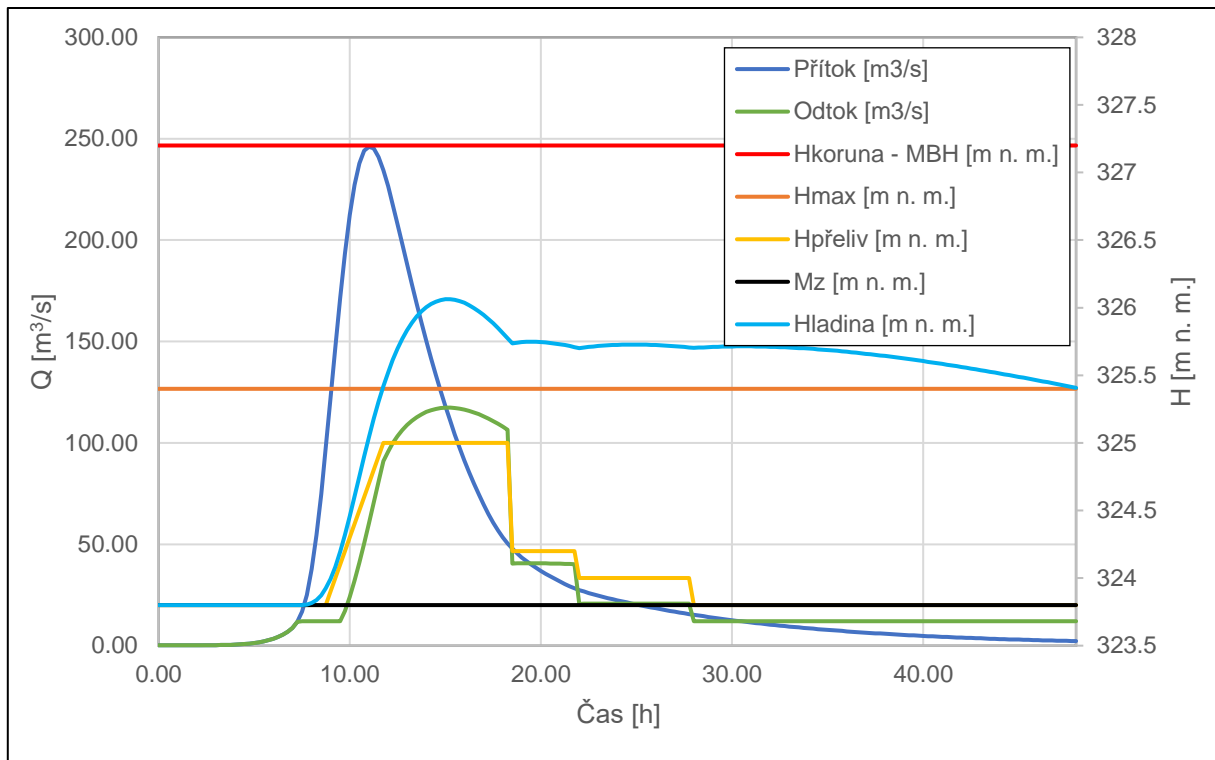
Pohyb hladiny	Přítok	Pohyb uzávěru
	Q [m <sup>3</sup> /s]	H [m n. m.]
↑	< 105	323.80
↑	> 105	324.60
↑	> 245	325.00
↓	< 50	324.20
↓	< 27.5	324.00
↓	< 15.5	323.80



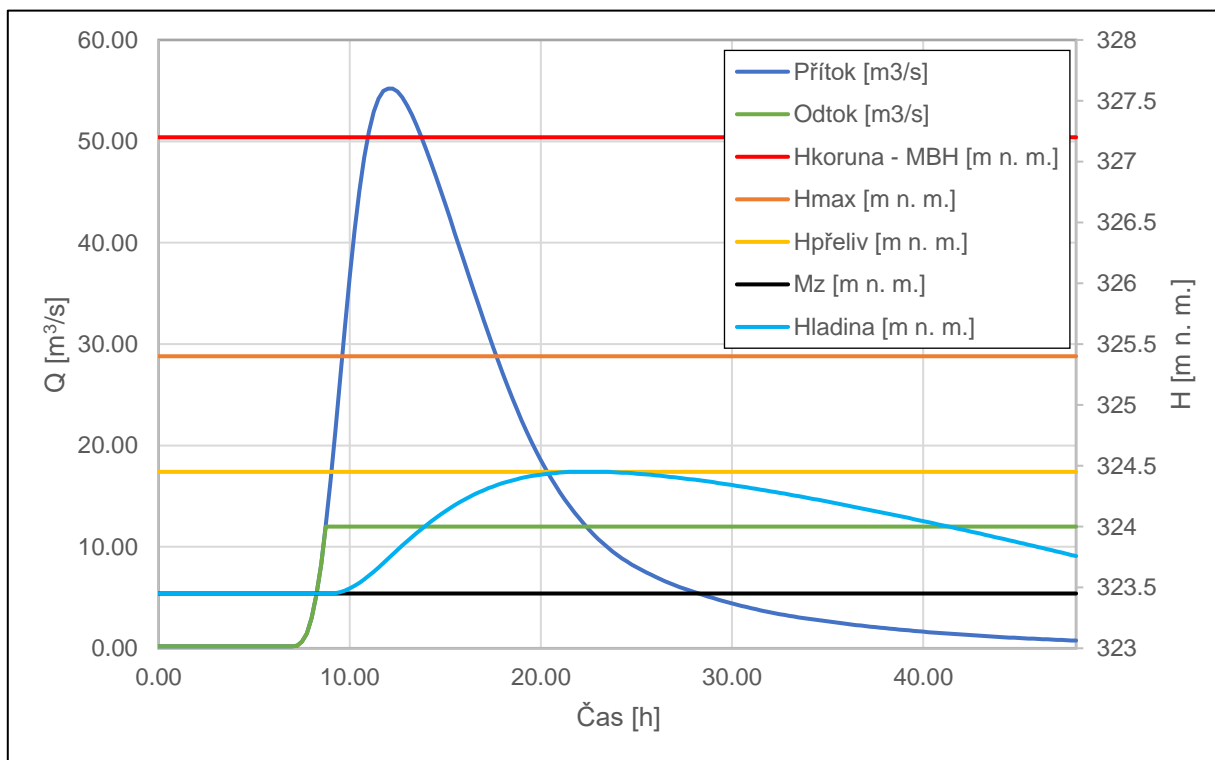
Obr.4.20 – Transformace TPV<sub>100</sub> – varianta D, [19][36]



Obr.4.21 – Transformace TPV<sub>1000</sub> – varianta D, [19][36]

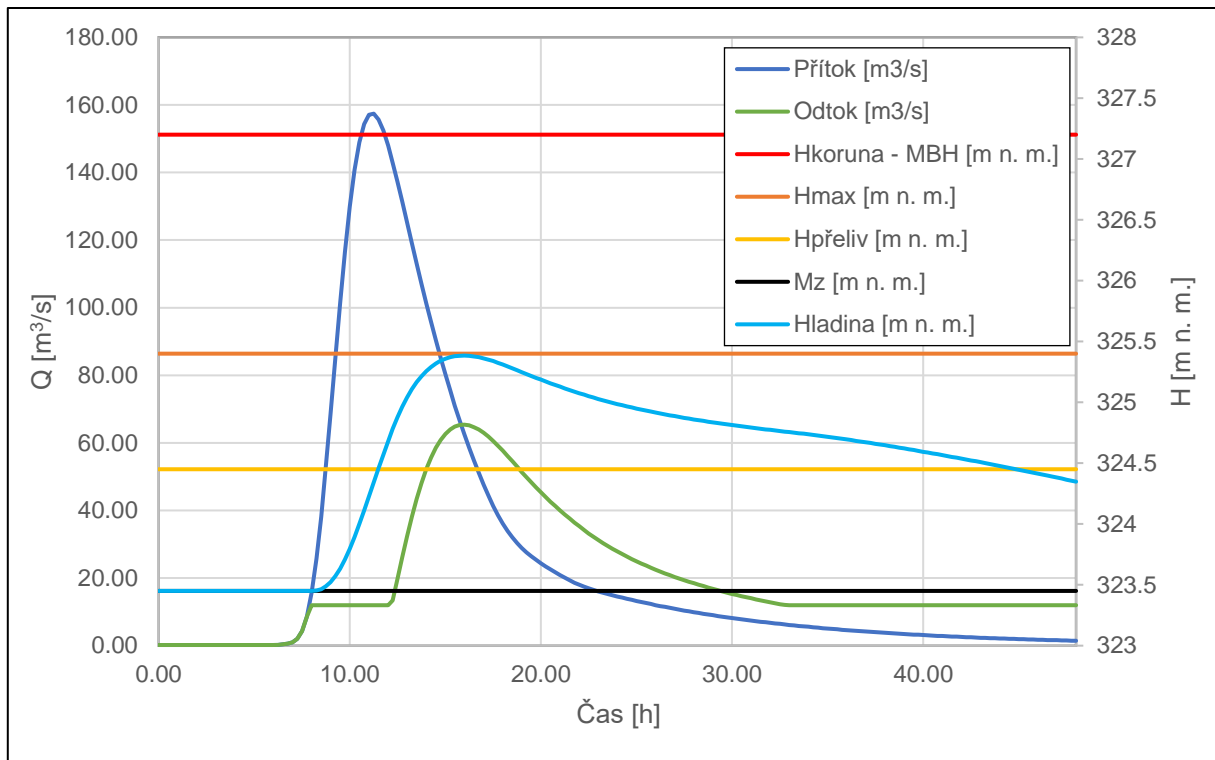


Obr.4.22 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta D, [19][36]

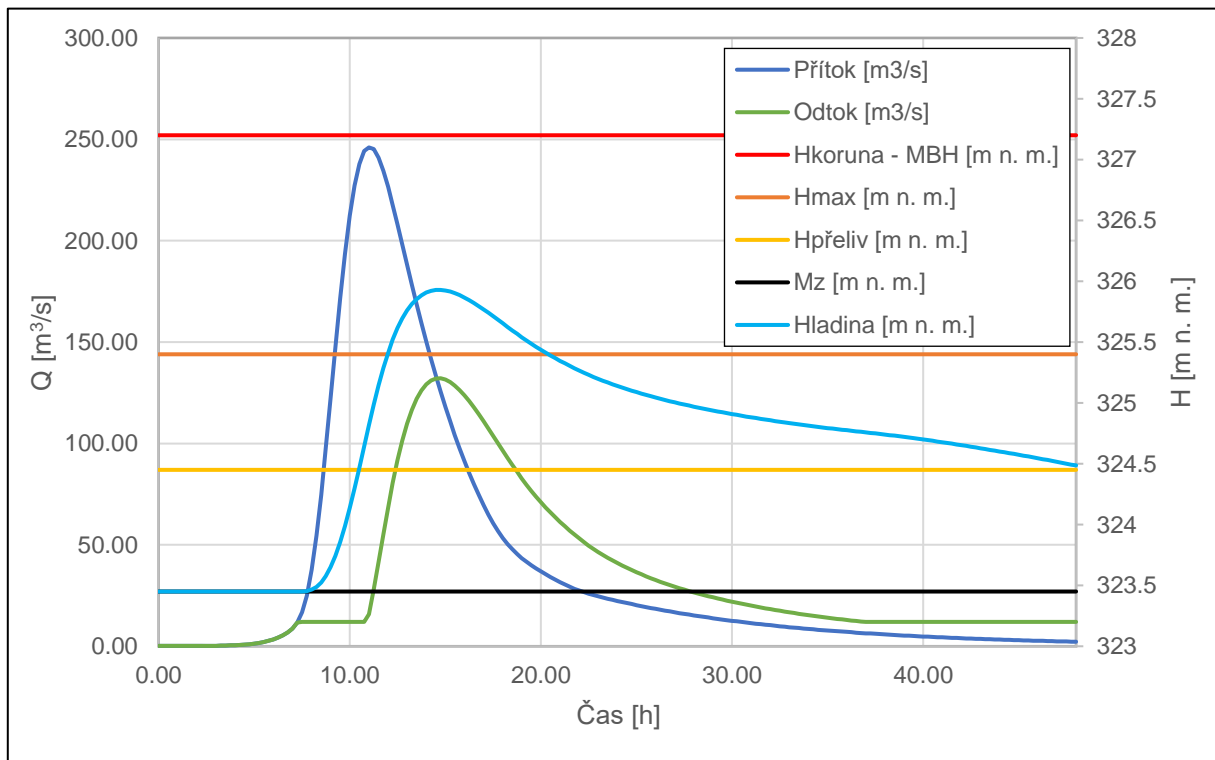


Obr.4.23 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta E, [19][36]





Obr.4.24 – Transformace  $TPV_{1000}$  – varianta E, [19][36]



Obr.4.25 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta E, [19][36]

### **4.3 Místní šetření**

Místním šetřením bylo zjištěno, že území pro realizaci VD Kryry je v údolní nivě a v pravém zavázání značně zarostlé keři a stromy, což výrazně komplikovalo samotné šetření. Dále bylo zjištěno, že v pravém zavázání se nachází pozůstatky sklepních prostorů po již zbouraných objektech. Dalšími plochami v území byly chmelnice a louky. Zároveň bylo zjištěno, že v prostoru budoucí nádrže se nachází rodinné domy a jiné objekty. V levém zavázání se nalézá železniční trať a pozemní komunikace. Níže od trati probíhala modernizace průmyslové zástavby. V oblasti budoucí sedimentační předzdrže na toku Březnice byla nalezena vypuštěná nádrž, na které byly viditelné známky úprav, ale také poruch spočívající v trhlině hráze nejspíš v důsledku eroze. Více k místnímu šetření je v příloze 11. fotodokumentace provedené v létě 2022.

### **4.4 Řešení přípravné fáze výstavby**

#### **4.4.1 Demolice objektů**

Z odstavců výše napsaných a z předprojektové přípravy vyplývá, že v prostoru zátopy bude provedena demolice minimálně 23 objektů. Jedná se o objekty domů pro bydlení či rekreaci, objekty lehkého opevnění a objekty chmelnic. Tyto objekty budou demolovány za pomoci různých metod, především však pomocí těžké mechanizace a ručními pracemi. U objektů lehkého opevnění mohou být použity druhy výbušnin jako například Semtex, PETN či HMX. Druh výbušniny pro potřeby demolice určí až kvalifikovaný pyrotechnik. Stavební suť a odpad z demolice budou následně odvezeny na skládku stavebního odpadu nebo jinak recyklovány. [1]

#### **4.4.2 Kácení dřevin a skrývka ornice**

V prostoru zátopy i okolí budou z důvodu stavby a budoucího zatopení území káceny dřeviny, přičemž pokácené dřevo bude moci být nabídnuto k prodeji jako palivové dřevo. V oblasti litorálu bude potřeba pokácet i akáty, které mohou mít nežádoucí vliv na vodní prostředí, neboť akáty vážou z atmosféry plynný dusík pomocí kořenových bakterií a přeměňují ho na dusík, který může být uvolňován zpět do vody a způsobovat eutrofizaci vod, tedy i nadměrný růst řas a sinic. Přehled o možných druzích dřevin lze pozorovat v příloze 11. Fotodokumentace místního šetření.

Skrývka ornice proběhne do hloubky 0,3 m, a to z důvodu, že dle výkresu C.5 Teoretického geologického profilu v ose hráze je hloubka ornice jen 0,2 m. Vytěžená zemina bude uložena na deponie pro další využití.

#### **4.4.3 Zemníky**

Zemníky jsou předpokládány v prostoru zátopy, neboť se tam nacházejí sedimenty písčito-hlinité a hlinito-písčité. Tyto zemníky budou obsahovat dostatečné množství zeminy pro stabilizační i těsnicí část. V případě nedostatku zeminy pro těsnicí část, je možné využít zemin z lomů společností Severočeské doly a. s. nebo 7 Inntech a. s., avšak je nutné počítat s náklady spojenými s dopravou materiálu a také s rizikem na kvalitu. Další možnost získání zeminy pro obě části lze z výstavby pozemní komunikace dálnice D6, která bude probíhat mezi lety 2023 – 2026. Přesný počet a objem zemníků bude určen v rámci inženýrskogeologického průzkumu, což není cílem této práce. [1]

#### **4.4.4 Převedení vody**

V rámci stavby musí být zajištěno převedení stávajícího toku, a to za pomoci potrubí a spodní výpusti. Spodní výpusti jsou dimenzovány na 7 let výstavby s 20 % pravděpodobností překročení, tedy průtok  $Q_{32} = 27,03 \text{ m}^3/\text{s}$ . Na začátku a na konci těchto potrubí bude postaveno provizorní hrazení, které zaručí, že voda bude odvedena v již zmíněném potrubí. Případné odvodnění území bude zajištěno ponornými čerpadly s odvodem vody do dolní části toku.

### **4.5 Společná řešení variant**

#### **4.5.1 Hráz**

Vzhledem k rozdílným zeminám použitých v každé z variant byly rozdílné i sklony jednotlivých svahů. Proto došlo k sjednocení těchto sklonů, a to pro návodní líc 1:3 a pro vzdušný líc 1:2 s lavicemi šířky 3,5 m po 7 m výšky od koruny hráze. Na patách všech variant budou zbudovány měřicí sondy pro měření průsaků v patním drénu.

### 4.5.2 Bezpečnostní přeliv

Dle normy ČSN 75 2340 „Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení“ musí být každá nádrž opatřena bezpečnostním přelivem pro bezpečné převedení povodňových vln. Pro účely správného navržení přelivu se vypočítává tzv. transformace povodňové vlny. Bezpečnostní přeliv VD Kryry byl navržen na základě transformace  $TPV_{100}$ ,  $NPV_{1000}$  a  $KPV_{10000}$  viz kapitola 4.2.12. V případě VD Kryry je v rámci variant navržen přeliv jako hrazený i nehrazený, přičemž musí splňovat místní podmínky. Těmito podmínkami se myslí omezení spočívající v úrovni maximální hladiny 325.40 m n. m. při transformaci návrhové povodňové vlny  $NPV_{1000}$ . Dalším požadavkem na bezpečnostní přeliv je transformace povodňové vlny  $TPV_{100}$  na průtok neškodný  $Q_{neš}$ , což v celkovém objemu znamená zadržení 1,096 mil.  $m^3$  v ovladatelném retenčním prostoru. [1]

Všechny uzávěry hrazených přelivů bude možné řídit z prostoru strojoven umístěných v či na pilířích, anebo dálkově z objektu hrázného či případně z dispečinku Povodí Ohře, s. p.

Bezpečnostní přeliv variant A a C není zcela kolmý na osu hráze. V půdorysu je natočen o úhel  $81,7^\circ$  od osy hráze.

### 4.5.3 Konstrukce za bezpečnostním přelivem

Konstrukce skluzu společně s konstrukcí spadiště slouží k bezpečnému odvedení vody od bezpečnostního přelivu do prostoru vývaru. Prostor vývaru slouží k utlumení kinetické energie vody. Pro mnohem větší utlumení kinetické energie je možné navrhnout konstrukci kaskádového skluzu, jenž zajistí velké provzdušnění proudu, a tedy i menší nároky na prostor vývaru. Předpokládá se, že na kaskádovém skluzu lze utlumit až 70 % - 85 % kinetické energie vody. Další možností utlumení kinetické energie jsou odrazné můstky či rozrážeče. Mezi nejpoužívanější patří Peterkovi rozrážeče. Novinkou jsou modifikované Peterkovi rozrážeče, přičemž jejich výzkum prováděl v rámci fyzikálního a matematického výzkumu prof. Ing. Petr Štemberk, Ph.D. ve Vodohospodářském experimentálním centru Fakulty stavební ČVUT v Praze. [32][33] Vzhledem ke strmému svahu v pravém závězu hráze budou spadiště, skluz, vývar i odpadní koryto bezpečnostního přelivu zařízené do svahu, a proto jsou výšky stěn těchto konstrukcí pouze přibližné. Zároveň je důležité zmínit, že u variant A a C se

konstrukce za spadištěm půdorysně otáčí nejprve o úhel 15,4° a následně o úhel 26,1°. U variant B a D se odpadní koryto za vývarem půdorysně stáčí o úhel 4,5°.

#### 4.5.4 Spodní výpusti

Pro všechny varianty je navržena dvojice spodních výpustí pro běžné sanační průtoky a pro převádění neškodného průtoku. Pro běžné průtoky  $Q_a = 0,195 \text{ m}^3/\text{s}$  či  $Q_{MZP} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$  bude sloužit 2xDN300 s kapacitou jedné výpusti  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$  při úrovni hladiny 310.80 m n. m. Neškodné průtoky  $Q_{neš} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$  převede 2xDN1400 s kapacitou jedné výpusti  $16,95 \text{ m}^3/\text{s}$  při úrovni hladiny 323.80 m n. m. Na každé výpusti budou osazeny 3 uzávěry. Prvním revizním uzávěrem budou hradící tabule vkládané z prostoru věžového objektu. Provozními regulačními uzávěry budou klapkový uzávěr pro DN1400 či stavidlový uzávěr pro DN300 a rozstříkovací uzávěr ústící do odpadní chodby. Spodní výpusti bude možné řídit z prostoru strojovny, kudy spodní výpusti budou procházet, ale také dálkově z objektu hrázného či případně z dispečinku Povodí Ohře, s.p.

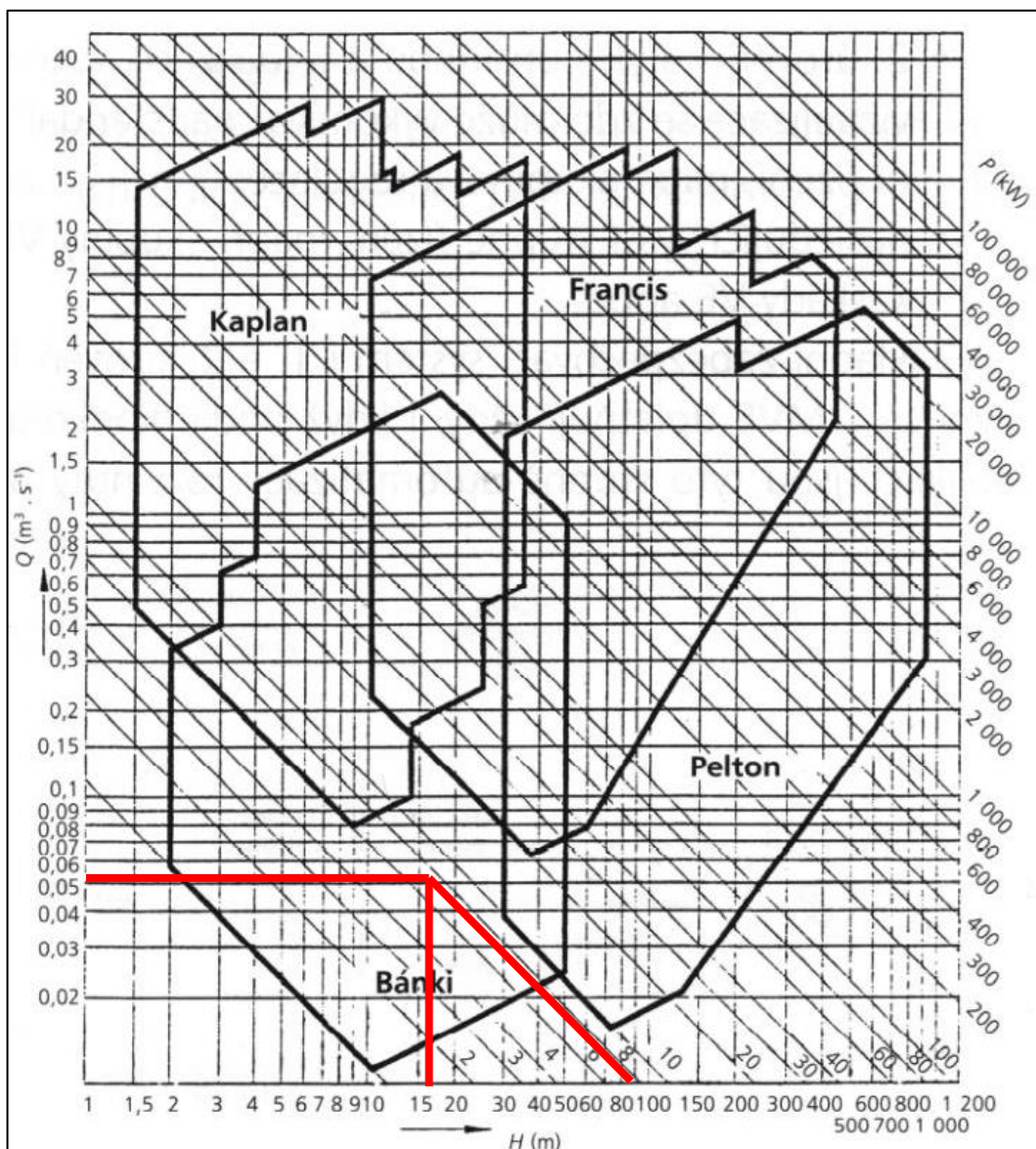
#### 4.5.5 Odpadní chodba a koryto spodní výpusti

Železobetonová odpadní chodba z C30/37- XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4 bude vést skrz těleso hráze ve sklonu 2,56 %. Rozdělena bude do 2 výškových úrovní, přičemž spodní část chodby bude sloužit jako odpadní koryto o volné hladině od spodních výpustí a horní část poslouží jako přístupová chodba k uzávěrům spodních výpustí a k MVE. Dolní část bude mít obdélníkový tvar o šířce 2,5 m a výšce 2,5 m. První úsek této části bude obsahovat pancéřování a deflektory pro eliminaci nepříznivých účinků vody na železobetonovou konstrukci, tedy k utlumení kinetické energie vody. Zhruba uprostřed odpadní chodby v její horní části bude provedena odbočka pro možné slezení po žebříku do injekční chodby, která se bude nacházet pod odpadní chodbou. Pro přístup do odpadní chodby bude sloužit manipulační plocha se schodištěm a kolejemi vedoucími dovnitř hráze sloužící pro přesun vystrojení a vybavení.

Za dolní částí bude navazovat odpadní koryto lichoběžníkového tvaru se šířkou ve dně 2,5 m, sklonem břehů 1:1. Koryto bude provedeno kamennou dlažbou z lomového kamene s objemovou tíhou  $2700 \text{ kg}/\text{m}^3$  do betonového lože a s opěrnými betonovými patkami. Použitý beton pro odpadní koryto bude C30/37- XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4.

#### 4.5.6 MVE

Malá vodní elektrárna, přestože není předmětem této práce, bude důležitou součástí vodního díla Kryry, neboť bude zajišťovat průběžnou výrobu elektrické energie. Pro lepší odhad použité turbíny slouží graf na obr. 4.26 s oblastmi použití základních typů turbín. Hodnoty pro graf byly převzaty z předprojektové přípravy VD Kryry z roku 2021 v níž průtok  $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$  a hrubý spád  $H = 16 \text{ m}$ . Z grafu následně vyplývá, že pro tyto dimenze odpovídá Bankiho turbína o instalovaném výkonu cca 7,85 kW. Bankiho turbína vykazuje dle výrobců účinnost mezi 78 % až 84 %. Přesný typ turbíny a parametry budou řešeny mimo tuto práci v rámci komplexního projektu. V rámci této bakalářské práce je umístěna v prostoru strojovny uvnitř hráze. [37]



Obr. 4.26 – Oblasti použití základních typů vodních turbín, [37]

#### **4.5.7 Migrační zprůchodnění a ichtyologie nádrže**

Jak bylo již napsáno v kapitole 2.8, dle ichtyologického posudku nebude provedeno migrační zprůchodnění pomocí rybího výtahu ani rybího přechodu v odhadované délce 3,5 km z finančních a realizačních důvodů. Nicméně dle tohoto posudku se plánuje vysazení okouna říčního a lína obecného. Následovat by mělo vysazení štiky obecné a candáta obecného. Vzhledem však ke klimatickým změnám lze předpokládat, že v nádrži bude docházet k procesům, které sníží celkové množství kyslíku. To může ohrozit vysazené ryby, jenž mají vysoké nároky na kyslík obsažený ve vodě zhruba 11,5 – 37 % nasycení vody kyslíkem dle teploty vody v nádrži. Tento problém lze vyřešit za pomoci vytvoření vodního skoku v potrubí (viz VD Klíčava), aeračními věžemi (viz VD Brno) či jinými opatřeními, kterými se zabýval Jiří Boháček ve své bakalářské práci na ČVUT, FSv. [38]

#### **4.5.8 Objekt hrázného**

Pod hrází bude realizován objekt hrázného, který bude obsahovat prvky pro manipulaci s uzávěry a jiné důležité prvky pro provoz a monitoring vodního díla Kryry. Vedle tohoto objektu se bude nacházet objekt garáže pro zaparkování motorového vozidla, ale také člunu. Tyto objekty budou z materiálového hlediska z keramických tvárnic, přičemž některé části budou betonové a železobetonové. Konstrukce střechy bude dřevěná vazníková. Opláštění střechy bude provedeno keramickými střešními taškami. Přesné konstrukční a materiálové řešení bude zpracováno v rámci komplexního projektu, jenž není součástí této práce.

#### **4.5.9 Objekt vstupu do injekční chodby**

Na každé straně na koruně hráze bude proveden objekt vstupu do injekční chodby, který bude zabezpečen proti vstupu nepovolaných osob. Případně bude tento objekt monitorován kamerovým systémem.

#### **4.5.10 Přístup k nádrži pro údržbu**

Vodní dílo Kryry má navržen přístup k nádrži pro potřeby hrázného a profesionálních potápěčů v levém závázání hráze, kdy je zde vytvořena betonová rampa do nádrže i pro snadné spouštění plavidel.

## 4.6 Řešení varianty A

### 4.6.1 Hráz

Hráz byla umístěna dle sklonitosti území na základě vrstevnic s ohledem na maximální zatopené objemy. Jedná se o homogenní sypanou hráz z GM, tedy štěrkem hlinitým s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s.

Koruna hráze v šířce 5 m je navržena především jako průjezdní s asfaltobetonovou vozovkou a přes spadiště bude postaven most se zábradlím. Koruna hráze bude opatřena vlnolamem o výšce 0,6 m, zábradlím a zároveň bude v koruně hráze vedena kabeláž.

Návodní líc o sklonu 1:3 bude složen z vrstev kamenného opevnění frakce 63-125 mm o tl. 500 mm, hrubého štěrkového filtru frakce 16-32 mm tl. 250 mm a jemného štěrkového filtru frakce 4-8 mm tl. 250 mm. Tyto vrstvy budou současně stabilizovány proti sesunutí patkou z lomového kamene o minimální hmotnosti 200 kg na patě hráze. Mezi patku a vrstvy bude vložena geotextilie.

Vzdušní líc hráze o sklonu 1:2 bude dvakrát každých 7 m výšky odsazen o 3,5 m lavicemi hráze. Tento líc bude oset a ohumusován. Při spodní části v oblasti drénu bude použita geotextilie. Drén s filtry bude tvořen vrstvami jemného štěrkového filtru frakce 4-8 mm tl. 250 mm a hrubého štěrkového filtru frakce 16-32 mm tl. 250 mm a patním drénem frakce 63-125 mm doplněné o drenážní potrubí DN 200 s obsypem frakce 16-32 mm pro bezpečný odvod průsaku z tělesa hráze. Vyústění potrubí bude ve zdi při odpadní chodbě. Uvnitř hráze bude vytvořena ostruha s injekční chodbou, v níž bude možné kontrolovat průsaky v injekční cloně, jejíž hloubka a rozměry budou navrženy dle výpočtů na základě IG a HG průzkumu. Samotná hráz bude založena zhruba o 0,8 m níže, tj. o 0,3 m sejmuté ornice a 0,5 m rozrušené zeminy. Přesná hloubka založení hráze bude upřesněna dle výsledků IG průzkumu.

### 4.6.2 Bezpečnostní přeliv

Přeliv se nachází na pravém zavázání a je navržen jako nehrazený boční. Přeliv je tvořen zaoblenou kruhovou hranou podle Rehbocka o poloměru 0,9 m, za níž je konstrukce spadiště. Přelivná hrana má výšku 2,3 m při kótě 324.45 m n. m. a její délka je 36 m. Tvar konstrukce lze charakterizovat jako pravoúhlý trojúhelník s jednou stranou o sklonu 3:2. Přeliv transformuje povodňové vlny od kóty  $M_z = 323.45$  m n. m. Výška ovladatelného retenčního prostoru činí 1 m. Výpočet přelivu je obsahem přílohy 12.1 Hydrotechnické výpočty.



Konstrukce je tvořena železobetonem C30/37 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4 odolávajícím účinkům vody. Konstrukce je podpírána betonovými pasy.

### **4.6.3 Spadiště**

Na konstrukci bezpečnostního přelivu navazuje konstrukce spadiště s kótou na počátku spadiště  $M_{so} = 322.96$  m n. m., délkou 58,3 m, šířkou 12 m a sklonem 4 %. Výpočet spadiště lze nalézt v příloze 12.1 Hydrotechnické výpočty. Spadiště bude realizováno z železobetonu C30/37 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4 a založeno bude na betonových pasech z výše uvedeného betonu. Spadiště bude opatřeno zábradlím o výšce 1,2 m na vnější straně naproti přelivu k zabránění pádu osob.

### **4.6.4 Skluz**

Skluz začíná hned za spadištěm na úrovni kóty 320.63 m n. m., přičemž je navržen v délce 115 m, šířce 12 m a sklonem 14.0 %. Skluz má tvar obdélníkového koryta s výškou železobetonových stěn cca 4 m. Železobeton a typ založení použitý na konstrukci skluzu bude stejný jako v případě spadiště. Skluz bude opatřen zábradlím o výšce 1,2 m.

### **4.6.5 Vývar**

Vývar je uvažován obdélníkového průřezu délky 8,4 m, šířky 12 m a výšky stěn cca 5 m ode dna vývaru. Samotné zahloubení vývaru je 1,8 m. Vývar bude proveden z masivní železobetonové konstrukce C35/45 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,2 % - S4.

### **4.6.6 Odpadní koryto za vývarem**

Odpadní koryto za vývarem bude upraveno a stabilizováno pomocí těžkého kamenného záhozu s proštěrkováním a stabilizačními patkami z lomového kamene s objemovou tíhou  $2700 \text{ kg/m}^3$ . Odpadní koryto bude obdélníkového tvaru se šířkou ve dně 12 m, výškou stěn cca 3,5 m a podélným sklonem 0.3 %. Koryto se bude měnit po toku, a to zejména před mostem kvůli zkapacitnění pod mostem. Prostor odpadního koryta včetně vývaru bude ohraničeno zábradlím o výšce 1,2 m.

## 4.7 Řešení varianty B

### 4.7.1 Hráz

Tato varianta obsahuje heterogenní zemní sypanou hráze se středním zemním těsněním. Stabilizační část je tvořena GW, tedy dobře zrněným štěrkem s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s, zatímco těsnicí část obsahuje MG, tedy štěrkovitou hlínu s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 1 \cdot 10^{-9}$  m/s.

Umístění hráze, koruna hráze, vrstvy návodního líce, vrstvy vzdušného líce a založení hráze jsou stejné jako ve variantě A.

Uvnitř hráze se nachází těsnicí část, která je na každou stranu obalena filtračními vrstvami štěrkopísku frakce 2-16 mm v tl. 350 mm a následně přechodové štěrkové vrstvě frakce dle zrnitostní křivky v tl. 550 mm. Tyto vrstvy vedou od 1,5 m od osy hráze ve sklonu 4,9:1 a v úrovni základové spáry se lomí do sklonu 1:1 směrem k ose hráze. V ose hráze 1 m pod úrovní základové spáry se nalézají injekční chodba, v níž bude možné kontrolovat průsaky v injekční cloně, jejíž hloubka a rozměry budou navrženy dle výpočtů na základě IG a HG průzkumu.

### 4.7.2 Bezpečnostní přeliv

Jedná se o hrazený postranní bezpečnostní přeliv v pravém závězu hráze. Tento přeliv je hrazen ocelovým klapkovým uzávěrem s výškou 1,6 m při horní úrovni 325.40 m n. m a délkou jednoho pole 15 m. Přeliv má celkem 3 pole, z čehož 2 musí spolehlivě vždy převést TPV<sub>10 000</sub>. Výpočet přelivu je obsahem přílohy 12.1 Hydrotechnické výpočty.

Konstrukce přelivu je tvořena železobetonem C30/37 - XC4, XF3 – D<sub>max</sub> 22 mm – Cl 0,4 % - S4 odolávajícím účinkům vody.

Spodní stavba bude tvarována do tvaru Jamborova prahu, přičemž v rámci této stavby bude vést revizní chodba, do níž bude možné vstoupit z jednoho z některých pilířů. Střední pilíře budou mít na šířku 3 m, zatímco boční pilíře budou mít šířku 4 m. Uvnitř se bude nacházet technické vybavení pro manipulaci s uzávěry, ale zároveň také zmiňovaný vstup do revizní chodby.

Klapka bude přenášet pomocí hydraulických pohonů a ložisek veškerá zatížení do spodní stavby. Plášť klapky bude natřen nenamrzavým nátěrem. Boční štíty klapky budou tvořeny deskami z ultra vysokomolekulárního nízkotlakého polyethylenu s vysokou odolností proti nepříznivým účinkům a zároveň také s dobrými kluznými vlastnostmi.

Zároveň na pilířích bude realizováno zavzdušňování pro omezení vzniku podtlaků na spodní stavbu.

#### **4.7.3 Skluz**

Konstrukce skluzu bude napojena na spodní stavbu bezpečnostního přelivu. Úroveň začátku skluzu je na kótě 322.90 m n. m. v délce 8,96 m a sklonu 11,2 %. Skluz se následně mění v úrovni 321.90 s délkou 42,94 m a sklonem 40. Šířka jednoho pole skluzu je 15 m. Skluz má tvar obdélníkového koryta s výškou stěn pilířů cca 3,5 m. Stěny budou provedeny z železobetonu C30/37 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4. Skluz bude založen na betonových pasech. Skluz bude opatřen zábradlím o výšce 1,2 m.

#### **4.7.4 Vývar**

Vývar bude realizován s obdélníkovým průřezem délky 7,5 m, šířky 15 m jednoho pole a výšky stěn cca 4 m ode dna vývaru. Samotné zahloubení vývaru je 1 m. Vývar bude proveden z masivní železobetonové konstrukce C35/45 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,2 % - S4.

#### **4.7.5 Odpadní koryto za vývarem**

Odpadní koryto vedené za konstrukcí vývaru bude provedeno těžkým kamenným záhozem s prošťerkováním a se stabilizačními patkami z lomového kamene s objemovou tíhou 2700 kg/m<sup>3</sup>. Odpadní koryto bude obdélníkového tvaru se šířkou ve dně 12 m na začátku úseku a podélným sklonem 0,3 %. Koryto se bude postupně rozšiřovat před již stojícím mostem a plynule naváže na původní koryto za ním. Prostor odpadního koryta včetně vývaru bude zabezpečeno zábradlím o výšce 1,2 m.

## 4.8 Řešení varianty C

### 4.8.1 Hráz

Řešení hráze je stejné jako ve variantě B.

### 4.8.2 Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je řešen jako nehrazený boční přeliv v pravém zavázání hráze. Tento přeliv je ojedinělý, a to z důvodu, že se jedná o experimentální labyrintový přeliv. Jeho výhody a nevýhody jsou popsány v kapitole 5.3. Přeliv je rozdělen na 3 pole, které jsou rozděleny pilíři o šířce 1 m. Jedno přelivné pole má šířku 18,4 m. V půdoryse je toto pole o šířce 18,4 m rozděleno osově na 9 čtverců o šířce 2 m a tloušťce 0,4 m. Stěny přelivu jsou na bocích seříznuty o 0,5 m a na straně blíže k přepadající vodě je seříznut ve tvaru rovnoramenného trojúhelníku o 0,5 m. Nejnižší body tedy přelivné hrany je tedy 1 m pod hranami ostatními. Konstrukce labyrintu má výšku 2 m při kótě 324.35 m n. m. Přeliv transformuje povodňové vlny od kóty  $M_z = 323.30$  m n. m. Výška ovladatelného retenčního prostoru činí 1,05 m. Výpočet přelivu je obsahem přílohy 12.1 Hydrotechnické výpočty.

Konstrukce je založena na železobetonovém podkladu a je tvořena železobetonem C30/37 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4 odolávajícím účinkům vody.

### 4.8.3 Spadiště

Spadiště pod bezpečnostním přelivem bude založeno na betonových pasech z C30/37 - XC4, XF3 – Dmax 22 mm – Cl 0,4 % - S4 a samotná konstrukce spadiště bude provedena ze železobetonu, pro který bude použit stejný beton jako pro založení. Konstrukce spadiště začíná na úrovni s kótou  $M_{so} = 322.98$  m n. m. Délka spadiště bude 79,5 m, šířka 12 m a sklon 4 %. Výpočet spadiště lze nalézt v příloze 12.1 Hydrotechnické výpočty. Spadiště je opatřeno 1,2 m vysokým zábradlím.

### 4.8.4 Skluz

Skluz bude plynule navazovat za spadištěm na úrovni kóty 319.80 m n. m. Proveden bude v délce 115 m, šířce 12 m a sklonem 13,3 %. Skluz má tvar obdélníkového koryta s výškou železobetonových stěn cca 4,5 m. Železobeton a typ založení použité na

konstrukci skluzu bude stejný jako v případě spadiště. Skluz bude zabezpečen zábradlím s výškou 1,2 m.

#### **4.8.5 Vývar**

Vývar bude mít obdélníkový tvar délky 8,4 m, šířky 12 m a výšky stěn 4 m ode dna vývaru. Samotné zahlobení vývaru je 1,8 m. Vývar bude z materiálového a bezpečnostního hlediska proveden stejně jako ve variantě A.

#### **4.8.6 Odpadní koryto za vývarem**

Řešení odpadního koryta je stejné jako ve variantě A.

### **4.9 Řešení varianty D**

#### **4.9.1 Hráz**

Jedná se o heterogenní zemní sypanou hráze se středním asfaltobetonovým těsněním. Stabilizační část je tvořena GW, tedy dobře zrněným štěrkem s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s, zatímco těsnicí část obsahuje asfaltobetonové těsnění s obsahem bentonitové přísady pro lepší těsnost s nasycenou hydraulickou vodivostí  $K_s = 3 \cdot 10^{-11}$  m/s.

Umístění hráze, koruna hráze, vrstvy návodního líce, vrstvy vzdušného líce a založení hráze jsou stejné jako ve variantě A.

V ose hráze od koruny hráze po injekční chodbu je umístěno asfaltobetonové těsnění v tl. 600 mm, přičemž přilnutí a těsnost na betonovou konstrukci injekční chodby je zajištěno vrstvou asfaltového mastixu tl. 20 mm a měděným těsnícím prvkem napříč betonovou konstrukcí a asfaltobetonem. Asfaltobetonové těsnění je z každé strany obaleno přechodovou filtrační vrstvou z frakce dle zrnitostní křivky tl. 1000 mm. Ve vrstvě blíže k vzdušnému líci je vedena drenážní trubka DN 100 po 4 m podél hráze pro svedení průsaků do injekční chodby a jejich měření. Případné ostatní průsaky bude možné měřit také v patním drénu. Zároveň bude 2 m od základové spáry umístěna injekční chodba, v níž bude možné kontrolovat průsaky v injekční cloně, jejíž hloubka a rozměry budou navrženy dle výpočtů na základě IG a HG průzkumu.

### **4.9.2 Bezpečnostní přeliv**

V rámci této varianty byl navržen hrazený postranní bezpečnostní přeliv v pravém zavázání hráze. Tento přeliv je hrazen ocelovým segmentovým uzávěrem s výškou 1,75 m při úrovni 325.55 m n. m a délkou jednoho pole 15 m. Přeliv bude složen celkem ze 3 polí rozdělených pilíři o šířce 3 a 4 m. Širší pilíře jsou na bocích a užší jsou uprostřed. 2 pole musí bezpečně vždy převést TPV<sub>10 000</sub>. Výpočet přelivu je obsahem přílohy 12.1 Hydrotechnické výpočty.

Konstrukce přelivu a spodní stavby budou technicky i materiálově řešeny stejně jako ve variantě B. Segment má tvar válcové plochy, která se otáčí kolem své osy. Materiálově je segment řešen z oceli. Hradící plech segmentových uzávěrů přenesou skrz soustavu příčníků a podélníků veškerá zatížení do hlavní nosné soustavy, která je podepřena rameny segmentu. Zatížení je následně přeneseno do samomazných ložisek umístěných na pilířích přelivu. Voda bude vypouštěna pod segmentem. Veškerý pohyb segmentu bude prováděn Gallovými řetězy, které se pohybují za pomoci motorů.

### **4.9.3 Skluz**

Skluz bude proveden stejně jako ve variantě B.

### **4.9.4 Vývar**

Vývar bude mít obdélníkový průřez délky 7,5 m, šířky 15 m a výšky stěn 4 m ode dna vývaru. Samotné zahloubení vývaru je 1 m. Vývar bude proveden z masivní železobetonové konstrukce C35/45 - XC4, XF3 – D<sub>max</sub> 22 mm – C<sub>I</sub> 0,2 % - S4.

### **4.9.5 Odpadní koryto za vývarem**

Odpadní koryto za vývarem je řešeno stejně jako ve variantě B.

## 4.10 Řešení varianty E

Tato varianta je řešena stejně jako varianta D až na některé rozdílnosti. Varianta E neobsahuje skluz, neboť má šachtový přeliv, který má průměr přelivné hrany 12 m a šachtu průměru 3,8 m. Tato šachta vede do dolní části odpadní chodby, která bude vyšší oproti variantě D a na konci této varianty bude muset být proveden vývar, jenž naváže na lichoběžníkové koryto. Tato varianta je řešena pouze koncepčně v rámci výkresu E\_C.6, neboť je zařazena mezi vyřazené varianty, avšak není zcela zavrhnuta pro své výhody.

## **5. Technicko-ekonomické hodnocení**

### **5.1 Kritéria hodnocení a jejich váha**

V této kapitole byly posouzeny vybrané 4 varianty v rámci ekonomických, technických, technologických či sociálních kritérií. Varianty byly posuzovány na základě subjektivních názorů každého ze 14 hodnotitelů, přičemž výsledně bylo možné dosáhnout objektivního názoru. Dotazník byl anonymní, nicméně byl zachován původ výsledků těchto dotazníků. Mezi dotazovanými hodnotiteli byli studenti FSv, ČVUT oboru vodní hospodářství a vodní stavby, pracovníci Povodí Ohře, s. p. a pracovníci Ministerstva obrany České republiky.

Níže uvádím veškerá kritéria s jejich popisem. Varianty byly hodnoceny dle jednotlivých kritérií od 1 do 5, přičemž 1 znamenala výbornou variantu a 5 nejhorší variantu. Váha hodnocení se mohla opakovat v rámci dalších variant v daném kritériu. Zároveň byly posouzeny jednotlivá kritéria podle důležitosti, tedy 1 – nejdůležitější a 4 – zanedbatelné.

#### **Cena**

V tomto kritériu se odhaduje cena jednotlivých variant za předpokladu znalostí základních cen materiálů a cen za provedení.

#### **Doba výstavby**

U tohoto kritéria se posuzuje doba v závislosti na náročnosti jednotlivých technologií a provedení variant.

#### **Dostupnost materiálů pro výstavbu**

Toto kritérium se posuzuje z hlediska případné nutnosti dopravy většího množství materiálů na stavbu.

#### **Kapacita**

Kritérium se zaměřuje na kapacitu bezpečnostního přelivu, a to především v závislosti šířky přelivu a výšky přepadu na průtok.



### **Manipulace s funkčními objekty**

V rámci tohoto kritéria se posuzuje náročnost z hlediska manipulace s funkčními objekty.

### **Náročnost na zabezpečení elektrickou energií**

U tohoto kritéria se hodnotí nutnost elektrické energie v rámci funkčních objektů a jejich strojního vybavení, zejména pak v případě výpadku v síti.

### **Náročnost výstavby**

V tomto kritériu se hodnotí případná nutnost speciálních technologií a strojů pro zhotovení díla.

### **Ochrana obcí před povodněmi**

Kritérium slouží pro posouzení výsledků transformací jednotlivých bezpečnostních přelivů, a to z hlediska zaplavení obce Petrohrad vzhledem k vyšší hladině zadržené vody v nádrži anebo vyššího odtoku z nádrže a následných škodách po toku Podvineckého potoka a následně řeky Blšanky.

### **Průchodnost ledů a pláví**

Toto kritérium se zaměřuje na zamezení průchodnosti ledů a pláví.

### **Těsnost konstrukce hráze**

V rámci tohoto kritéria se posuzuje minimalizace průsaků v hrázi.

### **Trvanlivost**

U tohoto srovnávacího hlediska se odhaduje trvanlivost jednotlivých konstrukčních částí hráze a funkčních objektů a jejich případná oprava.

### **Typ použitého materiálu pro konstrukci hráze**

Pomocí tohoto kritéria se zjišťuje výhodnost použití daných materiálů pro konstrukci hráze a případné zlepšení statických a jiných vlastností hráze.

## Údržba

Toto kritérium se zabývá větší nutností údržby v rámci celého vodního díla.

## Vliv na životní prostředí

V rámci se stále zvyšující potřeby chránit přírodu a zlepšovat biodiverzitu se v tomto kritériu posuzuje možný negativní dopad na životní prostředí.

## Výroba elektrické energie

Toto kritérium slouží pro hodnocení možnosti využití vyššího spádu pro turbínu vlivem zvýšené hladiny díky retenčnímu prostoru.

## 5.2 Odhad nákladů na jednotlivé varianty

Na základě známých rozměrů jednotlivých konstrukcí v rámci variant byly vypočteny některé kubatury viz níže:

- Variant A – nehrazený přeliv s kruhově zaoblenou korunou: 118,8 m<sup>3</sup> vyztuženého betonu
- Varianta C – labyrintový přeliv o 3 polích: 122,5 m<sup>3</sup> vyztuženého betonu
- rozdíl mezi spadišti variant A a C: cca 287 m<sup>3</sup> vyztuženého betonu

*Rovnice 5.1 – Výpočet rozdílu cen varianty A a C [40]*

$$P = ((122,5 + 287) - 118,8) * 3\,790 \text{ Kč} = 1\,101\,753 \text{ Kč} \doteq 1,1 \text{ mil. Kč}$$

Z vypočtených kubatur variant A a C vyplývá, že varianta C bude nákladnější oproti variantě A viz rovnice 5.1, a to o 1,1 mil. Kč pouze na betonu. Cena betonu byla převzata z ceníku společnosti Cemex a.s. Pokud bychom započítali cenu výztuže, náklady na zemní práce a další náklady, byla by cena o mnoho větší. [40]

U variant B a D byla nákladnost vypočtena na základě celkových cen uzávěrů z cen jednotlivých komponent dle podkladu společnosti Ševčík HYDRO s.r.o., neboť konstrukce bezpečnostních přelivů jsou téměř totožné. Ceny uzávěrů viz níže:

- Varianta B – klapkový uzávěr: 7,9 mil. Kč
- Varianta D – segmentový uzávěr: 7,4 mil. Kč

Z cen uzávěrů je patrné, že varianta D je levnější oproti variantě B.

Celkově lze z parametrů a rozměrů jednotlivých variant pozorovat, že varianty A a C jsou levnější a méně náročné na provedení než varianty B a D, a proto platí vztah v rovnici 5.2.

*Rovnice 5.2 – Cenový vztah jednotlivých variant*

$$P_{\text{Var A}} < P_{\text{Var C}} < P_{\text{Var D}} < P_{\text{Var B}}$$

## **5.3 Výhody a nevýhody variant**

### **5.3.1 Varianta A**

Výhody:

- jednoduchost konstrukce hráze
- relativně méně náročná varianta oproti variantám B a D
- nízké investiční náklady na výstavbu přelivu
- rychlá výstavba přelivu
- malá náročnost na údržbu přelivu
- větší spolehlivost přelivu z hlediska neselhání konstrukce, neboť neobsahuje pohyblivé části

Nevýhody:

- málo materiálu pro výstavbu v prostoru budoucí nádrže
- větší průsaky tělesem hráze
- nemožnost manipulace při chodu ledů
- malá efektivnost přelivu z hlediska transformace povodňových vln
- nemožnost regulace průtoků a úrovně hladiny v nádrži při povodních

### **5.3.2 Varianta B**

Výhody:

- dostatek materiálu pro výstavbu hráze v prostoru budoucí nádrže a okolí
- menší průsaky tělesem hráze
- střední zemní těsnění hráze zajišťuje jeho nepřerušování při sedání oproti například návodnímu těsnění
- jemná regulace průtoků přepadem přes klapku

- snadná údržba klapkového uzávěru
- menší prostorové nároky klapkového uzávěru oproti segmentovému uzávěru
- možnost manuálního sklopení klapky při výpadku elektrické energie
- možnost manipulace s klapkou na základě čidel → automatická klapka
- klapka umožňuje efektivní regulaci průtoků a úrovně hladiny v nádrži při povodni
- transformace povodňové vlny pod hrází na kratší časový interval
- při povodňových stavech zajišťuje klapka větší spád pro vodní turbínu MVE

Nevýhody:

- vysoké náklady a nároky na provedení varianty
- vyšší pořizovací náklady než u nehrazených přelivů
- nutnost pravidelné údržby
- převádění ledů a plovoucích předmětů, které mohou napáchat škody na konstrukci a korytě za klapkou
- možnost chvění či kroucení konstrukce klapky – lze kontrolovat čidly
- potenciální riziko havárie přehrady vlivem pomalé reakce hrázných s klapkou – lze vyřešit nainstalováním čidel → automatická klapka

### 5.3.3 Varianta C

Výhody:

- materiál na výstavbu v prostoru budoucí nádrže či okolí
- malé průsaky jako ve variantě B
- nižší náklady na výstavbu oproti variantě B a D
- výhodnost středního zemního těsnění jako ve variantě B
- relativně méně náročná varianta oproti variantám B a D
- nízké investiční náklady na výstavbu přelivu oproti hrazeným přelivům
- malá náročnost na údržbu přelivu
- estetičnost přepadového paprsku a celkového labyrintu – turistická zajímavost
- větší zabezpečení přelivu z hlediska spolehlivosti převádění povodní
- oproti přelivu ve variantě A daleko více zplošťuje křivku transformace povodňové vlny

- dřívější aktivace retenčního prostoru s pomalým převáděním povodní přelivem

Nevýhody:

- vyšší náklady oproti variantě A
- náročnost provedení přelivu z hlediska tvorby bednění pro labyrint
- nižší kapacita přelivů oproti jiným přelivům
- nemožnost manipulace s přelivem při chodu ledů
- malá efektivnost přelivu z hlediska transformace povodňových vln
- nemožnost regulace průtoků a úrovně hladiny v nádrži při povodních

### 5.3.4 Varianta D

Výhody:

- nejnižší průsaky tělesem hráze oproti všem variantám
- materiál pro výstavbu stabilizační části hráze v prostoru budoucí nádrže či okolí
- nižší pořizovací náklady segmentu oproti klapkovému uzávěru
- jednoduchá konstrukce segmentu
- menší zdvihací síly segmentu
- segment umožňuje převádět splaveniny
- zajištění kratšího časového úseku trvání povodní pod hrází při transformaci povodňové vlny
- regulace průtoků a hladiny v nádrži segmentem při povodňových stavech
- zajištění vyšších spádů pro MVE při povodních
- zabraňuje převádění ledových ker a plovoucích předmětů, jež by měly negativní účinky na konstrukce a koryto za segmentem

Nevýhody:

- vysoké nároky a náklady realizace varianty
- nutnost větší mechanizace a nákladů na dopravu materiálu při výstavbě středního asfaltobetonového těsnění
- velké prostorové nároky segmentu
- nutná pravidelná údržba
- vysoké náklady při opravě strojního vybavení klapky

- potenciální riziko havárie přehrady vlivem pomalé reakce hrázných se segmentem anebo při poruše mechanismu segmentu či při výpadku elektrické energie
- omezení zdvižení segmentu
- velké zatížení na ložiska segmentu
- náročná údržba strojní části segmentu

## 5.4 Vyhodnocení variant

Na základě různých názorů hodnotitelů byla stanovena významnost jednotlivých kritérií viz tab. 5.1, ale také pořadí výběru varianty pro realizaci dle významnosti a bodového hodnocení jednotlivých variant viz tab. 5.2. Hodnocení proběhlo i dle mého bodového hodnocení a mé stanovené významnosti jednotlivých kritérií viz tab. 5.3, přičemž bylo udáno pořadí pro výběr varianty. Zároveň bylo určeno pořadí dle mého bodového hodnocení s ovlivněním na základě významnosti jednotlivých kritérií podle hodnotitelů viz tab. 5.4.

Dle hodnocení všech hodnotitelů viz tab. 5.2 vyplývá, že by byla vybrána varianta B. Dle mého hodnocení na základě mé významnosti viz tab. 5.3 plyne, že by byla vybrána varianta B, následně varianta C. Dle mého hodnocení na základě významnosti hodnotitelů viz tab. 5.4 se ukazuje, že by byla zvolena varianta B, následně varianta A. Veškerá data byla zpracována v softwaru Microsoft Office – Excel.

Tab.5.1 – Hodnocení významnosti kritérií podle hodnotitelů

Kritérium	Významnost			Celk. význ.
	MO ČR	POH	studenti	
Cena	4	2	2	2.18
Doba výstavby	3	2	2	2.27
Dostupnost materiálů pro výstavbu	3	3	2	1.82
Kapacita	2	1	1	1.36
Manipulace s funkčními objekty	2	1	2	1.64
Náročnost na zabezpečení el. energií	3	2	3	2.82
Náročnost výstavby	3	3	2	2.55
Ochrana obcí před povodněmi	1	1	1	1.09
Průchod ledů a plávi	2	2	3	2.36
Těsnost konstrukce hráze	2	1	1	1.36
Trvanlivost	2	1	2	1.55
Typ použitého materiálu pro konstrukci hráze	2	1	3	2.73

Údržba	2	2	2	2.09
Vliv na životní prostředí	1	2	3	2.82
Výroba el. energie	3	3	3	2.91

Tab.5.2 – Hodnocení variant hodnotiteli

Hodnotitelé	Pořadí			
	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D
MO ČR	1	2	3	3
POH	3	1	2	4
studenti	2	1	3	4
<b>Významnost dle pořadí</b>	<b>2.1</b>	<b>1.6</b>	<b>2.4</b>	<b>3.4</b>
<b>Významnost dle pořadí v %</b>	<b>77.6 %</b>	<b>82.8 %</b>	<b>75.4 %</b>	<b>64.2 %</b>

Tab.5.3 – Hodnocení variant dle mé významnosti

Kritérium	Význ. dle mě	Bodové hodnocení dle mé významnosti			
		Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D
Cena	2	2	6	4	6
Doba výstavby	2	2	4	4	6
Dostupnost materiálů pro výstavbu	1	1	2	2	2
Kapacita	1	1	2	2	3
Manipulace s funkčními objekty	1	3	1	3	2
Náročnost na zabezpečení el. energií	2	2	4	2	4
Náročnost výstavby	3	3	6	6	9
Ochrana obcí před povodněmi	1	3	1	4	1
Průchod ledů a pláví	2	6	4	6	2
Těsnost konstrukce hráze	1	3	2	2	1
Trvanlivost	2	4	2	2	6
Typ použitého materiálu pro konstrukci hráze	3	12	6	6	3
Údržba	2	2	4	2	4
Vliv na životní prostředí	4	8	8	4	8
Výroba el. energie	4	8	4	8	4
<b>Σ</b>		<b>60</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>61</b>
<b>Pořadí</b>		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

Tab.5.4 – Hodnocení variant dle významnosti hodnotitelů

Kritérium	Význ. dle hodnot.	Bodové hodnocení dle významnosti hodnotitelů			
		Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D
Cena	2.18	2.2	6.5	4.4	6.5
Doba výstavby	2.27	2.3	4.5	4.5	6.8
Dostupnost materiálů pro výstavbu	1.82	1.8	3.6	3.6	3.6
Kapacita	1.36	1.4	2.7	2.7	4.1
Manipulace s funkčními objekty	1.64	4.9	1.6	4.9	3.3
Náročnost na zabezpečení el. energií	2.82	2.8	5.6	2.8	5.6
Náročnost výstavby	2.55	2.5	5.1	5.1	7.6
Ochrana obcí před povodněmi	1.09	3.3	1.1	4.4	1.1
Průchod ledů a pláví	2.36	7.1	2.4	4.7	7.1
Těsnost konstrukce hráze	1.36	4.1	2.7	2.7	1.4
Trvanlivost	1.55	3.1	1.5	1.5	4.6
Typ použitého materiálu pro konstrukci hráze	2.73	8.2	5.5	5.5	2.7
Údržba	2.09	2.1	4.2	2.1	4.2
Vliv na životní prostředí	2.82	5.6	5.6	2.8	5.6
Výroba el. energie	2.91	5.8	2.9	5.8	2.9
	<b>Σ</b>	57.2	55.7	57.6	67.3
	<b>Pořadí</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>



## 6. Závěr

- Dle prostudovaných podkladů vyplývá potřeba realizace vodního díla Kryry. Oblast, ve které se bude realizovat je dlouhodobě srážkově deficitní i ve vegetačním období viz příloha 12.2, což má za následek nižší úrodu plodin, ale také postupnou přeměnu okolní přírody. Tyto změny jsou patrné v příloze 11. Fotodokumentace místního šetření, kde z fotografií je patrná eroze půdy, která má negativní dopady na celkovou biodiverzitu okolí. Dále je z podkladů patrné, že vodní dílo Kryry bude muset být v budoucnu dotováno plánovaným privaděčem vody z VD Nechranice.
- V rámci návrhu bylo vytvořeno několik variant koncepčního a konstrukčního řešení hráze včetně funkčních objektů. Tyto varianty byly navrženy s ohledem na požadavky místního obyvatelstva, kdy charakter hráze a objektů se měl přiblížit, co nejvíce přírodě. Proto byly vytvořeny varianty zemních sypaných hrází, které tento požadavek splňují. Varianty obsahují různé provedení tělesa hráze, ať už jako sypaná zemní homogenní hráz či sypaná zemní heterogenní hráz se středním zemním těsněním anebo sypaná zemní heterogenní hráz se středním asfaltobetonovým těsněním. Zároveň varianty zahrnují různé provedení bezpečnostního přelivu například pomocí nehrazeného přelivu s kruhově zaoblenou korunou, hrazeného přelivu s klapkovým uzávěrem, nehrazeného labyrintového přelivu a hrazeného přelivu se segmentovým uzávěrem. U všech těchto variant byly provedeny hydrotechnické výpočty viz příloha 12.1. Varianty se středním asfaltobetonovým těsněním či nehrazeným labyrintovým přelivem jsou uvažovány jako atypické, neboť v České republice dosud nebyly realizovány, ač mají své významné výhody. Dodatečnou variantou je uvažování šachtového přelivu v rámci výstavby věžového objektu.
- Všechny navržené varianty byly posouzeny technickoekonomickým hodnocením, přičemž byly posuzovány zejména kritéria ceny, délky trvání a náročnosti výstavby, provozu, manipulace a údržby na vodním díle, průtočné kapacity jednotlivých funkčních objektů, ochrany obcí před povodněmi, vlivu na životní prostředí, ale také výroby elektrické energie, která do budoucna bude zlepšovat finanční nákladnost na provoz vodního díla Kryry.
- Na základě technickoekonomického hodnocení byla vybrána varianta B, tedy sypaná zemní heterogenní hráz se středním zemním těsněním a hrazeným

přelivem s klapkovým uzávěrem. Tato varianta byla vybrána zejména, kvůli výhodám v kapitole 5.3.2. Mezi zásadní výhody patří to, že materiál pro konstrukci hráze se nachází přímo v místě budoucí nádrže či okolí. Další výhodou jsou malé průsaky tělesem hráze a trvanlivost použitého materiálu na hráz. Dále mezi výhody patří výhody klapkového uzávěru na hrazeném bezpečnostním přelivu, který dokáže efektivně transformovat povodňové vlny a splňuje požadavky ochrany obcí a vodohospodářského řešení VD Kryry oproti variantám A a C. Těmito požadavky se myslí transformace  $TPV_{100}$  na  $Q_{neš}$  pro obec Kryry, transformace  $TPV_{1000}$  nesmí přesáhnout úroveň 325.40 m n. m., neboť se jedná o úroveň, do které bude chráněna obec Petrohrad. Vodohospodářským požadavkem je zachování úrovně zásobního prostoru na kótě 323.80 m n. m., pro splnění zabezpečení vodního díla z hlediska potřeb na vodu, a to vzhledem k předchozím požadavkům nelze splnit u variant A a C. Současně je brán ohled na manipulaci s uzávěrem, který bude muset probíhat v krátkém časovém intervalu, a to díky rychlé kulminaci povodňových vln. V tomto případě byla varianta B vybrána z hlediska větší bezpečnosti, kdy lze manuálně sklopit, ale také lze s ní manipulovat automaticky pomocí čidel, jež budou snímat hladinu a další data. Výhodou hrazeného bezpečnostního přelivu je také zvýšení spádu pro MVE, kdy při vypouštění  $Q_{neš}$ , bude část průtoků převáděno přes vodní turbínu.

- V rámci příprav této práce byla pořízena a zpracována fotodokumentace z místa realizace VD Kryry. Místním šetřením byl zjištěn rozvoj průmyslové výstavby, pozůstatky sklepení v pravém závaží budoucí hráze, množství lehkého opevnění z let 1937 – 1938, dopady klimatických změn na oblast Podbořanska a mnoho dalších zjištění.
- Dle navržených variant byla vypracována v příloze 13. výkresová dokumentace variant A, B, C a D, přičemž byla vypracována i situace pro variantu E, která však nebyla vybrána pro posuzování a další hodnocení.
- Vybráním varianty B bude dosaženo efektivního a optimálního řešení pro realizaci a budoucí provoz vodního díla Kryry.

## 7. Seznam obrázků

- Obr.2.1 – Mapa s umístěním VD Kryry, [18]
- Obr.2.2 – Geologická mapa s umístěním VD Kryry, [11]
- Obr.2.3 – Půdní mapa s umístěním VD Kryry, [11]
- Obr.2.4 – Náhled na DTM v zájmovém území, [20]
- Obr.2.5 – Mapa povodí Podvineckého potoka dle DMR 5G, [19]
- Obr.2.6 – Teoretické povodňové vlny pro profil hráze VD Kryry, [19]
- Obr.2.7 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody prof. Ing. Dr. Karla Jůvy, DrSc., [22]
- Obr.2.8 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody Langova dešťového faktoru, [22]
- Obr.2.9 – Vyhodnocení vegetačního období (VO) na území VD Kryry dle metody prof. Ferdinanda Friedricha Helmuta Zunkera, [22]
- Obr.2.10 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody Minářovy vláhové jistoty, [22]
- Obr.2.11 – Vyhodnocení území VD Kryry dle metody Končekova indexu zavlažení, [22]
- Obr.3.1 – Mapa československého opevnění 1935-1938, [14]
- Obr.4.1 – Ortofoto náhled varianty A na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{\max}$
- Obr.4.2 – Ortofoto náhled varianty B na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{\max}$
- Obr.4.3 – Ortofoto náhled varianty C na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{\max}$
- Obr.4.4 – Ortofoto náhled varianty D na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{\max}$
- Obr.4.5 – Ortofoto náhled varianty E na hráz, objekty a obrys zátopy při  $H_{\max}$
- Obr.4.6 – Graf zatopených ploch a objemů
- Obr.4.7 – Schéma vodohospodářských soustav v povodí Ohře a Bíliny (Vlasák a kol., 1997) modifikované o povodí Blšanky a Rakovnického potoka a jiných úprav (Němčanský, 2023), [26]
- Obr.4.8 – Zobrazení radiál pro výpočet efektivní délky rozběhu větru
- Obr.4.9 – Nová metodika – grafické rozdělení území České republiky se zobrazením čtyř oblastí podle hranic hydrologických povodí 4. řádu, [15][16]
- Obr.4.10 – Křivka hladiny při vypouštění nádrže spodními výpustmi
- Obr.4.11 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta A, [19][36]
- Obr.4.12 – Transformace  $TPV_{1000}$  – varianta A, [19][36]
- Obr.4.13 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta A, [19][36]
- Obr.4.14 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta B, [19][36]
- Obr.4.15 – Transformace  $TPV_{1000}$  – varianta B, [19][36]

- Obr.4.16 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta B, [19][36]
- Obr.4.17 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta C, [19][36]
- Obr.4.18 – Transformace  $TPV_{1000}$  – varianta C, [19][36]
- Obr.4.19 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta C, [19][36]
- Obr.4.20 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta D, [19][36]
- Obr.4.21 – Transformace  $TPV_{1000}$  – varianta D, [19][36]
- Obr.4.22 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta D, [19][36]
- Obr.4.23 – Transformace  $TPV_{100}$  – varianta E, [19][36]
- Obr.4.24 – Transformace  $TPV_{1000}$  – varianta E, [19][36]
- Obr.4.25 – Transformace  $TPV_{10000}$  – varianta E, [19][36]
- Obr.4.26 – Oblasti použití základních typů vodních turbín, [37]

## 8. Seznam tabulek

- Tab.2.1 – Hydrologické údaje v profilu hráze, [19]
- Tab.2.2 – Odvozené m-denní průtoky v profilu hráze VD Kryry, [19]
- Tab.2.3 – Odvozené N-leté průtoky v profilu hráze VD Kryry, [19]
- Tab.2.4 – Maximální průtoky a objemy teoretických povodňových vln po profil hráze VD Kryry, [19]
- Tab.2.5 – Průměrná měsíční a roční teplota vzduchu za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]
- Tab.2.6 – Průměrná měsíční a roční vlhkost vzduchu za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]
- Tab.2.7 – Průměrná měsíční a roční rychlost větru za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]
- Tab.2.8 – Průměrný měsíční a roční úhrn srážek za normálové období pro profil hráze VD Kryry, [21]
- Tab.2.9 – Průměrná rychlost větru ve výšce 335.4 m n.m. v místě profilu hráze VD Kryry, [21]
- Tab.4.1 – Rozdělení prostorů nádrže podle předprojektové přípravy, [1]
- Tab.4.2 – Odečtené vzdálenosti a výpočty pro efektivní délku rozběhu větru
- Tab.4.3 – Výpočet veličin pro výběh vlny dle dat ČHMÚ, [21][29]
- Tab.4.4 – Výpočet výšky výběhu vlny dle dat ČHMÚ, [21][29]
- Tab.4.5 – Výpočet veličin pro výběh vlny dle normových hodnot ČSN 75 0255, [29]
- Tab.4.6 – Výpočet výšky výběhu vlny dle normových hodnot ČSN 75 0255, [29]
- Tab.4.7 – Hodnoty výšky výběhu vlny
- Tab.4.8 – Platná metodika – výpočet hodnot minimálního zůstatkového průtoku pro nakládání s vodami, [17]
- Tab.4.9 – Nová metodika – výpočet hodnot minimálního zůstatkového průtoku pro nakládání s vodami, [15][16]
- Tab.4.10 – Výpočet průsaků homogenní hrázi, [32]
- Tab.4.11 – Výpočet průsaků heterogenní hrázi se středním zemním těsněním, [32]
- Tab.4.12 – Výpočet průsaků heterogenní hrázi se středním asfaltobetonovým těsněním, [32][35]
- Tab.4.13 – Výpočet vodní vodohospodářské bilance, [36]
- Tab.4.14 – Porovnání hodnot pro vypouštění nádrže

Tab.4.15 – Manipulace s klapkou

Tab.4.16 – Manipulace se segmentem – s dolní hranou

Tab.5.1 – Hodnocení významnosti kritérií podle hodnotitelů

Tab.5.2 – Hodnocení variant hodnotiteli

Tab.5.3 – Hodnocení variant dle mé významnosti

Tab.5.4 – Hodnocení variant dle významnosti hodnotitelů

## 9. Seznam rovnic

Rovnice 4.1 – Výpočet efektivní délky rozběhu větru, [29]

Rovnice 4.2 – Platná metodika – výpočet minimálního zůstatkového průtoku, [17]

Rovnice 4.3 – Stará metodika – výpočet minimálního zůstatkového průtoku, [15][16]

Rovnice 4.4 – Výpočet výparu z volné hladiny nádrže, [31]

Rovnice 4.5 – Výpočet specifického průsaku homogenní hrází, [33]

Rovnice 4.6 – Výpočet vodorovné délky průsakové dráhy, [32]

Rovnice 4.7 – Výpočet průsaku homogenní hráze, [32]

Rovnice 4.8 – Výpočet průsaku heterogenní hrází se středním těsněním, [32]

Rovnice 4.9 – Výpočet průměrné tloušťky těsnící části hráze s rozdílnými tloušťkami po výšce, [32]

Rovnice 4.10 – Vodní vodohospodářská bilance, [36]

Rovnice 4.11 – Doba plnění nádrže

Rovnice 4.12 – Metoda Runge-Kutte 2. řádu, [36]

Rovnice 5.1 – Výpočet rozdílu cen varianty A a C, [40]

Rovnice 5.2 – Cenový vztah jednotlivých variant

## 10. Použité zdroje a literatura

- [1] POVODÍ OHŘE, S.P. VD Kryry – Předprojektová příprava: Věcný rozsah a obsah technické řešení. *EAGRI* [online]. únor 2021 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://zakazky.eagri.cz/document\\_121743/ad591dcefe5b54af961346436b7bf7ce-priloha-c-1-vecny-rozsah-a-obsah-techn-reseni-unor-2021-\\_signed-pdf](https://zakazky.eagri.cz/document_121743/ad591dcefe5b54af961346436b7bf7ce-priloha-c-1-vecny-rozsah-a-obsah-techn-reseni-unor-2021-_signed-pdf)
- [2] KOPČIL, Ondřej. *Problematika výstavby přehradních nádrží ve vodohospodářském plánování českých zemí od roku 1945 do současnosti* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://geography.upol.cz/soubory/studium/bp/2013-rg/2013\\_Kopcil.pdf](https://geography.upol.cz/soubory/studium/bp/2013-rg/2013_Kopcil.pdf). Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Jindřich Frajer.
- [3] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, VÚV TGM. Příloha: k informaci o stavu plnění opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. *Sucho v krajině* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://suchovkrajine.cz/sites/default/files/podklad/06\\_priloha\\_k\\_informaci\\_o\\_stavu\\_plneni\\_opatreni.pdf](https://suchovkrajine.cz/sites/default/files/podklad/06_priloha_k_informaci_o_stavu_plneni_opatreni.pdf)
- [4] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. *EAGRI* [online]. září 2011 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/133229/Generel\\_LAPV\\_\\_\\_vc.\\_protokolu.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/133229/Generel_LAPV___vc._protokolu.pdf)
- [5] ÚŘAD VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY. Usnesení vlády České republiky č.256: o návrhu komplexního řešení sucha (kombinace technických a přírodě blízkých opatření) v oblasti Rakovnícka. *ODok* [online]. 15. dubna 2019 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://odok.cz/portal/zvlady/usneseni/2019/256/>
- [6] ÚŘAD VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY. Usnesení vlády České republiky č.56: k návrhu na zpracování aktualizace Politiky územního rozvoje České republiky z důvodu naléhavého veřejného zájmu za účelem přípravy výstavby vodního díla Kryry a dalších opatření v rámci komplexního řešení sucha v oblasti Rakovnícka. *ODok* [online]. 20. ledna 2020 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://odok.cz/portal/zvlady/usneseni/2020/56/>



- [7] ZASTUPITELSTVO ÚSTECKÉHO KRAJE. 4. Aktualizace zásad územního rozvoje Ústeckého kraje: Usnesení č. 013/18Z/2022. *Ústecký kraj: Územní plánování* [online]. 2022 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.kr-ustecky.cz/opatreni-obecne-povahy-4-a-zur-uk/ds-100879>
- [8] *Povodí Ohře: VD Kryry* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.poh.cz/vodni-dilo-kryry/ms-4012/p1=4012>
- [9] *EKatalog BPEJ: 4.22.13* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/42213>
- [10] *EKatalog BPEJ: 4.56.00* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/45600>
- [11] *Česká geologická služba: Mapové aplikace* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [12] Oficiální stránky města Vroutek: Geologické poměry v okolí Vroutku [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.vroutek.net/mesto/geologicke-pomery/>
- [13] *Galerie pro Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky* [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <https://aopkcr.maps.arcgis.com/home/gallery.html?view=grid&sortOrder=desc&sortField=modified>
- [14] *Interaktivní mapa čs. opevnění* [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <http://mapa.opevneni.cz/?n=50.158503&e=13.439009&r=1cc00000002&z=16&m=z&s=4&l=cz>
- [15] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Návrh nařízení vlády o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku. *ODok* [online]. 26. ledna 2018 [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <https://odok.cz/portal/veklep/material/KORNAUPEENSN/>
- [16] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ a VÚV TGM. *Nářízení vlády ke způsobu a kritériím stanovení minimálního zůstatkového průtoku* [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2016\\_vodopravni\\_urady/09\\_Narizeni\\_vlady\\_ke\\_zpusobu\\_a\\_kriteriim\\_stanoveni\\_minimalniho\\_zustatkoveho\\_prutoku.pdf](http://www.povis.cz/pre/2016_vodopravni_urady/09_Narizeni_vlady_ke_zpusobu_a_kriteriim_stanoveni_minimalniho_zustatkoveho_prutoku.pdf)

- [17] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 9. METODICKÝ POKYN: odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z:  
[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)
- [18] ČÚZK. *Geoprohlížeč* [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z:  
<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [19] ČHMÚ. *Hydrologická studie: Povodí Blšanky: VD Kryry – Podvinecký potok*. Praha, 2022.
- [20] GEODROM. *Technická zpráva: leteckého laserového skenování a snímkování, postprocesingu*. Brno, 2021.
- [21] ČHMÚ. *Klimatologické charakteristiky vztahující se k profilu hráze zamýšleného vodního díla Kryry*. Praha, 2022.
- [22] ČHMÚ. *Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb.* [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb>
- [23] ČESKÝ RYBÁŘSKÝ SVAZ, Z. S. SEVEROČESKÝ ÚZEMNÍ SVAZ. *Ichtyologický posudek VD Kryry*. 2021.
- [24] SWECO HYDROPROJEKT. *Souhrnná technická zpráva: Dopravní studie*. Praha, 2021.
- [25] STREJČEK, Václav. *Fyzikální výzkum labyrintových přelivů s proměnlivou výškou přelivné hrany*. Praha, 2023. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [26] VLASÁK, Petr a kol. *Ekologická studie Biliny* [online]. Praha, únor 2004 [cit. 2023-02-02]. Dostupné z:  
[https://heis.vuv.cz/data/spusteni/projekty/bilina/dokumenty/1063\\_Bilina2003.PDF](https://heis.vuv.cz/data/spusteni/projekty/bilina/dokumenty/1063_Bilina2003.PDF). Studie. VÚV T.G.M.
- [27] Vyhláška č. 471/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2023 [cit. 2023-02-02]. Dostupné z:  
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-471/monitor>
- [28] ČSN 75 2310: *Sypané hráze*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

- [29] ČSN 75 0255: *Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [30] ČSN 75 2935: *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [31] ČSN 75 2405: *Vodohospodářská řešení vodních nádrží*. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [32] BROŽA, V., J. KRATOCHVÍL, P. PETER a L. VOTRUBA. *Přehrady*. 1. Praha: SNTL/ALFA, 1987.
- [33] BROŽA, Vojtěch a Ladislav SATRAPA. *Navrhování přehrad*. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03654-9.
- [34] WALO BERTSCHINGER. *Asphalt Hydraulic Engineering: Department of Dam and Waste Deposit Construction*. Curych, 2003, 100 s.
- [35] SCHÖNIAN, Erich. *Hydraulic Engineering handbook*. London: Shell International Petroleum Company, 1999. ISBN 0953588505.
- [36] PATERA, A., K. NACHÁZEL a P. FOŠUMPAUR. *Nádrže a vodohospodářské soustavy 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2620-5.
- [37] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/cvut-2-oze.pdf>
- [38] BOHÁČEK, Jiří. *Technické možnosti zlepšování životních podmínek ryb v povrchových vodách v souvislosti s vodohospodářským provozem vodních nádrží*. Praha, 2023. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [39] FOŠUMPAUR, Pavel. ČVUT, FSV. *Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže: VD Kryry – předprojektová příprava – generální projektant*. Praha, 2023.
- [40] CEMEX. *Ceník 2023: Betonové směsi a speciální produkty*. *Cemex.cz* [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: [https://www.cemex.cz/documents/46856796/52314713/Cenik\\_od\\_1.1.2023\\_betonarn\\_a\\_Benesov\\_Beroun\\_Melnik\\_NoveStraseci\\_Slany\\_Vlasim.pdf/b6983378-0c6a-f358-3b8f-708f040f7037?t=1672752327321](https://www.cemex.cz/documents/46856796/52314713/Cenik_od_1.1.2023_betonarn_a_Benesov_Beroun_Melnik_NoveStraseci_Slany_Vlasim.pdf/b6983378-0c6a-f358-3b8f-708f040f7037?t=1672752327321)

## 11. Fotodokumentace

Foto č.1 – Pohled směrem na Podvinecký potok v chmelnici cca 80 m za mostem

Foto č.2 – Pohled po proudu Podvineckého potoka v chmelnici cca 80 m za mostem

Foto č.3 – Pohled směrem na Podvinecký potok v chmelnici cca 15 m za mostem

Foto č.4 – Pohled proti proudu Podvineckého potoka pod mostem

Foto č.5 – Pohled proti proudu Podvineckého potoka z mostu

Foto č.6 – Pohled proti proudu Podvineckého potoka u mostu

Foto č.7 – Pohled proti proudu Podvineckého potoka cca 25 m před mostem

Foto č.8 – Pohled směrem na budoucí hráz a nádrž VD Kryry

Foto č.9 – Pohled z křižovatky silnic na obec Kryry, Kryry – Březnice a Petrohrad směrem k mostu

Foto č.10 – Pohled z křižovatky silnic na obec Kryry, Kryry – Březnice a Petrohrad směrem na budoucí hráz a nádrž VD Kryry

Foto č.11 – Pohled směrem od obce Kryry na budoucí hráz a nádrž VD Kryry

Foto č.12 – Pohled z levého zavázání VD Kryry na budoucí hráz

Foto č.13 – Pohled na stávající železnici v prostoru levého zavázání VD Kryry

Foto č.14 – Pohled na stávající silnici směrem na Kryry – Březnice a prostor budoucího VD Kryry

Foto č.15 – Měření průměrů náhodně vybraného stromu

Foto č.16 – Pohled na pravé zavázání VD Kryry

Foto č.17 – Pohled na pozůstatky sklepení po zbouraných domech na pravém zavázání VD Kryry

Foto č.18 – Pohled z pravého zavázání VD Kryry

Foto č.19 – Pohled na sedimentační předzdrž na toku Březnice směrem na jihozápad

Foto č.20 – Pohled na sedimentační předzdrž na toku Březnice směrem na jihozápad na hráz

Foto č.21 – Pohled na sedimentační předzdrž na toku Březnice směrem na jihovýchod

Foto č.22 – Pohled na sedimentační předzdrž s požerákem na toku Březnice směrem na jih

Foto č.23 – Pohled na trhlinu hráze sedimentační předzdrže na toku Březnice

Foto č.24 – Pohled na trhliny hráze sedimentační předzdrže na toku Březnice

Foto č.25 – Pohled na hráz sedimentační předzdrže na toku Březnice

Foto č.26 – Pohled na koryto toku Březnice u sedimentační předzdrže

## **12. Přílohy**

Příloha 11. – Fotodokumentace místního šetření

Příloha 12.1 – Hydrotechnické výpočty

Příloha 12.2 – Výpočty potřebnosti nádrže vlivem klimatických poměrů

Příloha 13. – Výkresová dokumentace

## 13. Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace je součástí samostatných celků, které jsou přiloženy k této bakalářské práci. Výkresy byly provedeny v softwaru Nemetschek Allplan a Autodesk Civil 3D.

ČÍSLO	NÁZEV	MĚŘÍTKO
C.1	Situace širších vztahů stavby	1:15 000
C.4	Situace širších vztahů okolí – vodohospodářská mapa	1:50 000
C.5	Teoretický geologický profil v ose hráze	1:1 000/200
D.2	Spodní výpusti a věžový objekt s odběry	1:200

Výkresy č. C.1, C.4, C.5 a D.2 jsou společné pro varianty A, B, C a D.

Výkresy č. C.2 a C.3, tedy katastrální situační výkres a koordinační situační výkres nejsou vyhotoveny, neboť nejsou cílem této práce.

Výkresy příčných a podélných řezů hráze nejsou zpracovány.

ČÍSLO	NÁZEV	MĚŘÍTKO
<b>Varianta A</b>		
A_C.6	Celková situace hráze a funkčních objektů	1:1000
A_D.1	Vzorový příčný řez homogenní hráze	1:200
A_D.3	Nehrazený bezpečnostního přeliv s kruhově zaoblenou korunou, spadiště	1:100
A_D.4	Detail bezpečnostního přelivu s kruhově zaoblenou korunou	1:100
<b>Varianta B</b>		
B_C.6	Celková situace hráze a funkčních objektů	1:1000
B_D.1	Vzorový příčný řez heterogenní hráze se středním zemním těsněním	1:200
B_D.3	Hrazený bezpečnostního přeliv s klapkovým uzávěrem	1:100
B_D.4	Detail klapkového uzávěru bezpečnostního přelivu	1:100
B_D.5	Detail bočního těsnění a spoje klapkového uzávěru a spodní stavby bezpečnostního přelivu	1:5

<b>ČÍSLO</b>	<b>NÁZEV</b>	<b>MĚŘÍTKO</b>
<b>Varianta C</b>		
C_C.6	Celková situace hráze a funkčních objektů	1:1000
C_D.1	Vzorový příčný řez heterogenní hráze se středním zemním těsněním	1:200
C_D.3	Nehrazený labyrintový bezpečnostního přeliv, spadiště	1:100
C_D.4	Detail labyrintového bezpečnostního přelivu	1:100
<b>Varianta D</b>		
D_C.6	Celková situace hráze a funkčních objektů	1:1000
D_D.1	Vzorový příčný řez heterogenní hráze se středním asfaltobetonovým těsněním	1:200
D_D.3	Hrazený bezpečnostního přeliv se segmentovým uzávěrem	1:100
D_D.4	Detail segmentového uzávěru bezpečnostního přelivu	1:100
D_D.5	Detail svislého a vodorovného těsnění segmentového uzávěru bezpečnostního přelivu	1:5
<b>Varianta E</b>		
E_C.6	Celková situace hráze a funkčních objektů	1:1000