



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ VODNÍ NÁDRŽE MLÝNKA

WATER MANAGEMENT SOLUTION OF MLÝNKA RESERVOIR

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adéla Řeháková

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILOŠ STARÝ, CSc.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVNÍŠTĚ	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	<b>Bc. Adéla Řeháková</b>
NÁZEV	<b>Vodohospodářské řešení vodní nádrže Mlýnka</b>
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

.....  
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- Řeháková, A.: Návrh opatření proti povodním v povodí drobného vodního toku Mlýnka, bakalářská práce, VUT FAST Brno, 2013
- Starý, M.: Nádrže a vodohospodářské soustavy, skriptum, FAST VUT Brno, 2006
- Starý, M.: Hydrologie, skriptum, FAST VUT Brno, 2005
- Starý, M.: HYDROG. Software pro simulaci, predikci a operativní řízení odtoku vody z povodí, Brno, 1991-2016
- Studie odtokových poměrů DVT Mlýnka (poskytne Povodí Odry, státní podnik)
- Náhradní intenzity dešťů pro Moravu a Slezsko (Trupl)
- Mapové podklady
- Návrhové hydrogramy povodní, nutno vyžádat od ČHMÚ Ostrava

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Diplomová práce bude navazovat na předchozí bakalářskou práci zpracovatelky. Bude provedeno nové vodohospodářské řešení nádrže na základě návrhového a kontrolního hydrogramu povodně stanoveného Českým hydrometeorologickým ústavem. Dále budou zpracovány:

1. Návrh nových parametrů funkčních objektů suché nádrže a jejího transformačního efektu
2. Nová situace nádrže v M 1 : 50 000
3. Nové schématické výkresy suché nádrže a jejích funkčních objektů
4. Technická zpráva
8. Hydraulické výpočty

Na závěr bude provedeno vyhodnocení vyvolaných změn nového návrhu nádrže.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozdělte podle dále uvedené struktury:**

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá protipovodňovou ochranou v povodí drobného vodního toku Mlýnka. Cílem práce je především návrh protipovodňového opatření – suché nádrže. Součástí práce je teoretická část popisující obecně návrh, konstrukční řešení a základní informace o provozu a údržbě nádrže. Další část práce se zabývá konkrétním návrhem a na závěr jsou zhodnoceny rozdíly mezi řešením provedeným v bakalářské práci a nově navrženým v rámci práce diplomové. Pro vypracování byly využity programy AutoCAD, ArcGIS, HYDROG, HEC a MS Office.

## **ABSTRACT**

Diploma thesis deals with flood protection at small basin flow Mlýnka. Object of thesis is first design of flood protection – dry reservoir. Part of thesis is theoretical, which describes general design, constructional solution and basic information about operation and maintenance. Next part of thesis describes specific design of dry reservoir. In the end, there are evaluations and comparison with bachelor thesis. Programs, which were used for elaboration, are AutoCAD, ArcGIS, HYDROG, HEC, MS Office.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Suchá nádrž, malá vodní nádrž, povodňová ochrana, povodí, návrh, funkční objekty, hráz, hydrogram.

## **KEY WORDS**

Dry reservoir, small water reservoir, flood protection, basin, design, functional objects, dam, hydrograph.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Adéla Řeháková *Vodohospodářské řešení vodní nádrže Mlýnka*. Brno, 2016. 73 s., 11 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miloš Starý, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2016

---

Bc. Adéla Řeháková  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat panu prof. Ing. Milošovi Starému, CSc. za možnost vypracování tohoto tématu, spolupráci, rady a připomínky, ochotu a trpělivost při tvorbě diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala paní Ing. Haně Uhmannové, CSc. za pomoc při návrhu funkčních objektů. Na závěr chci také poděkovat rodině, spolupracovníkům a přátelům za podporu při zpracování diplomové práce.

# OBSAH

ABSTRAKT .....	4
KLÍČOVÁ SLOVA.....	5
OBSAH .....	9
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2 CÍL PRÁCE .....</b>	<b>12</b>
<b>3 PŘÍPRAVA NÁVRHU SUCHÉ NÁDRŽE .....</b>	<b>13</b>
3.1 ÚČEL VODNÍHO DÍLA .....	13
3.2 PŘÍPRAVA A NÁVRH SUCHÉ NÁDRŽE .....	13
3.3 BEZPEČNOST A SPOLEHLIVOST DÍLA .....	15
3.4 PODKLADY PRO NÁVRH .....	16
3.4.1 <i>Mapové a geodetické podklady</i> .....	16
3.4.2 <i>Hydrologické a klimatické podklady</i> .....	18
3.4.3 <i>Geologické podklady</i> .....	20
<b>4 VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ SUCHÉ NÁDRŽE .....</b>	<b>21</b>
4.1 ÚČEL VODOHOSPODÁŘSKÉHO ŘEŠENÍ NÁDRŽE .....	21
4.2 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ V SUCHÉ NÁDRŽI .....	21
4.3 BATYGRAFICKÉ KŘIVKY .....	22
4.4 ZTRÁTY VODY .....	23
4.4.1 <i>Ztráta výparem z vodní hladiny</i> .....	23
4.4.2 <i>Ztráta vody infiltrací do dna</i> .....	23
4.4.3 <i>Ztráta vody průsakem hrází a jejím podložím</i> .....	23
4.5 STANOVENÍ FUNKČNÍCH PROSTORŮ A NÁVRH FUNKČNÍCH ZAŘÍZENÍ .....	24
4.5.1 <i>Stanovení ochranného prostoru</i> .....	24
4.5.2 <i>Hydraulický návrh spodních výpustí</i> .....	25
4.5.3 <i>Hydraulický návrh bezpečnostního, popř. nouzového přelivu</i> .....	27
4.5.4 <i>První naplnění nádrže</i> .....	27
4.5.5 <i>Prázdnění nádrže</i> .....	28
4.5.6 <i>Požadavky ochrany přírody při návrhu funkčních zařízení</i> .....	28
<b>5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ HRÁZE .....</b>	<b>29</b>
5.1 HRÁZE SUCHÝCH NÁDRŽÍ .....	29
<b>6 OPATŘENÍ V ZÁTOPEĚ.....</b>	<b>31</b>
6.1 ÚPRAVA DNA SUCHÉ NÁDRŽE .....	31
6.2 ZPŮSOB VYUŽITÍ PROSTORU ZÁTOPY .....	31
<b>7 PROVOZ A ÚDRŽBA SUCHÝCH NÁDRŽÍ A JEJICH HRÁZÍ .....</b>	<b>33</b>
7.1 ÚDRŽBA TRAVNÍHO POKRYVU A DŘEVIN .....	33
7.2 ÚDRŽBA STAVEBNÍCH OBJEKTŮ V HRÁZI .....	34
7.3 OSTATNÍ ÚDRŽBOVÉ PRÁCE .....	34
7.4 NEJČASTĚJŠÍ PROBLÉMY PROVOZU SUCHÉ NÁDRŽE .....	34
<b>8 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY .....</b>	<b>36</b>
8.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE NÁDRŽE .....	36

8.2	BATYGRAFICKÉ KŘIVKY .....	37
8.3	TRANSFORMOVANÉ POVODŇOVÉ VLNY .....	38
8.4	NÁVRH FUNKČNÍCH OBJEKTŮ.....	47
8.4.1	<i>Návrh spodní výpusti .....</i>	<i>47</i>
8.4.2	<i>Návrh bezpečnostní přelivu .....</i>	<i>49</i>
8.4.3	<i>Měrná křivka odpadní štoly.....</i>	<i>51</i>
8.4.4	<i>Měrná křivka koryta v zátopě.....</i>	<i>52</i>
8.4.5	<i>Měrná křivka odpadního koryta .....</i>	<i>54</i>
8.4.6	<i>Návrh vývaru .....</i>	<i>55</i>
<b>9</b>	<b>TECHNICKÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>57</b>
9.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....	57
9.2	PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ.....	58
9.2.1	<i>Geodetické podklady .....</i>	<i>58</i>
9.2.2	<i>Geologické podklady.....</i>	<i>58</i>
9.2.3	<i>Hydrologické podklady .....</i>	<i>58</i>
9.3	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU ZÁJMOVÉ LOKALITY .....	61
9.4	ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY .....	61
9.4.1	<i>Umístění stavby .....</i>	<i>61</i>
9.4.2	<i>Účel a předmět stavby.....</i>	<i>62</i>
9.4.3	<i>Hydrotechnické výpočty.....</i>	<i>62</i>
9.5	STAVEBNÍ ČÁSTI .....	62
9.6	PROVÁDĚNÍ STAVBY.....	63
9.6.1	<i>První etapa – úprava prostoru zátopy, SO 1 Hráz.....</i>	<i>63</i>
9.6.2	<i>Druhá etapa – SO 2 Odpadní štola .....</i>	<i>64</i>
9.6.3	<i>Třetí etapa – SO 3 Vtokový objekt .....</i>	<i>64</i>
9.6.4	<i>Čtvrtá etapa – SO 4 Výtokový objekt .....</i>	<i>64</i>
9.6.5	<i>Pátá etapa – SO 5 Koryto před vtokovým objektem (v zátopě) .....</i>	<i>64</i>
9.6.6	<i>Šestá etapa – SO 6 Odpadní koryto .....</i>	<i>65</i>
9.6.7	<i>Sedmá etapa – SO 7 Související objekty.....</i>	<i>65</i>
9.7	TECHNOLOGICKÁ ČÁST .....	65
9.8	PROVOZ A BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ.....	65
9.9	VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	66
9.10	LITERATURA .....	66
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>73</b>

# 1 ÚVOD

Vzhledem ke zvýšenému výskytu povodní, včetně extrémních přívalových povodní, na území České republiky se veřejnost i odborníci stále častěji věnují možnostem protipovodňové ochrany. Prostředky ochrany, před škodlivými účinky negativních přírodních jevů, jsou především připravené nádržní objemy v povodích vodních toků, které jsou schopny dočasně zadržet části povodňových objemů.

Protipovodňová ochrana se zabývá především ochranou měst a obcí, případně pak dalších významných stavebních, či přírodních objektů. Jako řešení se nabízí vybudování vhodně umístěné suché nádrže, nejčastěji nad obydleným územím, které je potřeba primárně ochránit. Rozmach v budování suchých nádrží je patrný zejména v posledních letech.

V rámci vládních programů pro ochranu před povodněmi je v České republice uvažováno s desítkami nových suchých nádrží. Mimo to jsou obnovovány nebo odbahňovány stávající malé vodní nádrže a je rekonstruováno jejich příslušenství, v některých případech je u malých nádrží měněna koncepce a jsou změněny na suché nádrže. [2]

Suchá nádrž, nebo také poldr je vodní nádrž určena k ochraně před účinky povodní, ve které je celkový objem nádrže téměř shodný se součtem ovladatelného a neovladatelného ochranného prostoru. Suchá nádrž plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok ve vodním toku. Suchá nádrž může mít v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které plní krajínotvornou, či ekologickou funkci. [1]

Suché nádrže bývají zatěžovány velmi nahodile. Období bez výskytu povodňových stavů může trvat i desítky let, přičemž může povědomí o existenci těchto nádrží mizet. Avšak životnost suché nádrže je velmi dlouhá, v řádech staletí. To znamená, že pokud nedojde k narušení hráze, či poškození funkčních objektů, může suchá nádrž plnit svou funkci i za stovky let.

Suché nádrže ve svých charakteristických veličinách většinou odpovídají malým vodním nádržím, ale vyskytují se i jako větší přehradní vodní díla.

## 2 CÍL PRÁCE

Tato diplomová práce navazuje na předchozí bakalářskou práci, která se zabývala získáním informací o odtokových poměrech v povodí, schematizaci povodí pomocí programu ArcGIS a následnou simulací srážkoodtokového procesu v programu HYDROG. Na základě získaných hydrogramů byl proveden také návrh protipovodňové ochrany.

V rámci diplomové práce bude provedeno nové vodohospodářské řešení nádrže, jakožto protipovodňové ochrany na základě návrhového a kontrolního hydrogramu získaných od Českého hydrometeorologického ústavu. V rámci návrhu budou zpracovány výkresy situace a řezy funkčních objektů, hydraulické výpočty a technická zpráva.

Závěrem práce bude vyhodnocení vyvolaných změn nového návrhu nádrže a následné porovnání nového návrhu nádrže s návrhem vytvořeným v bakalářské práci.

## 3 PŘÍPRAVA NÁVRHU SUCHÉ NÁDRŽE

### 3.1 ÚČEL VODNÍHO DÍLA

Z obecného vodohospodářského hlediska je žádoucí při výběru, umístění a hodnocení nádrží upřednostnit zvyšování jak retenční, tak akumulární schopnosti. Tento přístup by zajistil realizaci opatření zajišťujících současně prevenci před povodněmi i suchem a umožnil respektovat další vodohospodářské funkce při plném prosazení bezpečnostních hledisek. [2]

Hlavním účelem suché nádrže je ochranná (retenční) funkce. V případě suchých nádrží s určitým stálým nadržением může mít vodní dílo i další funkce jako zásobní, rybochovnou nebo rekreační. Víceúčelová vodní díla jsou z hlediska vodohospodářského vždy lepší variantou. [2]

### 3.2 PŘÍPRAVA A NÁVRH SUCHÉ NÁDRŽE

Výběr místa suché nádrže, umístění hráze, koncepce řešení a volba typu hráze a objektů vychází v každém konkrétním případě z přírodních podmínek lokality, z nichž nejpodstatnější jsou geologické, hydrogeologické a morfologické podmínky. Při návrhu a stavbě hráze nádrže je nutno brát v úvahu především faktory jako jsou účel a provoz díla, jeho bezpečnost, vztah k přírodnímu a životnímu prostředí a podmínky výstavby. Důležité je přitom posouzení vlivu suché nádrže v celém komplexu jak na vodohospodářské poměry (množství, jakost vody) soustavy, tak i na životní prostředí. [2]

**Hlavním předmětem návrhu a posuzování jsou:**

- neškodný odtok pod nádrží,
- objem nádrže,
- umístění hráze a její parametry,
- funkční zařízení, zejména zařízení pro bezpečné převádění extrémních povodňových průtoků (bezpečnostní přelivy, nouzové přelivy),
- úprava a způsob využívání prostoru zátopy,
- vazba na sítě technického vybavení a jiné investice,
- zásady manipulace a provozu,
- přínos k ochraně území pod nádrží před povodní – retenční účinek nádrže,
- parametry zvláštních povodní, které mohou vzniknout při provozu vodního díla, zejména ZPV1 při protržení hráze a rizika z toho vyplývající. [2]

Při návrhu parametrů objektů suché nádrže se zohlední požadavky na bezpečnost vodního díla při povodních s ohledem na návrh zařazení vodního díla do kategorie. Při stanovení návrhového průtoku se vychází z tabulky 2.1, při stanovení kontrolního průtoku pak z tabulky 2.2. Při posouzení bezpečnosti díla při povodni se postupuje v souladu s ČSN 75 2935. [2]

Tab. 3.1 Pravděpodobnost překročení kulminace návrhové povodně

Kategorie vodního díla	Pravděpodobnost překročení (doba opakování) kulminace
I., II.	0,001 (N=1000 let)
III., IV.	0,01 (N = 100 let)

Tab. 3.2 Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl při povodni

Kategorie VD (254/2001 Sb.)	Označení výše škody	Hodnocení hlediska		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Škody	Ztráty lidských životů	$p \approx 1/N$	N [let]
I.	velmi vysoké	mimořádně vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu státu	předpokládají se ztráty lidských životů	0,0001	10000
II.	vysoké	vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu, případně státu	předpokládají se ztráty lidských životů	0,0001	10000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,0005	2000
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200

		a sociální dopady lokálního rozsahu	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

Při návrhu suché nádrže je základním návrhovým parametrem neškodný odtok při návrhové povodňové vlně, kterou má dílo transformovat. Zkušenost ukazuje, že v řadě případů jsou navrhovány a budovány suché nádrže, aniž by bylo provedeno posouzení neškodného odtoku pod vodním dílem. Neškodný odtok je vypouštěn spodní výpustí suché nádrže až do chvíle, kdy hladina dosáhne bezpečnostního přelivu. Neškodný odtok je třeba odvodnit z kapacity koryta toku pod nádrží. Součástí návrhu, popř. posouzení suché nádrže a jejího vodohospodářského řešení musí být prověření možnosti současného, popř. budoucího zvýšení neškodného odtoku vhodnými úpravami toku pod vodním dílem. [2]

### **Ekonomické hledisko**

Hodnocení efektivnosti díla je pro investora důležité z pohledu posouzení účelnosti vynaložených investičních prostředků. Vychází z analýzy nákladů a na realizaci díla a užitků, které dílo přinese. [2]

Analýza nákladů a užitků, kdy se poměrují převedené roční investiční náklady na vybudování suché nádrže s ročním „výnosem“ ze snížení materiálních škod v chráněném území. [2]

### **3.3 BEZPEČNOST A SPOLEHLIVOST DÍLA**

V případě hodnocení bezpečnosti a spolehlivosti díla je třeba vycházet z platných předpisů a zásad. [2]

Koncepční návrh musí vzít v úvahu, že řada suchých nádrží je provozována bez stálého dohledu, mnohdy funkčnost a spolehlivost objektů není možné fyzikálně ověřit. Přitom je nutno zvažovat proměnlivost podmínek provozování v okruhu vlastníka (správce, provozovatele), kde může chybět odborná kvalifikace, dochází k častým personálním změnám, nelze podceňovat ani vliv výskytu období bez významných povodní (ztráta povodňové paměti). Nelze pominout ani náklady spojené s provozem vodního díla. [2]

## 3.4 PODKLADY PRO NÁVRH

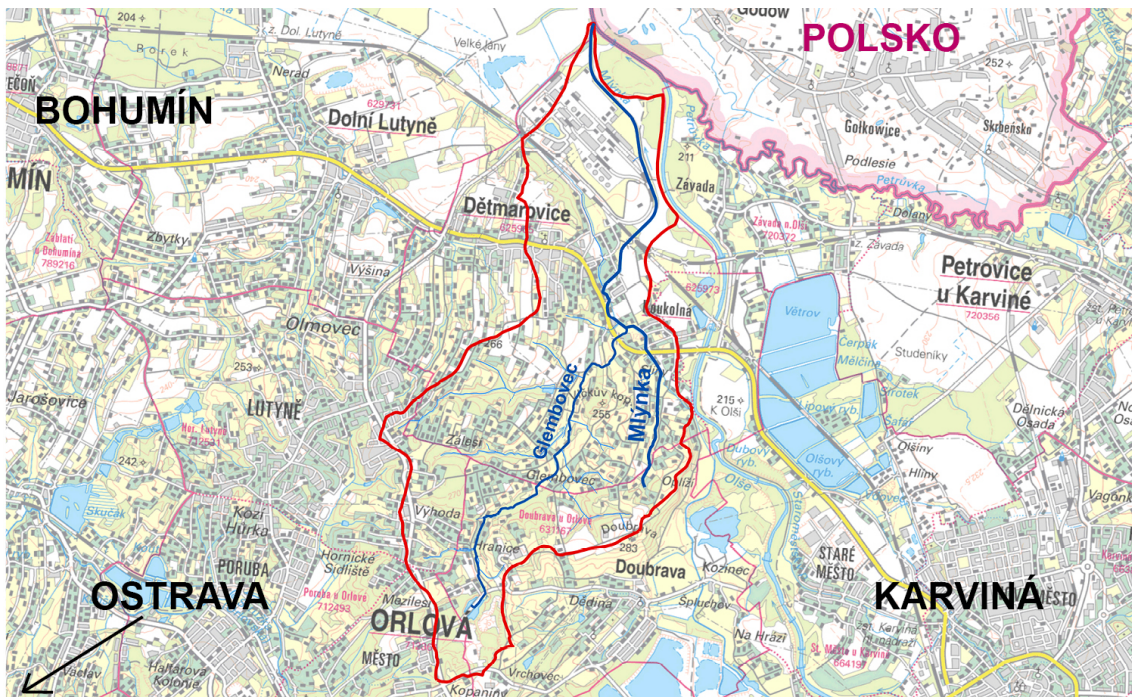
Základním podkladem pro návrh suché nádrže je průzkum území a jeho vyhodnocení. Podrobný popis podkladů pro návrh SN uvádí:

- TNV 75 2415 pro suché nádrže,
- ČSN 75 2340 obecně pro přehradní díla,
- ČSN 75 2310 pro sypané hráze,
- ČSN 75 2410 pro suché nádrže, které splňují parametry malých vodních nádrží. [2]

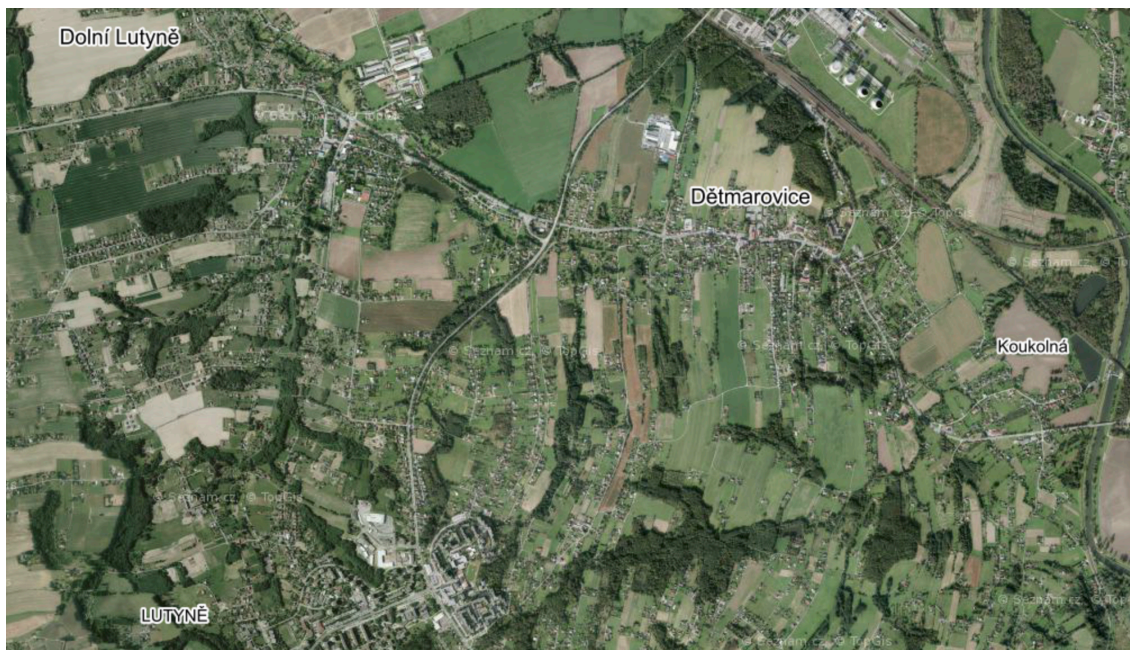
### 3.4.1 Mapové a geodetické podklady

#### Mapové podklady

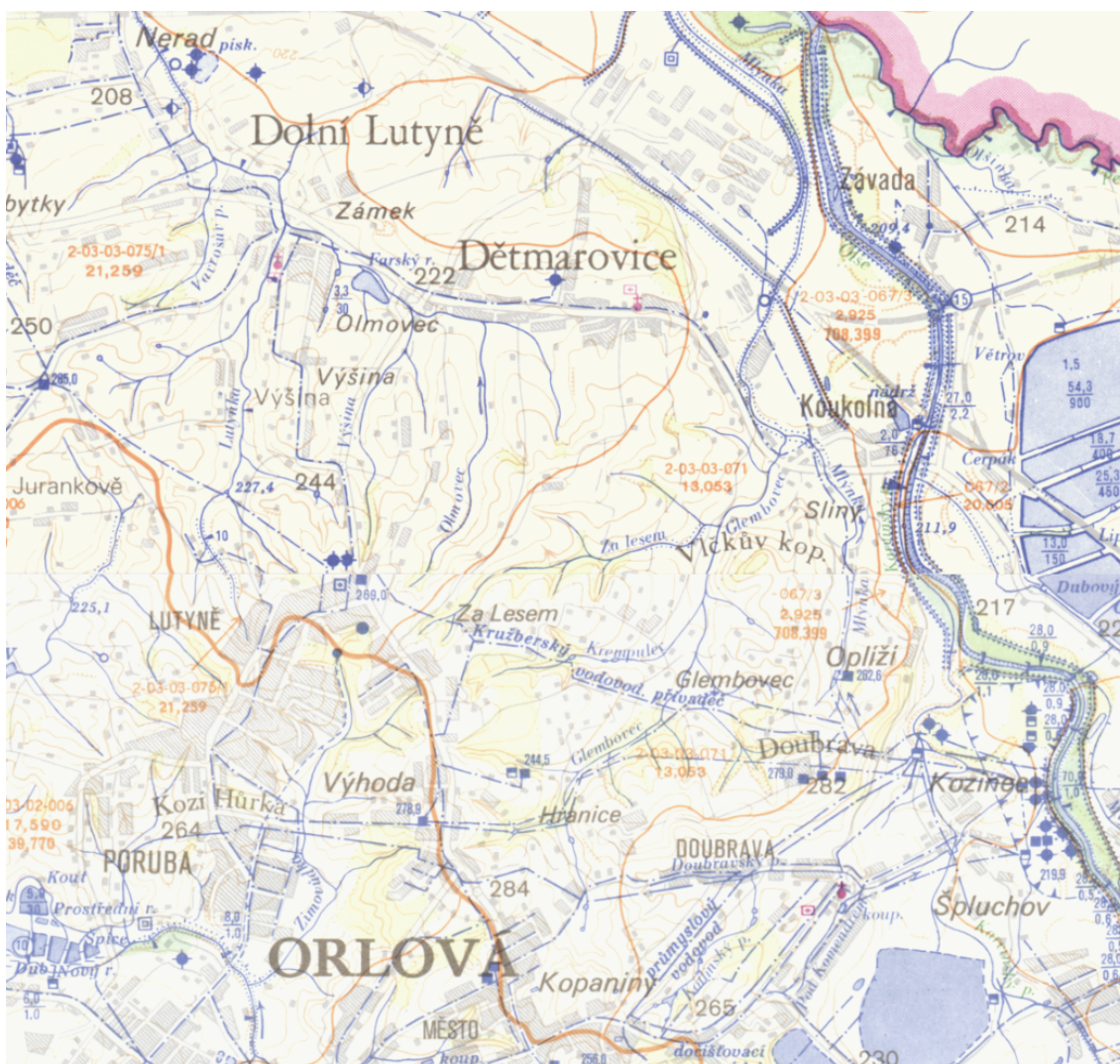
Vhodnými mapovými podklady jsou především mapy v digitální podobě, které jsou přístupné například na geoportálu ČUZK, dále pak i tištěné mapy. V diplomové práci bude využito především mapového podkladu ZABAGED, vodohospodářských digitálních dat DIBAVOD a také základních map a ortofotomap.



Obr. 3.1 Základní mapa zájmové oblasti



Obr. 3.2 Ortofoto mapa zájmové oblasti



Obr. 3.3 Vodohospodářská mapa zájmové oblasti

## Geodetické podklady

Pro vyšší stupně prováděcí dokumentace je následně potřeba zajistit podrobné geodetické zaměření dané oblasti. Tyto podklady nejsou součástí diplomové práce. V rámci zpracování dokumentace pro Studii odtokových poměrů DVT Mlýnka bylo v březnu 2013 geodetické zaměření provedeno. Ve formě polohopisné a výškopisné mapy, včetně zaměření mostů, lávek spádových stupňů a dalších objektů na DVT Mlýnka. Bohužel v povodí Glembovce, přítoku vybraném k umístění suché nádrže toto zaměření již provedeno nebylo. Pro účely diplomové práce si tedy vystačíme s mapovým vrstevnicovým podkladem ZABAGED, poskytnutým Českým zeměměřickým úřadem.

### 3.4.2 Hydrologické a klimatické podklady

Drobný vodní tok Mlýnka se nachází v povodí řeky Odry. Plocha činí pouhých 12,11 km<sup>2</sup>. Povodí má protáhlý tvar, číslo hydrologického pořadí dílčího povodí je 2-03-03-0710. Celková délka toku je 6,300 ř. km. Mlýnka má celkem pět přítoků, z toho významnými přítoky jsou Glembovec (ř. km 4,005) a Svodnice (ř. km 3, 392).



*Obr. 3.4 Ústí Dětmarovické Mlýnky do Olše [3]*

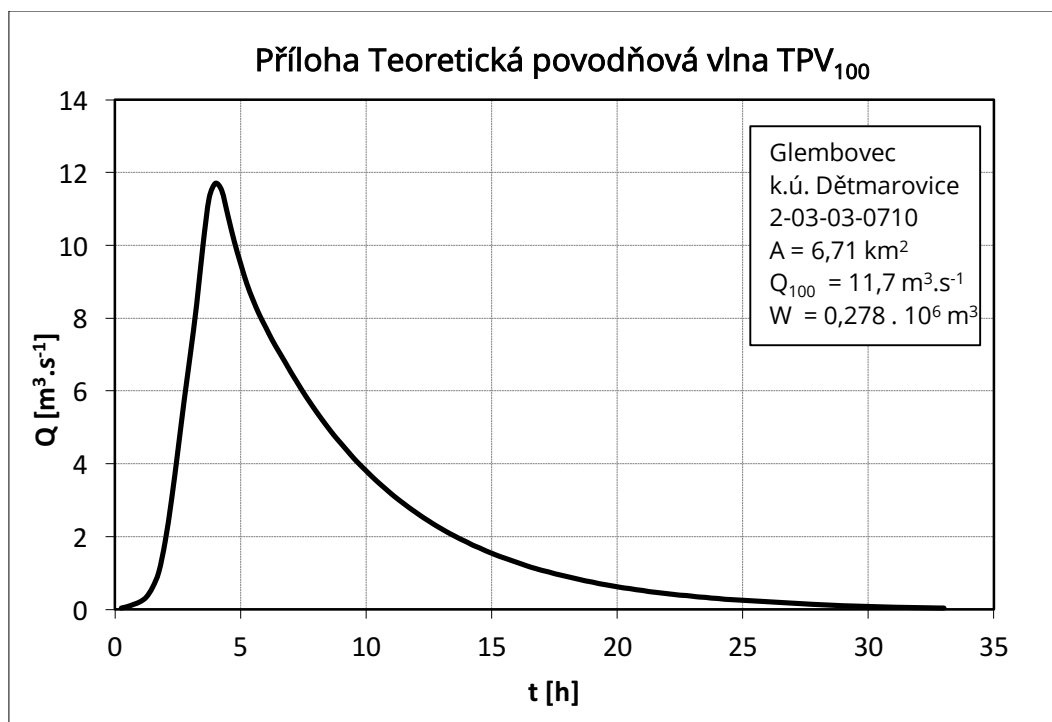


*Obr. 3.5 Úsek přítoku Glembovec ř. km 4.005 (Mlýnka vlevo) [3]*

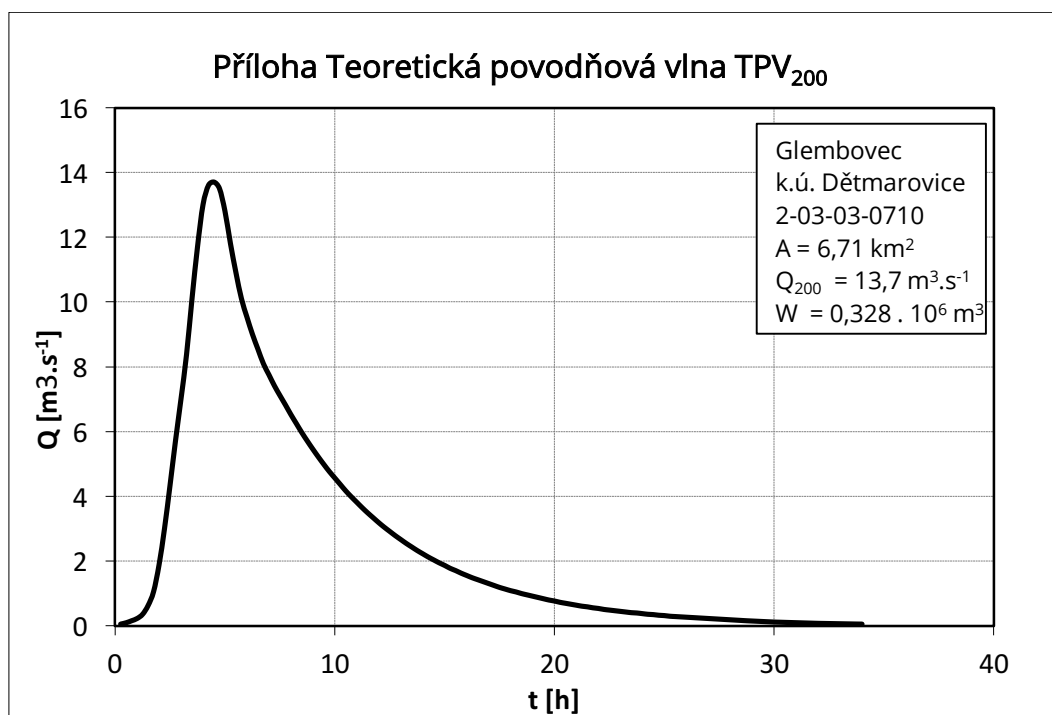
V úseku km 0,000 – 5,180 je tok upraven, prakticky bez opevňování. Převažují zde zatravněné svahy, kyneta bez viditelného opevnění a spádové stupně jsou zde výjimkou. Pramen toku není zcela identifikovatelný, koryto toku se postupně v zalesněném podmáčeném terénu ztrácí. V dolním a středním úseku toku nalezneme mosty, na horním toku poté propustky. Celkem se jedná o 11 mostů, 16 lávek, 8 nadzemních přemostění a 13 propustků. Vegetaci podél koryta toku tvoří především stromy a keře z náletu, nesoustavný porost. [1]

Tab. 3.3 N-leté průtoky v profilu Glembovec

$Q_N$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$
tok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$							
Glembovec (ZP)	1,54	2,77	4,59	6,07	7,63	9,84	11,70	13,70



Obr. 3.6 Graf - Teoretická povodňová vlna TPV<sub>100</sub>



Obr. 3.7 Graf - Teoretická povodňová vlna TPV<sub>200</sub>

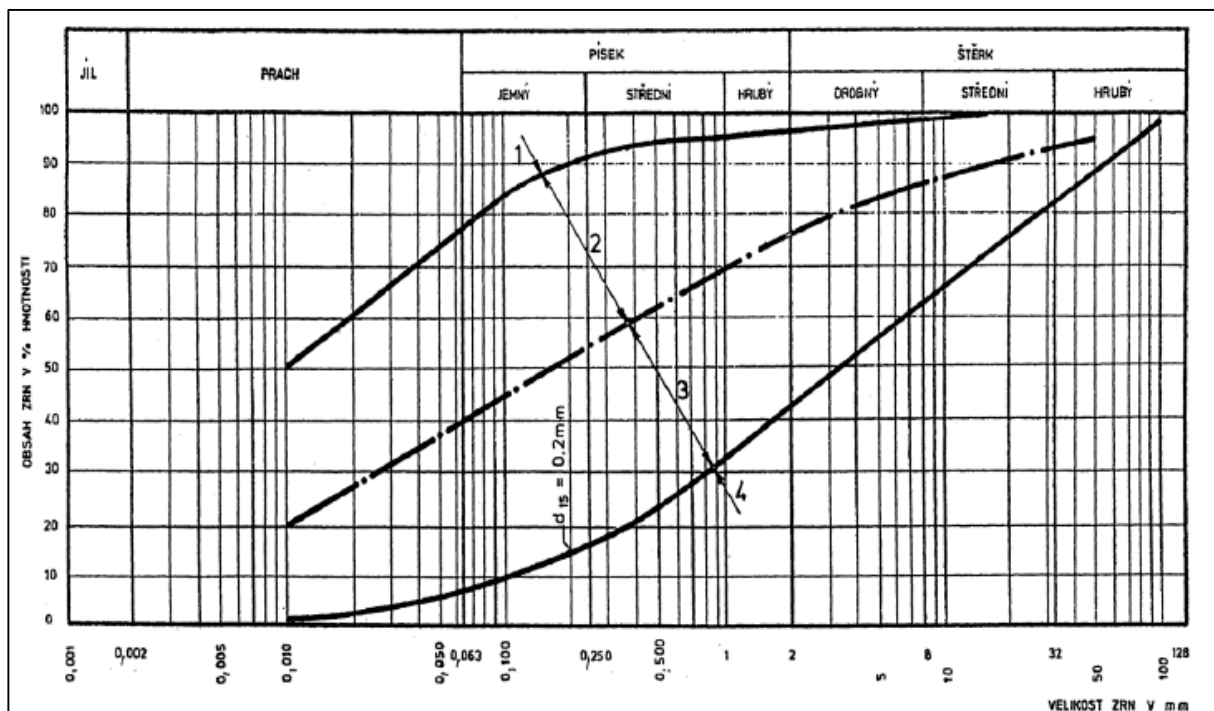
### 3.4.3 Geologické podklady

Důležitým podkladem pro vypracování návrhu malé vodní nádrže patří znalost geologické skladby vybrané lokality. [1]

Znalost geologické skladby je nutná především pro stavbu tělesa hráze. Použití materiálů z blízkého okolí je ekonomicky velmi výhodné, ale pouze za předpokladu, že materiál vyhoví požadavkům na vlastnosti konstrukčních zemín pro homogenní hráze. [1]

#### Zásady pro použití zeminy do násypu homogenních hrází:

- čára zrnitosti bude v oblasti 2, popř. 1 podle obr. 3.8 ČSN 75 2410
- obsah organických látek není větší než 5% hmotnosti
- mez tekutosti není větší než 50%
- velikost největších ojedinelých zrn nepřekračuje 60 mm
- index plasticity  $I_p$  u zemín třídy ML, CL, CS, a MS je větší než 8% [1]



Obr. 3.8 Mezní čáry zrnitosti zemín [1]

## 4 VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ SUCHÉ NÁDRŽE

Vodohospodářské řešení je základem pro efektivní návrh suché nádrže z hlediska jejího objemu a jeho využití pro transformaci návrhové povodňové vlny. Rozsah je dán významem suché nádrže a její funkcí. Vodohospodářské řešení by mělo být doloženo tak, aby byla možná kontrola jeho fází a výsledků.

### 4.1 ÚČEL VODOHOSPODÁŘSKÉHO ŘEŠENÍ NÁDRŽE

**Účelem vodohospodářského řešení nádrže je:**

- stanovit objemy jednotlivých prostorů (podle funkce nádrže),
- vyřešit optimální způsoby řízení odtoku z nádrže a míry ochrany před povodněmi,
- stanovit požadavky na parametry jednotlivých objektů a jejich uspořádání,
- zjistit vliv nádrže na průtok vody ve vodním toku a na vodní díla pod nádrží i s ohledem na možné souběhy povodňových vln a možný negativní vliv suché nádrže na odtokové poměry,
- poskytnout spolehlivé podklady pro návrh funkčních objektů suché nádrže a hráze z pohledu bezpečnosti a provozuschopnosti vodního díla,
- poskytnout podklady pro vypracování manipulačního řádu nádrže a pro příslušná rozhodnutí vodoprávního úřadu,
- poskytnout podklady pro posouzení ekologických účinků nádrže. [2]

**Výpočty pro období realizace:**

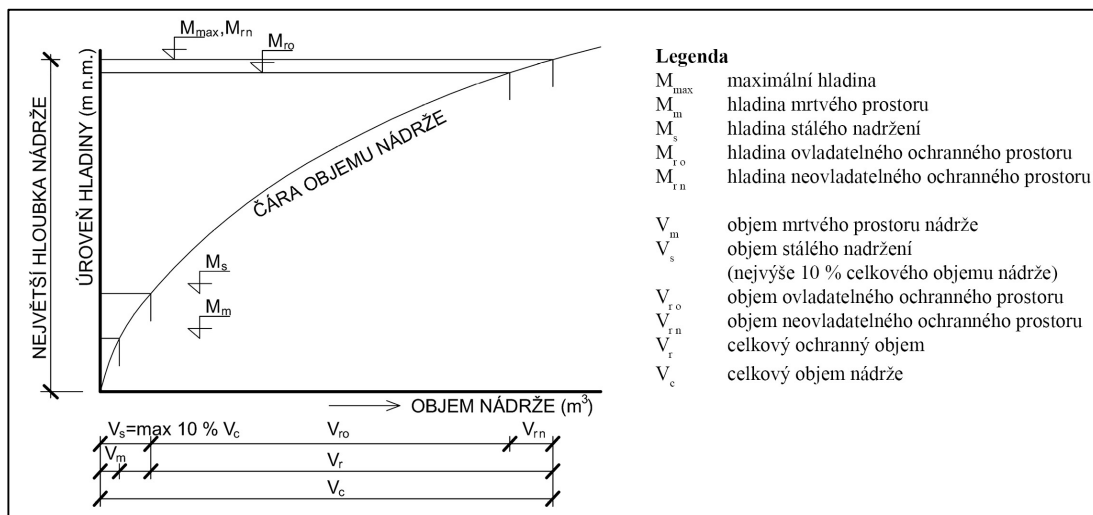
- převádění vody přes staveniště během výstavby
- ověření funkce a bezpečnosti díla prvním plněním a prázdněním (ověřovací provoz)

### 4.2 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ V SUCHÉ NÁDRŽI

**Ovladatelný ochranný prostor nádrže** – ochranný prostor nádrže nebo jeho část, která se nachází pod úrovní koruny nehrazeného přelivu nebo pod úrovní nejvyšší hladiny ovládané uzávěry na přelivu. [6]

**Neovladatelný ochranný prostor nádrže** – ochranný prostor nádrže nebo jeho část, která se nachází nad úrovní koruny nehrazeného přelivu nebo nad úrovní nejvyšší hladiny ovládané uzávěry na přelivu; shora omezen maximální hladinou. [6]

**Stále nadržení** – část celkového prostoru nádrže, která se za normálního provozu nevyužívá k řízení odtoku. [6]



Obr. 4.1 Rozdělení prostorů a hladin v nádrži [6]

### 4.3 BATYGRAFICKÉ KŘIVKY

Charakteristiku každé nádrže vyjadřují tzv. batygrafické křivky neboli charakteristické čáry, což je dvojice čar, vystihující tvar a velikost topografického útvaru tvořeného hrází, boky a dnem nádrže. [1]

První křivka vyjadřuje závislost zatopené plochy na hloubce nadržení vody (měřeno od nejnižšího místa nádrže, které bývá většinou u paty hráze). Druhá křivka vyjadřuje závislost objemu vody v nádrži na hloubce. Průběh těchto křivek se určuje z vrstevnicové situace nádrže, jejíž měřítko nemá být menší než 1:2000 a průběh vrstevnic je vyznačován po 0,5 m, výjimečně po 1,0 m. Planimetricky lze tedy zjistit ke každé hloubce odpovídající zatopenou plochu omezenou příslušnou vrstevnicí a osou hráze. Při požadavku větší přesnosti je to plocha omezená danou vrstevnicí, která je vykreslena i na návodním svahu navrhované nádrže. [1]

Ze změřených ploch odpovídajících jednotlivým vrstevnicím, a tedy jednotlivým hloubkám lze vypočítat objemy vody (přírůstky objemu vody v nádrži) mezi jednotlivými vrstevnicemi (s určitou, ale poměrně malou nepřesností). [1]

**Matematické vyjádření:**  $V_i = 0,5 \cdot (S_i + S_{i+1}) \cdot \Delta h$  [m<sup>3</sup>]

$V_i$  ... dílčí objem mezi dvěma sousedními vrstevnicemi [m<sup>3</sup>]

$S_i, S_{i+1}$  ... plochy omezené vrstevnicemi  $i, i + 1$  [m<sup>2</sup>]

$\Delta h$  ... výškový rozdíl mezi vrstevnicemi o kótách  $i, i + 1$  [m]

Postupným přičítáním dílčích objemů se zjišťuje objem vody v nádrži při naplnění po určitou vrstevnici. [1]

## 4.4 ZTRÁTY VODY

Ztráty vody v nádržích jsou tvořeny výparem z vodní hladiny, transpirací vodních rostlin, infiltrací do dna nádrže, průsakem hrází, netěsností objektů, provozními ztrátami a dočasnou ztrátou zamrznutím. [1]

### 4.4.1 Ztráta výparem z vodní hladiny

Prvním krokem pro určení ztráty vody výparem z vodní hladiny je určení denního výparu, na základě znalosti průměrné měsíční teploty a průměrné měsíční vlhkosti vzduchu. Hodnota průměrného měsíčního výparu se určí vynásobením denního výparu počtem dnů v měsíci. Denního výpar při teplotě nižší, než je 5 °C se uvažuje jako nulový. Celková roční ztráta vody výparem z vodní hladiny je součet dílčích měsíčních hodnot. [1]

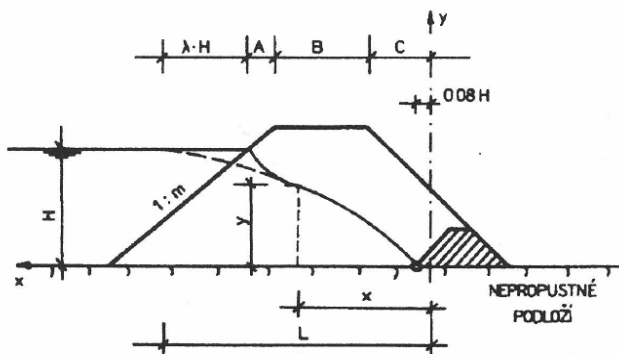
$$H_d = 13,5 \cdot \frac{T}{W_r} \text{ [mm} \cdot \text{d}^{-1}] \quad T \dots \text{průměrná měsíční teplota vzduchu [}^\circ\text{C]}$$
$$W_r \dots \text{průměrná měsíční relativní vlhkost [\%]}$$

### 4.4.2 Ztráta vody infiltrací do dna

Ztráta vody infiltrací do dna nádrže nastává při prvním napouštění nádrže a v případech, kdy je nádrž po vypuštění delší dobu bez vody. Ztráta vody infiltrací do dna závisí na rozloze nádrže, na morfologickém tvaru nádržní pánve, na hloubce vysušení půdního profilu dna, na pórovitosti materiálu dna nádrže a na geologických podmínkách. [1]

### 4.4.3 Ztráta vody průsakem hrází a jejím podložím

Ztráta vody průsakem hrází a jejím podložím závisí na typu hráze a podloží. Pro případ homogenní hráze na nepropustném podloží platí následující schéma a výpočet. [1]



Obr. 4.2 Schéma pro výpočet průsaku homogenní hrází na nepropustném podloží [1]

Specifický průsak na 1 m délky hráze:

$$q = K \cdot \frac{H^2}{2 \cdot L} \text{ [m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}] \quad , \text{ kde } L = \frac{m}{1 + 2 \cdot m} \cdot H + A + B + C$$

$K$  ... součinitel hydraulické vodivosti zeminy [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$H$  ... výška vody v nádrži [m]

Rovnice depresní křivky má tvar:  $y^2 = H^2 \cdot \frac{x}{L}$

## 4.5 STANOVENÍ FUNKČNÍCH PROSTORŮ A NÁVRH FUNKČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Z účelu nádrže (uvedeno v kapitole 2.1) vyplývají požadavky na stanovení jednotlivých funkčních prostorů.

### 4.5.1 Stanovení ochranného prostoru

Pro stanovení ochranného prostoru nádrže je potřeba vyřešit retenční účinek. Na základě parametrů spodních výpustí, bezpečnostního přelivu a počáteční hladině v nádrži stanovíme objem retenčních prostorů.

**Řešení vychází ze základní rovnice nádrže:**  $Q(t) - O(t) = \frac{dV(t)}{dt}$ ;  $O(t) = O(V(t))$

U nově navrhovaných suchých nádrží řešíme úlohu, kdy hledáme velikost retenčních prostorů tak, aby došlo k požadovanému účinku, kterým je snížení kulminačního průtoku návrhového hydrogramu na neškodný odtok v předepsaném profilu pod nádrží. [2]

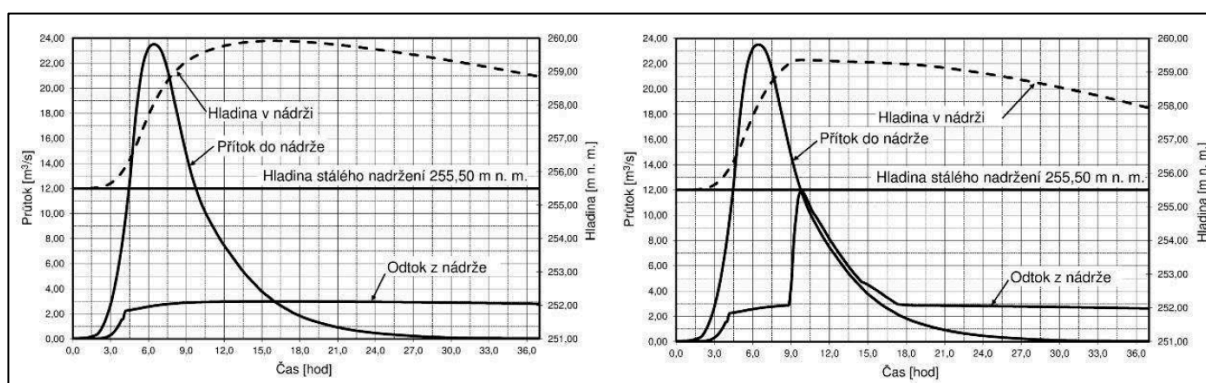
Plnění retenčních prostorů závisí na kapacitě spodních výpustí (ovladatelný) a na tvaru, délce přelivné hrany (neovladatelný).

#### Hlavní zásady návrhu spodních výpustí

Odtok  $Q_v$  spodními výpustěmi, které jsou u poldru zpravidla bez regulačních uzávěrů se zahrne do výpočtu retenčního účinku nádrže.

Kapacita spodní výpusti musí být při maximální hladině nižší než neškodný odtok  $Q_{ne}$  z nádrže. Návrh kóty maximální hladiny a celkové bezpečnosti díla je nutné vyšetřit i pro průchod kontrolní povodňové vlny při zavřených, či ucpaných výpustech, počáteční hladina je na kótě přelivné hrany.

Kapacita spodních výpustí závisí především na jejich počtu, průměru škrťícího otvoru a navazujícího potrubí, místních ztrátách na česlích, zúženích na vtoku a jiných a také na případném nebezpečí zahlcení směrem od koryta pod hrází.

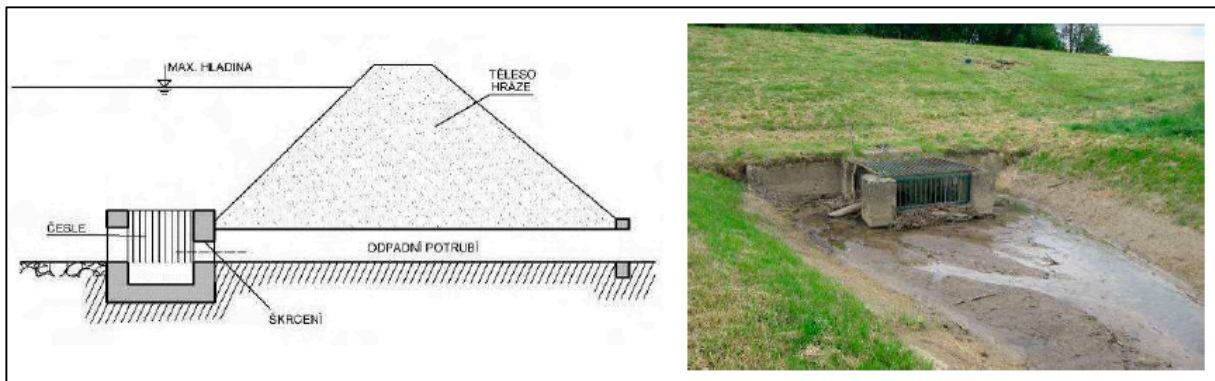


Obr. 4.3 Účinnost různě velkého ochranného prostoru – úplná (vlevo) a částečná (vpravo) transformace povodňové vlny [2]

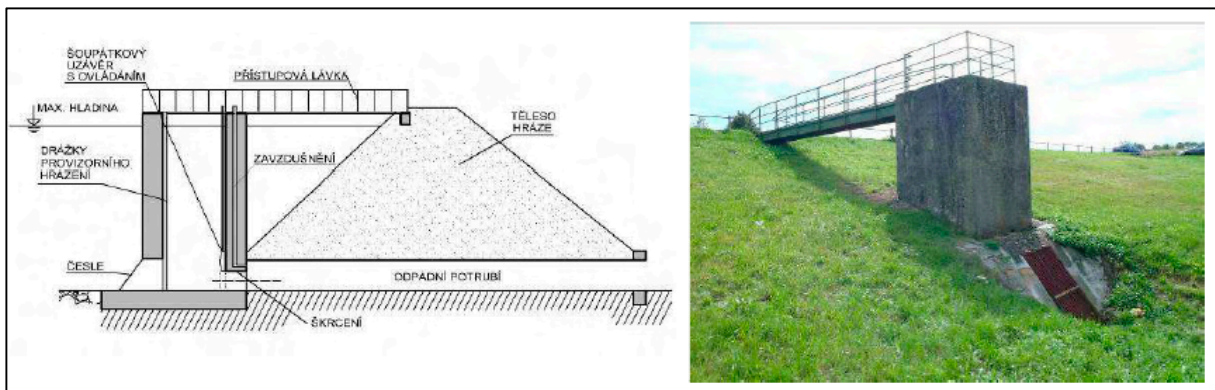
## 4.5.2 Hydraulický návrh spodních výpustí

Dle doporučení technické normy TNV 75 2415 se spodní výpusti navrhují jako bezobslužné, umožňující úplné vypuštění nádrže. Kapacita spodních výpustí při maximální hladině nepřekročí hodnotu neškodného odtoku.

Dva nejčastější typy vtokových objektů spodních výpustí:



Obr. 4.4 Ponořený vtokový objekt spodní výpusti [2]



Obr. 4.5 Věžový vtokový objekt spodní výpusti [2]

Významnou nevýhodou ponořených vtokových objektů je především nemožnost ověření testovacího provozu a nepřístupnost při povodních, kdy například hrozí zanesení česlí a snížení, či úplného zastavení průtoku výpustěmi.

Rozměry jednotlivých částí spodních výpustí vychází z návrhových parametrů díla (neškodný odtok, návrhový a kontrolní průtok apod.).

**Hydraulický výpočet sestává z:**

- výpočtu ztrát na česlích (nutné zohlednit případné částečné zanesení),
- výpočtu přívodního potrubí k uzávěrové šachtě, pokud je umístěna v tělese hráze,
- výpočtu průtoku dnovým škrťacím nátokovým otvorem,
- výpočtu průtoku dnovou výpustí o volné hladině,
- posouzení zahlcení spodní výpusti směrem od odpadního koryta za vývarem,
- návrhu vývaru. [2]

## Výtok z odpadního potrubí

Na výtoku je potřeba zajistit tlumení energie vytékajícího proudu vody. Dle režimu proudění v odpadním potrubí a v korytě pod hrází:

- bystřinné proudění ve spodní výpusti i v odpadním korytě – nedojde k vodnímu skoku, tlumení zajišťuje zdrsňený skluz, popř. úsek opevněného toku; snahou je vyrovnat rychlost vody ve spodní výpusti s rychlostí v toku,
- bystřinné proudění ve spodní výpusti a říční v odpadním korytě – dojde k vodnímu skoku, tlumení zajišťuje vývar. [2]

## Návrh obdélníkového vývaru

Energetická výška  $E_v$  v profilu zaústění spodní výpusti se stanoví ze vztahu:

$$E_v = z_v + h_v + \frac{\alpha \cdot v_v^2}{2g}$$

$z_v$  ... kóta dna potrubí spodní výpusti na výtoku  
 $h_v$  ... hloubka vody na konci potrubí  
 $v_v$  ... rychlost vody na konci potrubí  
 $\alpha$  ... Coriolisovo číslo

První vzájemná hloubka  $h_1$  na začátku vývaru obdélníkového průřezu za předpokladu zanedbání ztrát mezi výtokem z potrubí a dnem vývaru (iterativně):

$$h_1 = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v + z_v - z_1 - h_1)}}$$

$q_1$  ... specifický průtok na začátku vývaru  
 $z_1$  ... kóta dna vývaru

$$q_1 = \frac{Q}{b_1}$$

$Q$  ... posuzovaný průtok  
 $b_1$  ... šířka vývaru

Druhá vzájemná hloubka se za předpokladu vodorovného dna obdélníkového vývaru konstantní šířky stanoví:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cdot q_1^2}{g \cdot h_1^3}} - 1 \right)$$

Na konci vývaru musí být zajištěna míra vzduť  $\sigma \in (1,05; 1,10)$ :

$$\sigma = \frac{t+d}{h_2}$$

$t$  ... hloubka vody v korytě za vývarem  
 $d$  ... hloubka vývaru

Pokud není tato podmínka splněna, prohloubí se vývar o  $\Delta d > 1,1 \cdot h_2 - t$ . Následně se opakuje postup až, než je podmínka splněna.

Délka vývaru  $L_v$  se poté navrhne podle vztahu:  $L_v = K \cdot (h_2 - h_1)$

$K$  ... součinitel (dle Nováka)

### 4.5.3 Hydraulický návrh bezpečnostního, popř. nouzového přelivu

V rámci vodohospodářského řešení suché nádrže a také při posuzování její bezpečnosti je třeba navrhnout (popř. posoudit) bezpečnostní zařízení. To obvykle sestává z:

- přelivné části: přelivná hrana, kašna, popř. spadiště,
- navazující skluzu (obvykle prochází tělesem hráze),
- opatření k tlumení energie vody (vývar, zdrsňení koryta). [2]

Při návrhu délky přelivné hrany se vychází přímo z návrhového průtoku  $Q_n$  a počáteční volby přepadové výšky. Při určení kapacity bezpečnostního, popř. nouzového přelivu se použije vztah:

$$Q_{bp} = \sigma \cdot m_{bp} \cdot b_{bp} \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{bp}^{1,5}$$

$Q_{bp}$  ... průtok přes bezpečnostní přeliv  
 $\sigma$  ... součinitel zatopení přepadového paprsku  
(při návrhu je snahou, aby byl přepad dokonalý)  
 $m_{bp}$  ... přepadový součinitel  
 $b_{bp}$  ... účinná délka přelivné hrany  
 $h_{bp}$ ... přepadová výška  
(rozdíl kóty hladiny v nádrži a kóty přelivné hrany)

Sdružené funkční bloky, šachtové přelivy a uzavřené navazující odpadní chodby či štoly musí převést uvažovaný návrhový, popř. kontrolní průtok o volné hladině. Převýšení musí zohledňovat provzdušnění proudu a bezpečnostní rezervu (obvykle 0,6 m). Odpadní chodba, resp. štola musí převést návrhový, popř. kontrolní průtok s potřebnou rezervou. Sklon skluzu či odpadní chodby (štoly) by měl být nadkritický. Je-li třeba za skluzem či odpadní chodbou navrhnout vývar, má být jeho šířka v úrovni prahu cca o 0,4 až 1,0 m větší než šířka skluzu a o 0,8 až 1,0 m širší než šířka odpadní chodby v jeho vyústění. Boční zdi vývaru se navrhují zpravidla svislé, popř. ve tvaru lichoběžníkového profilu se sklony bočních zdí 5:1 až 4:1. [2]

### 4.5.4 První naplnění nádrže

První naplnění nádrže je důležitou součástí ověření bezpečnostní hráze suché nádrže. Průběh prvního plnění má být součástí ověřovacího provozu nádrže, hráze a objektů. Jak je patrné z obr. 4.3 je u ponořených vtokových objektů realizace ověřovacího provozu a prvního řízeného naplnění nádrže problematické. V těchto případech dochází často k „ověření“ díla až při první povodňové události. Proto by mělo být vodní dílo navrženo tak, aby umožnilo řízené naplnění v rámci ověřovacího provozu. [2]

#### **4.5.5 Prázdňení nádrže**

Při návrhu a provozu suché nádrže je snahou zajistit po průchodu povodně co nejrychlejší vyprázdňení nádrže. Prázdňení nádrže závisí na typu a parametrech spodních výpustí. Postupné vypouštění objemu nádrže a jeho rychlost musí být navrženo s přihlédnutím k požadavkům na stabilitu návodního svahu hráze. [2]

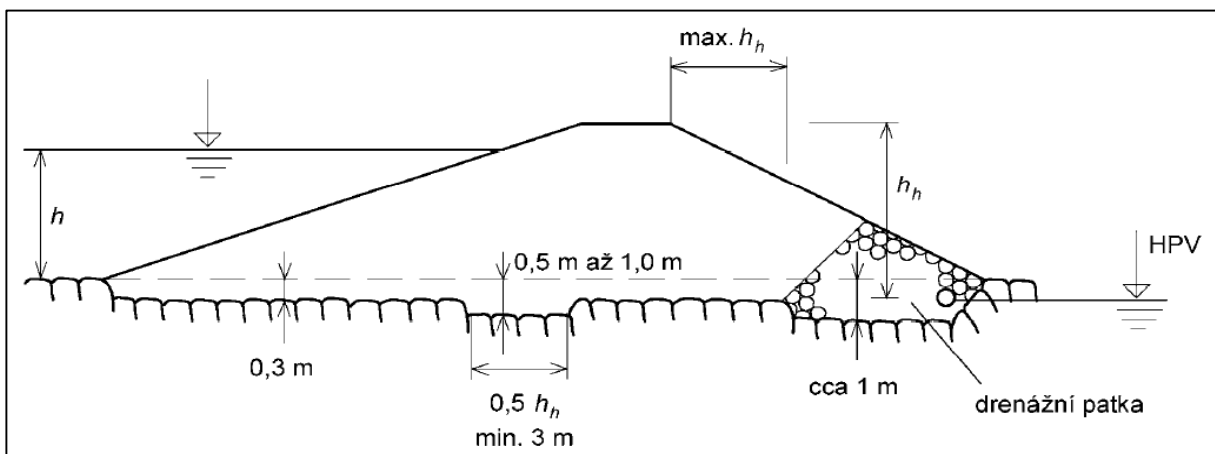
#### **4.5.6 Požadavky ochrany přírody při návrhu funkčních zařízení**

Jelikož se suché nádrže realizují na stávajících vodních tocích, je pravděpodobné, že jedním z hlavních požadavků orgánů ochrany přírody bude požadavek na migrační průchodnost jak pro vodní, tak i suchozemské živočichy a na biologickou kontinuitu vodního toku. Dle zákona migrační prostupnost nemusí být zajištěna vyžaduje-li to ochrana před povodněmi nebo jiný veřejný zájem nebo kdy pohyb ryb a vodních živočichů v obou směrech nelze zajistit z důvodu technické neproveditelnosti nebo neúměrných nákladů. Zejména požadavek migrační průchodnosti pro vodní biotu může totiž zásadně ovlivnit návrh a také hydraulické výpočty výpustných zařízení. Pro návrh opatření migrační průchodnosti lze použít postupů popsanych v metodickém pokynu Ministerstva životního prostředí, případně v oborových technických normách TNV 75 2321 a TNV 75 2322. [2]

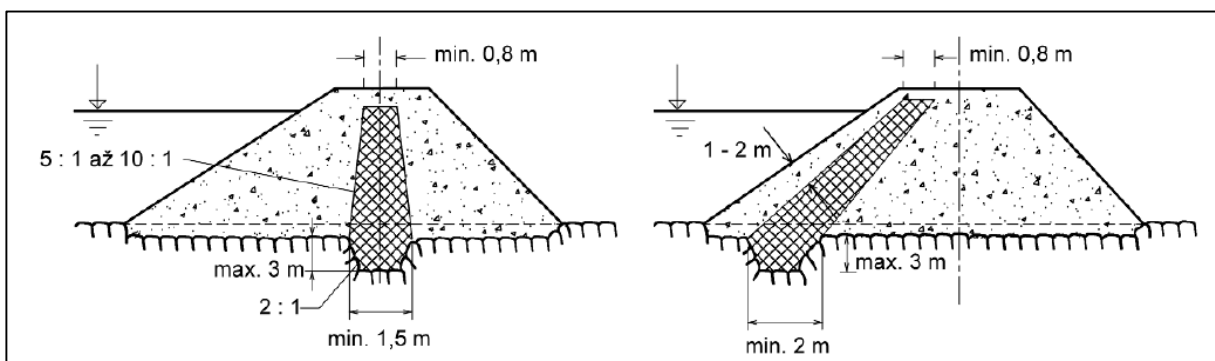
## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ HRÁZE

### 5.1 HRÁZE SUCHÝCH NÁDRŽÍ

Hráze suchých nádrží v České republice jsou z převážné části sypané hráze z místních materiálů, především z důvodu lepšího začlenění do přírodního prostředí. Těleso hráze, jeho umístění a dispoziční řešení určuje tvar údolí a geologická skladba místního podloží. Je snahou o co nejmenší délku hráze, avšak tvar údolí toto v řadě návrhu neumožňuje. Jednou z hlavních zásad návrhu hráze je nutnost vyvarovat se křížení s inženýrskými sítěmi. V případě, že se v zájmové lokalitě inženýrské sítě nachází je potřeba provést jejich přeložení. Je nepřijatelné do již hotové sypané hráze umísťovat inženýrské sítě, jelikož by to mělo zásadní vliv na stabilitu a bezpečnost celého vodního díla. Sypané hráze se navrhují jak homogenní, tak i nehomogenní hráze z těsnící a stabilizační části.



Obr. 5.1 Homogenní hráz s drenážní patkou [2]



Obr. 5.2 Nehomogenní hráz s těsnícím prvkem (vlevo - střední, vpravo - při návodním svahu)

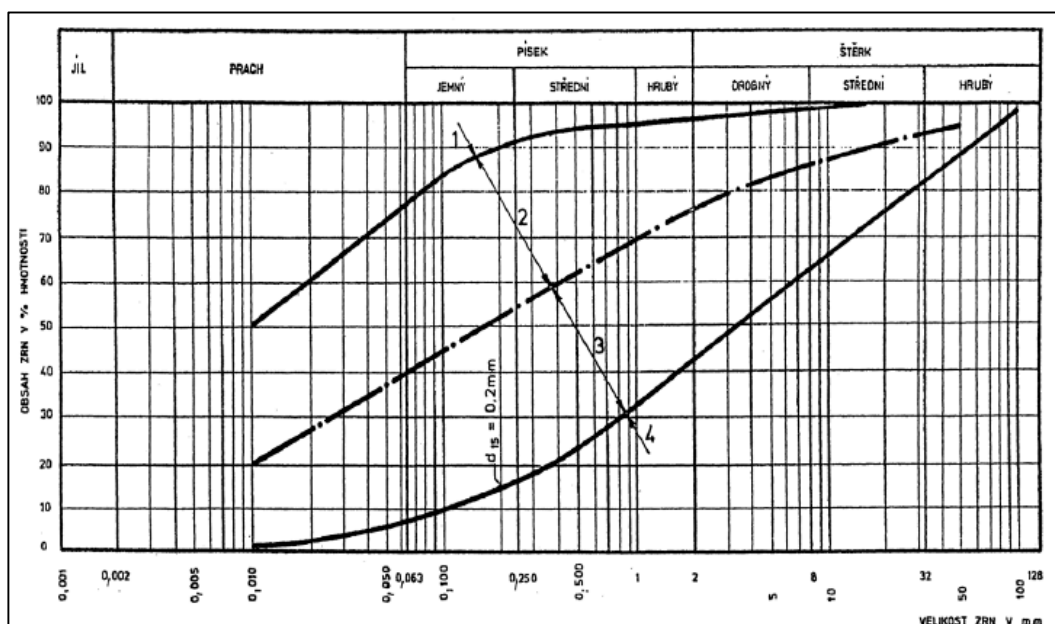
Důležitými parametry pro návrh a založení hráze jsou především údaje o zemině propustnosti a pevnosti podloží, dále je směrodatná navrhovaná výška hráze, sklony svahů, očekávané zatížení koruny hráze, smyková pevnost materiálů a také režim proudění vody tělesem i podložím při povodni a po ní.

Informace o základových poměrech a geologické skladbě podloží získáme zhotovením inženýrsko-geologického průzkumu, který by měl být nedílnou součástí dokumentace.

Výběr zeminy pro těleso homogenní hráze, popř. pro těsnící část nehomogenní hráze, těsnící zářezy a těsnící koberce musí být dostatečně nepropustné, stabilní proti vnitřní sufozi, objemově stálé, dostatečně plastické a dobře zhutnitelné a musí splňovat tyto požadavky:

- čára zrnitosti leží v zóně 2, popř. 1 dle Obr. 5.3,
- obsah organických látek nepřesahuje 5 %,
- mez tekutosti  $w_L$  není vyšší než 50 %,
- maximální průměr zrna zeminy je 100 mm,
- u zemin skupiny ML, CL, CS, MS je index plasticity  $I_p = w_L - w_p > 8$ ,
- hydraulická vodivost těsnících zemin má být menší než  $k = 5 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$ .

Vhodnost zemin pro těsnění se ověří laboratorními a polními zkouškami. [2]



Obr. 5.3 Mezní čáry zrnitosti zemin [2]

Suché nádrže jsou většinou provozovány bez trvalého vzduší vody v nádrži. Zeminy uloženy v hrázi tak mohou podléhat vysychání. Platí, že ke vzniku trhlin vysycháním dochází v horní části hráze či jejího těsnícího prvku, kde dochází k největšímu vysychání hráze (absence průsakové křivky, výpar atd.). V těchto místech je současně nejnižší přitížení od vlastní tíhy. V extrémních podmínkách mohou takto vzniklé trhliny zasahovat až do hloubky 5 m pod povrch hráze. [2]

## 6 OPATŘENÍ V ZÁTOPĚ

### 6.1 ÚPRAVA DNA SUCHÉ NÁDRŽE

Obecné podmínky pro úpravu dna nádrží stanoví normy ČSN 75 2410, TNV 75 2401 a TNV 75 2415. Mezi tyto podmínky patří:

- vytěžení ornice,
- odstranění možných zdrojů ohrožení jakosti vody,
- odstranění dřevin pod čárou zátopy stálého nadržení,
- odvodnění dna,
- vyrovnaní dna, odstranění lokálních vyvýšenin, případně utěsnění obnažených propustných vrstev. [2]

Vytěžení ornice z celého prostoru zátopy se provádí pouze u nádrží, u kterých se počítá s určitým stálým nadržím. V případě, že stálé nadržím není navrženo, je potřeba odstranění ornice pouze v místě budoucího tělesa hráze a funkčních objektů.

Jako možné zdroje ohrožení jakosti vody můžeme označit skládky, odpady ze septiků, výusti. V prostoru zátopy se dále nesmí nacházet stavby pro bydlení, rekreační objekty, výrobní provozy, sklady a případné předměty, které jsou snadno odplavitelné a mohly by tak omezit kapacitu vypustných zařízení, či dokonce poškodit objekty a těleso hráze.

Odvodnění dna je potřeba provést zejména v přímé blízkosti hráze, aby bylo možné provést dokonalé utěsnění podloží v profilu hráze a zamezilo se tím trvalému podmáčení předpolí hráze.

Prostor zátopy a obecně suché nádrže musí být uspořádán tak, aby zde byla možnost úniku náhodně se vyskytujících osob, či zvíře z prostoru nádrže v případě nebezpečí (při stoupání hladiny).

V zátopě, u které předpokládáme zvýšený chod splavenin je vhodné vybudovat záchytné opatření. Toto opatření (např. hrázky, vegetační pásy) musí být dostatečně odolné vůči povodním.

### 6.2 ZPŮSOB VYUŽITÍ PROSTORU ZÁTOPY

Pozemky v prostoru zátopy suché nádrže mohou být nadále zemědělsky nebo lesnický využívány, pokud možno způsobem, který byl obvyklý před vybudováním nádrže. [2]

Způsob užívání pozemků v zátopě závisí na:

- četnosti záplavy,
- půdních poměrech v místě zátopy,
- klimatických poměrech,
- místních požadavcích.

Pokud je to možné, je nejvhodnější využívat pozemek stejným způsobem, jakým byl využíván před vybudováním suché nádrže.

Součástí návrhu suché nádrže by mělo být i řešení právních vztahů vlastníků pozemků v místě zátopy.

## 7 PROVOZ A ÚDRŽBA SUCHÝCH NÁDRŽÍ A JEJICH HRÁZÍ

Suché nádrže je třeba provozovat tak, aby byly schopny dlouhodobě plnit projektem plánovanou funkci. Hráze suchých nádrží je nutné udržovat tak, aby byly dodrženy podmínky, za kterých byly povoleny, zejména aby nedocházelo k ohrožování bezpečnosti osob, majetku a jiných zájmů. Údržba se týká zejména koruny a svahů hráze, péče o porosty a odstraňování a zamezování škod způsobených činnostmi lidí a zvířat. [2]

Zde je základním předpokladem trvale a spolehlivě fungující systém dohledu vlastníka vodního díla, který reaguje na každou povodňovou výstrahu, sleduje vývoj povodňové situace a realizuje činnosti obsažené v povodňovém plánu a manipulačním řádu. Také v této souvislosti není dovoleno vysazování dřevin na hrázi a v okolí funkčních objektů. Porosty v okolí hráze nesmějí překážet činnostem souvisejícím s pozorováními a měřeními na hrázi a v jejím okolí. Vždy musí být zachován přístup k zařízením určeným pro tyto činnosti a potřebné průhledy pro geodetická měření. [2]

### 7.1 ÚDRŽBA TRAVNÍHO POKRYVU A DŘEVIN

Svahy hráze opatřeny travním krytem je potřeba pravidelně udržovat a opravovat. Především místa poškozena vysycháním, či drobnými hlodavci (např. krtince). Na poškozená místa je potřeba doplnit nové travní drny nebo opatřit osevem vhodných travních porostů, propadliny a nerovnosti zarovnat. V případě zemědělského využití je doporučeno nevyužívat hnojení na povrchu hrází. Je vhodné, především u více namáhaného návodního svahu, zajistit sečení alespoň dvakrát ročně. V případě, že se prostor nádrže využívá k pastvě dobytka, není potřeba sečení zajišťovat.

Dřeviny na hrázích suchých nádrží jsou přípustné, jen pokud se neprojevují jejich škodlivé účinky. Jedná se především o náletové dřeviny, popřípadě o výmladky původních dřevin nacházejících se v místě nově vzniklé nádrže.

#### **Možné negativní účinky dřevin v prostoru nádrže jsou následující:**

- promáčení hráze srážkami v kombinaci se zvýšenou hladinou vody -> vyvrácení stromů s kořeny i s částmi hráze,
- silné proudění a vlnobití na návodním svahu -> může vzniknout lokální poškození hráze s pravděpodobnými následky pro celou hráz,
- poškození starých kořenů hlodavci -> vznik dutin v hrázi (průsakové cesty),
- překážející dřeviny při údržbě a technickobezpečnostním dohledu -> nemožnost kontroly průsaků, deformací, činností hlodavců atd.,

- kořenové systémy dřevin -> negativní vliv na stavební objekty (mechanické poškození – porušení opevnění, přelivů, vypustného zařízení či drenážních prvků),
- silné a dlouhodobé zastínění půdy -> snižuje kvalitu a rychlost růstu travního pokryvu.

## 7.2 ÚDRŽBA STAVEBNÍCH OBJEKTŮ V HRÁZI

Údržba a kontrola suché nádrže musí být prováděná pravidelně. Především je potřeba provádět údržbu spodních vypustní (uzávěrů), kontrolovat česle a odstranit případné nánosy splavenin.

## 7.3 OSTATNÍ ÚDRŽBOVÉ PRÁCE

Důležitá je také kontrola bezpečnostních opatření, například pevnost zábradlí, stabilita lávek a žebříků. Dlouhodobé vystavení těchto stavebních prvků nepříznivým klimatickým podmínkám vede ke korozi, případný vandalismus na suchých nádržích, bohužel také není výjimečným problémem. Kontrolní a údržbové práce se dále provádí na cestách, chodnících a schodech umístěných na a v okolí hráze, což je důležité pro snadný přístup obsluhy a také pro případný únik osob a živočichů z prostoru zátopy při vzniku nebezpečí v podobě stoupání hladiny vody.

## 7.4 NEJČASTĚJŠÍ PROBLÉMY PROVOZU SUCHÉ NÁDRŽE

Zkušenosti s provozem suchých nádrží ukazují, že ke zhoršení technického stavu dochází obvykle v důsledku nekontrolovatelného růstu dřevin, činností hlodavců a mechanickým poškozením v důsledku antropogenní činnosti. Rozsah narušení tělesa hráze hlodavci je často obtížně zjistitelný, zejména v zimním období pod sněhovou pokrývkou. Často se projevuje snaha o nedodržení manipulačního řádu, kdy je u suché nádrže nepřístupně ucpán otvor spodní vypusti za účelem vytvoření či zvýšení hladiny vody za účelem místní rekreace. Snahy o ucpání spodní vypusti za účelem zvýšení hladiny stálého nadržení ke koupání lze pozorovat u objektů blízko obcí. [2]

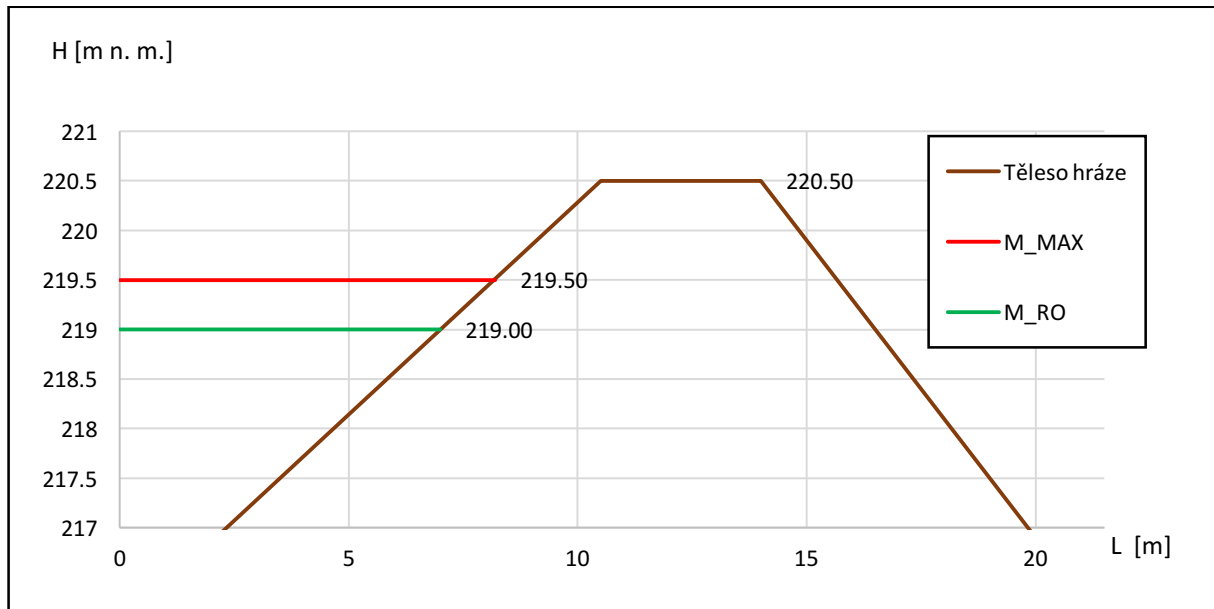
Provozní obtíže činí též zajištění čištění česlí v době zvýšeného průtoku a nastoupání hladiny a uvolňování vtoku od ledové celiny na hladině. Tyto problémy se týkají především ponořených objektů. Hrozí nebezpečí poškození vtokového objektu ledem, případně omezení kapacity vtoku nápěchem ledu na česlích. [2]

U odlehlých nádrží v extravilánu je problémem zajištění celoročního přístupu (sjízdnost komunikací), a to i pro mechanizaci. Suché nádrže jsou často vzdáleny od udržovaných komunikací až několik kilometrů. [2]

U řady děl se projevuje nedostatek finančních prostředků vlastníka, což vyúsťuje ve špatnou údržbu a následné odpovídající stárnutí jednotlivých konstrukčních prvků. [2]

## 8 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

### 8.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE NÁDRŽE



Obr. 8.1 Schéma rozdělení prostorů v nádrži

$h_h$ ... výška hráze	$h_h = 4.5 \text{ m}$
$L_h$ ... délka hráze	$L_h = 188 \text{ m}$
$\check{s}_k$ ... šířka koruny hráze	$\check{s}_k = 3.5 \text{ m}$

Sklony svahů:

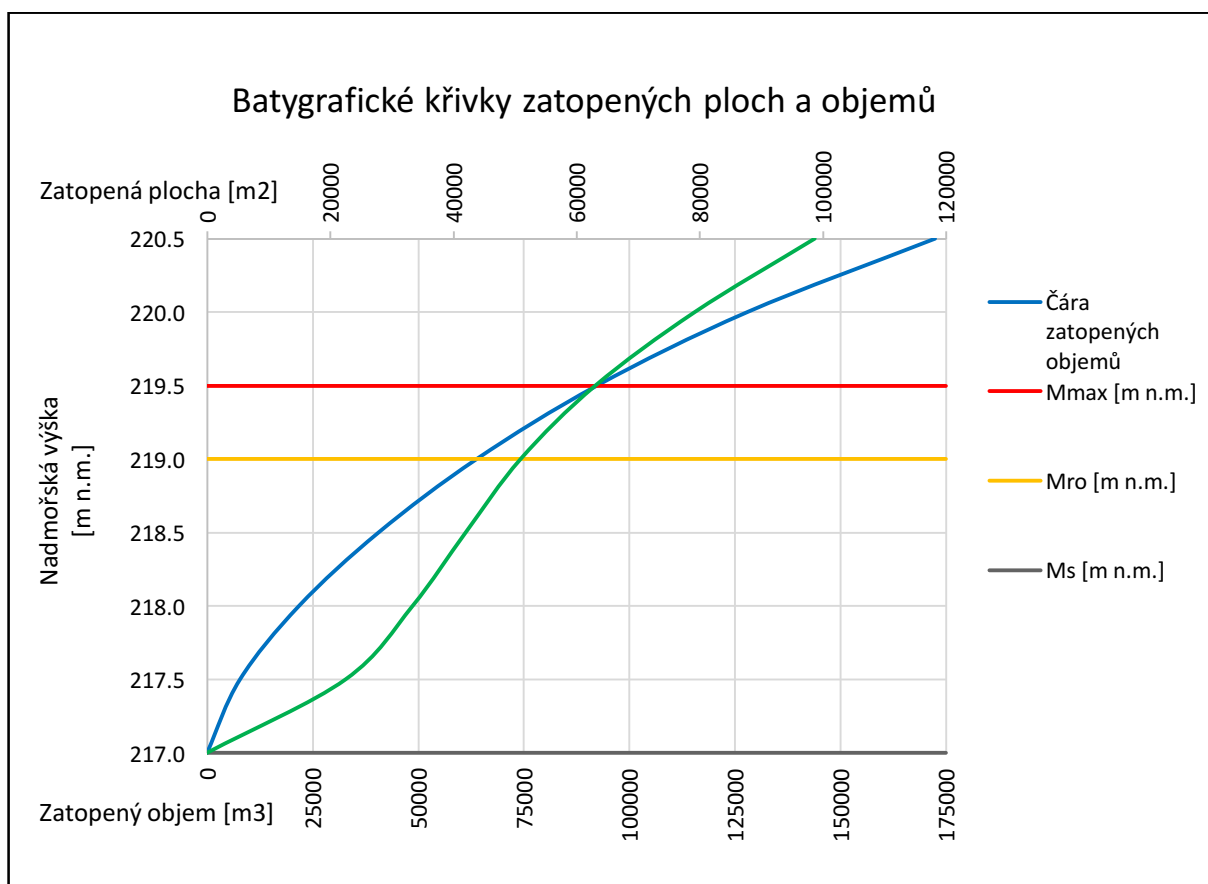
- Návodní svah – 1: 3.5
- Vzdušný svah – 1: 2.5

$H_{ph}$ ... kóta paty hráze, vtoku spodních výpustí	$H_{ph} = 216.00 \text{ m n. m.}$
$H_{dno}$ ... kóta dna nádrže	$H_{dno} = 217.00 \text{ m n. m.}$
$H_{kh}$ ... kóta koruny hráze	$H_{kh} = 220.50 \text{ m n. m.}$
$M_{ro}$ ... kóta retenčního prostoru ovladatelného	$M_{ro} = 219.50 \text{ m n. m.}$
$M_{rn}$ ... kóta retenčního prostoru neovladatelného	$M_{rn} = 219.90 \text{ m n. m.}$

## 8.2 BATYGRAFICKÉ KŘIVKY

Tab. 8.1 Batygrafické křivky

Nadmořská výška [m n.m.]	Hloubka vody [m]	Plocha hladiny [m <sup>2</sup> ]	Objem proužku [m <sup>3</sup> ]	Zatopený objem [m <sup>3</sup> ]
217	0	0	0	0
217.5	0.5	22487	7800	7800
218	1	33365	13963	21763
218.5	1.5	41983	18837	40600
219	2	50903	23222	63821
219.5	2.5	63040	28486	92307
220	3	79162	35551	127857
220.5	3.5	98634	44449	172306



Obr. 8.2 Batygrafické křivky

### 8.3 TRANSFORMOVANÉ POVODŇOVÉ VLNY

Tab. 8.2 Teoretická povodňová vlna TPV100 –  $Q(t)$ ,  $V(t)$ ,  $O(t)$

t	t	Q	O <sub>SV</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
15	0.25	0.047	0.047	0	0.00	0.000	0.047
30	0.50	0.088	0.088	0	0.00	0.000	0.088
45	0.75	0.150	0.150	0	0.00	0.000	0.150
60	1.00	0.220	0.220	0	0.00	0.000	0.220
75	1.25	0.350	0.350	0	0.00	0.000	0.350
90	1.50	0.620	0.620	0	0.00	0.000	0.620
105	1.75	1.050	1.050	0	0.00	0.000	1.050
120	2.00	1.880	1.880	0	0.00	0.000	1.880
135	2.25	3.010	1.536	0	0.00	0.000	1.536
150	2.50	4.340	2.037	1327	0.00	0.000	2.037
165	2.75	5.720	2.277	3400	1.22	0.000	2.277
180	3.00	7.010	2.590	6498	1.42	0.000	2.590
195	3.25	8.370	2.841	10476	1.60	0.000	2.841
210	3.50	9.980	3.069	15452	1.77	0.000	3.069
225	3.75	11.300	3.331	21672	2.00	0.000	3.331
240	4.00	11.700	3.540	28844	2.19	0.000	3.540
255	4.25	11.500	3.741	36188	2.38	0.000	3.741
270	4.50	10.800	3.910	43171	2.56	0.000	3.910
285	4.75	10.100	4.036	49372	2.69	0.000	4.036
300	5.00	9.500	4.143	54830	2.81	0.000	4.143
315	5.25	8.940	4.236	59651	2.91	0.000	4.236
330	5.50	8.490	4.316	63885	3.00	0.000	4.316
345	5.75	8.090	4.372	67641	3.07	0.000	4.372
360	6.00	7.750	4.422	70987	3.13	0.000	4.422
375	6.25	7.410	4.467	73982	3.18	0.000	4.467
390	6.50	7.110	4.505	76631	3.22	0.000	4.505
405	6.75	6.820	4.540	78975	3.27	0.000	4.540
420	7.00	6.520	4.569	81027	3.30	0.000	4.569
435	7.25	6.240	4.594	82783	3.33	0.000	4.594
450	7.50	5.960	4.615	84264	3.36	0.000	4.615
465	7.75	5.700	4.633	85475	3.38	0.000	4.633
480	8.00	5.450	4.646	86435	3.40	0.000	4.646

t	t	Q	O <sub>sv</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
495	8.25	5.210	4.656	87159	3.41	0.000	4.656
510	8.50	4.980	4.663	87657	3.42	0.000	4.663
525	8.75	4.760	4.667	87942	3.42	0.000	4.667
540	9.00	4.560	4.669	88025	3.42	0.000	4.669
555	9.25	4.360	4.667	87928	3.42	0.000	4.667
570	9.50	4.160	4.663	87651	3.42	0.000	4.663
585	9.75	3.980	4.657	87198	3.41	0.000	4.657
600	10.00	3.810	4.648	86589	3.40	0.000	4.648
615	10.25	3.640	4.638	85835	3.39	0.000	4.638
630	10.50	3.480	4.625	84937	3.37	0.000	4.625
645	10.75	3.330	4.610	83906	3.35	0.000	4.610
660	11.00	3.180	4.594	82754	3.33	0.000	4.594
675	11.25	3.040	4.576	81482	3.31	0.000	4.576
690	11.50	2.910	4.556	80100	3.29	0.000	4.556
705	11.75	2.780	4.534	78618	3.26	0.000	4.534
720	12.00	2.660	4.511	77039	3.23	0.000	4.511
735	12.25	2.540	4.487	75373	3.20	0.000	4.487
750	12.50	2.430	4.461	73621	3.17	0.000	4.461
765	12.75	2.320	4.434	71792	3.14	0.000	4.434
780	13.00	2.220	4.406	69890	3.11	0.000	4.406
795	13.25	2.120	4.377	67922	3.07	0.000	4.377
810	13.50	2.030	4.346	65891	3.04	0.000	4.346
825	13.75	1.940	4.314	63806	3.00	0.000	4.314
840	14.00	1.860	4.274	61669	2.95	0.000	4.274
855	14.25	1.770	4.233	59497	2.91	0.000	4.233
870	14.50	1.700	4.191	57280	2.86	0.000	4.191
885	14.75	1.620	4.147	55038	2.81	0.000	4.147
900	15.00	1.550	4.103	52763	2.76	0.000	4.103
915	15.25	1.480	4.058	50466	2.71	0.000	4.058
930	15.50	1.420	4.011	48146	2.66	0.000	4.011
945	15.75	1.360	3.964	45814	0.00	0.000	3.964
960	16.00	1.300	3.916	43470	0.00	0.000	3.916
975	16.25	1.240	3.867	41116	0.00	0.000	3.867

t	t	Q	O <sub>sv</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
990	16.50	1.180	3.808	38751	0.00	0.000	3.808
1005	16.75	1.130	3.746	36386	0.00	0.000	3.746
1020	17.00	1.080	3.683	34031	0.00	0.000	3.683
1035	17.25	1.040	3.619	31688	0.00	0.000	3.619
1050	17.50	0.990	3.555	29367	0.00	0.000	3.555
1065	17.75	0.950	3.489	27059	0.00	0.000	3.489
1080	18.00	0.910	3.423	24773	0.00	0.000	3.423
1095	18.25	0.870	3.357	22511	0.00	0.000	3.357
1110	18.50	0.830	3.274	20273	0.00	0.000	3.274
1125	18.75	0.790	3.182	18074	0.00	0.000	3.182
1140	19.00	0.760	3.089	15921	0.00	0.000	3.089
1155	19.25	0.720	2.996	13824	0.00	0.000	2.996
1170	19.50	0.690	2.902	11776	0.00	0.000	2.902
1185	19.75	0.660	2.808	9785	0.00	0.000	2.808
1200	20.00	0.630	2.713	7852	0.00	0.000	2.713
1215	20.25	0.600	2.541	5977	0.00	0.000	2.541
1230	20.50	0.580	2.366	4230	0.00	0.000	2.366
1245	20.75	0.550	2.191	2623	0.00	0.000	2.191
1260	21.00	0.530	0.571	1146	0.00	0.000	0.571
1275	21.25	0.500	0.535	0	0.00	0.000	0.535
1290	21.50	0.480	0.511	0	0.00	0.000	0.511
1305	21.75	0.460	0.487	0	0.00	0.000	0.487
1320	22.00	0.440	0.463	0	0.00	0.000	0.463
1335	22.25	0.420	0.440	0	0.00	0.000	0.440
1350	22.50	0.400	0.416	0	0.00	0.000	0.416
1365	22.75	0.390	0.404	0	0.00	0.000	0.404
1380	23.00	0.370	0.380	0	0.00	0.000	0.380
1395	23.25	0.350	0.356	0	0.00	0.000	0.356
1410	23.50	0.340	0.344	0	0.00	0.000	0.344
1425	23.75	0.320	0.321	0	0.00	0.000	0.321
1440	24.00	0.310	0.309	0	0.00	0.000	0.309
1455	24.25	0.290	0.286	0	0.00	0.000	0.286
1470	24.50	0.280	0.274	0	0.00	0.000	0.274
1485	24.75	0.270	0.262	0	0.00	0.000	0.262
1500	25.00	0.260	0.251	0	0.00	0.000	0.251
1515	25.25	0.250	0.239	0	0.00	0.000	0.239

t	t	Q	O <sub>sv</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
1530	25.50	0.240	0.228	0	0.00	0.000	0.228
1545	25.75	0.230	0.217	0	0.00	0.000	0.217
1560	26.00	0.220	0.205	0	0.00	0.000	0.205
1575	26.25	0.210	0.194	0	0.00	0.000	0.194
1590	26.50	0.200	0.183	0	0.00	0.000	0.183
1605	26.75	0.190	0.172	0	0.00	0.000	0.172
1620	27.00	0.180	0.161	0	0.00	0.000	0.161
1635	27.25	0.170	0.150	0	0.00	0.000	0.150
1650	27.50	0.160	0.139	0	0.00	0.000	0.139
1665	27.75	0.150	0.129	0	0.00	0.000	0.129
1680	28.00	0.142	0.120	0	0.00	0.000	0.120
1695	28.25	0.134	0.112	0	0.00	0.000	0.112
1710	28.50	0.126	0.104	0	0.00	0.000	0.104
1725	28.75	0.118	0.096	0	0.00	0.000	0.096
1740	29.00	0.110	0.088	0	0.00	0.000	0.088
1755	29.25	0.105	0.083	0	0.00	0.000	0.083
1770	29.50	0.100	0.078	0	0.00	0.000	0.078
1785	29.75	0.095	0.073	0	0.00	0.000	0.073
1800	30.00	0.090	0.068	0	0.00	0.000	0.068
1815	30.25	0.085	0.064	0	0.00	0.000	0.064
1830	30.50	0.080	0.059	0	0.00	0.000	0.059
1845	30.75	0.075	0.054	0	0.00	0.000	0.054
1860	31.00	0.070	0.050	0	0.00	0.000	0.050
1875	31.25	0.067	0.047	0	0.00	0.000	0.047
1890	31.50	0.064	0.044	0	0.00	0.000	0.044
1905	31.75	0.061	0.042	0	0.00	0.000	0.042
1920	32.00	0.058	0.039	0	0.00	0.000	0.039
1935	32.25	0.055	0.037	0	0.00	0.000	0.037
1950	32.50	0.052	0.034	0	0.00	0.000	0.034
1965	32.75	0.049	0.032	0	0.00	0.000	0.032
1980	33.00	0.047	0.030	0	0.00	0.000	0.030

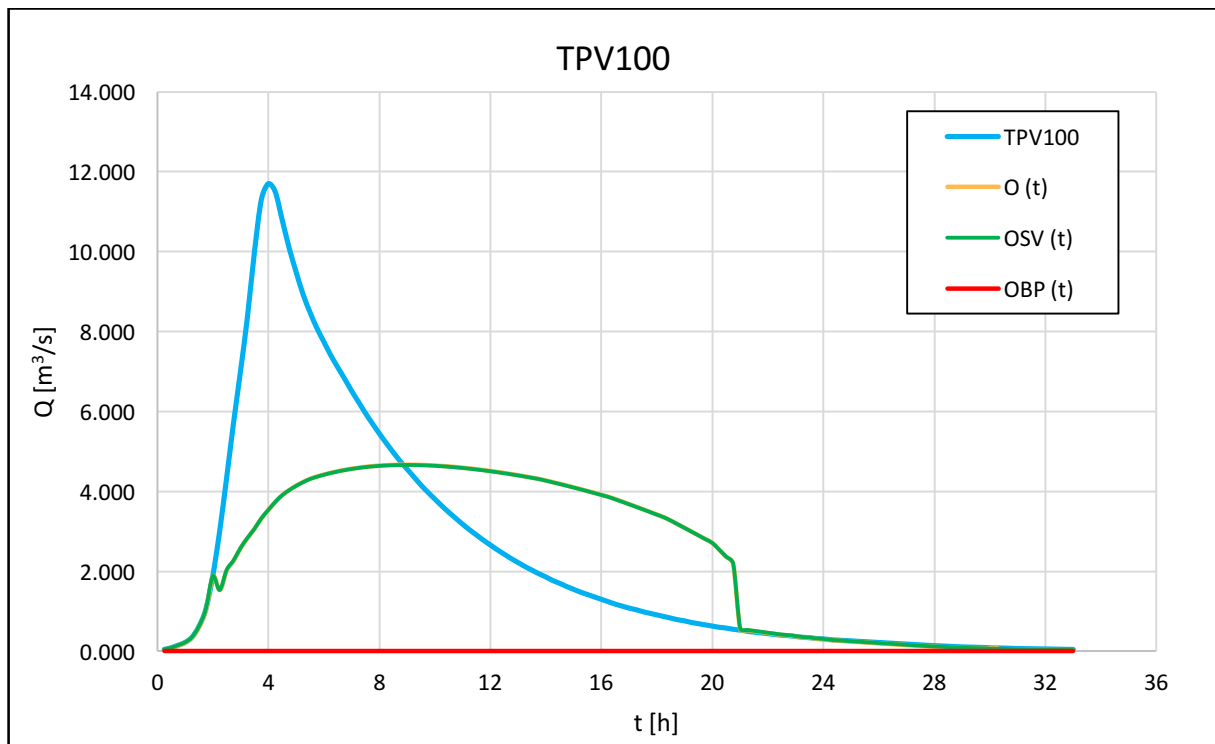
Tab. 8.3 Teoretická povodňová vlna TPV200 –  $Q(t)$ ,  $V(t)$ ,  $O(t)$

t	t	Q	O <sub>sv</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
15	0.250	0.047	0.047	0	0.00	0.000	0.047
30	0.500	0.088	0.088	0	0.00	0.000	0.088
45	0.750	0.150	0.150	0	0.00	0.000	0.150
60	1.000	0.220	0.220	0	0.00	0.000	0.220
75	1.250	0.350	0.350	0	0.00	0.000	0.350
90	1.500	0.620	0.620	0	0.00	0.000	0.620
105	1.750	1.050	1.050	0	0.00	0.000	1.050
120	2.000	1.880	1.880	0	0.00	0.000	1.880
135	2.250	3.010	1.536	0	0.00	0.000	1.536
150	2.500	4.340	2.037	1327	0.00	0.000	2.037
165	2.750	5.720	2.277	3400	1.22	0.000	2.277
180	3.000	7.010	2.590	6498	1.42	0.000	2.590
195	3.250	8.370	2.841	10476	1.60	0.000	2.841
210	3.500	10.100	3.069	15452	1.77	0.000	3.069
225	3.750	11.700	3.335	21780	2.00	0.000	3.335
240	4.000	13.000	3.553	29308	2.20	0.000	3.553
255	4.250	13.600	3.784	37811	2.43	0.000	3.784
270	4.500	13.700	3.981	46645	2.63	0.000	3.981
285	4.750	13.500	4.154	55392	2.82	0.000	4.154
300	5.000	12.800	4.314	63803	3.00	0.000	4.314
315	5.250	11.800	4.429	71440	3.13	0.000	4.429
330	5.500	10.900	4.526	78074	3.25	0.000	4.526
345	5.750	10.100	4.609	83810	3.35	0.000	4.609
360	6.000	9.530	4.679	88752	3.44	0.000	4.679
375	6.250	9.000	4.737	93118	3.51	0.011	4.749
390	6.500	8.540	4.780	96955	3.57	0.155	4.935
405	6.750	8.090	4.817	100337	3.61	0.353	5.170
420	7.000	7.750	4.849	103277	3.65	0.564	5.413
435	7.250	7.410	4.877	105880	3.69	0.776	5.653
450	7.500	7.110	4.901	108148	3.72	0.978	5.880
465	7.750	6.820	4.922	110121	3.75	1.167	6.089
480	8.000	6.520	4.941	111811	3.77	1.336	6.277
495	8.250	6.240	4.955	113213	3.79	1.483	6.438
510	8.500	5.960	4.967	114346	3.81	1.605	6.573
525	8.750	5.700	4.977	115216	3.82	1.701	6.678

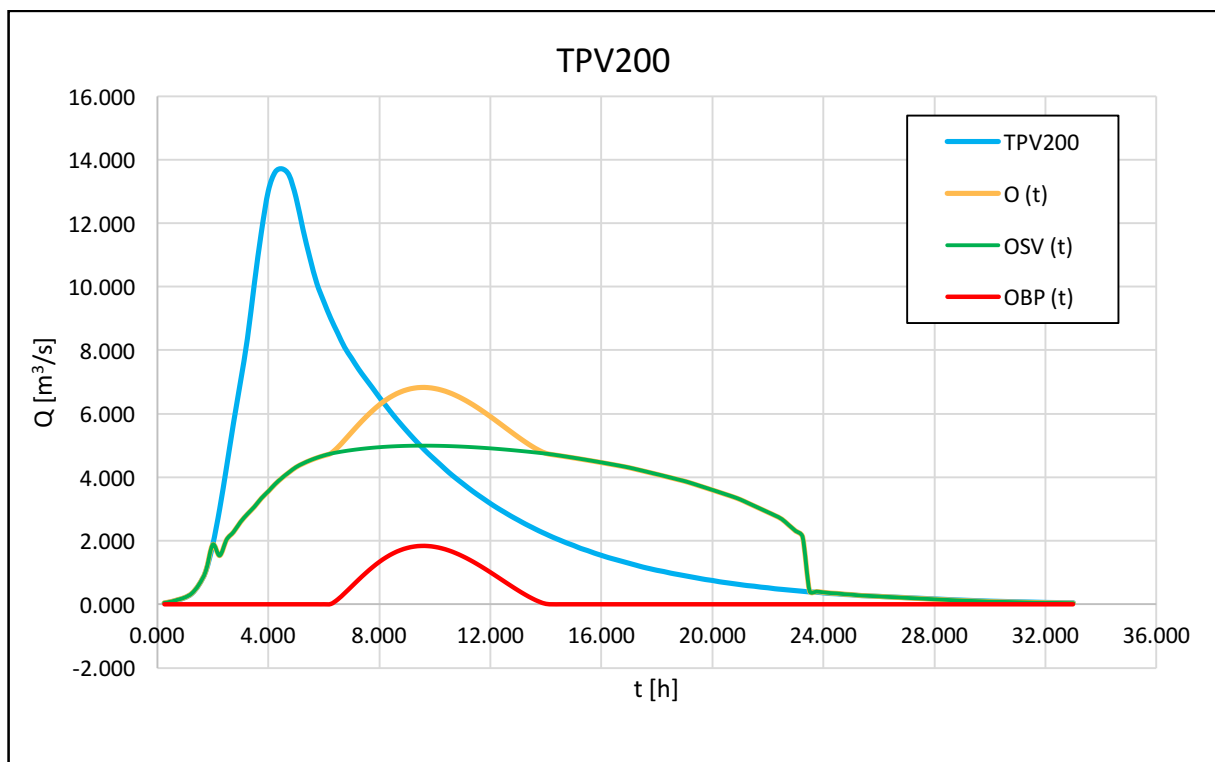
t	t	Q	O <sub>SV</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
540	9.000	5.450	4.983	115841	3.83	1.771	6.755
555	9.250	5.210	4.987	116235	3.84	1.816	6.803
570	9.500	4.980	4.989	116408	3.84	1.836	6.825
585	9.750	4.760	4.989	116372	3.84	1.832	6.820
600	10.000	4.560	4.986	116139	3.84	1.805	6.791
615	10.250	4.360	4.982	115728	3.83	1.759	6.741
630	10.500	4.160	4.976	115142	3.82	1.693	6.669
645	10.750	3.980	4.968	114382	3.81	1.609	6.577
660	11.000	3.810	4.958	113469	3.80	1.510	6.469
675	11.250	3.640	4.947	112413	3.78	1.399	6.346
690	11.500	3.480	4.934	111216	3.77	1.276	6.210
705	11.750	3.330	4.920	109888	3.75	1.144	6.064
720	12.000	3.180	4.905	108440	3.73	1.005	5.910
735	12.250	3.040	4.888	106873	3.70	0.862	5.750
750	12.500	2.910	4.870	105197	3.68	0.718	5.588
765	12.750	2.780	4.850	103422	3.66	0.575	5.425
780	13.000	2.660	4.830	101550	3.63	0.436	5.266
795	13.250	2.540	4.809	99591	3.60	0.305	5.114
810	13.500	2.430	4.786	97544	3.57	0.186	4.972
825	13.750	2.320	4.763	95421	3.54	0.085	4.848
840	14.000	2.220	4.739	93221	3.51	0.014	4.752
855	14.250	2.120	4.710	90954	3.48	0.000	4.710
870	14.500	2.030	4.677	88624	3.44	0.000	4.677
885	14.750	1.940	4.643	86241	3.39	0.000	4.643
900	15.000	1.860	4.609	83808	3.35	0.000	4.609
915	15.250	1.770	4.574	81334	3.31	0.000	4.574
930	15.500	1.700	4.537	78811	3.26	0.000	4.537
945	15.750	1.620	4.500	76258	3.22	0.000	4.500
960	16.000	1.550	4.462	73666	3.17	0.000	4.462
975	16.250	1.480	4.423	71045	3.13	0.000	4.423
990	16.500	1.420	4.384	68396	3.08	0.000	4.384
1005	16.750	1.360	4.344	65728	3.03	0.000	4.344
1020	17.000	1.300	4.300	63043	2.98	0.000	4.300
1035	17.250	1.240	4.249	60343	2.93	0.000	4.249
1050	17.500	1.180	4.198	57635	2.87	0.000	4.198
1065	17.750	1.130	4.145	54919	2.81	0.000	4.145

t	t	Q	O <sub>SV</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
1080	18.000	1.080	4.092	52205	2.75	0.000	4.092
1095	18.250	1.040	4.038	49494	2.69	0.000	4.038
1110	18.500	0.990	3.984	46796	2.63	0.000	3.984
1125	18.750	0.950	3.929	44101	2.58	0.000	3.929
1140	19.000	0.910	3.874	41420	2.52	0.000	3.874
1155	19.250	0.870	3.809	38753	2.45	0.000	3.809
1170	19.500	0.830	3.739	36108	2.38	0.000	3.739
1185	19.750	0.790	3.668	33491	2.31	0.000	3.668
1200	20.000	0.760	3.597	30900	2.24	0.000	3.597
1215	20.250	0.720	3.526	28346	2.17	0.000	3.526
1230	20.500	0.690	3.454	25821	2.11	0.000	3.454
1245	20.750	0.660	3.381	23333	2.04	0.000	3.381
1260	21.000	0.630	3.299	20884	1.97	0.000	3.299
1275	21.250	0.600	3.199	18482	1.88	0.000	3.199
1290	21.500	0.580	3.099	16143	1.80	0.000	3.099
1305	21.750	0.550	2.999	13876	1.72	0.000	2.999
1320	22.000	0.530	2.898	11672	1.64	0.000	2.898
1335	22.250	0.500	2.796	9541	1.56	0.000	2.796
1350	22.500	0.480	2.681	7475	1.48	0.000	2.681
1365	22.750	0.460	2.494	5494	1.35	0.000	2.494
1380	23.000	0.440	2.306	3664	1.23	0.000	2.306
1395	23.250	0.420	2.117	1984	1.13	0.000	2.117
1410	23.500	0.400	0.416	457	1.03	0.000	0.416
1425	23.750	0.390	0.404	0	0.00	0.000	0.404
1440	24.000	0.370	0.380	0	0.00	0.000	0.380
1455	24.250	0.350	0.356	0	0.00	0.000	0.356
1470	24.500	0.340	0.344	0	0.00	0.000	0.344
1485	24.750	0.320	0.321	0	0.00	0.000	0.321
1500	25.000	0.310	0.309	0	0.00	0.000	0.309
1515	25.250	0.290	0.286	0	0.00	0.000	0.286
1530	25.500	0.280	0.274	0	0.00	0.000	0.274
1545	25.750	0.270	0.262	0	0.00	0.000	0.262
1560	26.000	0.260	0.251	0	0.00	0.000	0.251
1575	26.250	0.250	0.239	0	0.00	0.000	0.239
1590	26.500	0.240	0.228	0	0.00	0.000	0.228
1605	26.750	0.230	0.217	0	0.00	0.000	0.217

t	t	Q	O <sub>SV</sub> (t)	V	H	O <sub>BP</sub> (t)	O (t)
[min]	[h]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
1620	27.000	0.220	0.205	0	0.00	0.000	0.205
1635	27.250	0.210	0.194	0	0.00	0.000	0.194
1650	27.500	0.200	0.183	0	0.00	0.000	0.183
1665	27.750	0.190	0.172	0	0.00	0.000	0.172
1680	28.000	0.180	0.161	0	0.00	0.000	0.161
1695	28.250	0.170	0.150	0	0.00	0.000	0.150
1710	28.500	0.160	0.139	0	0.00	0.000	0.139
1725	28.750	0.150	0.129	0	0.00	0.000	0.129
1740	29.000	0.142	0.120	0	0.00	0.000	0.120
1755	29.250	0.134	0.112	0	0.00	0.000	0.112
1770	29.500	0.126	0.104	0	0.00	0.000	0.104
1785	29.750	0.118	0.096	0	0.00	0.000	0.096
1800	30.000	0.110	0.088	0	0.00	0.000	0.088
1815	30.250	0.105	0.083	0	0.00	0.000	0.083
1830	30.500	0.100	0.078	0	0.00	0.000	0.078
1845	30.750	0.095	0.073	0	0.00	0.000	0.073
1860	31.000	0.090	0.068	0	0.00	0.000	0.068
1875	31.250	0.085	0.064	0	0.00	0.000	0.064
1890	31.500	0.080	0.059	0	0.00	0.000	0.059
1905	31.750	0.075	0.054	0	0.00	0.000	0.054
1920	32.000	0.070	0.050	0	0.00	0.000	0.050
1935	32.250	0.067	0.047	0	0.00	0.000	0.047
1950	32.500	0.064	0.044	0	0.00	0.000	0.044
1965	32.750	0.061	0.042	0	0.00	0.000	0.042
1980	33.000	0.058	0.039	0	0.00	0.000	0.039
1995	33.250	0.055	0.037	0	0.00	0.000	0.037
2010	33.500	0.052	0.034	0	0.00	0.000	0.034
2025	33.750	0.049	0.032	0	0.00	0.000	0.032
2040	34.000	0.047	0.030	0	0.00	0.000	0.030



Obr. 8.3 Graf Teoretické povodňové vlny TPV100 a její transformace

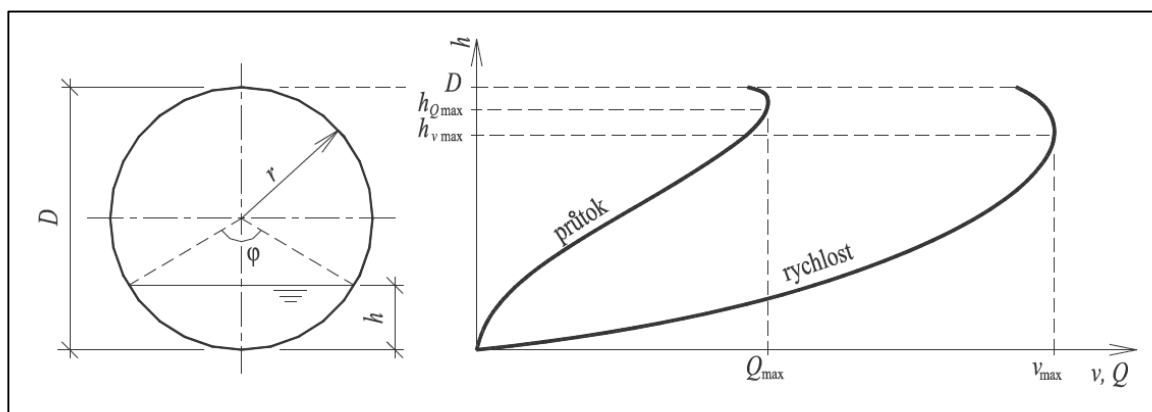


Obr. 8.4 Graf Teoretické povodňové vlny TPV200 a její transformace

## 8.4 NÁVRH FUNKČNÍCH OBJEKTŮ

### 8.4.1 Návrh spodní výpusti

Navrhovaný profil spodní výpusti je DN1000. Sklon potrubí je navržen 2 %, drsnost potrubí 0.018 (beton).



Obr. 8.5 Kruhový průřez potrubí [7]

Tab. 8.4 Použité vzorce pro návrh spodních výpustí (volná hladina)

popis	označení	výpočet	jednotka
středový úhel - pro $h < r$ - pro $h > r$	$\varphi$	$\varphi = 2 \arccos \frac{r-h}{r}$ $\varphi = 2\pi - 2 \arccos \frac{h-r}{r}$	rad
průtočný průřez	$A$	$A = \frac{r^2}{2} (\varphi - \sin \varphi)$	$\text{m}^2$
omočený obvod	$O$	$O = \varphi r$	m
hydraulický poloměr	$R$	$R = \frac{A}{O}$	m
rychlostní součinitel (dle Manninga)	$C$	$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$	$\text{m}^{0,5}/\text{s}$
průřezová rychlost	$v$	$v = C \sqrt{Ri}$	m/s
průtok	$Q$	$Q = v A$	$\text{m}^3/\text{s}$
ztráta třením v korytě	$h_t$	$h_t = i L$	m

Po zatopení celého průřezu se spodní výpusti navrhují na tlakový režim.

Pro volný výtok kruhovým otvorem o poloměru  $r$  platí vztah:

$$Q = \mu \left[ 1 - \frac{1}{32} \left( \frac{r}{h_T} \right)^2 - \frac{5}{1024} \left( \frac{r}{h_T} \right)^4 \right] \pi r^2 \sqrt{2gh_T},$$

kde  $\mu$  ... součinitel výtoku

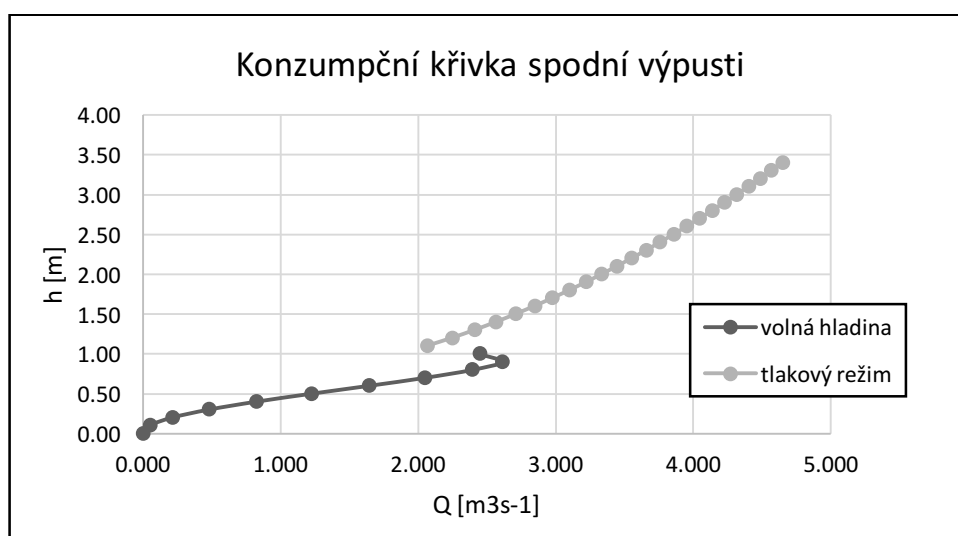
$h_T$  ... hloubka těžiště kruhového otvoru ve stěně

Tab. 8.5 Tabulka výpočtu spodních výpustí (volná hladina)

Plnění	H	$\varphi$	A	O	R	C	v	Q	u	$h_k$	Proudění
[%]	[m]	[rad]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>0.5</sup> s <sup>-1</sup> ]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[m]	[typ]
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-
10.00	0.10	1.287	0.041	0.644	0.064	35.092	1.251	0.051	12.463	0.128	bystřinné
20.00	0.20	1.855	0.112	0.927	0.121	39.049	1.918	0.214	23.660	0.262	bystřinné
30.00	0.30	2.319	0.198	1.159	0.171	41.387	2.420	0.480	33.539	0.392	bystřinné
40.00	0.40	2.739	0.293	1.369	0.214	42.974	2.813	0.825	42.031	0.514	bystřinné
50.00	0.50	3.142	0.393	1.571	0.250	44.094	3.118	1.224	49.050	0.626	bystřinné
60.00	0.60	3.544	0.492	1.772	0.278	44.872	3.344	1.645	54.474	0.726	bystřinné
70.00	0.70	3.965	0.587	1.982	0.296	45.359	3.491	2.050	58.121	0.810	bystřinné
80.00	0.80	4.429	0.674	2.214	0.304	45.560	3.554	2.394	59.683	0.875	bystřinné
90.00	0.90	4.996	0.745	2.498	0.298	45.405	3.506	2.610	58.475	0.914	bystřinné
100.00	1.00	6.283	0.785	3.142	0.250	44.094	3.118	2.449	49.050	0.885	tlakové

Tab. 8.6 Tabulka výpočtu spodních výpustí (tlakový režim)

H <sub>1</sub>	h <sub>T</sub>	v	Q	H <sub>1</sub>	h <sub>T</sub>	v	Q
[m]	[m]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m]	[m]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
1.100	0.600	2.630	2.066	2.300	1.800	4.656	3.657
1.200	0.700	2.861	2.247	2.400	1.900	4.785	3.758
1.300	0.800	3.071	2.412	2.500	2.000	4.910	3.856
1.400	0.900	3.267	2.566	2.600	2.100	5.032	3.952
1.500	1.000	3.451	2.710	2.700	2.200	5.152	4.046
1.600	1.100	3.624	2.847	2.800	2.300	5.268	4.138
1.700	1.200	3.790	2.976	2.900	2.400	5.382	4.227
1.800	1.300	3.948	3.101	3.000	2.500	5.494	4.315
1.900	1.400	4.100	3.220	3.100	2.600	5.603	4.401
2.000	1.500	4.246	3.335	3.200	2.700	5.710	4.485
2.100	1.600	4.387	3.445	3.300	2.800	5.815	4.567
2.200	1.700	4.523	3.553	3.400	2.900	5.919	4.649



Obr. 8.6 Graf konzumpční křivky spodní výpusti

## 8.4.2 Návrh bezpečnostní přelivu

Bezpečnostní přeliv byl navržen na kontrolní průtok  $Q_{200}$ , přičemž část tohoto průtoku bude odvedena spodní výpusti. Transformovaná průtok pro návrh bezpečnostního přelivu je  $Q_{BP,200tr} = 1.836 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Kóta přelivné hrany je  $219.50 \text{ m n.m.}$ . Výška přepadového paprsku je  $h_p = 0.35 \text{ m}$ .

### Spadiště

- Návrh šířky spadiště:  $b_{sp} \geq 4 \cdot h_p$   $4 \cdot h_p = 4 \cdot 0.35 = 1.4 \text{ m}$   
 $b_{sp} = 1.5 \text{ m}$
- Kritická hloubka pro daný průtok:  $h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b_{sp}}} = \sqrt[3]{\frac{1.05 \cdot 1.836^2}{9.81 \cdot 1.5^2}} = 0.543 \text{ m}$   
 $\alpha$  ... Coriolisovo číslo  $\alpha = 1.05$   
 $g$  ... gravitační zrychlení  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- Hloubka spadiště:  $h_{sp} \geq 2 \cdot h_k = 2 \cdot 0.543 = 1.087 \text{ m}$   
 $h_{sp} = 1.1 \text{ m}$
- Volba sklonu spadiště:  $i_{sp} = 2 \%$

### Přepadová část

- Účinná šířka přelivné hrany:  $b_0 = \frac{Q}{m \cdot \sqrt{2g \cdot h_p^{1.5}}} = \frac{1.836}{0.35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.35^{1.5}}} = 5.719 \text{ m}$   
 $m$  ... přepadový součinitel  $m = 0.35$  (pro zaoblenou hranu)
- Délka hrany s působením kontrakcí:  $b = b_0 + p \cdot k_{po} \cdot h_p$   
 $b = 5.719 + 4 \cdot 0.555 \cdot 0.35 = 6.496 \text{ m}$   
 $b_N$  ... návrhová délka přelivné hrany  $b_N = 7 \text{ m}$   
 $p$  ... počet kontrakcí  $p = 4$   
 $k_{po}$  ... součinitel tvaru pilířů  $k_{po} = 0.555$
- $R_k$  ... hydraulický poloměr (při  $h_k$ )  $R_k = \frac{S_k}{O_k} = \frac{0.815}{2.586} = 0.315 \text{ m}$   
 $S_k$  ... průtočná plocha (při  $h_k$ )  $S_k = b_{sp} \cdot h_k = 1.5 \cdot 0.543 = 0.815 \text{ m}^2$   
 $O_k$  ... omočený obvod (při  $h_k$ )  $O_k = b_{sp} + 2 \cdot h_k = 1.5 + 2 \cdot 0.543 = 2.586 \text{ m}$
- $C_k$  ... rychlostní součinitel  $C_k = \frac{1}{n} \cdot R_k^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0.018} \cdot 0.315 = 45.826 \text{ m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$   
 $n$  ... součinitel drsnosti  $n = 0.018$  (beton)

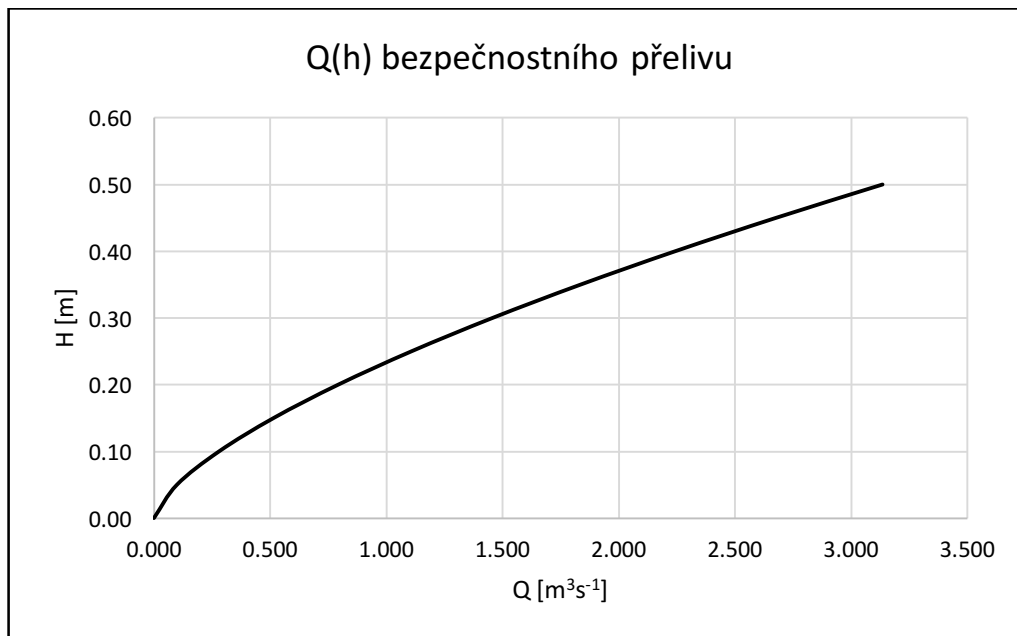
- $i_k$  ... kritický sklon 
$$i_k = \frac{g \cdot O_k}{\alpha \cdot C_k^2 \cdot b_{sp}} = \frac{9.81 \cdot 2.586}{1.05 \cdot 45.826^2 \cdot 1.5} = 0.767 \%$$
- $v_k$  ... průtočná rychlost (při  $h_k$ ) 
$$v_k = C_k \cdot \sqrt{R_k \cdot i_k}$$
  
$$v_k = 45.826 \cdot \sqrt{0.315 \cdot 0.008} = 2.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
- Posouzení dokonalého přepadu:  
*Jestliže platí podmínka  $i_0 \cdot L_{sp} + s \geq \frac{1}{\varphi} \cdot H_{ek}$ , pak je přepad dokonalý.*  
$$i_0 \cdot L_{sp} + s = 0.02 \cdot 3.5 + 2.5 = 2.57 \text{ m}$$
  
 $L_{sp}$  ... délka spadiště 
$$L_{sp} = \frac{b_N}{2} = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ m}$$
  
$$\frac{1}{\varphi} \cdot H_{ek} = \frac{1}{0.97} \cdot 0.826 = 0.852 \text{ m}$$
  
 $\varphi$  ... rychlostní součinitel  $\varphi = 0.97$   
 $H_{ek}$  ... energetická výška 
$$H_{ek} = h_k + \frac{\alpha \cdot v_k^2}{2 \cdot g} = 0.543 + \frac{1.05 \cdot 2.3^2}{2 \cdot 9.81} = 0.826 \text{ m}$$
  
 $2.57 \text{ m} > 0.852 \text{ m} \rightarrow$  Podmínka platí, přepad je dokonalý.

### Konzumpční křivka přepadu

$Q(h)$  ... průtok,  $h$  ... výška plnění 
$$Q(h) = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{1.5}$$

Tab. 8.7 Vypočtené hodnoty  $Q(h)$

h	[m]	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
Q(h)	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	0.000	0.099	0.280	0.515	0.793	1.108	1.457	1.836



Obr. 8.7 Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu

### 8.4.3 Měrná křivka odpadní štoly

Odpadní štola má obdélníkový průřez o rozměrech:

$b$ ... šířka odpadní štoly	$b = 1.5 \text{ m}$
$h$ ... výška odpadní štoly	$h = 1.7 \text{ m}$ (z toho 0.6 m bezpečnostní rezerva)
$i_{o\check{s}}$ ... sklon odpadní štoly	$i_{o\check{s}} = 1 \%$
$n$ ... součinitel drsnosti	$n = 0.018$ (beton)

Níže jsou uvedeny použité vzorce:

$O$ ... omočený obvod	$O = b + 2 \cdot h$
$S$ ... průtočná plocha	$S = b \cdot h$
$R$ ... hydraulický poloměr	$R = \frac{S}{O}$
$C$ ... rychlostní součinitel	$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$
$v$ ... průtočná rychlost	$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i_{o\check{s}}}$
$Q$ ... průtočná plocha	$Q = S \cdot v$

Tab. 8.8 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v odpadní štole

h	A	O	R	C	B	v	Q	u	Fr	Proudění
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>0.5</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[-]	[typ]
0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	-
0.200	0.300	1.900	0.158	52.513	1.500	2.087	0.626	15.489	2.219	bystřinné
0.400	0.600	2.300	0.261	57.096	1.500	2.916	1.750	25.591	2.167	bystřinné
0.600	0.900	2.700	0.333	59.477	1.500	3.434	3.091	32.700	2.003	bystřinné
0.800	1.200	3.100	0.387	60.978	1.500	3.794	4.553	37.974	1.834	bystřinné
1.000	1.500	3.500	0.429	62.022	1.500	4.060	6.090	42.043	1.681	bystřinné
1.093	1.640	3.686	0.445	62.407	1.500	4.162	6.825	43.637	1.615	bystřinné



Obr. 8.8 Konzumpční křivka odpadní štoly

### 8.4.4 Měrná křivka koryta v zátopě

Koryto má lichoběžníkový průřez o rozměrech:

$$b \dots \text{šířka koryta ve dně} \quad b = 1.4 \text{ m}$$

$$h \dots \text{výška koryta} \quad h = 1.1 \text{ m}$$

$$i_1 \dots \text{sklon koryta v úseku č.1} \quad i_1 = 0.7 \%$$

$$L_1 \dots \text{délka koryta v úseku č.1 (km 0.000 - 0.135)} \quad L_1 = 135 \text{ m}$$

$$i_2 \dots \text{sklon koryta v úseku č.2} \quad i_2 = 0.3 \%$$

$$L_2 \dots \text{délka koryta v úseku č.2 (km 0.135 - 0.335)} \quad L_2 = 200 \text{ m}$$

$$m \dots \text{sklon svahů} \quad m = 1$$

$$n \dots \text{součinitel drsnosti} \quad n = 0.035 \text{ (travní porost)}$$

Níže jsou uvedeny použité vzorce:

$$O \dots \text{omočený obvod} \quad O = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

$$S \dots \text{průtočná plocha} \quad S = h \cdot (b + m \cdot h)$$

$$R \dots \text{hydraulický poloměr} \quad R = \frac{S}{O}$$

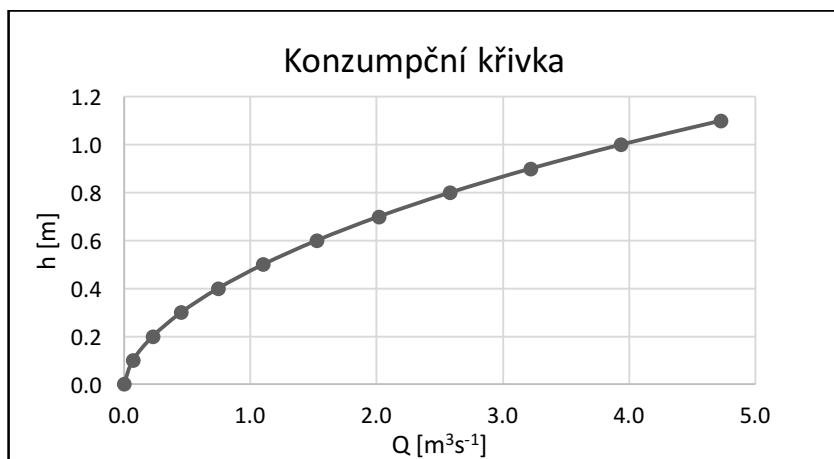
$$C \dots \text{rychlostní součinitel} \quad C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

$$v \dots \text{průtočná rychlost} \quad v = C \cdot \sqrt{R \cdot i_i}$$

$$Q \dots \text{průtočná plocha} \quad Q = S \cdot v$$

Tab. 8.9 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v úseku č.1

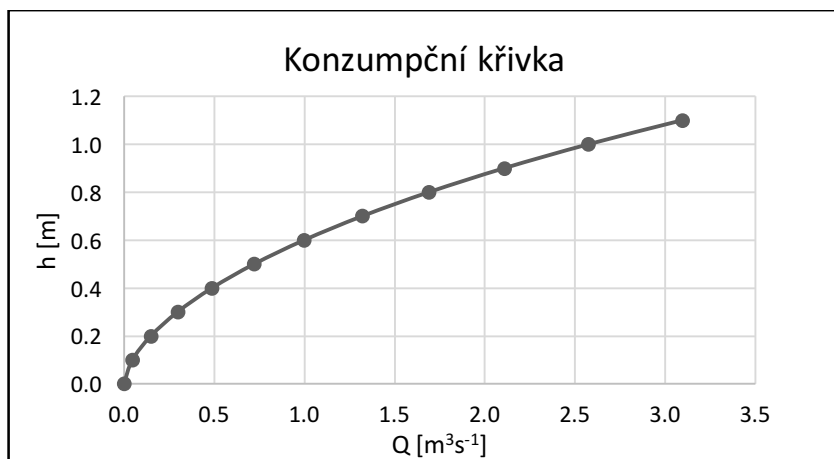
H	A	O	R	C	B	v	Q	u	Fr	Proudění
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>0.5</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[-]	[typ]
0.000	0.000	1.400	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000	0.000	0.000	-
0.100	0.150	1.683	0.089	19.096	1.600	0.477	0.072	6.121	0.247	říční
0.200	0.320	1.966	0.163	21.112	1.800	0.713	0.228	11.179	0.291	říční
0.300	0.510	2.249	0.227	22.312	2.000	0.889	0.453	15.575	0.316	říční
0.400	0.720	2.531	0.284	23.170	2.200	1.034	0.744	19.532	0.333	říční
0.500	0.950	2.814	0.338	23.841	2.400	1.159	1.101	23.181	0.346	říční
0.600	1.200	3.097	0.387	24.395	2.600	1.270	1.525	26.607	0.357	říční
0.700	1.470	3.380	0.435	24.870	2.800	1.372	2.017	29.866	0.366	říční
0.800	1.760	3.663	0.481	25.286	3.000	1.467	2.581	32.997	0.374	říční
0.900	2.070	3.946	0.525	25.659	3.200	1.555	3.219	36.027	0.381	říční
1.000	2.400	4.228	0.568	25.998	3.400	1.639	3.933	38.976	0.388	říční
1.100	2.750	4.511	0.610	26.309	3.600	1.719	4.726	41.860	0.394	říční



Obr. 8.9 Konzumpční křivka koryta v zátopě – úsek č.1

Tab. 8.10 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v úseku č.2

H	A	O	R	C	B	v	Q	u	Fr	Proudění
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>0.5</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[-]	[typ]
0.000	0.000	1.400	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000	0.000	0.000	-
0.100	0.150	1.683	0.089	19.096	1.600	0.312	0.047	6.121	0.106	říční
0.200	0.320	1.966	0.163	21.112	1.800	0.467	0.149	11.179	0.125	říční
0.300	0.510	2.249	0.227	22.312	2.000	0.582	0.297	15.575	0.135	říční
0.400	0.720	2.531	0.284	23.170	2.200	0.677	0.487	19.532	0.143	říční
0.500	0.950	2.814	0.338	23.841	2.400	0.759	0.721	23.181	0.148	říční
0.600	1.200	3.097	0.387	24.395	2.600	0.832	0.998	26.607	0.153	říční
0.700	1.470	3.380	0.435	24.870	2.800	0.898	1.321	29.866	0.157	říční
0.800	1.760	3.663	0.481	25.286	3.000	0.960	1.690	32.997	0.160	říční
0.900	2.070	3.946	0.525	25.659	3.200	1.018	2.107	36.027	0.163	říční
1.000	2.400	4.228	0.568	25.998	3.400	1.073	2.575	38.976	0.166	říční
1.100	2.750	4.511	0.610	26.309	3.600	1.125	3.094	41.860	0.169	říční



Obr. 8.10 Konzumpční křivka koryta v zátopě – úsek č.2

### 8.4.5 Měrná křivka odpadního koryta

Koryto má lichoběžníkový průřez o rozměrech:

$b$  ... šířka koryta ve dně  $b = 1.5 \text{ m}$

$h$  ... výška koryta  $h = 1.2 \text{ m}$

$i$  ... sklon koryta  $i = 1 \%$

$m$  ... sklon svahů  $m = 1$

$n$  ... součinitel drsnosti  $n = 0.045$  (upravené koryto, lomový pohoz)

Níže jsou uvedeny použité vzorce:

$O$  ... omočený obvod  $O = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$

$S$  ... průtočná plocha  $S = h \cdot (b + m \cdot h)$

$R$  ... hydraulický poloměr  $R = \frac{S}{O}$

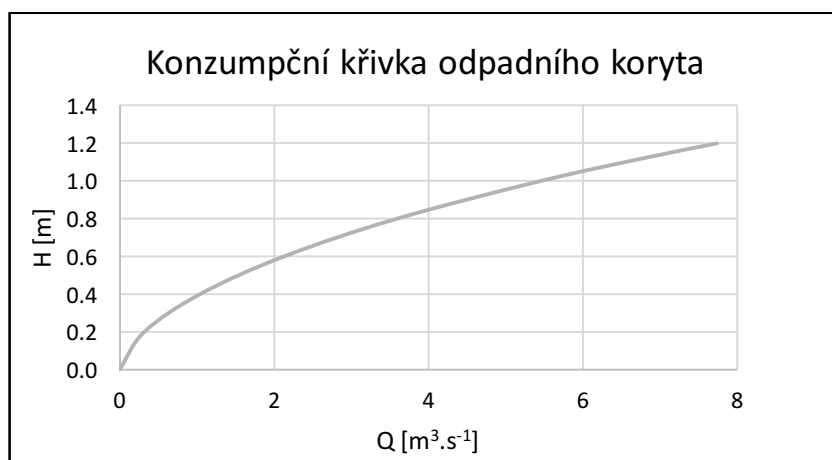
$C$  ... rychlostní součinitel  $C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$

$v$  ... průtočná rychlost  $v = C \cdot \sqrt{R \cdot i_i}$

$Q$  ... průtočná plocha  $Q = S \cdot v$

Tab. 8.11 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v odpadním korytě

h	A	O	R	C	B	v	Q	u	Fr	Proudění
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>0.5</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[m]	[m·s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[-]	[typ]
0.200	0.340	2.066	0.165	16.451	1.900	0.944	0.321	16.147	0.507	říční
0.400	0.760	2.631	0.289	18.067	2.300	1.373	1.044	28.334	0.582	říční
0.600	1.260	3.197	0.394	19.028	2.700	1.689	2.129	38.662	0.623	říční
0.800	1.840	3.763	0.489	19.725	3.100	1.951	3.589	47.971	0.653	říční
1.000	2.500	4.328	0.578	20.279	3.500	2.180	5.449	56.660	0.678	říční
1.125	2.953	4.682	0.631	20.579	3.750	2.311	6.825	61.873	0.692	říční
1.200	3.240	4.894	0.662	20.746	3.900	2.387	7.734	64.944	0.699	říční



Obr. 8.11 Konzumpční křivka odpadního koryta

## 8.4.6 Návrh vývaru

### Návrh

Energetická výška  $E_v$ : 
$$E_v = z_v + h_v + \frac{\alpha \cdot v_v^2}{2g} = 0 + 1.093 + \frac{1.05 \cdot 4.162^2}{2 \cdot 9.81} = 2.020 \text{ m}$$

$z_v$  ... kóta dna odpadní štoly na výtoku  $z_v = 0 \text{ m}$

$h_v$  ... hloubka vody na konci potrubí  $h_v = 1.093 \text{ m}$

$v_v$  ... rychlost vody na konci potrubí  $v_v = 4.162 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\alpha$  ... Coriolisovo číslo  $\alpha = 1.05$

První vzájemná hloubka  $h_1$  (iterativně): 
$$h_{i+1} = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v + z_v - z_1 - h_i)}}$$

$q_1$  ... specifický průtok na začátku vývaru  $q_1 = \frac{Q}{b_1} = \frac{6.825}{2.5} = 2.73 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

$z_1$  ... kóta dna vývaru  $z_1 = 0 \text{ m}$

$Q$  ... posuzovaný průtok  $Q = 6.825 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$b_1$  ... šířka vývaru  $b_1 = 2.5 \text{ m}$

1. Iterace:  $h_1 = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_0)}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0)}} = 0.434 \text{ m}$

2. Iterace:  $h_2 = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_1)}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.434)}} = 0.489 \text{ m}$

3. Iterace:  $h_3 = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_2)}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.489)}} = 0.498 \text{ m}$

4. Iterace:  $h_4 = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_3)}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.498)}} = 0.500 \text{ m}$

5. Iterace:  $h_1 = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_0)}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.500)}} = 0.500 \text{ m}$

Druhá vzájemná hloubka  $h_2$ : 
$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cdot q_1^2}{g \cdot h_1^3}} - 1 \right) = \frac{0.5}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cdot 2.73^2}{9.81 \cdot 0.5^3}} - 1 \right)$$

$$h_2 = 1.511 \text{ m}$$

Typ vodního skoku:  $h_d < h_2 \rightarrow$  vodní skok oddálený

$h_d$  ... hloubka dolní vody  $h_d = 1.125 \text{ m}$

Míra vzduť  $\sigma \in (1.05; 1.10)$ :  $\sigma = \frac{h_d}{h_2} = \frac{1.125}{1.511} = 0.745$

Návrh hloubky vývaru  $d_N$ :  $d_1 = 1.1 \cdot h_2 - h_d = 1.1 \cdot 1.511 - 1.125 = 0.537 \text{ m}$   
 $d_N = 0.55 \text{ m}$

## Ověření návrhu

Energetická výška  $E_v'$ : 
$$E_v' = h_v + \frac{\alpha \cdot v_v^2}{2g} + d_N = 1.093 + \frac{1.05 \cdot 4.162^2}{2 \cdot 9.81} + 0.55 = 2.570 \text{ m}$$

První vzájemná hloubka  $h_1'$  (iterativně):

1. Iterace: 
$$h_1' = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_0)}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.570 - 0)}} = 0.384 \text{ m}$$

2. Iterace: 
$$h_2' = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_1')}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.384)}} = 0.417 \text{ m}$$

3. Iterace: 
$$h_3' = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_2')}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.417)}} = 0.420 \text{ m}$$

4. Iterace: 
$$h_4' = \frac{q_1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (E_v - h_3')}} = \frac{2.73}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (2.020 - 0.420)}} = 0.420 \text{ m}$$

Druhá vzájemná hloubka  $h_2$ : 
$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cdot q_1^2}{g \cdot h_1^3}} - 1 \right) = \frac{0.42}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cdot 2.73^2}{9.81 \cdot 0.42^3}} - 1 \right)$$

$$h_2 = 1.704 \text{ m}$$

Míra vzdutí  $\sigma \in \langle 1.05; 1.10 \rangle$ : 
$$\sigma = \frac{h_d + d_N}{h_2} = \frac{1.125 + 0.55}{1.704} = 1.09$$

## Návrh délky vývaru

Délka vývaru  $L_v$ : 
$$L_v = K \cdot (h_2 - h_1) = 5.0 \cdot (1.704 - 0.420) = 6.42 \text{ m}$$

$$h_2/h_1 = 1.704/0.420 = 4.06 \quad \rightarrow K = 5.0$$

Tab. 8.12 Hodnoty  $K$  pro výpočet délky vývaru podle Nováka

$h_2/h_1$	K
3 až 4	5.5
4 až 6	5.0
6 až 20	4.5
20 a více	4.0

Návrhová délka vývaru  $L_{vN} = 6.5 \text{ m}$ .

## 9 TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 9.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název projektu:	Poldr Glembovec
Charakter stavby:	suchá nádrž
Vodní tok:	DVT Mlýnka (levostranný přítok Glembovec)
Kraj:	Moravskoslezský
Objednatel:	Povodí Odry, s.p. Varenská 3101/49, 701 26 Ostrava
Investor:	Povodí Odry, s.p. Varenská 3101/49, 701 26 Ostrava
Zhotovitel:	dle výsledku výběrového řízení
Dodavatel:	dle výsledku výběrového řízení
Provozovatel:	Povodí Odry, s.p. Varenská 3101/49, 701 26 Ostrava
Správce:	Povodí Odry, s.p. Varenská 3101/49, 701 26 Ostrava

## 9.2 PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ

### 9.2.1 Geodetické podklady

Pro účely diplomové práce byl využit mapový vrstevnicový podklad ZABAGED, poskytnutým Českým zeměměřickým úřadem.

### 9.2.2 Geologické podklady

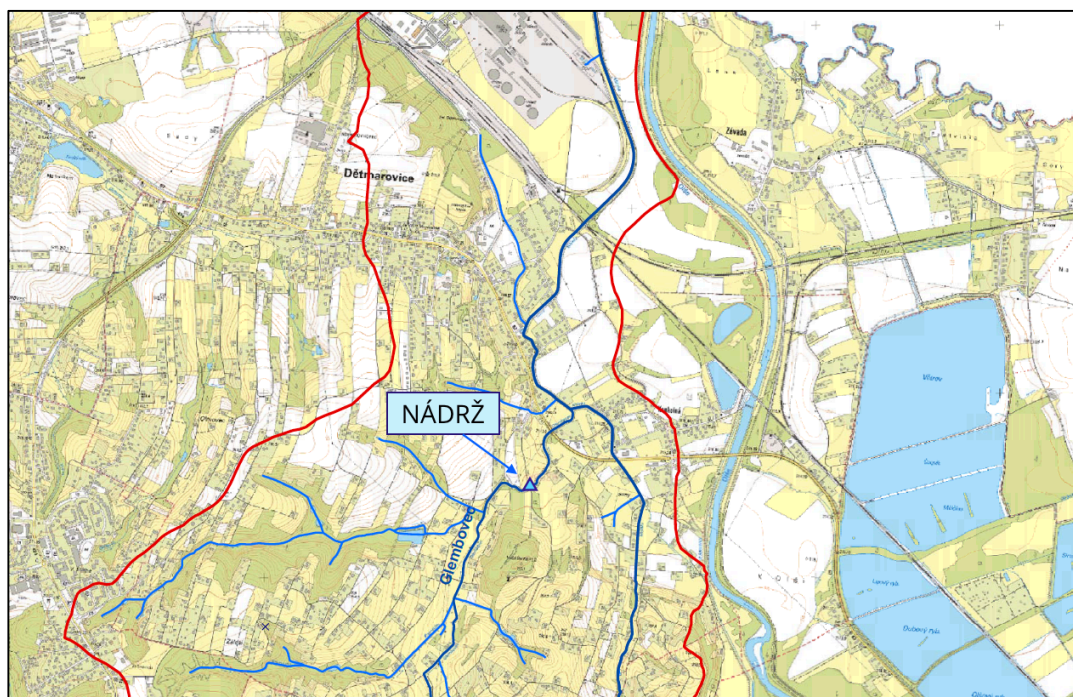
Geologické podklady budou dodány ve vyšších stupních projektové dokumentace jako samostatný dokument Inženýrsko-geologický průzkum zájmové oblasti.

### 9.2.3 Hydrologické podklady

Hydrologické údaje poskytl Český hydrometeorologický úřad a další část byla převzata ze Studie odtokových poměrů DVT Mlýnka [Nowak, 2013].

Drobný vodní tok Mlýnka ústí do řeky Olše a nachází v povodí řeky Odry. Rozloha činí pouhých 12,11 km<sup>2</sup>. Povodí má protáhlý tvar, číslo hydrologického pořadí dílčího povodí je 2-03-03-0710. Celková délka toku je 6,300 ř. km. Mlýnka má celkem pět přítoků, z toho významnými přítoky jsou Glembovec (ř. km 4,005) a Svodnice (ř. km 3, 392).

Navrhovaná suchá nádrž se nachází na přítoku Glembovec.

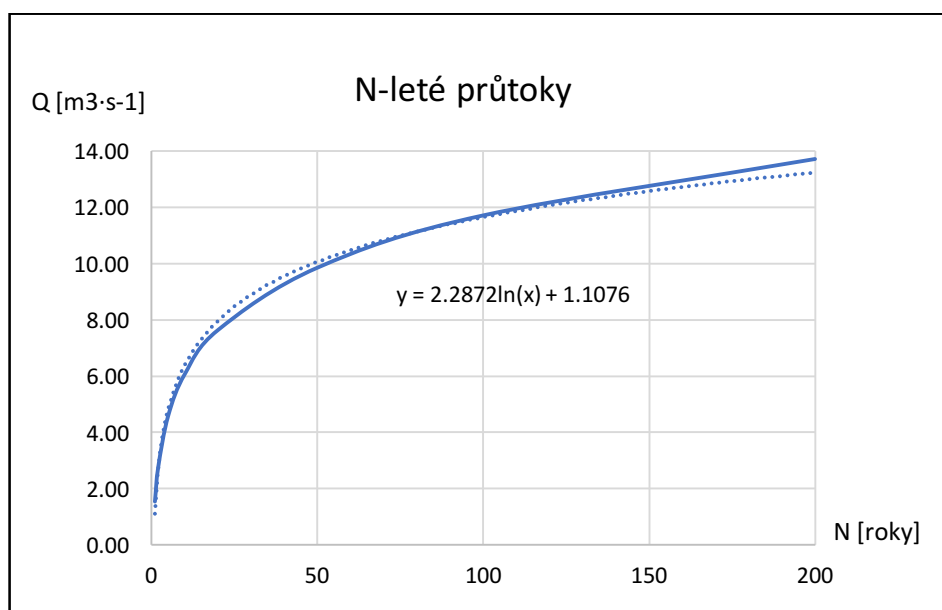


Obr. 9.1 Orientační vymezení zájmového území

## Průtoky

Tab. 9.1 N-leté průtoky Glembovec

$Q_N$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$
N	1	2	5	10	20	50	100	200
tok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$							
Glembovec	1.54	2.77	4.59	6.07	7.63	9.84	11.70	13.70



Obr. 9.2 Graf N-letých průtoků

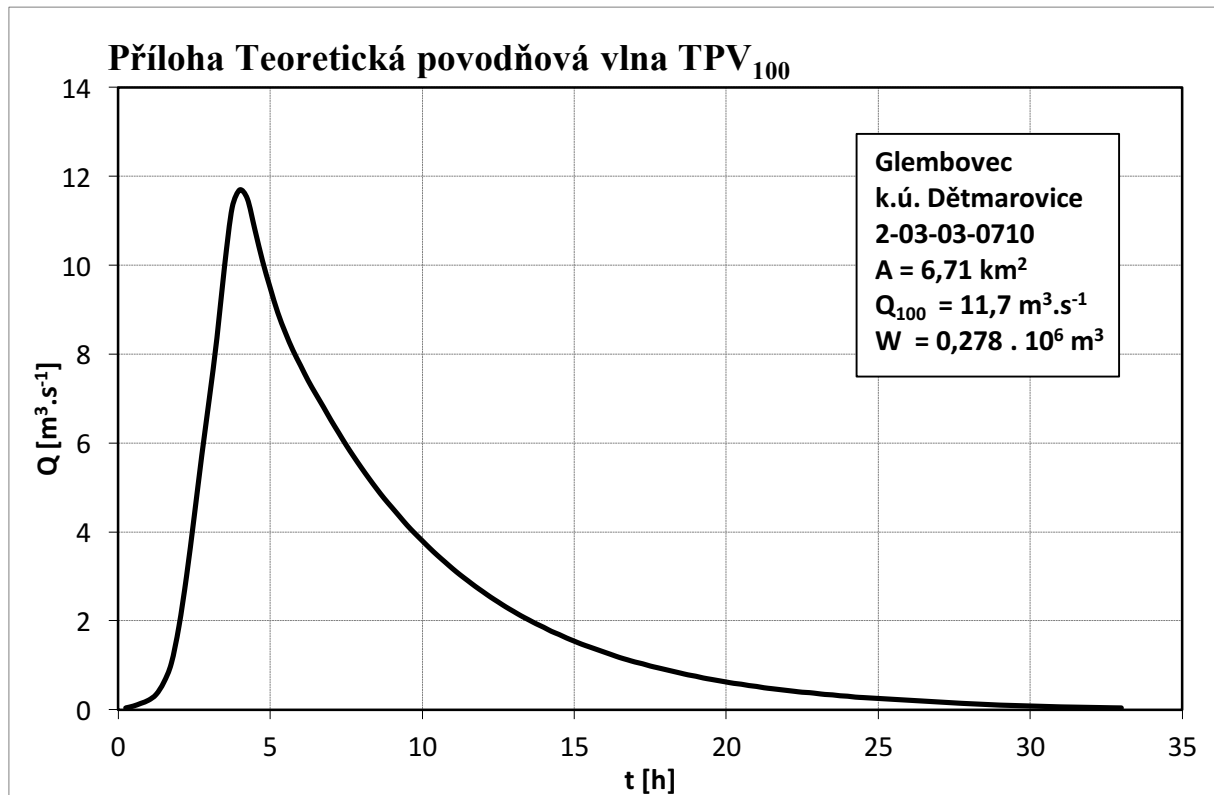
Tab. 9.2 Návrhové průtoky a objemy povodňových vln TPV<sub>100</sub> a TPV<sub>200</sub>

Katastrální území	Dětmarovice		TPV <sub>100</sub>	TPV <sub>200</sub>
ČHP	2-03-03-0710	$Q [m^3 \cdot s^{-1}]$	11.7	13.7
Plocha povodí	$A = 6,71 \text{ km}^2$	$W [m^3]$	$2.78E+05$	$3.28E+05$

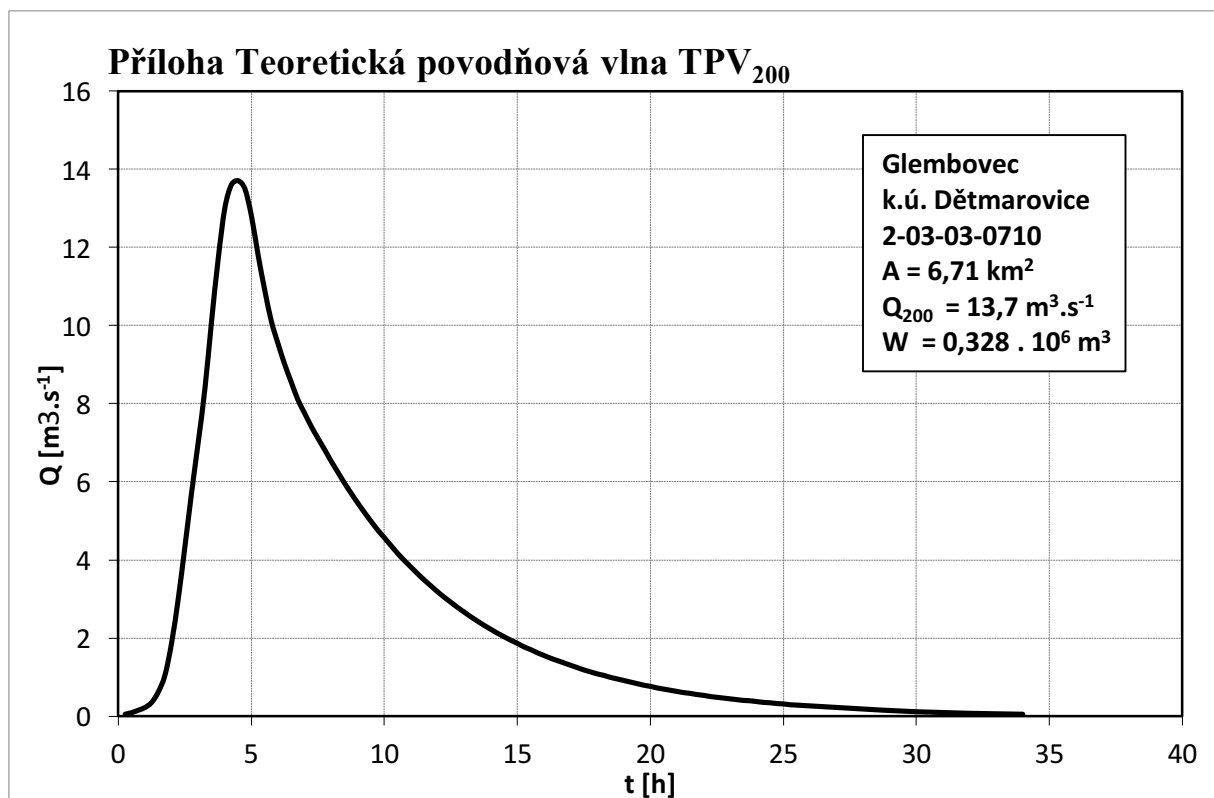
Tab. 9.3 Srovnání návrhových a transformovaných průtoků

	TPV <sub>100</sub>	TPV <sub>200</sub>
$Q_N [m^3 \cdot s^{-1}]$	11.7	13.7
$Q_{\text{transf}} [m^3 \cdot s^{-1}]$	5.1	8.1

## Hydrogramy teoretických povodňových vln



Obr. 9.3 Graf - Teoretická povodňová vlna TPV<sub>100</sub>



Obr. 9.4 Graf - Teoretická povodňová vlna TPV<sub>200</sub>

### 9.3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU ZÁJMOVÉ LOKALITY

Protipovodňové ochrana obce Dětmárovice (okres Karviná) a okolních obcí Koukolná a Doubrava je aktuálně na velmi nízké úrovni a nevyhovuje požadavkům platné legislativy. Kapacita koryt je ve velké části pod  $Q_5$ .

### 9.4 ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY

#### 9.4.1 Umístění stavby

Zájmové území se nachází v Moravskoslezském kraji v okrese Karviná. Oblast řešení se rozkládá na těchto katastrálních územích:

- Dětmárovice (KÚ 625965)
  - katastrální výměra 13,76 km<sup>2</sup>
  - počet obyvatel 4184 (r. 2016)
- Doubrava (KÚ 568864)
  - Katastrální výměra: 7,77 km<sup>2</sup>
  - Počet obyvatel: 1220 (r. 2016)

Povodí Mlýnky se nachází v silně urbanizované lokalitě, nalezení vhodného prostoru pro návrh suché nádrže bylo tedy velmi obtížné. Umístění nádrže bylo zvoleno na základě průzkumu terénu, s ohledem na bezpečnost vodního díla, účinnost stavby z hlediska ochrany před povodněmi, nákladu na zřízení a provoz stavby, vlivu na životní prostředí, vlivu na stávající využívání lokality a ochranu kulturních hodnot krajiny.

Prostor pro umístění suché nádrže se nachází v katastrálním území Dětmárovice, jedná se o průtočnou nádrž na největším z přítoků Mlýnky, Glembovci. Homogenní hráz nádrže se nachází necelých 0,3 ř. km před soutokem s Mlýnkou.

Dno uvažované nádrže leží na kótě 217,00 m n. m., koruna hráze se nachází na kótě 220,50 m n. m. a bezpečnostní přeliv je na úrovni 219,50 m n. m..

#### Výčet dotčených pozemků

Tab. 9.4 Výčet dotčených pozemků

Číslo parcely	Způsob využití	Druh pozemku	Výměra [m <sup>2</sup> ]	LV	KÚ
3339	koryto vodního toku přirozené nebo upravené	vodní plocha	2137	1008	625965 (Dětmárovice)
3328	ostatní komunikace	ostatní plocha	788	1182	
3341		orná půda	19616	1008	
3342		trvalý travní porost	574	1008	

3373	zamokřená plocha	vodní plocha	1532	1008
3375		zahrada	1572	1003
3377		zahrada	1420	886
3321/2		trvalý travní porost	1913	446
3321/3		trvalý travní porost	103	1182
3335/2		trvalý travní porost	4479	1182
3336/1	vodní nádrž přírodní	vodní plocha	1344	1182
3336/2	vodní nádrž přírodní	vodní plocha	212	628
3336/3		orná půda	3263	1003
3336/4	vodní nádrž přírodní	vodní plocha	2690	886
3336/5	vodní nádrž přírodní	vodní plocha	2901	1485
3336/6	vodní nádrž přírodní	vodní plocha	2822	1484
3337/1	zamokřená plocha	vodní plocha	217	1182
3337/2		orná půda	469	1003
3338/2	koryto vodního toku přirozené nebo upravené	vodní plocha	50	1008
3338/4	koryto vodního toku přirozené nebo upravené	vodní plocha	80	1008
3344/2	koryto vodního toku přirozené nebo upravené	vodní plocha	267	446

#### 9.4.2 Účel a předmět stavby

Předmětem stavby je Poldr Glembovec, který má sloužit jako protipovodňové opatření pro obce Koukolná, Doubrava a Olše.

#### 9.4.3 Hydrotechnické výpočty

Viz. Kap. 8 Hydrotechnické výpočty

### 9.5 STAVEBNÍ ČÁSTI

- SO 1 Sypaná hráz
- SO 2 Odpadní štola
- SO 3 Vtokový objekt
- SO 4 Výtokový objekt
- SO 5 Koryto před vtokovým objektem (v zátopě)
- SO6 Odpadní koryto po soutoku
- SO7 Související objekty (cesty, chodníky, oplocení...)

## 9.6 PROVÁDĚNÍ STAVBY

### 9.6.1 První etapa – úprava prostoru zátopy, S01 Hráz

Prvním krokem bude odstranění dřevin z prostoru zátopy a z plochy určené ke stavbě tělesa hráze, funkčních objektů. Převážně se jedná o náletové keře nízkého vzrůstu přibližně do 3 m. Ojediněle o vzrostlejší dřeviny. Pokud bude možné některé vzrostlé stromy přemístit, bude vynaložena snaha o jejich vhodné přesazení. Z prostoru, kde bude v budoucnosti vybudováno těleso hráze, funkční objekty a nová upravená koryta toku, bude sejmutá ornice o mocnosti 20–30 cm. Ornice bude umístěna na dočasnou skládku deponie a následně bude využita k ohumusování hráze.

#### Základní technické údaje hráze:

Kóta koruny hráze:	220.50 m n. m.
Kóta retenčního prostoru ovladatelného:	219.50 m n. m.
Kóta retenčního prostoru neovladatelného:	219.90 m n. m.
Kóta dna nádrže:	217.00 m n. m.
Maximální výška hráze:	4.5 m
Délka hráze:	188 m
Šířka koruny hráze	3.5 m
Sklon návodního svahu:	1:3.5
Sklon vzdušného svahu:	1:2.5

Hráz suché nádrže bude vybudována jako zemní sypaná hráz, materiál pro výstavbu hráze bude odebírán z prostoru zátopy. Základové spáry musí být řádně očištěny, bez zbytků kořenů, náhodných kamenů. Plocha bude srovnána a zhutněna. Základovou spáru je nutné nechat geologicky posoudit. Filtrační stabilitu hráze zajišťuje zavazovací zámek šířky 3.0 m a sklonem svahu 1:1. Celková výška hráze je navržena 4.5 m a hráz má délku 188 m. Kóta paty hráze se nachází na kótě 216.00 m n. m..

Sklon svahu hráze jsou navrženy pro návodní líc 1:3.5 a pro vzdušný líc 1:2.5. Návodní líc bude opevněn kamennou rovinou, hmotnost zrna do 80 kg, tloušťka vrstvy 300 mm, pod opevněním bude vytvořena vrstva filtračního násypu, tloušťka vrstvy 100 mm. Vzdušný líc bude ohumusován a oset travní krajinnou směsí, tloušťka vrstvy 150 mm. V patě hráze bude umístěn patní drén s průměrem DN200 pro odvod průsakových vod. Obsyp patního drénu bude tvořen štěrkopískovým filtrem. Ukládání zeminy bude prováděno postupně po vrstvách cca 100 mm, bude prováděno hutnění. Hutněním musí být dosaženo snížení objemové hmotnosti sušiny o alespoň 5 % (dle Proctorovy zkoušky).

Koruna hráze se nachází na kótě 220.50 m n. m.. Celková návrhová šířka koruny hráze dosahuje 3.5 m. Na zhutněnou zemní pláň bude v šířce 1.5 m na každou stranu od osy hráze uložen pískový podsyp o tloušťce vrstvy 200 mm a na něj bude uložen štěrkový

násyp tloušťky 300 mm. Vytvořená konstrukce obslužné komunikace bude napojena na stávající systém komunikace v blízkosti hráze.

### **9.6.2 Druhá etapa – SO 2 Odpadní štola**

Odpadní štola je navržena jako obdélníková konstrukce o rozměrech 1.5 x 1.7 m (z toho 0.6 m je pro provzdušnění a bezpečnostní rezerva) s podélným sklonem 1 %. Bude tvořena ze základové monolitické železobetonové konstrukce – dno odpadní štoly. Stěny a strop budou tvořeny nadzákladovou monolitickou železobetonovou konstrukcí. Na vyústění z nádrže bude strop opatřen betonovou římsou.

### **9.6.3 Třetí etapa – SO 3 Vtokový objekt**

Vtokový objekt tvoří spodní výpust opatřená česlemi, které chrání vtokový objekt před naplaveninami. Jedná se o objekt sloužící k vyprázdnění nádrže, k převádění běžných průtoků a k převádění redukovaných průtoků při zvýšených průtocích. Vtokový objekt bude navržen jako monolitická železobetonová konstrukce.

Průměr spodní výpusti byl výpočtem stanoven na DN1000. Spodní výpust bude opatřena manipulovatelným hrazením pro případ nutnosti čištění a oprav, v běžném období využívání nádrže zcela otevřeno. Tento uzávěr bude zabezpečen proti neoprávněné manipulaci cizích osob. Sklon spodní výpusti byl navržen 2 %. Nátok do spodní výpusti bude na kótě paty hráze 216.00 m n. m.. Na vtokový objekt přímo navazuje odpadní štola.

Bezpečnostní přeliv má délku přelivné hrany 7 m (respektive dvakrát 3.5 m). Přelivná hrana je zaoblená a tloušťka stěny v horní části je 0.4 m. Sklon stěn je navržen 1:10, tloušťka přelivné stěny se zvětšuje směrem ke dnu. Kapacita bezpečnostního přelivu je dimenzovaná na transformovaný kontrolní průtok snížený o účinek spodních výpustí. Bezpečnostní přeliv bude umístěn na kótě 219.50 m n. m..

### **9.6.4 Čtvrtá etapa – SO 4 Výtokový objekt**

Na vyústění odpadní štoly bude navazovat vývar. Vývar je navržen o těchto rozměrech: šířka 2.5 m, hloubka 0.55 m a délka vývaru je 6.5 m. Dno vývaru bude opevněno záhozem z lomového kamene, tloušťka vrstvy 300 mm, pod touto vrstvou bude podkladní beton o tloušťce 150 mm a základová monolitická železobetonová konstrukce.

### **9.6.5 Pátá etapa – SO 5 Koryto před vtokovým objektem (v zátopě)**

Pro rychlé odvedení vody z prostoru zátopy bude původní koryto narovnáno a zahloubeno do dna nádrže. Tvar koryta je lichoběžník se sklonem stěn 1:1. Upravené

koryto má celkovou délku 335 m je rozdělen na dva úseky. První úsek je dlouhý 135 m a má podélný sklon 0.7 %, druhý úsek je 200 m dlouhý a jeho podélný sklon je 0.3 %. Staničení 0,000 ř. km tohoto koryta se nachází přímo u paty hráze na kótě 216 m n. m.. Rozměry koryta jsou navrženy – šířka ve dně 1.4 m a hloubka koryta 1.1 m. Na stěnách a dně nového koryta bude provedeno ohumusování a osetí.

### **9.6.6 Šestá etapa – SO 6 Odpadní koryto**

Koryto je navrženo jako lichoběžníkové se sklonem svahů 1:1. Rozměry koryta jsou: šířka ve dně 1.5 m a hloubka koryta 1.2 m. Podélný sklon odpadního koryta je 1 %. Opevnění dna a stěn bude řešeno záhozem z lomového kamene.

### **9.6.7 Sedmá etapa – SO 7 Související objekty**

Bude vybudováno několik únikových cest pro případný únik osob, či zvíře z prostoru zátopy při vzniku nebezpečí (stoupání hladiny). Tyto únikové cesty jsou vhodně zakomponovány do nádrže, tak aby nenarušily funkci nádrže a estetický ráz krajiny. Jsou navrženy z přírodě blízkých materiálů.

Dále je součástí návrhu také příjezdová komunikace pro údržbu funkčních objektů a prostoru zátopy. Především pro účely zajištění pravidelného čištění česlí.

Na vtokovém objektu je umístěna lávka pro přístup k manipulaci s uzávěry. Lávka je navržena se zábradlím výšky 1 m. Podél vtokového objektu budou na hrázi umístěny schůdky pro snadný přístup do zátopy.

## **9.7 TECHNOLOGICKÁ ČÁST**

Na vtokovém objektu bude umístěn uzávěr spodní výpusti. Manipulace s tímto uzávěrem se provádí výhradně dle manipulačního řádu, kvalifikovanou osobou. V době, kdy se uzávěr nevyužívá, je zabezpečen proti manipulaci neoprávněnými osobami.

## **9.8 PROVOZ A BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ**

U suchých nádrží je nutné již při výstavbě pečlivě sledovat dodržení technologických postupů a použití kvalitních materiálů, jelikož ve většině případů není možné provést zkušební provoz. Stabilita a chování nádrže se tedy často ověří až při první větší povodni, proto je nutné zajištění kvalitní údržby.

Údržba spočívá především v čištění česlí, případně spodních výpustí. Dále může zarůstat svah hráze náletovými dřevinami, které je nutno odstranit. Je-li svah pravidelně sečen, je vhodné posečené zbytky odvézt z prostoru zátopy.

Manipulace s uzávěrem spodní výpusti se řídí manipulačním řádem.

Bezpečnostní opatření nádrže jsou součástí stavební části. Jsou to především únikové cesty, zábradlí a zabezpečení ovládání manipulace.

## 9.9 VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Suchá nádrž bude mít zanedbatelný vliv na životní prostředí a veřejné zdraví. Při provozu nádrže se neprojeví žádné významnější negativní vlivy. Jediným omezením je minimální změna migračních cest podél toku, která však není nikterak významná pro životní prostředí dané oblasti. Nádrž se svým přírodě blízkým návrhem začlení do terénu a do porostů v lokalitě.

Odpadové hospodářství u suchých nádrží je zcela minimální. Jediným pravidelným odpadem jsou naplaveniny zachycené na česlích, které budou v rámci údržby pravidelně odstraňovány a odvezeny ke vhodnému zpracování odpadů.

## 9.10 LITERATURA

- [1] ŘÍHA, Jaromír. Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7212-600-2.
- [2] TNV 75 2415 Suché nádrže
- [3] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

*V Brně, 13.1.2017  
Bc. Adéla Řeháková*

## 10 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl vodohospodářský návrh suché nádrže jako forma protipovodňové ochrany obce Dětmarovice. Podkladem pro vypracování byla průtoková řada a povodňové vlny  $TPV_{100}$  a  $TPV_{200}$  v daném profilu na toku Glembovec.

Nádrž byla navržena jako průtočná s výškou hráze 4.5 m. Funkčními objekty hráze, které transformují povodňové vlny, jsou spodní výpust DN1000 a bezpečnostní přeliv. Tyto objekty jsou navrženy jako sdružený vtokový objekt, na který navazuje odpadní štolou. Za odpadní štolou, na výtoku z tělesa hráze, je navrženo umístění vývaru k uklidnění kinematické energie a následuje odpadní koryto. V prostoru zátopy je navrženo narovnání toku a vybudování nového lichoběžníkového koryta pro rychlý odvod vody z prostoru zátopy a přímé navedení koryta ke vtokovému objektu.

Povodňová vlna  $TPV_{100}$  je transformována z  $Q_{100} = 11.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na  $Q_{100tr} = 4.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Kóta hladiny v nádrži při  $Q_{100tr}$  je  $M_{100tr} = 219.43 \text{ m n.m.}$  a objem vody v nádrži dosahuje hodnoty  $V_{100max} = 88\,025 \text{ m}^3$ . Celý objem vody v nádrži převede spodní výpust.

Na kótě  $H_{bp} = 219.50 \text{ m n.m.}$  je navržena hrana bezpečnostního přelivu o celkové délce 7 m. Povodňová vlna  $TPV_{200}$  je transformována spolupůsobením spodní výpusti a bezpečnostního přelivu z  $Q_{200} = 11.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na  $Q_{200tr} = 6.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Kóta hladiny v nádrži při  $Q_{200tr}$  je  $M_{200tr} = 219.84 \text{ m n.m.}$  a objem vody v nádrži dosahuje hodnoty  $V_{100max} = 116\,408 \text{ m}^3$ .

Transformovaný průtok  $Q_{100tr} = 4.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  je jen nepatrně vyšší než hodnota  $Q_5 = 4.59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , požadovaná míra zabezpečení  $Q_{20}$  je tedy splněna. Transformovaný průtok  $Q_{200tr} = 6.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  se nachází mezi hodnotami  $Q_{10} = 6.1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a  $Q_{20} = 7.6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Porovnání nového a původního návrhu suché nádrže není možné řešit přímým srovnáním, jelikož nový návrh nádrže vychází z jiných podkladů, výpočet je proveden jinou metodou a je zpřesněn.

V původním návrhu bylo dosaženo snížení návrhového průtoku  $Q_{100}$  o 40 %, zatímco v novém návrhu je to o 60 %. Snížení u kontrolního průtoku je taktéž výraznější, průtok  $Q_{200}$  je u nového návrhu transformován na 50 %, zatímco u původního návrhu došlo ke snížení o 39 %. Z těchto výsledků je patrné, že nový návrh nádrže má vyšší efektivitu než návrh původní. Pro přehlednost uvádím výsledky porovnání ještě v tabulce níže.

Tab. 10.1 Srovnání procentuálního snížení průtoku vlivem transformace

	$Q_{100}$	$Q_{200}$
původní návrh	40.5 %	39.4 %
nový návrh	60.1 %	50.2 %

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŘEHÁKOVÁ, Adéla. *Návrh opatření proti povodním v povodí drobného vodního toku Mlýnka*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miloš Starý, CSc..
- [2] ŘÍHA, Jaromír. *Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7212-600-2.
- [3] NOWAK, J.. *Studie odtokových poměrů DVT Mlýnka*. Ostrava, 2013.
- [4] DOLEŽAL, Petr. *Malé vodní a suché nádrže: TP 1.19 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2011. ISBN 978-80-86364-16-2.
- [5] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- [6] TNV 75 2415 Suché nádrže
- [7] JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.
- [8] VRÁNA, K., BERAN J., *Rybníky a účelové nádrže*, Praha, 2008
- [9] STARÝ, M., *Hydrologie – Modul 01*, © Vysoké učení technické, Brno, 2005
- [10] STARÝ, M., *Hydrologie – Modul 02*, © Vysoké učení technické, Brno, 2005
- [11] STARÝ, M., *Nádrže a vodohospodářské soustavy*, © Miloš Starý, Brno, 2006

## SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Pravděpodobnost překročení kulminace návrhové povodně .....	14
Tab. 3.2 Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl při povodni .....	14
Tab. 3.3 N-leté průtoky v profilu Glembovec.....	19
Tab. 8.1 Batygrafické křivky .....	37
Tab. 8.2 Teoretická povodňová vlna TPV100 – Q(t), V(t), O(t) .....	38
Tab. 8.3 Teoretická povodňová vlna TPV200 – Q(t), V(t), O(t) .....	42
Tab. 8.4 Použité vzorce pro návrh spodních výpustí (volná hladina) .....	47
Tab. 8.5 Tabulka výpočtu spodních výpustí (volná hladina) .....	48
Tab. 8.6 Tabulka výpočtu spodních výpustí (tlakový režim) .....	48
Tab. 8.7 Vypočtené hodnoty Q(h) .....	50
Tab. 8.8 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v odpadní štole .....	51
Tab. 8.9 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v úseku č.1 .....	52
Tab. 8.10 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v úseku č.2 .....	53
Tab. 8.11 Průtoky pro jednotlivé výšky plnění v odpadním korytě.....	54
Tab. 8.12 Hodnoty K pro výpočet délky vývaru podle Nováka.....	56
Tab. 9.1 N-leté průtoky Glembovec .....	59
Tab. 9.2 Návrhové průtoky a objemy povodňových vln TPV <sub>100</sub> a TPV <sub>200</sub> .....	59
Tab. 9.3 Srovnání návrhových a transformovaných průtoků .....	59
Tab. 9.4 Výčet dotčených pozemků .....	61
Tab. 10.1 Srovnání procentuálního snížení průtoku vlivem transformace .....	67

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Základní mapa zájmové oblasti.....	16
Obr. 3.2 Ortofoto mapa zájmové oblasti .....	17
Obr. 3.3 Vodohospodářská mapa zájmového oblasti .....	17
Obr. 3.4 Ústí Dětmarovické Mlýnky do Olše [3] .....	18
Obr. 3.5 Úsek přítoku Glembovec ř – km 4.005 (Mlýnka vlevo) [3].....	18
Obr. 3.6 Graf - Teoretická povodňová vlna $TPV_{100}$ .....	19
Obr. 3.7 Graf - Teoretická povodňová vlna $TPV_{200}$ .....	19
Obr. 3.8 Mezní čáry zrnitosti zemin [1] .....	20
Obr. 4.1 Rozdělení prostorů a hladin v nádrži [6].....	22
Obr. 4.2 Schéma pro výpočet průsaku homogenní hrází na nepropustném podloží [4] .	23
Obr. 4.3 Účinnost různě velkého ochranného prostoru – úplná (vlevo) a částečná (vpravo) transformace povodňové vlny [1].....	24
Obr. 4.4 Ponořený vtokový objekt spodní výpusti [1] .....	25
Obr. 4.5 Věžový vtokový objekt spodní výpusti [1] .....	25
Obr. 5.1 Homogenní hráz s drenážní patkou [1] .....	29
Obr. 5.2 Nehomogenní hráz s těsnícím prvkem (vlevo - střední, vpravo - při návodním svahu) .....	29
Obr. 5.3 Mezní čáry zrnitosti zemin [1] .....	30
Obr. 8.1 Schéma rozdělení prostorů v nádrži .....	36
Obr. 8.2 Batygrafické křivky.....	37
Obr. 8.3 Graf Teoretické povodňové vlny $TPV_{100}$ a její transformace .....	46
Obr. 8.4 Graf Teoretické povodňové vlny $TPV_{200}$ a její transformace .....	46
Obr. 8.5 Kruhový průřez potrubí [7] .....	47
Obr. 8.6 Graf konzumpční křivky spodní výpusti.....	48
Obr. 8.7 Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu .....	50
Obr. 8.8 Konzumpční křivka odpadní štoly.....	51
Obr. 8.9 Konzumpční křivka koryta v zátopě – úsek č.1.....	53
Obr. 8.10 Konzumpční křivka koryta v zátopě – úsek č.2 .....	53
Obr. 8.11 Konzumpční křivka odpadního koryta .....	54
Obr. 9.1 Orientační vymezení zájmového území .....	58
Obr. 9.2 Graf N-letých průtoků .....	59
Obr. 9.3 Graf - Teoretická povodňová vlna $TPV_{100}$ .....	60
Obr. 9.4 Graf - Teoretická povodňová vlna $TPV_{200}$ .....	60

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR	... Česká republika
ČSN	... Česká technická norma
TNV	... Technická norma vodního hospodářství
ČHMÚ	... Český hydrometeorologický úřad
ČÚZK	... Český úřad zeměměřický a katastrální
VÚV TGM	... Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
DN	... jmenovitá světlost potrubí
ř. km	... říční kilometr
GIS	... geografický informační systém
DMT	... digitální model terénu
DIBAVOD	... Digitální báze vodohospodářských dat
ZABAGED	... Základní báze geografických dat

$P$	... plocha povodí [ $\text{km}^2$ ]
$H$	... průměrná nadmořská výška [ $\text{m n. m.}$ ]
$L$	... délka toku [ $\text{km}, \text{m}$ ]
$\omega$	... koeficient tvaru povodí
$i$	... průměrný sklon [ - , %]
$\lambda$	... zalesněnost [%]
$Q$	... průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_5$	... 5-letý průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_{10}$	... 10-letý průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_{20}$	... 20-letý průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_{50}$	... 50-letý průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_{100}$	... 100-letý průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_{200}$	... 100-letý průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_{\text{bez}}$	... průtok bez nádrže [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$Q_s$	... průtok s nádrží [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$\Delta Q$	... rozdíl průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$L$	... vzdálenost mezi horní a dolní kótou [ $\text{m}$ ]
$i$	... průměrný sklon zavěšené plochy [ % ]
$B$	... šířka koryta při dně [ $\text{m}$ ]
$H$	... hloubka koryta [ $\text{m}$ ]
$G$	... šířka inundačního území [ $\text{m}$ ]
$F$	... plocha zavěšené plochy [ $\text{m}^2$ ]
$e$	... charakter území
$t$	... doba trvání deště [ $\text{min}$ ]
$T$	... doba odtoku [ $\text{min}$ ]
$i$	... intenzita deště [ $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]

$n$	... periodičita
$v_s$	... střední rychlost postupu vody [ $m \cdot s^{-1}$ ]
$V_i$	... dílčí objem mezi dvěma sousedními vrstevnicemi [ $m^3$ ]
$S_i$ a $S_{i+1}$	... plochy omezené vrstevnicemi $i$ a $i+1$ [ $m^2$ ]
$\Delta h$	... výškový rozdíl mezi vrstevnicemi o kótách $i$ a $i+1$ [ $m$ ]
$H_d$	... hodnota denního výparu [ $mm \cdot d^{-1}$ ]
$T$	... průměrná měsíční teplota vzduchu [ $^{\circ}C$ ]
$W_r$	... průměrná měsíční relativní vlhkost [%]
$q$	... specifický průsak na 1 m délky hráze [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ ]
$K$	... součinitel hydraulické vodivosti zeminy [ $m \cdot s^{-1}$ ]
$H$	... výška vody v nádrži [ $m$ ]
$H_{HRÁZ}$	... kóta koruny hráze [ $m$ n. m.]
$H_{DNO}$	... kóta dna nádrže [ $m$ n. m.]
$M_{RO}$	... kóta přelivné hrany [ $m$ n. m.]
$M_{MAX}$	... kóta maximální hladiny [ $m$ n. m.]
$n$	... drsnost potrubí
$g$	... tíhové zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]
$\alpha$	... Coriolisovo číslo
$A$	... průtočná plocha [ $m^2$ ]
$O$	... omočený obvod [ $m$ ]
$R$	... hydraulický poloměr [ $m$ ]
$C$	... rychlostní součinitel [ $m^{0.5} \cdot s^{-1}$ ]
$b$	... šířka hladiny [ $m$ ]
$v$	... průtočná rychlost [ $m \cdot s^{-1}$ ]
$u$	... unášecí rychlost [ $Pa$ ]
$Fr$	... Froudovo kritérium
$h$	... výška přepadového paprsku [ $m$ ]
$b_k$	... konstrukční délka přelivné hrany [ $m$ ]
$z_v$	... kóta dna odpadní chodby na výtoku [ $m$ ]
$h_v$	... hloubka vody na konci odp. chodby [ $m$ ]
$v_v$	... rychlost vody na konci odp. chodby [ $m \cdot s^{-1}$ ]
$z_1$	... kóta dna vývaru [ $m$ ]
$d$	... hloubka vývaru [ $m$ ]
$b_1$	... šířka vývaru [ $m$ ]
$E_v$	... energetická výška [ $m$ ]
$q_1$	... specifický průtok [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]
$h_1$	... první vzájemná hloubka [ $m$ ]
$h_2$	... druhá vzájemná hloubka [ $m$ ]
$\sigma$	... Míra vzdutí
$L_v$	... Délka vývaru [ $m$ ]

## SEZNAM PŘÍLOH

- A.1. Situace nádrže
- A.2. Vzorový výkres sdruženého objektu – půdorys
- A.3. Vzorový výkres sdruženého objektu – řez