



# 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 TRŠICE

WATER MANAGEMENT SOLUTION OF TRŠICE RESERVOIR

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Chyba

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILOŠ STARÝ, CSc.

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Martin Chyba
<b>Název</b>	Vodohospodářské řešení vodní nádrže Tršice
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

---

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

- 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
- Stávající manipulační řád vodní nádrže Tršice (poskytne Povodí Moravy, státní podnik)
- Základní hydrologická data (poskytne Povodí Moravy, státní podnik a ČHMÚ Brno)
- Plán oblasti povodí Moravy, 2010-2015, Povodí moravy, státní podnik
- Mapové podklady dostupné na internetu
- Chyba, M.: Vodohospodářské řešení malé vodní nádrže Tršice, bakalářská práce, VUT FAST Brno, 2018

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Diplomová práce navazuje na předchozí bakalářskou práci. Jejím předmětem je dopracování vodohospodářského řešení malé vodní nádrže Tršice. Z hlediska zásobení vodou je třeba vyřešit možné zvýšení nejlepšího odtoku ve vegetačním období s ohledem na zvýšení přelivné hrany bezpečnostního přelivu. V rámci zabezpečení ochranné funkce bude práce zaměřena na otestování transformačního účinku řešené nádrže a níže položeného rybníku, které tvoří kaskádu nádrží.

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci s názvem Vodohospodářské řešení malé vodní nádrže Tršice. Předmětem práce je dopracování vodohospodářského řešení na nádrži Tršice. Z hlediska zásobní funkce nádrže, půjde o zjištění možného navýšení odtoku pro závlahu ve vegetačním období různých plodin. Z hlediska ochranné funkce půjde o transformaci povodňových vln nádrží Tršice a níže položených rybníků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Nádrž, kaskáda nádrží, vodohospodářské řešení, zásobní objem, závlaha, ochranná funkce, povodňová vlna, transformace povodňové vlny, Tršice, Farganík, Zámecký rybník

## **ABSTRACT**

The master thesis follows the bachelor's thesis entitled Water management solution of a small water Tršice reservoir. The object of the work is the completion of the water management solution at the Tršice reservoir. In the terms of the storage function of the reservoir, it will be a question of finding a possible increase of runoff for irrigation in the growing season of various crops. In the terms of the protective function, it will be a transformation of flood waves of Tršice reservoirs and below ponds.

## **KEYWORDS**

Reservoir, cascade of reservoirs, water management solution, storage tank, irrigation, protective function, flood wave, transformation of flood wave, Tršice, Farganík, Zámecký rybník

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Martin Chyba *Vodohospodářské řešení vodní nádrže Tršice*. Brno, 2021. 101 s., 101 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miloš Starý, CSc.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Vodohospodářské řešení vodní nádrže Tršice* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 4. 1. 2021

---

Bc. Martin Chyba  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vodohospodářské řešení vodní nádrže Tršice* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 4. 1. 2021

---

Bc. Martin Chyba  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Miloši Starému, CSc. za odbornou pomoc, cenné rady, ochotu a trpělivost při zpracování této diplomové práce. V této nelehké době to bylo obzvlášť náročné. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a kamarádům za podporu po celou dobu mého studia.

# OBSAH

1	Úvod.....	5
2	Cíl práce.....	6
3	Shrnutí bakalářské práce.....	7
4	Charakteristika území.....	9
4.1	Olomoucký kraj.....	9
4.2	Obec Tršice.....	10
5	Charakteristika nádrží.....	11
5.1	Nádrž Tršice.....	11
5.1.1	Historie vodního díla.....	11
5.1.2	Technické parametry.....	12
5.1.3	Hráz.....	13
5.1.4	Sdružený objekt.....	13
5.1.5	Manipulace s vodou.....	13
5.1.5.1	Hospodaření s vodou a dodržování hladin.....	13
5.1.5.2	Minimální průtok pod vodním dílem.....	14
5.1.5.3	Vypouštění nádrže.....	14
5.1.5.4	Manipulace v zimním období.....	14
5.1.5.5	Manipulace za povodní.....	14
5.1.5.6	Spolupráce s ostatními vodními díly.....	15
5.1.6	Hydrologické údaje.....	15
5.1.7	Fotodokumentace.....	16
5.2	Rybník Farganík.....	17
5.3	Zámecký rybník.....	18
6	Metody.....	19
6.1	Řízení odtoku.....	19
6.1.1	Zabezpečení řízeného odtoku.....	21
6.1.2	Zabezpečení nalepšeného odtoku.....	22
6.1.2.1	Vzájemný vztah jednotlivých ukazatelů zabezpečení nalepšeného odtoku a jejich vztah k ekonomickým řešením.....	22
6.1.3	Zabezpečení nepřekročení neškodného odtoku.....	23
6.2	Podklady nutné pro stanovení parametrů řízení odtoku.....	24



6.2.1	Podklady popisující kapacitu vodních zdrojů.....	24
6.2.2	Podklady vyjadřující nároky uživatelů vody.....	25
6.2.2.1	Dolní hranice variačního rozpětí.....	25
6.2.2.2	Horní hranice variačního rozpětí.....	26
6.2.3	Podklady morfologické, hydrologické a ostatní podklady.....	26
6.3	Nádrže.....	27
6.3.1	Rozdělení nádrží podle vzniku a umístění.....	27
6.4	Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže.....	28
6.4.1	Simulace.....	29
6.4.2	Simulační model.....	29
6.4.3	Úloha typu $P = F_2(O_p, V_z)$ .....	30
6.4.3.1	Počtení řešení.....	30
6.4.3.2	Grafické řešení.....	31
6.5	Ochranná funkce nádrže.....	33
6.5.1	Povodňové řízení odtoku při využití retenčního prostoru ovladatelného.....	33
6.5.2	Povodňové řízení odtoku při využití retenčního prostoru neovladatelného.....	33
6.5.3	Využití ochranného účinku zásobního prostoru nádrže.....	33
6.5.4	Metoda Runge – Kutta.....	34
7	Vstupní data.....	36
7.1	Průtoková řada.....	36
7.2	Batygrafické čáry.....	37
7.3	Funkční prostory nádrže.....	39
7.4	Hydrogram povodně.....	40
8	Programy.....	43
8.1	UNCE RESERVOIR.....	43
8.2	Program HYDROG.....	43
9	Aplikace.....	44
9.1	Zásobní funkce.....	44
9.1.1	Nalepšený odtok mimo vegetační období se rovná MZP.....	46
9.1.2	Výpočet zabezpečení při závlaze různých plodin.....	47
9.1.2.1	Odběr vody pro závlahu sadu – jádroviny.....	48
9.1.2.2	Odběr vody pro závlahu sadu – peckoviny.....	51
9.1.2.3	Odběr vody pro závlahu zahrad – drobné ovoce.....	55

9.1.2.4	Odběr vody pro závlahu chmelnic.....	57
9.1.2.5	Odběr vody pro závlahu cukrové řepy.....	60
9.2	Ochranná funkce.....	64
9.2.1	Zvýšení transformačního účinku nádrže Tršice.....	66
9.2.2	Transformace povodně nádrží Tršice a Zámeckým rybníkem .....	69
9.2.2.1	Transformace stoleté povodně.....	69
9.2.2.2	Transformace tisícileté povodně .....	71
9.2.3	Transformace povodně nádrží Tršice, rybníkem Farganík a Zámeckým rybníkem .....	72
9.2.3.1	Transformace stoleté povodně.....	72
9.2.3.2	Transformace tisícileté povodně .....	74
9.2.4	Transformace dvacetileté povodně.....	75
9.2.5	Transformace padesátileté povodně .....	76
10	Shrnutí výsledků.....	77
10.1	Zásobní funkce .....	77
10.2	Ochranná funkce.....	78
11	Závěr .....	79
12	Seznam použitých zdrojů .....	80
12.1	Seznam použitých norem, vyhlášek a zákonů.....	80
12.2	Doplňkové elektronické zdroje.....	80
13	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	81
14	Seznam použitých obrázků.....	81
15	Seznam použitých grafů.....	82
16	Seznam použitých tabulek.....	83
17	Seznam příloh uložených na cd.....	86
17.1	Změna délky přílivné hrany .....	86
17.1.1	Transformace $Q_{100}$ .....	86
17.1.1.1	Transformace při uzavřených výpustech .....	86
17.1.1.2	Transformace při otevřených výpustech.....	86
17.1.2	Transformace $Q_{1000}$ .....	87
17.1.2.1	Transformace při uzavřených výpustech .....	87
17.1.2.2	Transformace při otevřených výpustech.....	87
17.2	Transformace povodně nádrží Tršice a Zámeckým rybníkem.....	88

17.2.1	Transformace $Q_{100}$ .....	88
17.2.1.1	Transformace při uzavřených výpustech .....	88
17.2.1.2	Transformace při otevřených výpustech .....	89
17.2.2	Transformace $Q_{1000}$ .....	89
17.2.2.1	Transformace při uzavřených výpustech .....	89
17.2.2.2	Transformace při otevřených výpustech .....	90
17.2.3	Transformace $Q_{20}$ .....	90
17.2.4	Transformace $Q_{50}$ .....	90
17.3	Transformace povodně nádrží Tršice, rybníkem Farganík a Zámeckým rybníkem	91
17.3.1	Transformace $Q_{100}$ .....	91
17.3.1.1	Transformace při uzavřených výpustech .....	91
17.3.1.2	Transformace při otevřených výpustech .....	92
17.3.2	Transformace $Q_{1000}$ .....	92
17.3.2.1	Transformace při uzavřených výpustech .....	92
17.3.2.2	Transformace při otevřených výpustech .....	93
17.3.3	Transformace $Q_{20}$ .....	94
17.3.4	Transformace $Q_{20}$ .....	94
17.4	Transformace povodně nádrží Tršice .....	94
17.4.1	Transformace $Q_{20}$ .....	94
17.4.2	Transformace $Q_{50}$ .....	94

# 1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá vodohospodářským řešením malé vodní nádrže a navazuje na bakalářskou práci. Práce konkrétně pojednává o malé vodní nádrži Tršice, která leží v Olomouckém kraji nedaleko města Olomouc. Vodní nádrž je člověkem uměle vytvořená přehradní hráz na vodním toku, která slouží různým účelům. Od ochrany majetku před nepříznivými účinky povodňové vlny, akumulaci vody pro výrobu elektrické energie, akumulaci vody pro závlahy, vodárenské účely, až po využití nádrže jako rekreační plochy. Malá vodní nádrž, kterou nádrž Tršice je, je definována, jako nádrž s maximálním objemem vody po hladinu ovladatelného prostoru 2 mil. m<sup>3</sup> a maximální hloubka vody v nádrži nepřesahuje 9 m. Tyto nádrže řeší norma ČSN 75 2410.

Vodohospodářské řešení se provádí za účelem stanovení objemů jednotlivých prostorů nádrže, vyřešení optimálního způsobu řízení odtoku z nádrže, stanovení požadavků na parametry jednotlivých objektů a na jejich uspořádání, poskytnutí spolehlivých podkladů pro návrh funkčních objektů nádrže. Vodohospodářským řešením se zabývá norma ČSN 75 2405. Vodohospodářské řešení se dělí na funkci zásobní a funkci ochranou.

U zásobní funkce jsou důležitými parametry nalepšený odtok, zabezpečení a v neposlední řadě zásobní objem nádrže. Zabezpečení obecně rozumíme pravděpodobnost, že odtok nevybočí ze stanoveného variačního rozpětí. Horní mez variačního rozpětí je neškodný odtok a dolní mezí je nalepšený odtok. Zabezpečení dělíme na zabezpečení podle opakování, trvání a dodávky vody. Dle hodnoty zabezpečení podle trvání plné dodávky vody dělíme významnost nádrží na třídy A, B, C a D. Naše nádrž jako nádrž pro závlahu, chov ryb a rekreaci spadá do třídy D, kde by měla být zabezpečení podle trvání větší rovno 95 %.

U ochranné funkce nás zajímá velikost retenčního prostoru ovladatelného a neovladatelného. Těmito prostory je obvykle transformována povodňová vlna. Retenční prostor ovladatelný je od maximální úrovně zásobního prostoru až po úroveň hrany bezpečnostního přelivu. Retenční prostor neovladatelný začíná úrovní hrany bezpečnostního přelivu a končí maximální hladinou v nádrži. Podle výše škod a ztrát na životech se nádrže dělí na tři skupiny A, B a C. Naše nádrž patří do skupiny B, podskupiny B/I, kde výše škod je vysoká a očekávají se ztráty na jednotlivých lidských životech.

V této práci se budeme věnovat výpočtu zabezpečení podle trvání a dodávky vody, když nalepšený odtok nebude konstantní a jeho hodnota se bude měnit ve vegetačním období. Z hlediska ochranné funkce budeme sledovat transformační účinek Tršické nádrže a níže položených rybníků, které tvoří kaskádu nádrží.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je dokončení vodohospodářského řešení nádrže Tršice. U zásobní funkce bude proveden výpočet zabezpečení s ohledem na měnící se nalepšený odtok ve vegetačním období různých plodin. Tím bude zjištěn maximální možný odběr pro závlahy, který vyhoví minimálnímu požadavku na zabezpečení. Výpočet bude proveden v programu UNCE RESERVOIR.

U ochranné funkce bude výpočet zaměřen na transformaci povodňových vln nádrží Tršice a níže položených rybníků, které tvoří kaskádu nádrží. Dále bude provedeno posouzení možného zvýšení transformačního účinku nádrže Tršice, tím že zkrátíme délku hrany bezpečnostního přelivu. Výpočet transformací povodňových vln bude proveden v programu HYDROG.

### 3 SHRNU TÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jelikož tato diplomová práce navazuje na bakalářskou práci Vodohospodářské řešení malé vodní nádrže Tršice, rozhodl jsem se, že v této kapitole popíši důležité informace a výsledky bakalářské práce.

V bakalářské práci jsme řešili zásobní a ochrannou funkci nádrže Tršice. U zásobní funkce jsme ověřili správnost navržené velikosti zásobního prostoru v nádrži. Dále jsme se věnovali výpočtům zabezpečení při konstantním nalepšeném odtoku po celý rok. Velikost nalepšeného odtoku jsme měnili hodnotou součinitele nalepšení alfa. Při tom jsme měnili úroveň hrany bezpečnostního přelivu a tím zvětšovali nebo zmenšovali objem zásobního prostoru v nádrži. Sledovali jsme zabezpečení podle trvání a podle dodávky vody. Výsledky můžeme vidět v tabulkách níže, zabezpečení podle trvání v tab. 1 a zabezpečení podle dodávky vody v tab. 2.

**Tabulka zabezpečení Pt[%]**

		snížení/zvýšení [cm]										
		-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
kóta hrany přelivu[m.n.m]		287.9	288	288.1	288.2	288.3	288.4	288.5	288.6	288.7	288.8	288.9
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	$\alpha[-]/V_z$ [m <sup>3</sup> ]	560000	570000	581000	592000	603000	614000	625000	636750	648500	660250	672000
0.016	0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.032	0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.048	0.3	99.37	99.37	99.54	99.54	99.54	99.54	99.71	99.71	99.71	99.71	99.71
0.064	0.4	96.14	96.65	96.82	97.33	97.50	97.50	97.84	98.01	98.01	98.35	98.35
0.081	0.5	87.47	87.98	88.66	89.00	90.36	90.53	91.04	91.21	91.38	91.89	92.06
0.097	0.6	81.02	81.70	82.21	82.21	82.21	80.38	82.89	83.06	83.23	84.08	84.59
0.113	0.7	72.01	72.18	72.35	72.52	72.69	73.20	73.37	73.71	74.05	74.90	75.24
0.129	0.8	64.02	64.02	64.53	64.53	65.38	65.72	65.89	66.23	66.40	66.91	66.91
		snížení/zvýšení [cm]										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
kóta hrany přelivu[m.n.m]		289	289.1	289.2	289.3	289.4	289.5	289.6	289.7	289.8	289.9	
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	$\alpha[-]/V_z$ [m <sup>3</sup> ]	684167	696333	708500	720667	732833	745000	757000	769000	781040	793080	
0.016	0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.032	0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.048	0.3	99.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.064	0.4	98.35	98.69	99.03	99.03	99.03	99.03	99.03	99.03	99.20	99.20	
0.081	0.5	92.57	92.57	93.25	93.25	93.76	93.76	94.10	94.27	94.78	95.46	
0.097	0.6	84.76	85.10	85.27	85.61	85.94	85.94	85.94	85.94	86.28	87.13	
0.113	0.7	75.92	76.26	76.60	76.60	77.11	77.62	78.30	78.64	78.81	79.32	
0.129	0.8	67.25	67.42	67.76	68.44	68.61	68.95	68.95	69.12	69.12	69.29	

**Tab. 1** Výsledky zabezpečení podle trvání [1]

**Tabulka zabezpečení Pd[%]**

		snížení/zvýšení [cm]										
		-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
kóta hrany přelivu[m.n.m]		287.9	288	288.1	288.2	288.3	288.4	288.5	288.6	288.7	288.8	288.9
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	$\alpha[-]/V_z$ [m <sup>3</sup> ]	560000	570000	581000	592000	603000	614000	625000	636750	648500	660250	672000
0.016	0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.032	0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.048	0.3	99.82	99.85	99.86	99.89	99.89	99.91	99.92	99.94	99.95	99.97	99.98
0.064	0.4	98.69	98.78	98.86	98.94	99.01	99.09	99.16	99.21	99.27	99.32	99.36
0.081	0.5	95.10	95.27	95.45	95.64	95.81	95.97	96.13	96.29	96.45	96.61	96.76
0.097	0.6	90.33	90.52	90.71	90.90	91.08	91.26	91.44	91.63	91.82	92.01	92.19
0.113	0.7	85.01	85.19	85.38	85.58	85.77	85.96	86.15	86.36	86.56	86.76	86.97
0.129	0.8	80.26	80.42	80.60	80.77	80.93	81.09	81.25	81.42	81.58	81.75	81.92
		snížení/zvýšení [cm]										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
kóta hrany přelivu[m.n.m]		289	289.1	289.2	289.3	289.4	289.5	289.6	289.7	289.8	289.9	
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	$\alpha[-]/V_z$ [m <sup>3</sup> ]	684167	696333	708500	720667	732833	745000	757000	769000	781040	793080	
0.016	0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.032	0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.048	0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.064	0.4	99.41	99.46	99.50	99.53	99.57	99.60	99.64	99.67	99.70	99.72	
0.081	0.5	96.91	97.05	97.19	97.33	97.47	97.61	97.74	97.87	97.99	98.11	
0.097	0.6	92.39	92.57	92.75	92.93	93.10	93.28	93.45	93.63	93.80	93.97	
0.113	0.7	87.18	87.39	87.61	87.82	88.03	88.22	88.41	88.59	88.77	88.94	
0.129	0.8	82.09	82.26	82.44	82.61	82.77	82.94	83.10	83.26	83.41	83.57	

**Tab. 2** Výsledky zabezpečení podle dodávky vody [1]

V tabulkách vidíme výsledky zabezpečení při změně úrovně hrany bezpečnostního přelivu. Úroveň jsme měnili po deseti centimetrech dolů i nahoru až po změnu úrovně o jeden metr. Z výsledků vyplynulo, že velikost nalepšeného odtoku může být v rozmezí 0,066 m<sup>3</sup>/s až 0,074 m<sup>3</sup>/s, protože je splněno, že zabezpečení podle trvání je větší rovno 95%. Když tedy odečteme z nalepšeného odtoku hodnotu minimálního zůstatkového průtoku pod nádrží 12 l/s. Dostaneme, že možný odběr pro závlahu je 0,054 m<sup>3</sup>/s až 0,062 m<sup>3</sup>/s.

U ochranné funkce jsme provedli výpočet transformace povodní při stejné změně úrovně hrany bezpečnostního přelivu jako u zásobní funkce, abychom zjistili možné zvětšení zásobního prostoru nádrže, které vyhoví návrhové i kontrolní povodni. Převodli jsme přes nádrž stoletou (návrhovou) povodeň a tisíciletou (kontrolní) povodeň. Výsledkem bylo zjištění, že možný posun hrany je na úroveň 289,1 m n. m.. U návrhové povodně je sice překročena hladina neovladatelného retenčního prostoru, ale tu je možné posunout výše. Důležité je, že u kontrolní povodně není překročena mezní bezpečná hladina. Výsledky transformace stoleté povodně jsou v tab. 3 a výsledky transformace tisícileté povodně jsou v tab. 4. Světle modře je znázorněn skutečný stav v nádrži, tmavě modře je znázorněno překročení hladiny neovladatelného retenčního prostoru a zeleně je znázorněno překročení mezní bezpečné hladiny.

**Povodeň Q<sub>100</sub>(Zavřené spodní výpusti)**

snížení/zvýšení [cm]	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
kóta hrany přelivu[m.n.m]	287.9	288	288.1	288.2	288.3	288.4	288.5	288.6	288.7	288.8	288.9
<b>V<sub>z</sub>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>560000</b>	<b>570000</b>	<b>581000</b>	<b>592000</b>	<b>603000</b>	<b>614000</b>	<b>625000</b>	<b>636750</b>	<b>648500</b>	<b>660250</b>	<b>672000</b>
<b>Q<sub>max</sub>[m<sup>3</sup>/s]</b>	23.69	23.69	23.69	23.69	23.68	23.68	23.69	23.69	23.70	23.71	23.72
<b>H<sub>max</sub>[m.n.m]</b>	288.59	288.69	288.78	288.88	288.98	289.07	289.17	289.26	289.35	289.45	289.54
snížení/zvýšení [cm]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
kóta hrany přelivu[m.n.m]	289	289.1	289.2	289.3	289.4	289.5	289.6	289.7	289.8	289.9	
<b>V<sub>z</sub>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>684167</b>	<b>696333</b>	<b>708500</b>	<b>720667</b>	<b>732833</b>	<b>745000</b>	<b>757000</b>	<b>769000</b>	<b>781040</b>	<b>793080</b>	
<b>Q<sub>max</sub>[m<sup>3</sup>/s]</b>	23.73	23.71	23.69	23.68	23.68	23.68	23.68	23.68	23.68	23.68	
<b>H<sub>max</sub>[m.n.m]</b>	289.63	289.72	289.82	289.92	290.02	290.12	290.22	290.32	290.42	290.52	

xxx.xx překračuje M<sub>RN</sub>

xxx.xx překračuje M<sub>mez.bezp</sub>

**Tab. 3** Výsledky transformace stoleté povodně [1]

**Povodeň Q<sub>1000</sub>(Otevřená jedna spodní výpust)**

snížení/zvýšení [cm]	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
kóta hrany přelivu[m.n.m]	287.9	288	288.1	288.2	288.3	288.4	288.5	288.6	288.7	288.8	288.9
<b>V<sub>z</sub>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>560000</b>	<b>570000</b>	<b>581000</b>	<b>592000</b>	<b>603000</b>	<b>614000</b>	<b>625000</b>	<b>636750</b>	<b>648500</b>	<b>660250</b>	<b>672000</b>
<b>Q<sub>max</sub>[m<sup>3</sup>/s]</b>	41.84	41.81	41.8	41.81	41.82	41.85	41.88	41.92	41.97	42.01	41.85
<b>H<sub>max</sub>[m.n.m]</b>	288.86	288.95	289.05	289.14	289.23	289.33	289.42	289.51	289.6	289.69	289.79
snížení/zvýšení [cm]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
kóta hrany přelivu[m.n.m]	289	289.1	289.2	289.3	289.4	289.5	289.6	289.7	289.8	289.9	
<b>V<sub>z</sub>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>684167</b>	<b>696333</b>	<b>708500</b>	<b>720667</b>	<b>732833</b>	<b>745000</b>	<b>757000</b>	<b>769000</b>	<b>781040</b>	<b>793080</b>	
<b>Q<sub>max</sub>[m<sup>3</sup>/s]</b>	41.79	41.76	41.74	41.73	41.73	41.73	41.73	41.72	41.72	41.72	
<b>H<sub>max</sub>[m.n.m]</b>	289.89	289.99	290.09	290.19	290.29	290.39	290.49	290.59	290.69	290.79	

xxx.xx překračuje M<sub>RN</sub>

xxx.xx překračuje M<sub>mez.bezp</sub>

**Tab. 4** Výsledky transformace tisícileté povodně [1]

## 4 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Vodní nádrž Tršice se nachází v Olomouckém kraji v blízkosti obce Tršice. V této kapitole si přiblížíme charakteristiku kraje, jako jsou třeba klimatické poměry, co se v kraji pěstuje a další informace. Dále budou uvedeny některé informace o obci Tršice.

### 4.1 OLOMOUCKÝ KRAJ

Olomoucký kraj se rozkládá ve střední části Moravy a zasahuje i do její severní části. Z hlediska územně-správního tvoří spolu se Zlínským krajem region soudržnosti Střední Morava (NUTS 2). Člení se na pět okresů a to na okres Jeseník, Olomouc, Prostějov, Přerov a Šumperk. Olomoucký kraj na severu hraničí s Polskou republikou, na východě sousedí s Moravskoslezským krajem, na jihu se Zlínským a Jihomoravským krajem a na západě s krajem Pardubickým. [8]



Obr. 1 Mapa krajů a okresů České republiky

Geograficky je kraj členěn na severní hornatou část s pohořím Jeseníky s nejvyšší horou Praděd (1491 m n. m.). Jižní část kraje je tvořena rovinatou Hanou. Územím kraje protéká řeka Morava, na jejíž hladině u Kojetína v okrese Přerov je nejnižší položený bod kraje (190 m n. m.). Olomoucký kraj nabízí velké množství přírodních zajímavostí. Turisty je hojně navštěvovaná Chráněná krajinná oblast Jeseníky s nejrozlehlejším moravským rašeliništěm Rejvíz, s pětáctýřicetimetrovým Vysokým vodopádem, vodní nádrží a elektrárnou Dlouhé Stráně na vrcholu kopce a dalšími přírodními scenériemi. Zajímavé jsou i lužní lesy v Chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví s mnohými ohroženými druhy rostlin i živočichů. V Olomouckém kraji leží i řada jeskyní – Javořické, Mladečské a Zbrašovské aragonitové jeskyně. [8]

V Olomouckém kraji žije 632 015 obyvatel a celková výměra kraje je 5271,52 km<sup>2</sup>, kde podíl orné půdy je 38,8 % a podíl nezemědělské půdy je 47,4 %. Jižní a centrální část kraje patří mezi oblasti s nejurodnější půdou. Je zde úrodná půda a teplé podnebí. Pěstuje se zde ovoce,

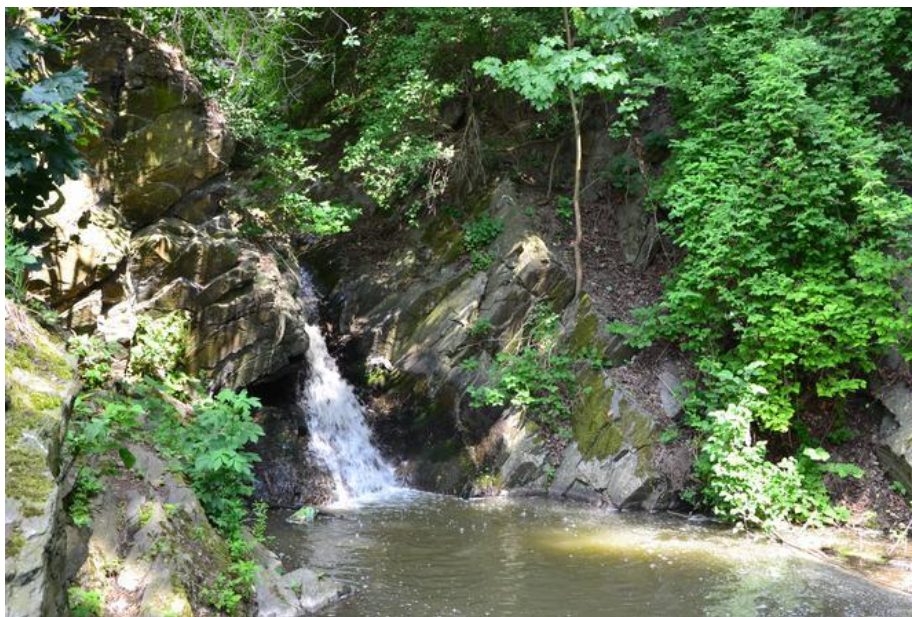


zelenina, cukrovka, pšenice, kukuřice, řepka olejka, sladovnický ječmen a chmel. V podhůří Jeseníků je chladnější podnebí, zemědělství se spíše zaměřuje na pastevectví a chov dobytka, tedy na živočišnou výrobu.

Dle klasifikace podle Quitta leží Olomoucký kraj v teplé klimatické oblasti T2, mírně teplé klimatické oblasti MT7, MT9, MT10 a MT11. V místě Jeseníků je chladná klimatická oblast CH4, CH5 a CH7. Průměrná roční teplota vzduchu v Olomouckém kraji je 9,2 °C. Roční úhrn je na hodnotě 525 mm. Vegetační období v Olomouckém kraji trvá cca od 26.4 do 10.10.

## 4.2 OBEC TRŠICE

Jak už bylo řečeno, obec Tršice leží v Olomouckém kraji, okrese Olomouc v centru Tršické chmelařské oblasti na okraji Hané. Ve vzdálenosti 12 kilometrů leží město Olomouc. V obci žije 1701 obyvatel. Katastrální území obce zaujímá plochu 2504 ha. Průměrná nadmořská výška činí 324 m n. m.. Obcí protéká vodní tok Olešnice. Severně nad obcí na toku Olešnice leží již zmiňovaná malá vodní nádrž Tršice a rybník Farganík. Na okraji intravilánu obce leží Zámecký rybník, nad kterým se tyčí Zámek Tršice. Pod zámeckým rybníkem je uměle vytvořen Tršický vodopád. Na jihu za obcí leží Dolní rybník.



*Obr. 2 Tršický vodopád [10]*

Podle Quittovy klimatické klasifikace spadá území obce do mírně teplé oblasti MT11 a teplé oblasti T2. Oblast MT11 se vyznačuje mírně teplým a krátkým jarem, dlouhým teplým a suchým létem. Podzim je mírně teplý a krátký. Zima je mírně teplá, velmi suchá a krátká s krátkým trváním sněhové pokrývky. Oblast T2 se vyznačuje poměrně krátkým, teplým až mírně teplým jarem, léto je teplé, dlouhé a suché. Podzim je poměrně krátký, teplý až mírně teplý. Zima je krátká, suchá až velmi suchá.

## 5 CHARAKTERISTIKA NÁDRŽÍ

V této kapitole si popíšeme technické parametry nádrží, u kterých budeme počítat transformační účinky a které budeme používat v dalších kapitolách. Bude se jednat o nádrž Tršice, rybník Farganík a Zámecký rybník. Nádrž Tršice jsem již popisoval v bakalářské práci, ale pro úplnost této diplomové práce uvedu informace i o této nádrži.



Obr. 3 Zájmové nádrže u obce Tršice

### 5.1 NÁDRŽ TRŠICE

Vodní dílo Tršice I je malá vodní nádrž na vodním toku Olešnice v říčním km 17,80 situována cca 1,0 km severně nad obcí Tršice. Plocha povodí toku Olešnice k profilu hráze je 19,98 km<sup>2</sup>. Nádrž zabírá plochu cca 12 ha a její 215 m dlouhá sypaná hráz je schopna zadržet 769 000m<sup>3</sup> vody. Správcem nádrže je státní podnik Povodí Moravy. [2]

#### 5.1.1 Historie vodního díla

V 70. a 80. letech, kdy probíhala intenzifikace zemědělské výroby, vznikla myšlenka výstavby Vodního díla Tršice I. Oblast obce Tršice byla a do jisté míry je i dnes známa pěstováním chmele. Zvýšením hektarových výnosů pomocí závlahy přilehlých chmelnic a ostatních polních pozemků a výskyt vhodné lokality vedlo v roce 1979 k vydání stavebního povolení. Stavba byla započata v březnu 1980 a termín dokončení byl stanoven na rok 1983. V tomto

roce se rozbíhá zkušební provoz nádrže a zároveň dochází ke schvalování manipulačního a provozního řádu.

Následující výstavba je směřována na výstavbu objektů závlahové sítě. Dochází k rekonstrukci rybníka Farganík, který byl částečně zasypán a přeměněn na staveniště při výstavbě Vodního díla Tršice. Dále dochází k vybudování rozvodné sítě a čerpacích stanic, první malá u rybníka Farganík a druhá větší u Dolního rybníka. V roce 1986 je celý projekt závlah kompletní a rozjíždí se zkušební provoz.

K intenzivnímu zavlažování polních kultur a chmelnic však nedochází a postupem času se veškeré vybavení rozprodá nebo je rozkradeno.

V současné době je nádrž využívána za účely nadlepšování průtoku v toku Olešnice, chovu ryb a rekreace. V posledních letech se ale uvažuje o obnovení její závlahové funkce. V roce 2019 došlo k odtěžení několika tun sedimentů ze dna nádrže. Důvodem bylo, že množství sedimentů ohrožovalo bezproblémovou manipulaci se spodními výpustěmi.

## 5.1.2 Technické parametry

Typ hráze:	sypaná z jílového materiálu
Těsnění:	střední jílové těsnění
Maximální výška hráze:	12,65 m
Šířka koruny:	5,00 m
Délka hráze v koruně:	215,00 m
Kóta koruny hráze:	290,85 m n. m.
Hladina stálého nadržení:	280,10 m n. m.
Stálé nadržení:	20 200 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při stálém nadržení:	1,43 ha
Hladina zásobního prostoru:	288,9 m n. m.
Zásobní prostor:	672 000 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při plném zásobním prostoru:	11,82 ha
Maximální hladina:	289,70 m n. m.
Celkový objem nádrže:	769 000 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při maximální hladině:	12,50 ha
Hladina retenčního prostoru neovladatelného:	289,70 m n. m.
Prostor retenční neovladatelný:	97 000 m <sup>3</sup>
Mezní bezpečná hladina:	290,00 m n. m.
Typ bezpečnostního přelivu:	boční (monoblok) [2]

### 5.1.3 Hráz

Hráz má přímé půdorysné uspořádání, v příčném řezu je lichoběžníkového tvaru. Jedná se o nehomogenní zemní hráze, se širokým středním jílovým těsněním, zámkem napojeným na těsnící injekční clonu. Návodní stabilizační část je nasypána z hlinitokamenité suti, povrch je opatřen kamenitým záhozem po výšce hladiny zásobního prostoru, zbytek návodního líce je ohumusován a oset. Vzdušná část je nasypána z jílovitého zahliněného štěrku a je ohumusována a oseta. Oba líce jak návodní, tak vzdušná, mají sklon 1:2. Kóta koruny hráze je 290,85 m n. m., koruna je průjezdná, široká 5 m a je opatřena vlnolamem na návodní straně. [1]

### 5.1.4 Sdružený objekt

Tento objekt slouží k vyprázdnění nádrže nebo na vypouštění požadovaného množství vody z nádrže. Objekt je vystavěn jako železobetonová dvoupatrová monolitická konstrukce, která je umístěna 15 m od levého závězu hráze. V objektu jsou umístěny dvě spodní výpusti DN 400, které jsou uzavíratelné šoupátky s elektropohonem s ovládáním ve věži. V tělese objektu jsou dále umístěny ve třech výškových úrovních odběry vody, dříve využívané pro závlahu. Pro převedení velkých vod slouží boční přeliv s odvedením vody horní etáží sdruženého objektu. Bezpečnostní přeliv je oboustranný, délka přelivné hrany je 2 x 11 m. Na skluz od přelivu navazuje opevněný vývar. Za vývarem je upravené odpadní koryto lichoběžníkového tvaru s kapacitou 27,0 m<sup>3</sup>/s, břehy jsou opevněny vegetačním opevněním.[1]

Kóta osy spodních výpustí:	277,20 m n. m.
Jmenovitá světlost spodních výpustí:	2 x DN 400
Délka ocelového potrubí 2 x DN400:	2,0 m
Kapacita spodních výpustí:	2 x 2,5 m <sup>3</sup> /s
Kóta přelivné hrany:	288,90 m n. m.
Délka přelivné hrany:	2 x 11,00 m
Kóty závlahových odběrů:	287,00 m n. m. – DN 150 283,50 m n. m. – DN 150 279,00 m n. m. – DN 200
Kóta dna vývaru:	272,50 m n. m. [2]

### 5.1.5 Manipulace s vodou

#### 5.1.5.1 *Hospodaření s vodou a dodržování hladin*

Provozní hladina je udržována na kótě 289,70 m n. m. nastavením šoupátkových uzávěrů spodních výpustí. V zimním období je hladina vody v nádrži snížena po výlovu ryb a průběžně se přirozeně plní přítoky přesahujícími minimální zůstatkový průtok pod hrází. Prostor stálého nadržení musí zůstat trvale napuštěn z důvodu hygienických, estetických a zachování

biologického života v nádrži. Dosáhne-li hladina v nádrži kóty stálého nadržení, je nutno omezit vypouštění z nádrže tak, aby tato hladina zůstala zachována, tzn. vypouštět pouze přitékající množství. [2]

ozn. hladin	kóta [m n. m.]	Prostor v nádrži	Rozmezí hladin [ m n. m.]	Dílčí objem [ tis. m <sup>3</sup> ]	Celkový objem [ tis. m <sup>3</sup> ]	Zatopená plocha [ ha ]
M <sub>S</sub>	280,10	stálého nadržení	277,20 – 280,10	20,20	20,20	1,43
M <sub>Z</sub>	288,90	zásobní	280,10 – 288,90	651,80	672,00	11,82
M <sub>MAX</sub>	289,70	retenční	288,90 – 289,70	97,00	769,00	12,50

Tab. 5 Hladiny v nádrži Tršice [2]

### 5.1.5.2 Minimální průtok pod vodním dílem

V toku pod hrází je třeba udržovat minimální zůstatkový průtok MZP = 12,0 l/s. Tento průtok je zajištěn nastavením šoupátkového uzávěru na spodní výpusti v rozsahu 15-25 % v závislosti na výšce hladiny v nádrži. [2]

### 5.1.5.3 Vypouštění nádrže

Vypouštění nádrže pod úroveň hladiny stálého nadržení se mimo každoroční výlov rybí osádky provádí jen ve výjimečných, odůvodněných případech. Uživatel vodního díla zamýšlené vypouštění nádrže oznámí správci toku a vodoprávnímu úřadu. Plánované vypouštění, tj. snižování hladiny vody v nádrži, je nutno provádět s ohledem na stabilitu svahů hráze a břehů. Maximální rychlost poklesu hladiny vody se připouští 0,3 m za 24 hodin. [2]

### 5.1.5.4 Manipulace v zimním období

K ochraně proti škodlivým účinkům mrazu a ledu na návodní líc hráze a funkční objekt je vhodné omezit kolísání hladiny v zimním období na minimum. V zimním období je hladina vody v nádrži snížena po výlovu ryb a průběžně se přirozeně plní přítoky přesahující minimální zůstatkový průtok. V případě, že je nádrž vypuštěna a zůstane na zimu prázdná, spodní výpust zůstane trvale otevřena. [2]

### 5.1.5.5 Manipulace za povodní

Překročí-li úroveň hladiny kótu 288,00 m n. m., zahájí obsluha otevírání šoupátkových uzávěrů spodních výpustí tak, aby hladina nestoupala mimo předepsanou toleranci. Je-li přítok vyšší než kapacita spodních výpustí, plní se uvolněný zásobní prostor nádrže. Po překročení maximální hladiny zásobního prostoru 288,90 m n. m. musí být uzávěry spodní výpusti uzavřeny na úroveň MZP. Veškerý zbývající průtok je dále převáděn bez regulací přes objekt bezpečnostního přelivu za současného plnění retenčního prostoru. Dojde-li k situaci, kdy hrozí překročení maximální hladiny 289,70 m n. m., otevírají se spodní výpusti na plnou kapacitu. [2]

### 5.1.5.6 Spolupráce s ostatními vodními díly

V nádrži je povolen chov ryb, který zajišťuje smluvní nájemce. Pro výlov rybí osádky je třeba vypustit prostor stálého nadržení. Při výlovu je doporučeno jako první vypustit rybník Farganík, aby pro jeho opětovné napuštění mohlo být využito objemu vody vypouštěné při následném výlovu nádrže Tršice. Plánované vypouštění nádrže je třeba oznámit PM provoz Přerov a vodoprávnímu úřadu. [2]

### 5.1.6 Hydrologické údaje

Hydrologické údaje vycházejí z manipulačního řádu VD Tršice I.

Minimální zůstatkový průtok pod vodním dílem MZP = 12,0 l/s, neškodný průtok pod vodním dílem  $Q_{NEŠ} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$  (cca  $Q_1$ ). Kapacita krátkého úseku koryta těsně pod hrází dosahuje 27,0  $\text{m}^3/\text{s}$  (cca  $Q_{100}$ ). [2]

Tok	Olešnice
dlouhodobý průměrný roční průtok	$Q_a = 161 \text{ l/s}$
průměrný roční úhm srážek	$H_s = 745 \text{ mm}$
plocha povodí	$A = 19,98 \text{ km}^2$
č. hydrolog. pořadí	4 – 10 – 03 – 1250

Tab. 6 Základní hydrologické údaje [2]

M – denní průtoky							ČHMÚ 2016	
	30	90	180	270	330	355	364	
Q [l/s]	379	191	96	48	21	7,3	2,1	

Tab. 7 M-denní průtoky [2]

N – leté průtoky							(1981-2010)	
	1	2	5	10	20	50	100	
Q[m <sup>3</sup> /s]	2,4	4,6	8,1	11,1	14,6	19,6	23,9	

Tab. 8 N-leté průtoky [2]



## 5.1.7 Fotodokumentace



*Obr. 4 Pohled na nádrž Tršice*



*Obr. 5 Pohled na návodní stranu nádrže Tršice [10]*



*Obr. 6 Sdružený objekt na vzdušné straně hráze [10]*

## 5.2 RYBNÍK FARGANÍK

Rybník Farganík je malá vodní nádrž IV. kategorie. Jedná se o neprotékanou boční nádrž. To znamená, že leží mimo vodní tok Olešnice v říčním km 17,50 a má uměle vybudovaný přívod a odvod vody. Přítok vody do nádrže je řízen uzávěrem. Nachází se v blízkosti nádrže Tršice jak je vidět na obr. 7. Jedná se o zemní hráze maximální výšky nad výpustí 2,7 m. Hráz délky 370 m, která je v koruně 2 m široká, je schopna zadržet 41 280 m<sup>3</sup> vody. Nádrž je využívána pro chov ryb. Provozovatelem je Státní pozemkový úřad.

Maximální výška hráze:	2,7 m
Šířka koruny:	2,00 m
Délka hráze v koruně:	370,00 m
Kóta koruny hráze:	272,4 m n. m.
Provozní hladina:	271,4 m n. m.
Zadržovaná objem při provozní hladině:	28 320 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při provozní hladině:	2,36 ha
Maximální hladina:	271,9 m n. m.
Celkový objem nádrže:	41 280 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při maximální hladině:	2,46 ha
Typ bezpečnostního přelivu:	snížená koruna hráze
Délka přelivné hrany:	6 m
Spodní výpusť:	požerák DN300 [9]



**Obr. 7** Pohled na sdružený objekt nádrže Tršice a na níže položený Farganík [10]



### 5.3 ZÁMECKÝ RYBNÍK

Jedná se o průtočnou malou vodní nádrž na toku Olešnice v říčním km 16,50. Nádrž se nachází na okraji intravilánu obce Tršice, v blízkosti zámku Tršice. Hráz nádrže je zemní, maximální výšky 2,5 m a délky 55m. Objem vody, která je hráze schopna zadržet je 21 600 m<sup>3</sup>. Účel nádrže není znám, ale předpokládá se účel krajinyotvorný a rybochovný. Provozovatelem je Státní pozemkový úřad.

Maximální výška hráze:	2,5 m
Šířka koruny:	4,00 m
Délka hráze v koruně:	55,00 m
Kóta koruny hráze:	271,0 m n. m.
Provozní hladina:	270,44 m n. m.
Zadržovaná objem při provozní hladině:	18 000 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při provozní hladině:	1,6 ha
Maximální hladina:	270,66 m n. m.
Celkový objem nádrže:	21 600 m <sup>3</sup>
Zatopená plocha při maximální hladině:	1,7 ha
Délka přelivné hrany:	4 m
Výpustné zařízení:	2 x stavidlový uzávěr 1,5 x 2 m [9]



**Obr. 8** Pohled na výpustné zařízení zámeckého rybníku

## 6 METODY

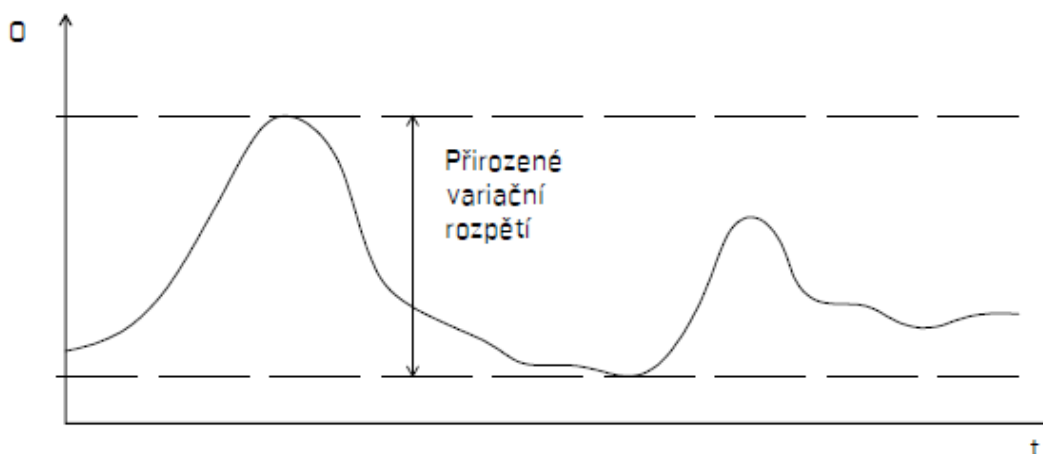
V této kapitole diplomové práce, budou popsány vybrané části teorie a metody, které jsou důležité pro splnění cílů této práce. Některé části jsou již popsány v mé bakalářské práci, avšak pro úplnost této práce jsou tyto části zahrnuty i zde.

### 6.1 ŘÍZENÍ ODTOKU

Řízením (regulováním) odtoku rozumíme cílevědomě prováděnou redistribuci odtoku, jejímž účelem je přizpůsobování odtokového režimu (průběhu odtoku) potřebám společnosti. Tato činnost je nutná proto, že přirozené rozdělení odtoku v průběhu určitého sledovaného období nemusí a v obecném případě ani nemůže být v souladu s potřebami plánovitě řízené činnosti společnosti, protože je výsledkem fungování složitého přírodního mechanismu, v podstatě fungování nezávislého na člověku. Zdůrazněním lidského činitele přerůstá tento obor z hydrologie do oblasti vodního hospodářství a svými důsledky do oblasti průmyslové ekonomie. [1]

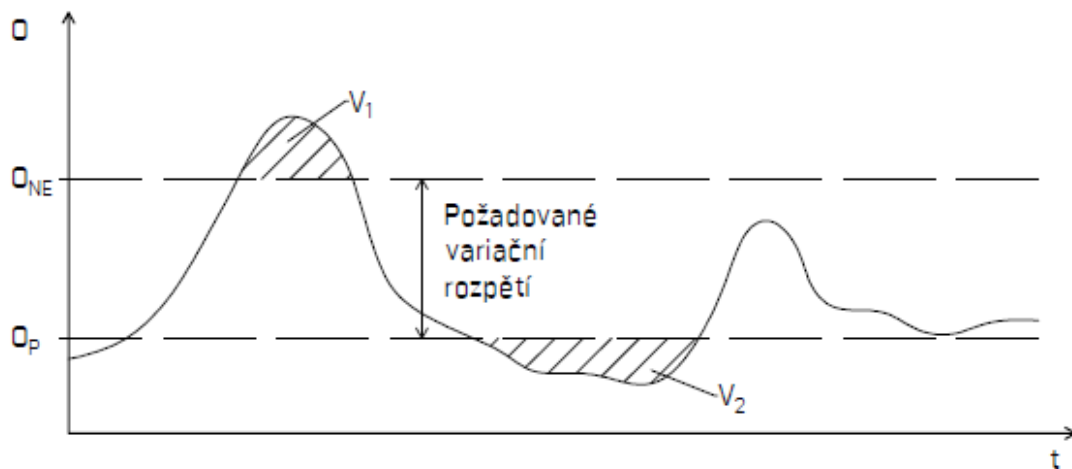
Předmětem hydrologické části řízení odtoku je analýza vztahu mezi přirozeným odtokovým režimem, prostředky jeho regulování a výsledným odtokovým režimem. Cílem je vyjádření vztahu takovými kvantitativními charakteristikami, které by umožnily objektivně hodnotit daný způsob řízení. Vlastní hodnocení, které je v podstatě hledáním optimální varianty regulování, je předmětem vodního hospodářství. [1]

Pro řízení odtoku se u nás vžil výraz vyrovnání odtoku, vyplývající z toho, že se v obvyklých případech jedná o snižování nejvyšších a zvyšování nejnižších průtoků. Výsledkem požadovaného řízení odtoku je obecně zmenšení variačního rozpětí průtoků na požadovaný rozsah. Získáváme tak z přirozeného variačního rozpětí (graf 1) požadované variační rozpětí (graf 2). [1]



**Graf 1** Přirozené variační rozpětí odtoku [3]

$Q$  – Odtok,  $t$  – Čas,  $Q_{NE}$  – Neškodný odtok,  $Q_P$  – Nalepšený odtok,  $V_1$  – Nadbytek vody, který „uskladníme“ v nádrži na pokrytí poruch ( $V_2$ ),  $V_2$  – Vzniklá porucha vlivem nedostatku vody (plocha obrazce odpovídá objemu nedodané vody)



**Graf 2** Požadované variační rozpětí odtoku [3]

Účelem řízení odtoku není však pouze vyrovnání odtoku, ale obecně jeho časová redistribuce (pokud je nástrojem řízení např. izolovaná nádrž) a redistribuce v čase a prostoru (pokud za nástroj řízení považujeme vodohospodářskou soustavu). Někdy je účelem řízení právě „rozkmitání“ odtoku, např. při denní regulaci pro špičkové vodní elektrárny, při nárazovém nalepšování pro plavbu, závlahy apod. V takovém případě má prostředek řízení odtoku funkci „rozdělovací“. [1]

Požadavky na úpravu odtokového režimu mohou být v podstatě dvojího druhu. Buď je nutno snížit příliš vysoké průtoky, nebo je nutno zvýšit příliš nízké průtoky. Často se stává, že není nutno snížit např. průtoky nejvyšší, jako je  $Q_{100}$  a vyšší, ale je nutno snížit i kulminační průtoky vyskytující se s průměrnou dobou opakování 5 až 10 let, případně každoročně. Podobně tomu může být i při nalepšování průtoků, např. při nalepšování pro plavbu nebo závlahy je nutno zvýšit průtoky v plavebním, resp. vegetačním období, přičemž v zimním období nemusí být nezbytně nutné zvyšovat nízké průtoky. [3]

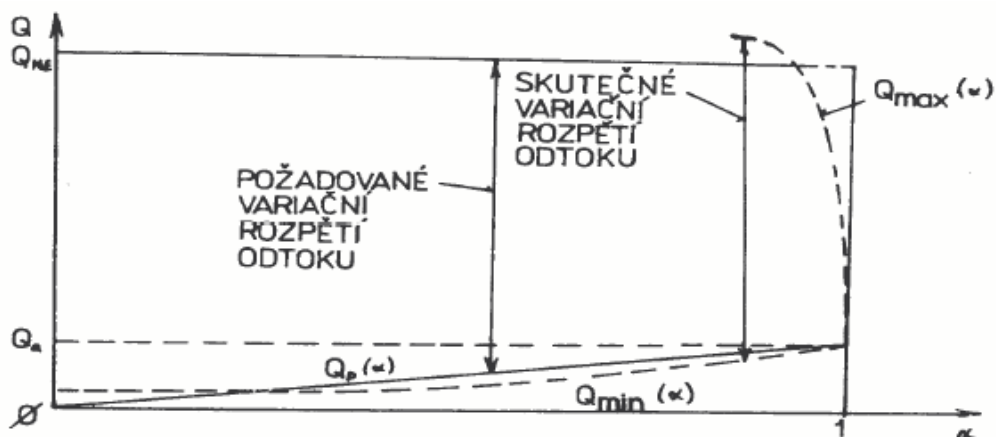
Účelem řízení odtoku obecně nemusí být vždy vyrovnání odtoku, ale zásadně upravení odtokových poměrů tak, aby co nejlépe vyhovovaly potřebám společnosti. Přitom může být variační rozpětí upravených průtoků stejné jako před úpravou odtokových poměrů. [3]

## 6.1.1 Zabezpečení řízeného odtoku

Zabezpečení P řízeného odtoku obecně rozumíme pravděpodobnost, že odtok nevybočí ze stanoveného variačního rozpětí.

Návrhovou zabezpečení pak rozumíme pravděpodobnost nepřekročení mezi navrhovaného variačního rozpětí řízeného odtoku. Skutečné variační rozpětí řízeného odtoku a hodnota jednotlivých mezí (horní a dolní) poskytují informaci o vyrovnanosti odtoku vody z nádrže. Požadovanou dolní mez budeme značit  $O_p$  a budeme jí nazývat nalepšený odtok. Požadovanou horní mez budeme nazývat neškodný odtok a značit  $O_{NE}$ . Poměrná hodnota  $\alpha = O_p / Q_a$ ,  $\alpha = < 0, 1 >$  se nazývá součinitel nalepšení.  $Q_a$  značí dlouhodobý průměrný průtok. Pokud bychom plynule snižovali skutečné variační rozpětí odtoku dané mezemi  $O_{MIN}$  a  $O_{MAX}$  a zanedbali vliv ztrát až do nulové hodnoty variačního rozpětí, splynuly by postupně tyto meze do jediného bodu  $O_{MIN} = O_{MAX} = Q_a$ . Takovému stavu říkáme úplné vyrovnaní. Je zřejmé, že dále není možné ani  $O_{MIN}$  zvyšovat, ani  $O_{MAX}$  snižovat.  $Q_a$  je limitní hodnotou pro  $O_{MIN}$  i  $O_{MAX}$ . Z uvedeného plyne, že se zvyšováním  $\alpha$  musí nutně docházet ke snižování maximálního možného řízeného odtoku až pro  $\alpha = 1$ , kdy  $O_{MAX}$  musí nutně splynout s  $O_{MIN}$  a  $Q_a$ . [1]

Stav, kdy  $\alpha = 0$  a tudíž  $O_p = 0$  odpovídá prostému jímání přítoku. Součinitel  $\alpha$  je tedy ukazatelem stupně vyrovnanosti a regulace odtoku v profilu toku.



Graf 3 Závislost variačního rozpětí odtoku na  $\alpha$  [3]

Všeobecně platí, že se vzrůstem zabezpečení a součinitele nalepšení se zvyšují náklady na realizaci zařízení, jímž změnu odtoku provádíme. Na druhé straně však se zvyšováním zabezpečení klesají ztráty v hospodářských výsledcích odvětví, jehož činnost je úpravou odtoku podmíněna. Volba stupně zabezpečení a současně součinitele nalepšení je tedy určitou formou optimalizace celé koncepce návrhu a je v první řadě otázkou ekonomickou.[1]

## 6.1.2 Zabezpečení nalepšeného odtoku

Mírou zabezpečení nalepšeného odtoku, jako výsledek řízení odtoku, je pravděpodobnost, že skutečný odtok neklesne pod plánovanou hodnotu  $O_p$ .

Kvantifikátorem jevu, pojatého ze tří různých hledisek, jsou následující ukazatelé zabezpečení.

- **Zabezpečení podle opakování  $P_o$**  - je dána poměrem bezporuchových roků k celkovému počtu let ve vyšetřovaném období.
- **Zabezpečení podle trvání  $P_t$**  - je dána poměrem skutečného trvání bezporuchového odtoku vody k celkovému trvání vyšetřovaného období.
- **Zabezpečení podle dodávky vody  $P_d$**  - je dána poměrem skutečně odteklého množství vody k plánovanému odteklému množství ve vyšetřovaném období.

Poruchu klasifikujeme jako pokles řízeného odtoku pod plánovanou hodnotu nalepšeného odtoku. Zabezpečení odtoku se obvykle vyjadřuje v %. [1]

Pro výpočet míry zabezpečení se používá buď klasický matematický vztah pro výpočet pravděpodobnosti

$$P = \frac{m}{n} \times 100, P \in (0, 100) \quad (6.1) [3]$$

nebo empirický vztah odvozený Čegodajevem.

$$P = \frac{m-0,3}{n+0,4} \times 100, P \in (0, 100) \quad (6.2) [3]$$

Ve vztahu (6.1) a (6.2) se obecně značí  $m$  počet prvků, ve kterých nastal sledovaný jev a  $n$  celkový počet vyhodnocovaných prvků. Konkrétně podle řešení zabezpečení značí  $m$  počet bezporuchových let, trvání bezporuchového řízení odtoku, skutečně odteklé využitě množství vody a  $n$  značí celkový počet roků vyšetřovaného období, celkové trvání vyšetřovaného období a plánované odteklé množství při nalepšeném odtoku ve vyšetřovaném období. [3]

### 6.1.2.1 *Vzájemný vztah jednotlivých ukazatelů zabezpečení nalepšeného odtoku a jejich vztah k ekonomickým řešením*

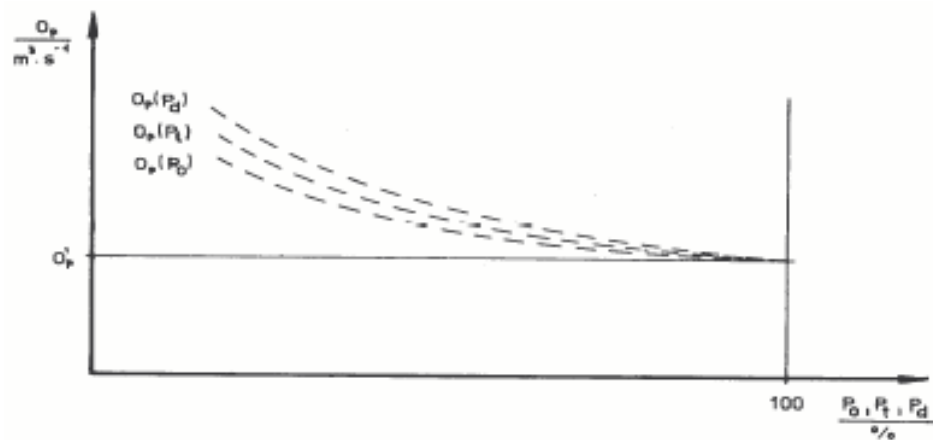
Z hlediska vzájemného vztahu jednotlivých ukazatelů zabezpečení nalepšeného odtoku neexistuje obecně platné kritérium, které jednoznačně dokazuje přednost jednoho ukazatele před druhým.

- **Zabezpečení podle opakování  $P_o$**  - je nejužívanějším a nejdostupnějším ukazatelem zabezpečení. V podstatě se však jedná o nejméně přesný ukazatel, protože nejméně přesně kvantifikuje trvání poruchy. Nezachycuje ani hloubku poruchy ani neodteklé množství oproti plánované hodnotě.
- **Zabezpečení podle trvání  $P_t$**  - je výstižnějším ukazatelem z hlediska kvantifikace poruch v řízení odtoku. Avšak i zde neexistuje přímý vztah mezi skutečným trváním poruch a mezi hospodářskou ztrátou. Obecně platí, že mělčí a delší porucha je hospodářsky příznivější než porucha kratší a hlubší.

- **Zabezpečení podle dodávky vody  $P_d$**  - tento ukazatel mívá hospodářským důsledkům řízení odtoku vody nejbližší. Avšak nemusí jednoznačně vystihnout hospodářskou ztrátu, protože v něm není zahrnut poměr mezi hloubkou a trváním poruchy. [3]

Výhody a nevýhody praktických ukazatelů  $P_o$ ,  $P_t$ ,  $P_d$  zabezpečení nalepšeného odtoku plynou ze skutečnosti, že všechny kvantifikují jediný jev (pokles řízeného odtoku pod dolní mez  $O_p$  variačního rozpětí) ze tří různých z hlediska kvantifikace na sobě nezávislých nebo velmi málo závislých ( $P_o$ ,  $P_t$ ) hledisek. Předností jejich užití však je z pohledu praktického jejich poměrně jednoduché stanovení a zavedení do příslušných souvisejících výpočtů.

Vztah mezi ukazateli zabezpečení  $P_o$ ,  $P_t$ ,  $P_d$  a nalepšeným odtokem  $O_p$  vidíme v grafu 4. Obecně platí pro daný konkrétní nalepšený odtok  $O_p$  vztah  $P_o \leq P_t \leq P_d$ . [3]



**Graf 4** Obecný vztah mezi ukazateli zabezpečení  $P_o$ ,  $P_t$ ,  $P_d$  a hodnotou nalepšeného odtoku  $O_p$  [3]

### 6.1.3 Zabezpečení nepřekročení neškodného odtoku

Mírou zabezpečení nepřekročení neškodného odtoku je pravděpodobnost  $P_{NE}$ , že skutečný odtok nepřestoupí plánovanou hodnotu  $O_{NE}$ . Neškodný odtok reprezentuje maximální přípustný odtok, nutný pro ochranu před povodněmi. Ochrana je vyvolána hospodářskými ztrátami za povodní. Kromě přímých škod, při zaplavení zemědělských pozemků nebo objektů, působí povodně často i nepřímé ztráty národnímu hospodářství, např. přerušení dopravy, dodávky elektrické energie apod.

U neškodného odtoku mluvíme o tzv.  $N$ -leté ochraně před vyšším (tedy škodlivým) odtokem.  $N$ -letou ochranu vyjadřujeme dobou opakování  $N$ , což je průměrný počet let mezi dvěma sousedními výskyty řízených odtoků větších než plánovaná hodnota  $O_{NE}$ . Pro pravděpodobnost překročení  $O_{NE}$  platí:  $p = 1 - P_{NE}$  kde hodnota  $1 - P_{NE}$  je tzv. riziko a  $p$  pak vyjadřuje pravděpodobnost překročení neškodného odtoku  $O_{NE}$ . Ochranný účinek jako výsledek řízení odtoku se navrhuje s hospodářským zdůvodněním mírou zabezpečení. Hospodářské ztráty při povodních se stanoví podrobným průzkumem zatápného území a ze starších záznamů o výskytu význačných povodní. Nejlepším podkladem pro vyjádření vztahu mezi charakteristikami povodní a hospodářskými ztrátami je chronologická řada povodní za období pozorování, v níž je každá povodeň charakterizována jednak hydrologickými parametry a jednak rozsahem způsobených škod. [3]

## 6.2 PODKLADY NUTNÉ PRO STANOVENÍ PARAMETRŮ ŘÍZENÍ ODTOKU

Pod pojmem parametry řízení odtoku příslušným regulačním prvkem rozumíme variační rozpětí řízeného odtoku určené dolní meze - tj. nalepšeným odtokem  $O_p$  a horní mezí - tj. neškodným odtokem  $O_{NE}$ , zabezpečení řízeného odtoku  $P$  a v případě, že se jedná o řízení odtoku regulačním prvkem s akumulací (tj. se schopností transformace odtoku z hlediska času - nádrž), jsou dalšími parametry řízení odtoku příslušné funkční objemy.

Podklady lze rozdělit:

- Na podklady popisující kapacitu vodních zdrojů a její časový průběh.
- Na podklady vyjadřující nároky uživatelů vody z hlediska množství a kvality vody.
- Na podklady morfologické, hydrogeologické a jiné. Popisují zejména morfologii území a skladbu podloží uvažované lokality, tj. slouží k posouzení možnosti praktické realizace regulačních prvků: nádrží, převodů vody, umělých kanálů, příslušných objektů apod. [3]

### 6.2.1 Podklady popisující kapacitu vodních zdrojů

Přirozené vodní zdroje dělíme na povrchové a podzemní. V problematice řízení z povodí mají stěžejní význam zdroje povrchové (toky), které reprezentují přítok vody k regulačním prvkům, ať již se jedná o přítok k izolovaným regulačním prvkům nebo do vodohospodářských soustav.

Pro řešení parametrů řízení odtoku musí být kromě řady průměrných měsíčních průtoků k dispozici základní hydrologické údaje:

- Plocha povodí, ze kterého je odtok řízen
- Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek
- Dlouhodobý průměrný průtok
- $m$  - denní průtoky
- $N$  - leté průtoky

Další hydrologické údaje se volí podle požadavku na způsob a podrobnost vodohospodářského řešení řízení odtoku.

Spolehlivost hydrologických podkladů musí odpovídat národohospodářskému a společenskému významu díla. Nejsou-li hydrologické údaje příslušné třídy k dispozici, zajistí se požadovaná spolehlivost pokud možno dalším pozorováním a měřením nebo hydrologickým výzkumem dodavatele hydrologických podkladů. [3]

## 6.2.2 Podklady vyjadřující nároky uživatelů vody

Podklady, vyjadřující souhrnné nároky uživatelů vody, jsou výchozím materiálem pro stanovení variačního rozpětí řízeného odtoku.

### 6.2.2.1 Dolní hranice variačního rozpětí

Nalepšený odtok  $O_p$  s danou zabezpečeností  $P$  je určena nároky na odběr vody zejména pro obyvatelstvo, zemědělství, průmysl, hydroenergetiku a dále pro plavbu, chov ryb a vodní drůbeže. Neadresným odběratelem vody je životní prostředí, požadující garanci minimálních průtoků v tocích, tj. takových minim, které nezpůsobí trvalé nepříznivé následky. Nejvýraznější vztah na ochranu životního prostředí má minimální zůstatkový průtok. Tento průtok má charakter přednostně zabezpečeného nároku na vodní zdroj a sleduje zachování podmínek pro biologickou rovnováhu v toku a v jeho nejbližším okolí. Umožňuje rovněž obecné užívání vody člověkem, jako např. individuální koupání a provozování vodních sportů, praní, mytí a odebírání malých množství vody. [3]

Zabezpečenost se volí podle národohospodářského a společenského významu požadovaných účelů. Pokud se nezdůvodní jiná hodnota, požaduje se zabezpečenost odběru vyjádřeného v průměrných měsíčních hodnotách pro řešené období podle tab. 9. Podle třídy významnosti odběratelů, uživatelů a efektů nádrže je stanovena zabezpečenost podle trvání plné dodávky v měsících. Hodnoty uvedené v tabulce jsou závazné, pokud vodohospodářský orgán nestanoví jiné. Z vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže se dále vyčíslí zabezpečenost podle opakování a podle účelu a funkce nádrže též zabezpečenost podle objemu dodávky. [3]

ČSN 75 2405

Třída významnosti	A	B	C	D
Zabezpečenost podle trvání plné dodávky vody $P_t$ [%]	≥ 99,5	≥ 98,5	≥ 97,5	≥ 95,0

Tab. 9 Třídy významnosti

Podle významnosti a předpokládaných škod při nedodržení požadovaného efektu nádrže se odběratelé, uživatelé a efekty nádrže zařazují do čtyř tříd významnosti.

- **Třída A** - vodovody pro více než 150 tisíc obyvatel, jaderné elektrárny a tepelné elektrárny nad 500 MW, vybrané průmyslové podniky celostátního významu
- **Třída B** - vodovody pro 50 tisíc až 150 tisíc obyvatel, tepelné elektrárny do 500 MW, vybrané průmyslové podniky celostátního významu
- **Třída C** - vodovody pro méně než 50 tisíc obyvatel, průmyslové podniky oblastního významu, živočišná výroba mimo chov ryb a vodní drůbeže
- **Třída D** - vodní elektrárny, plavba, místní průmysl a provozovny komunálního hospodářství, závlahy, chov ryb a vodní drůbeže, lesnictví a rekreaci [3]



### 6.2.2.2 Horní hranice variačního rozpětí

Neškodný odtok s danu zabezpečení je určen zejména nároky na ochranu před velkými vodami a nároky na plavbu. Nároky na ochranu před škodlivými účinky velkých vod představují zamezení nebo jen omezení rozlivů velkých vod do inundací, kde jsou ohroženy životy a zdraví obyvatelstva, majetek a produkce různých odvětví národního hospodářství.

Velikost kulminačního průtoku návrhové a kontrolní povodně určujeme podle předpokládané výše škod a ztrát na životech, viz tab. 10. [3]

Skupina	Podskupina	Výše škod	Hodnotící hlediska	Návrhová povodeň N	Kontrolní povodeň N
A	A/I	Velmi vysoké	Očekávají se ztráty na lidských životech	1000	10000
	A/II		Ztráty na lidských životech nejsou pravděpodobné	500	2000
B	B/I	Vysoké	Očekávají se ztráty na jednotlivých lidských životech	100	1000
	B/II		Ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné	100	200
C	C/I	Nízké	Škody pod vodním dílem a ztráty z užitku vodního díla	10	100
	C/II		Ztráty jen u vlastníka vodního díla, ostatní škody nevýznamné	10	20 až 50

Tab. 10 Velikost návrhové a kontrolní povodně

Uvažujeme-li míru zabezpečení ochrany před povodněmi jako pravděpodobnou dobu opakování neškodného průtoku v korytě pod regulačním prvkem (nádrží), je možno návrhovou zabezpečení ochrany před povodněmi stanovit podle dosavadních zkušeností následujícím způsobem.

- 3 až 5 letá ochrana se navrhuje u zemědělsky využívaných pozemků
- 5 až 10 letá ochrana se navrhuje u speciálních zemědělských kultur, např. zelinářské plochy, chmelnice
- 20 až 50 letá ochrana se volí u významných obcí
- 100 letá ochrana přichází v úvahu u velkých měst, významnějších průmyslových závodů, komunikací mimořádné důležitosti apod.

Výjimečně může jít i o vyšší míru ochrany. [3]

### 6.2.3 Podklady morfologické, hydrologické a ostatní podklady

Tyto podklady jsou důležité hlavně při vodohospodářském řešení nádrže, dále pak při převodech vody, konstrukci umělých kanálů apod. Odpovídají na otázku, zda je možné v uvažované lokalitě realizovat nádrž s požadovaným objemem při dané geologické skladbě podloží. Rozsah podkladů popisujících hydrogeologické poměry úzce souvisí s velikostí a důležitostí realizovaného vodního díla a s typem lokality, ve které se má realizovat. Při návrhu nádrže je nutno navázat na hydrogeologický průzkum provedený v dané lokalitě s uvedeným rozsahem. [3]

## 6.3 NÁDRŽE

Obecně se pod pojmem nádrž rozumí omezený prostor, který se plní a prázdní v závislosti na čase, a to médiem tuhým, kapalným nebo plynným. Pod pojmem vodní nádrž rozumíme omezený prostor určený k hromadění vody za účelem jejího pozdějšího využití, k zachycení a transformaci povodňových průtoků pro ochranu údolí pod nádrží, k vytvoření vodního prostředí nebo k úpravě vlastností vody. [3]

Dle účelu rozlišujeme vodní nádrže:

- **Zásobní** - zajišťují odběr vody nebo nalepšují průtoky v toku pod nádrží tím, že v období nadbytku vody vytváří její zásobu pro období jejího nedostatku
- **Ochranné** - snižují povodňové průtoky a zachycují špičky povodňových průtoků pro ochranu území pod nádrží před záplavami
- **Vytvářející vodní prostředí** - umožňují chov ryb, vodní drůbeže, rekreaci, vodní sporty, zlepšují životní prostředí apod.
- **Upravující vlastnosti vody** - do této skupiny patří nádrže usazovací a různé účelové nádrže apod.

Podle toho kolik účelů nádrž plní dělíme na jednoúčelové nebo víceúčelové. [3]

### 6.3.1 Rozdělení nádrží podle vzniku a umístění

Nádrž může být vytvořena údolní přehradou, ohrázením části území, nebo jí může být přírodní či umělá prohlubeň na zemském povrchu. Nádrže můžeme tedy rozdělit na přírodní či umělé.

- **Přírodní nádrž** je prohlubeň, pánev nebo dutina plněná vodou, která vznikla v přírodě bez zásahu člověka. Její původ může být tektonický, vulkanický, ledovcový, krasový apod.
- **Umělá nádrž** vznikla zásahem člověka do přírodních poměrů. Lze je rozdělit na nádrže protékané a neprotékané. Protékané nádrže lze dále rozdělit na údolní a postranní. Neprotékané nádrže se dále dělí na vyhloubené, ohrázené a boční.

Údolní nádrž na hlavním toku vznikne přehrazením údolí hlavního toku přehradou. Nádrž tvoří dno a boky údolí s návodním lícem přehrady až po kótu vzduť. Přítok do nádrže je dá odtokem z povodí k přehradnímu profilu. [3]



Obr. 9 Schéma údolní nádrže [3]

Boční nádrž vznikne uzavřením části údolí vedle toku obvodovou hrází. Tato hráz není přehradou, protože nepřehrazuje údolí napříč. Náklady na realizaci jsou vyšší než u nádrže údolní (délka hráze). Boční nádrž rovněž klade menší nároky na výpustné a pojistné zařízení a na údržbu. Z hlediska provozu vyjadřuje menší regulační účinek. Určitou výhodou je, že je možno kdykoliv přerušit přívod vody do nádrže a ochránit tak nádrž před povodněmi, znečištěním apod. Jako boční nádrže se realizují neprotékané rybníky, rekreační nádrže apod. [3]



Obr. 10 Schéma boční nádrže [3]

## 6.4 VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ ZÁSOBNÍ FUNKCE NÁDRŽE

Klasifikace způsobu řízení odtoku vody z nádrže je nutná pro správnou volbu metodiky vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže. Krátkodobé řízení odtoku má tak specifické rysy, že pro jeho klasifikaci není nutný zvláštní rozbor. U izolované nádrže je nutné především rozhodnout, zda bude pracovat s ročním (sezonním) nebo víceletým řízením. Stanovení pevné hranice mezi víceletým a ročním řízením odtoku je často problematické a vyplývá až z průběhu vlastního vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže. [3]

Při vodohospodářském řešení zásobního objemu nádrže hledáme vztah mezi třemi veličinami (časový průběh přítoku vody  $Q(t)$ , zadaný chronologickou řadou, je znám):

- $O_p$  - hodnotou nalepšeného odtoku vody
- $V_z$  - velikostí zásobního objemu nádrže
- $P$  - zabezpečeností nalepšeného odtoku

Přičemž se vychází z řešení diferenciální rovnice, popisující okamžitý vztah mezi přítokem  $Q(t)$ , odtokem  $O(t)$  a plněním zásobního objemu  $V(t)$ . [3]

Formulace je taková, že vždy jsou dvě ze tří veličin zadány a hledáme třetí. Tím vzniknou základní typy úloh, vyskytující se v praxi.

- **Hledáme zásobní objem nádrže**, je-li zadán nalepšený odtok a zabezpečení. Velikost nalepšeného odtoku získáme bilancováním potřeb vody pro různé uživatele s určitou prognózou do budoucnosti a přičtením vlastního odtoku do toku. Celková zabezpečení odtoku plyne ze zabezpečení přiřazených jednotlivým odběratelům. Matematicky je možno úlohu formulovat vztahem  $V_z = F_1(O_p, P)$ .
- **Hledáme velikost nalepšeného odtoku**, když známe velikost zásobního objemu nádrže a zabezpečení. Velikost zásobního objemu bývá často dána výběrem lokality, vhodné pro stavbu nádrže, stejně jako zabezpečení nádrže. Typickým příkladem jsou nádrže určené pro energetické využití. Matematicky je možno úlohu vyjádřit  $O_p = F_2(V_z, P)$ .

- **Hledáme zabezpečení nalepšeného odtoku**, je-li dána velikost zásobního objemu a hodnota nalepšeného odtoku. S úlohou tohoto typu se můžeme setkat např. při změně nároků na odběr vody a souvisejícím přepočtem zabezpečení. Je možno zapsat ji vztahem  $P = F_3(V_z, O_p)$ . [3]

### 6.4.1 Simulace

Simulaci lze definovat jako techniku, která umožňuje vyhodnotit následky nějakého rozhodnutí bez jeho uskutečnění v praxi. Pokud simulaci vztáhneme k problematice řešení zásobní funkce nádrže, můžeme simulaci popsat jako matematickou techniku, která napodobuje posloupnosti aritmetických a logických algoritmů provozu nádrže ve sledovaném časovém úseku  $\langle t_0, t_n \rangle$ , při zadané počáteční podmínce (plnění nádrže v čase  $t_0$ ) a zadání omezujících podmínek (závisí na typu úlohy – např. okamžité plnění nádrže). Další nezbytnou podmínkou je rovněž znalost způsobu řízení odtoku z nádrže, tj. závislost řízeného odtoku na stavu vodních zdrojů, kde stavem vodních zdrojů rozumíme okamžitou velikost přítoku vody do nádrže  $Q$  a plnění zásobního prostoru  $V$ . Lze jej zapsat vektorem  $\underline{s} = (V, Q)$ . Takto definovaný stav nám popisuje okamžitou potenciální možnou kapacitu vodního zdroje, protože zahrnuje jak velikost okamžitého přítoku vodu, tak i objem vody v nádrži, který je momentálně k dispozici pro nalepšování odtoku.

Během simulace provozu se sleduje průběh kritériální funkce (dále kritéria), která je u izolované nádrže tvořena zejména technickými veličinami, ale může být tvořena i ekonomickými veličinami, případně souhrnem technických a ekonomických veličin. Takovýmto kritériem může být například zabezpečení, ale i náklady na realizaci nebo zisky.

Nástrojem pro simulaci provozu se užívá metoda postupně bilanční, která vychází ze základní rovnice nádrže. Pomocí této metody je simulace provozu znázorněna posloupností časových snímků všech řešených veličin na rozhraní jednotlivých časových intervalů  $\Delta t$ , jejichž velikost je volena v souladu s podklady řešení. Pro vlastní simulaci provozu je tedy nutno znát chronologickou řadu průměrných průtoků (dle potřeby měsíčních, denních, či ročních) podle délky voleného časového kroku  $\Delta t$ , ve kterém provádíme bilanci a požadavky na odtok vody z nádrže v průběhu řešeného období (může být konstantní, měnit se cyklicky v průběhu roku nebo se dynamicky měnit v průběhu celého období). Tento princip je shodný jak při řešení v reálných, tak i umělých průtokových řadách. [1]

### 6.4.2 Simulační model

Principem simulačního modelu je volba hledané veličiny v zadané oblasti a v určitém kroku, která do řešení vstupuje jako parametr. Pro každou volenou hodnotu parametru opakovaně simulujeme novou variantu provozu nádrže a v ní vyhodnotíme sledované kritérium (zabezpečení). Z vyřešených vybereme tu variantu, ve které se kritérium se zadanou přesností shoduje s požadovanou hodnotou. V ní volený parametr se pak stává výsledkem řešení. Tato úloha vede na optimalizaci, ve které je neznámou řešený parametr a kritériem je rozdíl mezi vypočtenou hodnotou  $P$  a požadovanou  $P'$  zabezpečení, který se minimalizuje.

Výpočet je možno urychlit tím, že se řešení provede nejdříve na hrubé rozlišovací úrovni s hrubým krokem parametru. Výsledky se vyhodnotí, vymezí se zmenšená oblast, ve které s největší pravděpodobností leží hledaný parametr a v ní se provede následné dořešení na jemné rozlišovací úrovni s jemným krokem parametru. Uvedený postup se ve vodohospodářské terminologii nazývá klasickým simulačním modelem a v zásadě se jedná o použití mřížkové metody (grid method) při optimalizaci. Dále se dá výpočet urychlit tak, že se v průběhu výpočtu hledá vztah mezi voleným parametrem a hodnotou kritéria, na který se s další volbou kritéria v nové variantě pružně reaguje. Takto pojatá úloha je v podstatě iterací. [1]

Řešení vztahu mezi  $V_z$ ,  $O_p$ ,  $P$  simulační metodou je možno provádět početně nebo graficky. Početní řešení je méně přehledné, ale naopak – vzhledem k velkému množství opakovaných výpočtů – je zvláště vhodná při použití výpočetní techniky. Grafické řešení vyniká přehledností a názorností a slouží k pochopení principu řešených úloh. Princip řešení je shodný jak pro početní tak i pro grafické řešení. Jedná se jen o odlišnou interpretaci stejného postupu. [3]

### 6.4.3 Úloha typu $P = F_2 (O_p, V_z)$

Tato úloha je typu, kdy hledáme zabezpečení nalepšeného odtoku, je-li dána velikost zásobního objemu a hodnota nalepšeného odtoku.

#### 6.4.3.1 Početní řešení

Provádí se v jediné variantě jednorázovou simulací provozu nádrže. Řešení je vhodné uspořádat tabelárně následujícím způsobem pro  $\Delta t = 1$  měs. =  $2,63 \cdot 10^6$  s. Necht' v naší ukázce je  $V_z = 118,35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

V tabulce je znázorněno řešení ve zkráceném období. Počáteční podmínkou je plná nádrž. Odtok z nádrže je řízen „na plánovaný odtok“. Údaje ve sloupcích 1 až 5 jsou zřejmé z tabulky.

V 7. sloupci je provedena bilance mezi požadovaným nalepšeným odtokovým množstvím  $O_p$  a přítokovým množstvím  $Q$  postupně v každém měsíci. V 8. sloupci testujeme, zda na konci každého měsíce (bilanční krok) nepřesahuje nárok na vyprázdnění nádrže zadaný zásobní objem. Protože je však postup znázorněn v poměrných hodnotách, je omezující podmínkou poměrný zásobní objem nádrže  $V'_z = V_z / \Delta t$ , tedy  $V'_z = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sloupec 8 řešíme před sloupcem 6. Pokud v 8. sloupci vychází na konci libovolného měsíce poměrné povyprázdnění větší než zadaný poměrný zásobní objem, píšeme jej v takovém měsíci rovné  $V'_z$ . V tomto měsíci dojde k poruše v odtoku vody z nádrže. Hodnoty skutečného odtoku v 6. sloupci pak řešíme mechanicky dle vztahu:

$$O_k = V'_z - \sum_{i=0}^{k-1} (O_{p,i} - Q_i) + Q_k \quad [3]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$i$	rok	měs.	$O_p$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$Q$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$O$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$O_p - Q$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$\sum(O_p - Q)$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$M_r$	$M_m$	$D'$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
							0,0			
1	1	I	10,0	10,3	10,3	- 0,3	0,0			
2	9	II	10,0	8,6	10,0	1,4	1,4			
3	3	III	10,0	42,6	41,2	- 32,6	0,0			
4	1	IV	15,0	64,5	64,5	- 49,5	0,0			
5		V	25,0	35,2	35,2	- 10,2	0,0			
6		VI	25,0	20,3	25,0	4,7	4,7			
7		VII	30,0	15,0	30,0	15,0	19,7			
8		VIII	30,0	16,8	30,0	13,2	32,9			
9		IX	25,0	8,5	20,6	16,5	45,0	/	/	4,4
10		X	15,0	10,5	10,5	4,5	45,0		/	4,5
11		XI	15,0	24,7	15,0	- 9,7	35,3			
12		XII	15,0	23,2	15,0	- 8,2	27,1			
13	1	I	10,0	13,2	10,0	- 3,2	23,9			
-	9	-	-	-	-	-	-			
-	3	-	-	-	-	-	-			
-	2	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-			
480	1	-	-	-	-	-	-			
9	7	XII	15,0	21,2	21,2	- 6,2	0,0			
0	0							$\Sigma M_r = 1$	$\Sigma M_m = 2$	$\Sigma D' = 8,9$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]

Tab. 11 Tabelární řešení úlohy typu  $P = F_2(O_p, V_2)$  [3]

Ve všech měsících, kde platí  $O < O_p$ , nastala porucha v dodávce vody z nádrže. Ve sloupcích 9, 10, 11 provádíme její vyhodnocení. V 9. sloupci označíme poruchové roky, v 10. sloupci poruchové měsíce a v 11. sloupci snížení odtoku oproti plánované hodnotě  $D' = O_p - O$ . Na konci tabulky ve sloupcích 9, 10, 11 provedeme součet všech poruchových roků, měsíců a sníženého odtoku. Celkové nedodané množství vody oproti plánované hodnotě vypočteme ze vztahu:

$$\sum D = \Delta t * \sum D'$$

Pro výpočet zabezpečení podle opakování, trvání a dodávky vody použijeme vztahy (6.1) a (6.2) z kapitoly č. 6.1.2, ve kterých  $m$  a  $n$  vyjádříme pomocí  $\Sigma M_r$ ,  $\Sigma M_m$ ,  $\Sigma D$ . Zavedeme-li, že  $N_r$  a  $N_m$  je celkový počet roků a měsíců v řešeném období, platí pro zabezpečení podle opakování, že  $m = N_r - \Sigma M_r$ ,  $n = N_r$ , pro zabezpečení podle trvání  $m = N_m - \Sigma M_m$ ,  $n = N_m$  a pro zabezpečení podle dodávky vody  $m = PD - \Sigma D$ ,  $n = PD$ , kde  $PD$  je plánované množství oteklé vody z nádrže v řešeném období. [1]

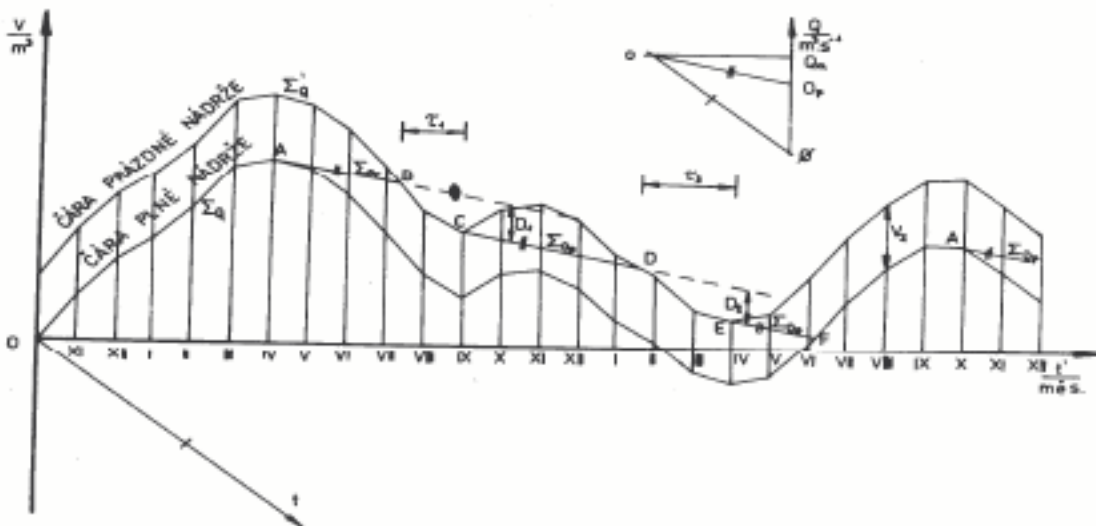
### 6.4.3.2 Grafické řešení

Řešení se provádí v jedné variantě. V úloze tohoto typu je pevně zadána velikost zásobního objemu, tedy není možno nádrž libovolně prázdnit. To má za následek možnost vzniku poruch v provozu, které je nutno určit a vyhodnotit. [3]

Nechť je dána součtová čára přítoku do nádrže, konstantní hodnota  $O_p$ , velikost zásobního objemu  $V_2$  a počáteční podmínka = plná nádrž. Řešení je patrné z grafu 5. Kromě součtové čáry přítoku vody – čára plné nádrže – je nutno vynést ještě čáru prázdné nádrže. Ta je

vertikálně posunuta oproti čáře plné nádrže o hodnotu zásobního objemu  $V_z$ , který v této úloze vystupuje jako omezující podmínka. Postup simulace provozu je obdobný jako v případě úlohy typu  $V_z = F_1(O_p, P)$ ,  $P = 100\%$ . Liší se v tom, že simulované prázdnění nádrže nemůže překročit zadanou hodnotu zásobního objemu.

Od bodu 0 do bodu A odtéká odtok rovný přítoku, protože nádrž je plná. Od bodu A začíná prázdnění (počátek suchého období) a odtok až po bod B je roven  $O_p$ . V bodě B, ve kterém narazila součtová čára  $\Sigma O_p$  na čáru prázdné nádrže, došlo k vyprázdnění zásobního objemu. V nádrži tedy není žádná zásoba vody, z níž by se mohl nalepšovat odtok a odtok je až po bod C roven přítoku (porucha). Součtová čára odtoku se ztotožňuje s čárou prázdné nádrže. V bodě C stoupl přítok vody nad hodnotu odtoku. Z nádrže můžeme vypouštět  $O_p$  a současně se zásobní objem plní. Protože se ale jednalo o přechodné vodné období, zásobní objem se opět v bodě D vyprázdnil. Od bodu D po bod E je odtok vody roven přítoku (porucha). V bodě E začíná vodné období, až po bod F se z nádrže vypouští  $O_p$  a současně dochází k plnění. V bodě F se nádrž naplní a odtok vody je až po bod A roven přítoku. Tímto postupem je možno v součtových čarách simulovat provoz nádrže a klasifikovat poruchy. Z grafu 5 je patrná délka poruch  $\tau_1$  a  $\tau_2$  a hloubka poruch  $D_1$  a  $D_2$ . Poruchové roky pro výpočet zabezpečení klasifikujeme přímo v grafickém řešení. [3]



**Graf 5** Schéma řešení úlohy  $P = F_2(O_p, V_z)$  – stanovení délky a hloubky poruchy [3]

Do vztahů (6.1) a (6.2) z kapitoly č. 6.1.2, pro výpočet zabezpečení podle opakování dosazujeme  $m = N_r - \Sigma M_r$ ,  $n = N_r$ , pro zabezpečení podle trvání  $m = N_m * \Delta t - \Sigma \tau_i$ ,  $n = N_m * \Delta t$  a pro zabezpečení podle dodávky vody  $m = PD - \Sigma D_i$ ,  $n = PD$ , kde  $N_r$  je počet všech roků,  $N_m$  je počet všech měsíců a  $PD$  je plánované množství odteklé vody z nádrže v řešeném období.[3]

## 6.5 OCHRANNÁ FUNKCE NÁDRŽE

Účelem ochranné funkce je řízení odtoku vody z nádrže tak, aby nepřekročil horní mez variačního rozpětí, danou neškodným odtokem  $O_{NE}$  při stanovené zabezpečení  $P_{NE}$ .

Základním prostředkem při povodňovém řízení odtoku je volný vyhrazený prostor v nádrži, ve kterém je zachycena část objemu povodně, a tak jsou zmírněny její škodlivé účinky na tok v nádrži. Tento objem může být vymezen jako zvláštní retenční prostor ovladatelný nebo neovladatelný nebo může vzniknout po vyprázdnění zásobního objemu před příchodem povodně. Vzhledem k tomu, že povodně mají krátkodobý průběh je nutno znát jejich podrobný, převážně hodinový průběh v čase – tzv. hydrogram povodně. [1]

### 6.5.1 Povodňové řízení odtoku při využití retenčního prostoru ovladatelného

Funkce retenčního prostoru ovladatelného je řízena převážně odtokem spodními výpustěmi. Předpokládáme, že na začátku je retenční prostor ovladatelný  $V_{RO}$  prázdný. Strategie odtoku je následující. Až po velikost přítoku  $Q = O_{NE}$  z nádrže vypouštíme odtok  $O = Q$ , od tohoto okamžiku se vypouští odtok  $O = O_{NE}$ , přičemž se současně plní  $V_{RO}$ . V době, kdy přítok opět platí  $Q = O_{NE}$  se buď dále vypouští  $O = O_{NE}$  nebo se vypouští nižší provozní hodnota odtoku. [3]

### 6.5.2 Povodňové řízení odtoku při využití retenčního prostoru neovladatelného

Rozdíl mezi retenčním prostorem ovladatelným a neovladatelným spočívá kromě umístění těchto prostorů v nádrži zejména ve způsobu řízení odtoku. Zatímco u retenčního prostoru ovladatelného je odtok řízen lidskou obsluhou v závislosti na přítok vody do nádrže a případně jejím plnění (v době prázdnění  $V_{RO}$ ), je u prostoru neovladatelného strategie povodňového řízení odtoku jednoznačně dána plněním  $V_{RN}$  (přepadovou výškou) a měrnou křivkou přepadu a spodních výpustí (při daném otevření). [3]

### 6.5.3 Využití ochranného účinku zásobního prostoru nádrže

Volný prostor potřebný pro snížení povodňových průtoků může v nádrži vzniknout i povyprázdněním zásobního prostoru. Povyprázdněný zásobní prostor může zcela nebo částečně zachytit povodňovou vlnu. K povyprázdnění dojde buď při běžném provozu zásobní funkce nádrže a pak jej při očekávané povodni s výhodou využijeme, nebo jej provedeme záměrně a plánovitě s maximálním využitím dispečerského řízení odtoku a předpovědi průtoků. Povyprázdněný zásobní objem má na snížení povodňového průtoků stejný účinek, jako retenční prostor ovladatelný. [3]



## 6.5.4 Metoda Runge – Kutta

Kdykoliv se v simulačním modelu vyskytuje jedna nebo více diferenciálních rovnic, je zřejmé, že stav přinejmenším jednoho procesu ze zainteresovaných se mění kontinuálně (spojitě). Pokud je uváděna také diskrétní změna, můžeme simulační model popsat jako diskrétně – kontinuálního typu. Použití uzavřené formy analytického řešení je možné, avšak u většiny diferenciálních změn diskrétními změnami je možno vytvořit simulační model v libovolném programovacím jazyku uzpůsobeném pro diskrétní programování, který poskytuje možnosti numerického řešení. [1]

Nechť  $V(t)$  je řešením diferenciální rovnice prvního řádu

$$V'(t) = \frac{dV(t)}{dt} = Q(t) - O(V(t)), \quad (6.3)$$

kteřou můžeme psát obecně ve tvaru

$$\frac{dV(t)}{dt} = f(t, V(t)) \quad (6.4)$$

kde  $f(t, V(t))$  je nekonečně diferencovatelná. Předpokládejme, že známe  $V(t)$  a chceme určit výslednou hodnotu  $V(t + \Delta t)$ . Velikost  $\Delta t$  značí délku kroku a v kontextu diskrétně – kontinuální simulace na ni můžeme pohlížet jako na pevný časový posun, ve kterém se nevyskytuje mezi  $t$  a  $t + \Delta t$  žádný diskrétní bod. V dalším textu je řešení rovnice metodou Runge – Kutta.

Nechť  $V_0$  je řešením v  $t$  a  $V_1$  je řešením v  $t + \Delta t$ . Za použití metody Runge – Kutta 2. řádu pak můžeme psát:

$$V_1 - V_0 = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

Metoda Runge – Kutta 2. řádu pro aproximaci  $V(t + \Delta t) - V(t)$ , aplikovaná na diferenciální rovnici 1. řádu, je zatížena chybou  $\theta (\Delta t^3)$ . Proto se přípouští pouze na výklad. Její použití v praxi vede na nepřipustnou chybu, pokud  $\Delta t$  není nekonečně malé. Avšak vytvoření značně malého  $\Delta t$  má za následek neúměrný růst nákladů na výpočet a je zdrojem zaokrouhlovacích chyb způsobených omezenou délkou slova počítače.

Vhodnější pro řešení (6.3) je použití metody Runge – Kutta 4. řádu pro diferenciální rovnici 1. řádu:

$$V_1 - V_0 = \frac{K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4}{6}$$

kde:

$$K_1 = \Delta t * f(t, V(t))$$

$$K_2 = \Delta t * f\left(t + \Delta t, V(t) + \frac{K_1}{2}\right)$$

$$K_3 = \Delta t * f\left(t + \frac{\Delta t}{2}, V(t) + \frac{K_2}{2}\right)$$

$$K_4 = \Delta t * f(t + \Delta t, V(t) + K_3)$$

Užití metody Runge – Kutta 4.řádu pro aproximaci je zatíženo chybou  $\theta (\Delta t^5)$ . Proto má široké užití. Hodnoty  $K_1, K_2, K_3, K_4$  jsou s přihlédnutím ke tvaru  $f(t, V(t))$  v (6.3) dány

$$K_1 = \Delta t * (Q(t) - O(V(t)))$$

$$K_2 = \Delta t \left( Q(t + \Delta t) - O\left(V(t) + \frac{K_1}{2}\right) \right)$$

$$K_3 = \Delta t \left( Q\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) - O\left(V(t) + \frac{K_2}{2}\right) \right)$$

$$K_4 = \Delta t (Q(t + \Delta t) - O(V(t) + K_3))$$

Metodu Runge - Kutta 4. řádu používá program HYDROG, který je v této práci použit pro výpočet transformačního účinku. [1]

## 7 VSTUPNÍ DATA

V této kapitole budou uvedena důležitá vstupní data, která budou použita v následujících výpočtech. Vstupní data pro tuto práci poskytl Povodí Moravy a ČHMÚ Ostrava.

### 7.1 PRŮTOKOVÁ ŘADA

Dlouhodobé pozorování vodních stavů a průtoků ve vodočetných stanicích poskytuje obraz o vodnosti i o časovém rozdělení průtoků ve sledovaném profilu. Jeho typický průběh, variační rozpětí, sled suchých a vlhkých roků, pozorované extrémní hodnoty průtoků, charakteristická období výskytu povodní nebo naopak nízkých průtoků v různých ročních obdobích nebo i v jednotlivých měsících, to vše nazýváme obecně režim vodních toků.

Výsledkem pozorování ve vodočetné stanici je spojitý průběh vodního stavu, resp. průtoků. Časový průběh této veličiny se pro potřeby dalšího zpracování a archivace přepočítává na průměrné hodinové průtoky  $Q_h$ . Jejich aritmetickým průměrem za každý den je pak průměrný denní průtok  $Q_d$ . Vypočtením průměru ze všech  $Q_d$  za příslušný měsíc získáme průměrný měsíční průtok  $Q_m$ . Vypočtením průměru ze všech  $Q_m$  za příslušný rok získáme průměrný roční průtok  $Q_r$ . Pokud vypočteme průměr ze všech  $Q_r$  za velmi dlouhé období měření, které máme k dispozici, získáme dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a$ . [5]

Hydrologické řady jsou zvláštním druhem statistických souborů, jejichž jednotlivé členy tvoří posloupnost. V závislosti na délce časového kroku  $\Delta t$ , na kterém nahradíme spojitý průtok průměrnou hodnotou, získáme:

- $\Delta t = 1$  hodina ..... $Q_h$  řadu prům. hodinových průtoků
- $\Delta t = 1$  den ..... $Q_d$  řadu prům. denních průtoků
- $\Delta t = 1$  měsíc ..... $Q_m$  řadu prům. měsíčních průtoků
- $\Delta t = 1$  rok ..... $Q_r$  řadu prům. ročních průtoků
- $\Delta t =$  celá délka měř. období ..... $Q_a$  dlouhodobý průměrný průtok [5]

Reálné průtokové řady jsou základním hydrologickým podkladem pro řešení parametrů řízení odtoku a poskytují nám základní údaje o průtoku vody určitým profilem. Důležitou řadou je reálná řada průměrných měsíčních průtoků. [3]

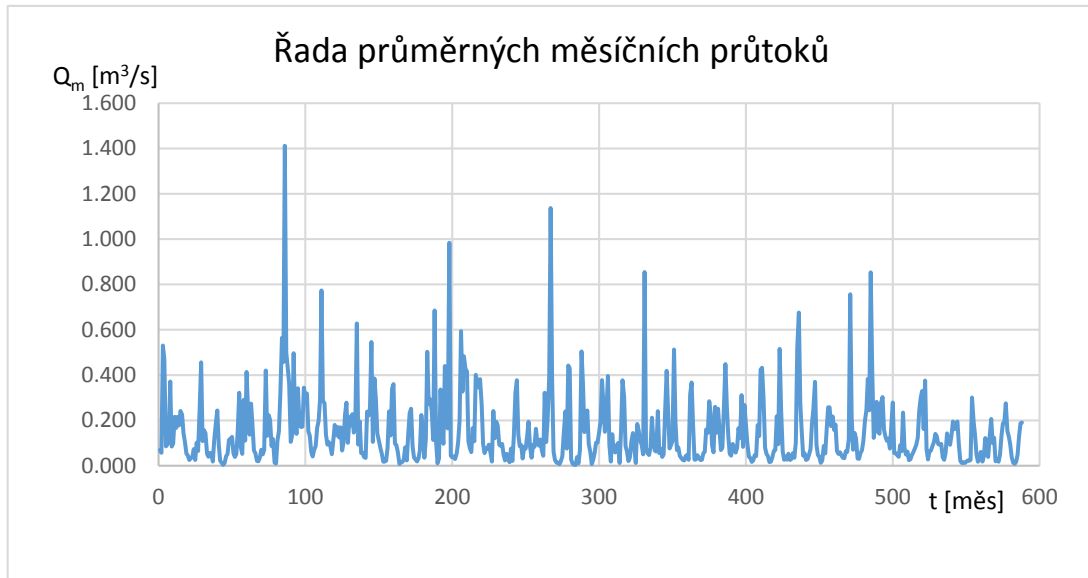
Pro řešení zásobní funkce nádrže Tršice v této práci použijeme stejnou řadu průměrných měsíčních průtoků, jako v bakalářské práci. Řada začíná v roce 1970 a je měřena až po rok 2018. Řada byla naměřena ve stanici Kokory, která se nachází cca 12 km níže po toku od profilu hráze Tršice. Proto bylo nutné odvození průtokové řady pro měrný profil nádrže Tršice. Průtokové řady odvozujeme metodami analogie. Můžeme použít metody, kdy odvozujeme v poměru dlouhodobých průtoků nebo pomocí srážkoodtokových úhrnných křivek. V našem případě jsme použili metodu pomocí poměru dlouhodobých průměrných průtoků. Tedy postupujeme podle následujícího vzorce:

$$\frac{Q_a^A}{Q_a^X} = K = \frac{Q_{m,i}^A}{Q_{m,i}^X}, \text{ pro } i = 1, 2, \dots, n,$$

Kde  $n$  je počet členů průtokové řady v analogovém povodí.  $Q_a$  značí dlouhodobý průměrný průtok, podle horního indexu se jedná o analogové povodí A nebo uvažované povodí X.

$Q_{m,i}$  je člen řady průměrných měsíčních průtoků, s horním indexem A jde o analogové povodí a s horním indexem X se jedná o uvažované povodí.

Jako analogové povodí bereme to v Kokorách a uvažované povodí bereme pro nádrž Tršice. Řadu průměrných měsíčních průtoků ve stanici Kokory známe, známe i  $Q_a^A = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $Q_a^X = 0,161 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dosadíme do vzorečku a máme řadu průměrných měsíčních průtoků pro profil nádrže Tršice (graf 6).



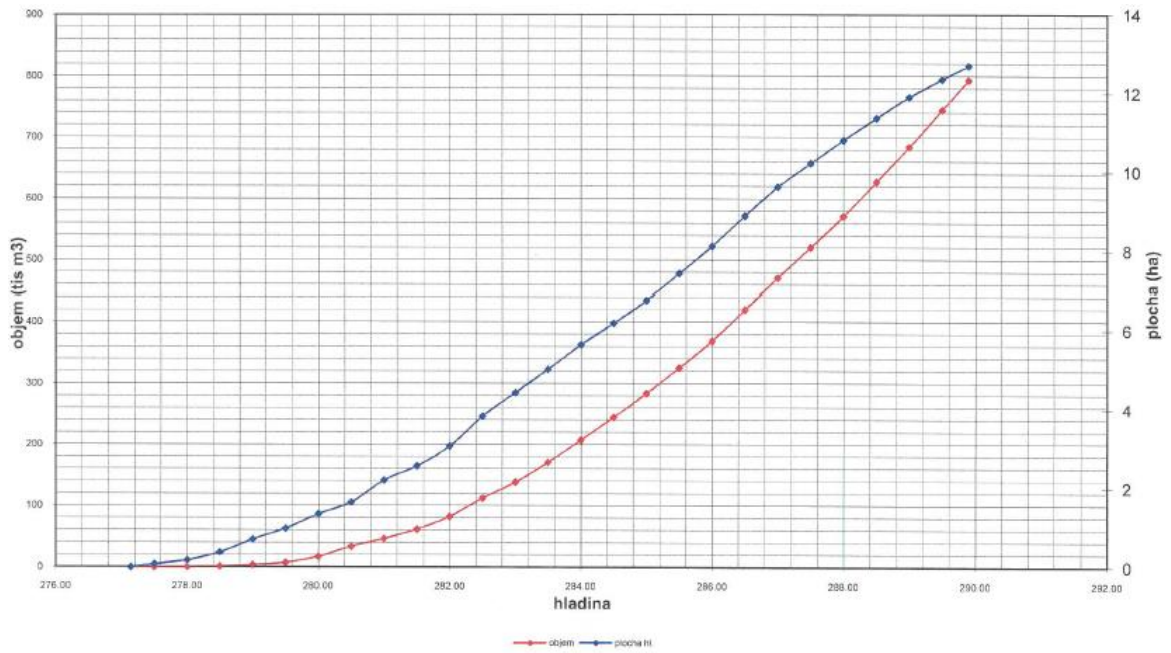
*Graf 6 Řada průměrných měsíčních průtoků pro profil nádrže Tršice*

## 7.2 BATYGRAFICKÉ ČÁRY

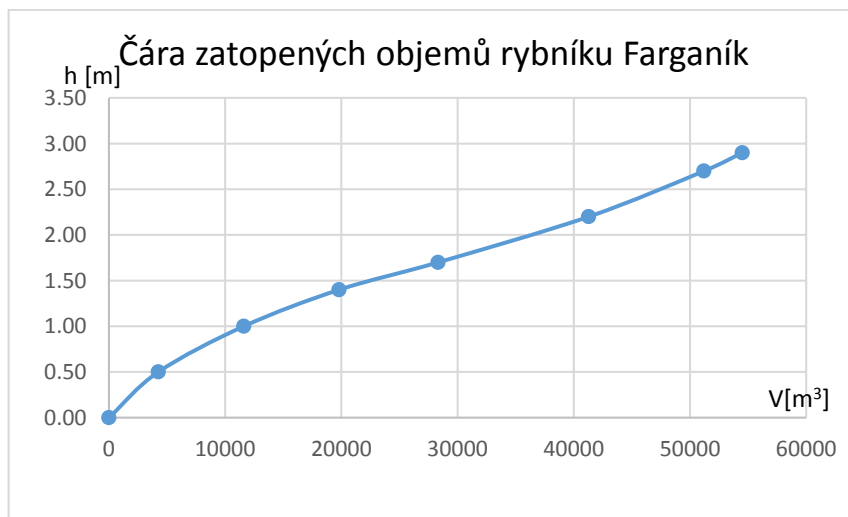
Jedním ze stěžejních problémů při popisu morfologie údolí, ve kterém uvažujeme nádrž, je skutečnost, že ji není možno obecně vyjádřit analyticky vzhledem ke značným nepravidelnostem terénu. [3]

Morfologii údolí popisujeme pomocí batygrafických čar, tj. čáry zatopených ploch a čáry zatopených objemů, které se rovněž nazývají charakteristikami nádrže. Čára zatopených ploch udává závislost mezi výškou plnění nádrže  $H$  a příslušnou plochou hladiny  $F$  odpovídající plnění. Čára zatopených objemů udává závislost mezi výškou plnění nádrže  $H$  a příslušným zatopeným objemem  $V$ . [1]

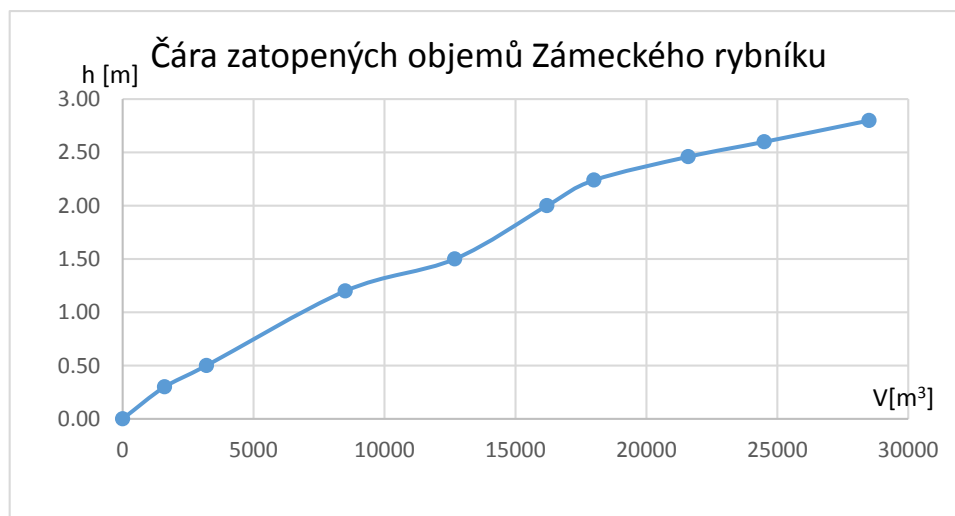
Pro výpočet zásobní funkce budeme potřebovat čáru zatopených ploch a zatopených objemů nádrže Tršice. Pro výpočet ochranné funkce budeme potřebovat čáry zatopených objemů nádrže Tršice, rybníku Farganík a Zámeckého rybníku.



**Graf 7** Batymetrické čáry nádrže Tršice [2]



**Graf 8** Čára zatopených objemů rybníku Farganík

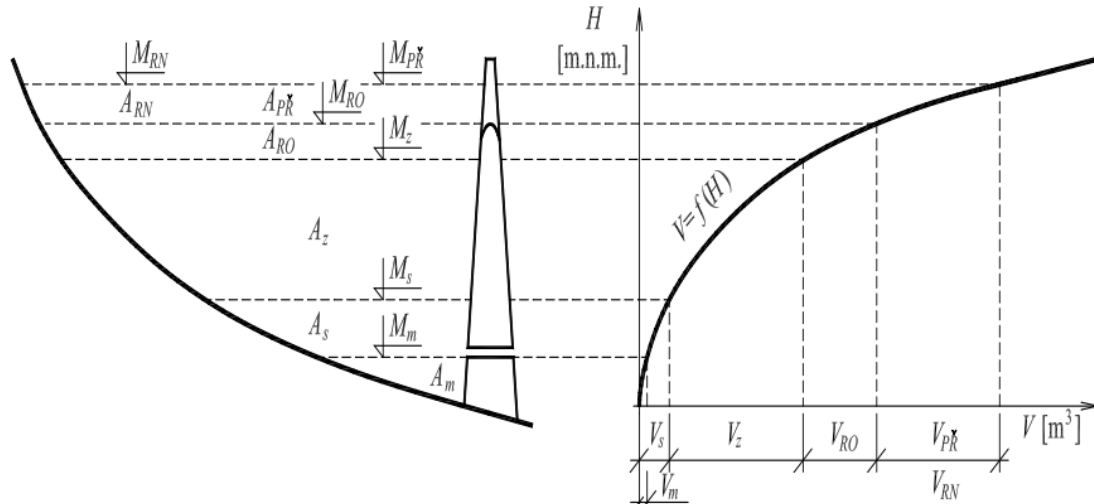


**Graf 9** Čára zatopených objemů Zámeckého rybníku

### 7.3 FUNKČNÍ PROSTORY NÁDRŽE

Celkový prostor nádrže  $A_c$  o objemu  $V_c$  se zpravidla dělí na dílčí prostory vyplývající z vodohospodářského řešení nádrže. Celkový objem nádrže je dán výrazem:

$$V_c = V_s + V_z + V_{RO} + V_{RN}$$



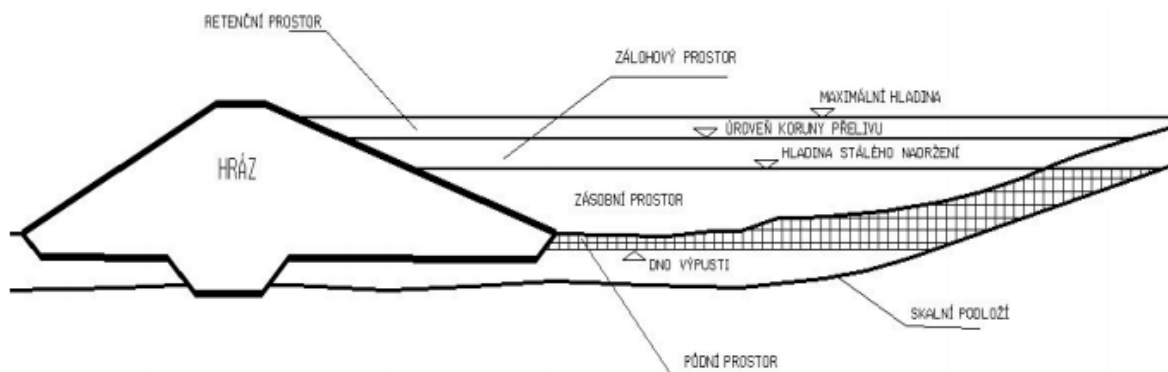
Obr. 11 Funkční prostory nádrže [3]

Prostor stálého nadržení  $A_s$  o celkovém objemu  $V_s$  je za normálního provozu nevyužíván. Pro stanovení jeho velikosti se uvádějí různá hlediska, ale až na speciální případy neexistuje metodika pro objektivní kvantitativní stanovení velikosti  $A_s$ . Součástí prostoru stálého nadržení je mrtvý prostor  $A_m$ , umístěný pod úroveň spodních výpustí, který nelze gravitačně vyprázdnit.

Zásobní prostor  $A_z$  slouží k řízení odtoku vody z nádrže tak, aby neklesl pod dolní mez variačního rozpětí  $O_p$ . Jinými slovy slouží k nalepšování celkového odtoku (součet odběrů + odtok do toku). Velikost  $A_z$  a jeho účinek jsou stanoveny vodohospodářským řešením nádrže podle typu úlohy.

Retenční prostor  $A_r$  slouží k řízení odtoku vody z nádrže tak, aby nepřekročil horní mez variačního rozpětí  $O_{NE}$ . Je tedy určen k zachycení povodní a k transformaci povodňových vln. Retenční prostor se dělí na ovladatelný a neovladatelný. Retenční prostor ovladatelný  $A_{RO}$  je umístěn nad maximální hladinou zásobního prostoru. Shora je omezen nejnižší úroveň přelivné hrany nehrazeného přelivu nebo úroveň horní hrany uzávěru hrazeného přelivu. Retenční prostor neovladatelný  $A_{RN}$  je umístěn nad retenčním prostorem ovladatelným až po úroveň maximální hladiny v nádrži. U nehrazeného přelivu je zdola omezen nejnižší úroveň přelivné hrany. U hrazeného přelivu je zdola omezen horní hranou uzávěru, je-li hradící výška přelivu nižší než přepadová výška při návrhové povodni. [1]

Veškeré informace o funkčních prostorech našich řešených nádrží jsou popsány v kapitole 5.

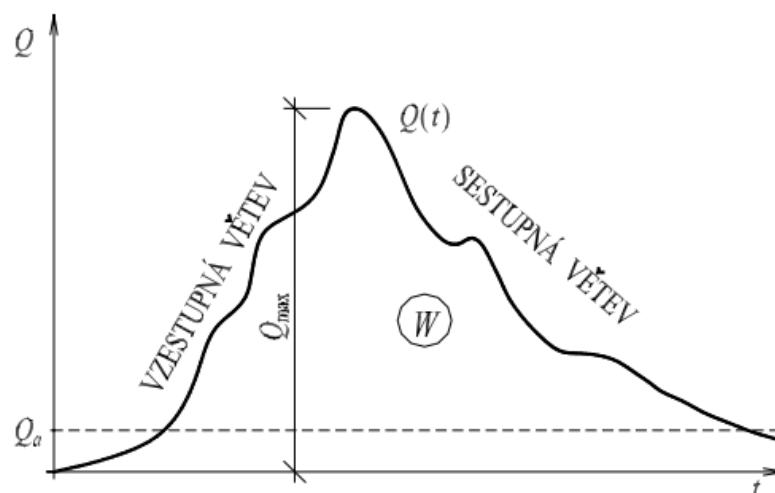


Obr. 12 Rozdělení prostorů v rybníku

## 7.4 HYDROGRAM POVODNĚ

Na malých povodích jsou příčinou povodňových průtoků přívalové deště. Za to u velkých povodí jsou příčinou povodní regionální deště a náhlá tání sněhové pokrývky, resp. kombinace obou příčin.

V libovolném profilu na toku je možno znázornit průběh povodně hydrogramem povodně, tj. zaznamenaným časovým průběhem povodňového průtoku. Ten se vyznačuje vzestupnou větví a sestupnou větví. V zásadě je možno hydrogram povodně popsat třemi veličinami, a to kulminačním průtokem  $Q_{max}$ , objemem povodně  $W$ , resp. objemem povodňové vlny  $W_{PV}$  a tvarem hydrogramu. Objem povodně je roven objemu vody (plocha) nad zvoleným průtokem. Pokud není průtok zadán, implicitně se rozumí hodnota dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$ . Objemem povodňové vlny se rozumí veškerý objem proteklé vody mezi počátkem a koncem povodně. Počátek a konec musí být zadán. Pokud tomu tak není, rozumí se těmito body průsečík  $Q_a$  se vzestupnou a sestupnou větví hydrogramu. [6]



Graf 10 Vzor hydrogramu povodně [6]

Především kulminační průtok rozhoduje v říční síti o škodách, která za povodní vznikají pobřežníkům, ale také o dimenzování vodohospodářských, dopravních a jiných staveb na tocích. Správné určení maximálního návrhového průtoku má zajistit následnou bezpečnost stavby. Znalost objemů povodní pak je rozhodující pro provozovatele vodních nádrží situovaných na říční síti z hlediska návrhu příslušných funkčních objemů, ale i jejich provozu.

Povodně se klasifikují podle pravděpodobnosti překročení kulminačního průtoku  $p$ , resp. pravděpodobnosti překročení objemů povodní. Nebo se využívá průměrná doba opakování kulminačních průtoků  $N$ , resp. průměrná doba opakování objemů povodní. Mluvíme potom o  $N$ -leté vodě  $Q_N$ : 1-leté, 2-leté, 5-leté nebo 100-leté, u níž předpokládáme, že je to hodnota průtoku, která je v dlouhodobém průměru 1x za  $N$  let dosažena nebo překročena. [6]

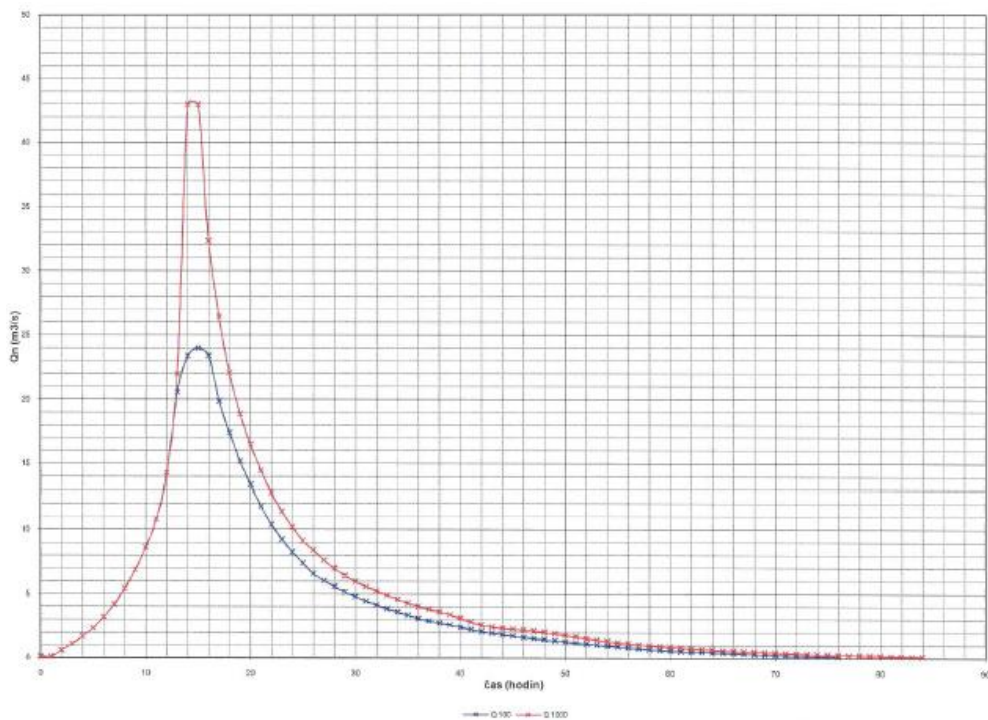
V našem případě máme hydrogram (graf 11) stoleté a tisícileté povodně pro měrný profil nádrže Tršice.

Stoletá povodeň  $PV_{100}$ :

- kulminační průtok  $Q_{100} = 24 \text{ m}^3/\text{s}$
- doba trvání  $T_{100} = 76 \text{ hod}$
- objem povodně  $W_{100} = 1,248 \text{ mil. m}^3$

Stoletá povodeň  $PV_{1000}$ :

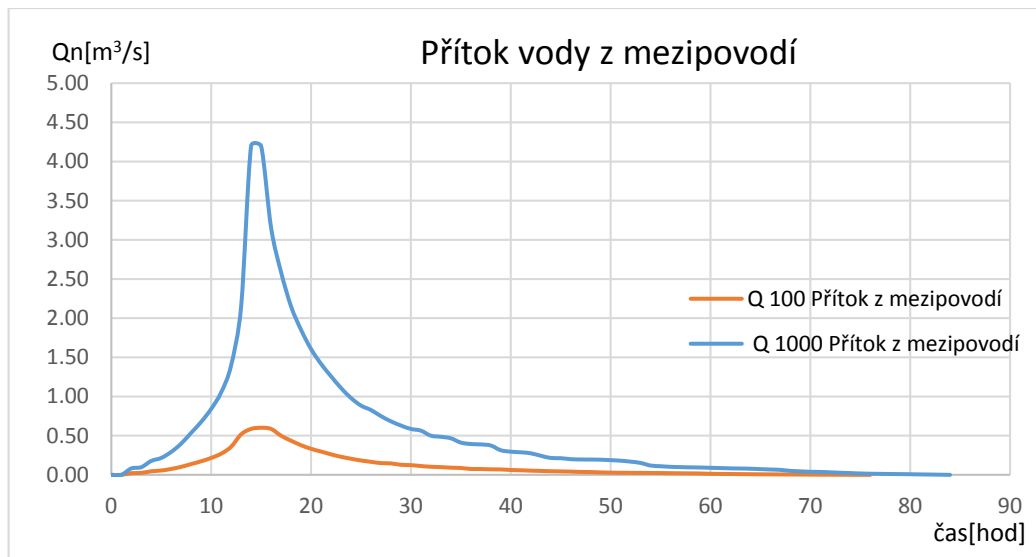
- kulminační průtok  $Q_{1000} = 43 \text{ m}^3/\text{s}$
- doba trvání  $T_{1000} = 84 \text{ hod}$
- objem povodně  $W_{1000} = 1,676 \text{ mil. m}^3$



**Graf 11** Průběh  $n$ -letých povodňových vln pro VD Tršice [2]

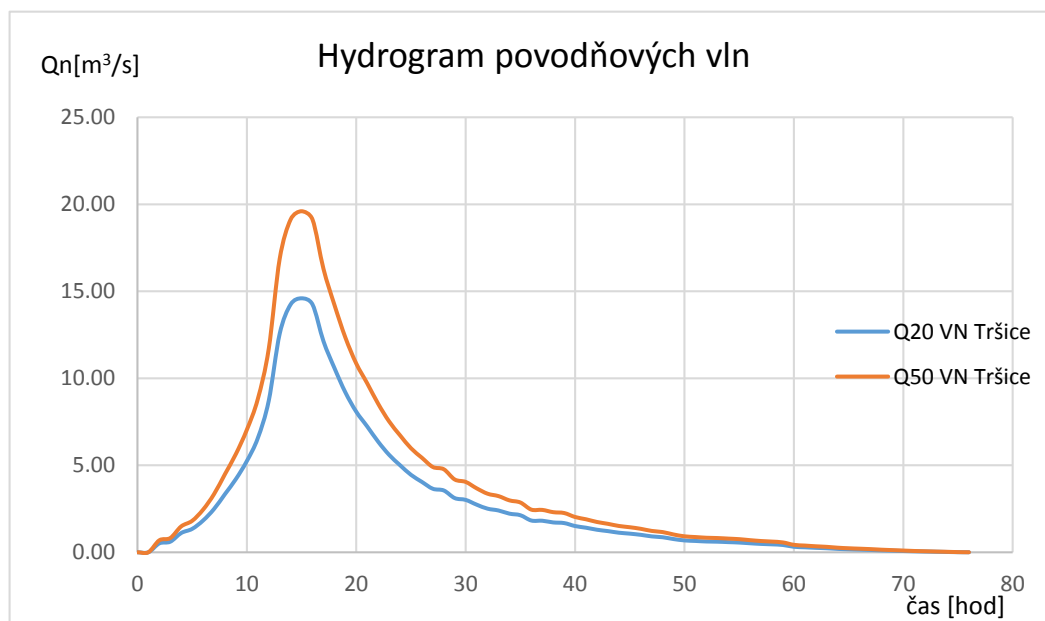
Dále pro naše výpočty budeme potřebovat přítok vody z mezipovodí nad Zámeckým rybníkem při  $Q_{100}$  a  $Q_{1000}$ . To jsme dostali tak, že jsme zjistili hydrogram povodní  $Q_{100}$  a  $Q_{1000}$  pro profil Zámeckého rybníku, tak že jsme vypočítali poměr mezi  $N$ -letými průtoky v profilu nádrže Tršice a Zámeckého rybníku. Pro úplnost je v profilu Zámeckého rybníku  $Q_{100} = 24,6 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $Q_{1000} = 47,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Poté jsme odečetli hydrogramy povodní pro profil Zámeckého rybníku a nádrže Tršice a dostali jsme velikost přítoku vody z mezipovodí (graf 12).





**Graf 12** Přítok vody z mezípodolí nad Zámeckým rybníkem

Pro úplnost výpočtů transformačního účinku nádrže Tršice a níže položených rybníků jsme si vytvořili hydrogram povodňové vlny  $Q_{20}$  a  $Q_{50}$ . To abychom mohli porovnat i transformační účinek při nižších n-letostech.



**Graf 13** Povodňové vlny  $Q_{20}$  a  $Q_{50}$  pro VD Tršice

## 8 PROGRAMY

V této kapitole si uvedeme programy použité pro následující výpočty. Pro výpočty této práce použijeme dva programy. A to program UNCE RESERVOIR pro výpočet zásobní funkce nádrže, konkrétně použijeme výpočet úlohy  $P = F_2 (V_z, O_p)$  popsanou v kapitole č. 6.4.3. U ochranné funkce nádrže pro výpočet transformačního účinku použijeme program HYDROG.

### 8.1 UNCE RESERVOIR

UNCE RESERVOIR je program pro výpočet vodohospodářského řešení zásobního programu v podmínkách nejistot. V programu je možno pracovat s dvěma typy úloh a to s úlohou typu  $V_z = F_1 (O_p, P)$  nebo s úlohou typu  $P = F_2 (V_z, O_p)$ . Vstupními údaji jsou přítoky do systému, batygrafické čáry nádrže. Program pracuje i s uvažováním ztrát a to buď ztráty výparem, ztráty průsakem nebo obojí. Program pracuje se zabezpečeností podle trvání a dodávky vody.

### 8.2 PROGRAM HYDROG

HYDROG je srážkoodtokový distributivní model určený k simulaci povodňových situací v povodí, vydávání operativních předpovědí průtoků v říční síti povodí a operativnímu řízení vodohospodářských děl. Vstupními daty modelu jsou údaje o průtocích, řízených odtocích z vodních nádrží a srážkách, v zimě pak i údaje o teplotě a výšce sněhové pokrývky. Povrchový odtok je numericky řešen kinematickou aproximací Saint-Venantových rovnic pro neustálené proudění. Pro simulaci chování vodních děl (nádrží) HYDROG využívá metodu Runge-Kutta IV. řádu popsanou v kapitole 6.5.4.

## 9 APLIKACE

V dalších kapitolách si ukážeme praktickou aplikaci teorie a metod uvedených v kapitole 6. Aplikace bude spočívat ve výpočtu vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže Tršice a ve výpočtu vodohospodářského řešení ochranné funkce nádrže Tršice a níže položených rybníků popsanych v kapitole 5.

### 9.1 ZÁSOBNÍ FUNKCE

Z hlediska zásobní funkce budeme řešit úlohu typu  $P = F_2(V_z, O_p)$  na již zmiňované nádrži Tršice. Výpočet jsme provedli v programu UNCE RESERVOIR. Tato úloha spočívá v tom, že počítáme zabezpečení  $P$  pro známý zásobní objem  $V_z$  a nalepšený odtok  $O_p$ . Důležitou charakteristikou je pro nás nalepšenost podle trvání  $P_t$ , podle které budeme hledat námi hledaný maximální odtok pro závlahy. Jak už víme z kapitoly 6.2.2, požadovaná zabezpečení podle trvání pro závlahové nádrže je 95%.

V prvním případě budeme počítat zabezpečení, kdy nalepšený odtok  $O_p$  se mimo vegetační období rovná minimálnímu zůstatkovému průtoku  $MZP$  (kap. 9.1.1). V našem případě je to v měsících listopad až březen. Následně budou hodnoty zabezpečení porovnány s hodnotami, kdy nalepšený odtok je konstantní po celý rok, tedy  $O_p = Q_a \cdot \alpha$ .

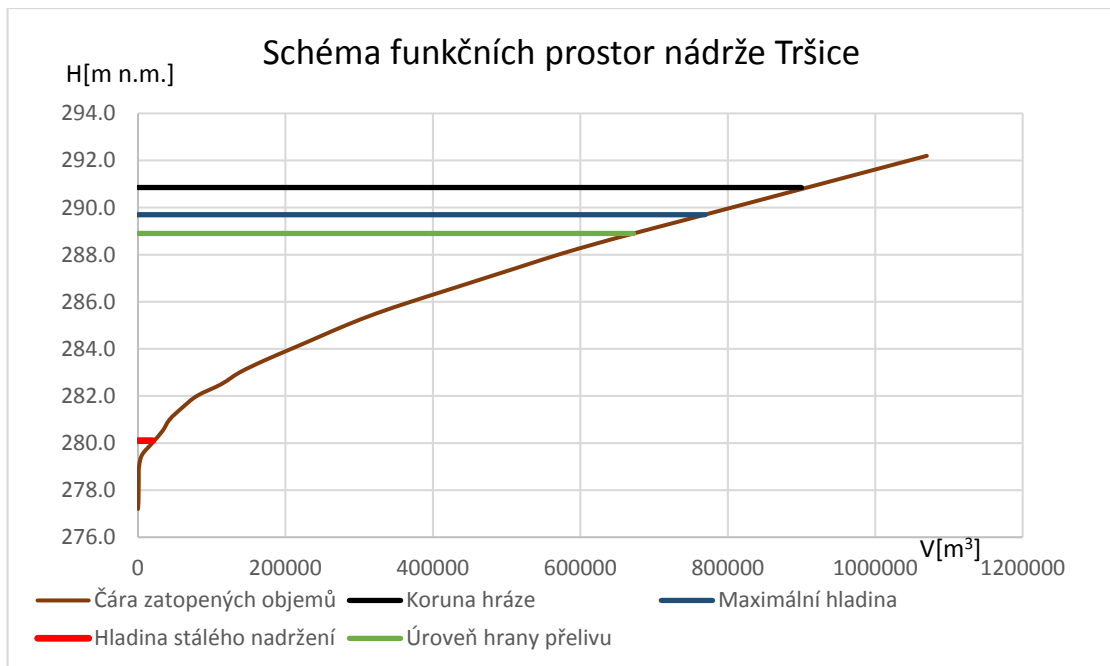
V druhém případě budeme počítat zabezpečení, při závlaze různých druhů plodin (kap. 9.1.2). Plodiny se liší vegetačním období, tedy měsíci kdy je třeba plodiny zavlažovat.

Oba případy budeme počítat pro různé hodnoty zásobního objemu nádrže  $V_z$ , viz tab. 12.

n	$H_{\text{přel.hr}}$ [m n.m.]	$V_{z\_n}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{s\_n}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{RN\_n}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{MAX}}$ [m <sup>3</sup> ]
1	288.7	648 500	20 200	120 500	769 000
2	288.8	660 250	20 200	108 750	769 000
skut.	288.9	672 000	20 200	97 000	769 000
3	289.0	684 167	20 200	84 833	769 000
4	289.1	696 333	20 200	72 667	769 000

Tab. 12 Hodnoty funkčních prostor při různé úrovni hrany bezpečnostního přelivu  $H_{\text{přel.hr}}$

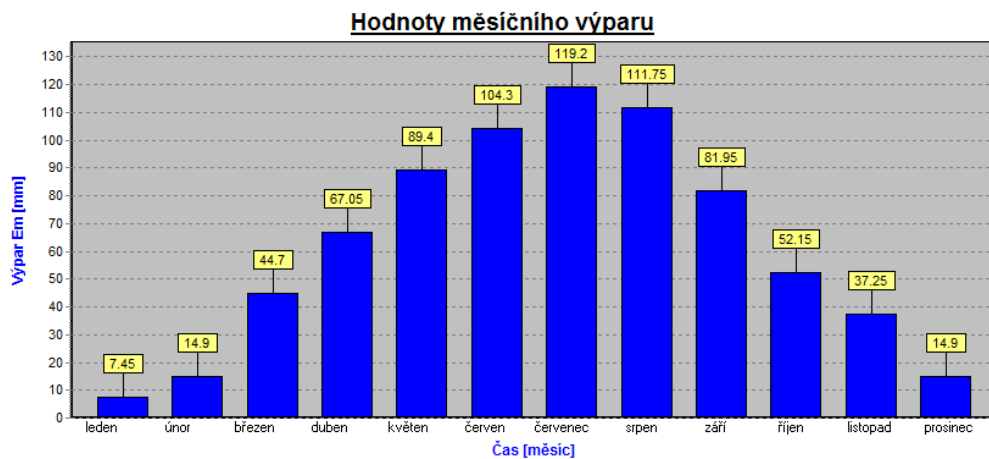
V prvním sloupci je uvedena úroveň hrany přelivu, dále je uveden zásobní objem, objem stálého nadržení, retenční objem a maximální objem při dané úrovni hrany přelivu. Písmeno  $n$  značí číslo úrovně hrany přelivu, skutečný stav nádrže je označen indexem skut. Hodnoty úrovně hrany bezpečnostního přelivu vycházejí z výsledků bakalářské práce. Úrovně 1 a 2 jsou uvažovány jen za účelem pozorování chování nádrže při zmenšení zásobního objemu. Úrovně 3 a 4 značí možný posun hrany přelivu, kdy dojde ke zvětšení zásobního objemu nádrže, a nádrž vyhoví požadavkům na ochrannou funkci. Pro lepší pochopení jsou funkční prostory zobrazeny v grafu 14. Při posunu úrovně hrany přelivu se mění velikost zásobního a retenčního prostoru, jinak ostatní parametry zůstávají.



**Graf 14** Funkční prostory nádrže Tršice (skutečný stav)

Ve výpočtech budeme uvažovat ztráty výparem, které jsou charakterizovány hodnotou ročního výparu  $H_v = 745$  mm/rok. Program UNCE RESERVOIR si tento roční výpar přepočítal na hodnoty měsíčního výparu (graf 15).

Hodnoty měsíčního výparu $E_m$ [mm]											
Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
7.45	14.9	44.7	67.05	89.4	104.3	119.2	111.75	81.95	52.15	37.25	14.9



**Graf 15** Hodnoty měsíčního výparu.

Vstupními daty pro výpočet zásobní funkce v programu UNCE RESERVOIR jsou batygrafické čáry, průtoková řada průměrných měsíčních průtoků, hodnoty měsíčního výparu, objem zásobního prostoru a objem prostoru stálého nadržení.

## 9.1.1 Nalepšený odtok mimo vegetační období se rovná MZP

Pro výpočet je důležité si určit průběh velikosti nalepšeného odtoku během roku, pro lepší pochopení nám poslouží tab. 13.

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	MZP	MZP	MZP	$Q_a * \alpha$	$Q_a * \alpha$	$Q_a * \alpha$	$Q_a * \alpha$	$Q_a * \alpha$	$Q_a * \alpha$	$Q_a * \alpha$	MZP	MZP

Tab. 13 Průběh nalepšeného odtoku během roku

V našem případě se obecně nalepšený odtok rovná minimálnímu zůstatkovému průtoku v toku pod nádrží MZP a velikosti odběru pro závlahu  $O_{závl.}$ . Pro výpočet stanovíme, že v měsících listopad až březen (tedy mimo vegetační období) budeme z nádrže vypouštět pouze minimální zůstatkový průtok  $MZP = 0,012$  m<sup>3</sup>/s. Ve vegetačním období, tedy v měsících duben až říjen bude nalepšený odtok roven  $Q_a * \alpha$ . Kde  $Q_a = 0,161$  m<sup>3</sup>/s je dlouhodobý průměrný průtok a  $\alpha$  je součinitel nalepšení, který budeme měnit od hodnoty 0,1 až po hodnotu 0,8, tím pádem budeme mít různé velikosti  $O_p$ . Výsledky nalepšenosti budeme sledovat ve dvou variantách a to nalepšenost podle trvání a nalepšenost podle dodávky vody.

Výsledky výpočtu můžeme vidět v tab. 14 a tab. 15. Jsou zde uvedeny výsledky zabezpečení pro různé hodnoty zásobního objemu nádrže viz. tab. 12.

Tabulka výsledků zabezpečení podle trvání při  $O_p \neq konst.$

$\alpha$ [-]	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	MZP [m <sup>3</sup> /s]	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	Pt[%] pro $V_{z1}$	Pt[%] pro $V_{z2}$	Pt[%] pro $V_{zskut}$	Pt[%] pro $V_{z3}$	Pt[%] pro $V_{z4}$
0.1	0.016	0.012	0.004	100	100	100	100	100
0.2	0.032	0.012	0.020	100	100	100	100	100
0.3	0.048	0.012	0.036	100	100	100	100	100
0.4	0.064	0.012	0.052	99.03	99.2	99.2	99.2	99.54
0.5	0.081	0.012	0.069	96.48	96.99	96.99	96.99	96.99
0.6	0.097	0.012	0.085	91.55	92.4	92.91	92.91	93.25
0.7	0.113	0.012	0.101	87.14	87.81	88.32	88.83	88.83
0.8	0.129	0.012	0.117	82.72	83.06	83.23	83.4	83.74

Tab. 14 Zabezpečení podle trvání při  $O_p \neq konst.$

Tabulka výsledků zabezpečení podle dodávky vody při  $O_p \neq konst.$

$\alpha$ [-]	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	MZP [m <sup>3</sup> /s]	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	Pd[%] pro $V_{z1}$	Pd[%] pro $V_{z2}$	Pd[%] pro $V_{zskut}$	Pd[%] pro $V_{z3}$	Pd[%] pro $V_{z4}$
0.1	0.016	0.012	0.004	100	100	100	100	100
0.2	0.032	0.012	0.020	100	100	100	100	100
0.3	0.048	0.012	0.036	100	100	100	100	100
0.4	0.064	0.012	0.052	99.56	99.62	99.68	99.73	99.78
0.5	0.081	0.012	0.069	97.59	97.75	97.89	98.03	98.18
0.6	0.097	0.012	0.085	93.57	93.83	94.06	94.29	94.52
0.7	0.113	0.012	0.101	88.78	89.1	89.39	89.69	89.99
0.8	0.129	0.012	0.117	83.64	83.95	84.27	84.6	84.93

Tab. 15 Zabezpečení podle dodávky vody při  $O_p \neq konst.$

Z výsledků obou zabezpečení vidíme, že s rostoucím nalepšeným odtokem nám zabezpečení klesá. To znamená, že vypouštíme z nádrže větší množství vody, tím pádem nám vzniká více poruch. Dále vidíme, že pokud zvyšujeme velikost zásobního objemu, tak se nám zabezpečení zvedá. To je v důsledku toho, že máme větší prostor pro manipulaci a hlavně máme větší množství vody. Tím pádem můžeme vypouštět více vody za stejné

hodnoty zabezpečení jak u menších objemů. Pokud zmenšujeme zásobní objem, tak dostáváme opačný případ, máme méně vody, tím pádem můžeme vypouštět menší množství.

V tab. 14 si interpolací zjistíme hodnotu nalepšeného odtoku pro  $P_t = 95\%$  abychom zjistili maximální možný odběr pro závlahu. Nalepšenost  $P_t = 95\%$  odpovídá cca hodnotě  $O_p = 0,092 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tedy maximální hodnota odběru pro závlahu, při  $O_p \neq \text{konst.}$ , pro různé hodnoty zásobního objemu se pohybuje okolo  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ , to je  $80 \text{ l/s}$ . Pro porovnání při  $O_p = \text{konst.}$  se pohybuje kolem hodnoty  $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ , tedy  $60 \text{ l/s}$ . Z toho plyne, že pokud budeme mimo vegetační období vypouštět z nádrže pouze MZP, tak potom ve vegetačním období budeme mít větší množství vody pro závlahy.

## 9.1.2 Výpočet zabezpečení při závlaze různých plodin

V tomto případě se budeme věnovat závlaze konkrétních plodin. Nádrž Tršice se nachází v Olomouckém kraji, tedy jsme vybrali plodiny, co se zde pěstují. Pro ukázkou jsme vybrali závlahu sadů (jádroviny, peckoviny), závlahu zahrad (drobné ovoce), závlahu cukrové řepy a v neposlední řadě typickou plodinu pro okolí Tršic a to chmel.

Výsledky pro každou plodinu si popíšeme zvlášť. Provedeme výpočet zabezpečení pro různé zásobní objemy. Výsledkem výpočtu pro nás bude průběh nalepšeného odtoku po celý rok při zabezpečení  $P_t \geq 95\%$ . Tedy výpočet spočívá v tom, že budeme měnit součinitel nalepšení tak abychom dostali takové nalepšené odtoky pro které bude  $P_t \geq 95\%$ . Nejprve si musíme ujasnit, ve kterých měsících budeme dané plodiny zavlažovat. Pro tyto měsíce si zvolíme procentuální zastoupení součinitele alfa.

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	-	60	100	100	50	30	20	-	-			
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.85	0.85	0.45	0.3	0.2	-			
	$O_p [\text{m}^3/\text{s}]$	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.137	0.137	0.072	0.048	0.032	0.012	0.012	92.23	95.07

**Tab. 16** Procentuální zastoupení součinitele  $\alpha$

Pro vysvětlení v tab. 16 vidíme průběh nalepšeného odtoku např. pro odběr vody na závlahu jádroviny. Z tabulky vidíme, že jsme se rozhodli odebírat vodu pro závlahu v měsících květen až říjen. Největší hodnotu odtoku chceme v měsíci červen a červenec, tedy přiřadíme hodnotu alfa 100%. Poté podle této hodnoty upravujeme hodnoty alfa v měsících květen, srpen, září a říjen dle zadaných procent. Hodnotu alfa ve výpočtu měníme po 0,05. Tedy v prvním kroku výpočtu vyplníme hodnoty alfa, podle procentuálního zastoupení a vypočítáme zabezpečení. Poté provedeme analýzu součinitele alfa tak abychom se dostali na hodnotu zabezpečení  $P_t \geq 95\%$ .

### 9.1.2.1 Odběr vody pro závlahu sadu – jádroviny

Jabloně a hrušně se zavlažují v období od května do srpna, zejména v červnu a červenci. Závlahu v srpnu a později do opadu listí prodlužuje vegetaci a nepříznivě ovlivňuje vyžrávání plodů a dřeva. Podzimní závlaha po opadu listí v případě sucha je důležitá pro dobré přezimování. [11]

V našem případě jsme se rozhodli odebírat vodu od května až po říjen. Největší odběr je znázorněn v měsících červen a červenec. V měsících květen a srpen se odběr rovná cca 50%. Nakonec v srpnu a září je naznačen malý odběr pro nutnost podzimní závlahy.

Výsledky průběhů nalepšených odtoků pro různé  $V_z$  jsou uvedeny v tabulkách níže. Varianty, které vyhovují podmínce  $P_t \geq 95\%$  jsou zvýrazněny modře.

Závlaha jádrovín,  $V_z = 672\,000\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	-	60	100	100	50	30	20	-	-			
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.85	0.85	0.45	0.3	0.2	-	-	92.23	95.07
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.137	0.137	0.072	0.048	0.032	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.9	0.9	0.45	0.25	0.2	-	-	92.23	94.89
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.145	0.145	0.072	0.040	0.032	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.85	0.85	0.45	0.3	0.2	-	-	92.74	95.45
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.137	0.137	0.072	0.048	0.032	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.85	0.85	0.45	0.25	0.2	-	-	93.42	95.77
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.137	0.137	0.072	0.040	0.032	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.85	0.85	0.4	0.25	0.15	-	-	93.76	96.25
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.137	0.137	0.064	0.040	0.024	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.85	0.85	0.4	0.25	0.15	-	-	93.93	96.53
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.137	0.137	0.064	0.040	0.024	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.8	0.8	0.4	0.2	0.2	-	-	94.61	97.25
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.129	0.129	0.064	0.032	0.032	0.012	0.012		
8	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.4	0.25	0.15	-	-	94.78	97.37
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.040	0.024	0.012	0.012		
9	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.4	0.2	0.15	-	-	95.29	97.62
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.032	0.024	0.012	0.012		
10	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.4	0.2	0.2	-	-	95.29	97.54
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.032	0.032	0.012	0.012		

Tab. 17 Závlaha jádrovín pro  $V_{z,skut}$

Závlaha jádrovin,  $V_z = 648\,500\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	-	60	100	100	50	30	20	-	-			
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.85	0.85	0.45	0.25	0.15	-	-	92.57	94.96
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.137	0.137	0.072	0.040	0.024	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.85	0.85	0.45	0.2	0.15	-	-	93.08	95.21
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.137	0.137	0.072	0.032	0.024	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.35	0.2	0.15	-	-	94.95	97.55
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.056	0.032	0.024	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.35	0.15	0.15	-	-	95.29	97.74
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.056	0.024	0.024	0.012	0.012		

**Tab. 18** Závlaha jádrovin pro  $V_{z,1}$

Závlaha jádrovin,  $V_z = 660\,250\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	-	60	100	100	50	30	20	-	-			
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.85	0.85	0.45	0.3	0.2	-	-	92.06	94.8
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.137	0.137	0.072	0.048	0.032	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.85	0.85	0.45	0.25	0.15	-	-	92.91	95.22
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.137	0.137	0.072	0.040	0.024	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.4	0.2	0.15	-	-	94.78	97.39
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.032	0.024	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.35	0.2	0.15	-	-	95.29	97.79
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.056	0.032	0.024	0.012	0.012		

**Tab. 19** Závlaha jádrovin pro  $V_{z,2}$

Závlaha jádrovin,  $V_z = 684\,167\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	-	60	100	100	50	30	20	-	-			
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.9	0.9	0.45	0.25	0.2	-	-	92.57	95.18
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.145	0.145	0.072	0.040	0.032	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.55	0.8	0.8	0.4	0.25	0.15	-	-	94.27	97.33
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.089	0.129	0.129	0.064	0.040	0.024	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.45	0.25	0.2	-	-	94.78	97.13
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.072	0.040	0.032	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.45	0.25	0.15	-	-	94.95	97.21
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.072	0.040	0.024	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.4	0.25	0.15	-	-	95.46	97.62
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.040	0.024	0.012	0.012		

**Tab. 20** Závlaha jádrovin pro  $V_{z,3}$

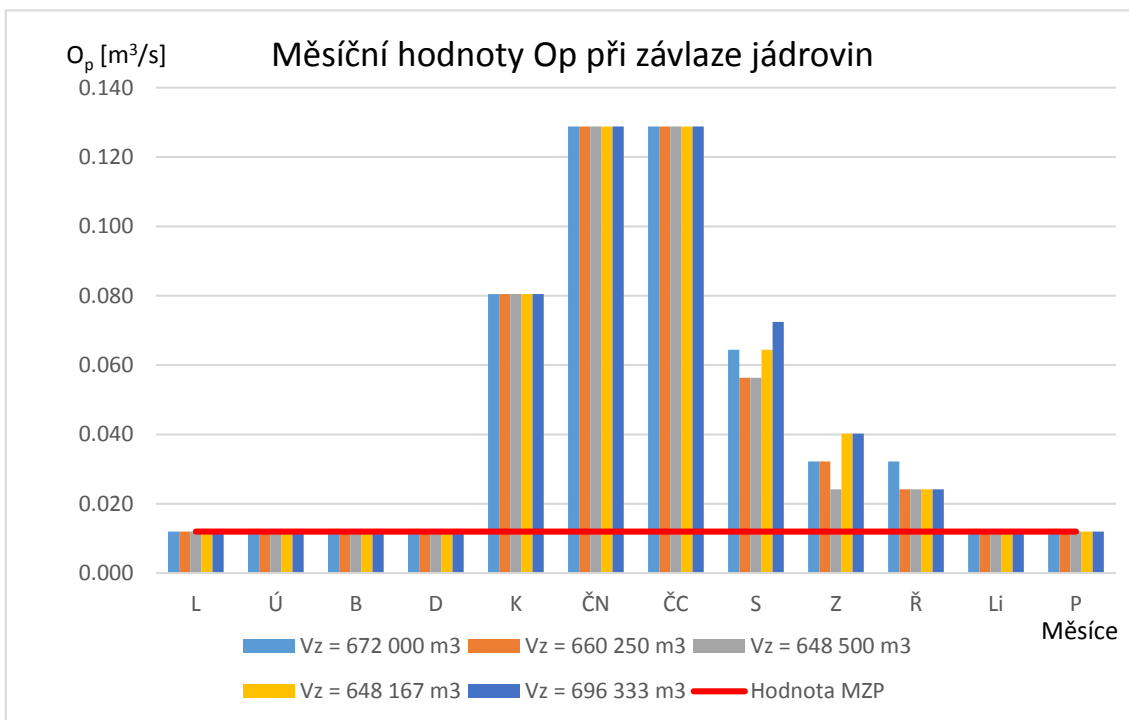


Závlaha jádrovin,  $V_z = 696\,333\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	-	60	100	100	50	30	20	-	-			
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.6	0.9	0.9	0.45	0.25	0.2	-	-	92.4	95.1
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.097	0.145	0.145	0.072	0.040	0.032	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.45	0.25	0.2	-	-	94.95	97.38
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.072	0.040	0.032	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.5	0.8	0.8	0.45	0.25	0.15	-	-	95.12	97.46
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.072	0.040	0.024	0.012	0.012		

Tab. 21 Závlaha jádrovin pro  $V_{z,4}$

V grafu 16 můžeme vidět, srovnání hodnot nalepšených odtoků pro  $P_t \geq 95\%$  u různých variant zásobního objemu. Červená čára značí hodnotu MZP, tedy nad touto čarou jsou znázorněny odběry pro závlahu. Nakonec v tab. 22 vidíme velikosti maximálních odběrů pro závlahu  $O_{závl.}$  pro skutečný objem zásobního prostoru.



Graf 16 Srovnání  $O_p$  pro různá  $V_z$  při  $P_t \geq 95\%$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.032	0.032	0.012	0.012
$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	0	0.069	0.117	0.117	0.052	0.02	0.02	0	0

Tab. 22 Max. odběry pro závlahu jádrovin při  $V_{z,skut}$

### 9.1.2.2 Odběr vody pro závlahu sadu – peckoviny

Broskvoně se zavlažují podle potřeby od května až do 15 dnů před předpokládaným termínem sklizně. Meruňky se zavlažují podle potřeby v květnu a červnu, kdy dostatek vláhy ovlivňuje vývoj plodů, v červenci se závlaha přeruší a v srpnu se závlahou ovlivňuje tvorba květních pupenů. Třešně a višně se zavlažují podle potřeby v květnu až do 14 dnů před sklizní a po sklizni se pokračuje až do konce srpna. Švestky se zavlažují od května do sklizně podle potřeby. [11]

V našem případě jsme se zaměřili na závlahu meruněk, kde nastává přerušování závlahy v červenci. Největší odběr nastává v červnu a květnu. V červenci je již zmiňované přerušování odběru, odběr v srpnu pro ovlivnění tvorby pupenů je cca 50% a malý odběr cca 30% probíhá ještě v září.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách níže. V grafu 17 můžeme vidět, srovnání hodnot nalepšených odtoků pro  $P_t \geq 95\%$  u různých variant zásobního objemu. V tab. 28 vidíme velikosti maximálních odběrů pro závlahu  $O_{závl.}$  pro skutečný objem zásobního prostoru.

Závlaha peckovin,  $V_z = 672\,000\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	80	100	-	50	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.7	0.45	-	-	93.08	94.34
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.113	0.072	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.65	0.4	-	-	93.25	95.16
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.105	0.064	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.6	0.4	-	-	94.27	96
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.097	0.064	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.6	0.35	-	-	94.44	96.37
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.097	0.056	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.55	0.35	-	-	94.61	96.75
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.85	1	-	0.55	0.35	-	-	95.12	97.13
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.8	1	-	0.5	0.3	-	-	96.65	98.14
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.129	0.161	0.012	0.081	0.048	0.012	0.012		
8	$\alpha$	-	-	-	-	0.75	0.9	-	0.45	0.3	-	-	98.35	99.08
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.121	0.145	0.012	0.072	0.048	0.012	0.012		
9	$\alpha$	-	-	-	-	0.65	0.8	-	0.4	0.25	-	-	99.37	99.82
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.105	0.129	0.012	0.064	0.040	0.012	0.012		

Tab. 23 Závlaha peckovin pro  $V_{z,skut}$

Závlaha peckovin,  $V_z = 648\,500\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	80	100	-	50	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.6	0.4	-	-	93.25	95.05
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.097	0.064	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.65	0.35	-	-	93.25	95.02
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.105	0.056	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.6	0.4	-	-	93.76	95.48
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.097	0.064	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.85	1	-	0.5	0.35	-	-	94.78	97.06
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.081	0.056	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.85	1	-	0.5	0.3	-	-	94.95	97.42
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.081	0.048	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.85	1	-	0.5	0.25	-	-	95.46	97.72
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.081	0.040	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.8	1	-	0.5	0.3	-	-	96.14	97.8
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.129	0.161	0.012	0.081	0.048	0.012	0.012		

Tab. 24 Závlaha peckovin pro  $V_{z,1}$

Závlaha peckovin,  $V_z = 660\,250\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	80	100	-	50	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.65	0.4	-	-	93.25	94.89
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.105	0.064	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.6	0.4	-	-	93.25	95.32
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.097	0.064	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.65	0.35	-	-	93.25	95.29
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.105	0.056	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.7	0.35	-	-	93.25	94.86
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.113	0.056	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.6	0.4	-	-	94.27	95.74
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.097	0.064	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.85	1	-	0.55	0.35	-	-	94.78	96.9
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.85	1	-	0.5	0.35	-	-	95.12	97.29
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.081	0.056	0.012	0.012		

Tab. 25 Závlaha peckovin pro  $V_{z,2}$

Závlaha peckovin,  $V_z = 684\,167\text{ m}^3$

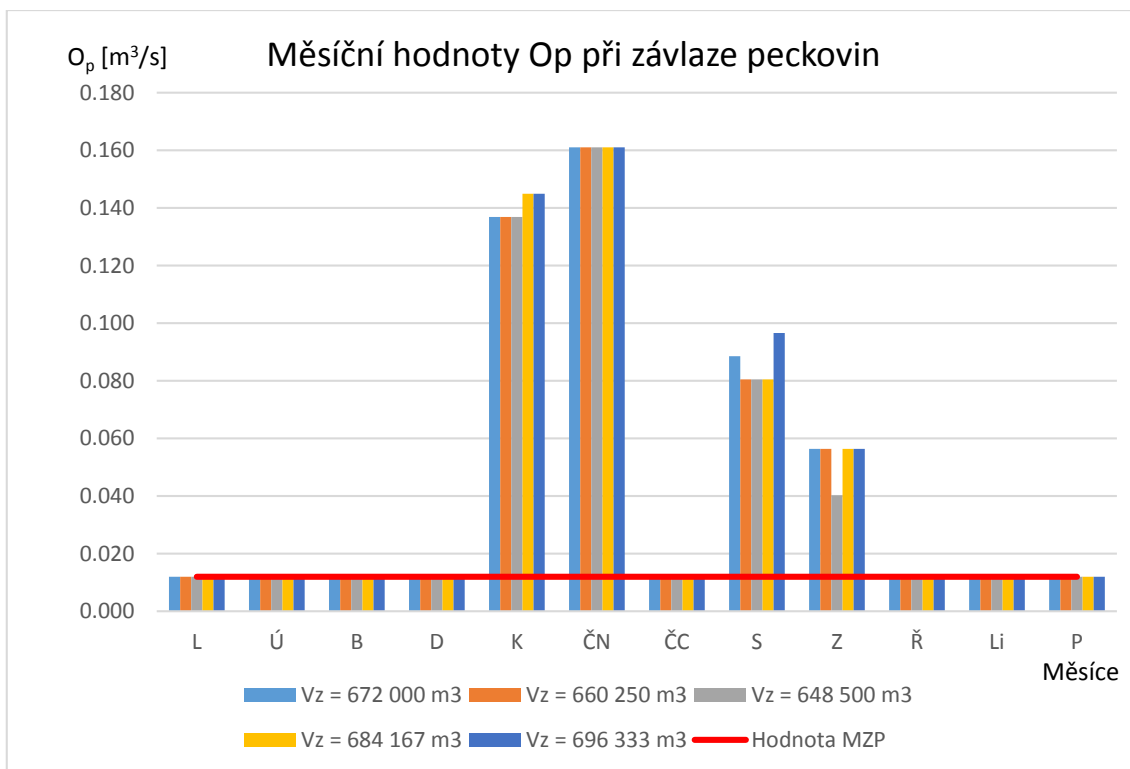
Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	80	100	-	50	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.75	0.5	-	-	93.25	93.76
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.121	0.081	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.75	0.45	-	-	93.25	94.2
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.121	0.072	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.7	0.5	-	-	93.25	94.17
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.113	0.081	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.7	0.5	-	-	93.25	94.6
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.113	0.081	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.7	0.45	-	-	93.42	95.04
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.113	0.072	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.7	0.45	-	-	93.42	95.43
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.113	0.072	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.55	0.35	-	-	94.78	96.99
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012		
8	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.5	0.35	-	-	95.12	97.38
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.081	0.056	0.012	0.012		

**Tab. 26** Závlaha peckovin pro  $V_{z,3}$

Závlaha peckovin,  $V_z = 696\,333\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	80	100	-	50	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.75	0.45	-	-	93.25	94.47
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.121	0.072	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.7	0.4	-	-	93.42	95.28
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.113	0.064	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.7	0.45	-	-	93.42	94.9
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.113	0.072	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.95	1	-	0.75	0.4	-	-	93.42	94.87
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.153	0.161	0.012	0.121	0.064	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.7	0.5	-	-	94.44	94.88
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.113	0.081	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.6	0.35	-	-	95.12	96.85
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.097	0.056	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.9	1	-	0.55	0.35	-	-	95.46	97.23
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.145	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012		

**Tab. 27** Závlaha peckovin pro  $V_{z,4}$



**Graf 17** Srovnání  $O_p$  pro různá  $V_z$  při  $P_t \geq 95\%$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
$O_p$ [m³/s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012	0.012
$O_{z\acute{a}vl.}$ [m³/s]	0	0	0	0	0.125	0.149	0	0.077	0.044	0	0	0

**Tab. 28** Max. odběry pro závlahu peckovin při  $V_{z\_skut}$

### 9.1.2.3 Odběr vody pro závlahu zahrad – drobné ovoce

Zahrada se zavlažuje podle potřeby od května do počátku září. Závlaha krátce před květem zvyšuje počet plodů. Největší vláhová potřeba je v době vývinu plodů a v době sklizně. [11]

V našem případě budeme odebírat vodu v měsících duben až září. Největší odběr je v červnu a červenci, v květnu a srpnu jsme na 80%. V dubnu a září je odběr na 30%.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a v grafu níže.

Závlaha zahrad (drobné ovoce),  $V_z = 672\,000\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	30	70	100	100	80	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.6	0.8	0.8	0.65	0.25	-	-	93.76	94.81
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.097	0.129	0.129	0.105	0.040	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.55	0.8	0.8	0.65	0.25	-	-	93.93	95.19
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.129	0.129	0.105	0.040	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.55	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	94.44	95.36
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.089	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.5	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	94.78	95.62
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.5	0.8	0.8	0.6	0.2	-	-	94.95	96.03
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.097	0.032	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.5	0.8	0.8	0.6	0.15	-	-	95.29	96.2
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012		

Tab. 29 Závlaha zahrad pro  $V_{z\_skut}$

Závlaha zahrad (drobné ovoce),  $V_z = 648\,500\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	30	70	100	100	80	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.55	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	94.1	94.73
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.55	0.8	0.8	0.6	0.2	-	-	94.44	95.2
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.129	0.129	0.097	0.032	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.45	0.8	0.8	0.6	0.2	-	-	94.78	95.76
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.072	0.129	0.129	0.097	0.032	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.45	0.8	0.8	0.6	0.15	-	-	95.12	95.93
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.072	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012		

Tab. 30 Závlaha zahrad pro  $V_{z\_1}$

Závlaha zahrad (drobné ovoce),  $V_z = 660\,250\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	30	70	100	100	80	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.55	0.8	0.8	0.65	0.25	-	-	93.76	94.91
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.129	0.129	0.105	0.040	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.55	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	94.1	95.15
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.5	0.8	0.8	0.6	0.15	-	-	94.78	95.94
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	0.15	0.5	0.8	0.8	0.6	0.15	-	-	94.78	95.88
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.081	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.45	0.8	0.8	0.6	0.2	-	-	95.12	96.03
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.072	0.129	0.129	0.097	0.032	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.45	0.8	0.8	0.6	0.15	-	-	95.46	96.2
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.072	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012		

Tab. 31 Závlaha zahrad pro  $V_{z,2}$

Závlaha zahrad (drobné ovoce),  $V_z = 684\,167\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	30	70	100	100	80	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.6	0.8	0.8	0.65	0.25	-	-	93.76	95.1
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.097	0.129	0.129	0.105	0.040	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.55	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	94.61	95.63
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.089	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.5	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	95.29	95.89
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		

Tab. 32 Závlaha zahrad pro  $V_{z,3}$

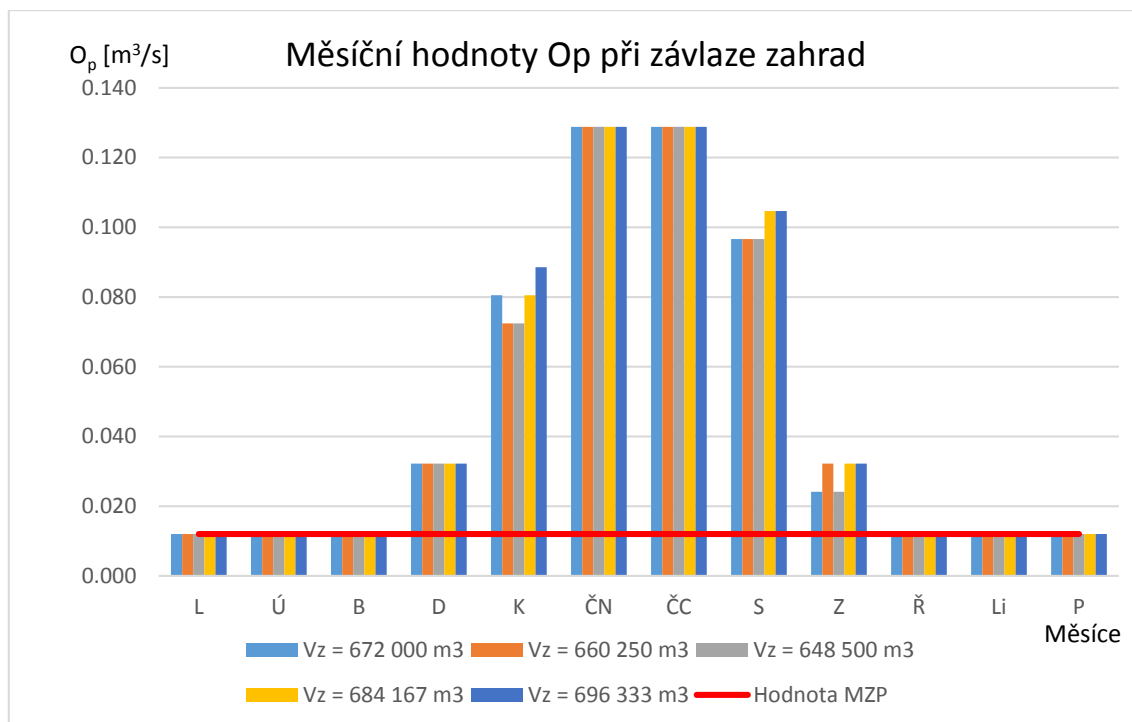
Závlaha zahrad (drobné ovoce),  $V_z = 696\,333\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	30	70	100	100	80	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.6	0.8	0.8	0.65	0.3	-	-	93.59	95.1
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.097	0.129	0.129	0.105	0.048	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.6	0.8	0.8	0.7	0.25	-	-	93.76	94.94
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.097	0.129	0.129	0.113	0.040	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.65	0.8	0.8	0.65	0.25	-	-	93.76	94.96
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.105	0.129	0.129	0.105	0.040	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.6	0.8	0.8	0.65	0.25	-	-	94.1	95.37
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.040	0.097	0.129	0.129	0.105	0.040	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.55	0.8	0.8	0.65	0.2	-	-	95.29	95.88
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.089	0.129	0.129	0.105	0.032	0.012	0.012		

Tab. 33 Závlaha zahrad pro  $V_{z,4}$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012	0.012
$O_{z\text{ávl.}}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	0.02	0.069	0.117	0.117	0.085	0.012	0	0	0

Tab. 34 Max. odběry pro závlahu zahrad při  $V_{z,skut}$



**Graf 18** Srovnání  $O_p$  pro různá  $V_z$  při  $P_t \geq 95\%$

#### 9.1.2.4 Odběr vody pro závlahu chmelnic

Chmel má ve dvou obdobích zvýšené požadavky na vodu. První období je při pazochování a kvetení chmele (1. polovina července) a období tvorby hlávek (konec července až polovina srpna).

V našem případě budeme vodu odebírat od května po září. Právě v červenci a srpnu bude odběr největší. Naopak v květnu a září bude odběr nejmenší cca 30%.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a v grafu níže.

Závlaha chmelnic,  $V_z = 648\,500\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČČ	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	30	50	100	100	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	0.3	0.45	0.9	0.9	0.3	-	-	-	94.1	94.96
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.145	0.145	0.048	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	0.3	0.45	0.9	0.9	0.25	-	-	-	94.78	95.27
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.5	0.9	0.9	0.25	-	-	-	94.78	94.82
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.081	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.2	-	-	-	94.95	94.62
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	0.2	0.55	0.9	0.9	0.2	-	-	-	95.12	94.63
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.032	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012		

**Tab. 35** Závlaha chmelnic pro  $V_{z,1}$



Závlaha chmelnic,  $V_z = 660\,250\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	30	50	100	100	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.5	0.9	0.9	0.3	-	-	94.1	94.77
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.081	0.145	0.145	0.048	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.9	0.9	0.3	-	-	94.27	95.28
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.145	0.145	0.048	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.25	-	-	94.61	94.67
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.5	0.9	0.9	0.25	-	-	94.78	95.14
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.081	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.2	-	-	95.12	94.94
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012		

**Tab. 36** Závlaha chmelnic pro  $V_{z,2}$

Závlaha chmelnic,  $V_z = 672\,000\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	30	50	100	100	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.95	0.95	0.3	-	-	93.93	94.54
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.5	0.9	0.9	0.3	-	-	94.27	95.09
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.081	0.145	0.145	0.048	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.9	0.9	0.3	-	-	94.27	95.6
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.145	0.145	0.048	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.6	0.9	0.9	0.25	-	-	94.44	94.49
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.097	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.25	-	-	94.78	95
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.2	-	-	95.12	95.27
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.45	0.85	0.85	0.25	-	-	95.63	96.98
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.072	0.137	0.137	0.040	0.012	0.012		
8	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.4	0.8	0.8	0.25	-	-	97.33	98.26
	$O_p$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.064	0.129	0.129	0.040	0.012	0.012		

**Tab. 37** Závlaha chmelnic pro  $V_{z,skut}$

Závlaha chmelnic,  $V_z = 684\,167\text{ m}^3$

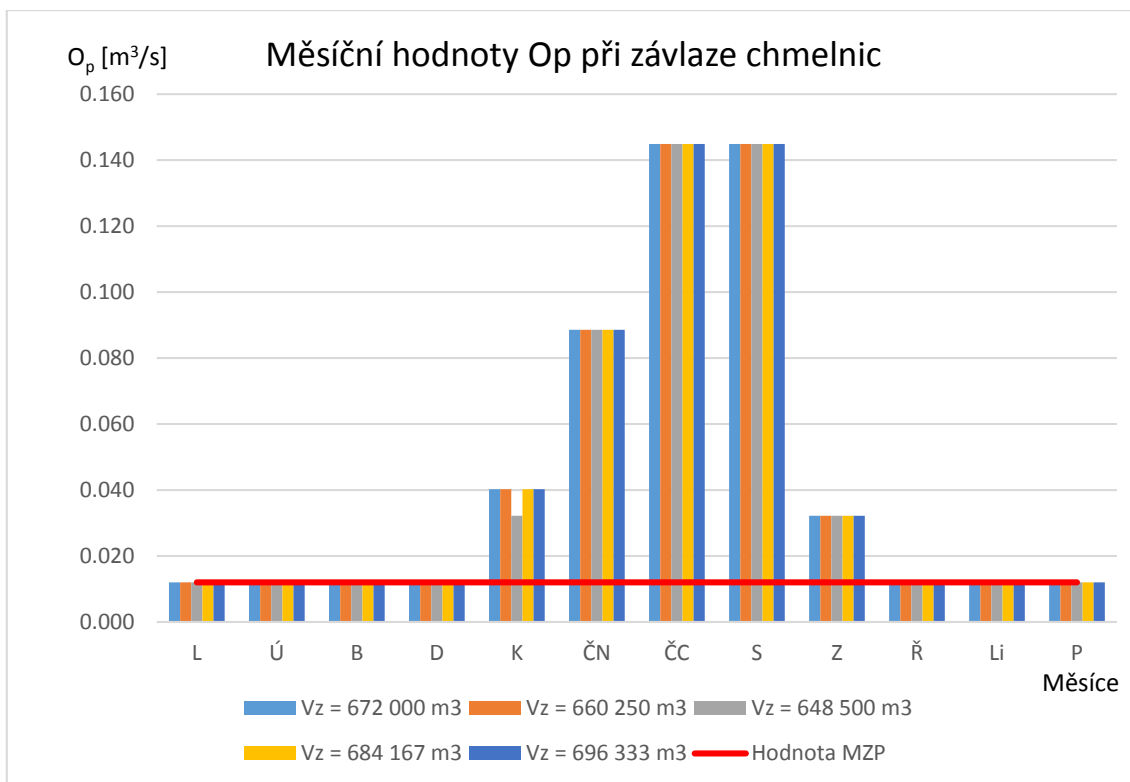
Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	30	50	100	100	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.95	0.95	0.3	-	-	94.1	94.89
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.45	0.95	0.95	0.3	-	-	94.1	94.95
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.072	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.5	0.95	0.95	0.25	-	-	94.61	94.77
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.081	0.153	0.153	0.040	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.95	0.95	0.25	-	-	94.78	95.21
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.153	0.153	0.040	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.25	-	-	94.78	95.33
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.2	-	-	95.29	95.58
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012		

Tab. 38 Závlaha chmelnic pro  $V_{z,3}$

Závlaha chmelnic,  $V_z = 696\,333\text{ m}^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	-	30	50	100	100	30	-	-	-		
1	$\alpha$	-	-	-	-	0.35	0.45	0.95	0.95	0.35	-	-	93.59	94.71
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.056	0.072	0.153	0.153	0.056	0.012	0.012		
2	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.95	0.95	0.35	-	-	93.59	94.81
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.153	0.153	0.056	0.012	0.012		
3	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.5	0.95	0.95	0.3	-	-	93.93	94.71
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.081	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
4	$\alpha$	-	-	-	-	0.35	0.45	0.95	0.95	0.3	-	-	94.1	95.12
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.056	0.072	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
5	$\alpha$	-	-	-	-	0.4	0.45	0.95	0.95	0.3	-	-	94.1	94.97
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.064	0.072	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
6	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.95	0.95	0.3	-	-	94.1	95.23
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.153	0.153	0.048	0.012	0.012		
7	$\alpha$	-	-	-	-	0.3	0.45	0.95	0.95	0.25	-	-	94.78	95.53
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.048	0.072	0.153	0.153	0.040	0.012	0.012		
8	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.25	-	-	94.95	95.66
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.040	0.012	0.012		
9	$\alpha$	-	-	-	-	0.25	0.55	0.9	0.9	0.2	-	-	95.29	95.9
	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.040	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012		

Tab. 39 Závlaha chmelnic pro  $V_{z,4}$



**Graf 19** Srovnání  $O_p$  pro různá  $V_z$  při  $P_t \geq 95\%$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.04	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012	0.012
$O_{závl.}$ [ $m^3/s$ ]	0	0	0	0	0.028	0.077	0.133	0.133	0.02	0	0	0

**Tab. 40** Max. odběry pro závlahu chmelnic při  $V_{z\_skut}$

### 9.1.2.5 Odběr vody pro závlahu cukrové řepy

Vegetační období cukrové řepy je cca 190-200 dní. Jedná se o náročnou plodinu a proto je důležité jí věnovat pozornost po celou dobu jejího vegetačního období. Výsev cukrovky probíhá v období od poloviny března, do poloviny dubna. Sklizeň probíhá přibližně až do první dekády prosince.

My jsme se rozhodli odebírat vodu pro závlahu cukrovky od dubna do října. Odběr v dubnu, květnu a říjnu je cca na 30%. Největší odběr probíhá v červnu, červenci a srpnu.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a v grafu níže.

Závlaha cukrové řepy, Vz = 648 500 m<sup>3</sup>

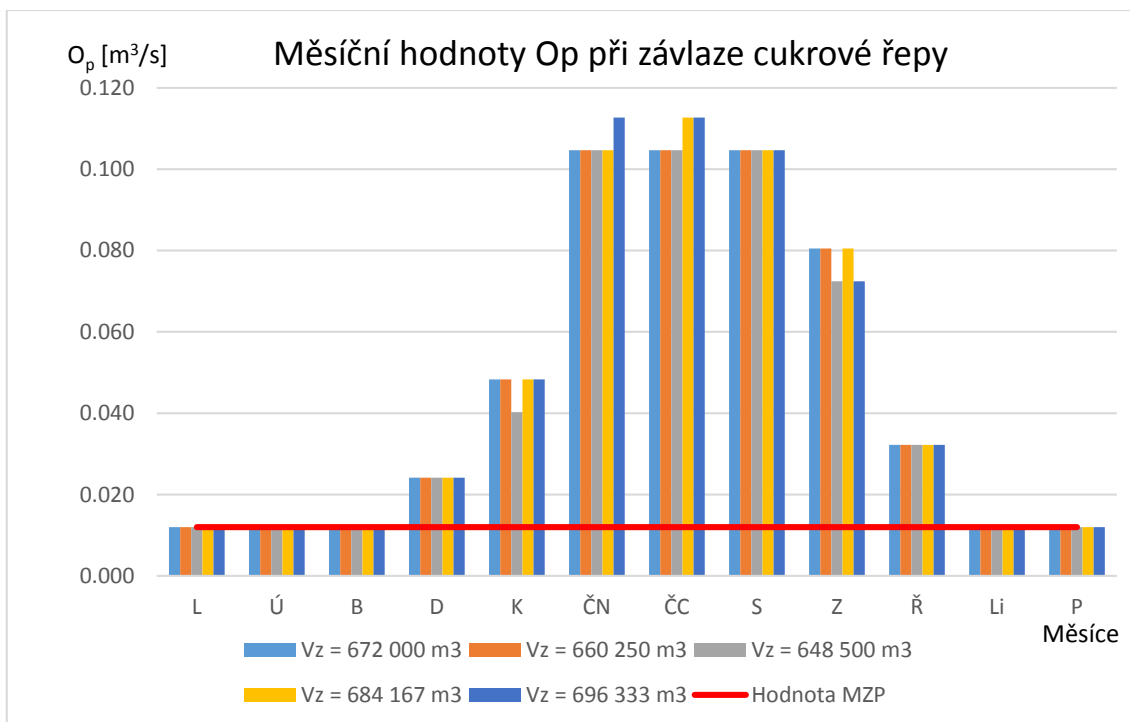
Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	20	40	100	100	100	60	30	-	-			
1	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	92.57	94.65
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
2	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.15	-	-	92.57	94.78
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.024	0.012	0.012		
3	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.35	0.15	-	-	92.91	95.22
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.056	0.024	0.012	0.012		
4	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.35	0.15	-	-	92.91	95.22
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.056	0.024	0.012	0.012		
5	α	-	-	-	0.2	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	92.91	95.15
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
6	α	-	-	-	0.15	0.3	0.65	0.65	0.65	0.45	0.2	-	-	94.78	96.53
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.072	0.032	0.012	0.012		
7	α	-	-	-	0.15	0.25	0.65	0.65	0.65	0.45	0.2	-	-	95.12	96.61
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.040	0.105	0.105	0.105	0.072	0.032	0.012	0.012		

Tab. 41 Závlaha cukrové řepy pro Vz<sub>1</sub>

Závlaha cukrové řepy, Vz = 660 250 m<sup>3</sup>

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	20	40	100	100	100	60	30	-	-			
1	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	92.74	94.96
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
2	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.15	-	-	92.74	95.09
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.024	0.012	0.012		
3	α	-	-	-	0.2	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	92.74	95.03
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
4	α	-	-	-	0.15	0.3	0.65	0.65	0.65	0.5	0.2	-	-	95.12	96.32
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.081	0.032	0.012	0.012		
5	α	-	-	-	0.15	0.3	0.65	0.65	0.65	0.45	0.2	-	-	95.46	96.79
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.072	0.032	0.012	0.012		

Tab. 42 Závlaha cukrové řepy pro Vz<sub>2</sub>



**Graf 20** Srovnání  $O_p$  pro různá  $V_z$  při  $P_t \geq 95\%$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.081	0.032	0.012	0.012
$O_{závl.}$ [ $m^3/s$ ]	0	0	0	0.012	0.036	0.093	0.093	0.093	0.069	0.02	0	0

**Tab. 43** Max. odběry pro závlahu cukrové řepy při  $V_{z,skut}$

Závlaha cukrové řepy,  $V_z = 684\ 167\ m^3$

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]
Závlaha[%]	-	-	-	20	40	100	100	100	60	30	-	-		
1	$\alpha$	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.45	0.2	-	-	92.74	94.65
	$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.072	0.032	0.012		
2	$\alpha$	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.4	0.2	-	-	92.91	95.08
	$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.064	0.032	0.012		
3	$\alpha$	-	-	0.2	0.35	0.75	0.75	0.75	0.4	0.2	-	-	92.91	95.05
	$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.056	0.121	0.121	0.121	0.064	0.032	0.012		
4	$\alpha$	-	-	0.15	0.3	0.7	0.7	0.65	0.45	0.2	-	-	94.78	96.45
	$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.113	0.113	0.105	0.072	0.032	0.012		
5	$\alpha$	-	-	0.15	0.3	0.65	0.7	0.65	0.5	0.2	-	-	95.12	96.42
	$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.113	0.105	0.081	0.032	0.012		
6	$\alpha$	-	-	0.15	0.3	0.65	0.7	0.65	0.45	0.2	-	-	95.46	96.88
	$O_p$ [ $m^3/s$ ]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.113	0.105	0.072	0.032	0.012		

**Tab. 44** Závlaha cukrové řepy pro  $V_{z,3}$

Závlaha cukrové řepy, Vz = 696 333 m<sup>3</sup>

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	20	40	100	100	100	60	30	-	-			
1	α	-	-	-	0.2	0.35	0.8	0.75	0.75	0.4	0.2	-	-	92.57	94.88
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.056	0.129	0.121	0.121	0.064	0.032	0.012	0.012		
2	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.45	0.2	-	-	92.91	94.95
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.072	0.032	0.012	0.012		
3	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.45	0.15	-	-	92.91	95.07
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.072	0.024	0.012	0.012		
4	α	-	-	-	0.2	0.35	0.75	0.75	0.75	0.4	0.2	-	-	93.08	95.32
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.056	0.121	0.121	0.121	0.064	0.032	0.012	0.012		
5	α	-	-	-	0.15	0.3	0.7	0.7	0.65	0.45	0.2	-	-	95.12	96.73
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.113	0.113	0.105	0.072	0.032	0.012	0.012		

Tab. 45 Závlaha cukrové řepy pro V<sub>z,4</sub>

Závlaha cukrové řepy, Vz = 672 000 m<sup>3</sup>

Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P	Pt[%]	Pd[%]	
Závlaha[%]	-	-	-	20	40	100	100	100	60	30	-	-			
1	α	-	-	-	0.15	0.3	0.8	0.8	0.8	0.5	0.25	-	-	90.53	92.14
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.129	0.129	0.129	0.081	0.040	0.012	0.012		
2	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.45	0.25	-	-	92.06	94.19
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.072	0.040	0.012	0.012		
3	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.25	-	-	92.23	94.66
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.040	0.012	0.012		
4	α	-	-	-	0.2	0.35	0.75	0.75	0.75	0.4	0.2	-	-	92.57	94.75
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.056	0.121	0.121	0.121	0.064	0.032	0.012	0.012		
5	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.45	0.2	-	-	92.57	94.34
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.072	0.032	0.012	0.012		
6	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.75	0.4	0.2	-	-	92.57	94.77
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.121	0.064	0.032	0.012	0.012		
7	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.45	0.2	-	-	92.74	94.81
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.072	0.032	0.012	0.012		
8	α	-	-	-	0.15	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	93.08	95.24
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
9	α	-	-	-	0.2	0.3	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	93.08	95.3
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.048	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
10	α	-	-	-	0.2	0.35	0.75	0.75	0.7	0.4	0.2	-	-	93.08	95.2
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.056	0.121	0.121	0.113	0.064	0.032	0.012	0.012		
11	α	-	-	-	0.15	0.3	0.7	0.7	0.7	0.45	0.2	-	-	93.76	95.72
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.113	0.113	0.113	0.072	0.032	0.012	0.012		
12	α	-	-	-	0.15	0.3	0.65	0.7	0.65	0.45	0.2	-	-	94.95	96.61
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.113	0.105	0.072	0.032	0.012	0.012		
13	α	-	-	-	0.15	0.3	0.65	0.65	0.65	0.5	0.2	-	-	95.12	96.59
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.081	0.032	0.012	0.012		
14	α	-	-	-	0.15	0.3	0.65	0.65	0.65	0.45	0.2	-	-	95.46	97.04
	O <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.072	0.032	0.012	0.012		

Tab. 46 Závlaha cukrové řepy pro V<sub>z,skut</sub>

## 9.2 OCHRANNÁ FUNKCE

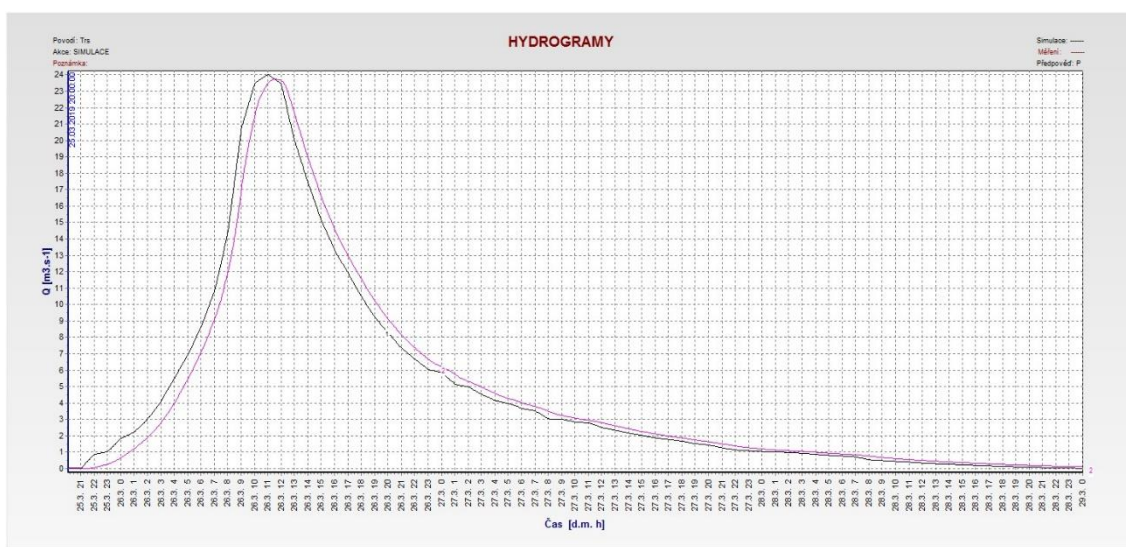
U ochranné funkce budeme počítat transformační účinek nádrže Tršice a níže položených rybníků. Informace o nádrži Tršice, rybníku Farganík a Zámeckém rybníku jsou popsány v kap. 5. Výpočet provedeme v programu HYDROG. Vstupními daty pro výpočet transformace povodně jsou čáry zatopených objemů nádrží, hydrogramy povodní a informace o funkčních prostorech nádrží.

U všech případů transformace, pokud není napsáno jinak, uvažujeme plné nádrže. Hladiny v nádržích jsou následující:

- Nádrž Tršice 288,9 m n. m.
- Rybník Farganík 271,4 m n. m.
- Zámecký rybník 270,44 m n. m.

Pro náš případ použijeme stoletou a tisíciletou povodeň. Pro nádrž Tršice je stoletá povodeň návrhová a tisíciletá kontrolní. Níže položené rybníky na takto velkou N-letost nemusí být navrženy, ale to se dozvíme z následujících výpočtů. Obec Tršice by měla být ochráněna před průtokem  $Q_{20} - Q_{50}$  jak víme z kap. 6.2.2.2. Proto si pro kontrolu provedeme i transformaci dvacetileté i padesátileté povodně.

Z bakalářské práce víme, že transformační účinek nádrže Tršice je velmi malý.



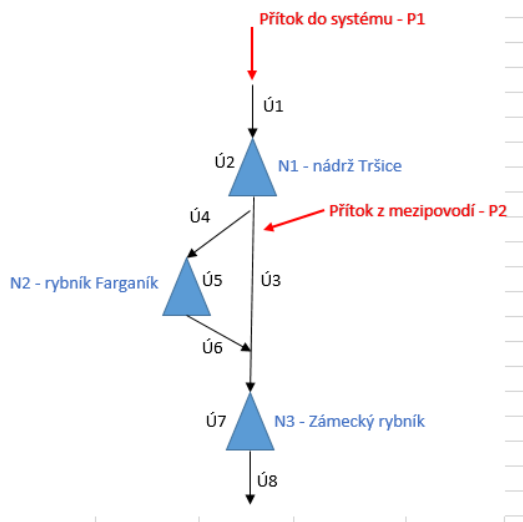
Obr. 13 Transformační účinek nádrže Tršice při  $Q_{100}$  [1]

Na obr. 13 vidíme, transformační účinek nádrže Tršice při stoleté povodni. Černá křivka znázorňuje přítok do nádrže a červená křivka znázorňuje transformaci povodně nádrží. Vidíme, že transformační účinek je minimální, obdobně vypadá i transformace tisícileté povodně. Proto se v této práci pokusíme transformační účinek nádrže Tršice zvětšit.

V dalším případě provedeme transformaci povodně pomocí nádrže Tršice a cca kilometr vzdáleného Zámeckého rybníku. A poté přidáme do kaskády i rybník Farganík, který bude sloužit jako odlehčení pro Zámecký rybník.

Nakonec provedeme transformaci dvacetileté a padesátileté povodně.

Ještě je důležité napsat, že při transformaci návrhové povodně jsou spodní výpusti zavřené a hladina vody by neměla překročit hladinu retenčního prostoru neovladatelného  $H_{RN}$ . Při transformaci návrhové povodně je otevřena polovina spodních výpustí a hladina vody nesmí překročit mezní bezpečnou hladinu. Pro náš případ u stoleté povodně provedeme transformaci jak se zavřenými, tak s otevřenými spodními výpustěmi. U tisícileté povodně provedeme totéž, jen s tím rozdílem, že při zavřených výpustí bude u nádrže Tršice jedna výpust otevřena.



Obr. 14 Schematizace systému

Pro uvedené případy výše bude použita schematizace systému podle obr. 14. Systém má 8 úseků a tři nádrže. Do systému jsou zařazeny dva přítoky (hydrogram povodně a přítok z mezipovodí).

Veškeré výpočty v programu HYDROG byly počítány bez řízeného odtoku. Tedy bez manipulace s výpustmi během povodně.

Veškeré hydrogramy transformace povodně a vodní stavy v nádrži, získané z programu HYDROG pro naše výpočty, jsou uloženy na příloženém CD.

Pro veškeré obrázky z programu HYDROG platí:

- Černá barva značí přítok do systému
- Fialová barva značí transformaci průtoku přelivem
- Šedá barva značí transformaci průtoku spodními výpustěmi
- Žlutá barva značí přelití koruny hráze
- Modrá barva značí určité hladiny v nádrži



## 9.2.1 Zvýšení transformačního účinku nádrže Tršice

Transformační účinek nádrže Tršice není velký, to už víme z bakalářské práce. Při transformaci stoleté povodně dosáhne maximální hladina vody v nádrži úrovně 289,54 m n. m. a maximální průtok  $Q_{max} = 23,69 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maximální hladina, která může být dosažena při této povodni je  $H_{RN} = 289,7 \text{ m n. m.}$ . Tedy vidíme, že není plně využit retenční prostor neovladatelný. Tedy prostor mezi úrovní bezpečnostního přelivu a maximální hladinou  $H_{RN}$ .

Transformační účinek nádrže zvýšíme tak, že snížíme kapacitu bezpečnostního přelivu. Kapacitu přelivu snížíme tak, že zkrátíme délku přelivné hrany  $L_{přel.hrany}$ .

Uzavřené výpusti

$L_{přel.hrany}[\text{m}]$	22	20	18	16	15	14	13	12	11
$Q_{max}[\text{m}^3/\text{s}]$	23.69	23.66	23.62	23.57	23.54	23.46	23.39	23.31	23.21
$H_{max}[\text{m.n.m}]$	289.54	289.58	289.62	289.67	289.7	289.74	289.78	289.82	289.88

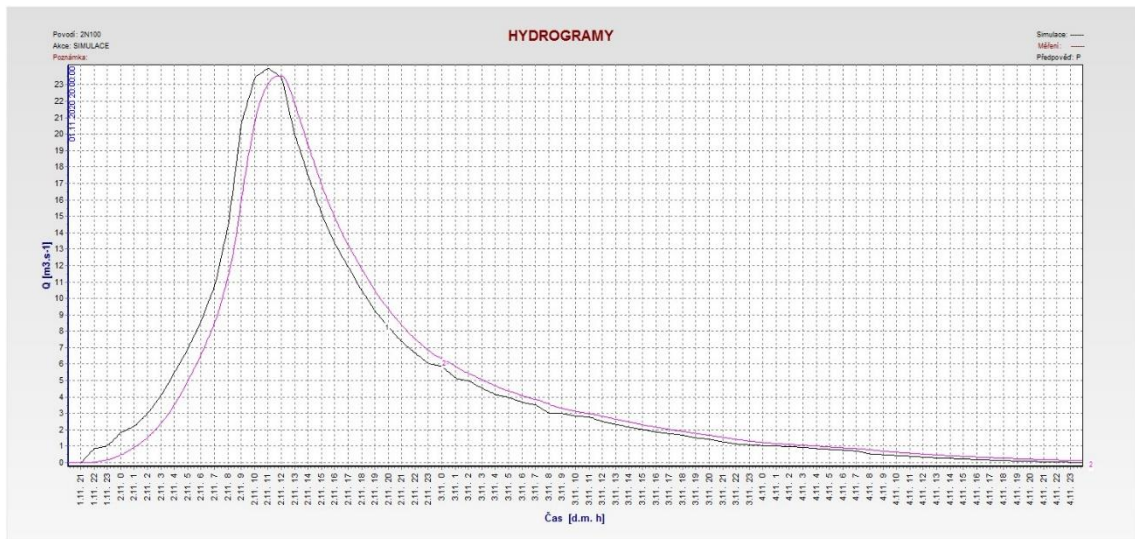
Tab. 47 Transformace stoleté povodně, při změně délky přelivné hrany, uzavřené výpusti

V tab. 47 vidíme transformaci  $Q_{100}$  při změně délky přelivné hrany. Maximální zkrácení přelivné hrany je na délku 15 m. Při této délce se  $H_{max} = H_{RN}$ . Transformační účinek je cca 0,5  $\text{m}^3/\text{s}$ , protože kulminační průtok  $Q_{100} = 24 \text{ m}^3/\text{s}$  a maximální průtok při transformaci  $Q_{max} = 23,54 \text{ m}^3/\text{s}$ . Při otevřených výpustí se dostáváme na délku přelivné hrany 14 m (tab. 48).

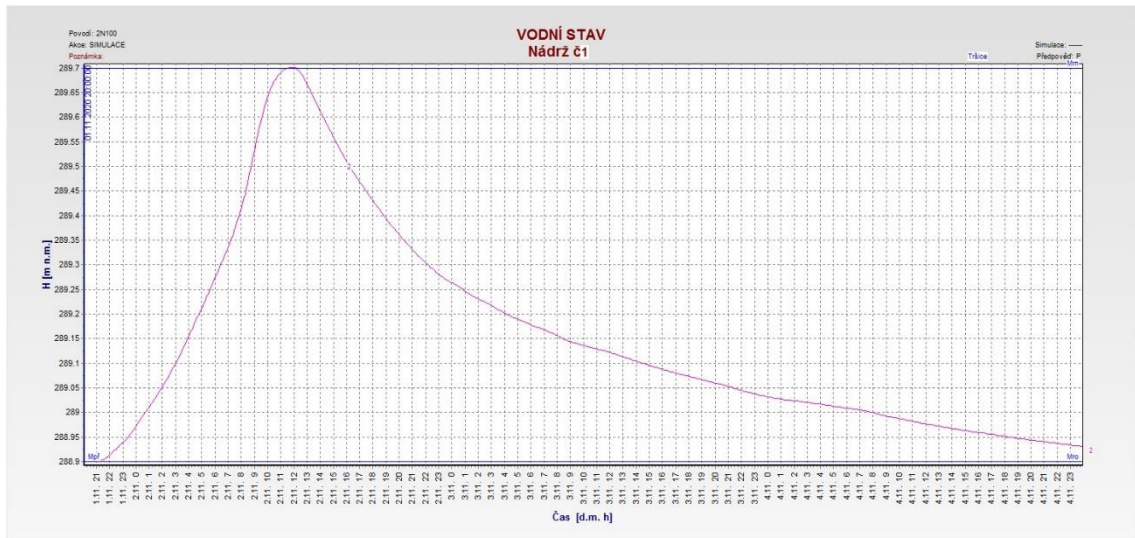
Otevřené výpusti (2xDN400)

$L_{přel.hrany}[\text{m}]$	22	20	18	16	15	14	13	12	11
$Q_{max}[\text{m}^3/\text{s}]$	23.65	23.62	23.57	23.51	23.48	23.44	23.36	23.24	23.12
$H_{max}[\text{m.n.m}]$	289.5	289.53	289.57	289.62	289.65	289.68	289.71	289.75	289.8

Tab. 48 Transformace stoleté povodně, při změně délky přelivné hrany, otevřené výpusti



Obr. 15 Transformace stoleté povodně, při délce přelivné hrany 15 m, uzavřené výpusti [7]



**Obr. 16** Vodní stav v nádrži při stoleté povodni a délce přelivu 15 m, uzavřené výpusti [7]

Pro kontrolu zda při zkrácení přelivné hrany na 15 m vyhoví nádrž i při kontrolní povodni provedeme transformaci  $Q_{1000}$ . Maximální hladina by neměla překročit maximální bezpečnou hladinu  $H_{mez.bezsp} = 290,0$  m n. m. Výsledky transformace jsou uvedeny v tab. 49 a tab. 50.

Otevřená polovina výpustí (1xDN400)

$L_{přel.hrany}[m]$	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>11</b>
$Q_{max}[m^3/s]$	41.78	41.51	41.17	40.74	40.52	39.98	39.2
$H_{max}[m.n.m.]$	289.79	289.84	289.91	289.98	290.03	290.13	290.25

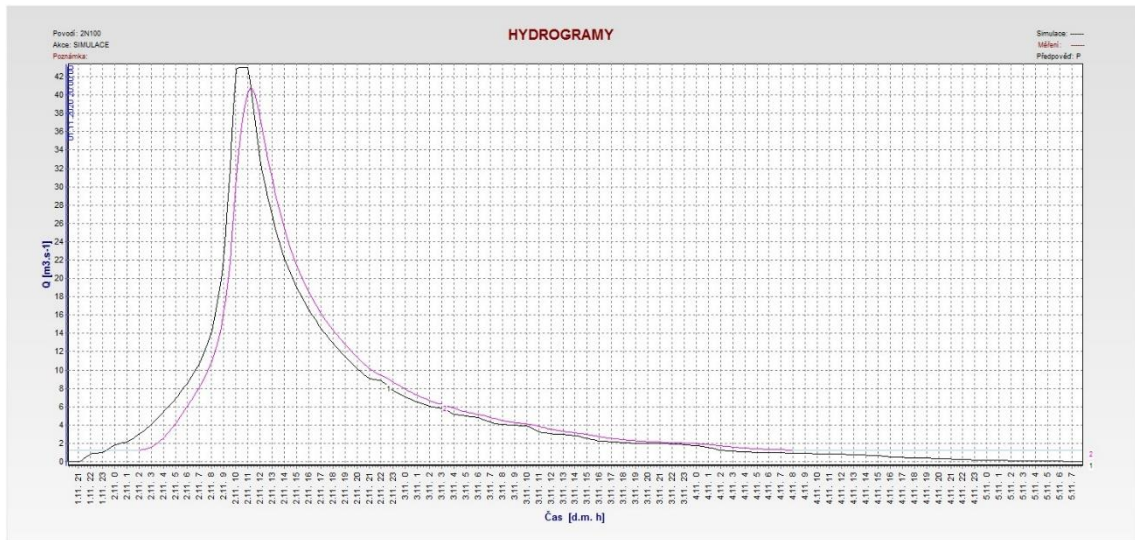
**Tab. 49** Transformace tisícileté povodně, při změně délky přelivné hrany, otevřená jedna výpust

Otevřené výpusti (2xDN400)

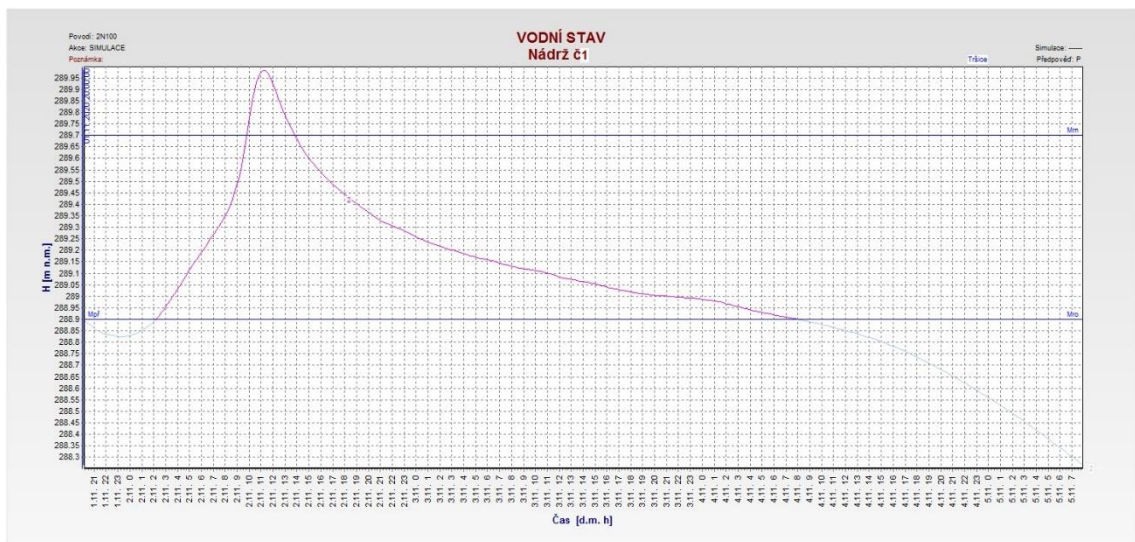
$L_{přel.hrany}[m]$	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>11</b>
$Q_{max}[m^3/s]$	41.74	41.46	41.1	40.66	40.43	39.80	39.01
$H_{max}[m.n.m.]$	289.77	289.82	289.88	289.96	290.00	290.10	290.22

**Tab. 50** Transformace tisícileté povodně, při změně délky přelivné hrany, otevřené výpusti

Z tab. 49 je patrné, že maximální zkrácení délky přelivné hrany je na 16 m. Při této délce přelivné hrany dosáhne maximální hladina úrovně 289,98 m n. m., tedy je níže než  $H_{mez.bezsp}$ .



Obr. 17 Transformace tisícileté povodně, při délce přelivné hrany 16 m, uzavřená jedna výpust[7]



Obr. 18 Vodní stav v nádrži při tisícileté povodni a délce přelivu 16 m, uzavřená jedna výpust [7]

Z výsledků tedy plyne, že pro zvětšení transformačního účinku nádrže Tršice může být délka přelivné hrany zkrácena na délku 16 m. Při této délce přelivné hrany nádrž vyhoví jak na kontrolní, tak i na návrhovou povodeň.

Pro úplnost při kulminačním průtoku  $Q_{20} = 14,60 \text{ m}^3/\text{s}$  a délce přelivu 16 m je transformovaný průtok  $Q_{max} = 14,21 \text{ m}^3/\text{s}$  a maximální hladina v nádrži dosahuje 289,47 m n. m.. Pro kulminační průtok  $Q_{50} = 19,60 \text{ m}^3/\text{s}$  a při délce přelivu 16 m je  $Q_{max} = 19,18 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $H_{max} = 289,58 \text{ m n. m.}$

Veškeré hydrogramy transformace povodně a vodní stavy v nádrži, získané z programu HYDROG, jsou uloženy na příloženém CD.

## 9.2.2 Transformace povodně nádrží Tršice a Zámeckým rybníkem

V této kapitole si popíšeme transformační účinek dvou nádrží, nádrže Tršice a Zámeckého rybníku. Transformace nádrží Tršice je již popsána v předchozí kapitole. Ve výpočtu uvažujeme délku přelivné hrany nádrže Tršice 16 m. Zde si popíšeme výsledky transformačního účinku Zámeckého rybníku pro  $Q_{100}$  a  $Q_{1000}$ .

Zámecký rybník, jak už víme z kap. 5.3, má jako výpustné zařízení stavidlový uzávěr. Uzávěr se skládá ze dvou stavidlových tabulí o rozměru 1,5 x 2 m. Pro výpočet v programu HYDROG jsme tento stavidlový uzávěr nahradili dvěma výpustěmi DN 2000. Budeme sledovat, na kolik procent musí být tyto výpustě otevřeny, aby vyhověli požadavkům na převedení povodně  $Q_{100}$  a  $Q_{1000}$ .

Důležité hladiny a parametry Zámeckého rybníku:

- Kóta koruny hráze 271 m n. m.
- Hladina retenční neovladatelná = maximální hladina 270,66 m n. m.
- Provozní hladina = kóta hrany přelivu 270,44 m n. m.

### 9.2.2.1 Transformace stoleté povodně

Zde si ukážeme výsledky transformace při stoleté povodni.

V tab. 51 vidíme transformaci Zámeckým rybníkem, při různém otevření stavidlového uzávěru. Můžeme si povšimnout, že  $Q_{max}$  je vyšší než kulminační průtok povodně. To je v důsledku přítoku vody z mezipovodí. V tabulce ve sloupečku  $H_{max}$  je fialově znázorněno překročení koruny hráze (tedy přelítí hráze), červeně překročení HRN, zelené a černé hodnoty značí vyhovující stav. Z toho tedy plyne, že minimální otevření výpustí je na 89 %. Při tomto otevření je kulminační průtok na hodnotě 23,96 m<sup>3</sup>/s. Zámecký rybník je schopen převést stoletou povodeň, ale nemá skoro žádný transformační účinek.

2xDN2000 [%]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_{max}$ [m.n.m]
0	24.16	271.29
25	24.16	271.27
50	24.16	271.2
75	24.16	271.07
80	24.16	271.02
85	24.11	270.84
87	23.92	270.74
89	23.96	270.65
90	23.94	270.6
95	24.04	270.24
100	24.07	269.87

Tab. 51 Transformace  $Q_{100}$ , Tršice uzavřené výpusti

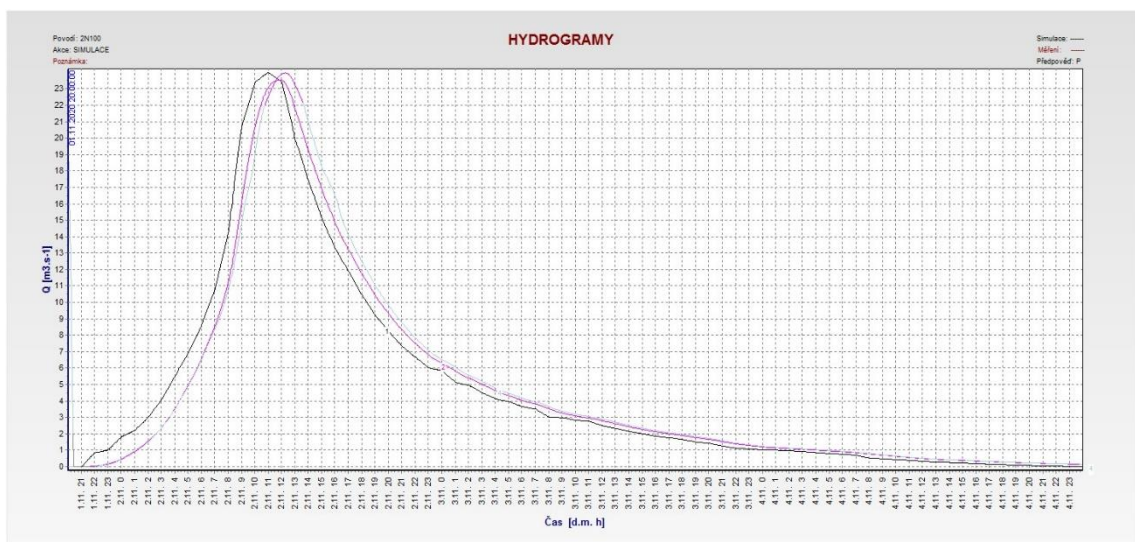


Při otevřených výpustech u nádrže Tršice, nedojde k žádné změně  $H_{max}$  v Zámeckém rybníku pouze se sníží  $Q_{max}$  cca o 0,1 m<sup>3</sup>/s (tab. 52).

2xDN2000 [%]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_{max}$ [m.n.m]
0	24.06	271.29
25	24.06	271.27
50	24.06	270.2
75	24.06	271.07
80	24.06	271.02
85	23.94	270.83
87	23.82	270.73
89	23.87	270.64
90	23.84	270.59
95	23.96	270.23
100	23.98	269.86

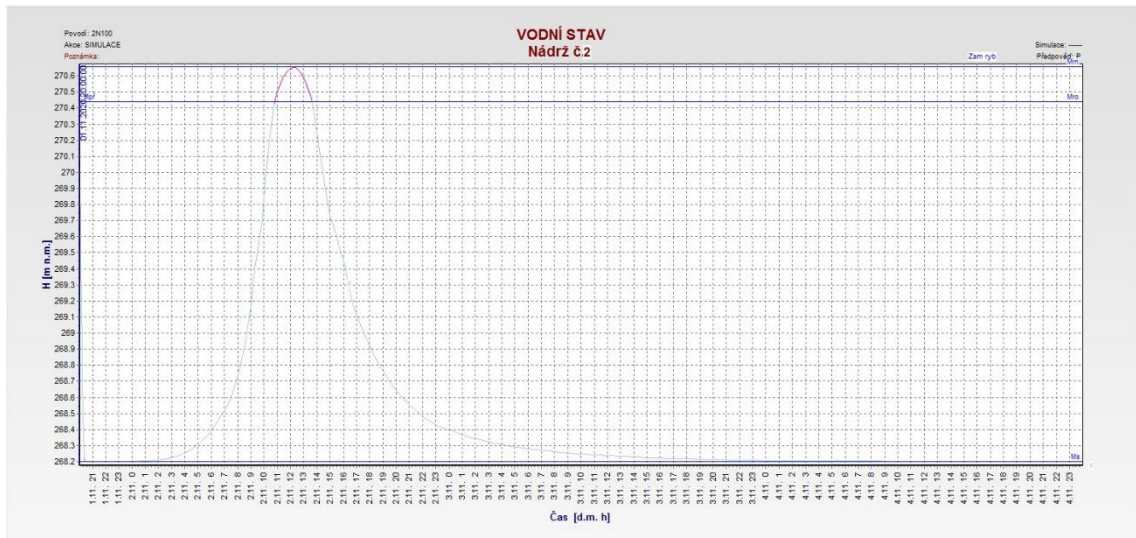
Tab. 52 Transformace  $Q_{100}$ , Tršice otevřené výpusti

Na obr. 19 a 20 si přiblížíme průběh průtoků a vodního stavu v Zámeckém rybníku při otevřených výpustí na 89% a zavřených výpustí na nádrži Tršice.



Obr. 19 Hydrogram transformace  $Q_{100}$  nádrží Tršice a Zámeckým rybníkem [7]

Na obr. 19 je zobrazen průběh průtoků při povodni. Černě je znázorněn přítok do systému. Fialová křivka číslo 2 (ta nižší) značí transformaci povodně nádrží Tršice. Z větší části šedá křivka představuje transformaci Zámeckým rybníkem. Šedá barva právě značí vypouštění vody výpustěmi a fialová značí převod vody přes přeliv. Z obrázku je patrné, jak malé jsou transformační účinky obou nádrží.



**Obr. 20** Vodní stav v Zámeckém rybníku při otevřených výpustech na 89% [7]

Na obr. 20 je znázorněn průběh stavu vody v Zámeckém rybníku. Vidíme, že na začátku povodně je díky otevřeným výpustím vyprázdněn celý objem rybníku. Tento prostor je potřeba uvolnit pro následující objem povodně aby nedošlo k přelití hráze. Vidíme, že se prostor rybníku následně plní až po hladinu  $H_{RN}$ . Po průchodu povodně zůstane rybník naplněn na provozní hladinu.

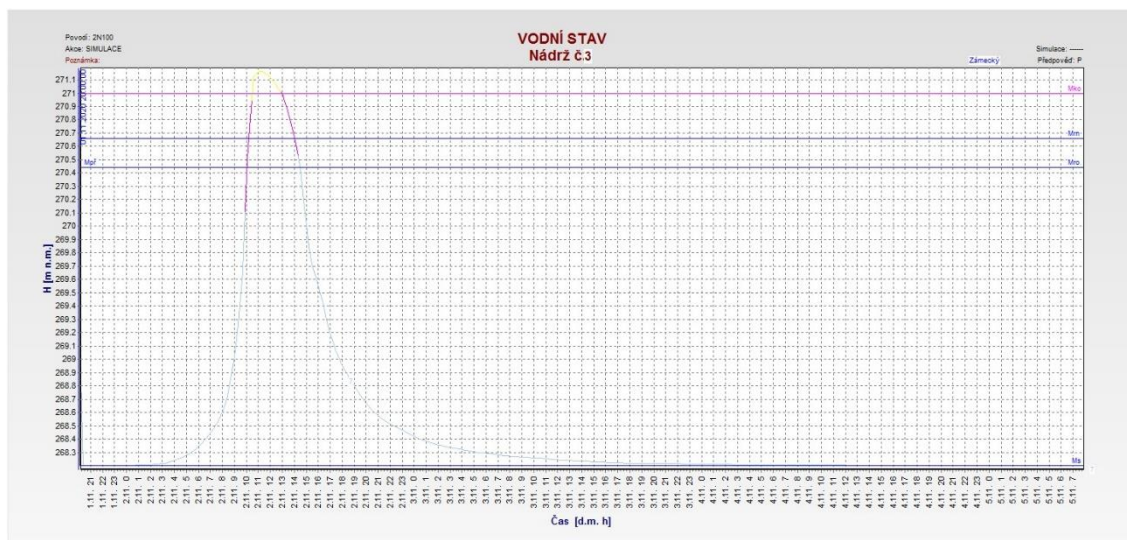
Další hydrogramy a vodní stavy jsou přiložené na CD.

### 9.2.2.2 Transformace tisícileté povodně

U tisícileté povodně nastává problém, že i u plně otevřených stavidlových uzávěrů se maximální hladina dostává nad úroveň hráze zámeckého rybníku (tab. 53). Úroveň koruny hráze je 271 m n. m.. Tedy může dojít k protržení hráze a zaplavení obce. V další kapitole uvidíme, zda se tento problém nevyřeší, když zařadíme rybník Farganík do systému.

2xDN2000 [%]	$Q_{max}[m^3/s]$	$H_{max}[m.n.m]$
90	44.82	271.23
95	44.82	271.2
100	44.81	271.16

**Tab. 53** Transformace  $Q_{1000}$  v Zámeckém rybníku



**Obr. 21** Vodní stav v Zámeckém rybníku při  $Q_{1000}$  [7]

Na obr. 21 je žlutou barvou znázorněno přelití vody přes korunu hráze. Vidíme, že ani vypuštěný prostor rybníku nestačí na převedení tisícileté povodně.

Ostatní hydrogramy a vodní stavy jsou přiloženy na CD.

### 9.2.3 Transformace povodně nádrží Tršice, rybníkem Farganík a Zámeckým rybníkem

V tomto případě zařadíme to systému i rybník Farganík. Tedy budeme část průtoku odlehčovat do tohoto rybníku a uvidíme, co se stane s hladinou a průtokem v Zámeckém rybníku. Je potřeba určit jaké množství je rybník Farganík schopen přijmout tak, aby vyhověl na dodržení požadovaných hladin.

Důležité hladiny a parametry Zámeckého rybníku:

- Kóta koruny hráze 271 m n. m.
- Hladina retenční neovladatelná = maximální hladina 270,66 m n. m.
- Provozní hladina = kóta hrany přelivu 270,44 m n. m.

Důležité hladiny a parametry rybníku Farganík:

- Kóta koruny hráze 272,4 m n. m.
- Hladina retenční neovladatelná = maximální hladina 271,9 m n. m.
- Provozní hladina = kóta hrany přelivu 271,4 m n. m.

#### 9.2.3.1 Transformace stoleté povodně

V Zámeckém rybníku uvažujeme otevřené spodní vypustě na 89 %, jak jsme zjistili v předešlých výpočtech. V tab. 54 vidíme výsledky při různých odlehčeních do rybníku Farganík. V tabulce ve druhém sloupci je naznačeno od jakého průtoku v toku pod nádrží Tršice se začíná odlehčovat a ve třetím sloupci je uvedeno množství, které se odlehčuje do rybníku Farganík.

Transformace povodně $Q_{100}$			Farganík		Zámecký rybník	
Varianta	Odlehčení		zavřené vypusti		výpustě otevř. na 89%	
	od kolika [ $m^3/s$ ]	kolik [ $m^3/s$ ]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]
1	5	10	10	272.23	24.01	270.66
2	5	8	8.02	272.12	24.01	270.66
3	5	5	5.02	271.93	24.01	270.66
4	5	4.5	4.52	271.89	24.01	270.66
5	10	10	10.02	272.24	23.97	270.65
6	10	5	5.02	271.93	23.99	270.66
7	10	4.5	4.52	271.89	24.01	270.66
8	15	10	8.45	272.15	23.82	270.64
9	15	4.5	4.52	271.89	23.87	270.65
10	19	4.5	4.28	271.88	23.61	270.62
11	20	4.5	3.23	271.8	23.56	270.62
12	22	4.5	1.07	271.61	23.5	270.61
13	1	4.5	4.52	271.89	24.01	270.66

Tab. 54 Výsledky  $Q_{max}$  a  $H_{max}$  pro různé varianty odlehčení

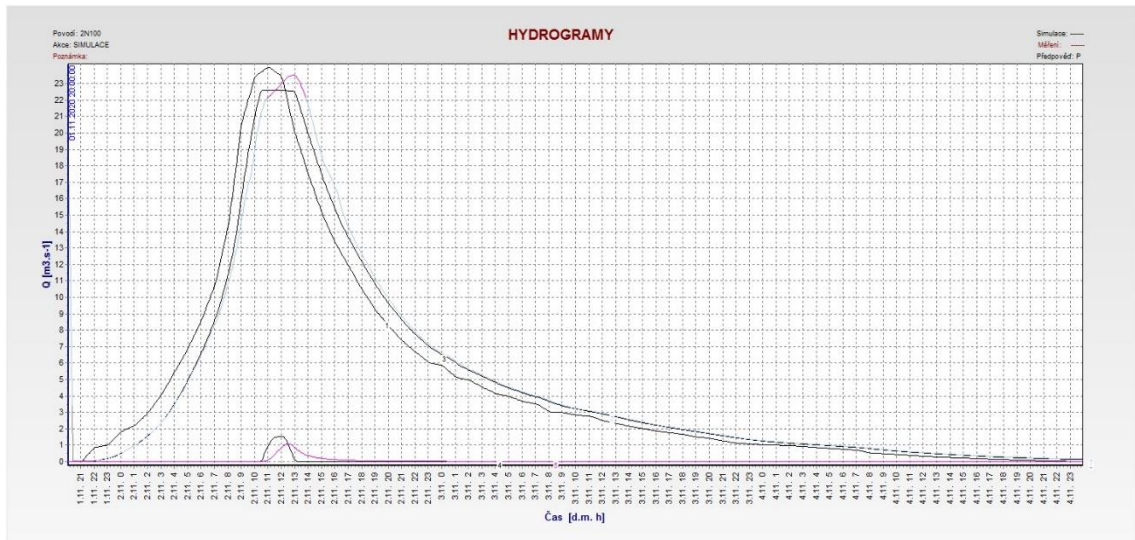
V tabulce vidíme, že maximální průtok, který může být do rybníku Farganík pouštěn je 4,5  $m^3/s$ , při tomto průtoku je hladina na úrovni 271,89 m n. m., tedy je níže než  $H_{RN}$ . Dále vidíme, že hladina v Zámeckém rybníku se nám pohybuje kolem hodnoty 270,65 m n. m., z toho plyne, že odlehčení do rybníku Farganík má malý vliv na úroveň hladiny v Zámeckém rybníku. Vidíme, že největší vliv na  $Q_{max}$  v Zámeckém rybníku má odlehčení při vyšších průtocích, tedy „usekávání špice hydrogramu“. Závěrem můžeme říct, že zapojení rybníku Farganík má malý vliv na průtoky a hladiny v Zámeckém rybníku.

V tab. 55. můžeme vidět výsledky odlehčení při otevřených výpustí rybníku Farganík. V tomto případě se nám maximální průtok odlehčení zvedá na hodnotu 5  $m^3/s$ .

Transformace povodně $Q_{100}$			Farganík		Zámecký rybník	
Varianta	Odlehčení		otevřené vypusti		výpustě otevř. na 89%	
	od kolika [ $m^3/s$ ]	kolik [ $m^3/s$ ]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]
1	5	5	5.02	271.9	23.91	270.65
2	10	5	5.02	271.9	23.81	270.64
3	15	5	5.01	271.9	23.44	270.6
4	19	5	3.7	271.81	22.84	270.54
5	20	5	2.29	271.7	22.49	270.5
6	22	5	0.27	271.39	22.81	270.54
7	1	5	5.02	271.9	23.91	270.65

Tab. 55 Výsledky  $Q_{max}$  a  $H_{max}$  pro různé varianty odlehčení, otevřené výpusti rybníku Farganík





Obr. 22 Průtoky při odlehčení varianta 12 z tab. 54 [7]

Na obr. 22 vidíme průběh průtoku při variantě odlehčení 12 z tab. 54. Číslem 1 je označen přítok do systému nad nádrží Tršice. Číslo 3 je přítok do Zámeckého rybníku, můžeme si všimnout „useknutí“ špičky, které má za následek právě odlehčení do rybníku Farganík. Průběh průtoku při odlehčení vidíme na obrázku dole pod číslem 4 a jeho transformaci rybníkem Farganík pod číslem 5.

Veškeré průběhy průtoku a vodní stavy v rybníku Farganík pro různé varianty odlehčení nalezneme na přiloženém CD.

### 9.2.3.2 Transformace tisícileté povodně

Při transformaci tisícileté povodně bez zařazení rybníku Farganík nám Zámecký rybník přetékal přes korunu hráze. Bohužel je to i v případě, kdy zařadíme odlehčení do rybníku Farganík. U rybníku Farganík sice nevíme mezní bezpečnou hladinu, ale my jsme si ji určili na kótě 272,1 m n. m.. Při dodržení této hladiny můžeme maximálně odlehčovat průtok 7,5 m<sup>3</sup>/s. U otevřených výpustí rybníku Farganík je to až 8 m<sup>3</sup>/s. Výsledky jsou uvedeny v tab. 56 a tab. 57. Z výsledků vidíme, že jsme schopni H<sub>max</sub> v Zámeckém rybníku snížit na hodnotu 271,1 m n. m., tj. 10 cm nad úroveň koruny hráze. Veškeré průběhy průtoků a vodní stavy pro každou variantu jsou uloženy na přiloženém CD.

Transformace povodně Q <sub>1000</sub>			Farganík		Zámecký rybník	
Varianta	Odhlednění		zavřené vypusti		výpustě otevř. na 100%	
	od kolika [m <sup>3</sup> /s]	kolik [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>max</sub> [m.n.m]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>max</sub> [m.n.m]
1	10	4.5	4.52	271.89	44.75	271.16
2	10	5.5	5.52	271.96	44.76	271.16
3	10	6	6	271.99	44.76	271.16
4	10	7	7.02	272.06	44.76	271.16
5	10	7.5	7.52	272.09	44.76	271.16
6	20	7.5	7.52	272.09	44.53	271.16
7	30	7.5	7.36	272.08	43.42	271.15
8	35	7.5	4.24	271.87	42.63	271.14
9	40	7.5	0.14	271.46	44.15	271.15
10	37	7.5	2.22	271.72	42.61	271.13

Tab. 56 Výsledky Q<sub>max</sub> a H<sub>max</sub> pro různé varianty odlehčení, uzavřené vypusti rybníku Farganík

Transformace povodně $Q_{1000}$			Farganík		Zámecký rybník	
Varianta	Odlehčení		otevřené vypusti		výpustě otevř. na 100%	
	od kolika [ $m^3/s$ ]	kolik [ $m^3/s$ ]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]
1	10	7.5	7.5	272.07	44.35	271.16
2	10	8	8.02	272.1	44.35	271.16
3	20	8	8.02	272.1	43.45	271.15
4	30	8	7.27	272.05	40.97	271.11
5	35	8	1.99	271.67	40.09	271.1

Tab. 57 Výsledky  $Q_{max}$  a  $H_{max}$  pro různé varianty odlehčení, otevřené vypusti rybníku Farganík

Z výpočtů tedy vyplývá, že Zámecký rybník není schopen převést tisíciletou povodeň. Možná řešení pro převedení  $Q_{1000}$ :

- Zvětšení rybníku Farganík, do kterého by se dalo odlehčovat větší množství vody
- Možné zvýšení hráze Zámeckého rybníku nebo zvýšit kapacitu stavidlových uzávěrů

Z hlediska ochrany obce Tršice je důležité, že Zámecký rybník ustojí stoletou povodeň. Koryto v obci je navrženo na průtok cca roven  $Q_{100}$ . Tedy při takto velké povodni jako je  $Q_{100}$  by nemělo dojít téměř k žádným rozlivům mimo tok Olešnice.

## 9.2.4 Transformace dvacetileté povodně

V této kapitole se podíváme na transformaci  $Q_{20}$  naší kaskádou nádrží. Je zřejmé, že povodeň bude úspěšně převedena, protože víme, že náš systém nádrží převede stoletou povodeň, která má kulminační průtok v podstatě vyšší. Hodnoty transformace nádrže Tršice pro  $Q_{20}$  jsou uvedeny v kap. 9.2.1.

Jde jen o to zjistit, na kolik procent musí být otevřeny stavidlové uzávěry Zámeckého rybníku, aby byla povodeň úspěšně převedena. Z tab. 58 je zřejmé, že uzávěry musí být otevřeny na 68 %. V tab. 59 vidíme výsledky při průtoku povodni naší kaskádou. Hydrogramy a vodní stavy pro tento výpočet jsou přiloženy na CD.

2xDN2000 [%]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]
50	14.37	271.07
65	14.15	270.76
68	14.16	270.63
70	14.09	270.52

Tab. 58 % otevření výpustí Zámeckého rybníku při  $Q_{20}$

Transformace povodně $Q_{20}$			Farganík		Zámecký rybník	
Varianta	Odlehčení		zavřené vypusti		výpustě otevř. na 68%	
	od kolika [ $m^3/s$ ]	kolik [ $m^3/s$ ]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m.n.m]
1	5	4.5	4.51	271.89	14.11	270.63
2	10	4.5	4.18	271.87	13.91	270.6
3	12	4.5	2.06	271.71	13.83	270.6
4	13	4.5	0.98	271.6	13.83	270.59

Tab. 59 Průběh transformace při  $Q_{20}$

Daná kaskáda nádrží dvacetiletou povodeň bezpečně převede. Velikosti kulminačního průtoku vidíme v tabulkách s výsledky.

## 9.2.5 Transformace padesátileté povodeň

V této kapitole se podíváme na transformaci  $Q_{50}$  naší kaskádou nádrží. Je zřejmé, že povodeň bude úspěšně převedena. Hodnoty transformace nádrže Tršice pro  $Q_{50}$  jsou uvedeny v kap. 9.2.1.

Jde jen o to zjistit, na kolik procent musí být otevřeny stavidlové uzávěry Zámeckého rybníku, aby byla povodeň úspěšně převedena. Z tab. 60 je zřejmé, že uzávěry musí být otevřeny na 79 %. V tab. 61 vidíme výsledky při průtoku povodní naší kaskádou. Hydrogramy a vodní stavy pro tento výpočet jsou přiloženy na CD.

2xDN2000 [%]	$Q_{\max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_{\max}$ [m.n.m]
70	19.33	271.01
78	19.15	270.71
79	19.17	270.66
80	19.16	270.62

Tab. 60 % otevření výpustí Zámeckého rybníku při  $Q_{50}$

Transformace povodně $Q_{50}$			Farganík		Zámecký rybník	
Varianta	Odlehčení		zavřené vypusti		výpustě otevř. na 79%	
	od kolika [m <sup>3</sup> /s]	kolik [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{\max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_{\max}$ [m.n.m]	$Q_{\max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_{\max}$ [m.n.m]
1	10	4.5	4.52	271.89	19.11	270.66
2	15	4.5	4.11	271.87	18.88	270.64
3	17	4.5	1.97	271.7	18.79	270.63
4	18	4.5	0.91	271.59	18.79	270.63

Tab. 61 Průběh transformace při  $Q_{50}$

Naše kaskáda nádrží padesátiletou povodeň bezpečně převede. Velikosti kulminačního průtoku vidíme v tabulkách s výsledky.

## 10 SHRnutí VÝSLEDKŮ

V této kapitole si uvedeme důležité výsledky výše uvedených výpočtů.

### 10.1 ZÁSOBNÍ FUNKCE

V prvním případě jsme hledali maximální odtok pro závlahu, když jsme mimo vegetační období z nádrže vypouštěli pouze minimální zůstatkový průtok. Podmínkou bylo, že při daném nalepšeném odtoku musí být nalepšenost podle trvání  $P_t \geq 95$  %. Výsledky jsou uvedeny v tab. 14.

Tabulka výsledků zabezpečení podle trvání při  $O_p \neq \text{konst.}$

$\alpha[-]$	$O_p[\text{m}^3/\text{s}]$	MZP $[\text{m}^3/\text{s}]$	$O_{z\acute{a}vl.}[\text{m}^3/\text{s}]$	Pt[%] pro $V_{z1}$	Pt[%] pro $V_{z2}$	Pt[%] pro $V_{zskut}$	Pt[%] pro $V_{z3}$	Pt[%] pro $V_{z4}$
0.1	0.016	0.012	0.004	100	100	100	100	100
0.2	0.032	0.012	0.020	100	100	100	100	100
0.3	0.048	0.012	0.036	100	100	100	100	100
0.4	0.064	0.012	0.052	99.03	99.2	99.2	99.2	99.54
0.5	0.081	0.012	0.069	96.48	96.99	96.99	96.99	96.99
0.6	0.097	0.012	0.085	91.55	92.4	92.91	92.91	93.25
0.7	0.113	0.012	0.101	87.14	87.81	88.32	88.83	88.83
0.8	0.129	0.012	0.117	82.72	83.06	83.23	83.4	83.74

Tab. 14 Zabezpečení podle trvání při  $O_p \neq \text{konst.}$

Z výsledků vyplývá, že maximální odběr pro závlahu při skutečném zásobním objemu nádrže Tršice je  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ , tedy 80 l/s. Hodnota je tedy o 20 l/s větší, než v případě, kdy je nalepšený odtok konstantní po celý rok.

V dalším případě jsme řešili, jaký je možný průběh odběrů pro závlahu, pro různé druhy plodin. Znovu podmínkou bylo, že při dané variantě nalepšených odtoků muselo být  $P_t \geq 95$  %. Průběh  $O_p$  a  $O_{z\acute{a}vl.}$  při skutečném zásobním objemu nádrže Tršice pro dané plodiny je zřejmý z tab. 62.

	Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
Jádroviny	$O_p [\text{m}^3/\text{s}]$	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.032	0.032	0.012	0.012
	$O_{z\acute{a}vl.} [\text{m}^3/\text{s}]$	0	0	0	0	0.069	0.117	0.117	0.052	0.02	0.02	0	0
Peckoviny	$O_p [\text{m}^3/\text{s}]$	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012	0.012
	$O_{z\acute{a}vl.} [\text{m}^3/\text{s}]$	0	0	0	0	0.125	0.149	0	0.077	0.044	0	0	0
Zahrady	$O_p [\text{m}^3/\text{s}]$	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012	0.012
	$O_{z\acute{a}vl.} [\text{m}^3/\text{s}]$	0	0	0	0.02	0.069	0.117	0.117	0.085	0.012	0	0	0
Chmelnice	$O_p [\text{m}^3/\text{s}]$	0.012	0.012	0.012	0.012	0.04	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012	0.012
	$O_{z\acute{a}vl.} [\text{m}^3/\text{s}]$	0	0	0	0	0.028	0.077	0.133	0.133	0.02	0	0	0
Cukrová řepa	$O_p [\text{m}^3/\text{s}]$	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.081	0.032	0.012	0.012
	$O_{z\acute{a}vl.} [\text{m}^3/\text{s}]$	0	0	0	0.012	0.036	0.093	0.093	0.093	0.069	0.02	0	0

Tab. 62 Hodnoty  $O_p$  a  $O_{z\acute{a}vl.}$  při různém druhu zavlažované plodiny

## 10.2 OCHRANNÁ FUNKCE

V prvním případě jsme řešili, možné zvýšení transformačního účinku nádrže Tršice. Z výpočtů transformace povodní  $Q_{1000}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{50}$  a  $Q_{20}$  jsme zjistili, že je možné zvýšit transformační účinek nádrže tím, že zkrátíme délku přelivné hrany bezpečnostního přelivu na 16 m. Při tomto zkrácení přelivné hrany vyhoví nádrž na požadavky jak návrhové, tak i kontrolní povodně.

Za další jsme sledovali transformaci povodní  $Q_{1000}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{50}$  a  $Q_{20}$  kaskádou nádrží. Z výsledků jsme zjistili, že kaskáda je schopna převést jak povodeň  $Q_{20}$ , tak i  $Q_{50}$  a  $Q_{100}$ . Povodeň  $Q_{1000}$  je tak velká, že došlo k přelití jedné z nádrží. Transformační účinek kaskády je vidět v tab. 63. Kde  $N$  značí N-letos povodně,  $Q_{kul}$  značí maximální průtok při povodni a  $Q_{max}$  značí maximální průtok po transformaci povodně kaskádou.

N	$Q_{kul}$ [ $m^3/s$ ]	$Q_{max}$ [ $m^3/s$ ]	$H_{max}$ [m n. m.] v Zámeckém rybníku
20	14.6	13.83	270.59
50	19.6	18.79	270.63
100	24	22.49	270.5
1000	43	40.09	271.1

*Tab. 63 Velikosti transformačního účinku kaskády*

Z tabulky vidíme, že transformační účinek kaskády není veliký. Hodnoty maximální hladiny jsou pouze orientační, protože u každé povodně jsou v Zámeckém rybníku jinak otevřené stavidlové uzávěry.

Koryto v obci Tršice je navrženo na průtok cca  $Q_{100}$  a kaskáda nádrží převede stoletou povodeň, tedy můžeme říct, že obec Tršice je ochráněna před stoletou vodou.

## 11 ZÁVĚR

V diplomové práci jsme dopracovali, vodohospodářské řešení pro nádrž Tršice. Řešili jsme zásobní funkci nádrže Tršice a ochranou funkci nádrže a níže položených rybníků.

Z hlediska zásobní funkce jsme řešili možné zvýšení odběrů pro závlahy. Z bakalářské práce jsme získali velikost možného odběru pro závlahy při zabezpečení  $P_t \geq 95\%$ , který je cca 60 l/s. Tento odběr, byl možný pokud nalepšený odtok byl konstantní po celý rok. Zvětšení odběru spočívalo v tom, že jsme mimo vegetační období pouštěli z nádrže minimální zůstatkový průtok. Tento způsob řízení odtoku z nádrže měl za výsledek to, že odběr pro závlahy při  $P_t \geq 95\%$  se zvýšil na hodnotu 80 l/s. Tedy tím, že jsme z nádrže vypouštěli menší množství vody mimo vegetační období, se nám možný odběr pro závlahu zvedl o 20 l/s. Závěr je, že maximální možný odběr z nádrže, při hodnotách nalepšeného odtoku mimo vegetační období  $O_p = MZP$  a ve vegetačním období  $O_p = Q_a * \alpha$ , je  $O_{závl.} = 80$  l/s.

Poté jsme zjistili možný průběh odběru pro různé druhy zavlažovaných plodin. Výsledky jsou uvedené v tabulce níže.

	Měsíc	L	Ú	B	D	K	ČN	ČC	S	Z	Ř	Li	P
Jádroviny	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.081	0.129	0.129	0.064	0.032	0.032	0.012	0.012
	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	0	<b>0.069</b>	<b>0.117</b>	<b>0.117</b>	<b>0.052</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	0	0
Peckoviny	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.137	0.161	0.012	0.089	0.056	0.012	0.012	0.012
	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	0	<b>0.125</b>	<b>0.149</b>	0	<b>0.077</b>	<b>0.044</b>	0	0	0
Zahrady	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.032	0.081	0.129	0.129	0.097	0.024	0.012	0.012	0.012
	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	<b>0.02</b>	<b>0.069</b>	<b>0.117</b>	<b>0.117</b>	<b>0.085</b>	<b>0.012</b>	0	0	0
Chmelnice	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.012	0.04	0.089	0.145	0.145	0.032	0.012	0.012	0.012
	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	0	<b>0.028</b>	<b>0.077</b>	<b>0.133</b>	<b>0.133</b>	<b>0.02</b>	0	0	0
Cukrová řepa	$O_p$ [m <sup>3</sup> /s]	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048	0.105	0.105	0.105	0.081	0.032	0.012	0.012
	$O_{závl.}$ [m <sup>3</sup> /s]	0	0	0	<b>0.012</b>	<b>0.036</b>	<b>0.093</b>	<b>0.093</b>	<b>0.093</b>	<b>0.069</b>	<b>0.02</b>	0	0

Z ochranné funkce nádrže Tršice, je důležitým poznatkem, že pro zvětšení transformačního účinku a využití retenčního prostoru nádrže je možná změna délky přelivné hrany na 16 m. Při této délce přelivu vyhoví nádrž na požadavky návrhové i kontrolní povodně.

Z výsledků transformací povodní kaskádou nádrží nad obcí Tršice jsme zjistili, že jsme schopni převést až stoletou povodňovou vlnu. S kombinací kapacity koryta pod kaskádou v obci Tršice, můžeme říct, že je obec ochráněna před stoletou vodou. Stoletá povodeň by měla být převedena bez větších komplikací.

## 12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] CHYBA, Martin. *Vodohospodářské řešení malé vodní nádrže Tršice* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-01-12]. Bakalářská práce. VUT FAST Brno.
- [2] POVODÍ MORAVY, S.P. *Manipulační řád: VD Tršice I* [online]. Olomouc, 2017 [cit. 2021-01-12].
- [3] STARÝ, Miloš. *Nádrže a vodohospodářské soustavy: MODUL 01* [online]. Brno, 2006 [cit. 2021-01-12].
- [4] STARÝ, Miloš. *Nádrže a vodohospodářské soustavy: MODUL 02* [online]. Brno, 2006 [cit. 2021-01-12].
- [5] STARÝ, Miloš. *Hydrologie: MODUL 01* [online]. Brno, 2005 [cit. 2021-01-12].
- [6] STARÝ, Miloš. *Hydrologie: MODUL 02* [online]. Brno, 2005 [cit. 2021-01-12].
- [7] STARÝ, Miloš. HYDROG: Software pro simulaci, predikci a operativní řízení odtoku vody z povodí. Brno, 1991 - 2016.
- [8] Charakteristika Olomouckého kraje. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/xm/charakteristika\\_kraje](https://www.czso.cz/csu/xm/charakteristika_kraje)
- [9] Povodňový plán obce. *Tršice* [online]. [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/povodnovy-plan/trsice/>

### 12.1 SEZNAM POUŽITÝCH NOREM, VYHLÁŠEK A ZÁKONŮ

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

ČSN 75 2405 Vodohospodářské řešení vodních nádrží

### 12.2 DOPLŇKOVÉ ELEKTRONICKÉ ZDROJE

- [10] <http://www.mapy.cz>
- [11] <http://www.ovoce-licka.cz/zavlahy-ovocnych-stromu-a-vinne-revy/>  
<http://uvhk.fce.vutbr.cz>  
<http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klasifikace-klimatu/#Quittova-klasifikace-podnebi>  
[https://olomoucky.denik.cz/zpravy\\_region/prehrada-trsice-koupani-2020.html](https://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/prehrada-trsice-koupani-2020.html)

## 13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Všechny zkratky a symboly jsou specifikovány přímo v textu.

## 14 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1	Mapa krajů a okresů České republiky .....	9
Obr. 2	Tršický vodopád [10].....	10
Obr. 3	Zájmové nádrže u obce Tršice.....	11
Obr. 4	Pohled na nádrž Tršice .....	16
Obr. 5	Pohled na návodní stranu nádrže Tršice [10] .....	16
Obr. 6	Sdružený objekt na vzdušní straně hráze [10].....	16
Obr. 7	Pohled na sdružený objekt nádrže Tršice a na níže položený Farganík [10] .....	17
Obr. 8	Pohled na výpustné zařízení zámeckého rybníku .....	18
Obr. 9	Schéma údolní nádrží [3] .....	27
Obr. 10	Schéma boční nádrže [3] .....	28
Obr. 11	Funkční prostory nádrže [3] .....	39
Obr. 12	Rozdělení prostorů v rybníku .....	40
Obr. 13	Transformační účinek nádrže Tršice při $Q_{100}$ [1] .....	64
Obr. 14	Schematizace systému .....	65
Obr. 15	Transformace stoleté povodně, při délce přelivné hrany 15 m, uzavřené výpusti [7] .....	66
Obr. 16	Vodní stav v nádrži při stoleté povodni a délce přelivu 15 m, uzavřené výpusti [7].	67
Obr. 17	Transformace tisícileté povodně, při délce přelivné hrany 16 m, uzavřená jedna výpust[7].....	68
Obr. 18	Vodní stav v nádrži při tisícileté povodni a délce přelivu 16 m, uzavřená jedna výpust [7] .....	68
Obr. 19	Hydrogram transformace $Q_{100}$ nádrží Tršice a Zámeckým rybníkem [7] .....	70
Obr. 20	Vodní stav v Zámeckém rybníku při otevřených výpustech na 89% [7] .....	71
Obr. 21	Vodní stav v Zámeckém rybníku při $Q_{1000}$ [7] .....	72
Obr. 22	Průtoky při odlehčení varianta 12 z tab. 54 [7] .....	74



## 15 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

<b>Graf 1</b> Přirozené variační rozpětí odtoku [3] .....	19
<b>Graf 2</b> Požadované variační rozpětí odtoku [3] .....	20
<b>Graf 3</b> Závislost variačního rozpětí odtoku na $\alpha$ [3] .....	21
<b>Graf 4</b> Obecný vztah mezi ukazateli zabezpečení $P_o$ , $P_t$ , $P_d$ a hodnotou nalepšeného odtoku $O_p$ [3].....	23
<b>Graf 5</b> Schéma řešení úlohy $P = F_2(O_p, V_z)$ – stanovení délky a hloubky poruchy [3] .....	32
<b>Graf 6</b> Řada průměrných měsíčních průtoků pro profil nádrže Tršice.....	37
<b>Graf 7</b> Batygrafické čáry nádrže Tršice [2].....	38
<b>Graf 8</b> Čára zatopených objemů rybníku Farganík.....	38
<b>Graf 9</b> Čára zatopených objemů Zámeckého rybníku .....	38
<b>Graf 10</b> Vzor hydrogramu povodně [6].....	40
<b>Graf 11</b> Průběh n-letých povodňových vln pro VD Tršice [2] .....	41
<b>Graf 12</b> Přítok vody z mezipovodí nad Zámeckým rybníkem .....	42
<b>Graf 13</b> Povodňové vlny $Q_{20}$ a $Q_{50}$ pro VD Tršice .....	42
<b>Graf 14</b> Funkční prostory nádrže Tršice (skutečný stav).....	45
<b>Graf 15</b> Hodnoty měsíčního výparu. ....	45
<b>Graf 16</b> Srovnání $O_p$ pro různá $V_z$ při $P_t \geq 95\%$ .....	50
<b>Graf 17</b> Srovnání $O_p$ pro různá $V_z$ při $P_t \geq 95\%$ .....	54
<b>Graf 18</b> Srovnání $O_p$ pro různá $V_z$ při $P_t \geq 95\%$ .....	57
<b>Graf 19</b> Srovnání $O_p$ pro různá $V_z$ při $P_t \geq 95\%$ .....	60
<b>Graf 20</b> Srovnání $O_p$ pro různá $V_z$ při $P_t \geq 95\%$ .....	62

## 16 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1	Výsledky zabezpečení podle trvání [1] .....	7
Tab. 2	Výsledky zabezpečení podle dodávky vody [1] .....	7
Tab. 3	Výsledky transformace stoleté povodně [1] .....	8
Tab. 4	Výsledky transformace tisícileté povodně [1] .....	8
Tab. 5	Hladiny v nádrži Tršice [2] .....	14
Tab. 6	Základní hydrologické údaje [2] .....	15
Tab. 7	M-denní průtoky [2] .....	15
Tab. 8	N-leté průtoky [2] .....	15
Tab. 9	Třídy významnosti .....	25
Tab. 10	Velikost návrhové a kontrolní povodně .....	26
Tab. 11	Tabelární řešení úlohy typu $P = F_2(O_p, V_z)$ [3] .....	31
Tab. 12	Hodnoty funkčních prostor při různé úrovni hrany bezpečnostního přelivu $H_{přel.hr.}$ .....	44
Tab. 13	Průběh nalepšeného odtoku během roku .....	46
Tab. 14	Zabezpečení podle trvání při $O_p \neq konst.$ .....	46
Tab. 15	Zabezpečení podle dodávky vody při $O_p \neq konst.$ .....	46
Tab. 16	Procentuální zastoupení součinitele $\alpha$ .....	47
Tab. 17	Závlaha jádřovin pro $V_{z\_skut}$ .....	48
Tab. 18	Závlaha jádřovin pro $V_{z\_1}$ .....	49
Tab. 19	Závlaha jádřovin pro $V_{z\_2}$ .....	49
Tab. 20	Závlaha jádřovin pro $V_{z\_3}$ .....	49
Tab. 21	Závlaha jádřovin pro $V_{z\_4}$ .....	50
Tab. 22	Max. odběry pro závlahu jádřovin při $V_{z\_skut}$ .....	50
Tab. 23	Závlaha peckovin pro $V_{z\_skut}$ .....	51
Tab. 24	Závlaha peckovin pro $V_{z\_1}$ .....	52
Tab. 25	Závlaha peckovin pro $V_{z\_2}$ .....	52
Tab. 26	Závlaha peckovin pro $V_{z\_3}$ .....	53
Tab. 27	Závlaha peckovin pro $V_{z\_4}$ .....	53
Tab. 28	Max. odběry pro závlahu peckovin při $V_{z\_skut}$ .....	54
Tab. 29	Závlaha zahrad pro $V_{z\_skut}$ .....	55
Tab. 30	Závlaha zahrad pro $V_{z\_1}$ .....	55
Tab. 31	Závlaha zahrad pro $V_{z\_2}$ .....	56

<b>Tab. 32</b> Závlaha zahrad pro $V_{z,3}$ .....	56
<b>Tab. 33</b> Závlaha zahrad pro $V_{z,4}$ .....	56
<b>Tab. 34</b> Max. odběry pro závlahu zahrad při $V_{z\_skut}$ .....	56
<b>Tab. 35</b> Závlaha chmelnic pro $V_{z,1}$ .....	57
<b>Tab. 36</b> Závlaha chmelnic pro $V_{z,2}$ .....	58
<b>Tab. 37</b> Závlaha chmelnic pro $V_{z\_skut}$ .....	58
<b>Tab. 38</b> Závlaha chmelnic pro $V_{z,3}$ .....	59
<b>Tab. 39</b> Závlaha chmelnic pro $V_{z,4}$ .....	59
<b>Tab. 40</b> Max. odběry pro závlahu chmelnic při $V_{z\_skut}$ .....	60
<b>Tab. 41</b> Závlaha cukrové řepy pro $V_{z,1}$ .....	61
<b>Tab. 42</b> Závlaha cukrové řepy pro $V_{z,2}$ .....	61
<b>Tab. 43</b> Max. odběry pro závlahu cukrové řepy při $V_{z\_skut}$ .....	62
<b>Tab. 44</b> Závlaha cukrové řepy pro $V_{z,3}$ .....	62
<b>Tab. 45</b> Závlaha cukrové řepy pro $V_{z,4}$ .....	63
<b>Tab. 46</b> Závlaha cukrové řepy pro $V_{z\_skut}$ .....	63
<b>Tab. 47</b> Transformace stoleté povodně, při změně délky přelivné hrany, uzavřené výpusti	66
<b>Tab. 48</b> Transformace stoleté povodně, při změně délky přelivné hrany, otevřené výpusti	66
<b>Tab. 49</b> Transformace tisícileté povodně, při změně délky přelivné hrany, otevřená jedna výpust .....	67
<b>Tab. 50</b> Transformace tisícileté povodně, při změně délky přelivné hrany, otevřené výpusti .....	67
<b>Tab. 51</b> Transformace $Q_{100}$ , Tršice uzavřené výpusti .....	69
<b>Tab. 52</b> Transformace $Q_{100}$ , Tršice otevřené výpusti .....	70
<b>Tab. 53</b> Transformace $Q_{1000}$ v Zámeckém rybníku .....	71
<b>Tab. 54</b> Výsledky $Q_{max}$ a $H_{max}$ pro různé varianty odlehčení.....	73
<b>Tab. 55</b> Výsledky $Q_{max}$ a $H_{max}$ pro různé varianty odlehčení, otevřené výpusti rybníku Farganík .....	73
<b>Tab. 56</b> Výsledky $Q_{max}$ a $H_{max}$ pro různé varianty odlehčení, uzavřené výpusti rybníku Farganík .....	74
<b>Tab. 57</b> Výsledky $Q_{max}$ a $H_{max}$ pro různé varianty odlehčení, otevřené výpusti rybníku Farganík .....	75
<b>Tab. 58</b> % otevření výpustí Zámeckého rybníku při $Q_{20}$ .....	75
<b>Tab. 59</b> Průběh transformace při $Q_{20}$ .....	75

<b>Tab. 60</b> % otevření výpustí Zámeckého rybníku při $Q_{50}$ .....	76
<b>Tab. 61</b> Průběh transformace při $Q_{50}$ .....	76
<b>Tab. 62</b> Hodnoty $O_p$ a $O_{zavl.}$ při různém druhu zavlažované plodiny .....	77
<b>Tab. 63</b> Velikosti transformačního účinku kaskády .....	78

## 17 SEZNAM PŘÍLOH ULOŽENÝCH NA CD

### 17.1 ZMĚNA DÉLKY PŘLIVNÉ HRANY

#### 17.1.1 Transformace $Q_{100}$

##### 17.1.1.1 Transformace při uzavřených výpustech

###### Hydrogramy transformace

01	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
02	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
03	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
04	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
05	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
06	$L_{\text{přel.hran}} = 14 \text{ m}$
07	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
08	$L_{\text{přel.hran}} = 12 \text{ m}$
09	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

###### Vodní stavy

10	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
11	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
12	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
13	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
14	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
15	$L_{\text{přel.hran}} = 14 \text{ m}$
16	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
17	$L_{\text{přel.hran}} = 12 \text{ m}$
18	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

##### 17.1.1.2 Transformace při otevřených výpustech

###### Hydrogramy transformace

19	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
20	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
21	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
22	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
23	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
24	$L_{\text{přel.hran}} = 14 \text{ m}$
25	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
26	$L_{\text{přel.hran}} = 12 \text{ m}$
27	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

## Vodní stavy

28	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
29	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
30	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
31	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
32	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
33	$L_{\text{přel.hran}} = 14 \text{ m}$
34	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
35	$L_{\text{přel.hran}} = 12 \text{ m}$
36	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

## 17.1.2 Transformace $Q_{1000}$

### 17.1.2.1 Transformace při uzavřených výpustech

#### Hydrogramy transformace

37	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
38	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
39	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
40	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
41	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
42	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
43	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

## Vodní stavy

44	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
45	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
46	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
47	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
48	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
49	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
50	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

### 17.1.2.2 Transformace při otevřených výpustech

#### Hydrogramy transformace

51	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
52	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
53	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
54	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
55	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
56	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
57	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

## Vodní stavy

58	$L_{\text{přel.hran}} = 22 \text{ m}$
59	$L_{\text{přel.hran}} = 20 \text{ m}$
60	$L_{\text{přel.hran}} = 18 \text{ m}$
61	$L_{\text{přel.hran}} = 16 \text{ m}$
62	$L_{\text{přel.hran}} = 15 \text{ m}$
63	$L_{\text{přel.hran}} = 13 \text{ m}$
64	$L_{\text{přel.hran}} = 11 \text{ m}$

## 17.2 TRANSFORMACE POVODNĚ NÁDRŽÍ TRŠICE A ZÁMECKÝM RYBNÍKEM

### 17.2.1 Transformace $Q_{100}$

#### 17.2.1.1 Transformace při uzavřených výpustech

##### Hydrogramy transformace

65	Otevření stavidel 25 %
66	Otevření stavidel 50 %
67	Otevření stavidel 75 %
68	Otevření stavidel 80 %
69	Otevření stavidel 85 %
70	Otevření stavidel 87 %
71	Otevření stavidel 89 %
72	Otevření stavidel 90 %
73	Otevření stavidel 95 %
74	Otevření stavidel 100 %

##### Vodní stavy v Zámeckém rybníku

75	Otevření stavidel 25 %
76	Otevření stavidel 50 %
77	Otevření stavidel 75 %
78	Otevření stavidel 80 %
79	Otevření stavidel 85 %
80	Otevření stavidel 87 %
81	Otevření stavidel 89 %
82	Otevření stavidel 90 %
83	Otevření stavidel 95 %
84	Otevření stavidel 100 %

### **17.2.1.2 Transformace při otevřených výpustech**

#### **Hydrogramy transformace**

85	Otevření stavidel 25 %
86	Otevření stavidel 50 %
87	Otevření stavidel 75 %
88	Otevření stavidel 80 %
89	Otevření stavidel 85 %
90	Otevření stavidel 87 %
91	Otevření stavidel 89 %
92	Otevření stavidel 90 %
93	Otevření stavidel 95 %
94	Otevření stavidel 100 %

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

95	Otevření stavidel 25 %
96	Otevření stavidel 50 %
97	Otevření stavidel 75 %
98	Otevření stavidel 80 %
99	Otevření stavidel 85 %
100	Otevření stavidel 87 %
101	Otevření stavidel 89 %
102	Otevření stavidel 90 %
103	Otevření stavidel 95 %
104	Otevření stavidel 100 %

### **17.2.2 Transformace $Q_{1000}$**

#### **17.2.2.1 Transformace při uzavřených výpustech**

#### **Hydrogramy transformace**

105	Otevření stavidel 0 %
106	Otevření stavidel 25 %
107	Otevření stavidel 50 %
108	Otevření stavidel 75 %
109	Otevření stavidel 90 %
110	Otevření stavidel 95 %
111	Otevření stavidel 100 %

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

112	Otevření stavidel 0 %
113	Otevření stavidel 25 %
114	Otevření stavidel 50 %
115	Otevření stavidel 75 %
116	Otevření stavidel 90 %



- 117 Otevření stavidel 95 %
- 118 Otevření stavidel 100 %

### **17.2.2 Transformace při otevřených výpustech**

#### **Hydrogramy transformace**

- 119 Otevření stavidel 0 %
- 120 Otevření stavidel 25 %
- 121 Otevření stavidel 50 %
- 122 Otevření stavidel 75 %
- 123 Otevření stavidel 100 %

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

- 124 Otevření stavidel 0 %
- 125 Otevření stavidel 25 %
- 126 Otevření stavidel 50 %
- 127 Otevření stavidel 75 %
- 128 Otevření stavidel 100 %

### **17.2.3 Transformace $Q_{20}$**

#### **Hydrogramy transformace**

- 217 Otevření stavidel 68 %
- 218 Otevření stavidel 70 %

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

- 219 Otevření stavidel 65 %
- 220 Otevření stavidel 68 %
- 221 Otevření stavidel 70 %

### **17.2.4 Transformace $Q_{50}$**

#### **Hydrogramy transformace**

- 222 Otevření stavidel 79 %
- 223 Otevření stavidel 80 %

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

- 224 Otevření stavidel 79 %
- 225 Otevření stavidel 80 %

## **17.3 TRANSFORMACE POVODNĚ NÁDRŽÍ TRŠICE, RYBNÍKEM FARGANÍK A ZÁMECKÝM RYBNÍKEM**

### **17.3.1 Transformace $Q_{100}$**

#### **17.3.1.1 Transformace při uzavřených výpustech**

##### **Hydrogramy transformace**

129	Varianta 1
130	Varianta 2
131	Varianta 3
132	Varianta 4
133	Varianta 5
134	Varianta 6
135	Varianta 7
136	Varianta 8
137	Varianta 9
138	Varianta 10
139	Varianta 11
140	Varianta 12
141	Varianta 13

##### **Vodní stavy v rybníku Farganík**

142	Varianta 1
143	Varianta 2
144	Varianta 3
145	Varianta 5
146	Varianta 6
147	Varianta 7
148	Varianta 8
149	Varianta 9
150	Varianta 10
151	Varianta 11
152	Varianta 12
153	Varianta 13

##### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

154	Varianta 1
155	Varianta 2
156	Varianta 3
157	Varianta 10
158	Varianta 11
159	Varianta 12
160	Varianta 13

### **17.3.1.2 Transformace při otevřených výpustech**

#### **Hydrogramy transformace**

161	Varianta 1
162	Varianta 2
163	Varianta 3
164	Varianta 4
165	Varianta 5
166	Varianta 6
167	Varianta 7

#### **Vodní stavy v rybníku Farganík**

168	Varianta 1
169	Varianta 2
170	Varianta 3
171	Varianta 4
172	Varianta 5
173	Varianta 6
174	Varianta 7

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

175	Varianta 1
176	Varianta 2
177	Varianta 3
178	Varianta 4
179	Varianta 5
180	Varianta 6
181	Varianta 7

### **17.3.2 Transformace $Q_{1000}$**

#### **17.3.2.1 Transformace při uzavřených výpustech**

#### **Hydrogramy transformace**

182	Varianta 1
183	Varianta 2
184	Varianta 3
185	Varianta 4
186	Varianta 5
187	Varianta 6
188	Varianta 7
189	Varianta 8
190	Varianta 9
191	Varianta 10

### **Vodní stavy v rybníku Farganík**

192	Varianta 1
193	Varianta 2
194	Varianta 3
195	Varianta 4
196	Varianta 5
197	Varianta 6
198	Varianta 7
199	Varianta 8
200	Varianta 9
201	Varianta 10

### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

202	Varianta 1
203	Varianta 2
204	Varianta 8

## **17.3.2.2 Transformace při otevřených výpustech**

### **Hydrogramy transformace**

205	Varianta 1
206	Varianta 2
207	Varianta 3
208	Varianta 4
209	Varianta 5

### **Vodní stavy v rybníku Farganík**

210	Varianta 1
211	Varianta 2
212	Varianta 3
213	Varianta 4
214	Varianta 5

### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

215	Varianta 4
216	Varianta 5

### **17.3.3 Transformace $Q_{20}$**

#### **Hydrogramy transformace**

226 Varianta 2

227 Varianta 4

#### **Vodní stavy v rybníku Farganík**

228 Varianta 2

229 Varianta 4

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

230 Varianta 2

231 Varianta 4

### **17.3.4 Transformace $Q_{20}$**

#### **Hydrogramy transformace**

232 Varianta 1

233 Varianta 3

#### **Vodní stavy v rybníku Farganík**

234 Varianta 1

235 Varianta 3

#### **Vodní stavy v Zámeckém rybníku**

236 Varianta 1

237 Varianta 3

## **17.4 TRANSFORMACE POVODNĚ NÁDRŽÍ TRŠICE**

### **17.4.1 Transformace $Q_{20}$**

238 Hydrogram transformace

239 Vodní stav v nádrži Tršice

### **17.4.2 Transformace $Q_{50}$**

240 Hydrogram transformace

241 Vodní stav v nádrži Tršice