

Souhrnná výzkumná zpráva

**Řešení rybníků a malých vodních nádrží z hlediska
možnosti dodržování minimálních zůstatkových průtoků
a bezpečnosti při povodních**

Prosinec 2023

Titulní strana

Výzkumný úkol: Projekt TAČR SS03010230 – Řešení rybníků a malých vodních nádrží z hlediska možnosti dodržování MZP a bezpečnosti při povodních

Veřejná soutěž - program: Prostředí pro život 3

Zadavatel: Technologická agentura České republiky
Evropská 1692/37
160 00
Praha 6

Program **Prostředí pro život**

Aplikační garant: Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 1442/65
100 10
Praha 10

Ministerstvo životního prostředí

Krajský úřad Jihočeského kraje
Odbor životního prostředí, zemědělství a lesnictví
U zimního stadionu 1952/2
370 76 České Budějovice

Řešitelé projektu: Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v. v. i.
Podbabská 2582/30
160 00
Praha 6



VODNÍ DÍLA - TBD, a.s.
Hyberská 1617/40
110 00
Praha 1



Zahájení a ukončení projektu: 2021 – 2023

Řešitelský tým: Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v. v. i.

Ing. Veronika Táboříková

Ing. Barbora Krijt

Ing. Petr Sklenář, Ph.D.

Ing. Jan Hlom

Ing. Jiří Procházka, Ph.D.

Ing. Pavel Balvín Ph.D.

Ing. Zdeněk Bagal

VODNÍ DÍLA - TBD, a.s.

Ing. Ondřej Švarc

Ing. Stanislav Plecický

Ing. Pavel Pána

Ing. Vítězslav Pytelka

Ing. Pavel Balvín Ph.D.

Ing. Jiří Koťátko

Ing. Iva Lovětínská

Ing. Dan Vrba

Vladimír Ptáček

Markéta Hofmanová

Obsah

1. Předmluva	6
2. Úvod	7
2.1. Všeobecně o projektu a způsobu řešení	7
2.2. Související termíny a definice	8
2.3. Seznam zkratk	10
3. Současný přístup k řešené problematice	12
3.1. Problematika stanovení minimálních zůstatkových průtoků	12
3.1.1. Současně platný přístup	12
3.1.2. Navrhovaný metodický přístup v návrhu Nařízení vlády ČR	13
3.1.3. Minimální zůstatkový průtok - malé vodní nádrže	15
3.2. Problematika posouzení bezpečnosti při povodních	16
4. Metodický přístup k řešeným problematikám	18
4.1. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků	18
4.1.1. Vstupní parametry	19
4.1.2. Stanovení minimálního zůstatkového průtoku	19
4.1.3. Metodický přístup – minimální zůstatkové průtoky u MVN	21
4.2. Posouzení bezpečnosti při povodních	27
4.2.1. Specifika vybraného souboru VD z hlediska posuzování bezpečnosti při povodních	27
4.2.2. Zásady zpracování posudku podle ČSN 75 2935	28
4.2.3. Skladba a obsah posudku	29
4.2.4. Metodický přístup k vypracování posudku v rámci řešeného úkolu	29
4.2.5. Metodika zpracování hydrologických podkladů pro posudky bezpečnosti VD	35
5. Popis pilotních lokalit	37
5.1. Popis pilotních lokalit	37
5.2. Zdroje vstupních dat o pilotních lokalitách	43
5.3. Terénní průzkum	44
5.4. Databáze pilotních lokalit a mapa pilotních lokalit	46
6. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na pilotních lokalitách	47
6.1. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na pilotních lokalitách	47
6.2. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků – aplikace MAVONA	57

6.3.	Posouzení minimálních zůstatkových průtoků - ztráty	67
6.4.	Monitoring na Nesvačilském rybníce	69
7.	Posouzení bezpečnosti při povodni na pilotních lokalitách.....	76
8.	Vyhodnocení dosažených výsledků	79
8.1.	Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na MVN.....	79
8.2.	Posouzení bezpečnosti MVN při povodních	86
9.	Navrhované metodické řešení	92
9.1.	Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na MVN.....	92
9.1.1.	Vstupní parametry.....	92
9.1.2.	Doporučení	92
9.2.	Posouzení bezpečnosti MVN při povodních.....	95
9.2.1.	Průvodce vypracováním posudku podle ČSN 75 2935 pro historická VD.....	95
9.2.2.	Náměty na aktualizaci norem.....	103
9.2.3.	Posouzení stability hráze	103
10.	Použitá literatura	105
11.	Přílohy – seznam	107

1. Předmluva

V druhé polovině 20. století a začátkem 21. století se vyskytla na území České republiky řada významných povodňových událostí. Zároveň v posledních deseti letech zasáhlo celé území České republiky dlouhodobé sucho. V kontextu proběhlých událostí vyvstaly otázky, jak malé vodní nádrže a rybníky mohou těmto klimatickým podmínkám čelit. I v budoucnosti lze s ohledem na nedávnou historii klimatických poměrů na území České republiky očekávat střídání hydrologických extrémů v podobě sucha a povodní. Hydrologické extrémy se mohou vyskytnout samostatně nebo se navzájem doprovázet, kupříkladu v období sucha přijdou přivalové deště. V souvislosti s vývojem klimatických poměrů budou pak vodní díla, ať už historická, současná nebo nově budovaná, vystavena právě těmto dvěma hydrologickým extrémům, ve kterých musí obstát a zároveň plnit svůj původní účel. Při provozování rybníků a malých vodních nádrží je na jedné straně zdůrazňováno hledisko sucha a možnosti dodržování minimálních zůstatkových průtoků a na straně druhé hledisko bezpečného převedení povodňových průtoků. Avšak v současné době mají stávající rybníky a MVN řadu nedostatků, kdy nejsou obě funkce schopny zcela plnit.

Hlavním cílem řešeného projektu bylo posoudit možnosti rybníků, rybníčních soustav a malých vodních nádrží s ohledem na dodržování minimálních zůstatkových průtoků v období sucha a na zajištění bezpečného převedení kontrolních povodňových průtoků. Výzkumný projekt se zabýval dvěma různými extrémními hydrologickými jevy, kdy se jejich posouzení řešilo nezávisle na sobě.

Projekt byl řešen v letech 2021 až 2023. Řešením projektu byly pověřeny Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i. a VODNÍ DÍLA – TBD, a.s. Projekt *Řešení rybníků a malých vodních nádrží z hlediska možnosti dodržování MZP a bezpečnosti při povodních (SS03010230)* je spolufinancován TAČR v rámci programu Prostředí pro život 3. Aplikačními garanty projektu jsou Ministerstvo životního prostředí a Jihočeský kraj.

V Praze 2023

Kolektiv autorů

2. Úvod

2.1. Všeobecně o projektu a způsobu řešení

Cílem řešeného projektu bylo posoudit možnosti rybníků, rybníčních soustav a malých vodních nádrží s ohledem na dodržování minimálních zůstatkových průtoků v období sucha a na zajištění bezpečného převedení kontrolních povodňových průtoků. Řešený výzkumný projekt se zabýval dvěma rozdílnými extrémními hydrologickými jevy, kdy se jejich posouzení řešilo nezávisle na sobě.

V České republice se nachází nespočet rybníků a malých vodních nádrží. V poslední době propagace malých vodních nádrží jako nástroje boje proti suchu neustále sílí. Je nepochybně pravdou, že akumulace vody v krajině je vhodný nástroj boje proti suchu. Je však třeba nastavit jasná pravidla a kritéria, aby působení vodních děl nebylo v konečném důsledku spíše negativní. Projekt se zabýval reálnými a technicky proveditelnými možnostmi rybníků a malých vodních nádrží s ohledem na zajištění minimálních zůstatkových průtoků pod vodním dílem. Přihlíženo bylo především na hydrologickou bilanci možnosti vodního díla a technické řešení výpustných objektů. Druhou řešenou problematikou bylo posouzení zabezpečení stávajících rybníků a malých vodních nádrží z hlediska převedení povodňových průtoků, a to dle ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti VD při povodních.

Důležitým výstupem projektu je zpracování souhrnné výzkumné zprávy ve formě metodiky. Dokument by měl sloužit nejen vodoprávním úřadům, ale i dalším zájemcům, jako rozhodovací a kontrolní nástroj, který mapuje rizikové prvky rybníků a malých vodních nádrží z hlediska bezpečnosti při povodních a zároveň poskytuje konkrétní způsoby řešení. Dokument by měl rovněž poskytnout doporučení, jak posuzovat dodržování minimálních zůstatkových průtoků na rybnících a malých vodních nádrží. Dalším výstupem projektu kromě souhrnné výzkumné zprávy je databáze pilotních lokalit, mapa pilotních lokalit a uspořádání konference za účelem seznámení veřejnosti s výsledky projektu.

2.2. Související termíny a definice

Bezpečnost je vlastnost systému (např. objektu) neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. Kvantifikátorem je stupeň bezpečnosti. (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9)

Doba opakování je počet let, v jejichž průběhu bývá hodnota hydrologického prvku (např. kulminačního průtoku) průměrně jedenkrát dosažena nebo překročena. (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9; ČSN 75 1400)

Kontrolní povodňová vlna (KPV) je průtoková vlna určená kulminačním průtokem se zvolenou pravděpodobností překročení, objemem a časovým průběhem. (ČSN 75 2935)

Kontrolní maximální hladina (KMH) je maximální hladina v nádrži při zvolených předpokladech a podmínkách převedení kontrolní povodňové vlny (KPV) přes vodní dílo. (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9; ČSN 75 2935)

Mezní bezpečná hladina (MBH) je úroveň hladiny v nádrži, při jejímž překročení nastává aktuální nebezpečí poruchy a havárie vodního díla. (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9; ČSN 75 2935)

Technickobezpečnostní dohled (TBD) je zjišťování technického stavu vodních děl sloužících ke vzdouvání nebo zadržování vody, a to z hlediska bezpečnosti, stability a možných příčin jejich poruchy. (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9; zákon 254/2001 Sb.)

Kategorizace určeného vodního díla je rozdělení určených vodních děl do kategorií z hlediska TBD. Základním hlediskem je odstupňování podle klasifikace škod, k nimž by došlo, kdyby se vzdouvací konstrukce určeného vodního díla protrhla při plném vzduť vody. Vodní díla, která nepodléhají výkonu technickobezpečnostního dohledu a není u nich tudíž stanovena kategorie z hlediska TBD, jsou (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9; zákon č. 254/2001 Sb.; vyhláška č. 471/2001 Sb.):

- příčné stavby v korytech vodních toků a přilehlých územích, jejichž vzdouvací konstrukce má výšku od paty po korunu menší než 1 m a celkový objem vzduť vody nepřesahuje 1000 m³,
- pevné a nepohyblivé příčné vzdouvací stavby v korytech vodních toků, jejichž pevná přelivná hrana je převýšena nade dnem v podjezí o méně než 1,5 m,
- nádrže (zcela zahloubené v zemi bez vzdouvacího prvku), tůň, laguny, slepá ramena, vodovodní řady a vodojemy, kanalizační sítě a rekreační bazény.

Posudek je posouzení bezpečnosti vodního díla při povodni podle ČSN 75 2935.

Vodní dílo (VD) je stavba, která slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami a ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným zákonem. (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 9; zákon č. 254 / 2001 Sb.)

Malá vodní nádrž je vodní nádrž s objemem do 2 mil. m³ a největší hloubkou 9 m. Podle funkce se dělí malé vodní nádrže na zásobní nádrže, ochranné nádrže, čistící nádrže, rybochovné nádrže, hospodářské nádrže, krajnotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě, speciální účelové nádrže, asanační nádrže a rekreační nádrže. Malé vodní nádrže se dělí podle polohy vůči toku na průtočné a neprůtočné. (ČSN 75 2410)

Rybník je umělá vypustitelná nádrž s přirozeným dnem sloužící především k chovu ryb, případně viz ČSN 46 6800. (ČSN 75 0120)

Povodeň ve vztahu ke vzniku povodňových škod je definována jako přechodné výrazné zvýšení hladiny ve vodních tocích nebo jiných povrchových vodách (nádržích), při kterém již voda zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Rozlišuje se povodeň (Říha, Sedláček, Smrž, a kol., 2014, s. 10; ČSN 75 0120):

- přirozená, která může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů,
- zvláštní (ZPV) je průtoková vlna způsobená umělými vlivy. To jsou situace, které mohou nastat při stavbě nebo provozu vodních děl, která vzdouvají nebo mohou vzdouvat vodu, zejména při:
 - narušení vzdouvacího prvku VD, označení zvláštní povodeň typu 1 (ZPV1),
 - poruše hradicích konstrukcí a uzávěrů bezpečnostních nebo vypustných zařízení vodních děl, označení zvláštní povodeň typu 2 (ZPV2),
 - nouzovém řešení kritických situací z hlediska bezpečnosti VD – řízené havarijní vypouštění nádrže, označení zvláštní povodeň typu 3 (ZPV3)

Minimální zůstatkový průtok (MZP) je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku a zohledňuje možnosti rekreační plavby. Minimální zůstatkový průtok stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami. (zákon č. 254/2001 Sb.)

Průtok m – denní označuje průměrný denní průtok, který je dosažen nebo překročen po dobu m – dní v roce (v daném profilu toku).

Průtok N – letý označuje průtok, který je dosažen nebo překročen v průměru jednou za N let (v daném profilu toku).

Funkční objekt je stavební objekt s umístěným funkčním zařízením, který představuje soubor konstrukcí a mechanismů sloužících k manipulaci s hladinou, k odběru a k vypouštění vody. (ČSN 75 0120). Funkční objekty zahrnují například vypustná zařízení, bezpečnostní přelivy, nouzové přelivy, odběrová zařízení, sdružené objekty nebo speciální objekty. (ČSN 75 2410)

Číslo hydrologického pořadí je osmiciferné číslo označuje mezinárodní oblasti povodí a jejich dílčí části kombinací čísel oddělených pomlčkou A – BB – CC – DDD, kde A je příslušnost do mezinárodní oblasti povodí hlavního toku I. řádu, B je příslušnost do dílčího povodí hlavního toku, C je hydrologické pořadí dalšího dělení dílčích povodí a D je hydrologické pořadí detailních plošek povodí v rámci dílčích ploch povodí. (vyhláška č. 393/2010 Sb.; Ruda, 2014)

2.3. Seznam zkratk

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČVUT FSv	Fakulta stavební Českého vysokého učení technického
MBH	mezní bezpečná hladina
MP	metodický pokyn Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích z roku 1998
MŘ	manipulační řád
MVN	malá vodní nádrž
MZe	Ministerstvo zemědělství České republiky
MZP	minimální zůstatkový průtok
MZP NV	minimální zůstatkový průtok stanovený podle návrhu Nařízení vlády České republiky o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2019
MZP MP	minimální zůstatkový průtok stanovený podle metodického pokynu Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích z roku 1998
MŽP	Ministerstvo životního prostředí České republiky
KMH	kontrolní maximální hladina
KPV	kontrolní povodňová vlna
NV	návrh Nařízení vlády ČR o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2019
ORP	obec s rozšířenou působností
posudek	posouzení bezpečnosti vodního díla při povodni podle ČSN 75 2935
Q _{330d} , Q ₃₃₀	m – denní průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 330 dní v roce
Q _{355d} , Q ₃₅₅	m – denní průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 355 dní v roce
Q _{364d} , Q ₃₆₄	m – denní průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 364 dní v roce

TAČR	Technologická agentura České republiky
TBD	Technickobezpečnostní dohled
VD	vodní dílo
VUT	Vysoké učení technické v Brně
VÚV TGM, v.v.i.	účastník projektu Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
VD – TBD, a.s.	účastník projektu VODNÍ DÍLA – TBD, a.s.

3. Současný přístup k řešené problematice

Kapitola stručně popisuje současné přístupy k řešené problematice posouzení malých vodních nádrží, rybníčních soustav a rybníků s ohledem na možnost dodržování minimálních zůstatkových průtoků a na zajištění bezpečného převedení kontrolních povodňových průtoků. Zdrojem informací je v první řadě současně platná legislativa České republiky, dále neopominutelným zdrojem jsou i zkušenosti a znalosti samotných řešitelů v dané problematice.

3.1. Problematika stanovení minimálních zůstatkových průtoků

3.1.1. Současně platný přístup

V aktuálním znění zákona č. 254 / 2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (tzv. vodní zákon) se v paragrafu §36 definuje minimální zůstatkový průtok (MZP) k roku 2024 následovně:

Zákon č. 254 / 2001 Sb. - § 36

(1) Minimálním zůstatkovým průtokem je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku a zohledňuje možnosti rekreační plavby.

(2) Minimální zůstatkový průtok stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami. Vodoprávní úřad přitom přihledne k podmínkám vodního toku a možnostem rekreační plavby, charakteru nakládání s vodami a vychází z opatření k dosažení cílů ochrany vod přijatých v plánu povodí podle § 26. Dále stanoví místo a způsob měření minimálního zůstatkového průtoku a četnost předkládání výsledků těchto měření vodoprávnímu úřadu.

(3) Způsob a kritéria stanovení minimálního zůstatkového průtoku podle odstavce 2 stanoví vláda nařízením.

Z příslušného vodního zákona vyplývá, že MZP stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami a zároveň že způsob a kritéria stanovení MZP stanoví vláda nařízením. V roce 2019 proběhlo meziresortní řízení pro předběžný návrh Nařízení vlády České republiky o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového s rozporem - tedy se zásadními připomínkami. Zákon není v tomto kontextu zcela doposud naplněn, jelikož požadované Nařízení vlády ČR nebylo schváleno. V problematice stanovení MZP dochází k přirozenému střetu zájmů dotčených subjektů, například ochranou přírody nebo nakládáním s vodami, kdy nalezení kompromisního řešení není snadné. Vodoprávní úřady v současné době nedisponují závaznou dokumentací stanovující způsob a kritéria stanovení MZP v souladu s daným zákonem.

V současnosti je k dispozici platný metodický pokyn Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot MZP ve vodních tocích z roku 1998 (dále metodický pokyn MŽP, event. MP). Dle metodického pokynu MŽP se hodnota MZP stanoví na základě směrných hodnot MZP, které jsou uvedeny v tabulce 3.1, s ohledem na hodnotu průtoku Q_{355} za podmínek uvedených v metodickém pokynu MŽP.

Tabulka 3.1 – Směrné hodnoty MZP

(Metodický pokyn Odboru ochrany vod MŽP ke stanovení hodnot MZP ve vodních tocích, r. 1998)

Průtok Q_{355}	Minimální zůstatkový průtok (MZP)
m^3/s	m^3/s
< 0,05	Q_{330d}
0,05 – 0,5	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \times 0,5$
0,51 – 5,0	Q_{355d}
> 5,0	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \times 0,5$

Pozn. vysvětlení parametrů v tabulce

Q_{364d} průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 364 dní v roce ($m^3 \cdot s^{-1}$)

Q_{355d} průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 355 dní v roce ($m^3 \cdot s^{-1}$)

Q_{330d} průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 330 dní v roce ($m^3 \cdot s^{-1}$)

MZP minimální zůstatkový průtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)

Přístup stanovení MZP dle metodického pokynu MŽP lze zařadit mezi hydrologické metody. Je vhodné zmínit, že k neprospěchu metodického pokynu MŽP přispívá tvrzení, že tabulka směrných hodnot MZP byla původně určena pro potřeby ředění odpadních vod pod čistírnami odpadních vod, nikoliv pro stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků na vodních tocích (Balvín a Vizina, 2018). Směrné hodnoty MZP představují přibližný hrubý odhad s přípustnou flexibilitou. Rovněž směrné hodnoty nikterak nezohledňují sezónní hydrologický režim (Balvín a Vizina, 2018).

Po novelizaci vodního zákona v roce 2010 Ministerstvo životního prostředí pověřilo Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. přehodnotit dosavadní přístup ke stanovení MZP dle metodického pokynu MŽP z roku 1998 a případně implementovat nové požadavky do přístupu stanovení MZP (Balvín a Vizina, 2018). Navrhovaný metodický přístup sloužil jako podklad pro předběžný návrh Nařízení vlády ČR o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2019.

3.1.2. Navrhovaný metodický přístup v návrhu Nařízení vlády ČR

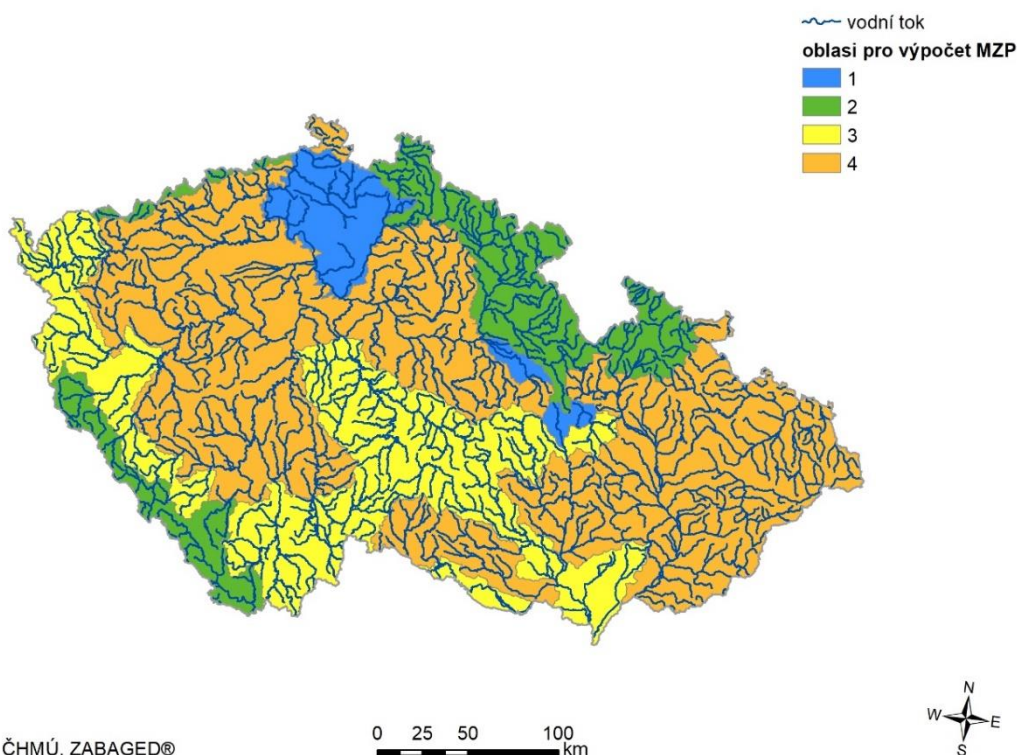
Pro porovnání se stručně popisuje navrhovaný metodický přístup jako podkladu pro návrh Nařízení vlády ČR o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2019 (dále návrh Nařízení vlády ČR, event. NV). Jelikož nebyl návrh Nařízení vlády ČR doposud schválen, není navrhovaný metodický přístup nikterak závazný. Projekt pro účely výzkumu čerpá z návrhu Nařízení vlády ČR.

Navrhovaný metodický přístup v návrhu Nařízení vlády ČR doporučuje regionálně rozdělit území České republiky do čtyř oblastí. Regionální rozdělení zohledňuje nejen hranice povodí,

ale i odlišné hydrologicko-geologické charakteristiky území (Balvín a Vizina, 2018). Navrhovaná regionalizace vychází z parametru K_{99} , definovaného jako poměr mezi průměrným denním průtokem Q_{99} v profilu vodního toku s pravděpodobností překročení 99 % během referenčního období a hodnotou dlouhodobého průtoku Q_a za stejné období (Balvín a Vizina, 2018). Regionalizace území České republiky je znázorněna na obrázku 3.1 a jednotlivé oblasti regionálního rozdělení jsou blíže popsány v tabulce 3.2.

Tabulka 3.2 – Charakteristika oblastí regionálního rozdělení České republiky (Balvína a Vizina, 2018)

Oblast	Charakteristika	Parametr
1	Tvoří povodí křídových sedimentů, která představují drenážní báze a kde základní odtok, tj. odtok ze zásob podzemních vod, tvoří podstatnou část celkového odtoku.	$K_{99} > 0,18$
2	Tvoří horská povodí, která jsou rovněž relativně vodná. Vyrovnaný charakter odtoku je zde dán především vysokými srážkami.	$K_{99} > 0,15$
3	Patří sem povodí tvořená převážně krystalinickými strukturami, která se nacházejí především v podhorských oblastech. Vzhledem k nižší nadmořské výšce zde dochází k dřívějšímu nástupu období jarního tání. Také srážky jsou zde nižší než u oblasti 1.	$0,15 > K_{99} > 0,10$
4	Tvoří povodí vyznačující se výrazně nevyrovnaným režimem průtoků během roku.	$0,1 > K_{99}$



Obr. 3.1 – Regionální rozdělení České republiky

Zájmové povodí se na základě čísla hydrologického pořadí zatřídí do požadované oblasti. Hodnota MZP se stanoví podle vztahů uvedených v tabulce 3.3 pro dvě období - hlavní sezónu a jarní sezónu. Navrhovaný metodický přístup vymezuje další specifické podmínky, viz návrh Nařízení vlády ČR.

Tabulka 3.3 – Stručný postup stanovení MZP

Oblast	Hlavní sezóna (květen – leden)	Jarní sezóna (únor – duben)	Kompenzační součinitel
1	$MZP = \left(1 - \frac{Q_{355d}}{Q_a}\right) \times Q_{330d} \times K$	$MZP = Q_{330d}$	$K = 1,2$
2	$MZP = \left(1 - \frac{Q_{355d}}{Q_a}\right) \times Q_{330d} \times K$	$MZP = Q_{330d}$	$K = 1,1$
3	$MZP = \left(1 - \frac{Q_{355d}}{Q_a}\right) \times Q_{330d} \times K$	$MZP = Q_{330d}$	$K = 1,05$
4	$MZP = \left(1 - \frac{Q_{355d}}{Q_a}\right) \times Q_{330d} \times K$	$MZP = Q_{330d}$	$K = 1,07$

Pozn. vysvětlení parametrů v tabulce

Q_{355} průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 355 dní v roce ($m^3 \cdot s^{-1}$),

Q_a dlouhodobý průměrný roční průtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)

Q_{330} průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru 330 dní v roce ($m^3 \cdot s^{-1}$)

MZP minimální zůstatkový průtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)

K kompenzační součinitel

Navrhovaný metodický přístup zavádí do výpočtu více hydrologických charakteristik a doporučuje rozlišovat pro zohlednění hydrologické proměnlivosti během roku hodnoty MZP dle sezónnosti, tj. hlavní sezónu a jarní sezónu. Navrhovaný metodický přístup zohledňuje vyhodnocení dopadů na biologickou složku (Balvín a Vizina, 2018). Bližší informace o navrhovaném metodickém přístupu lze nalézt v návrhu Nařízení vlády ČR (viz Příloha E), případně i v jiné literatuře, například (Balvín a Vizina, 2018) nebo (Balvín, 2022).

3.1.3. Minimální zůstatkový průtok - malé vodní nádrže

Příslušný vodoprávní úřad stanoví hodnotu MZP v rámci povolení nakládání s vodami, která by se za uvedených podmínek měla na odtoku z nádrže vodního díla dodržovat.

V současnosti vodoprávní úřady nemají k dispozici závazné Nařízení vlády ČR stanovující způsob a kritéria stanovení MZP, jak ukládá vodní zákon č. 254/2001 Sb. V roce 2019 proběhlo meziresortní řízení pro předběžný návrh Nařízení vlády ČR s rozporem. Vodoprávní úřady disponují současně platným metodickým pokynem MŽP z roku 1998, který stanovuje MZP dle doporučených směrných hodnot.

3.2. Problematika posouzení bezpečnosti při povodních

Prověřování retenčních možností nádrží, kapacit bezpečnostních a vypustných zařízení a hodnocení rizik vyplývajících z nebezpečí přelití hrází při povodních má v České republice dlouholetou tradici.

Jedním z prvních podnětů zabývat se systematicky problematikou bezpečnosti VD při povodních byla statistika a analýza poruch významnějších přehrad, která byla v sedmdesátých letech minulého století vypracována v rámci pracovních výborů ustanovených pod mezinárodní přehradní komisí ICOLD. Závěry z této analýzy vydané pod názvem „Lessons from Dam Incidents“ ve dvou etapách (1973 a 1974 – 1981) ukázaly, že nejčastější příčiny závažných problémů a poruch u sypaných hrází jsou v oblasti kapacit a funkce pojistných zařízení (až 40 %), na druhém místě je vnitřní eroze hrází a podloží.

Zvyšování nároků na bezpečnost přehrad, doporučované od konce 80. let mezinárodní přehradní komisí ICOLD, bylo v ČR v té době obtížné realizovat zejména z důvodů absence relevantních hydrologických podkladů, jejichž tvorba vyžadovala zapojení odborného hydrologického pracoviště. Na základech rozsáhlého úkolu „Provozně technického rozvoje č. 622“, který byl za rok 1985 poctěn prestižní cenou akademika prof. Ježdíka, byla v roce 1987 vydána „Kritéria TBD pro posuzování rizika z přelití sypaných přehrad I. – IV. kategorie“. Od tohoto roku již probíhalo z pověření tehdejšího ústředního vodohospodářského orgánu (MLVH ČR) posuzování bezpečnosti VD při povodních programově podle uvedených kritérií a schválené metodiky. V roce 1995 byly zahájeny práce na grantovém projektu Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí č. 5, téma D, které později pokračovaly v rámci grantu PPŽP/510/7/96. Oba grantové projekty byly řešeny pod vedením společnosti VODNÍ DÍLA – TBD za spoluúčasti dalších odborných pracovišť (ČVUT FSv, VUT v Brně, VÚV TGM, ČHMÚ, Hydroprojekt Praha, Aquatis a další), z expertů uvádíme zejména Prof. Ing. Dr. L. Votrubu, DrSc., a Prof. Ing. Dr. V. Brožu, DrSc. V roce 1999 byl na základě výsledků těchto projektů vydán Odborem ochrany vod MŽP ČR „Metodický pokyn k posuzování bezpečnosti přehrad za povodní“, ve kterém již byla pro významná díla požadována doba opakování teoretické kontrolní povodně $N = 10\,000$ let. Tento metodický pokyn se stal základem pro všechny později vydané normy a vyhlášky s touto problematikou. Chronologicky seřazené jsou v následujícím přehledu:

- Vyhláška č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, (novelizace v roce 2010 vyhláškou 255/2010 Sb. a v roce 2021 vyhláškou 86/2021 Sb.)
- Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla (novelizace v roce 2005 vyhláškou 367/2005 Sb.),
- ČSN 75 2340 – Navrhování přehrad – hlavní parametry a vybavení vydána 02/2004, novelizace v roce 2013),
- TNV 75 2935 – Posuzování bezpečnosti VD při povodních, platnost od roku 2003 do roku 2014, kdy ji nahradila ČSN 75 2935,
- ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti VD při povodních, která v 01/2014 nahradila předchozí TNV 75 2935.

Na základě vyhodnocení povodně v červnu 2013 uložila vláda ČR usnesením 570/2014 ústředním vodoprávním úřadům (MŽP a MZe) věnovat se bezpečnosti vodních děl při povodních se zvýšenou péčí a prověřovat postupně i méně významná vodní díla IV., nejnižší, ale nejpočetnější kategorie, kterou tvoří malé vodní nádrže a rybníky s převážně menší plochou povodí. V ČR je jich v současné době přibližně 25 000. Zároveň toto vládní usnesení uložilo Ministerstvu zemědělství povinnost zavést evidenci posudků bezpečnosti při povodních VD I. II. III. kategorie a vybraných nejvýznamnějších vodních děl IV. kategorie, která jsou uvedena v příslušných seznamech na webových stránkách MZe.

V současné době Ministerstvo zemědělství dokončuje elektronickou verzi databáze technickobezpečnostního dohledu. Tato databáze bude obsahovat i údaje o zpracování posouzení bezpečnosti VD při povodních. Zejména „kdo a kdy“ posudek zpracoval a jestli je posuzované vodní dílo dostatečně zabezpečeno při povodních „vyhovuje nebo nevyhovuje“.

Bezpečnost VD při povodních se v ČR posuzuje výhradně podle ČSN 75 2935, která je na základě výkladu právních předpisů (viz kap. 4.2) závazná. Výsledkem aplikace této normy je Posudek bezpečnosti vodního díla při povodních. Posudek se vyhotovuje pro každý konstrukční typ hráze (sypané, naplavované, zděné, betonové, a kombinované) a týká se všech kategorií vodních děl ve smyslu vyhlášky č. 471/2001 Sb.

4. Metodický přístup k řešeným problematikám

Výzkumný projekt *Řešení rybníků a malých vodních nádrží z hlediska možnosti dodržování MZP a bezpečnosti při povodních* se zabýval posouzením dvou rozdílných témat – posouzením možnosti dodržování minimálních zůstatkových průtoků a posouzením bezpečnosti vodních děl při povodních.

4.1. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků

Rybníky a malé vodní nádrže, ať už stávající nebo nově budované, mají potenciál jako adaptační opatření v boji proti suchu, například přispívají k akumulaci vody v krajině, k nadlepšování průtoků nebo ke zlepšení mikroklimatu. Nicméně je nutné si uvědomit, že malé vodní nádrže a rybníky jsou rovněž vystaveny dopadům klimatické změny, což vede i ke změně hydrologických charakteristik. To vede k legitimní otázce, jak tato vodní díla ovlivňují stávající stav a zda nemůže mít jejich vliv za určitých podmínek negativní dopad.

Řešený výzkumný projekt *„Řešení rybníků a malých vodních nádrží z hlediska možnosti dodržování MZP a bezpečnosti při povodních“* se jako jedním ze dvou hlavních témat zabýval problematikou možnosti dodržování minimálních zůstatkových průtoků (MZP) na malých vodních nádržích a rybnících (dále MVN). U MVN dochází ke střetu dvou protichůdných požadavků, kdy lpění na dodržování MZP může vést k ohrožení původní funkce vodního díla a zároveň jeho nedodržování vede k negativní změně hydrologického režimu pod vodním dílem. Výzkumný projekt měl za cíl přispět k řešení a k nastavení udržitelných hodnot MZP na MVN, aby mohly plnit svůj původní účel a zároveň byla zachována ekologická funkce vodního toku pod vodním dílem.

Řešitelé projektu navázali na předešlé projekty zabývající se problematikou MZP a na spolupráci při legislativním procesu k návrhu Nařízení vlády ČR ke stanovení MZP. Projekt se zabýval reálnými a technicky proveditelnými možnostmi užívání MVN s ohledem na zajištění MZP pod vodním dílem. Přihlíženo bylo především na hydrologickou bilanci možnosti vodního díla a technické řešení vypustných objektů. Projekt si kladl za cíl posoudit malé vodní nádrže a rybníky se započítáním extrémních povodní a suchých období za referenční období 1991 až 2020. V současnosti se mění referenční období hydrologických dat ČHMÚ z původního referenčního období 1981 až 2010 na nové referenční období 1991 až 2020. Výsledky výzkumného projektu sloužily k vytvoření doporučení pro dodržování MZP na MVN.

Postup posouzení:

1. Vstupní parametry
2. Stanovení MZP

Výzkumný projekt porovnal hodnoty MZP schválené v rámci povolení nakládání s vodami z dostupných podkladů o pilotních lokalitách, hodnoty MZP dle metodického pokynu MŽP z roku 1998 a hodnoty MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR. Projekt se zabýval otázkou, zda se má počítat se ztrátami v nádrži – výparem a průsakem do podloží.

3. Metodický přístup - MZP na MVN

Z výsledků projektu se vytvořila doporučení pro dodržování MZP na MVN.

4.1.1. Vstupní parametry

Pro posouzení možnosti dodržování MZP by bylo žádoucí pro přehlednost zhotovit zestručněný soupis vstupních parametrů o vodním díle, obdobně jako u posouzení bezpečnosti VD při povodních, pokud by nebyl žádný přehled k dispozici. U posuzovaného vodního díla bylo nezbytné shromáždit následující potřebné vstupní parametry o vodním díle popisující jeho současný stav, přičemž míra podrobnosti vstupních parametrů se odvíjela od záměru posouzení a dostupných podkladů:

- název vodního díla
- poloha
- vodní tok
- číslo hydrologického pořadí
- plocha povodí
- dlouhodobý průměrný průtok Q_a [m^3/s]
- m – denní průtoky Q_{330} , Q_{355} a Q_{364} [m^3/s]
- stanovené MZP [m^3/s]
- povolené odběry vody z nádrže VD
- charakteristické křivky nádrže (čára objemů a zátopy) – minimálně objem a plocha zátopy pro provozní hladinu

4.1.2. Stanovení minimálního zůstatkového průtoku

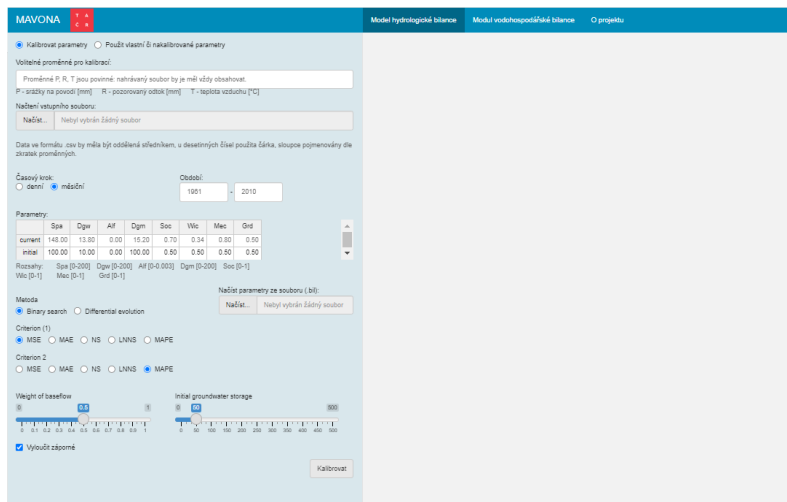
Pro jednotlivé pilotní lokality malých vodních nádrží a rybníků se odvodila hodnota MZP na základě současného přístupu metodického pokynu MŽP (viz Tabulka 3.1) a navrhovaného metodického přístupu v návrhu Nařízení vlády ČR (viz Tabulka 3.3). Vstupními parametry pro výpočet MZP byly hydrologická data z dostupných podkladů nebo hydrologická data pořizena od ČHMÚ. Pro srovnání se uvedla i hodnota stanoveného MZP z dostupných podkladů, pokud byla k dispozici.

Protože referenční období poskytnutých hydrologických dat nezahrnují období poslední dekády, kdy se vyskytly extrémní povodně a suchá období, bylo snahou výzkumného projektu simulovat hydrologická data včetně daného období, aby se posoudil případný vliv hydrologických extrémů na hodnoty MZP. K orientačnímu odvození hydrologický dat se aplikoval software MAVONA – Základní verze. Autoři aplikace se snažili simulovat hydrologická data, za co nejdelší časové období s ohledem na dostupnost dat. V aplikaci odvození hydrologických údajů odpovídá rozsahu období 1981/01 – 2021/08. Standardně se pro hydrologická data používá doba hydrologického normálu délky 30 let. Aplikace MAVONA se vytvořila v rámci projektu "Vliv malých vodních nádrží na hladinu podzemních vod a celkovou hydrologickou bilanci s důrazem na suchá období (TITSMZP809)". Aplikace MAVONA umožňuje rámcové posouzení vlivu malé vodní nádrže na hydrologickou bilanci a je pomocným nástrojem pro předběžné posuzování vodních děl. Bližší informace o aplikaci je k dispozici na webové stránce www.suchovkrajine.cz nebo <https://mvn.vuv.cz/>.

Aplikace MAVONA je dostupná ve dvou uživatelských režimech - Základní verze (viz Obr. 4.1) a Verze pro odborníky (viz Obr. 4.2). Aplikace MAVONA - Základní verze používá jednoduché rozhraní pro základní posouzení vlivu nádrže na hydrologický režim toku. Uživatel potřebuje znát pro bilanci nádrže pouze informaci o jejím povodí a základní charakteristiky nádrže, ostatní potřebné údaje aplikace sama dopočítá (Beran, Kožín, Georgievová, 2022). Do výpočtu bilance nádrže vstupují přítok, minimální zůstatkový průtok pod nádrží, odběry, výpar z hladiny a srážky na hladinu. Aplikace uživateli poskytne jako výstup - průměrnou dobu plnění nádrže, index aridity, orientačně m – denní průtoky, doporučené MZP dle platného metodického pokyn MŽP z roku 1998, průměrný dlouhodobý průtok pro profil nádrže a dlouhodobou bilanci nádrže. Uvedené m – denní průtoky vycházejí z modelových dat pro útvary povrchových vod a nelze je použít jako návrhové hodnoty pro zpracování projektu návrhu MVN, platné návrhové charakteristiky poskytuje pouze ČHMÚ. Uživateli aplikace je k dispozici Manuál, kde se blíže popisuje prostředí včetně ukázky výstupu (Beran, Kožín, Georgievová, 2022). Pro orientační určení m – denních průtoků postačí znát pouze odpovídající plochu povodí k danému profilu vodního díla.

The screenshot shows the MAVONA application interface. At the top, there is a navigation bar with 'MAVONA' and a red 'X' icon, and tabs for 'Vyhodnocení nádrže', 'Tabulky', and 'O projektu'. Below the navigation bar, there is a section for simulation options: 'Simulovaný odtok a výpar z modelu Elan', with radio buttons for 'Použití dat pro jednu či více předdefinovaných hydrologických jednotek' (selected) and 'Nařazení souboru s vlastní definovanou oblastí'. A map of a catchment area is displayed in the center. Below the map, there is a section for 'Výběr hydrologické jednotky' with a text input field. Further down, there are input fields for 'Plocha povodí nádrže (km²)' (set to 0) and a checkbox for 'Použití plochy vybraných předdefinovaných povodí'. Below that, there are input fields for 'Období pro výpočet' (1981/01 to 2021/08). The 'Charakteristiky nádrže' section includes input fields for 'Objem nádrže (m³)' (1108000), 'Plocha záplavy (m²)' (738000), and 'Minimální zůstatkový průtok (m³/s)' (0). At the bottom, there is a table for 'Odběr (m³/s)' with columns M1 through M12, all containing the value 0.000. A 'Simulovat' button is located at the bottom right.

Obr. 4.1 – Aplikace MAVONA – Základní verze (dostupná na https://shiny.vuv.cz/mvn/basic_version.Rmd)



Obr. 4.2 – Aplikace MAVONA – Verze pro odborníky (dostupná na <https://mvn.vuv.cz/>)

Podstatnou otázkou vyplývající z meziresortního řízení bylo, zda by se u malých vodních nádrží a rybníků měla hodnota MZP snížit z důvodu ztrát v nádrži, například výparem nebo průsakem do podloží. Výpočet evaporace neboli výparu z vodní hladiny (PE) byl proveden metodou podle Oudina pro evapotranspiraci, která vychází pouze ze dvou proměnných, z extraterestrické radiace, závisející na deklinaci Slunce a zeměpisné poloze nádrže, a průměrné denní teploty vzduchu (Oudin et al. 2010; Allen et al., 1998). Pro výpočet byly použity teploty z pravidelné výpočetní sítě ČHMÚ získané v rámci centra kompetence. Data byla následně zpracována v modelu BILAN, který byl vyvinut pracovníky oddělení hydrologie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka. Program vyjadřuje základní bilanční vztahy na povrchu povodí, v zóně aerace se zahrnutou vegetací a v zóně podzemní vody.

Další uvažovanou ztrátou v nádrži vodního díla byl průsak neboli infiltrace do podloží. Stanovit objektivně hodnotu průsaku do podloží vyžaduje znalost několika faktorů, kterými jsou mimo jiné zasakovací schopnost povrchové vrstvy půdy neboli propustnost zeminy, sklon svahu a podloží, hydraulická vodivost podloží, apod.

4.1.3. Metodický přístup – minimální zůstatkové průtoky u MVN

Zásadní kladenou otázkou bylo, jak vypočítat hodnotu MZP s ohledem na režim nádrže vodního díla. Při zvažování možností MŽP na malých vodních nádržích a rybnících se prvotně uvažovalo provést posouzení formou multikriteriální analýzy. Multikriteriální přístup zahrnuje více kritérií výběru vhodné varianty, přičemž je třeba stanovit významnost jednotlivých kritérií pro výsledný výběr. Nakonec se přistoupilo k vytvoření souboru pravidel pro stanovení MZP na MVN, který vychází z aktuálního objemového stavu nádrže, z velikosti přítoku do nádrže a současně i požadavku na MZP na toku nacházejícím se pod vodním dílem.

Doporučení způsobu stanovení MZP na vodních dílech typu MVN vychází z návrhu Nařízení vlády ČR z roku 2019 a z výstupů výzkumného projektu. Doporučení způsobu stanovení MZP na vodních dílech, podle odstavce 3) paragrafu §4 návrhu Nařízení vlády ČR, jsou s ohledem na provozní podmínky nádrže vodního díla tato:

1. Při napouštění nádrže vodního díla je nutné zajistit stanovenou hodnotu minimálního zůstatkového průtoku za níže uvedených podmínek:

- a) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty rovné nebo vyšší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p > MZP$, pak hodnota minimálního zůstatkového průtoku **MZP** odpovídá stanovené hodnotě minimálního zůstatkového průtoku MZP .

$$Q_p \geq MZP \Rightarrow \mathbf{MZP} = MZP$$

- b) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty nižší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p < MZP$, pak musí být zajištěn odtok Q_o rovnající se přítoku do nádrže Q_p , tj. $Q_o = Q_p$. Stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP se v tomto případě neuplatní.

$$Q_p < MZP \Rightarrow Q_o = Q_p$$

2. Po napuštění vodního díla až na úroveň stanovené provozní (hospodářské) hladiny je nutné zajistit stanovenou hodnotu minimálního zůstatkového průtoku za níže uvedených podmínek:

- a) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty rovné nebo vyšší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p > MZP$, pak hodnota minimálního zůstatkového průtoku **MZP** odpovídá stanovené hodnotě minimálního zůstatkového průtoku MZP .

$$Q_p \geq MZP \Rightarrow \mathbf{MZP} = MZP$$

- b) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty nižší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p < MZP$, pak musí být zajištěn odtok Q_o rovnající se přítoku do nádrže Q_p , tj. $Q_o = Q_p$. Stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP se v tomto případě neuplatní.

$$Q_p < MZP \Rightarrow Q_o = Q_p$$

Podle odstavce 2) paragrafu §36 zákona 254/2011Sb. vyplývá povinnost vodoprávních úřadů stanovit minimální zůstatkový průtok. Způsobem výpočtu minimálního zůstatkového průtoku se zabývá kapitola 4.1.2.

Podle odstavce 2) paragrafu §36 zákona 254/2011Sb. vyplývá povinnost vodoprávních úřadů stanovit místo a způsob měření MZP .

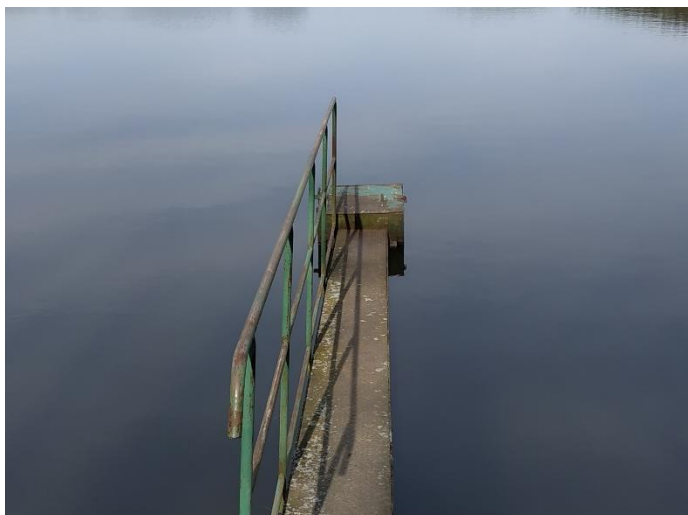
Hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p představuje součet měřitelných průtoků na všech určených přítocích do nádrže vodního díla dle aktuálních hydrologických podmínek. Odtok z nádrže vodního díla představuje součet měřitelných průtoků na určených funkčních objektech vodního díla, které umožňují vypouštět vodu z nádrže vodního díla do příslušného vodního toku. V případě 1a) a 2a) je odtok z nádrže vodního díla roven minimálně průtoku odpovídajícímu stanovené hodnotě **MZP**. V případě 1b) a 2b) odtok z nádrže vodního díla

odpovídá přítoku do nádrže vodního díla. Při stanovení MZP na MVN je třeba brát v úvahu provozní podmínky v nádrži vodního díla, například při napouštění nádrže nebo provozu nádrže po nastavení provozní hladiny. Jestliže by se v případě 1b) při napouštění nádrže vodního díla striktně požadovalo vypouštět stanovenou hodnotu MZP, i přestože by přítok do nádrže nabýval hodnot nižších, docházelo by k vyprazdňování již napuštěného prostoru MVN, což by mělo dopad na celkovou dobu napouštění a provoz vodního díla. Zároveň i v případě 2b) po nastavení provozní hladiny v nádrži by striktní uplatňování požadavku na dodržení stanoveného MZP na odtoku, navzdory skutečnosti že přítok do nádrže je nižší než tato hodnota, mohlo vést k narušení funkce rybníka. Vodoprávní úřad by měl stanovit místo a způsob měření nejen na odtoku z nádrže, ale i na přítocích do nádrže.

Na vodním díle typu malá vodní nádrž se podle ČSN 75 240 mezi funkční objekty zahrnují výpustná zařízení, přelivy, odběrná zařízení pro odběr vody, sdružené funkční objekty a speciální objekty (např. napouštěcí objekt nebo rozdělovací objekt), přičemž každý objekt slouží své konkrétní funkci. Pro vypouštění vody z nádrže vodního díla slouží výpustná zařízení. Nejčastěji používaným typem výpustného zařízení u MVN je požerák, ale používají se i další konstrukční řešení jako například potrubí osazené stavidlovým uzávěrem, šoupátkovým uzávěrem či klapkovým uzávěrem (Balvín, 2022). Technické řešení konstrukce výpustného zařízení je přizpůsobeno k účelům MVN, kdy například u MVN pro chov ryb slouží k udržení požadované provozní hladiny, k napouštění nádrže a k vypouštění nádrže vodního díla, nikoliv k zajištění MZP (Balvín, 2022). Zásadní pro flexibilitu regulace odtoku z nádrže vodního díla s ohledem na aktuální hydrologické podmínky na přítocích by byla modifikace technického řešení výpustných zařízení pro dodržení stanovené hodnoty MZP. Příkladem současně používané konstrukce výpustných zařízení jsou obrázky 4.3 až 4.9.



Obr. 4.3 – rybník Mrhal – vtok spodní výpusti – ovládací mechanismus (vlevo) a pohled do železobetonového třídlužového polouzavřeného požeráku s nerezovým lopatkovým uzávěrem (vpravo)



Obr. 4.4 – Hubenovský rybník – vtok spodní výpusti – požerák (vlevo) a pohled do požeráku (vpravo)



Obr. 4.5 – Staňkovský rybník – manipulační domek s ovládacím mechanismem dřevěných stavidlových uzávěrů (lopat) na vtoku do spodní výpusti



Obr. 4.6 – rybník Hejtman – sdržený objekt (bezpečnostní přeliv a spodní výpust)



Obr. 4.7 – Ovčácký rybník – vtok sodní výpusti – železobetonový požerák s dlužemi a šoupětem pro rychlé vypuštění (nahore), detail dluží (vlevo) a pohled do šachty požeráku (vpravo)



Obr. 4.8 – Nový lipnický rybník – vtok spodní výpusti – ovládací mechanismus (vlevo) a pohled na uzávěr (vpravo)



Obr. 4.9 – Podkostelní rybník – vtok do výpusti – pohled na požerák (vlevo) a do šachty požeráku (vpravo)

Aby bylo možné adekvátně dodržovat hodnotu MZP dle aktuálních hydrologických poměrů v nádrži, je důležité určit průtok na přítoku a odtoku z nádrže vodního díla s dostatečnou relativní přesností bez závažných chyb. Protože je kontrola dodržování stanovené hodnoty MZP na odtoku poměrně obtížná a nákladná, zásadním krokem pro zajištění stanoveného MZP pod MVN je vytvoření reálného kompromisního řešení. Nezanedbatelným aspektem zajištění MZP je volba vhodného technického řešení konstrukce umožňujícího flexibilní manipulaci na odtoku, ale i konstrukce pro měření průtoku na přítocích.

4.2. Posouzení bezpečnosti při povodních

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.2, posouzení bezpečnosti VD při povodních se v České republice provádí podle normy ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.

Podle legislativních předpisů je česká technická norma (ČSN) dokument schválený pověřenou právnickou osobou pro opakované nebo stálé použití, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), který zabezpečuje výkon státní správy v oblasti technické normalizace. Používání norem je závazné, pokud jsou citovány v zákonných předpisech. V příloze č. 3 vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, je zakotvena povinnost přezkoumat bezpečnost určeného vodního díla při povodních podle ČSN 75 2935 s použitím aktuálních hydrologických podkladů. Podle § 61 platného znění zákona č. 254/2001Sb. (vodní zákon) se v rámci kategorizace vodního díla z hlediska TBD posuzuje, zda jsou bezpečnostní a výpustná zařízení navržena v souladu s ČSN 75 2935. Kategorizace je vyžadována ke každé navrhované stavbě VD nebo při změně stavby VD podléhající stavebnímu řízení. Povinnost posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních vyplývá rovněž z technických požadavků na stavební konstrukce vodních děl ve smyslu vyhlášky č. 590/2002 Sb. v platném znění, resp. nově vznikající vyhlášky o požadavcích na výstavbu.

Z výše uvedeného je zřejmé, že ČSN 75 2935 je v ČR závazný předpis pro posuzování bezpečnosti VD při povodních a posudek je nutné vždy zpracovat podle jeho zásad. Posudek se vyhotovuje pro každý konstrukční typ hráze (z místních materiálů, betonových, zděných a kombinovaných) a týká se všech kategorií vodních děl ve smyslu vyhlášky č. 471/2001 Sb. Je zřejmé, že specifika jednotlivých vzdouvacích prvků, ať už je to konstrukčních typ, parametry hráze a funkčních objektů, kategorie VD, jeho stáří, technický stav, poloha nádrže ve vztahu k toku apod., vyžadují odlišný přístup v posuzování bezpečnosti. Norma s touto variabilitou počítá a umožňuje posuzovateli uvedená specifika zohlednit.

4.2.1. Specifika vybraného souboru VD z hlediska posuzování bezpečnosti při povodních

Vybraný sobor vodních děl se skládá téměř výhradně z historických rybníků, jejichž stáří se mnohdy počítá v řádu stovek let. Z toho vyplývají specifika, která mají vliv na konstrukci posudku. Jsou to především:

- omezené informace o konstrukčním materiálu hráze, jeho možná nehomogenita
- omezené informace o skladbě podloží a založení hráze
- nejednotný (a často i velmi strmý) sklon svahů, nevyrovnaná niveleta koruny hráze
- neznámý způsob založení funkčních objektů
- skryté objekty (např. odstavená odběrná potrubí, zaslepené nefunkční spodní výpusti, vyhnívající kořeny odumřelých nebo odstraněných stromů, ale např. i skryté propustné vrstvy kameniva zpevňujícího cestu po koruně hráze před jejím navýšením

- vzrostlé stromy na povrchu hráze
- nejednotné, nesouvislé, neudržované nebo i poškozené opevnění svahů
- strohá nebo i zcela chybějící dokumentace VD, uvedené údaje často neodpovídají skutečnosti

4.2.2. Zásady zpracování posudku podle ČSN 75 2935

- V rámci posouzení se pro předmětné VD stanovuje míra bezpečnosti při povodni, a to odstupňovaně podle významu vodního díla z hlediska možných škod při jeho havárii. Ta je vyjádřena hydrologickým podkladem, okolnostmi ovlivňujícími bezpečnost vodního díla při povodni a předpoklady a podmínkami převádění povodně přes vodní dílo.
- Požadovaná míra bezpečnosti se u provozovaných vodních děl stanoví, podle již provedené kategorizace s přihlédnutím k možným ztrátám lidských životů a výši škod při havárii vodního díla. V případě návrhu nového vodního díla, které doposud nebylo kategorizováno, se pro zařazení použije postup podle příslušného platného metodického pokynu ke zpracování posudků pro zařazení vodních děl do kategorie z hlediska technickobezpečnostního dohledu (MP č. 1/2010 k technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly).
- Hydrologickým podkladem se rozumí kontrolní povodňová vlna (KPV), kterou tvoří jedna nebo více povodňových vln s pravděpodobností překročení odpovídající požadované míře bezpečnosti.
- Na základě konkrétních podmínek posuzovaného vodního díla (tj. okolností ovlivňujících bezpečnost při povodni a pravděpodobné příčiny havárie) se stanoví mezní bezpečná hladina (MBH).
- Podle předpokladů a podmínek převádění KPV přes vodní dílo (např. počáteční hladina v nádrži, možná manipulace a provozní podmínky a spolehlivost hradicích uzávěrů, využitelná kapacita bezpečnostních a vypustných zařízení, možnost nouzového převádění povodňových průtoků apod.) se stanoví kontrolní maximální hladina (KMH).
- Výsledkem posouzení je relace mezi úrovněmi MBH a KMH a doporučená nápravná, případně nouzová opatření.
- V posudku se hodnotí bezpečnost a stabilita hráze, jednotlivých funkčních objektů a podloží při mezním zatížení vyvolaném průchodem KPV. Pro posouzení je tedy nutná znalost technického stavu vodního díla a v posudku se zohlední při stanovení předpokladů a podmínek pro převádění povodní.

4.2.3. Skladba a obsah posudku

Posudek má jednotné členění a označení kapitol:

- A. Úvodní část
- B. Účel a popis vodního díla
- C. Základní údaje a podklady
 - C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni
 - C.2. Hydrologické podklady
 - C.3. Technické parametry a podklady
 - C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni
 - C.5. Hydraulické výpočty
- D. Stanovení mezní bezpečné hladiny
- E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži
- F. Závěrečné zhodnocení
- G. Nápravná a nouzová opatření
- H. Použité podklady
- I. Seznam příloh

4.2.4. Metodický přístup k vypracování posudku v rámci řešeného úkolu

V této kapitole je proveden rozbor postupu zpracování posudku pro vybraný soubor VD se zaměřením na aplikaci specifik posuzovaných VD uvedených v kapitole 4.2.1 v předepsaném členění, uvedeném v kap. 4.2.3.

A. Úvodní část

V úvodní části jsou uvedeny identifikační údaje VD: název, kategorie z hlediska TBD, tok, číslo hydrologického pořadí, katastrální území, ORP, kraj, vlastník, příslušný vodoprávní úřad, pověřená organizace k výkonu TBD, S - JTSK souřadnice a výškový systém.

B. Účel a popis vodního díla

V kapitole B jsou uvedeny hlavní a vedlejší (další) účely VD podle MŘ a popis VD. Popis je členěn na úvodní informace o poloze VD, jeho historii, hlavních parametrech nádrže a jejího umístění ve vztahu k toku. Následuje podrobný popis objektů ve členění hráz, bezpečnostní přeliv, spodní výpust, další objekty. Součástí této kapitoly je i přehledná tabulka rozdělení prostoru nádrže.

C. Základní údaje a podklady

C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni

Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla, vyjádřená pravděpodobností překročení kulminačního průtoku KPV, je uvedena odstupňovaně pro jednotlivé kategorie vodních děl v tabulce 1 normy. Posuzovaný soubor VD se skládá z VD III. a IV. kategorie, pro které platí:

Tabulka 4.1: Požadovaná míra bezpečnosti pro VD III. a IV. kategorie

Kategorie VD	Pravděpodobné škody při hypotetické havárii VD	Hodnotící hlediska podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havárii VD		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potencionální rozsah celkových škod	Uvažované ztráty lidských životů	$p = 1/N$	N (let)
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozsahu	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

C.2 Hydrologické podklady

Výchozím podkladem posudku je kontrolní povodňová vlna (KPV), uvažovaná jako teoretická N-letá povodňová vlna. Metodika zpracování hydrologických podkladů pro posudky v tomto projektu je uvedena v samostatné kapitole 4.2.5. Pro kontrolu a porovnání jsou v posudku doloženy také základní hydrologické údaje.

Pro vodní díla zařazená do I. až III. kategorie se podle ČSN 75 2935 požadují i údaje o větru:

- rychlost větru ve známé výšce nad přilehlým terénem;
- trvání pro požadovanou pravděpodobnost překročení 2 % až 4 %;
- převažující směr větru.

Pro všechna posuzovaná VD byly použity údaje o větru doporučené ČSN 75 2935 a ČSN 75 0255 - Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.

C.3. Technické parametry a podklady

Základní technické údaje o VD byly do posudku převzaty z MŘ, parametry rozhodné pro vypracování posudku byly ověřeny geodetickým měřením (viz dále). V případě nesouladu údajů zjištěných geodetickým zaměřením s údaji uvedenými v MŘ byly v posudku vždy použity hodnoty odvozené z geodetického zaměření.

Geodetické zaměření

Pro účely posudku bylo na všech posuzovaných VD provedeno geodetické zaměření hlavních parametrů hráze a objektů VD. Byla zaměřena koruna hráze, pata hráze, příčný profil hráze v nejvyšším místě, doplňkové příčné profily hráze, bezpečnostní přeliv, spodní výpust a ostatní objekty pro převádění vody. Souřadnice zaměřených bodů jsou uváděny v systému S – JTSK, nadmořské výšky v systému Bpv. Naměřená data byla zkontrolována a převedena do textového souboru s příponou TXT. Ze zaměření byly poté vygenerovány příčné a podélné řezy a ověřeny nadmořské výšky objektů rozhodné pro výpočty kapacity výpustných a bezpečnostních zařízení.

Doplňkové ruční přeměření objektů pro převádění vody

Pro ověření parametrů objektů pro převádění vody bylo provedeno ruční přeměření rozměrů rozhodných pro výpočty konsumpčních křivek. Po doplnění geodetických podkladů byly zhotoveny schématické výkresy objektů.

C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni

Tato část je při sestavování posudku velice významná, neboť výčet a správné zhodnocení rozhodných okolností může mít podstatný vliv jak na určení mezní bezpečné hladiny (MBH), tak kontrolní maximální hladiny (KMH), jejichž výsledné porovnání určuje výsledek posudku. Je zřejmé, že jak výčet okolností, tak jejich zhodnocení je subjektivní záležitostí. Je proto žádoucí, aby tuto část posudku zpracovával zkušený odborník vodohospodář, nejlépe specialista TBD.

V rámci této práce byl proveden souhrnný výčet okolností ovlivňujících bezpečnost VD pro kategorii historických vodních děl, která tvoří převážnou většinu posuzovaných pilotních lokalit, a jejich rozčlenění do tří skupin. Výčet okolností ve formě dotazníku a jejich logické rozčlenění má za úkol vést posuzovatele a minimalizovat tak subjektivní složku posudku. Výčet hodnocených okolností je následující:

1) Okolnosti ovlivňující průběh kontrolní povodňové vlny

- Transformace KPV výše umístěnými nádržemi: *ano/ne, popis*
- Očekávané zvýšení průtoku KPV poruchou vzdouvacího prvku výše položených VD: *ano/ne, popis*
- Obtok nádrže při KPV: *ano/ne, popis*
- Jiné očekávané podstatné ovlivnění průběhu KPV: *ano/ne, popis*

Okolnosti ovlivňující průběh teoretické kontrolní povodňové vlny (hydrogram KPV i kulminační průtoky jsou standardně stanovovány jako údaje neovlivněné) je v posudku třeba zohlednit při výpočtu KMH, případně při stanovení MBH.

2) Okolnosti ovlivňující kapacitu výpustných zařízení

- Přeliv hrazený / nehrazený: *popis*
- Česle na přelivu: *ano/ne, popis*
- Ochrana přelivu před plaveninami: *ano/ne, popis*
- Prostupnost plavenin: *nízká/vysoká, případně popis*
- Přístupnost přelivu pro odstraňování překážek těžkou technikou: *ano/ne*
- Ovlivnění kapacity přelivu kapacitou skluzu (koryta) pod přelivem: *ano/ne, popis*
- Režim obsluhy VD: *obsluha trvale dostupná (pohotovost) / bez trvalé obsluhy*
- Využití spodní výpusti při převádění povodňových průtoků: *ano/ne*
- Pravděpodobnost omezení kapacity SV při povodni: *nízká/vysoká*
- Nouzový (doplňkový) přeliv: *ano/ne, popis*

Okolnosti ovlivňující kapacitu výpustných zařízení je v posudku třeba zohlednit při výpočtu KMH.

3) Okolnosti ovlivňující odolnost hráze při povodních

- Propustné vrstvy v horní části tělesa hráze: *ano/ne, popis*
- Registrované průsaky hrází či podloží: *ano/ne, popis*
- Stabilita tělesa hráze ověřená výpočtem: *ano/ne, popis*
- Historické poruchy deformačního charakteru: *ano/ne, popis*
- Vyrovnanost nivelety hráze: *vyrovnaná/nevrovnaná, výškový rozdíl*
- Umístění nejnižšího místa koruny: *popis*
- Předpoklad sedání hráze: *ano/ne*
- Opevnění koruny hráze: *popis*
- Přístupnost koruny hráze pro těžkou techniku: *ano/ne*
- Opevnění návodního svahu nad normální hladinou: *popis*
- Opevnění vzdušního svahu hráze: *popis*

Okolnosti ovlivňující bezpečnost tělesa hráze při povodňových stavech (ohrožení globální a filtrační stability tělesa hráze a podloží zvýšenou hladinou vody v nádrži, odolnost povrchu hráze) je v posudku třeba zohlednit při stanovení MBH.

Do kapitoly „Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni“ patří také popis manipulací na VD v průběhu povodně. Zásady manipulací jsou zakotveny v MŘ a je třeba je zohlednit zejména při výpočtu KMH.

C.5 Hydraulické výpočty

V rámci hydraulických výpočtů byly ověřeny nebo sestaveny konsumpční křivky všech objektů pro převádění vody. U VD s pevnými přelivy, resp. s objekty bez manipulací v průběhu povodně, je pro další výpočty výhodné sestavit souhrnnou konsumpční křivku. V případě, že se předpokládalo (nebo se v průběhu výpočtů zjistilo) přelévání hráze, byla souhrnná

konsumpční křivka doplněna o konsumpční křivku koruny hráze a prodloužena (dopočítána) o potřebnou výšku nad úroveň nejnižšího místa koruny.

D. Stanovení mezní bezpečné hladiny

Mezní bezpečná hladina (MBH) se stanovuje pro konkrétní typ a konstrukční řešení díla jako nejvyšší hladina v nádrži, při jejímž překročení začíná být aktuální nebezpečí poruchy a havárie díla.

Výchozí úroveň MBH se určí podle konstrukčního řešení hráze, způsobu těsnění a konkrétních podmínek založení hráze, u provozovaných vodních děl také podle zkušeností z dosavadního provozu a výkonu technickobezpečnostního dohledu pro vybranou pravděpodobnou příčinu protržení hráze za povodně, zejména:

- a) povrchovou erozi při přelití hráze;
- b) porušení filtrační stability hráze nebo podloží (např. vnitřní erozí vody predisponovanými průsakovými cestami, prolomením podloží);
- c) posunutím po smykové ploše (překročením mezního stavu polohy, porušením těsnicí zeminy);
- d) překlopením.

Podle výběru a zhodnocení podstatných okolností, které bezpečnost hráze při povodni ovlivňují, se výchozí úroveň MBH sníží, popřípadě zvýší o hodnoty dílčích výšek odpovídajících uvažovaným faktorům, kterými jsou:

- a) typ, stáří a stav hráze;
- b) základové poměry a způsob založení hráze, průsakový režim v hrázi a podloží;
- c) inženýrsko geologické vlastnosti zemin a hornin použitých jako stavební materiál a vodním dílem dotčených;
- d) konstrukční řešení těsnění hráze, jeho navázání na betonové objekty a jeho výškové umístění z hlediska možnosti obtékání a přelévání;
- e) ochrana těsnicího prvku proti poškození a promrzání a jeho napojení na nepropustné podloží;
- f) podélný profil, vystrojení a opevnění koruny hráze, její odolnost při přelití (z hlediska výšky přelivného paprsku, rychlosti proudu a doby trvání přelévání);
- g) konstrukce vlnolamu nebo celistvé zídky na koruně a stabilita těchto prvků při zatížení vodním tlakem;
- h) délka, sklon a opevnění vzdušního svahu nebo líce hráze;
- i) poloha, tvar a rozměry objektů na koruně hráze a na vzdušní straně hráze;
- j) poloha a druh porostu nebo opevnění na vzdušním svahu hráze;
- k) stav a tvar míst průniku vzdušní strany hráze s terénem v úbočích a u paty hráze z hlediska povrchové eroze;
- l) předpokládané sedání (podle výpočtu nebo měřených deformací);
- m) účinky větrových vln (morfologie území, charakteristika větrů).

Všechna posuzovaná VD jsou z konstrukčního hlediska homogenní zemních hráze. Pokud nejsou v oblasti koruny identifikovány propustné vrstvy (např. ve skladbě vozovky), určuje se u tohoto typu hrází výchozí úroveň MBH na kótu nejnižšího místa koruny hráze.

Podle výběru a zhodnocení podstatných okolností, které bezpečnost hráze při povodni ovlivňují, byla výchozí úroveň MBH snížena, popřípadě zvýšena o hodnoty dílčích výšek odpovídajících uvažovaným faktorům. K tomu posuzovateli posloužilo zhodnocení okolností uvedených v části C4. Změny výchozí úrovně MBH jsou v posudku popsány a zdůvodněny.

Úroveň MBH se pak dále snižuje o výšku výběhu větrových vln. U vodních děl zařazených do I. až III. kategorie se výška výběhu vln určuje podle ČSN 75 0255 - Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích. U vodních děl zařazených do IV. kategorie při délce rozběhu vlny nepřesahujícím 300 m (tj. největší přímá délka vodní hladiny mezi hrází a protilehlým břehem), je umožněno výšku výběhu určit zjednodušeně z tabulky. Tomuto kritériu nevyhověla žádná nádrž z posuzovaného souboru VD a výběh větrových vln byl počítán podle uvedené normy. Pro všechna VD byla z mapového podkladu odvozena efektivní délka rozběhu větru a podle postupu uvedeném v části III. a V. normy ČSN 75 0255 byla vypočtena výška výběhu vln na svah.

V souladu s ustanovením normy 75 2935 byla u všech posuzovaných VD vypočtená výška výběhu redukována s ohledem na odolnost koruny a vzdušního svahu, dobu trvání extrémní hladiny v nádrži a pravděpodobnost souběhu nepříznivých jevů.

E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži

KMH při povodni se stanoví řešením úlohy transformace povodňové vlny retenčním účinkem nádrže. Pro hydrologický podklad v podobě několika variant KPV se úloha řeší opakovaně. V případech, kdy se transformace evidentně neuplatní nebo je nevýznamná, se KMH stanoví odečtením ze souhrnné měrné křivky bezpečnostních a výpustných zařízení pro příslušný kulminační průtok KPV. Pro vodní díla I. až III. kategorie se retenční účinek nádrže vždy kvantifikuje. Jeho případné zanedbání se musí zdůvodnit. U vodních děl IV. kategorie se postupuje individuálně. V jasných případech, kdy je vodní dílo zabezpečeno i bez uvažování retenčního účinku nebo se transformace neuplatní pro nedostatečný retenční prostor nádrže vzhledem k objemu vzestupné části povodňové vlny, se transformace povodně neprošetřuje.

V rámci tohoto projektu byla transformace KPV nádrží provedena u všech padesáti VD. Byla řešena v programu „Nádrž 2“ vyvinutém v Ústavu vodních staveb na FAST VUT v Brně. Do programu byly zadávány z map ověřené (a podle potřeby i doplněné nad úroveň hladin uváděných v MŘ) charakteristiky nádrže a konsumpční křivky objektů pro převádění vody se zohledněním případného omezení kapacity plaveninami v průběhu povodně. Pokud v průběhu výpočtu došlo k přelití hráze, byla souhrnná konsumpční křivka doplněna o konsumpční křivku koruny hráze a prodloužena (dopočítána) o potřebnou výšku tak, aby výpočet proběhl korektně.

F. Závěrečné zhodnocení

Výsledkem Posudku je vztah mezi MBH a KMH. VD se pro převedení KPV pokládá za bezpečné při platnosti relace $KMH \leq MBH$.

Výpočet stability hráze

Podle ČSN 75 2935 se je pro stanovenou úroveň MBH třeba ještě posoudit stabilitu hráze. Není-li dosaženo požadované bezpečnosti (ve snížené hodnotě je stupeň bezpečnosti $m \geq 1,1$, který odpovídá krátkodobému mimořádnému zatížení), stanovuje se iteračním postupem nižší úroveň MBH, pro kterou je celková bezpečnost právě zajištěna (viz ČSN 75 2310). Rozsah a způsob posouzení se stanoví úměrně kategorii vodního díla.

V rámci tohoto projektu bylo vybráno 20 VD III. kategorie, na kterých byla posouzena stabilita hráze. Na těchto dílech byly za účelem získání relevantních vstupních podkladů provedeny odběry vzorků zemin z hráze a jejich laboratorní rozborů. Stabilita hráze byla posuzována podle ČSN 75 2310 – Sypané hráze v geodeticky zaměřeném charakteristickém příčném profilu, a to v plném rozsahu požadovaném touto normou. Výpočty proudění podzemní vody byly provedeny metodou konečných prvků a výpočty stability metodami mezní rovnováhy v programu GeoStudio 2012 (moduly SEEP/W a SLOPE/W).

G. Nápravná a nouzová opatření

Nápravná a nouzová opatření nebyla v rámci tohoto projektu navrhována. Budou projednávána samostatně ve spolupráci s vlastníky a provozovateli VD, u kterých měl posudek negativní výsledek.

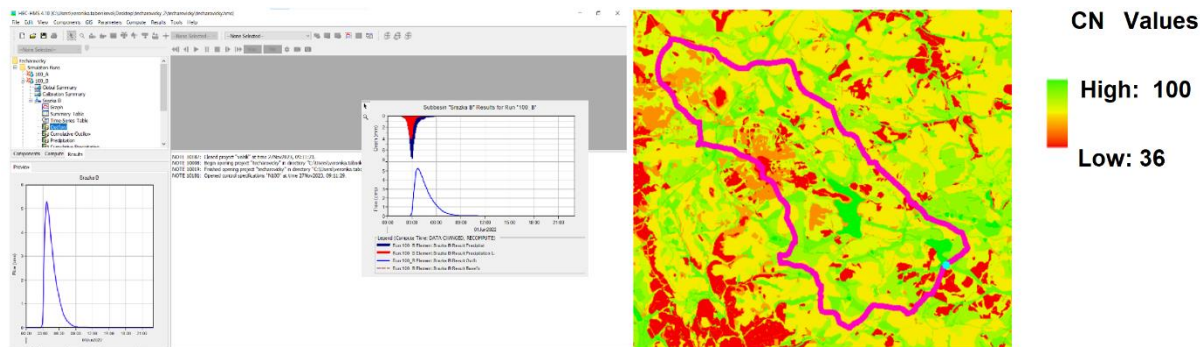
4.2.5. Metodika zpracování hydrologických podkladů pro posudky bezpečnosti VD

Důležitým vstupním hydrologickým podkladem pro posouzení bezpečnosti VD je průběh kontrolní povodňové vlny (KPV). Pro tento účel byla jako KPV uvažována teoretická N – letá povodňová vlna s dobou opakování $N = 100, 200$ a 1000 let s ohledem na požadovanou míru bezpečnosti VD (viz Tabulka 4.1).

Kromě případů, kdy informace o povodňové vlně byly součástí podkladů o VD, byly teoretické povodňové vlny pro neměřená povodí odvozeny dvěma základními postupy:

- a) Odvození hydrologickým simulačním modelem HEC-HMS (obr. 4.8)

Teoretické povodňové vlny vznikly jako výsledek simulace srážkoodtokového procesu pro velmi malá povodí v programu HEC - HMS. Postup se aplikoval pro lokality s plochou povodí do 5 km^2 . Jako vstupy byly použity návrhové srážky s dobou trvání 6 hodin a s dobou opakování $N=100$ let zpřístupněné v aplikaci HydroRAIN-6H. Dále byla zohledněna velikost a tvar povodí, odtokové vlastnosti v povodí (CN křivky) a doba koncentrace.

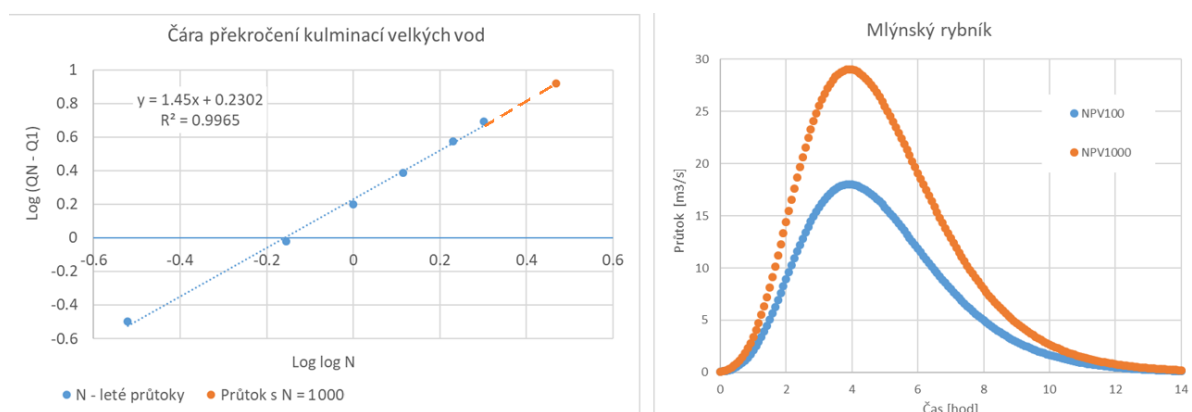


Obr. 4.8 - Ukázka odvození 100-leté povodňové vlny v profilu Těchařovického rybníka v simulačním modelu HEC-HMS.

b) Odvození z typového bezrozměrného hydrogramu

Použitá metoda patří k tzv. objemovým vzorcům, které kromě objemu uvažují a postihují i tvar povodňové vlny. Jedná se o odvození z typového hydrogramu, kde jednotlivé složky pro přepočítání z bezrozměrného hydrogramu jsou určeny pomocí empirických vzorců (např. dle Alexejeva) pro dobu koncentrace a maximální průtok povodňové vlny. Postup se aplikoval pro lokality s plochou povodí nad 5 km². Vzhledem k velikosti plochy povodí bylo třeba návrhové deště s dobou opakování N=100 let volit s odpovídající dobou trvání deště (1 den, resp. 2 dny). Opět byla zohledněna velikost a průměrné odtokové podmínky v povodí vyjádřené CN.

Pro stanovení KPV s dobou opakování N=200 a N=1000 let byly tyto povodňové vlny PV_N transformovány z PV_{100} poměrem Q_N/Q_{100} (viz Obr. 4.9). Kulminační průtoky Q_{200} a Q_{1000} byly z příslušné řady N-letých průtoků Q_1 až Q_{100} odvozeny pomocí lineární extrapolace v transformovaném zobrazení čáry překročení kulminačních průtoků, kde $X = \text{Log}(\text{Log}(N))$ a $Y = \text{Log}(Q_N - Q_1)$.

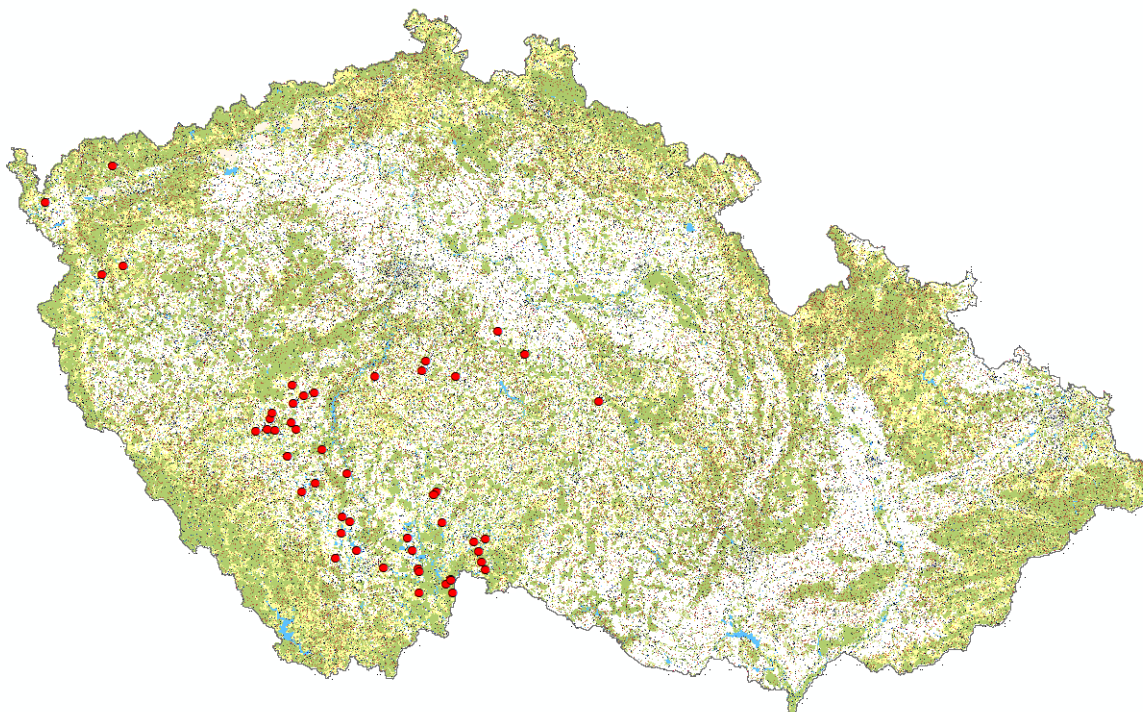


Obr. 4.9 - Příklad odvození PV_{1000} z PV_{100} pro Mlýnský rybník.

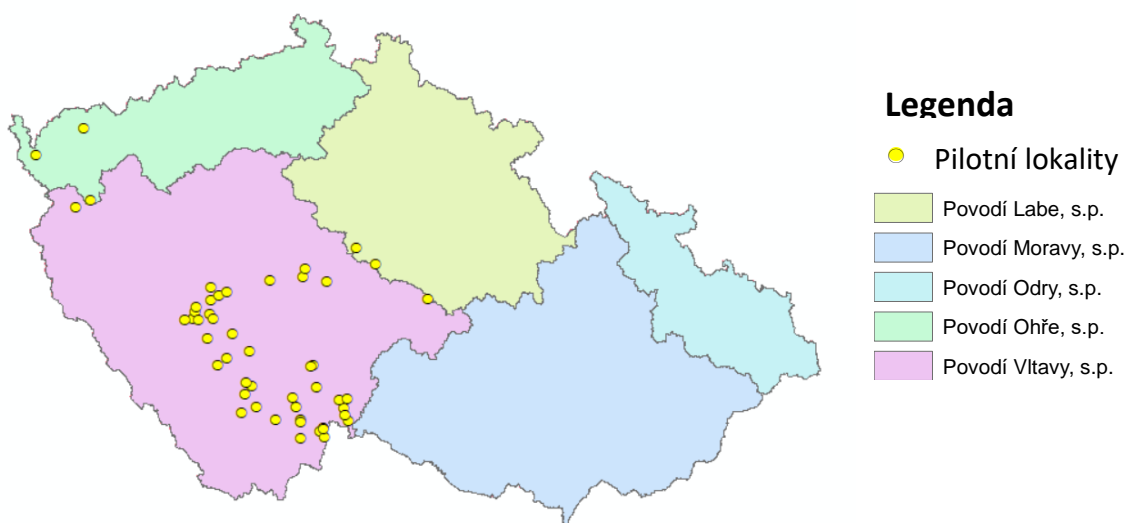
5. Popis pilotních lokalit

5.1. Popis pilotních lokalit

Výběr reprezentativního souboru pilotních lokalit rybníků a malých vodních nádrží probíhal ve spolupráci řešitelů VÚV TGM, v.v.i. a VODNÍ DÍLA – TBD, a.s. Při výběru byl kladen důraz na problematiku MZP a bezpečnosti při povodních. Do výběru 50 pilotních lokalit byly začleněny vodní díla s různou velikostí zadržovaného objemu, plochy hladiny, plochou povodí, technického řešení výpustních objektů a technického řešení bezpečnostních přelivů. Seznam pilotních lokalit je uveden v Příloze A. Poloha jednotlivých lokalit je zobrazena na obrázku 5.1. Pro zachování rozmanitosti souboru pilotních lokalit se výběr zaměřoval na vhodné potenciální lokality splňující očekávaná kritéria, kdy poloha pilotní lokality se brala v úvahu až po splnění předchozích kritérií, i přestože aplikačním garantem projektu byl Jihočeský kraj. Převážná část pilotních lokalit je zastoupena v Jihočeském kraji (29 lokalit), další pilotní lokality se nachází ve Středočeském kraji (10 lokalit), Karlovarském kraji (3 lokality), Plzeňském kraji (2 lokality) a Kraji Vysočina (1 lokalita). Pilotní lokality leží především na území Povodí Vltavy vyjma 5 lokalit, kdy na území Povodí Labe se nachází rybník Vidlák a Vavřínecký rybník a na území Povodí Ohře se nachází Mlýnský rybník, Betlémský rybník a rybník Lesík. Na území Povodí Moravy a Povodí Odry se žádná pilotní lokalita nevyskytuje (viz Obr. 5.2).

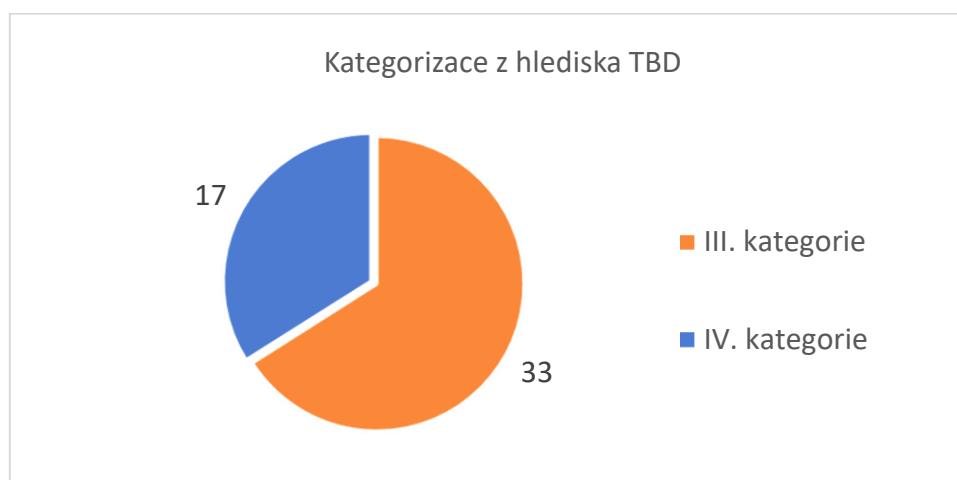


Obr. 5.1 – Výběr pilotních lokalit malých vodních nádrží a rybníků



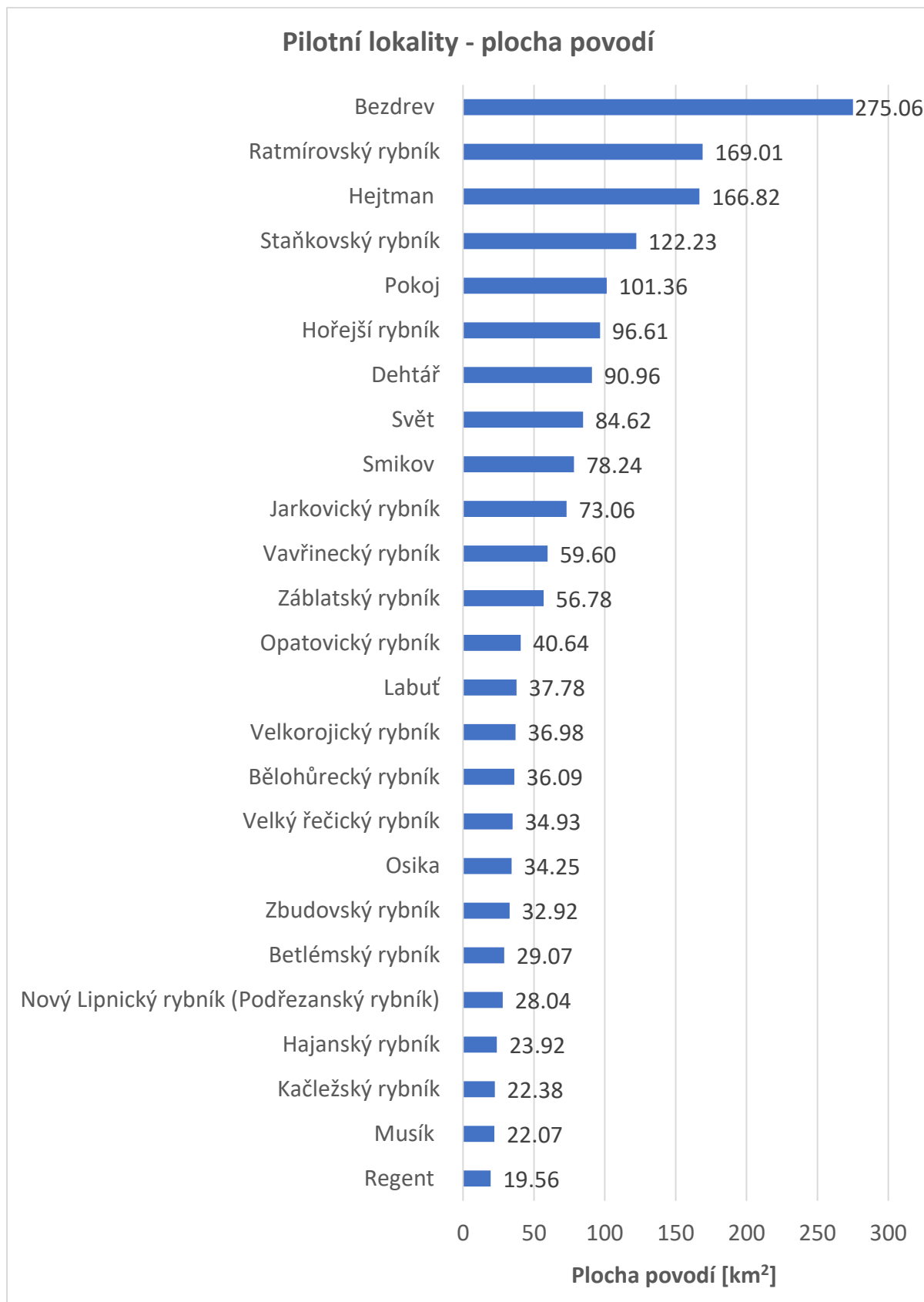
Obr. 5.2 – Mapa zastoupení pilotních lokalit v jednotlivých povodí

Z pohledu kategorizace technickobezpečnostního dohledu je z 50 pilotních lokalit zastoupeno 33 vodních děl ve III. kategorii a 17 vodních děl ve IV. kategorii. Ostatní kategorie – II. a I. nejsou mezi pilotními lokalitami zastoupeny. Malé vodní nádrže a rybníky nejčastěji spadají do IV. nebo III. kategorie z hlediska TBD. Zastoupení pilotních lokalit v jednotlivých kategoriích z hlediska TBD znázorňuje graf 5.1.

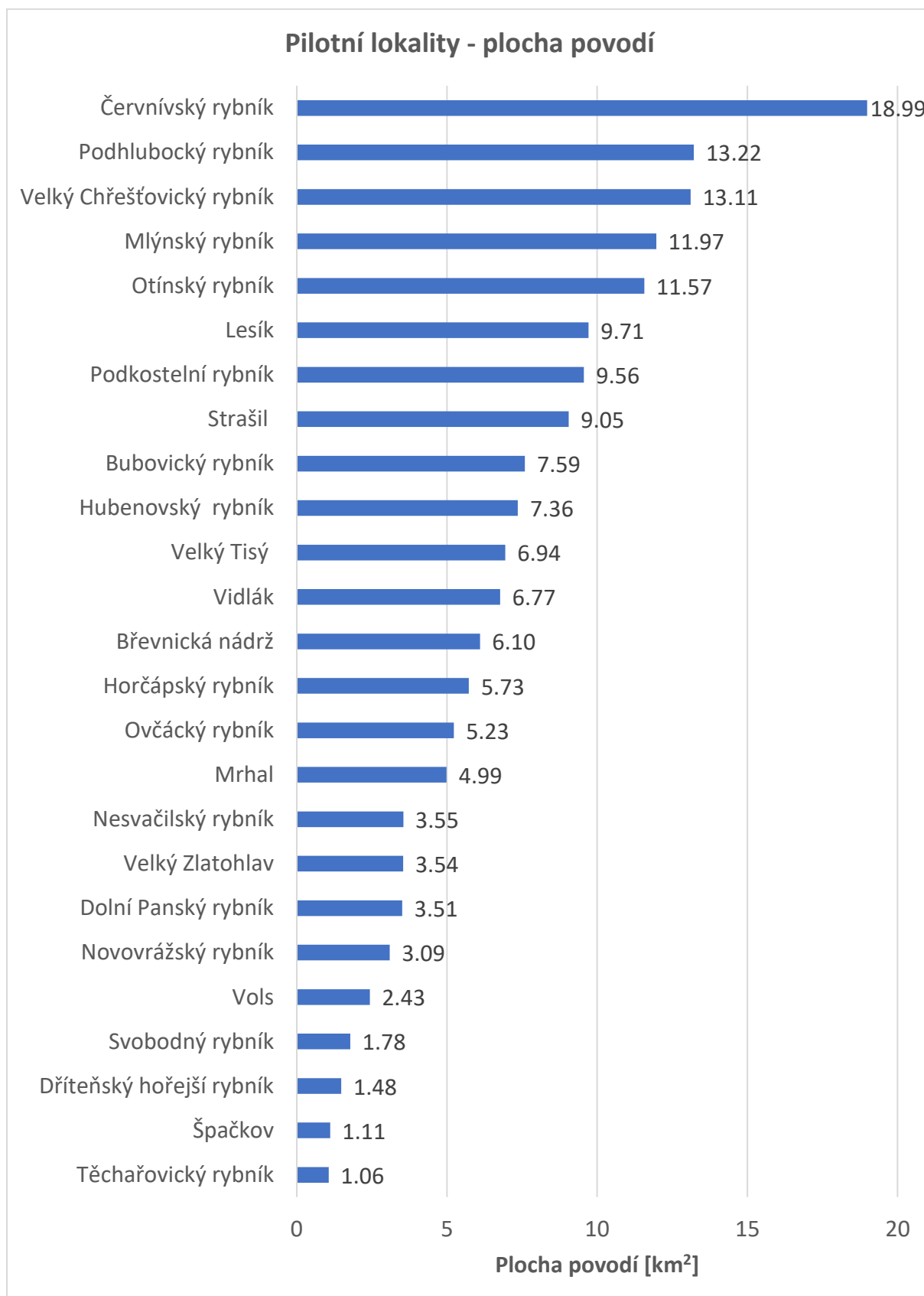


Graf 5.1 – Zastoupení pilotních lokalit v jednotlivých kategoriích kategorizace z hlediska technickobezpečnostního dozoru

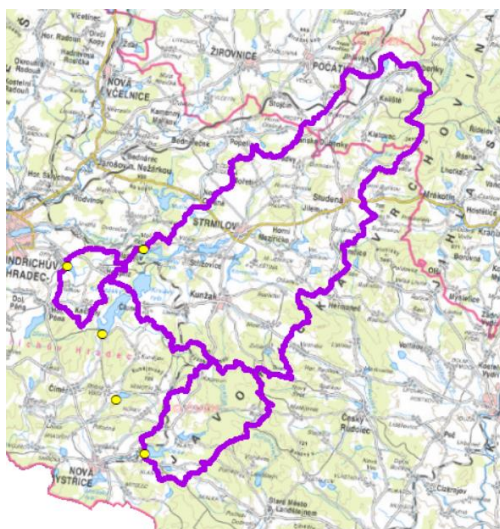
Rozmanitost velikosti ploch povodí v souboru pilotních lokalit znázorňuje graf 5.2 a 5.3. Z grafu vyplývá, že pilotní lokalita Bezdrev reprezentuje největší plochu povodí s rozlohou 275,06 km² a naopak pilotní lokalita Těchařovický rybník má nejmenší plochu povodí o rozloze 1,06 km². U cca 76 % pilotních lokalit, tj. 38 pilotních lokalit, je plocha povodí v rozmezí od 1 km² do 50 km². Obrázek 5.3 názorně ukazuje rozdílnost ploch povodí u pilotních lokalit rybníka Osiky (plocha povodí 34,25 km²), Otínského rybníka (plocha povodí 11,57 km²) a Ratmírovského rybníka (plocha povodí 169,01 km²).



Graf 5. 2 – Srovnání pilotních lokalit z hlediska velikosti plochy povodí



Graf 5.3 – Srovnání pilotních lokalit z hlediska velikosti plochy povodí

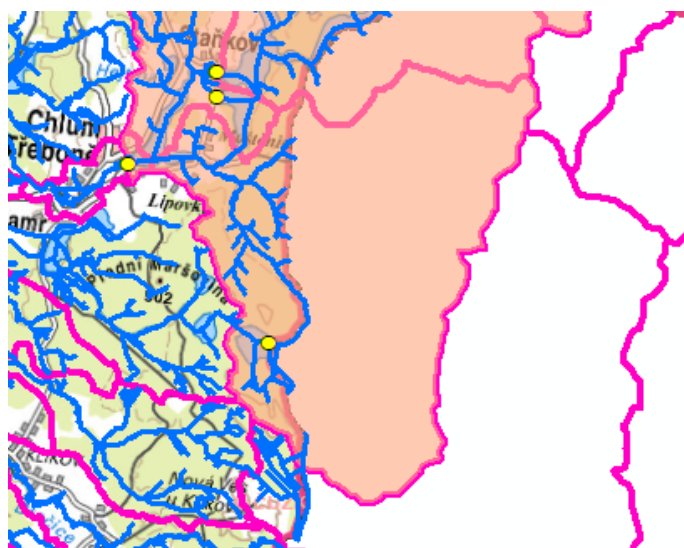


Legenda

- plocha povodí
- poloha hráze vodního díla

Obr. 5.3 - Porovnání plochy povodí pilotních lokalit - Rybník Osika (plocha povodí – 34,25 km²), Otínský rybník (plocha povodí – 11,57 km²) a Ratmírovský rybník (plocha povodí - 169,01 km²)

Pilotní lokality s částí povodí nacházející se mimo území České republiky (ukázka Obr. 5.4) jsou limitovány omezením parametrů charakterizujících povodí z důvodu nedostatečných informací. V případě, že více vodních děl, popř. funkčních objektů spolu vzájemně souvisí, se při určování ploch povodí u pilotních lokalit upřednostňovaly přirozené přítoky a odtoky před umělými. Při propojenosti vodních děl umělými kanály, přelivy a podobně může docházet k vzájemnému ovlivnění a přítok nebo odtok z vodního díla může být odlišný od předpokládaných průtoků ze stanovené plochy povodí.



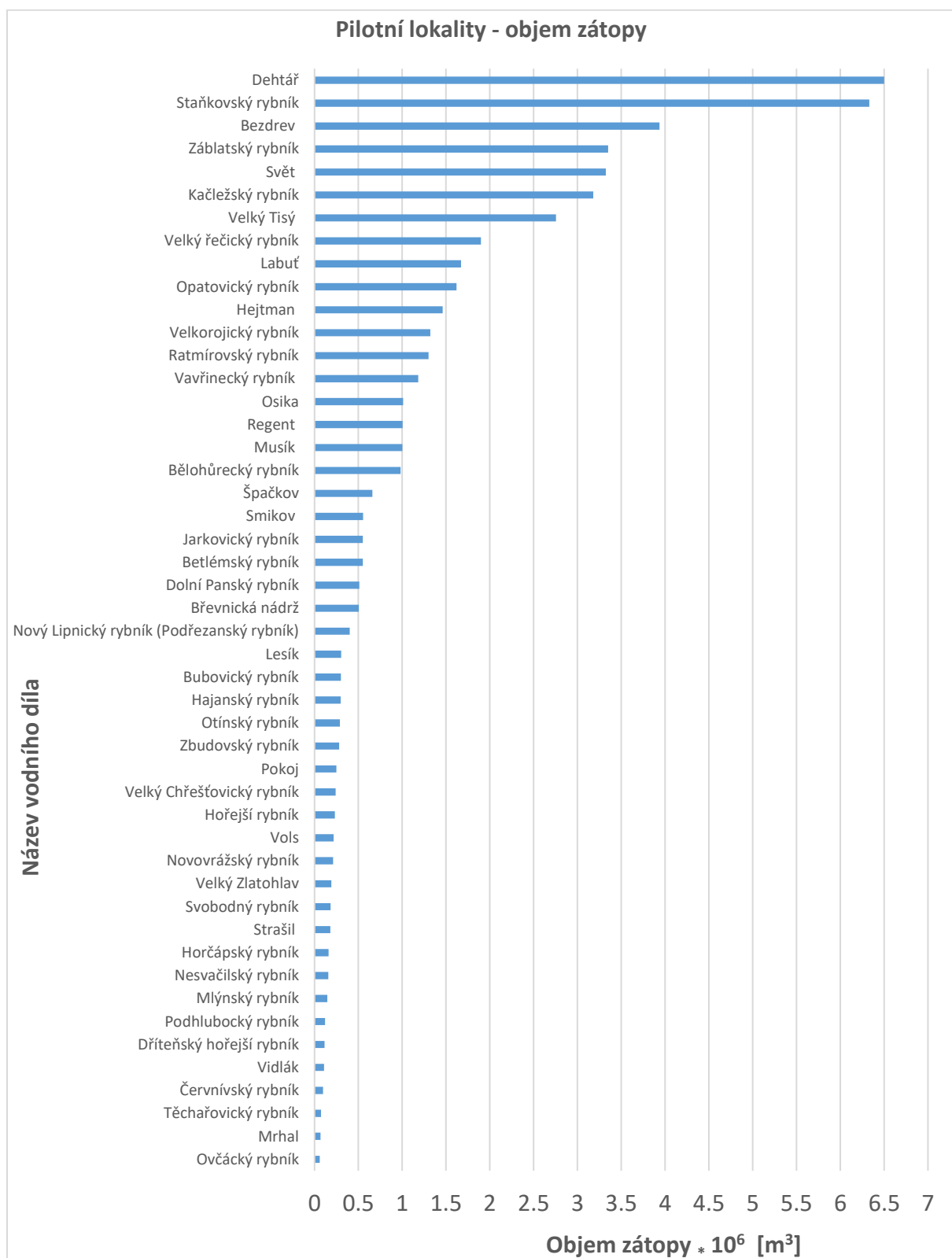
Legenda

- Vodní tok
- Vrstevnice
- Rozvodnice
- Plocha povodí
- Poloha hráze vodního díla

Obr. 5.4 – Ukázka stanovení plochy povodí v softwaru ArcGIS v aplikaci ArcMap pro pilotní lokalitu poblíž státní hranice.

Malé vodní nádrže jsou mnohdy spíše víceúčelová vodní díla než jednoúčelová, kdy stanovené funkce jsou hlavními nebo vedlejšími. Příkladem víceúčelového vodního díla je pilotní lokalita Břevnická nádrž, kdy její jednotlivé účely seřazené dle priority jsou akumulace povrchových vod a vzdouvání vody, retenční při povodních, nadlepšování průtoků pod hrází, sportovní

rybaření a odběr povrchových vod. V souboru pilotních lokalit jsou zastoupeny pilotní lokality s různými objemy zátopy, jejichž rozdílnost je dokumentována v grafu 5.4. Největší objem zátopy má rybník Dehtář, naopak nejmenší objem zátopy má rybník Ovčácký.



Graf 5.4 – Srovnání pilotních lokalit z hlediska objemu zátopy

5.2. Zdroje vstupních dat o pilotních lokalitách

Pro posouzení možnosti dodržování MZP a bezpečnosti při povodních byla potřeba shromáždit informace o pilotních lokalitách, jako je název vodního díla, poloha, obec s rozšířenou působností (ORP), vlastník a provozovatel vodního díla, kategorie vodního díla z hlediska technickobezpečnostního dohledu, číslo hydrologického pořadí povodí, objem zátopy ke koruně hráze, plocha povodí vodního díla, m – denní průtoky, N – leté průtoky, atd. Jako zdroj údajů o malých vodních nádržích a rybnících sloužily především následující podklady seřazené dle priority:

- Podklady o vodním díle a o hydrologických datech

Podklady o vodním díle zahrnují podklady pro kategorizaci vodních děl z hlediska technickobezpečnostního dohledu, manipulační řády a studie o zvláštních povodních. Podklady byly zpřístupněny pro účely výzkumného projektu, lze je považovat za důvěryhodné a prioritně se upřednostňovaly. Pokud byly podklady datovány se starším datem, braly se pouze jako doplňující zdroj. Pokud nebyly v podkladech o vodním díle k dispozici vhodná hydrologická data, byla v rámci projektu pořízena základní hydrologická data od ČHMÚ.

- Terénní průzkum

Terénní průzkum byl proveden na celém souboru pilotních lokalit. Informace o malých vodních nádržích a rybnících z terénního průzkumu sloužily jako doplňkový zdroj pro ověření předchozích získaných dat. V případě, kdy tato data nebyla k dispozici, sloužily informace z terénního průzkumu jako primární zdroj informací.

- Mapové podklady (př. Základní mapa ČR, Ortofoto mapa ČR, Katastrální mapa ČR, atd.)

Mapové podklady sloužily jako doplňkový zdroj. Využily se mapové zdroje dostupné online na webových stránkách (www.mapy.cz, www.agr.cuzk.cz/geoprohlizec/, www.google.cz/maps, atd.) nebo dostupné z jiných zdrojů (např. služby WMS, interní zdroje a jiné).

- Výpočty

V případě neexistence vstupních informací o pilotní lokalitě bylo zapotřebí je dodatečně odvodit. Příkladem potřebných vstupních dat jsou charakteristické křivky nádrže – čára objemu a plochy, konsumpční křivka bezpečnostního přelivu, hranice plochy povodí, apod. Při odvození se použily mapové zdroje dostupné online na webových stránkách (např. www.mapy.cz, www.agr.cuzk.cz/geoprohlizec/), mapové zdroje dostupné z jiných zdrojů (např. služby WMS - <https://geoportal.cuzk.cz>, interní databáze) nebo z terénního průzkumu. Výpočty probíhaly podle obecně platných pravidel.

5.3. Terénní průzkum

V rámci terénního průzkumu na všech 50 pilotních lokalitách bylo v průběhu projektu provedeno geodetické zaměření koruny hráze, příčných profilů a funkčních objektů vodního díla (výpust, bezpečnostní přeliv) a byl zmapován přítok a odtok vodního díla s cílem posoudit možnosti zajištění případného monitoringu pro sledování MZP. Geodetické zaměření bylo provedeno pomocí přístroje GPS a totální stanice v souřadném systému S - JTSK a výškovém systému Balt po vyrovnání. Geodetické zaměření bylo následně využito pro posouzení případných sedání koruny hráze, kapacity bezpečnostních přelivů a funkčnosti výpustních objektů. Geodetické zaměření sloužilo též k ověření věrohodnosti dostupných podkladů k pilotním lokalitám. V příloze D je zpracovaná fotodokumentace vodních děl. Na fotografiích je vždy zachycena hráz vodního díla, funkční objekty (výpust, bezpečnostní přeliv) a případně přítok vodního díla.

Terénní průzkum se zaměřil i na funkční objekty pilotních lokalit, u kterých byla vyhodnocena možnost dodržování minimálních zůstatkových průtoků a bezpečného převedení povodňových průtoků. Ukázky objektů z terénního průzkumu jsou na obrázcích 4.3 až 4.9.

Na následujícím obrázku 5.5 jsou znázorněny výsledky geodetického zaměření pilotní lokality Svobodný rybník. Obrázek obsahuje podkladovou katastrální mapu s vyneseny zaměřenými body, kdy se v rámci geodetického zaměření zaměřovala osa koruny hráze, příčný profil hráze a funkční objekty (výpust, bezpečnostní přeliv). Obrázek je doplněn o ukázkou výpisu vynesných bodů uvedených v tabulce 5.1 pro pilotní lokalitu Svobodný rybník.



Obr. 5.5 – Katastrální mapa s geodetickým zaměřením lokality Svobodný rybník

Tabulka 5.1 – Ukázka výpisu geodetického zaměření lokality Svobodný rybník

souřadnice S - JTSK		Nadmořská výška	POPIS
X [m]	Y [m]	Bpv [m n. m.]	
719960,14	1176091,84	488,85	osa hráze
719961,70	1176098,26	488,79	osa hráze
719959,70	1176055,05	488,87	osa hráze
719959,82	1176011,52	488,91	osa hráze
719959,41	1175973,57	488,84	osa hráze
719959,38	1175931,04	488,76	osa hráze
719959,12	1175882,44	489,09	osa hráze
719960,29	1175851,82	489,22	osa hráze
719962,46	1175812,78	489,25	osa hráze
719963,40	1175790,55	489,16	osa hráze
719964,98	1175764,54	488,81	osa hráze
719968,67	1175730,90	488,92	osa hráze
719973,52	1175700,52	489,30	osa hráze
719979,56	1175664,38	489,29	osa hráze
719954,78	1175777,11	485,34	příčný profil - vzdušní svah
719963,12	1175775,98	488,86	funkční objekt - výpust
719966,34	1175776,00	488,80	příčný profil - koruna hráze
719972,30	1175777,71	485,92	příčný profil - koruna hráze
719978,48	1175772,60	483,95	příčný profil - návodní svah
719952,15	1175776,13	483,20	funkční objekt - výpust

5.4. Databáze pilotních lokalit a mapa pilotních lokalit

Databáze pilotních lokalit je poskytnuta ve verzi, která je určena především pro státní správu a odbornou veřejnost. Databáze pilotních lokalit obsahuje následující informace o vodních dílech typu malá vodní nádrž a rybník:

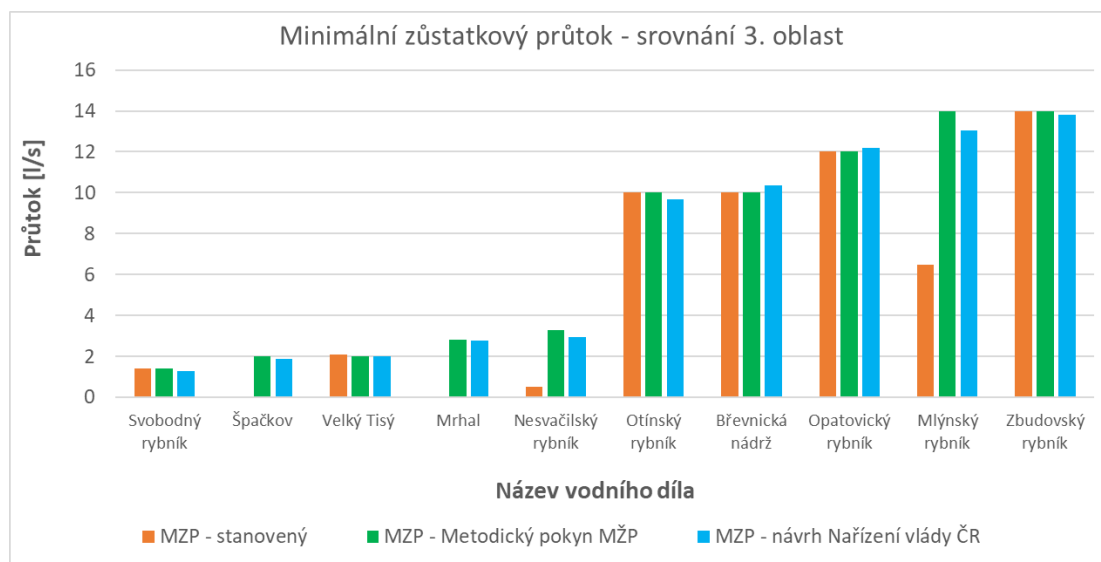
- Pořadové číslo – přiřazené evidenční číslo pro vodní dílo
- Název VD – název vodního díla
- Typ VD
- Kategorie VD
- Poloha (souřadnice X a Y v S-JTSK)
- Kraj
- ORP – kód a název obce s rozšířenou působností
- Katastr
- Vlastník – vlastník vodního díla
- Tok – název vodního toku
- Číslo hydrologického pořadí
- Technické parametry funkčních objektů – výpust / přeliv – informace *ano / ne*
- Posouzení MZP – stanovený MZP vodoprávním úřadem z dostupných podkladů, odvozený MZP z dostupných hydrologických dat podle metodického pokynu MŽP z roku 1998 a podle návrhu Nařízení vlády ČR z roku 2019
- Hodnocení z pohledu bezpečnosti při povodních dle ČSN 75 2935 – požadovaná KPV a závěr posouzení (*ano / ne*)

Mapa pilotních lokalit (viz Obr. 5.1) představuje bodovou vrstvu, kdy atributová tabulka obsahuje totožné parametry s databází pilotních lokalit. Mapa je zpracována ve formátu QGIS, který je volně dostupný. Databáze pilotních lokalit a mapa pilotních lokalit jsou požadovanými výstupy výzkumného projektu.

6. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na pilotních lokalitách

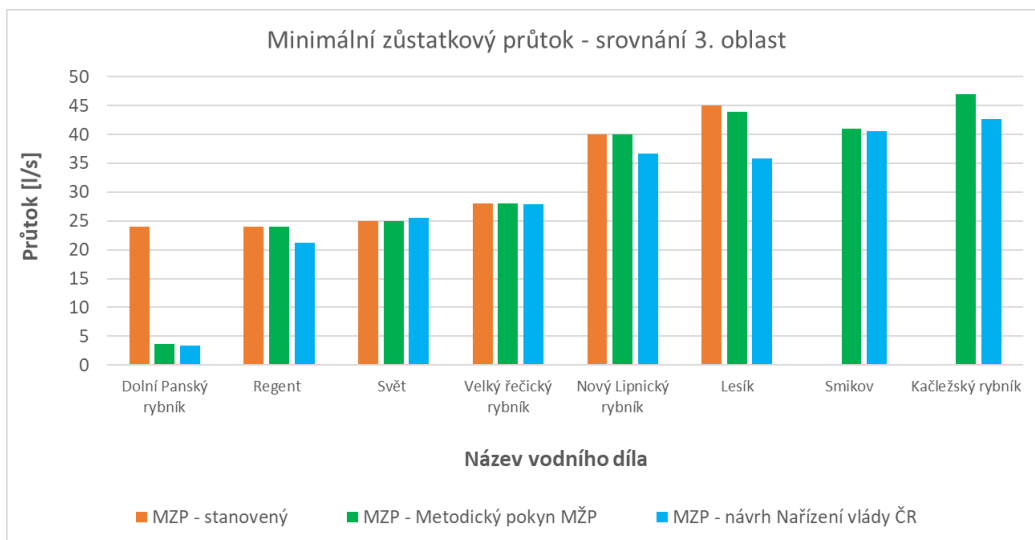
6.1. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na pilotních lokalitách

Posouzení vyhodnocovalo dopad současného a navrhovaného přístupu na hodnoty minimálního zůstatkového průtoku (MZP). Pro každou pilotní lokalitu se převzala hodnota MZP stanovená vodoprávním úřadem, když byla k dispozici v podkladech o vodním díle, a ze získaných hydrologických dat m – denních průtoků se vypočetla hodnota MZP podle současného platného přístupu v metodickém pokynu MŽP z roku 1998 (viz Tabulka 3.1) a hodnota MZP podle navrhovaného metodického přístupu v návrhu Nařízení vlády ČR z roku 2019 (viz Tabulka 3.3).¹ Hodnoty MZP jsou uvedeny v tabulce Přílohy C. V grafech 6.1 až 6.6 jsou pro pilotní lokality vyneseny hodnoty minimálního zůstatkového průtoku, kdy převzatá hodnota stanoveného MZP z podkladů je označena „MZP – stanovený“. Dále hodnota MZP vypočtená dle metodického pokynu MŽP je označena „MZP – Metodický pokyn MŽP“ a hodnota MZP vypočtená dle návrhu Nařízení vlády ČR je označena „MZP – návrh Nařízení vlády ČR“. V grafech jsou pilotní lokality rozlišeny s ohledem na svoji příslušnost k jednotlivým regionům území České republiky dle návrhu Nařízení vlády ČR. Z 50 pilotních lokalit leží v 3. oblasti celkem 26 lokalit a ve 4. oblasti celkem 24 lokalit.

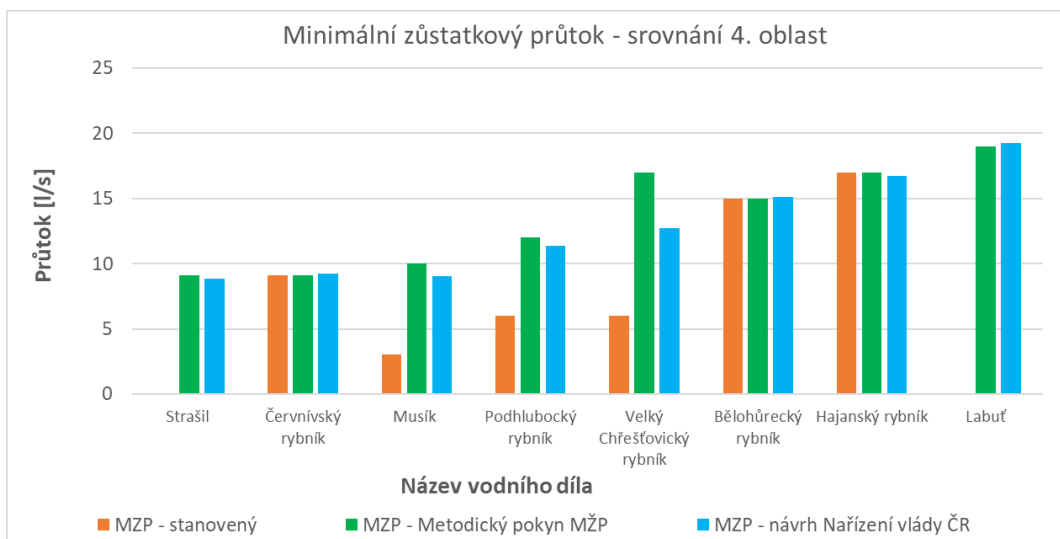


Graf 6.1 – Srovnání hodnot minimálních zůstatkových průtoků u pilotních lokalit, 3. oblast

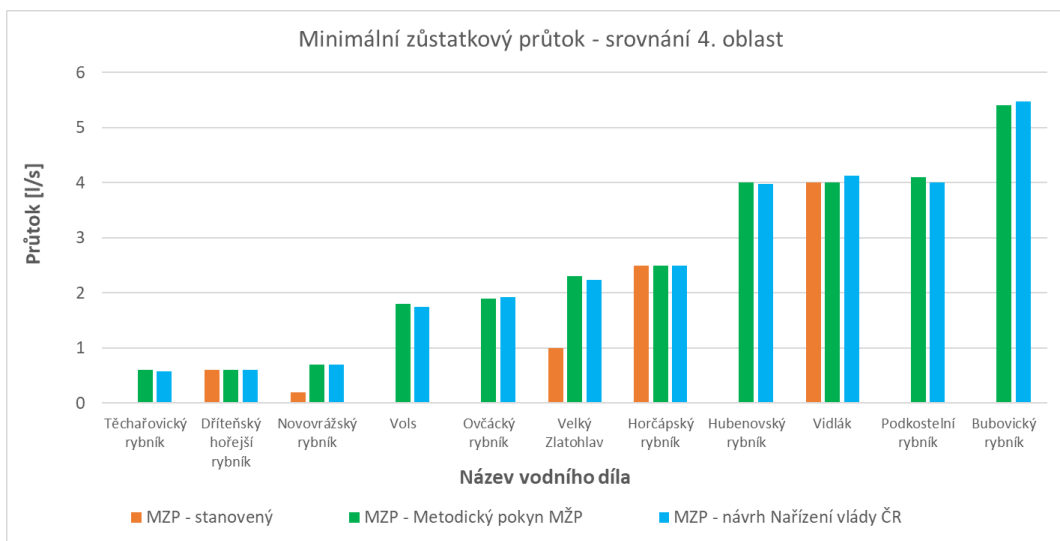
¹ Při posouzení se pro MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR používá vztah z Tabulky 3.3 pro hlavní sezónu, tj. $MZP_{NV} = Q_{330} \times (1 - Q_{355} / Q_a) \times K$, pokud není uvedeno jinak. V návrhu Nařízení vlády ČR se uvádí podmínky, kdy se MZP stanovený dle Tabulky 3.3 blíže specifikuje.



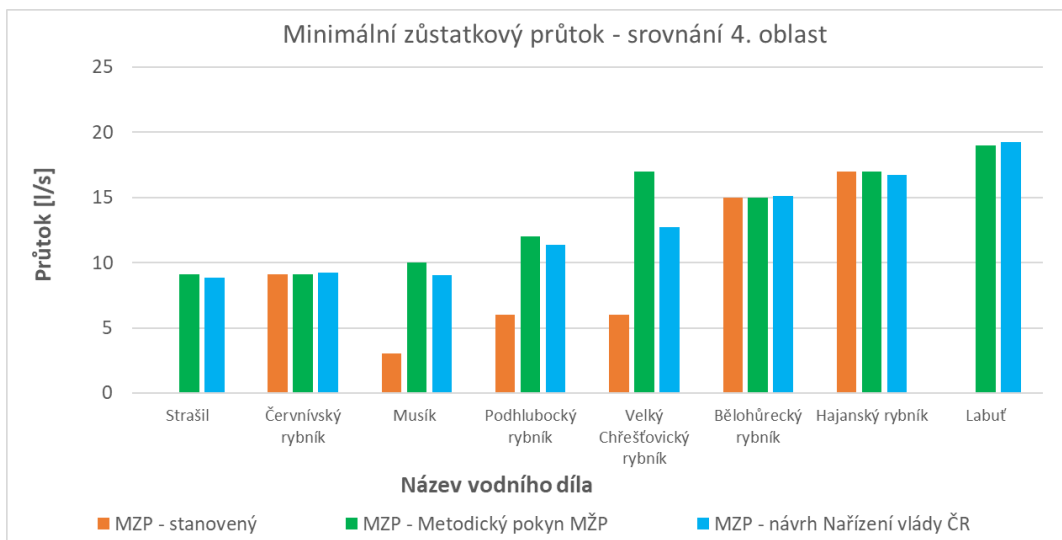
Graf 6.2 – Srovnání hodnot minimálních zůstatkových průtoků u pilotních lokalit, 3. oblast



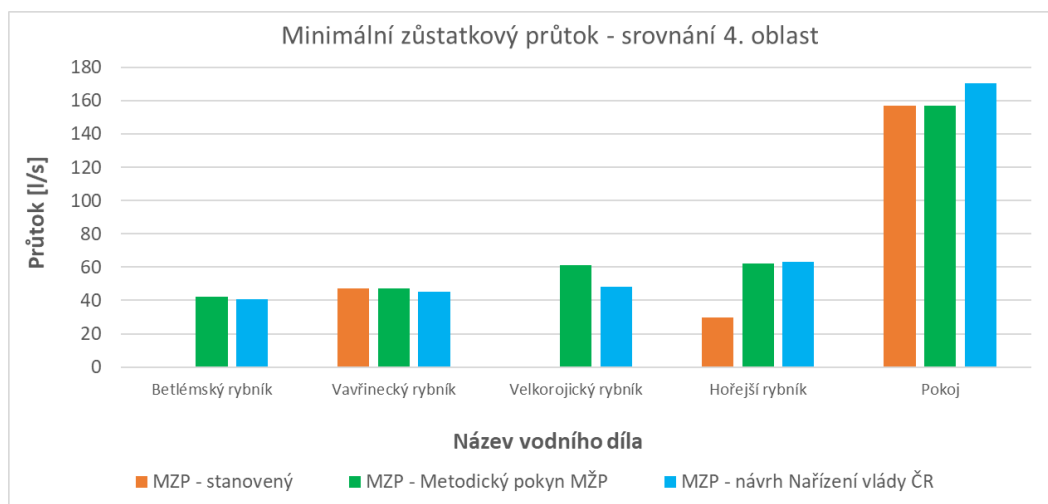
Graf 6.3 – Srovnání hodnot minimálních zůstatkových průtoků u pilotních lokalit, 3. oblast



Graf 6.4 – Srovnání hodnot minimálních zůstatkových průtoků u pilotních lokalit, 4. oblast



Graf 6.5 – Srovnání hodnot minimálních zůstatkových průtoků u pilotních lokalit, 4. oblast

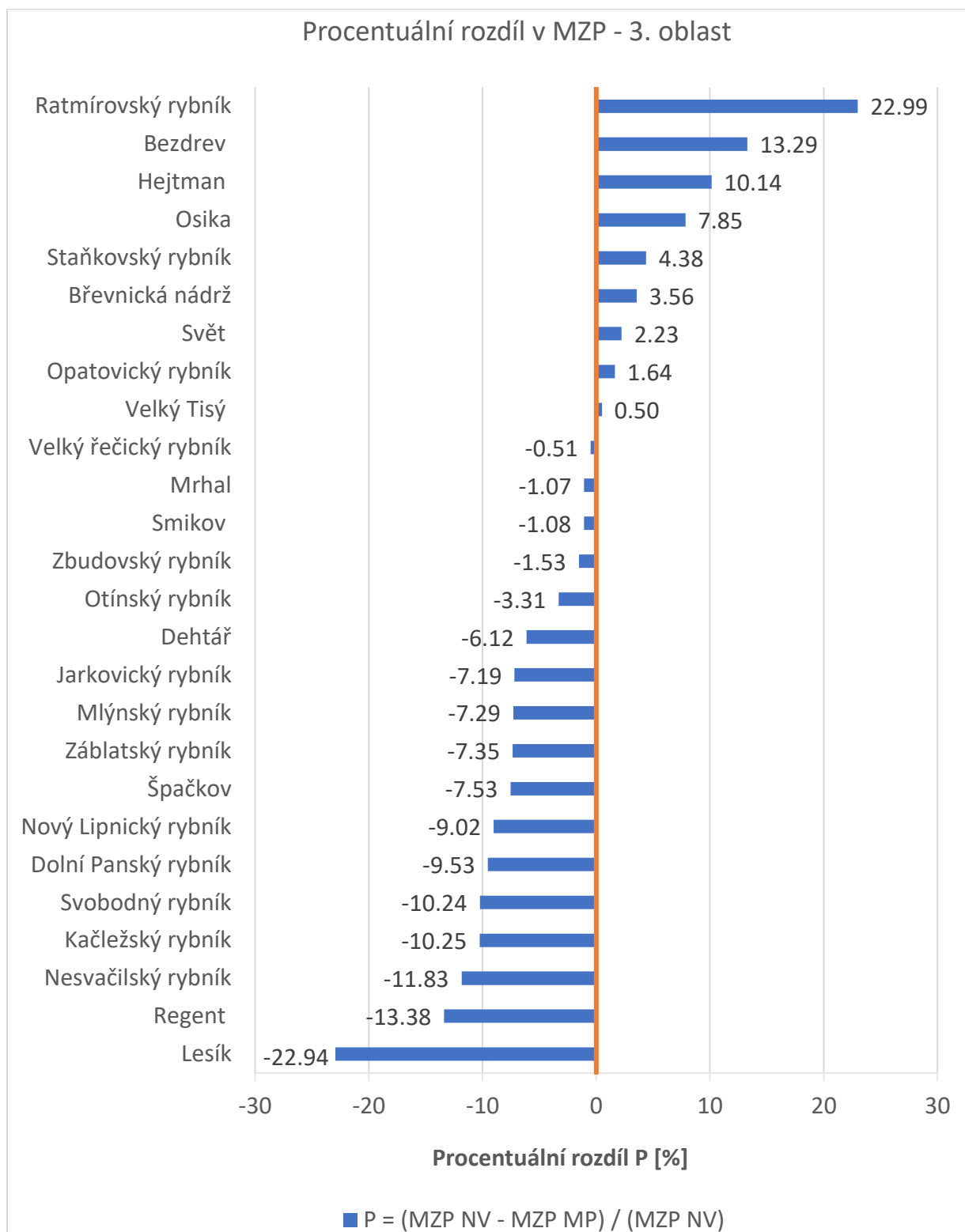


Graf 6.6 – Srovnání hodnot minimálních zůstatkových průtoků u pilotních lokalit, 4. oblast

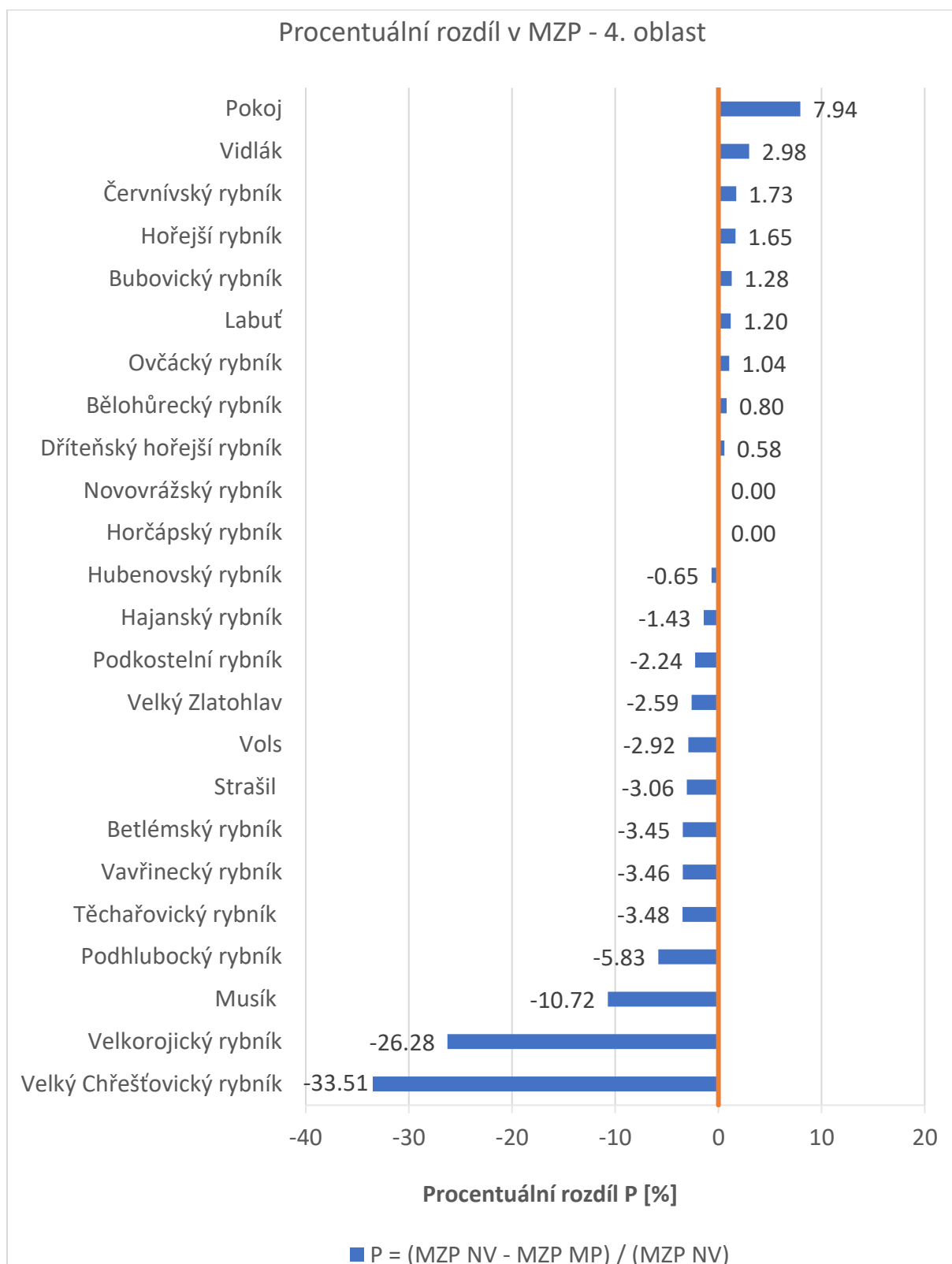
Pro bližší porovnání hodnot MZP dle metodického pokynu MŽP a dle návrhu Nařízení vlády ČR byl definován jejich procentuální rozdíl (viz graf 6.7 a 6.8). Procentuální rozdíl P udává, o kolik procent je hodnota MZP dle metodického pokynu MŽP (MZP_{MP}) menší nebo větší oproti hodnotě MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP_{NV}). Procentuální rozdíl P je stanoven podle vztahu

$$P = \frac{MZP_{NV} - MZP_{MP}}{MZP_{NV}} * 100$$

kde MZP_{MP} je MZP stanovený dle metodického pokynu MŽP [m^3/s], MZP_{NV} je MZP stanovený dle návrhu Nařízení vlády ČR [m^3/s] a P je označení procentuálního rozdílu [%].

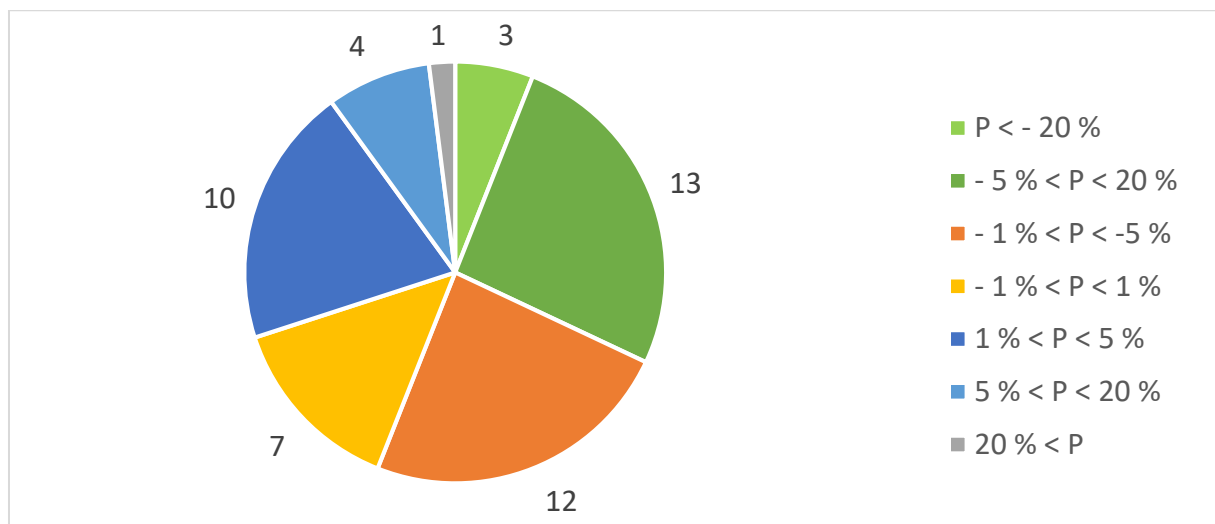


Graf 6.7 – Procentuální rozdíl MZP podle dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) s MZP podle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV) pro pilotní lokality ve 3. oblasti

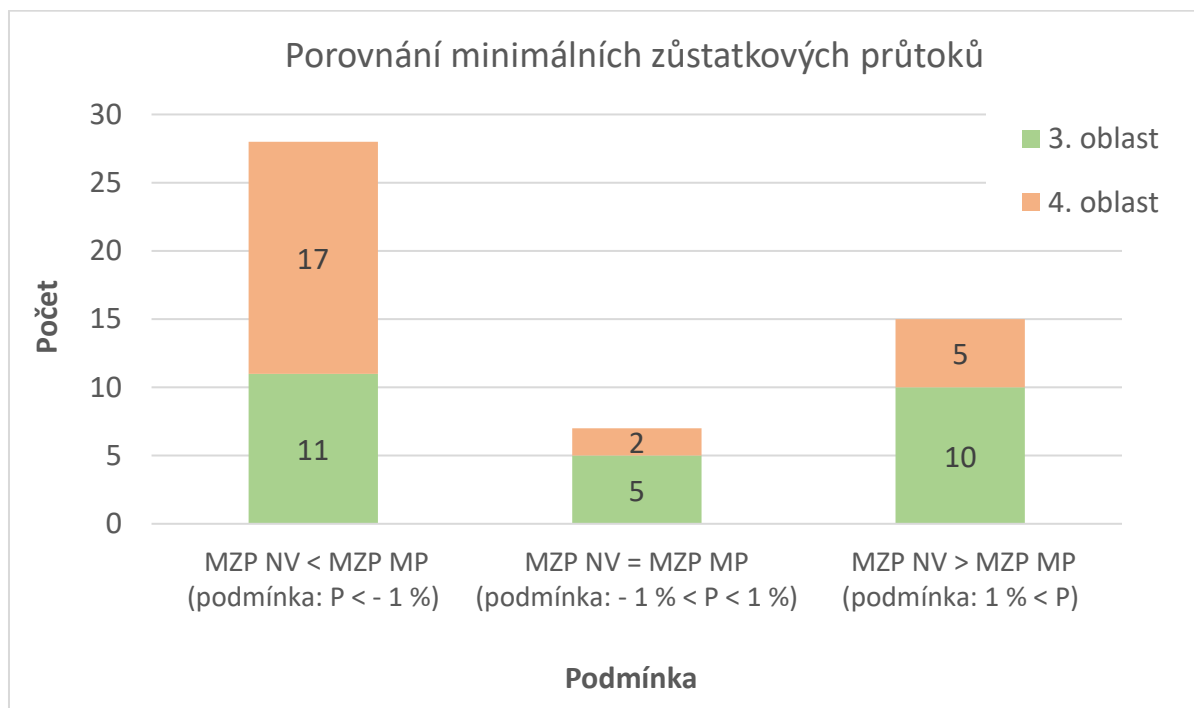


Graf 6.8 – Procentuální rozdíl MZP podle dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) s MZP podle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV) pro pilotní lokality ve 4. oblasti

Hodnota MZP_{NV} je obdobná s hodnotou MZP_{MP} pro 7 pilotních lokalit, kdy jejich procentuální rozdíl P je v rozmezí od -1 % do 1 % (viz graf 6.9 a 6.10). Hodnota MZP_{NV} je menší než hodnota MZP_{MP} pro 28 pilotních lokalit, kdy jejich procentuální rozdíl P je menší než -1 %. Hodnota MZP_{NV} je vyšší než hodnota MZP_{MP} pro 15 pilotních lokalit, kdy jejich procentuální rozdíl P je vyšší než 1 %. Pro 4 pilotní lokality je procentuální rozdíl P větší než 20 %.

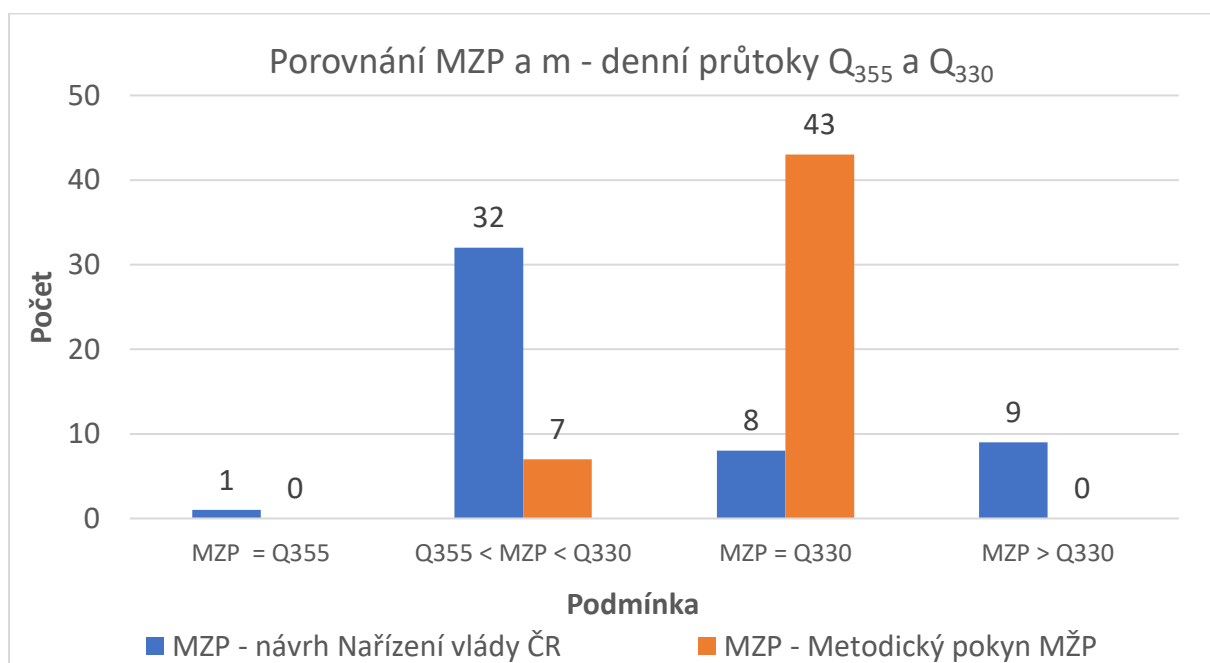


Graf 6.9 – Zastoupení pilotních lokalit dle velikosti procentuálního rozdílu P (%) mezi hodnotami MZP_{NV} a MZP_{MP}



Graf 6.10 – Zastoupení pilotních lokalit dle hodnoty procentuálního rozdílu P (%) mezi MZP_{NV} a MZP_{MP} s přihlédnutím k regionalizaci území ČR (viz Obr. 3.1)

V grafu 6.11 se porovnává *MZP NV* (dle Nařízení vlády ČR) a *MZP MP* (dle metodického pokynu MŽP) s *m* – denními průtoky Q_{330} a Q_{355} . U pilotní lokality Záblický rybník bylo nutné navýšit *MZP NV* na hodnotu průtoky Q_{355} , protože *MZP NV* vypočtený podle vztahu pro hlavní sezónu (viz Tabulka 3.3) je nižší než průtok Q_{355} (tj. $MZP NV = 0,0638 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{355} = 0,068 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow MZP NV = 0,068 \text{ m}^3/\text{s}$). Podle návrhu Nařízení vlády ČR by *MZP* neměl být nižší než průtok Q_{355} . Pro 32 pilotních lokalit nabývá *MZP NV* hodnot z intervalu průtoků mezi Q_{355} a Q_{330} , přičemž u 13 lokalit je hodnota *MZP NV* blízká průtoky Q_{330} (rozdíl do 0,5 l/s). Pro 8 pilotních lokalit se hodnota *MZP NV* rovná průtoky Q_{330} . Pro 9 pilotních lokalit je hodnota *MZP NV* vyšší než průtok Q_{330} . Hodnota *MZP MP* nabývá převážně hodnot odpovídající průtoky Q_{330} . Hodnota *MZP MP* je nižší než průtok Q_{330} pouze u 7 pilotních lokalit.



Graf 6. 11 – Porovnání hodnot *MZP* dle metodického pokynu MŽP a dle návrhu Nařízení vlády ČR s ohledem na *m* – denní průtoky Q_{330} a Q_{355}

V tabulce 6.1 se porovnává 9 pilotních lokalit v situaci, kdy by se hodnota *MZP NV* pro hlavní sezónu snížila na průtok Q_{330} . Podle návrhu Nařízení vlády ČR by *MZP* pro hlavní sezónu měl nabývat nejvýše hodnoty jarní sezóny, tj. průtoky Q_{330} . V tabulce se uvádí procentuální rozdíl *MZP NV* a průtoky Q_{330} , procentuální rozdíl *MZP MP* a *MZP NV* nebo procentuální rozdíl *MZP MP* a průtoky Q_{330} . Z tabulky vyplývá, že se *MZP NV* liší od průtoky Q_{330} maximálně do 3,7%. *MZP NV* se liší od *MZP MP* maximálně do 3,6%, přičemž *MZP MP* se neliší od průtoky Q_{330} . V případě, kdy by se *MZP NV* pro jarní sezónu rovnal průtoky Q_{330} , byl by *MZP MP* u 7 pilotních lokalit nižší než průtok Q_{330} . Jejich procentuální rozdíl by se pohyboval v rozmezí od 8% do 34% (viz Tabulka 6.2).

Tabulka 6.1 – Porovnání hodnot MZP pro 12 pilotních lokalit s ohledem na jarní sezónu a jarní sezónu v návrhu Nařízení vlády ČR, porovnání hodnot MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR a MZP dle metodického pokynu MŽP

Název vodního díla	Oblast	MZP NV	Q ₃₃₀	P1	MZP MP	P2	P3
[-]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[%]	[l/s]	[%]	[%]
Červínvský rybník	4	9.26	9.10	1.79	9.10	1.73	0.00
Hořejší rybník	4	63.04	62.00	1.68	62.00	1.65	0.00
Svět	3	25.57	25.00	2.30	25.00	2.23	0.00
Opatovický rybník	3	12.21	12.00	1.71	12.00	1.64	0.00
Bělohůrecký rybník	4	15.12	15.00	0.81	15.00	0.80	0.00
Labuť	4	19.23	19.00	1.21	19.00	1.20	0.00
Bubovický rybník	4	5.47	5.40	1.37	5.40	1.28	0.00
Vidlák	4	4.12	4.00	3.09	4.00	2.98	0.00
Břevnická nádrž	3	10.37	10.00	3.69	10.00	3.56	0.00

Pozn.

MZP NV MZP pro hlavní sezónu dle návrhu NV ČR $MZP NV = K \times Q_{330} \times (1 - Q_{355} / Q_a)$

Q₃₃₀ m - denní průtok Q₃₃₀ (MZP pro jarní sezónu odpovídá průtoku Q₃₃₀)

P1 procentuální rozdíl $P = (MZP NV - Q_{330}) / MZP NV * 100$

MZP MP MZP dle metodického pokynu MŽP

P2 procentuální rozdíl $P = (MZP NV - MZP MP) / MZP NV * 100$

P3 procentuální rozdíl $P = (Q_{330} - MZP MP) / Q_{330} * 100$

MZP minimální zůstatkový průtok

Tabulka 6.2 – Porovnání hodnot MZP pro 7 pilotních lokalit s ohledem na způsob výpočtu pro jarní sezónu dle návrhu Nařízení vlády ČR a MZP dle metodického pokynu MŽP

Název vodního díla	MZP NV = Q ₃₃₀	MZP MP	P
[-]	[l/s]	[l/s]	[%]
Bezdrv	180.0	224.0	-24.4
Hejtman	78.0	89.0	-14.1
Staňkovský rybník	75.5	83.0	-9.9
Záblatský rybník	73.0	79.0	-8.2
Osíka	65.0	79.0	-21.5
Ratmírovský rybník	155.0	208.0	-34.2
Pokoj	157.0	188.0	-19.7

Pozn.

Q₃₃₀ m - denní průtok Q₃₃₀

MZP MP MZP dle metodického pokynu MŽP

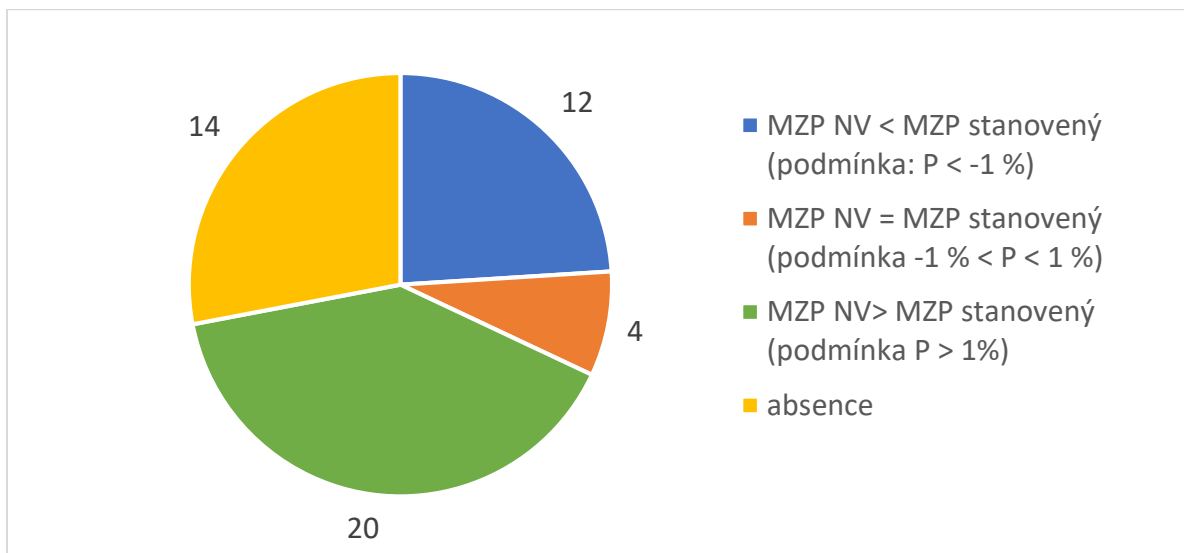
P procentuální rozdíl $P = (Q_{330} - MZP MP) / Q_{330} * 100$

Grafy 6.12 a 6.13 ukazují počet pilotních lokalit porovnáním MZP stanoveného vodoprávním úřadem z podkladů (označení „MZP stanovený“), MZP vypočteného dle metodického pokynu MŽP (označení „MZP MP“) nebo MZP vypočteného dle návrhu Nařízení vlády ČR (označení „MZP NV“). Pokud údaj o MZP nebyl k dispozici z dostupných podkladů, pilotní lokalita se zařadila do skupiny „absence“. Porovnání je opět provedeno pomocí procentuálního rozdílu těchto hodnot podle vztahu

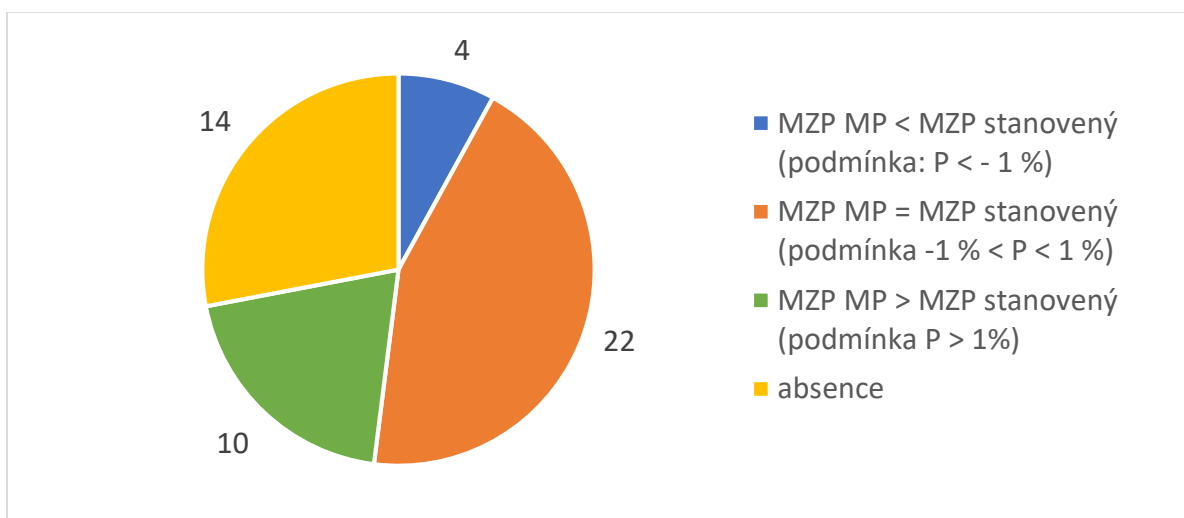
$$P = \frac{\text{MZP NV} - \text{MZP stanovený}}{\text{MZP NV}} * 100 \quad [\%]$$

nebo podle vztahu

$$P = \frac{\text{MZP MP} - \text{MZP stanovený}}{\text{MZP MP}} * 100 \quad [\%].$$

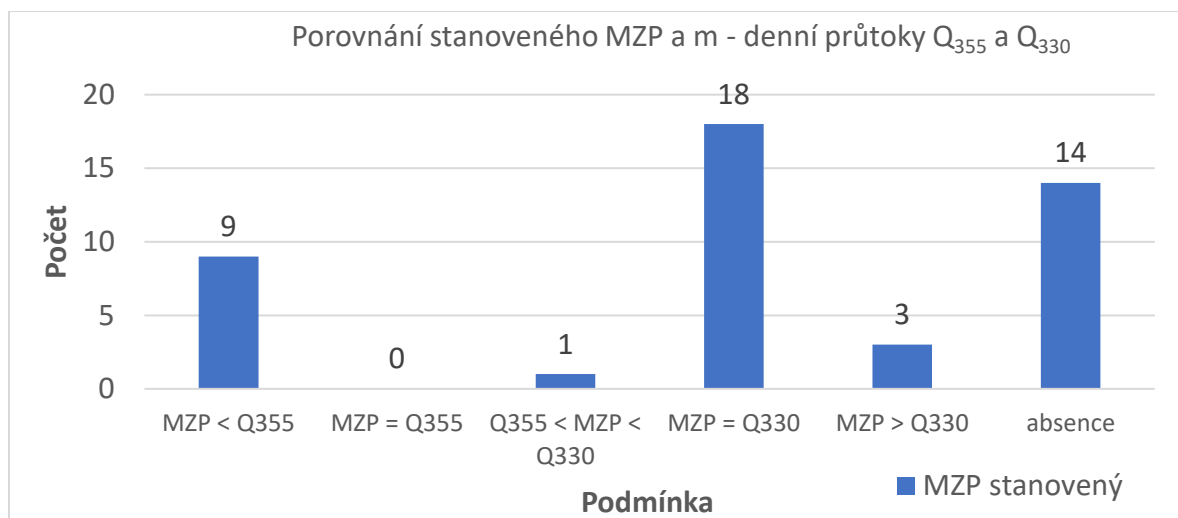


Graf 6.12 – Porovnání hodnot MZP z dostupných podkladů (MZP stanovený) a MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV)



Graf 6.13 – Porovnání hodnot MZP dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) a MZP z dostupných podkladů (MZP stanovený)

Graf 6.14 porovnává hydrologická data m – denních průtoků s MZP stanovený. Porovnání stanoveného MZP vodoprávním úřadem v podkladech, MZP vypočteného dle metodického pokynu MŽP, MZP vypočteného dle Nařízení vlády ČR nebo hydrologických dat m – denních průtoků může být zatíženo do jisté míry nejistotou, pokud jsou stáří podkladů o stanoveném MZP a aktuálnost hydrologických dat rozdílné.



Graf 6.14 – Porovnání stanoveného MZP v podkladech (MZP stanovený) s ohledem na m – denní průtoky Q_{330} a Q_{355}

Z uvedených grafů je patrné, že z hlediska MZP dochází k několika základním situacím. První reprezentuje stav, kdy hodnota MZP byla na vodním díle stanovena v souladu se směrnými hodnotami v platném metodickém pokynu MŽP. Druhý reprezentuje stav, kdy je MZP stanovené vodoprávním úřadem výrazně menší než směrné hodnoty v metodickém pokynu MŽP. V případě, že se aplikuje návrh Nařízení vlády ČR, dojde k mírnému snížení hodnot MZP, ale ve většině případů bude hodnota MZP blízká hodnotě dle přístupu z metodického pokynu MŽP.

6.2. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků – aplikace MAVONA

Snahou projektu bylo posoudit, zda zahrnutí období sucha a extrémních povodní poslední dekády do referenčního období bude mít dopad na hodnotu MZP. Použitím aplikace MAVONA se posoudila hydrologická bilance na pilotních lokalitách pro referenční období 1981 až 2021. Z výstupů aplikace se převzala hodnota MZP vypočtená dle metodického pokynu MŽP a dopočítala se hodnota MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR. V tabulce 6.3 a v grafu 6.15 se uvádí procentuálně vyjádřený rozdíl mezi hodnotami MZP z dostupných hydrologických dat a hodnotami MZP z orientačně odvozených hydrologických dat v aplikaci. Z dat vyplývá, že zahrnutím období s výskytem dlouhodobého sucha a extrémních povodňových událostí v posledních patnácti letech do referenčního období lze očekávat snížení m – denních průtoků. U 80 % pilotních lokalit se hodnoty m – denních průtoků a MZP snížily. U zbývajících pilotních lokalit došlo naopak k navýšení hydrologických dat. U pilotních lokalit Špačkov, Těchařovický rybník a Dřítenský rybník není možné adekvátně posoudit hydrologickou bilanci z důvodu malé velikosti povodí, protože pro m - denní průtoky s dobou opakování 330 až 364 dní se generovaly hodnoty blízké nule. Hydrologické údaje pro pilotní lokality s povodím částečně mimo území České republiky mohou být zřejmě zatíženy nejistotou plynoucí z polohy povodí. U posouzení hydrologické bilance se zavádí i nejistota v podobě referenčního období dostupných a orientačních hydrologických dat. Bilanční hodnocení s pomocí aplikace MAVONA je pouze orientační.

Tabulka 6.3 – Porovnání hodnot MZP vypočteného z dostupných hydrologických dat dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) a dle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV) a hodnot MZP vypočteného z hydrologických dat v aplikaci MAVONA dle metodického pokynu MŽP (MZP MP MAVONA) a dle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV MAVONA)

Název vodního díla	MZP MP	MZP MP MAVONA	Procentuální rozdíl	MZP NV	MZP NV MAVONA	Procentuální rozdíl
- - -	l/s	l/s	%	l/s	l/s	%
Velkorojický rybník	61.0	14.2	-76.7%	48.3	13.4	-72.3%
Kačležský rybník	47.0	13.0	-72.3%	42.6	12.9	-69.8%
Špačkov	2.0	0.6	-70.0%	1.9	1.1	-43.5%
Lesík	44.0	13.5	-69.3%	35.8	12.9	-64.0%
Pokoj	157.0	53.0	-66.2%	170.6	52.3	-69.3%
Nový Lipnický rybník (Podřezanský r.)	40.0	13.6	-66.0%	36.7	13.5	-63.2%
Velký Chřešřtovicový rybník	17.0	6.1	-64.1%	12.7	5.7	-55.2%
Břevnická nádrž	10.0	3.8	-62.0%	10.4	1.9	-81.4%
Strašil	9.1	3.8	-58.2%	8.8	3.9	-55.4%
Záblatský rybník	73.0	30.5	-58.2%	68.0	28.1	-58.7%
Osika	65.0	28.0	-56.9%	70.5	28.7	-59.3%
Betlémský rybník	42.0	19.7	-53.1%	40.6	20.2	-50.1%
Dehtář	83.0	42.0	-49.4%	78.2	39.9	-48.9%
Nesvačilský rybník	3.3	1.7	-48.5%	3.0	1.9	-34.8%
Regent	24.0	12.5	-47.9%	21.2	12.0	-43.2%
Bubovický rybník	5.4	3.1	-42.6%	5.5	3.0	-45.9%
Jarkovický rybník	62.0	35.7	-42.4%	57.8	34.8	-39.8%

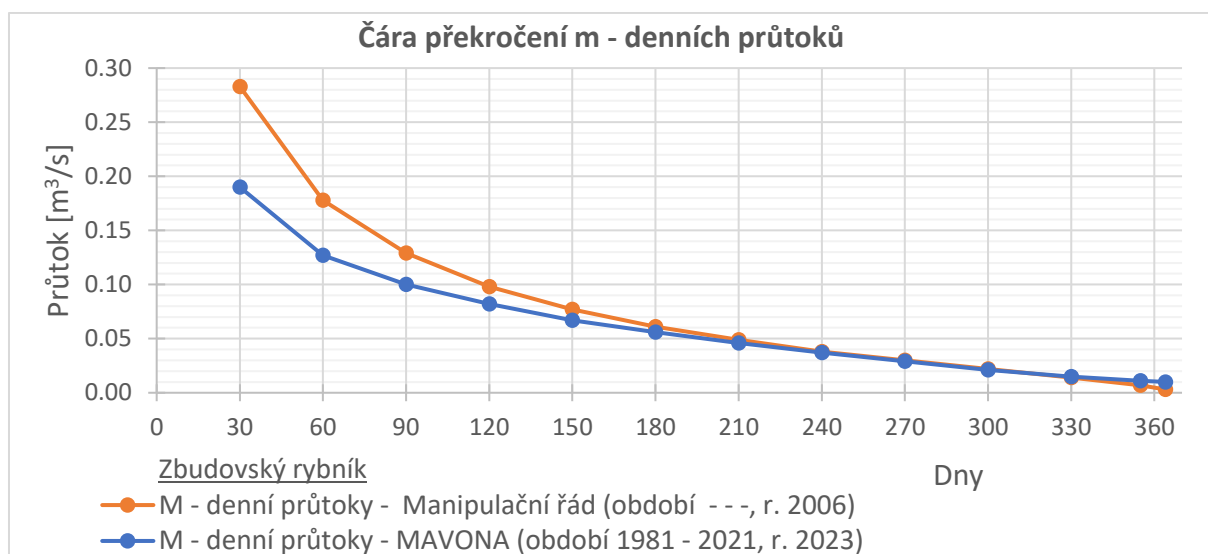
Tabulka 6.3 - Pokračování

Název vodního díla	MZP MP	MZP MP MAVONA	Procentuální rozdíl	MZP NV	MZP NV MAVONA	Procentuální rozdíl
---	l/s	l/s	%	l/s	l/s	%
Hajanský rybník	17.0	10.0	-41.2%	16.8	9.4	-43.9%
Dolní Panský rybník	3.7	2.2	-40.5%	3.4	2.0	-40.7%
Bezdrv	180.0	109.0	-39.4%	207.6	118.3	-43.0%
Velký řečický rybník	28.0	17.6	-37.1%	27.9	17.5	-37.3%
Podhlubocký rybník	12.0	7.6	-36.7%	11.3	7.7	-32.0%
Vavřinecký rybník	47.0	30.0	-36.2%	45.4	29.5	-35.0%
Otínský rybník	10.0	6.4	-36.0%	9.7	5.8	-40.2%
Ratmírovský rybník	155.0	102.0	-34.2%	201.3	127.4	-36.7%
Těchařovický rybník	0.6	0.4	-33.3%	0.6	0.0	-100.0%
Svobodný rybník	1.4	1.0	-28.6%	1.3	0.9	-25.6%
Podkostelní rybník	4.1	3.0	-26.8%	4.0	2.8	-29.1%
Velký Zlatohlav	2.3	1.7	-26.1%	2.2	2.0	-10.0%
Hořejší rybník	62.0	47.5	-23.4%	63.0	47.9	-24.0%
Hubenovský rybník	4.0	3.1	-22.5%	4.0	2.9	-26.7%
Vols	1.8	1.4	-22.2%	1.7	1.0	-43.2%
Mrhal	2.8	2.2	-21.4%	2.8	1.9	-32.3%
Labuť	19.0	15.0	-21.1%	19.2	14.4	-25.0%
Vidlák	4.0	3.2	-20.0%	4.1	3.0	-28.3%
Dříteňský hořejší rybník	0.6	0.5	-16.7%	0.6	1.1	77.3%
Horčápský rybník	2.5	2.1	-16.0%	2.5	1.9	-25.7%
Červínvský rybník	9.1	7.7	-15.4%	9.3	7.7	-16.7%
Bělohůrecký rybník	15.0	13.0	-13.3%	15.1	12.5	-17.5%
Staňkovský rybník	75.5	74.0	-2.0%	79.0	73.0	-7.6%
Musík	10.0	10.0	0.0%	9.0	8.8	-3.1%
Smikov	41.0	41.0	0.0%	40.6	39.7	-2.0%
Hejtman	78.0	79.0	1.3%	86.8	96.6	11.3%
Zbudovský rybník	14.0	15.0	7.1%	13.8	14.1	1.9%
Ovčácký rybník	1.9	2.7	42.1%	1.9	2.8	44.4%
Velký Tisý	2.0	3.2	60.0%	2.0	2.8	39.8%
Svět	25.0	40.6	62.4%	25.6	39.0	52.4%
Opatovický rybník	12.0	20.0	66.7%	12.2	19.2	57.6%
Mlýnský rybník	14.0	28.9	106.4%	13.0	21.7	66.6%
Novovrážský rybník	0.7	2.6	271.4%	0.7	2.5	251.9%

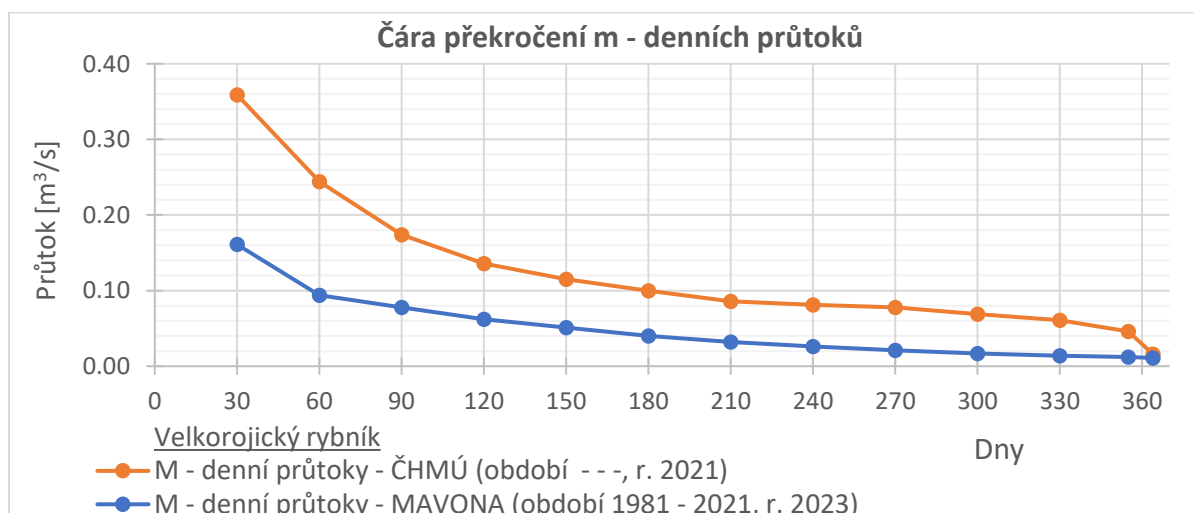


Graf 6.15 – Porovnání pilotních lokalit dle procentuálního rozdílu mezi hodnotami MZP vypočtenými z dostupných hydrologických dat dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) nebo dle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV) a hodnotami MZP vypočtenými z hydrologických dat získaných v aplikaci MAVONA dle metodického pokynu MŽP (MZP MP MAVONA) nebo dle návrhu Nařízení vlády ČR (MZP NV MAVONA)

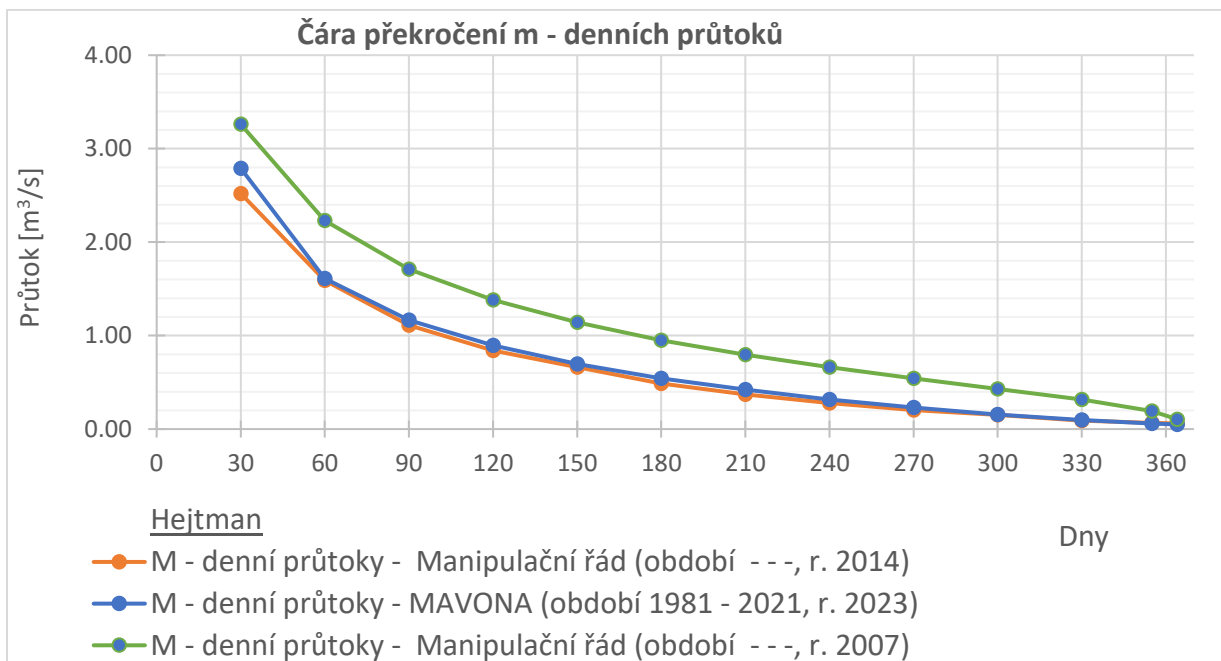
Pro porovnání hydrologických dat se vynesl průběh čáry překročení $m -$ denních průtoků z dostupných podkladů a $m -$ denních průtoků z aplikace MAVONA (viz Graf 6.16 až 6.18). V grafech 6.19 až 6.21 se porovnávají průběhy čar překročení $m -$ denních průtoků s hodnotami MZP. Hodnota MZP převzatá z dostupných podkladů je označena „MZP – stanovený“. Hodnota MZP stanovená dle metodického pokynu MŽP je označena „MZP MP“. Hodnota MZP vypočtená podle Nařízení vlády ČR je označena „MZP NV“. Přes 75 % hodnot $m -$ denních průtoků z aplikace MAVONA nabývá hodnoty nižší, než jsou hodnoty $m -$ denních průtoků z dostupných podkladů, přičemž rozdíl průtoků činí do 25 %. U většiny pilotních lokalit byly čáry $m -$ denních průtoků podobné. Zahrnutím suché periody do referenčního období lze očekávat spíše snížení hodnot $m -$ denních průtoků.



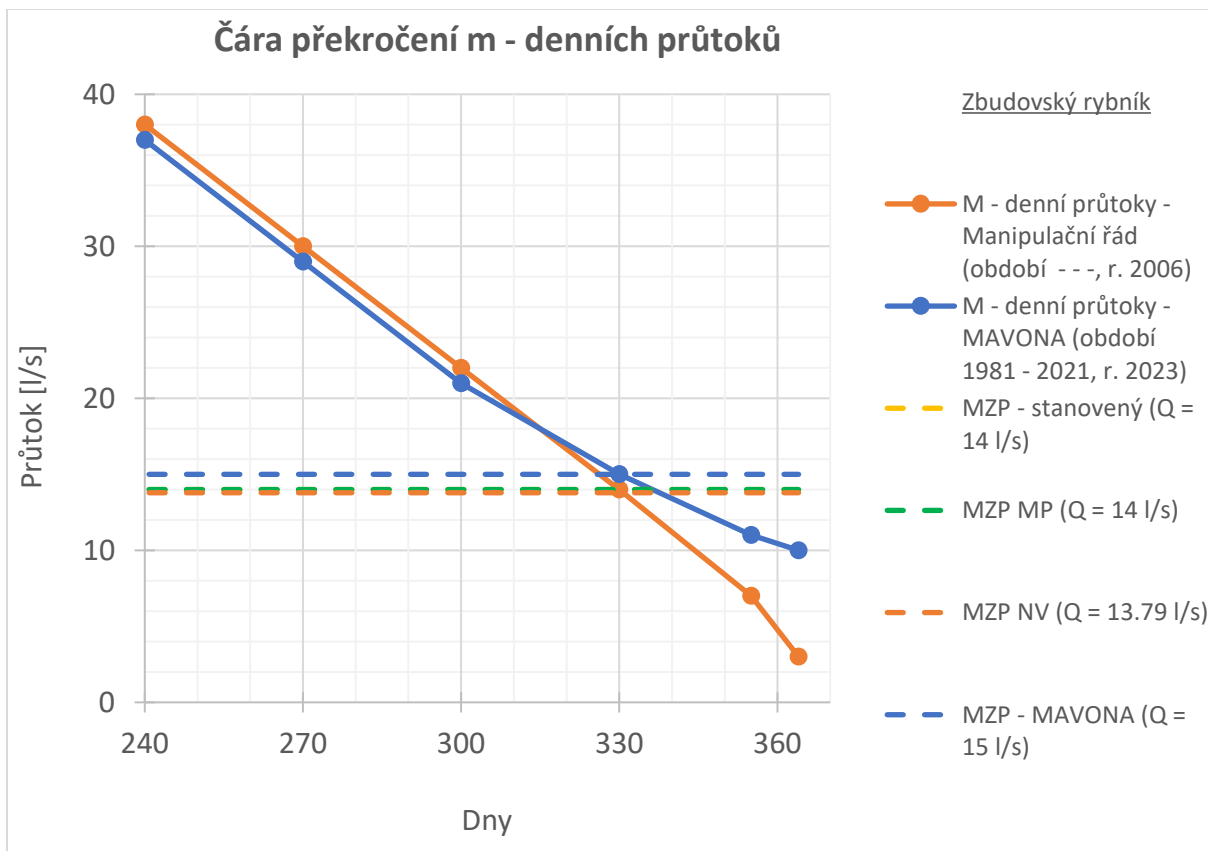
Graf 6.16 – Čára překročení $m -$ denních průtoků pro hydrologická data z dostupných podkladů a pro hydrologická data z aplikace MAVONA



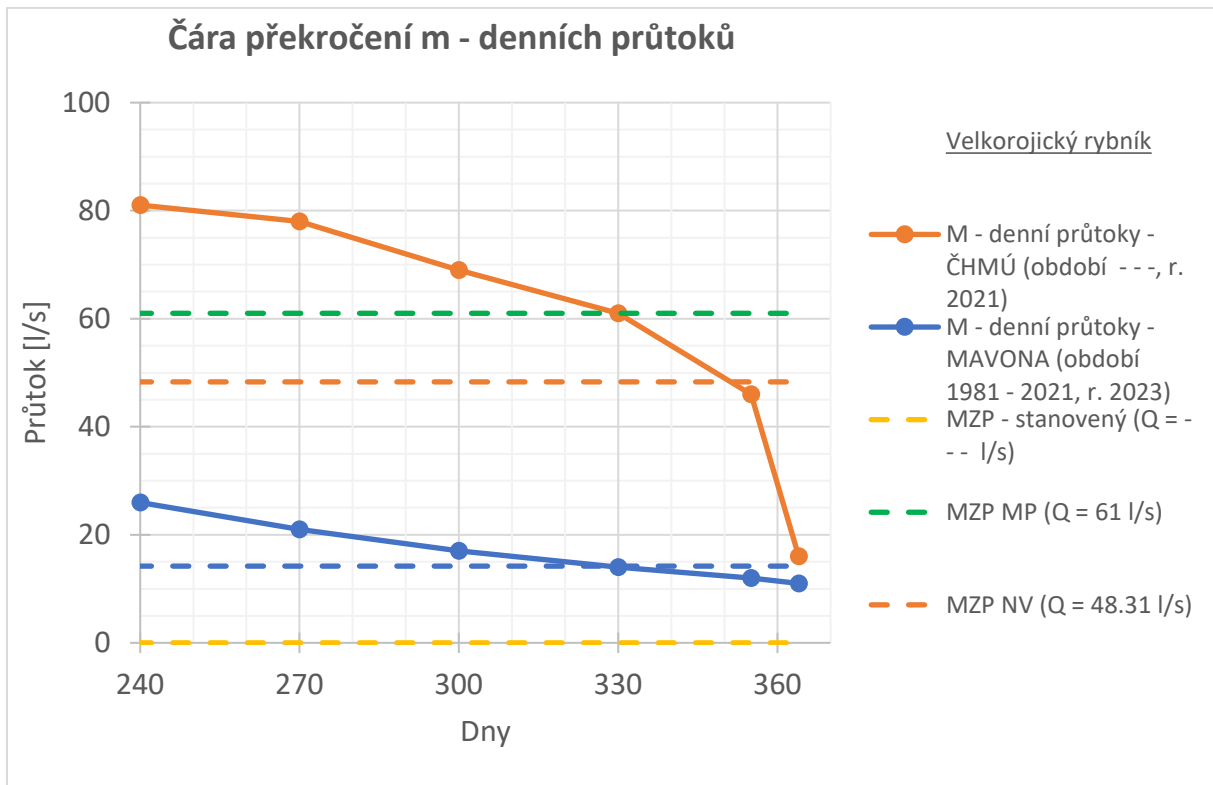
Graf 6.17 – Čára překročení $m -$ denních průtoků pro hydrologická data z dostupných podkladů a pro hydrologická data z aplikace MAVONA



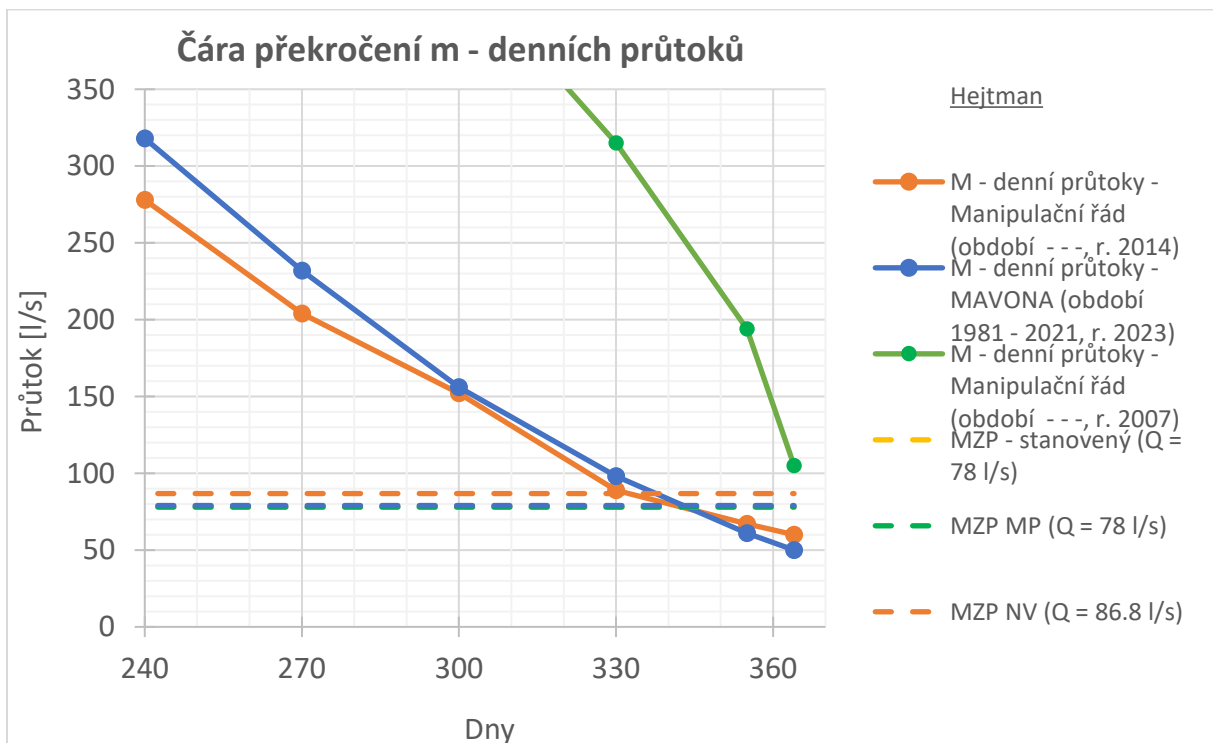
Graf 6.18 – Čára překročení m – denních průtoků pro hydrologická data z dostupných podkladů a pro hydrologická data z aplikace MAVONA



Graf 6.19 – Čára překročení m – denních průtoků pro hydrologická data z dostupných podkladů a pro hydrologická data z aplikace MAVONA

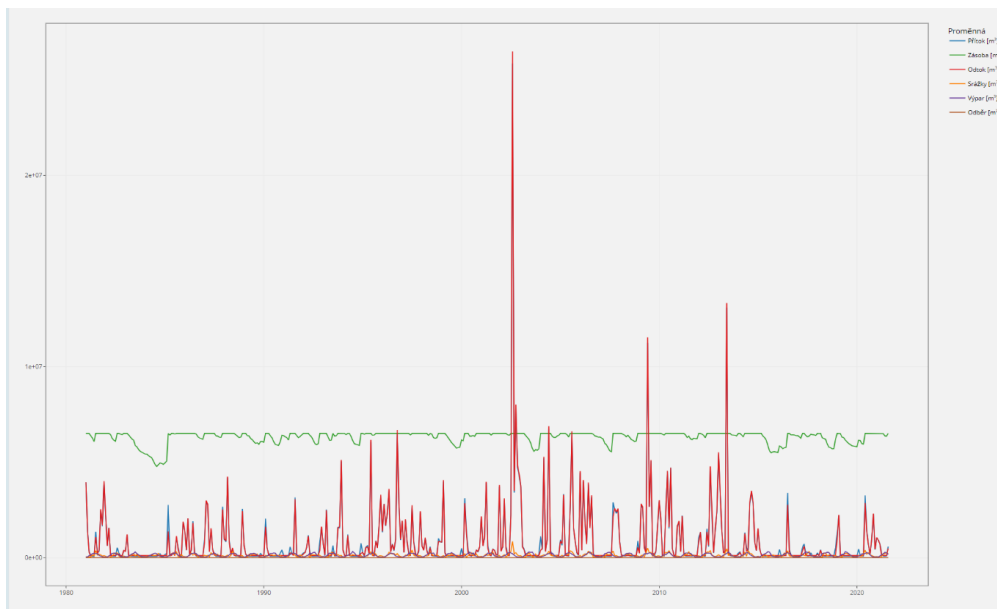


Graf 6.20 – Čára překročení m – denních průtoků pro hydrologická data z dostupných podkladů a pro hydrologická data z aplikace MAVONA

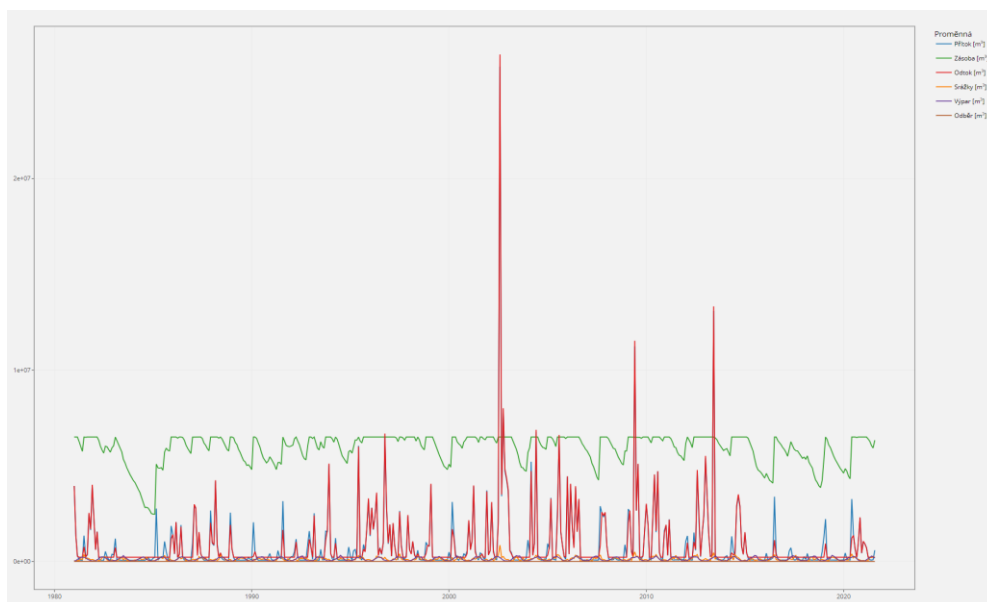


Graf 6.21 – Čára překročení m – denních průtoků pro hydrologická data z dostupných podkladů a pro hydrologická data z aplikace MAVONA

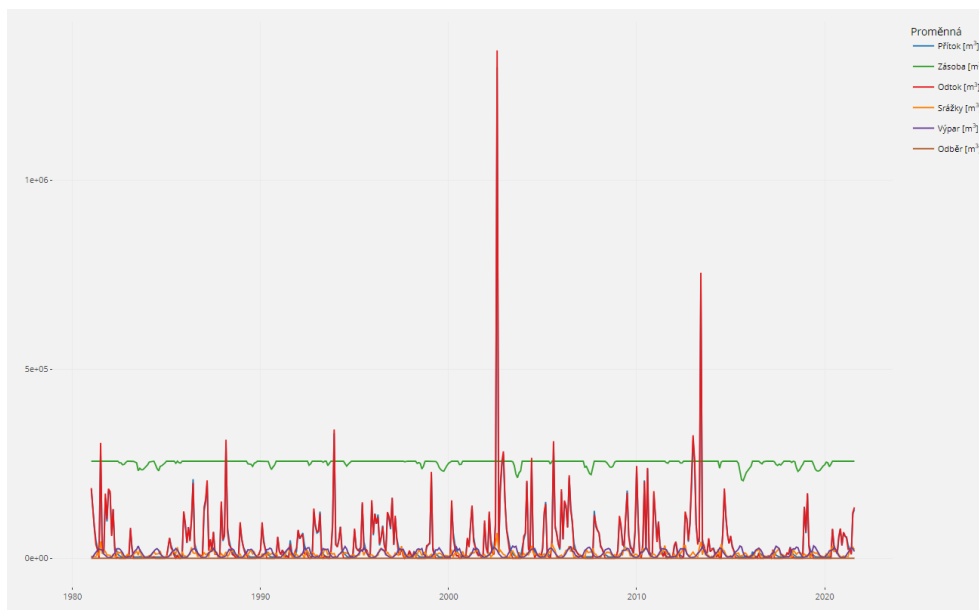
Pomocí aplikace MAVONA si lze předběžně vytvořit představu o zjednodušené dlouhodobé bilanci malé vodní nádrže. Obrázky 6.1 až 6.5 znázorňují grafické vykreslení vybraných parametrů v aplikaci MAVONA pro pilotní lokality rybník Dehtář a Podkostelní rybník v situaci, kdy by dodržování MZP nebylo striktně požadováno a naopak, kdy by dodržení MZP bylo vyžadováno. Hodnota MZP se v aplikaci zadává číselně. Z průběhu grafů vyplývá, že dodržování požadovaného MZP klade nároky na objem nádrže.



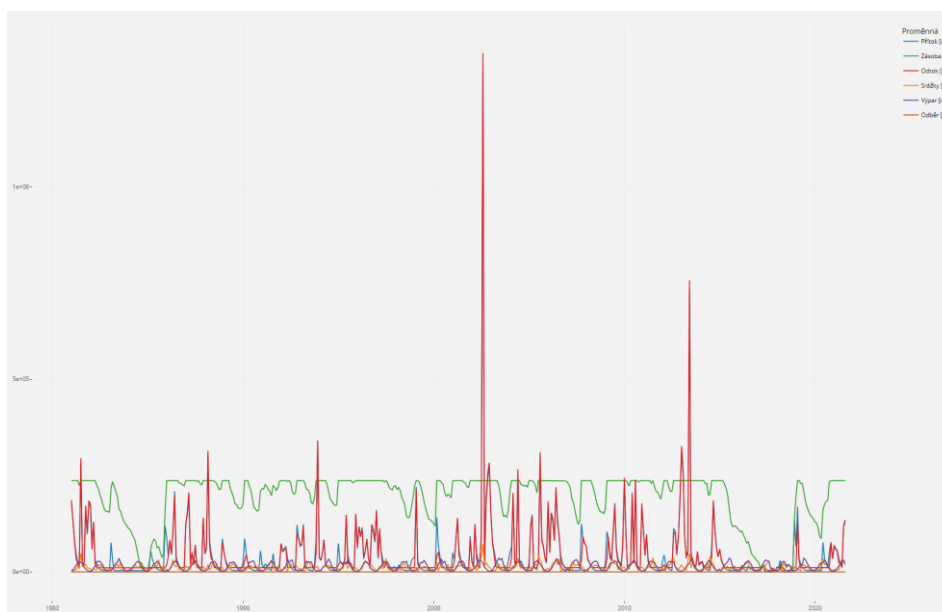
Obr. 6.1 – Rybník Dehtář - Grafický průběh proměnných přítoku (modře), odtoku (červeně), zásoby (zeleně), srážky (oranžově), výparu (fialově) a odběru (hnědě) v aplikaci MAVONA v zadaném období 1981 až 2021, nevyžadováno dodržování MZP (MZP = 0 l/s). Na ose y jsou veličiny uvedeny v m³/měsíc a na ose x čas v rocích



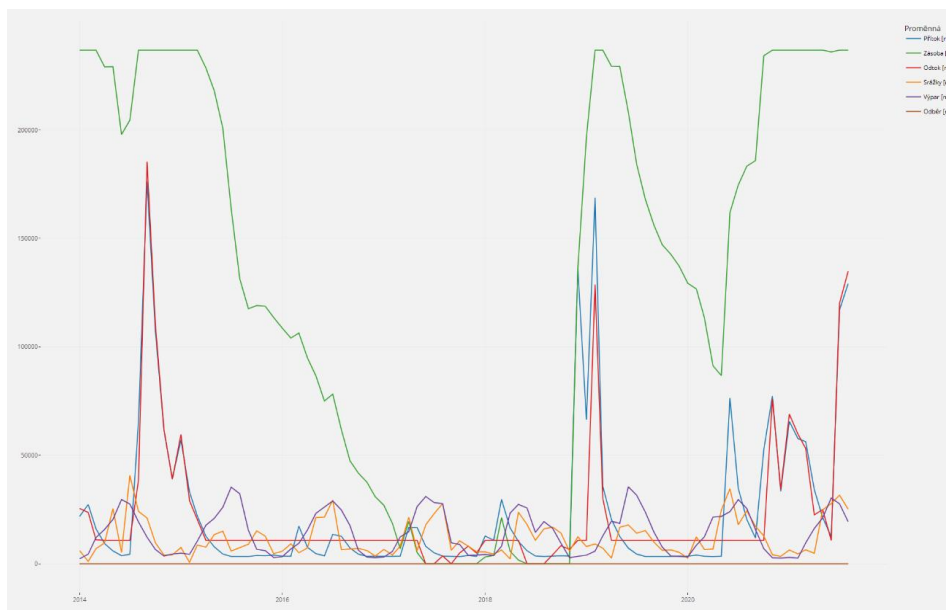
Obr. 6.2 – Rybník Dehtář - Grafický průběh proměnných přítoku (modře), odtoku (červeně), zásoby (zeleně), srážky (oranžově), výparu (fialově) a odběru (hnědě) v aplikaci MAVONA v zadaném období 1981 až 2021, vyžadováno dodržování doporučeného MZP. Na ose y jsou veličiny uvedeny v m³/měsíc a na ose x čas v rocích



Obr. 6.3 – Podkostelní rybník - Grafický průběh proměnných přítoku (modře), odtoku (červeně), zásoby (zeleně), srážky (oranžově), výparu (fialově) a odběru (hnědě) v aplikaci MAVONA v zadaném období 1981 až 2021, nevyžadováno dodržování požadovaného MZP (MZP = 0 l/s). Na ose y jsou veličiny uvedeny v m³/měsíc a na ose x čas v rocích

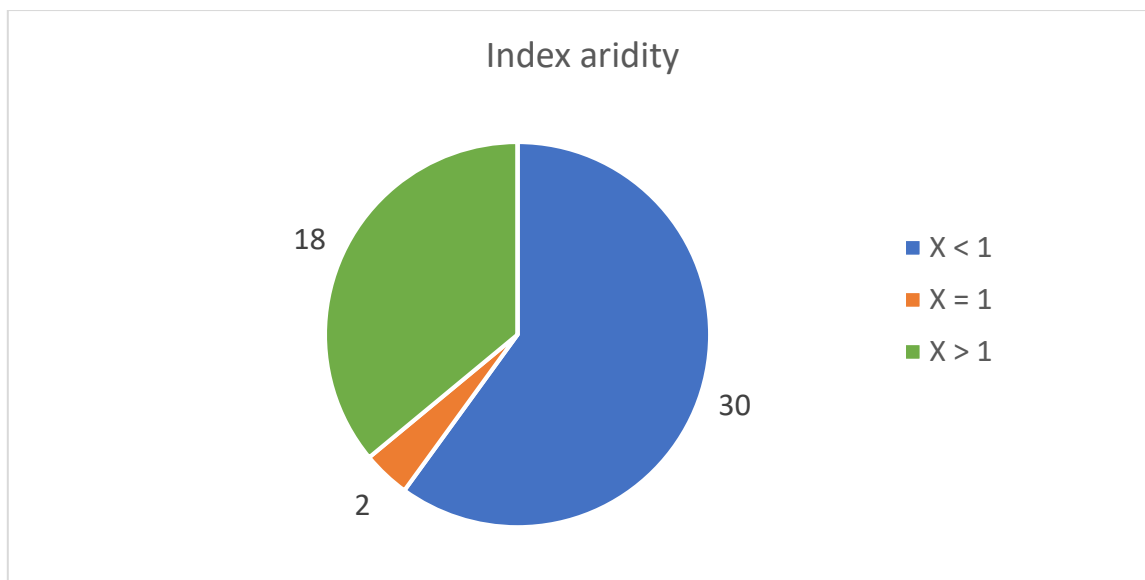


Obr. 6.4 – Podkostelní rybník - Grafický průběh proměnných přítoku (modře), odtoku (červeně), zásoby (zeleně), srážky (oranžově), výparu (fialově) a odběru (hnědě) v aplikaci MAVONA v zadaném období 1981 až 2021, vyžadováno dodržování doporučeného MZP. Na ose y jsou veličiny uvedeny v m³/měsíc a na ose x čas v rocích

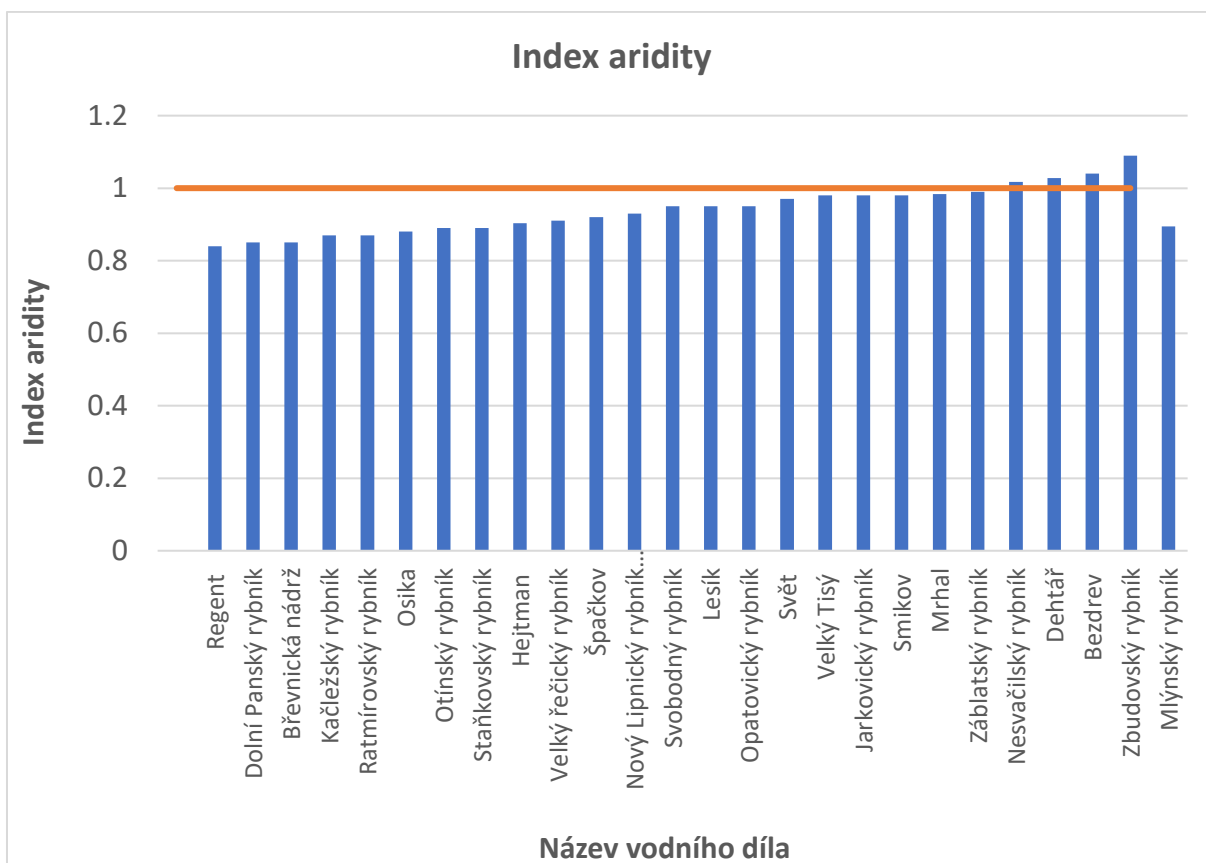


Obr. 6.5 – Podkostelní rybník – Detail grafického průběhu proměnných přítoku (modře), odtoku (červeně), zásoby (zeleně), srážky (oranžově), výparu (fialově) a odběru (hnědě) v aplikaci MAVONA

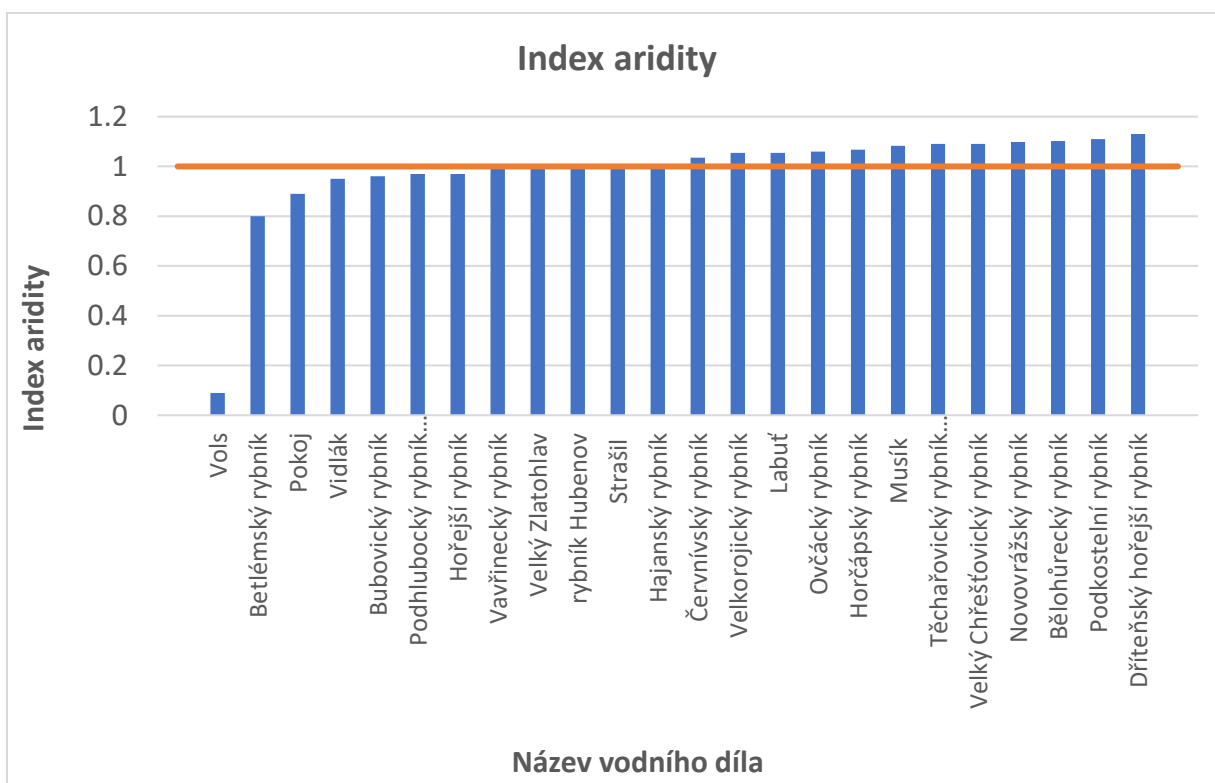
Ukazatel index aridity představuje číselné vyjádření stupně klimatu v lokalitě. Pro ukazatel hodnoty vyšší než 1 jsou srážky na lokalitě vyšší než výpar a obráceně. Pokud potenciální výpar převažuje nad úhrnem srážek, vodní dílo je ohroženo suchem. V grafu 6.23 a 6.24 jsou pro pilotní lokality vyneseny hodnoty ukazatele indexu aridity vygenerované v aplikaci MAVONA. Z grafu 6.22 vyplývá, že větší část pilotních lokalit je nebo bude zasažena suchem.



Graf 6.22 – Index aridity – celkový počet pilotních lokalit s indexem lokality pod 1.0 ($X < 1$), indexem aridity rovné 1.0 ($X = 1$) a indexem aridity nad 1.0 ($X > 1$)



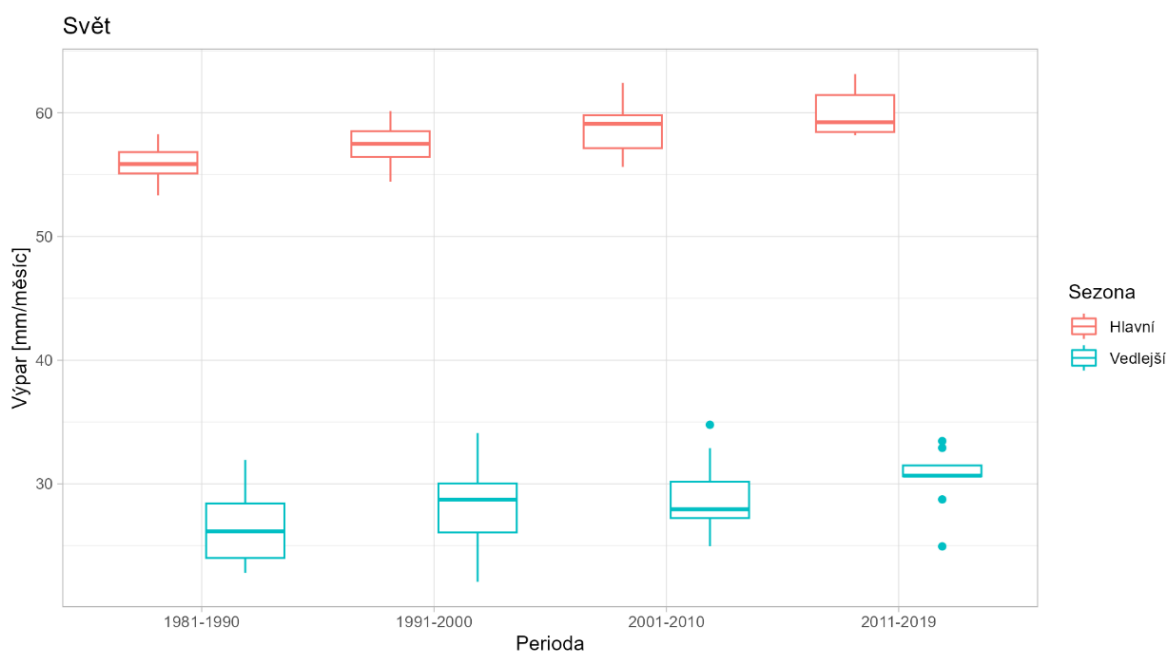
Graf 6.23 – Index aridity pro pilotní lokality



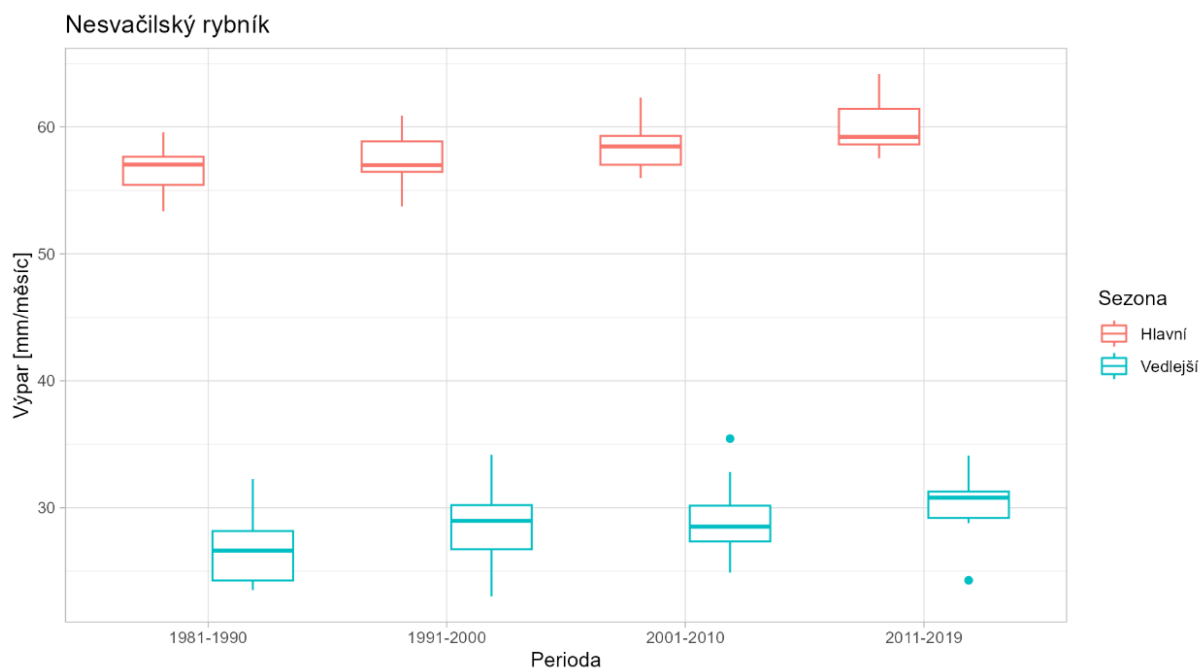
Graf 6.24 – Index aridity pro pilotní lokality

6.3. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků - ztráty

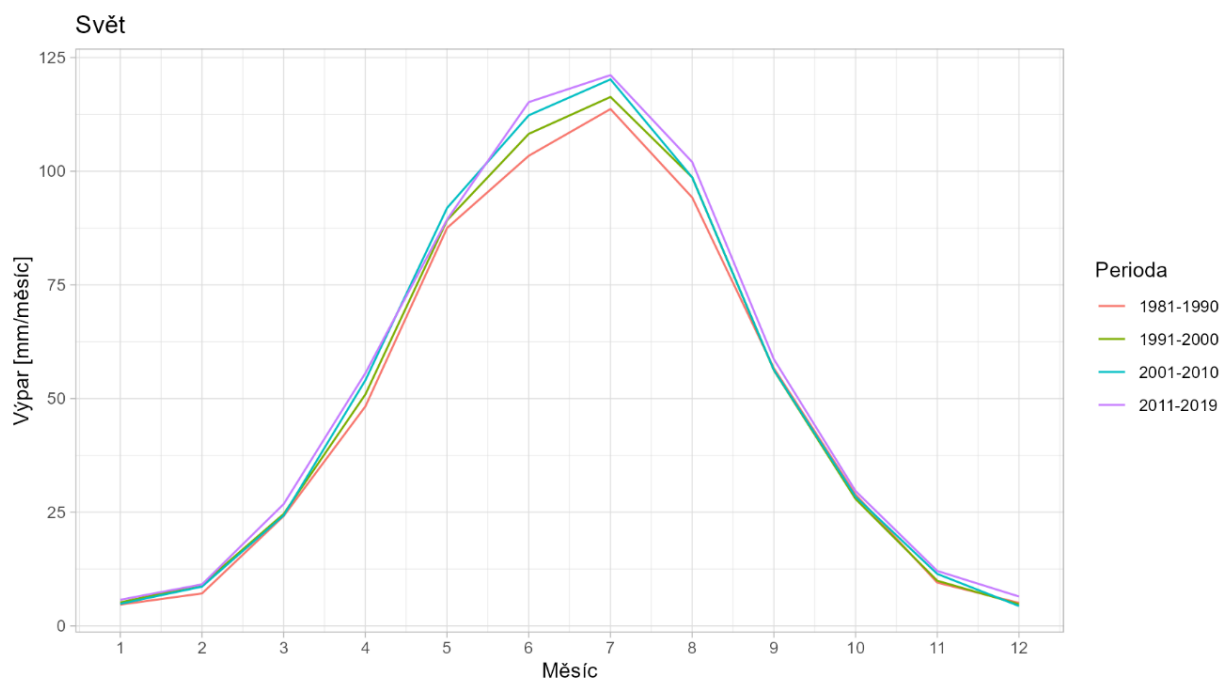
Pro všechny pilotní lokality byla provedena kalkulace potencionální evaporace z volné hladiny podle metody Oudina (Oudin et al. 2010) pro evapotranspirace. Evapotranspirace byla vypočtená pro průměrné denní teploty. Hodnoty denní evapotranspirace se následně zprůměrovaly pro hlavní sezóny (květen až leden) a vedlejší sezóny (únor až duben), které korespondují s obdobím pro MZP NV, a měsíční evapotranspiraci pro jednotlivé dekády (1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 a 2011-2019). Byly tedy získány hodnoty evapotranspirace v jednotlivých sezónách v každém roce a pro jednotlivé měsíce v uvedené dekádě. Statistické zpracování výstupů sezonního výparu pro rybník Svět je znázorněno v krabicovém Grafu 6.25 a pro Nesvačilský rybník v Grafu 6.26. Krabicový graf neboli box plot rozděluje soubor dat podle jejich kvartilů, spodní linie označuje 1. kvartil, horní linie 3. kvartil a středová zvýrazněná linie je medián. Odlehlé hodnoty jsou označeny body. Rostoucí měsíční výpar pro rybník Svět je vidět v Grafu 6.27 a pro Nesvačilský rybník v Grafu 6.28. Z dosažených výsledků výparů vyplývá, že průměrné hodnoty v červenci jsou až dvojnásobné oproti průměrné hodnotě za celou sezonu. Výsledky výpočtu dále ukazují stoupající hodnoty průměrných měsíčních výparů v historii měření teplot.



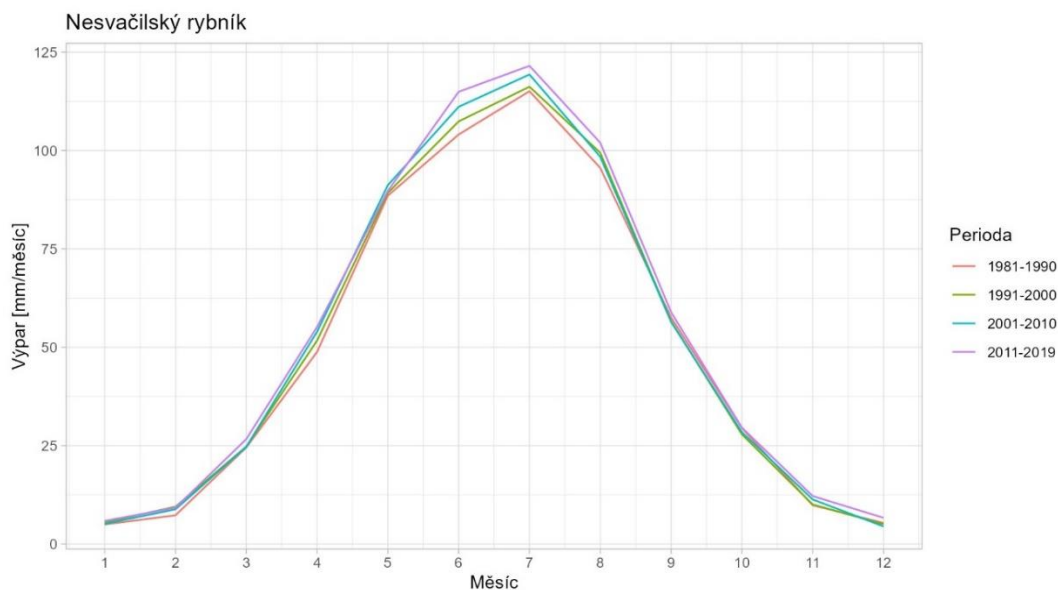
Graf 6.25 - Ukázka sezonního výparu pro rybník Svět



Graf 6.26 - Ukázka sezonního výparu pro Nesvačilský rybník



Graf 6.27 - Ukázka měsíčního výparu za dané desetileté období pro rybník Svět



Graf 6.28 - Ukázka měsíčního výparu za dané desetileté období pro Nesvačilský rybník

Bylo otázkou, zda při stanovení MZP by se měla požadovaná hodnota MZP snížit o hodnotu výparu. Hodnota výparu z hladiny je u všech pilotních lokalit významná. Snížení MZP o tuto ztrátu by představovalo zásah do ekologických funkcí vodního toku pod vodním dílem. Výzkumný projekt nedoporučuje při stanovení MZP zahrnout vliv ztráty výparem.

Další uvažovanou ztrátou v nádrži vodního díla byl průsak neboli infiltrace do podloží. Zjišťování hlavních parametrů ovlivňujících infiltraci by vyžadovalo nákladné a náročné proměření lokalit pomocí lyzimetrů a permeametrů. Protože stanovit objektivně hodnotu průsaku do podloží vyžaduje znalost několika faktorů, výzkumný projekt došel k závěru, že nedoporučuje zahrnout ztráty průsakem do podloží při stanovení MZP.

6.4. Monitoring na Nesvačilském rybníce

V průběhu výzkumného projektu se uskutečnil kontinuální monitoring přítoku do nádrže vodního díla, odtoku z nádrže vodního díla a polohy hladiny v nádrži vodního díla na Nesvačilském rybníce. Pilotní lokalita Nesvačilský rybník byla vybrána především díky existenci pouze jednoho přítoku, ale i vhodné poloze pro nenáročnou časovou dostupnost a obsluhovatelnost. Cílem monitoringu bylo posoudit možnosti stanovení MZP na základě bilance mezi přítokem a odtokem. K monitoringu přítoku a odtoku byl použitý kontinuální záznamový přístroj firmy Daneš, ke sledování polohy hladiny v rybníku přístroj Solinc. Osazení přístroje Daneš do upravených vodoměrných profilů na přítoku a odtoku z vodního díla je zobrazeno na obrázcích 6.6 až 6.11. Monitoring probíhal od podzimu roku 2021 do podzimu roku 2023. Monitoring umožňoval online kontrolu stavu měrných profilů a datových sad a v případě nutnosti byly provedeny nezbytné opravy a úpravy při fyzické kontrole sledovaných profilů. Obrázek 6.12 a obrázek 6.13 zachycují funkční objekty na Nesvačilském rybníce - požerák a bezpečnostní přeliv.



Obr. 6.6 - Vodoměrný profil s online záznamovým zařízením na přítoku do Nesvačilského rybníka – podzim 2021



Obr. 6.7 - Vodoměrný profil s online záznamovým zařízením na přítoku do Nesvačilského rybníka – podzim 2022



Obr. 6.8 - Vodoměrný profil s online záznamovým zařízením na přítoku do Nesvačilského rybníka – podzim 2023



Obr. 6.9 - Vodoměrný profil s online záznamovým zařízením na odtoku z Nesvačilského rybníka – podzim 2021



Obr. 6.10 - Vodoměrný profil s online záznamovým zařízením na odtoku z Nesvačilského rybníka – podzim 2022



Obr. 6.11 - Vodoměrný profil s online záznamovým zařízením na odtoku z Nesvačilského rybníka – podzim 2023



Obr. 6.12 – Funkční objekt výpust' na Nesvačilském rybníku



Obr. 6.13 – Funkční objekt bezpečnostní přeliv na Nesvačilském rybníku

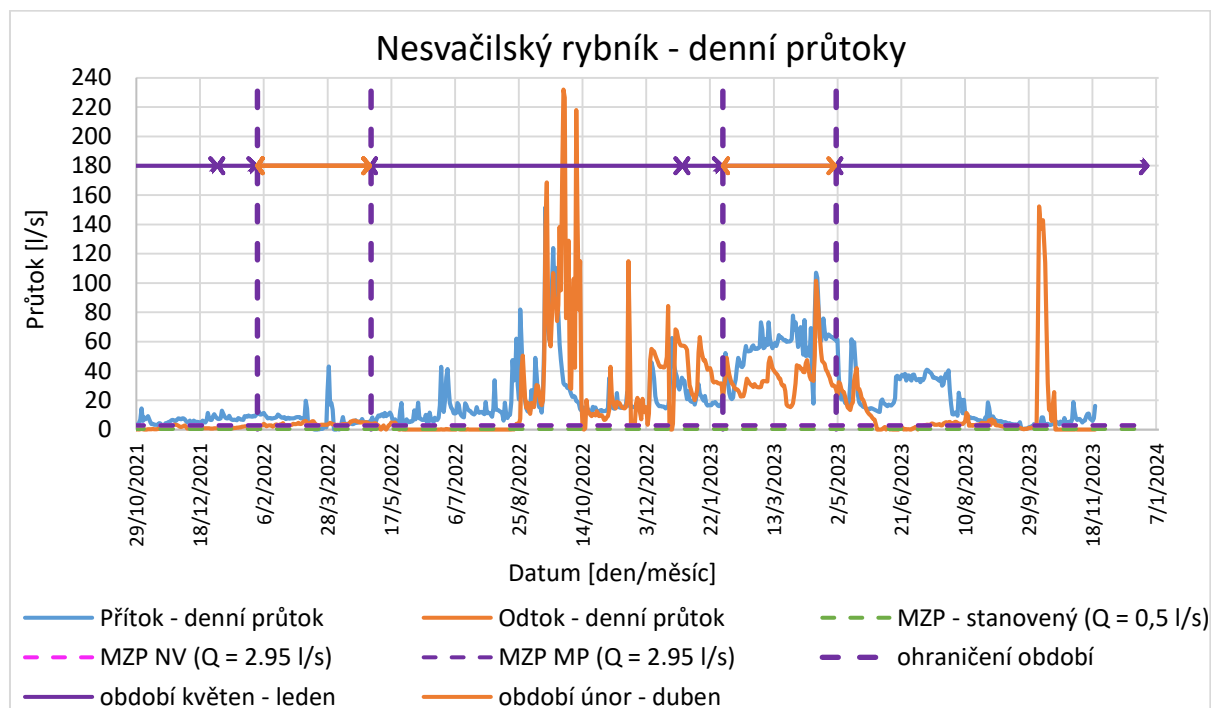
Přínosem kontinuálního měření s online přenosem změřených dat byla okamžitá dostupnost informace o aktuálních hydrologických podmínkách v měrném profilu na odtoku a přítoku. V případě měření polohy hladiny v nádrži vodního díla bez online přenosu byla vyžadována opakovaná návštěva měrného profilu pro stažení dat a jejich zpracování. Fyzické stažení dat se neobešlo bez potřebného technického vybavení. Informace o měření byly dostupné až po stažení dat, čímž docházelo k prodlevě v jejich sledování. U měrného profilu s in-situ přenosem se případná závada objevila až při fyzické kontrole nebo při zpracování dat. Ačkoliv u měrných přelivů s online přenosem informací bylo možné z průběžně vyhodnocovaných dat zjistit ihned evidentně chybné údaje a reagovat okamžitou fyzickou kontrolou měrných přelivů, pravidelné fyzické kontroly nebylo možné zcela vynechat, protože v některých situacích se případná závada při měření zřetelně neprojeví.

Konstrukce měrných přelivů byla při výskytu vyšších průtoků vystavena vyšší zátěži, kdy v některých případech došlo k drobným deformacím konstrukce vyžadujícím menší technickou údržbu. Sledované měrné profily byly v průběhu měření vystaveny chodu splavenin a plavenin. Vyšší intenzita zatížení plaveninami, popř. splaveninami, se očekávala

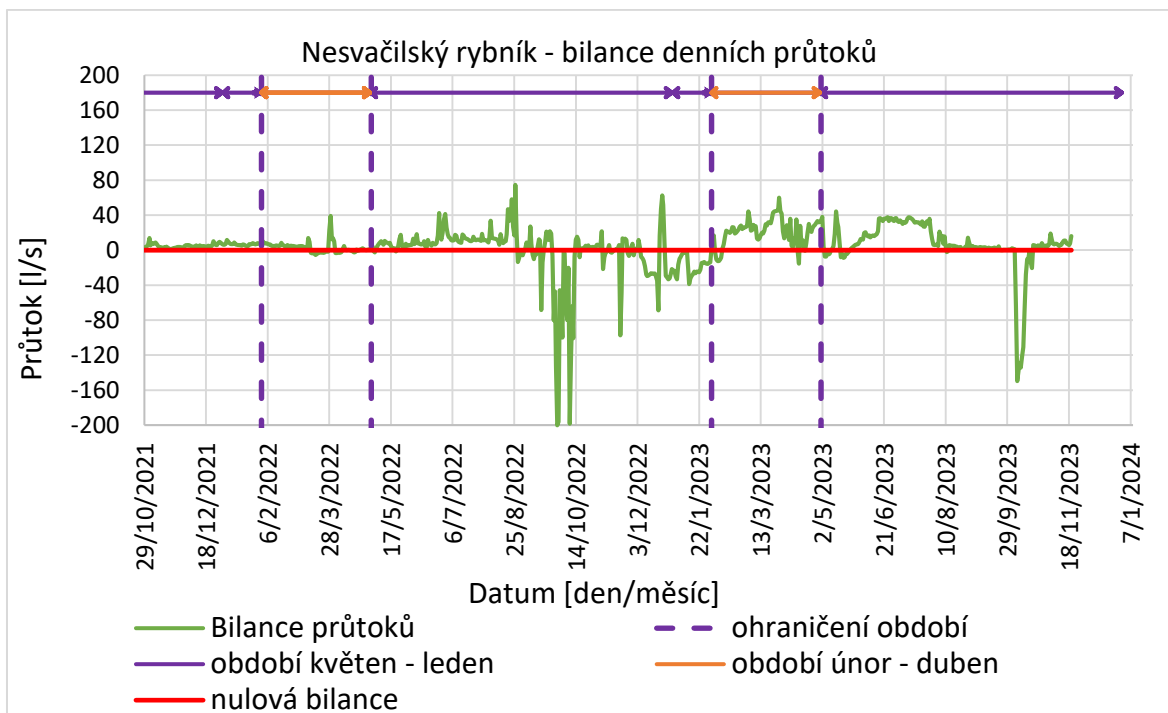
pro vyšší průtoky při deštivém počasí a pro období podzimu vlivem opadu vegetace, která zanášela koryto nad měrným přelivem a omezila průtočnost konstrukce přelivu. Zanášení profilů mělo vliv jednak na měření, ale i samotnou kapacitu koryta a případných objektů nad měrným přelivem.

Měření polohy hladiny v nádrži nebylo možné vyhodnotit. Výsledná data byla zatížena hrubou chybou, kterou se i po opakovaných úpravách nepodařilo dohledat. Měření průtoku na odtoku z nádrže vodního díla bylo zatíženo nejistotou vlivem závady konstrukce. Zkušebním monitoringem se prokázalo, pokud se klade důraz na aktuálnost měřených dat, že vhodnější jsou metody pozorování umožňující okamžitý přístup k datům. Sledované měrné profily vyžadují pravidelné fyzické kontroly za účelem sledování jejich stavu a základní údržby.

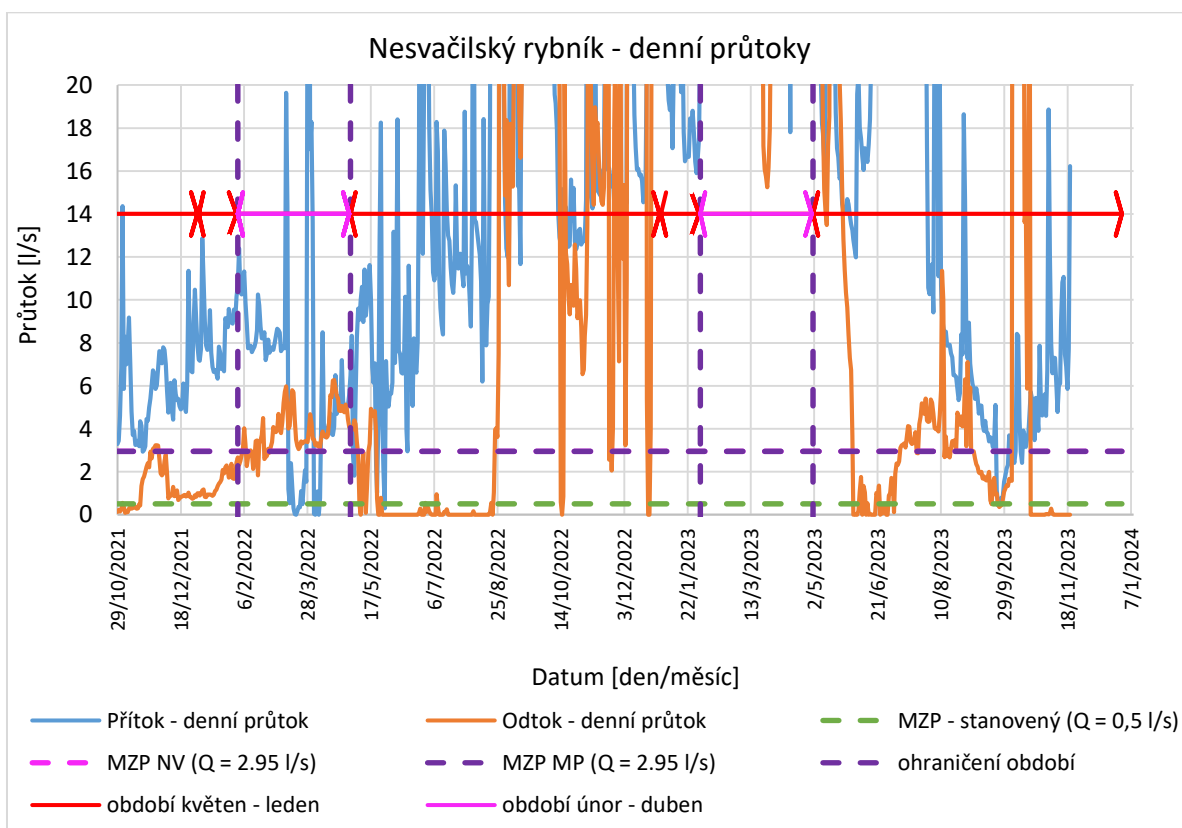
Zpracované výstupy z monitoringu na Nesvačilském rybníce jsou zobrazeny v grafech 6.29 až 6.31. Graf 6.29 vykresluje hodnotu průměrného denního průtoku na odtoku a přítoku v průběhu celého sledovaného období. Průměrná denní hodnota průtoku se získala zprůměrováním hodnot průtoku v jednom kalendářním dni. Graf 6.30 zachycuje bilanci průměrných denních průtoků v průběhu sledovaného období. Balance průměrných denních průtoků představuje odečtení průměrného denního průtoku na odtoku od průměrného denního průtoku na přítoku. Graf 6.31 porovnává průběh průměrného denního průtoku na odtoku a přítoku s hodnotou MZP, kdy hodnota MZP se převzala z Manipulačního řádu (MZP – stanovený), kdy hodnota MZP se vypočetla dle metodického pokynu MŽP z roku 1998 („MZP MP“) a kdy hodnota MZP se vypočetla přístupem v návrhu Nařízení vlády ČR („MZP NV“). V grafu jsou označena dvě sezónní období dle návrhu Nařízení vlády ČR – hlavní sezóna (období květen až leden) a jarní sezóna (období únor až duben).



Graf 6.29 – Monitoring na Nesvačilském rybníce – přítok a odtok denních průtoků



Graf 6.30 – Monitoring na Nesvačilském rybníce – denní průtoky na přítoku a odtoku



Graf 6.31 – Monitoring na Nesvačilském rybníce - bilance denních průtoků

Z grafu 6.31 je patrné, že stanovená hodnota MZP (MZP stanovený = 0,5 l/s) je výrazně nižší oproti hodnotě MZP dle metodického pokynu MŽP a stejně tak i hodnotě MZP dle návrhu Nařízení vlády ČR. Z grafu je dále zřejmé, že hodnoty MZP dle metodického pokynu MŽP a dle návrhu Nařízení vlády ČR jsou si velmi blízké. V tabulce 6.4 je uvedeno, v kolika procentech případů byl průtok na přítoku vyšší než hodnota MZP nebo než průtoky Q_{330} a Q_{355} .

Tabulka 6.4 – Monitoring na Nesvačilském rybníce – procento překročení MZP nebo mezních průtoků Q_{330} , Q_{355} měřenými průtoky na přítoku

Podmínka			Procento dat splňující podmínku			
Přítok	větší než	hodnota MZP / Průtok	=			
Qp	>	MZP stanovený 0.5 l/s	=	97.39	%	
Qp	>	MZP MP 3.3 l/s	=	90.31	%	
Qp	>	MZP NV 2.95 l/s	=	91.46	%	
Qp	>	Q_{330} 3.3 l/s	=	90.31	%	
Qp	>	Q_{355} 2 l/s	=	94.27	%	

Aby bylo možné adekvátně dodržovat hodnotu MZP dle aktuálních hydrologických poměrů v nádrži, je důležité určit průtok na přítoku a odtoku z nádrže vodního díla s dostatečnou relativní přesností bez závažných chyb. Důležitým bodem, který nelze opominout, je způsob měření průtoků na přítoku do nádrže vodního díla a na odtoku z nádrže vodního díla, kdy se na technické řešení kladou odlišné požadavky. Volba technického řešení závisí na požadavku časového rámce měření aktuálních hydrologických podmínek. Kupříkladu při nižší četnosti měření v průběhu roku lze uvažovat spíše o in-situ metodách měření s osobní účastí v místě měření. Naopak při vyšší četnosti měření lze spíše upřednostnit metody měření umožňující měření kontinuálně v čase bez potřeby osobní účasti. Pro měření lze využít přímé i nepřímé metody. U nepřímých metod se průtok odvozuje přes pomocné veličiny jako poloha hladiny, rychlost, koncentrace látek a jiné. Při volbě technického řešení by se měl brát ohled i na finanční náklady na pořízení technického řešení a na finanční náročnost jeho pravidelné údržby. Je potřeba si uvědomit, že zvolené technické řešení bude umístěno na všech posuzovaných přítocích a odtocích. V neposlední řadě při volbě technického řešení hrají roli i další důležité faktory, například rychlost použité metody, náročnost zpracování dat, požadovaná přesnost, volba vhodného profilu apod. Bližší informace o metodách měření průtoků lze nalézt v odborné literatuře (např. Mattas, 2014) nebo v projektech (např. TJ01000343 - *Vývoj hydraulicky vhodného přelivu pro měření malých průtoků*).

Protože je kontrola dodržování stanovené hodnoty MZP na odtoku poměrně obtížná a nákladná, zásadním krokem pro zajištění stanoveného MZP pod MVN je vytvoření reálného kompromisního řešení. Kontinuální sledování průtoků se osvědčilo. Prokázalo se však, že pravidelná fyzická kontrola a údržba je potřebná.

7. Posouzení bezpečnosti při povodni na pilotních lokalitách

V souladu s ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti VD při povodních a metodickým postupem uvedeným v kapitole 4.2 byl na všech 50 pilotních lokalitách vypracován posudek bezpečnosti při povodních.

Složení posuzovaných VD podle kategorie z hlediska TBD je následující:

III. kategorie: 34 rybníků a MVN
IV*. kategorie: 16 rybníků (IV* se označují významná VD IV. kategorie)

Požadovaná míra bezpečnosti vyjádřená dobou opakování teoretické kontrolní povodňové vlny je:

1 000 let: 34 rybníků a MVN (všechna posuzovaná VD III. kategorie)
200 let: 13 rybníků IV. kategorie
100 let: 3 rybníky IV. kategorie

Na všech posuzovaných lokalitách bylo provedeno geodetické zaměření hlavních parametrů hráze a objektů VD. Byla zaměřena koruna hráze, pata hráze, příčný profil hráze v nejvyšším místě, doplňkové příčné profily hráze, bezpečnostní přeliv, spodní výpusť a ostatní objekty pro převádění vody. Souřadnice zaměřených bodů jsou uváděny v systému S – JTSK, nadmořské výšky v systému Bpv. Ze zaměření byly vygenerovány řezy rozhodné pro výpočty kapacity výpustných zařízení a stanovení rozhodných parametrů VD. Pro ověření parametrů objektů pro převádění vody bylo provedeno ruční přeměření rozměrů rozhodných pro výpočty konsumpčních křivek. Po doplnění geodetických podkladů byly zhotoveny schématické výkresy objektů, které jsou doloženy v posudcích.

Pro všechna posuzovaná VD dále platí:

- hydrologickým podkladem je teoretická KPV s příslušnou dobou opakování vyjádřená jejím hydrogramem
- na základě mapových podkladů byla ověřena a doplněna charakteristika nádrže
- byly ověřeny (vypočteny) konsumpční křivky všech výpustných zařízení a sestavena souhrnná konsumpční křivka, v případě potřeby byla odvozena i konsumpční křivka přepadu přes korunu hráze
- byla odvozena efektivní délka rozběhu větru a vypočítán výběh větrových vln na návodní svah hráze
- byla řešena transformace KPV nádrží s vyčíslením časového průběhu přítoku, odtoku a hladiny vody v nádrži

Všechny výše uvedené podklady a výstupy jsou zpracované ve formě výkresů, tabulek a grafů a tvoří přílohy jednotlivých posudků.

Na dvaceti vybraných rybnících III. kategorie byla v rámci posudku posouzena stabilita hráze. Na těchto dílech byly za účelem získání relevantních vstupních podkladů provedeny odběry

vzorků zemin z hráze a jejich laboratorní rozbory. Stabilita hráze byla posuzována podle ČSN 75 2310 – Sypané hráze charakteristickém příčném profilu. Výpočty byly provedeny v programu GeoStudio 2012. Kompletní protokoly posouzení stability s grafickým znázorněním výsledků a příloženými výsledky rozborů zemin jsou součástí příslušných posudků bezpečnosti.

Pro přehlednost byly posudky bezpečnosti při povodních zpracovány formou samostatných příloh. V rámci tohoto projektu jsou doloženy kompletní posudky všech pilotních lokalit VD III. kategorie, viz následující tabulka:

Tabulka 7.1.– Přehled základních údajů ke zpracovaným posudkům a odkazy na přílohy

Číslo VD	Název VD	Kategorie VD	KPV	Výpočet stability	Posudek v příloze
1	Červínský rybník	III	PV 1000	X	B.1.
2	Hořejší rybník	III	PV 1000	X	B.2.
3	Bezdrev	III	PV 1000	X	B.3.
4	Dříteňský hořejší rybník	III	PV 1000	X	B.4.
5	Zbudovský rybník	III	PV 1000	X	B.5.
6	Mrhal	III	PV 1000	-	B.6.
7	Velký Chřešřovický rybník	III	PV 1000	X	B.7.
8	Velkorojický rybník	III	PV 1000	X	B.8.
9	Ovčácký rybník	III	PV 1000	-	B.9.
10	Hejtman	III	PV 1000	X	B.10.
11	Staňkovský rybník	III	PV 1000	X	B.11.
12	Svět	III	PV 1000	X	B.12.
13	Velký Tisý	III	PV 1000	X	B.13.
14	Záblatský rybník	III	PV 1000	X	B.14.
15	Opatovický rybník	III	PV 1000	X	B.15.
16	Kačležský rybník	III	PV 1000	-	B.16.
17	Osika	III	PV 1000	-	B.17.
18	Otínský rybník	III	PV 1000	-	B.18.
19	Dolní Panský rybník	III	PV 1000	-	B.19.
20	Ratmírovský rybník	III	PV 1000	-	B.20.
21	Velký řečický rybník	III	PV 1000	-	B.21.
22	Pokoj	IV*	PV 200	-	-
23	Vols	IV*	PV 200	-	-
24	Nový Lipnický rybník	IV*	PV 100	-	-
25	Svobodný rybník	IV*	PV 100	-	-
26	Špačkov / Staňkovský	IV*	PV 100/1000	-	B.11.
27	Hubenovský rybník	IV*	PV 200	-	-
28	Velký Zlatohlav	IV*	PV 200	-	-
29	Bělohůrecký rybník	IV*	PV 200	-	-
30	Dehtář	IV*	PV 200	-	-
31	Hajanský rybník	IV*	PV 200	-	-
32	Novovrážský rybník	IV*	PV 100	-	-
33	Podkostelní rybník	IV*	PV 200	-	-
34	Labuť	IV*	PV 200	-	-
35	Bubovický rybník	IV*	PV 200	-	-
36	Horčápský rybník	IV*	PV 200	-	-
37	Podhlubocký rybník	IV*	PV 200	-	-
38	Těchařovický rybník	IV*	PV 200	-	-
39	Mlýnský rybník	III	PV 1000	X	B.39.

Číslo VD	Název VD	Kategorie VD	KPV	Výpočet stability	Posudek v příloze
40	Betlémský rybník	III	PV 1000	X	B.40.
41	Strašil	III	PV 1000	X	B.41.
42	Regent	III	PV 1000	X	B.42.
43	Nesvačilský rybník	III	PV 1000	X	B.43.
44	Jarkovický rybník	III	PV 1000	X	B.44.
45	Smikov	III	PV 1000	X	B.45.
46	Vidlák	III	PV 1000	-	B.46.
47	Vavřínecký rybník	III	PV 1000	-	B.47.
48	Musík	III	PV 1000	-	B.48.
49	Břevnická nádrž	III	PV 1000	-	B.49.
50	Lesík	III	PV 1000	-	B.50.

8. Vyhodnocení dosažených výsledků

8.1. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na MVN

Z vodního zákona č. 254/2001 Sb. vyplývá, že minimální zůstatkový průtok (MZP) stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami a zároveň že způsob a kritéria stanovení MZP stanoví vláda nařízením. V roce 2019 proběhlo meziresortní řízení pro předběžný návrh Nařízení vlády České republiky o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku (dále návrh Nařízení vlády ČR, popř. NV) s rozporem, tedy se zásadními připomínkami. Stávající návrh NV z roku 2019 je přiložen v Příloze E. Nicméně realita je taková, že v souladu s daným zákonem vodoprávní úřady v současné době nedisponují závaznou dokumentací v podobě vládního nařízení. V současnosti mají vodoprávní úřady k dispozici platný metodický pokyn Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot MZP ve vodních tocích z roku 1998 (dále metodický pokyn MŽP, popř. MP). Pro přehlednost je v Příloze F přiložen metodický pokyn MŽP, který je dostupný ve Věstníku MŽP (č. 1998/05).

Porovnáním hodnoty MZP vypočtené dle metodického pokynu MŽP (dále *MZP MP*) a hodnoty MZP vypočtené dle návrhu Nařízení vlády ČR (dále *MZP NV*) pro vztah hlavní sezóny

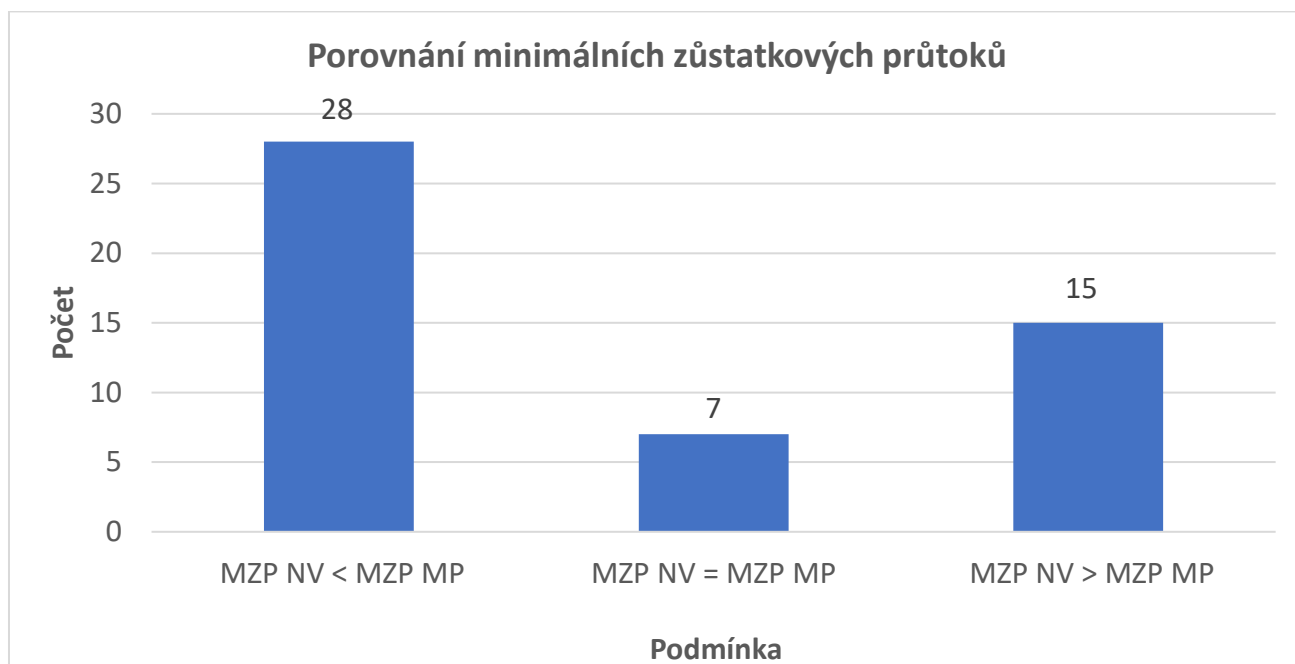
$$MZP NV = \left(1 - \frac{Q_{330}}{Q_a}\right) * Q_{355} * K$$

pro 50 pilotních lokalit malých vodních nádrží a rybníků vychází následující (viz Graf 8.1):

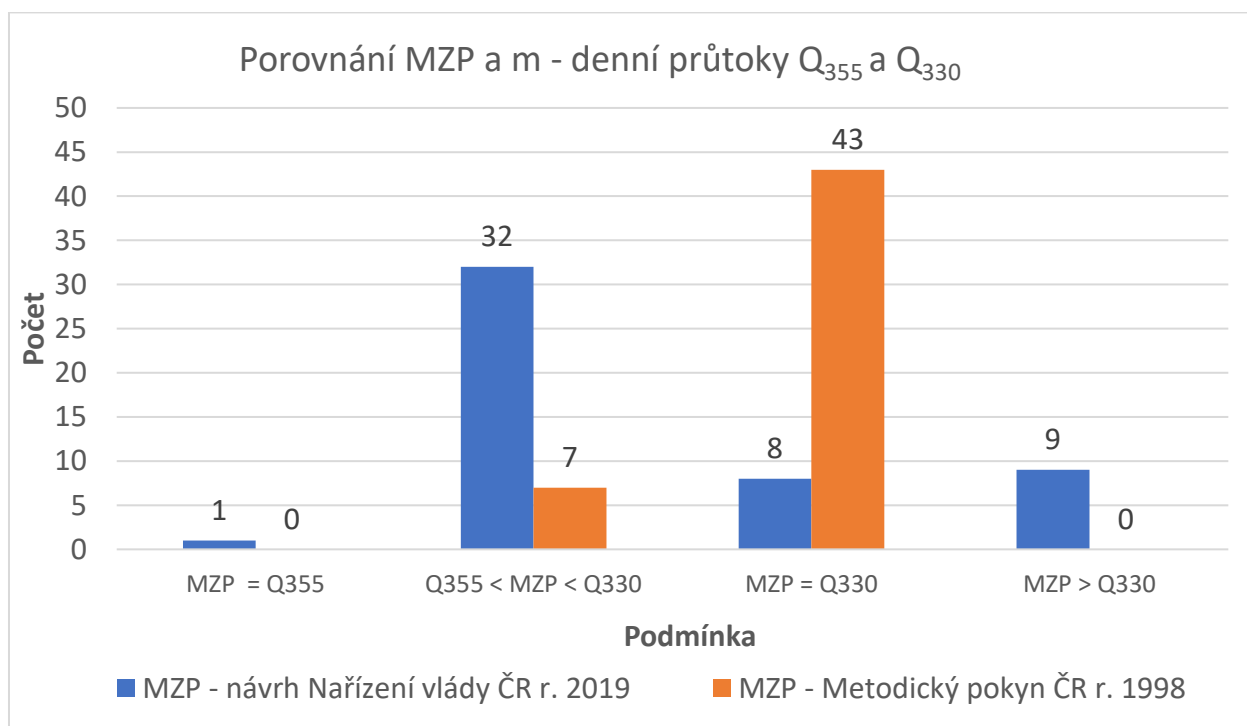
- pro 28 pilotních lokalit je MZP NV menší než MZP MP,
- pro 15 pilotních lokalit je MZP NV větší než MZP MP,
- pro 7 pilotních lokalit je MZP NV rovný MZP MP,
- pro 7 pilotních lokalit se liší hodnoty MZP MP a MZP NV do 1 %, tj. jejich rozdíl je menší než 1 %,
- pro 22 pilotních lokalit se liší hodnoty MZP MP a MZP NV od 1% až do 5 %, tj. jejich rozdíl je menší než 5 % a větší než 1 %,
- pro 17 pilotních lokalit se liší hodnoty MZP MP a MZP NV mezi 5 % až 20 %, tj. jejich rozdíl je menší než 20 % a větší než 5 %,
- pro 4 pilotní lokality se liší hodnoty MZP MP a MZP NV nad 20 %, tj. jejich rozdíl je vyšší než 20 %.

Z porovnání hodnot MZP MP nebo MZP NV s denními průtoky Q_{330} a Q_{355} vyplývá pro 50 pilotních lokalit následující (viz Graf 8.2):

- pro 9 pilotních lokalit je MZP NV větší než průtok Q_{330} ,
- pro 8 pilotních lokalit se MZP NV rovná průtoku Q_{330} ,
- pro 32 pilotních lokalit nabývá MZP NV hodnot mezi průtoky Q_{330} a Q_{355} , kdy pro 13 pilotních lokalit je rozdíl MZP NV a průtoku Q_{330} do 0,5 l/s,
- pro 1 pilotní lokalitu je MZP NV menší než průtok Q_{355} ,
- MZP MP nabývá převážně (43 pilotních lokalit) hodnot odpovídajících průtoku Q_{330} ,
- pro 7 pilotních lokalit MZP MP nabývá hodnot mezi průtoky Q_{330} a Q_{355} .



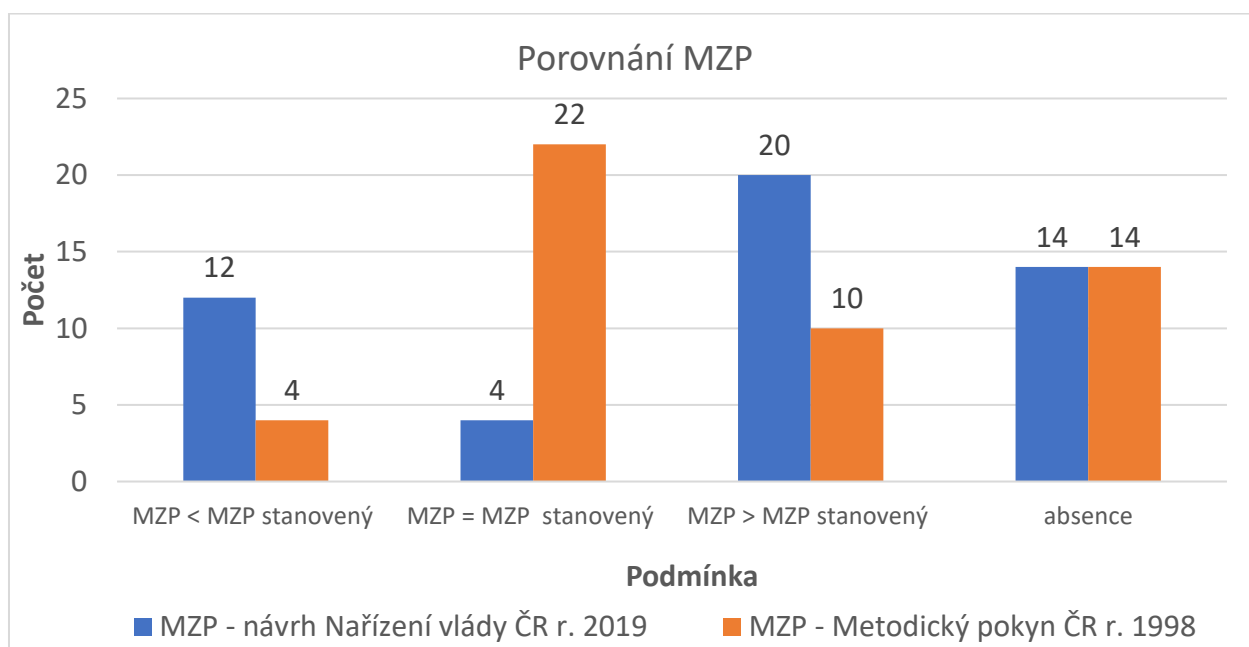
Graf 8.1 – Porovnání hodnoty MZP vypočtené dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) a hodnoty MZP vypočtené dle návrhu Nařízení vlády ČR pro vztah hlavní sezóny (MZP NV)



Graf 8.2 – Porovnání hodnoty MZP vypočtené dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) nebo hodnoty MZP vypočtené dle návrhu Nařízení vlády ČR pro vztah hlavní sezóny (MZP NV) s m-denními průtoky Q_{330} a Q_{355}

Z hlediska porovnání stanoveného MZP, který stanovil příslušný vodoprávní úřad a byl uveden v dostupných podkladech, s hodnotami MZP NV nebo MZP MP plyne následující (viz Graf 8.3):

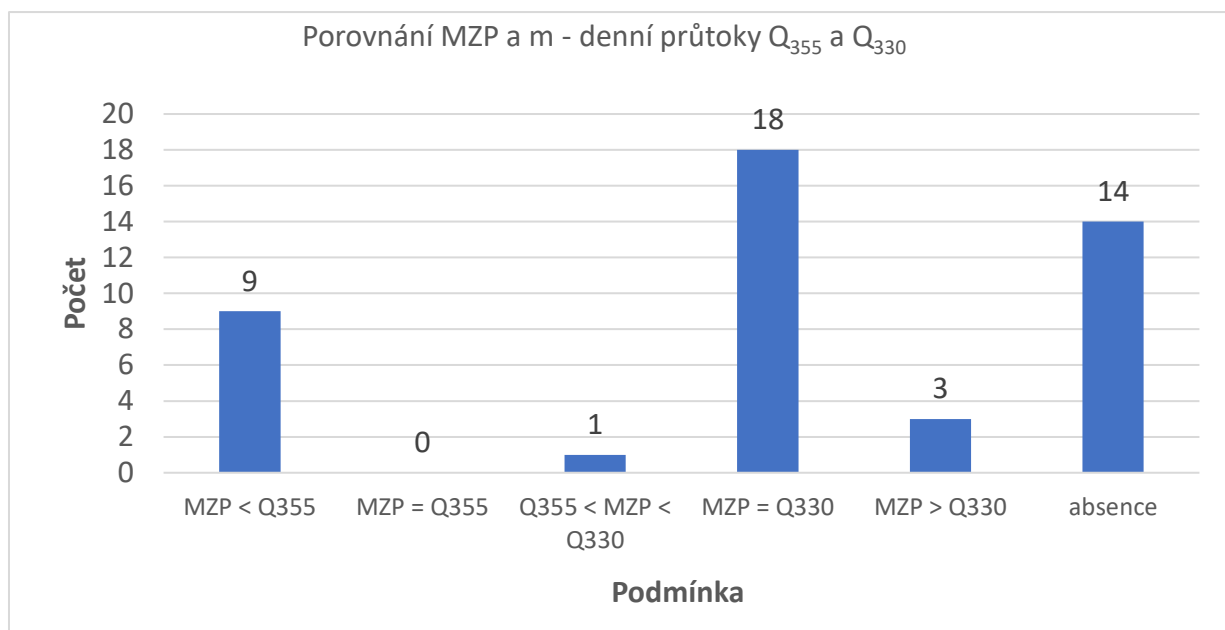
- pro 22 pilotních lokalit, tj. 44 % pilotních lokalit, stanovený MZP je na vodním díle stanoven v souladu se směrnými hodnotami dle metodického pokynu MŽP ČR (MZP MP),
- pro 10 pilotních lokalit, tj. 20 % pilotních lokalit, stanovený MZP je menší než MZP MP,
- pro 4 pilotní lokality, tj. 8 % pilotních lokalit, je stanovený MZP vyšší než MZP MP,
- pro 4 pilotní lokality, tj. 8 % pilotních lokalit, stanovený MZP odpovídá MZP NV,
- pro 20 pilotních lokalit, tj. 40 % pilotních lokalit, stanovený MZP je menší než MZP NV,
- pro 12 pilotní lokality, tj. 24 % pilotních lokalit, stanovený MZP je vyšší než MZP NV,
- pro 14 pilotních lokalit nebyly řešitelům informace o MZP známy.



Graf 8.3 – Porovnání hodnoty stanoveného MZP z dostupných podkladů (MZP stanovený) s MZP vypočteným dle metodického pokynu MŽP (MZP MP) a dle návrhu Nařízení vlády ČR pro vztah hlavní sezóny (MZP NV)

Z porovnání hodnot stanovený MZP s m-denními průtoky Q_{330} a Q_{355} vyplývá pro 50 pilotních lokalit následující (viz Graf 8.4):

- pro 9 pilotních lokalit je stanovený MZP menší než průtok Q_{355} ,
- pro 1 pilotní lokalitu nabývá stanovený MZP hodnot mezi průtokem Q_{355} a Q_{330} ,
- pro 18 pilotních lokalit je stanovený MZP roven průtoku Q_{355} ,
- pro 3 pilotní lokality je stanovený MZP větší než průtok Q_{330} ,
- pro 14 pilotní lokality není stanovený MZP k dispozici.



Graf 8.4 – Porovnání stanoveného MZP s m-denními průtoky Q_{330} a Q_{355}

Z výše uvedených výsledků plynou pro pilotní lokality tyto skutečnosti:

- Aplikací návrhu Nařízení vlády ČR nedojde k výrazným změnám hodnot MZP v porovnání s vypočtenými hodnotami MZP dle stávajícího platného metodického pokynu MŽP. Z porovnání plyne, že rozdíl v hodnotách MZP ve většině případů nepřekročil 20 %.
- V návrhu NV se rozděluje MZP na dvě sezóny – hlavní sezónu a jarní sezónu, kdy pro hlavní sezónu se stanoví MZP dle vztahu (viz Tabulka 3.3) a pro jarní sezónu odpovídá MZP průtoky Q_{330} . Pro 86 % pilotních lokalit se směrná hodnota MZP rovná průtoky Q_{330} . Návrhem NV dojde k zpřísnění a k zvýšení stávajících povolených MZP.
- Ve 44 % případů jsou stávající povolené MZP v souladu se směrnými hodnotami metodického pokynu MŽP a ve 20 % případů jsou naopak nižší. V 8 % případů jsou stávající povolené MZP v souladu s návrhem NV a ve 40 % jsou naopak nižší.
- Z návrhu NV vyplývá, že hodnota průtoky Q_{355} je nejnižší přípustnou hodnotou MZP. Pro 9 pilotních lokalit byla hodnota stanoveného MZP nižší než průtok Q_{355} . V takovém případě se hodnota MZP stanoví na úrovni Q_{355} . Průtok Q_{355} byl navržen jako nepodkročitelný z důvodu, že reprezentuje hranici hydrologického sucha a hodnoty MZP by neměly být stanoveny pod touto úrovní.

Při výpočtu MZP podle směrných hodnot současně platného metodického pokynu MŽP z roku 1998 byly potřeba alespoň následující údaje:

- název vodního díla,
- poloha,
- vodní tok,
- m – denní průtoky Q_{330} , Q_{355} a Q_{364} [m^3/s].

Při stanovení MZP podle Přílohy 3 ve stávajícím návrhu Nařízení vlády ČR z roku 2019 byly potřebné tyto údaje:

- název vodního díla,
- poloha,
- vodní tok,
- číslo hydrologického pořadí,
- dlouhodobý průměrný průtok Q_a [m^3/s],
- m – denní průtoky Q_{330} a Q_{355} [m^3/s],
- hodnota koeficientu K odvozeného dle polohy posuzovaného profilu vodního toku.

U malých vodních nádrží a rybníků (dále zkráceně MVN) vzniká přirozený rozpor mezi účely vodního díla a dodržováním stanoveného MZP, kdy striktní dodržování MZP může vést k ohrožení funkce vodního díla a zároveň jeho nedodržování vede k negativní změně hydrologického režimu pod vodním dílem. Při stanovení MZP na MVN je třeba brát v úvahu provozní podmínky v nádrži vodního díla, kdy se rozlišuje období napouštění nádrže a samotný provoz nádrže po nastavení provozní (hospodářské) hladiny. V obou situacích se rozlišují následující podmínky:

- Pokud by přítok do nádrže byl nižší než MZP, nemělo by se u MVN při napouštění i při samotném provozu požadovat dodržování MZP. Výsledky simulací pomocí aplikace MAVONA jasně prokázaly, že striktní dodržování MZP na MVN vede k omezení jejich funkce snížením zadrženého objemu vody, popřípadě až k jeho úplnému vyprázdnění. Vzhledem k tomu, že v současnosti k takovým situacím nedochází, je zřejmé, že MZP nejsou na MVN dodržovány, jelikož by to vedlo k omezení jejich funkce. Je tedy nutno přistoupit k pragmatickému řešení, které umožní provozovat MVN a zároveň zajistí pod vodním dílem hydrologický režim jako na přítoku do nádrže.
- Pokud by přítok do nádrže byl vyšší než MZP, mělo by se u MVN při napouštění i při samotném provozu požadovat dodržování MZP.

Podstatnou otázkou vyplývající z meziresortního řízení bylo, zda by se u MVN měla hodnota MZP snížit z důvodu ztrát v nádrži, a to především výparem nebo průsakem do podloží. Výzkumný projekt doporučuje následující:

- Při provozu VD je nutno s výparem z hladiny počítat a ztrátu zohlednit při jeho provozu. Ponížení MZP o výpar by vedlo k významnému zasáhnutí do hydrologického režimu toku pod vodním dílem s dopadem na jeho ekologické funkce. Výzkumný projekt nedoporučuje zohlednit ztráty výparem (evaporací) při stanovení MZP.
- Zásadním faktem je, že průsak do podloží nelze objektivně kvantifikovat. Průsak do podloží souvisí s hydrogeologickými podmínkami v místě umístění VD. Stanovit ztrátu vody průsakem do podloží vyžaduje znalost řady faktorů. Jejich kvantifikace je náročná a značně nákladná. Pokud bylo VD nevhodně realizováno v místě, kde dochází k výrazným ztrátám vody do podloží, pak se jedná o chybný návrh nebo realizaci VD. Tento fakt nelze zohledňovat za účelem snížení hodnoty MZP. Výzkumný projekt nedoporučuje zahrnout ztrátu průsakem do podloží (infiltrací) za účelem snížení hodnoty MZP.

MVN jsou rovněž vystaveny důsledkům klimatické změny. V souvislosti s dopadem klimatické změny na území České republiky lze i v budoucnu očekávat střídání hydrologických extrémů v podobě sucha a povodní, kdy se hydrologické extrémy mohou vyskytovat samostatně nebo se navzájem doprovázet. Historická, současná nebo nově budovaná vodní díla musí obstát navzdory hydrologickým extrémům a zároveň plnit svůj účel. Vede to k legitimní otázce, jak tato vodní díla ovlivňují stav a zda nemůže mít jejich provoz za určitých podmínek negativní dopad. Zároveň vlivem změny klimatických poměrů se mění i hydrologické charakteristiky povodí a vodního díla. Pro stanovení MZP by měla být uvažována hydrologická data v aktuálním referenčním období (v současnosti 1991 až 2020), jelikož data zohledňují trend změny klimatických poměrů. I v budoucnu by se měly aktualizovat předchozí stanovené MZP s ohledem na dopady očekávané klimatické změny na hydrologii. Hydrologická data jsou zásadním vstupem ke stanovení MZP.

Dle prognózovaných klimatických změn lze i v budoucnu očekávat další výrazný nárůst výparu, který zásadním způsobem ovlivňuje povrchový odtok. Důsledky lze očekávat zejména v deficitních oblastech. Problematikou se již zabýval například projekt „Vliv malých vodních nádrží na hladinu podzemních vod a celkovou hydrologickou bilanci s důrazem na suchá období (TITSMZP809)“ nebo se aktuálně zabývá projekt „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu (Centrum Voda – SS02030027)“.

Technické řešení konstrukce výpustných objektů neumožňuje flexibilní manipulaci. Nejčastěji používaným typem výpustného zařízení u MVN je tzv. požerák, ale používají se i další konstrukční řešení jako například potrubí osazené stavidlovým uzávěrem, šoupátkovým uzávěrem či klapkovým uzávěrem (Balvín, 2022). Konstrukce výpustného zařízení je přizpůsobena především účelům vodního díla. U MVN s primární funkcí chovu ryb slouží

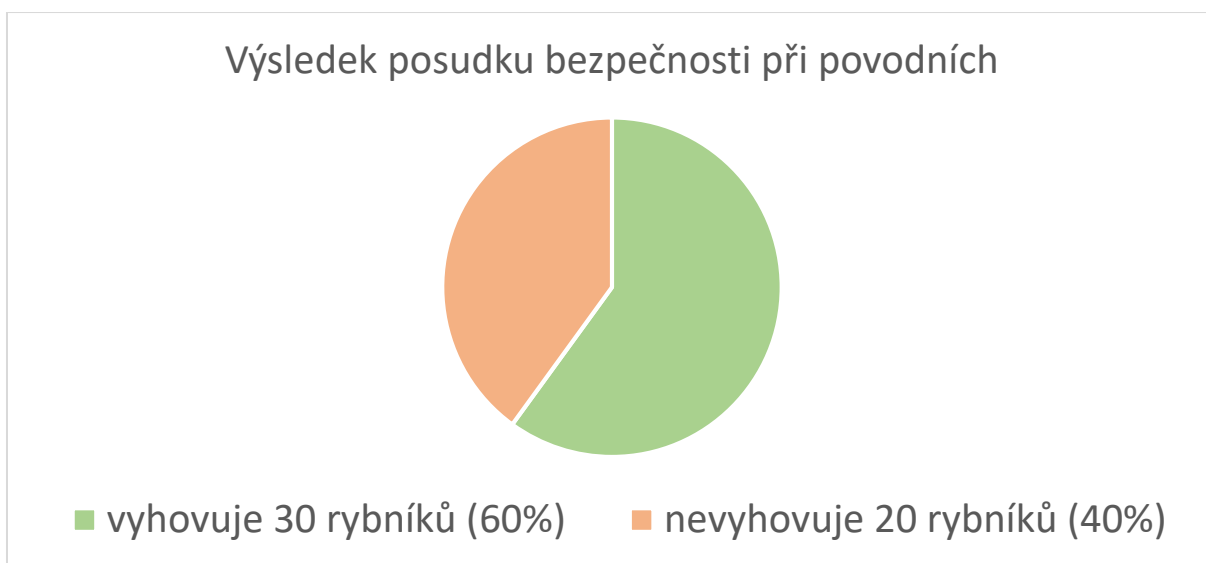
k udržení požadované provozní hladiny, k napouštění a vypouštění nádrže vodního díla, nikoliv k zajištění MZP. Zásadní podmínkou pro flexibilitu regulace odtoku z nádrže vodního díla s ohledem na aktuální hydrologické podmínky na přítocích by byla modifikace technického řešení vypustných zařízení nejen pro dodržení stanovené hodnoty MZP, ale i stanovení četnosti kontroly průtoku na odtoku s ohledem na aktuální hydrologické podmínky v nádrži i přilehlém povodí. To je ovšem v praxi téměř nemožné a vyžadovalo by stálou přítomnost obsluhy na VD. Jedním z cílů projektu bylo i posouzení dodržování MZP pod MVN stanovených dle stávajícího návrhu NV. S ohledem na dosažené výsledky lze konstatovat, že navržené zásady uvedené v NV je možné v praxi realizovat. Doporučuje se upravit návrh NV, aby při napouštění nádrže a při samotném provozu byly stejné podmínky, viz následující kapitola.

Zkušební monitoring na Nesvačilském rybníce prokázal, že stěžejní je i způsob měření průtoku na přítoku a na odtoku z nádrže vodního díla, kdy se na technické řešení kladou odlišné požadavky. Kupříkladu četnost měření průtoku, přesnost měření, počet konstrukcí pro každý z přítoků a odtoků do nádrže, finanční náklady na realizaci a provoz, apod. Kontinuální sledování průtoku se osvědčilo, ale jasně se prokázalo, že vyžaduje průběžnou kontrolu a údržbu.

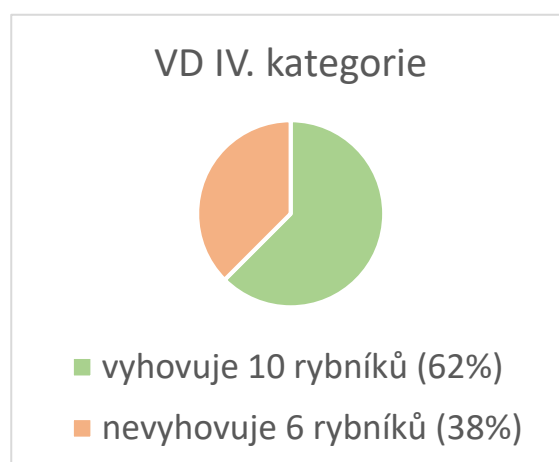
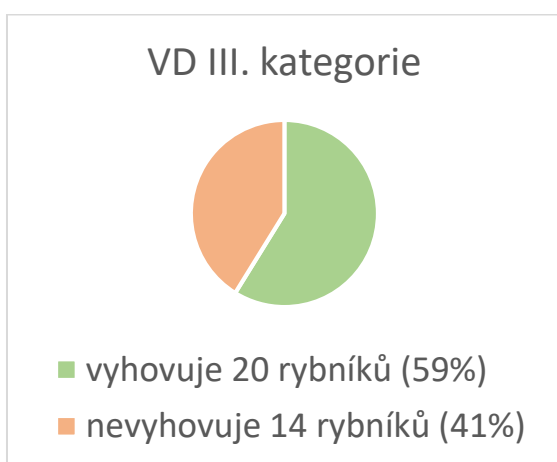
8.2. Posouzení bezpečnosti MVN při povodních

V druhé části řešeného projektu, zabývající se posouzením bezpečnosti VD při povodních, bylo hlavním úkolem projektu zpracovat posudky pro jednotlivé pilotní lokality a na základě nabytých zkušeností sestavit zásady pro práci s ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti VD při povodních pro charakteristický typ historických vodních děl (rybníků), spadajících do III. a IV. kategorie z hlediska TBD. Tyto zásady jsou formulovány v návrhu metodického řešení v kapitole 9.2. Souhrnné statistické vyhodnocení posudků je proto spíše jen průvodcem dosaženými výsledky než analýzou dat s předem stanovenými cíli.

Graf 8.5 – Výsledný poměr mezi vyhovujícími a nevyhovujícími VD z hlediska bezpečnosti při povodních



Grafy 8.6 a 8.7: Výsledný poměr mezi vyhovujícími a nevyhovujícími VD z hlediska bezpečnosti při povodních podle kategorie VD



Tabulka 8.1 – Celkový přehled výsledků posudků bezpečnosti při povodních

Číslo VD	Název VD	Kategorie	KPV	Vyhovuje	Přelití hráze
1	Červínský rybník	III	PV 1000	NE	ANO
2	Hořejší rybník	III	PV 1000	NE	ANO
3	Bezdrv	III	PV 1000	ANO	NE
4	Dříteňský hořejší rybník	III	PV 1000	NE	ANO
5	Zbudovský rybník	III	PV 1000	NE	ANO
6	Mrhal	III	PV 1000	NE	ANO
7	Velký Chřešřovický rybník	III	PV 1000	ANO	NE
8	Velkorojický rybník	III	PV 1000	NE	ANO
9	Ovčácký rybník	III	PV 1000	NE	ANO
10	Hejtman	III	PV 1000	ANO	NE
11	Staňkovský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
12	Svět	III	PV 1000	ANO	NE
13	Velký Tisý	III	PV 1000	ANO	NE
14	Záblatský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
15	Opatovický rybník	III	PV 1000	ANO	NE
16	Kačležský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
17	Osika	III	PV 1000	ANO	NE
18	Otínský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
19	Dolní Panský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
20	Ratmírovský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
21	Velký řečický rybník	III	PV 1000	ANO	NE
22	Pokoj	IV*	PV 200	NE	ANO
23	Vols	IV*	PV 200	ANO	NE
24	Nový Lipnický rybník	IV*	PV 100	NE	ANO
25	Svobodný rybník	IV*	PV 100	ANO	NE
26	Špačkov / Staňkovský	IV*	PV 100/1000	ANO	NE
27	Hubenovský (Hubenov) rybník	IV*	PV 200	NE	ANO
28	Velký Zlatohlav	IV*	PV 200	ANO	NE
29	Bělohůrecký rybník	IV*	PV 200	NE	ANO
30	Dehtář	IV*	PV 200	ANO	NE
31	Hajanský rybník	IV*	PV 200	NE	ANO
32	Novovrážský rybník	IV*	PV 100	ANO	NE
33	Podkostelní rybník	IV*	PV 200	ANO	NE
34	Labuť	IV*	PV 200	NE	ANO
35	Bubovický rybník	IV*	PV 200	NE	ANO
36	Horčápský rybník	IV*	PV 200	ANO	NE
37	Podhlubocký rybník	IV*	PV 200	ANO	NE
38	Těchařovický rybník	IV*	PV 200	ANO	NE
39	Mlýnský rybník	III	PV 1000	NE	ANO
40	Betlémský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
41	Strašil	III	PV 1000	NE	ANO
42	Regent	III	PV 1000	ANO	NE
43	Nesvačilský rybník	III	PV 1000	ANO	NE
44	Jarkovický rybník	III	PV 1000	NE	ANO
45	Smikov	III	PV 1000	ANO	NE
46	Vidlák	III	PV 1000	NE	ANO
47	Vavřínecký rybník	III	PV 1000	NE	ANO
48	Musík	III	PV 1000	ANO	NE
49	Břevnická nádrž	III	PV 1000	NE	ANO
50	Lesík	III	PV 1000	ANO	NE

Souhrnné hodnocení výsledků odpovídá dlouhodobě uváděným odborným odhadům a sledovaným statistikám, ze kterých vyplývá, že téměř polovina historických VD nepřevyšuje bezpečně KPV. Zajímavým výsledkem je skutečnost, že v hodnoceném souboru VD je poměr mezi vyhovujícími a nevyhovujícími VD téměř totožný pro skupiny děl III. i IV. kategorie. Obecně totiž platí, že tento poměr se s nižším významem VD snižuje. Uvedená skutečnost zřejmě souvisí s tím, že díla IV. kategorie byly zastoupeny rybníky z kategorie IV*, tedy významných VD IV. kategorie, která se svými parametry přibližují rybníkům kategorie III.

Dalším zajímavým, ale zřejmě spíše náhodným, výsledkem provedených posudků je skutečnost, že u všech rybníků, které přešetření bezpečnosti při povodních nevyhověly, došlo k přelití hráze. U žádného z rybníků s negativním výsledkem tedy nenastal případ, že výsledná KMH je v intervalu mezi MBH a nejnižším místem koruny hráze. Tato skutečnost vylučuje diskuse o správnosti stanovení MBH.

Zhodnocení retenčního účinku nádrží

Ze souhrnných výsledků jsme dále jako statisticky zajímavý vyhodnotili transformační účinek nádrží vybraných pilotních lokalit. Transformační účinek jsme hodnotili poměrem kulminačního odtoku a přítoku KPV vyjádřeného v procentech. Přehled výsledků je v následující tabulce:

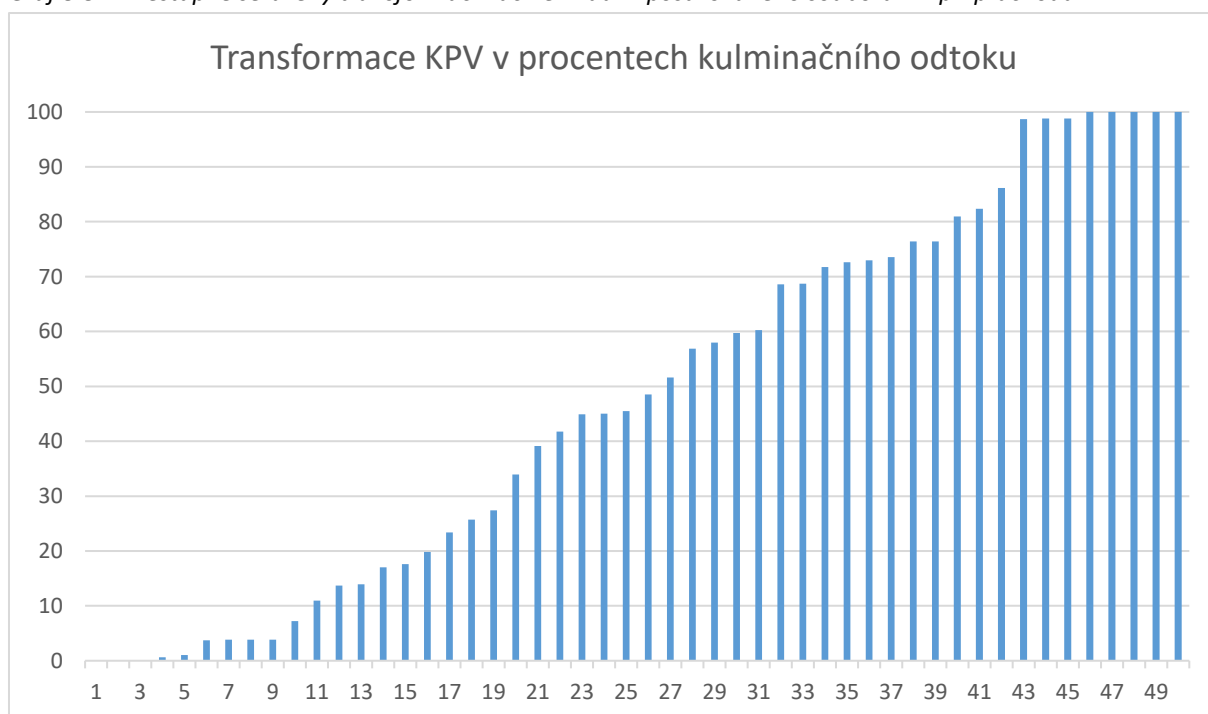
Tabulka 8.2 – Transformační účinek posuzovaných VD

Číslo VD	Název VD	Kategorie	Kulminační přítok [m ³ .s ⁻¹]	Kulminační odtok [m ³ .s ⁻¹]	Transformační účinek [%]
1	Červínský rybník	III	37,9	36,5	4
2	Hořejší rybník	III	121,81	117,1	4
3	Bezdrav	III	276	116	58
4	Dříteňský hořejší rybník	III	13,7	10,5	23
5	Zbudovský rybník	III	70	70	0
6	Mrhal	III	19,7	15,8	20
7	Velký Chřešřovický rybník	III	35,37	11,1	69
8	Velkorojický rybník	III	55,36	40,2	27
9	Ovčácký rybník	III	19,4	11,3	42
10	Hejtman	III	61,8	61,4	1
11	Staňkovský rybník	III	53,8	12,7	76
12	Svět	III	62,3	11	82
13	Velký Tisý	III	71	0	100
14	Záblatský rybník	III	69	0	100
15	Opatovický rybník	III	46	0	100
16	Kačležský rybník	III	35,7	0	100
17	Osika	III	41	35,3	14
18	Otínský rybník	III	25	12,1	52
19	Dolní Panský rybník	III	35	15,1	57
20	Ratmírovský rybník	III	55	55	0
21	Velký řečický rybník	III	34,4	9,3	73
22	Pokoj	IV*	75,5	72,6	4
23	Vols	IV*	8,2	0,1	99
24	Nový Lipnický rybník	IV*	20,1	8,1	60
25	Svobodný rybník	IV*	4,1	0	100

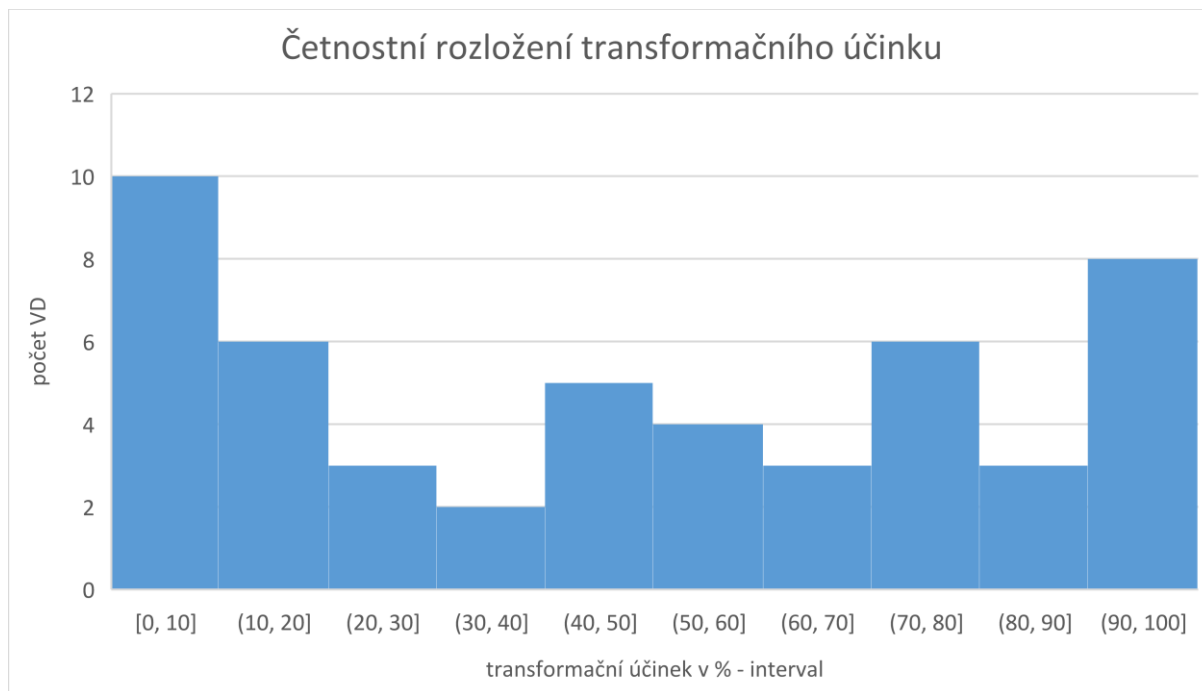
Číslo VD	Název VD	Kategorie	Kulminační přítok [m ³ .s ⁻¹]	Kulminační odtok [m ³ .s ⁻¹]	Transformační účinek [%]
26	Špačkov / Staňkovský	IV*	53,8	12,7	76
27	Hubenovský (Hubenov) rybník	IV*	16,14	8,8	45
28	Velký Zlatohlav	IV*	10,51	2	81
29	Bělohůrecký rybník	IV*	49,1	48,6	1
30	Dehtář	IV*	74,8	23,4	69
31	Hajanský rybník	IV*	26,3	24,4	7
32	Novovrážský rybník	IV*	7,79	0,1	99
33	Podkostelní rybník	IV*	25,3	3,5	86
34	Labuť	IV*	43,5	11,9	73
35	Bubovický rybník	IV*	16,1	6,4	60
36	Horčápský rybník	IV*	13,1	3,7	72
37	Podhlubocký rybník	IV*	21,7	18	17
38	Těchařovický rybník	IV*	6,55	0,08	99
39	Mlýnský rybník	III	30,2	26,9	11
40	Betlémský rybník	III	50,87	41,9	18
41	Strašil	III	27,56	18,2	34
42	Regent	III	31,4	17,3	45
43	Nesvačilský rybník	III	14	3,7	74
44	Jarkovický rybník	III	89,87	86,4	4
45	Smikov	III	63,9	38,9	39
46	Vídlák	III	22,98	22,98	0
47	Vavřínecký rybník	III	52,02	38,63	26
48	Musík	III	30,9	15,9	49
49	Břevnická nádrž	III	19,1	10,5	45
50	Lesík	III	40,63	35,07	14

Výsledky transformace seřazené podle velikosti a jejich četnostním rozdělením do skupin v intervalech po 10% jsou uvedeny v následujících grafech:

Graf 8.8 – Vzestupně seřazený transformační účinek nádrží posuzovaného souboru VD při průchodu KPV



Graf 8.9 – Četnostní rozložení transformačního účinku nádrží posuzovaného souboru VD při průchodu KPV



Z vyhodnocení výsledků transformace je zřejmé, že transformační účinek nádrží vybraných VD je rovnoměrně rozložený v celém spektru od minimálního po maximální možný retenční účinek. Z četnostního rozložení pak dále vyplývá, že v daném soboru padesáti VD jsou nejvíce zastoupeny krajní intervaly s retenčním účinkem 0–10 % (10 VD) a 90–100 % (8 VD), zatímco střední hodnoty retenčního účinku mají zastoupení nižší. Principiálně jsou ve skupině VD s nízkým retenčním účinkem VD s malým retenčním objemem v porovnání s objemem povodně (menší nádrž, velké povodí), ve skupině s vysokým retenčním účinkem jsou pak výhradně velké nádrže s malým povodím. Pokud bychom rozšířili vybraný soubor nádrží o náhodný výběr VD IV. kategorie, posune se těžiště četnostního rozložení retenčního účinku výrazně k nižším hodnotám.

Je-li posuzované vodní dílo součástí vodohospodářské soustavy a je-li v rámci vodohospodářské soustavy také posuzováno, je třeba tuto okolnost sdělit v objednávce hydrologických podkladů. Pro tento případ je třeba podklady doplnit v jednotlivých hodnocených profilech o postupové doby průtoků. Součástí posudku je pak posouzení vlivu výše ležících vodních děl a úprava hydrogramu průtokových vln v dolních profilech. Uvažovaný účinek se musí vždy zdůvodnit a u významných vodních děl se jej doporučuje konzultovat u zpracovatele hydrologických údajů.

Řešení transformace KPV v soustavě nádrží bylo nad rámec možností tohoto projektu. Předpokládané ovlivnění průběhu KPV, ať už v pozitivním (retenční účinek výše položených nádrží) nebo negativním (zvláštní povodeň při poruše výše položených VD) bylo posudcích zohledněno při stanovení MBH. Na základě zhodnocení poměrů v povodí bylo z posuzovaného souboru 50 pilotních lokalit vybráno 5 VD, u kterých je předpokládané ovlivnění KPV retenčním účinkem výše položených nádrží natolik významné, že doporučujeme před zahájením návrhu

nápravných opatření retenční účinek vyčíslit řešením soustavy VD a na základě zhodnocení dopadu transformace na hydrogram KPV případně posudek bezpečnosti revidovat. Jedná se o tyto rybníky:

Černívský rybník, Hořejší rybník, Hajanský rybník, Podkostelní rybník (i přes pozitivní výsledek posudku) a Jarkovický rybník.

Vyhodnocení posouzení stability hrází

Dalším hodnotícím kritériem, které jsme v rámci tohoto projektu zvolili, je stabilita hráze. Podle ČSN 75 2935 je požadovaný stupeň bezpečnosti pro krátkodobé mimořádné zatížení při průchodu KPV $m \geq 1,1$.

Stabilita byla přešetřena u 20 vybraných VD III. kategorie. Z dosažených výsledků vyplývá, že stabilita všech posuzovaných VD pro mimořádné zatížení při průchodu KPV vyhodnocena jako vyhovující, tedy splňující kritéria uvedené normy.

Problematika stability svahů hrází historických VD je odbornou veřejností často diskutovaná, a to jak z pohledu komplikací při získávání vstupních údajů a sestavování matematického modelu, tak z pohledu hodnocení výsledků podle norem určených především pro nově navrhovaná VD. V tomto kontextu jsou zjištěné výsledky poměrně překvapující, neboť běžně převládá názor, že historické hráze normové požadavky na stabilitu často nesplňují. Výsledky našich výpočtů je však třeba brát jen jako orientační, pro komplexní analýzu stability by musel být proveden rozsáhlejší geotechnický průzkum hráze a jejího podloží, který nebylo možné v rámci tohoto projektu uskutečnit.

9. Navrhované metodické řešení

9.1. Posouzení minimálních zůstatkových průtoků na MVN

Podle odstavce 2) paragrafu §36 zákona 254/2011 Sb. vyplývá pro vodoprávní úřad povinnost stanovit MZP, místo měření MZP, způsob měření MZP a četnost předkládání výsledků těchto měření vodoprávnímu úřadu. V současnosti vodoprávní úřady v souladu s odstavcem 3) paragrafu §36 zákona 254/2011 Sb. nemají k dispozici závazné Nařízení vlády České republiky o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku, protože nebylo vládní nařízení schváleno. V současnosti mají vodoprávní úřady k dispozici platný metodický pokyn Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot MZP ve vodních tocích z roku 1998.

Pro přehlednost je v Příloze F přiložen metodický pokyn Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot MZP ve vodních tocích z roku 1998, který je dostupný ve Věstníku MŽP (č. 1998/05). Dále pro přehlednost je v Příloze E přiložen návrh Nařízení vlády ČR o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2019. V přílohách se blíže popisuje postup stanovení MZP v souladu s danou dokumentací. Paragraf vodního zákona §36 zákona 254/2011 Sb. je uveden v kapitole 3.1.1.

9.1.1. Vstupní parametry

Při posouzení MZP na MVN je žádoucí pro přehlednost mít k dispozici dokumentaci o vodním díle. Při stanovení minimálního zůstatkového průtoku (MZP) podle Přílohy 3 ve stávajícím návrhu Nařízení vlády ČR je nutné mít k dispozici alespoň následující parametry:

- název vodního díla,
- poloha,
- vodní tok,
- číslo hydrologického pořadí,
- dlouhodobý průměrný průtok Q_a [m^3/s],
- m – denní průtoky Q_{330} , Q_{355} a Q_{364} [m^3/s].

9.1.2. Doporučení

Na základě získaných poznatků při zpracování výzkumného projektu, zkušeností v problematice stanovení MZP a stávajícího návrhu Nařízení vlády ČR vznikla následující doporučení způsobu stanovení MZP.

Doporučení způsobu stanovení MZP na vodních dílech, podle odstavce 3) paragrafu §4 návrhu Nařízení vlády ČR, jsou s ohledem na provozní podmínky nádrže vodního díla tato:

1. Při napouštění nádrže vodního díla je nutné zajistit stanovenou hodnotu minimálního zůstatkového průtoku za níže uvedených podmínek:

a) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty rovné nebo vyšší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p > MZP$, pak hodnota minimálního zůstatkového průtoku **MZP** odpovídá stanovené hodnotě minimálního zůstatkového průtoku MZP .

$$Q_p \geq MZP \Rightarrow \mathbf{MZP} = MZP$$

b) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty nižší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p < MZP$, pak musí být zajištěn odtok Q_o rovnající se přítoku do nádrže Q_p , tj. $Q_o = Q_p$. Stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP se v tomto případě neuplatní.

$$Q_p < MZP \Rightarrow Q_o = Q_p$$

2. Po napuštění vodního díla až na úroveň stanovené provozní (hospodářské) hladiny je nutné zajistit stanovenou hodnotu minimálního zůstatkového průtoku za níže uvedených podmínek:

a) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty rovné nebo vyšší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p > MZP$, pak hodnota minimálního zůstatkového průtoku **MZP** odpovídá stanovené hodnotě minimálního zůstatkového průtoku MZP .

$$Q_p \geq MZP \Rightarrow \mathbf{MZP} = MZP$$

b) Pokud hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p nabývá hodnoty nižší než stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP , tj. $Q_p < MZP$, pak musí být zajištěn odtok Q_o rovnající se přítoku do nádrže Q_p , tj. $Q_o = Q_p$. Stanovená hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP se v tomto případě neuplatní.

$$Q_p < MZP \Rightarrow Q_o = Q_p$$

Podle odstavce 2) paragrafu §36 zákona 254/2011Sb. vyplývá povinnost vodoprávních úřadů stanovit minimální zůstatkový průtok.

Podle odstavce 2) paragrafu §36 zákona 254/2011Sb. vyplývá povinnost vodoprávních úřadů stanovit místo a způsob měření MZP.

Hodnota přítoku do nádrže vodního díla Q_p představuje součet měřitelných průtoků na všech určených přítocích do nádrže vodního díla dle aktuálních hydrologických podmínek. Odtok z nádrže vodního díla představuje součet měřitelných průtoků na určených funkčních objektech vodního díla, které umožňují vypouštět vodu z nádrže vodního díla do příslušného vodního toku.

Výzkumný projekt nedoporučuje snížit hodnotu MZP o ztráty v nádrži, například výparem nebo průsakem do podloží, z následujících důvodů:

- Evaporace z volné hladiny je významnou ztrátou v nádrži, jak prokazují výsledky projektu. Snížením stanoveného MZP o tuto ztrátu se zasahuje do metodického přístupu NV, který se snaží zachovat ekologickou funkci vodního toku pod vodním dílem. Nedoporučuje se tedy zohlednit ztráty výparem (evaporací) při stanovení MZP.
- Snížení hodnoty MZP o průsak do podloží je irelevantní, jelikož úzce souvisí s hydrogeologickými podmínkami v místě realizace VD. Tyto podmínky, a tedy i míra případných ztrát průsakem do podloží, by měly být zohledněny již při samotném návrhu a provozu VD. Dalším faktem je, že tyto ztráty nelze objektivně a s náležitou přesností kvantifikovat.

9.2. Posouzení bezpečnosti MVN při povodních

Na základě poznatků a zkušeností, získaných při zpracování tohoto projektu a také v předchozí praxi s vypracováním posudků bezpečnosti významných rybníků, předkládáme návrh metodiky pro aplikaci ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl na historických vodních dílech III. a IV. kategorie. Návrh metodiky má dvě roviny:

- 1) průvodce vypracováním posudku podle ČSN 75 2935 pro historická VD za účelem zjednodušení a zefektivnění práce na posudku
- 2) náměty na aktualizaci norem

9.2.1. Průvodce vypracováním posudku podle ČSN 75 2935 pro historická VD

Návrh metodiky s příslušným komentářem je proveden ve skladbě a členění kapitol posudku podle normy:

- A. Úvodní část
- B. Účel a popis vodního díla
- C. Základní údaje a podklady
 - C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni
 - C.2. Hydrologické podklady
 - C.3. Technické parametry a podklady
 - C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni
 - C.5. Hydraulické výpočty
- D. Stanovení mezní bezpečné hladiny
- E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži
- F. Závěrečné zhodnocení
- G. Nápravná a nouzová opatření
- H. Použité podklady
- I. Seznam příloh

A. Úvodní část

V úvodní části je pro historická VD III. a IV. kategorie postačující uvést identifikační údaje VD: název, kategorie z hlediska TBD, tok, číslo hydrologického pořadí, katastrální území, ORP, kraj, vlastník, příslušný vodoprávní úřad, pověřená organizace k výkonu TBD, polohové souřadnice a výškový systém.

B. Účel a popis vodního díla

Pro historická VD III. a IV. kategorie je v kapitole B je třeba uvést účely VD podle MŘ a popis VD. Popis doporučujeme rozdělit na úvodní informace o poloze VD, jeho historii, hlavních

parametrech nádrže a jejího umístění ve vztahu k toku a samostatný popis objektů a jejich aktuálního technického stavu ve členění hráz, bezpečnostní přeliv, spodní výpust, další objekty. Součástí této kapitoly by mělo být i doložení rozdělení prostoru nádrže podle MŘ, nejlépe ve formě přehledné tabulky. Pro účely posudku je vhodné z mapových podkladů ověřit zatopenou plochu při normální hladině a dopočítat charakteristiku nádrže nad předpokládanou úroveň KMH.

C. Základní údaje a podklady

C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni

Pokud není požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni, vyjádřená pravděpodobností překročení kulminačního průtoku KPV, předepsaná v kategorizačním protokolu (zpracovaného např. v souvislosti se změnou stavby VD), postupuje se podle tabulky 1 normy (níže je přiložená část tabulky pro VD III. a IV. kategorie):

Tabulka 9.1– Požadovaná míra bezpečnosti pro VD III. a IV. kategorie

Kategorie VD	Pravděpodobné škody při hypotetické havárii VD	Hodnotící hlediska podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havárii VD		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potencionální rozsah celkových škod	Uvažované ztráty lidských životů	$p = 1/N$	N (let)
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozsahu	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

C.2 Hydrologické podklady

Výchozím podkladem posudku je kontrolní povodňová vlna (KPV), uvažovaná jako teoretická N-letá povodňová vlna. V souladu s odst. 9.1 a 9.2 normy jsou v případech, kdy se transformace evidentně neuplatní nebo je nevýznamná, postačí základní hydrologické údaje (případně rozšířené o vyčíslení Q200 nebo Q1000). Platné základní hydrologické údaje (minimálně stanovení N-letých vod) by měly být vždy součástí hydrologických podkladů posudku.

Pro vodní díla zařazená do I. až III. kategorie se podle ČSN 75 2935 požadují také údaje o větru. Pro historická VD III. kategorie doporučujeme údaje o větru neobjednat u ČHMÚ a použít rychlosti větru uvedené v ČSN 75 0255 - Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.

C.3. Technické parametry a podklady

Základní technické údaje o VD je možné převzít z MŘ, parametry rozhodné pro vypracování posudku je ale vždy třeba ověřit. Výškové údaje, které jsou pro sestavení posudku nezbytné, není možné ověřit jinak než geodeticky. Geodetické zaměření by mělo zdokumentovat korunu hráze, patu hráze, příčný profil hráze v nejvyšším místě, bezpečnostní přeliv, spodní výpust a ostatní objekty pro převádění vody. Geodetické zaměření se doporučuje doplnit ručním přeměřením objektů pro převádění vody.

V případě nesouladu údajů zjištěných geodetickým a ručním měřením s údaji uvedenými v MŘ se v posudku použijí ověřené hodnoty. Z provedených měření se doporučuje sestavit podélný řez korunou hráze a schématické výkresy objektů sloužící pro výpočty konsumpčních křivek.

Další technické podklady (především pro provozovaná VD) se zpracují v následující kapitole C.4.

C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni

Tato část je při sestavování posudku velice významná, neboť výčet a správné zhodnocení rozhodných okolností může mít podstatný vliv jak na určení mezní bezpečné hladiny (MBH), tak kontrolní maximální hladiny (KMH), jejichž výsledné porovnání určuje výsledek posudku. Je zřejmé, že jak výčet okolností, tak jejich zhodnocení je subjektivní záležitostí. Je proto žádoucí, aby tuto část posudku zpracovával zkušený odborník vodohospodář, nejlépe specialista TBD.

Pro zjednodušení a zpřehlednění výčtu a hodnocení okolností ovlivňujících bezpečnost VD při povodních byl v rámci tohoto projektu vypracován souhrnný výčet okolností pro skupinu historických VD a jejich rozčlenění do tří skupin podle předpokládaného dopadu na jednotlivé části posudku. Výčet okolností formou dotazníku má za úkol vést posuzovatele a minimalizovat tak subjektivní složku posudku.

1) Okolnosti ovlivňující průběh kontrolní povodňové vlny

- Transformace KPV výše umístěnými nádržemi: *ano/ne, popis*
- Očekávané zvýšení průtoku KPV poruchou vzdouvacího prvku výše položených VD: *ano/ne, popis*
- Obtok nádrže při KPV: *ano/ne, popis*
- Jiné očekávané podstatné ovlivnění průběhu KPV: *ano/ne, popis*

Okolnosti ovlivňující průběh teoretické kontrolní povodňové vlny (hydrogram KPV i kulminační průtoky jsou standardně stanovovány jako údaje neovlivněné) je v posudku třeba zohlednit při výpočtu KMH, případně při stanovení MBH.

2) Okolnosti ovlivňující kapacitu výpustných zařízení

- Přeliv hrazený / nehrazený: *popis*
- Česle na přelivu: *ano/ne, popis*
- Ochrana přelivu před plaveninami: *ano/ne, popis*
- Prostupnost plavenin: *nízká/vysoká, případně popis*
- Přístupnost přelivu pro odstraňování překážek těžkou technikou: *ano/ne*
- Ovlivnění kapacity přelivu kapacitou skluzu (koryta) pod přelivem: *ano/ne, popis*
- Režim obsluhy VD: *obsluha trvale dostupná (pohotovost) / bez trvalé obsluhy*
- Využití spodní výpusti při převádění povodňových průtoků: *ano/ne*
- Pravděpodobnost omezení kapacity SV při povodni: *nízká/vysoká*
- Nouzový (doplňkový) přeliv: *ano/ne, popis*

Okolnosti ovlivňující kapacitu výpustných zařízení je v posudku třeba zohlednit při výpočtu KMH.

3) Okolnosti ovlivňující odolnost hráze při povodních

- Propustné vrstvy v horní části tělesa hráze: *ano/ne, popis*
- Registrované průsaky hrází či podloží: *ano/ne, popis*
- Stabilita tělesa hráze ověřená výpočtem: *ano/ne, popis*
- Historické poruchy deformačního charakteru: *ano/ne, popis*
- Vyrovnanost nivelety hráze: *vyrovnaná/nevrovnaná, výškový rozdíl*
- Umístění nejnižšího místa koruny: *popis*
- Předpoklad sedání hráze: *ano/ne*
- Opevnění koruny hráze: *popis*
- Přístupnost koruny hráze pro těžkou techniku: *ano/ne*
- Opevnění návodního svahu nad normální hladinou: *popis*
- Opevnění vzdušního svahu hráze: *popis*

Okolnosti ovlivňující bezpečnost tělesa hráze při povodňových stavech (ohrožení globální a filtrační stability tělesa hráze a podloží zvýšenou hladinou vody v nádrži, odolnost povrchu hráze) je v posudku třeba zohlednit při stanovení MBH.

V kapitole „Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni“ je třeba také uvést a okomentovat zásady manipulací na VD v průběhu povodně. Manipulace za povodní jsou zakotveny v MŘ a je třeba je zohlednit zejména při výpočtu KMH.

C.5 Hydraulické výpočty

V rámci hydraulických výpočtů je nutné ověřit (vypočítat) konsumpční křivky všech objektů pro převádění vody a zohlednit možné ovlivnění kapacity plaveninami. U VD s pevnými přelivy, resp. s objekty bez manipulací v průběhu povodně, je pro další výpočty výhodné sestavit souhrnnou konsumpční křivku. V případě, že se předpokládá (nebo se v průběhu výpočtů zjistí) přelévání hráze, je třeba souhrnnou konsumpční křivku doplnit o konsumpční křivku koruny hráze a prodloužit (dopočítat) o potřebnou výšku nad úroveň nejnižšího místa koruny.

D. Stanovení mezní bezpečné hladiny

Mezní bezpečná hladina (MBH) se stanovuje pro konkrétní typ a konstrukční řešení díla jako nejvyšší hladina v nádrži, při jejímž překročení začíná být aktuální nebezpečí poruchy a havárie díla.

Výchozí úroveň MBH se určí podle konstrukčního řešení hráze, způsobu těsnění a konkrétních podmínek založení hráze, u provozovaných vodních děl také podle zkušeností z dosavadního provozu a výkonu technickobezpečnostního dohledu.

Historická VD (rybníky) jsou z konstrukčního hlediska téměř výhradně homogenní zemní hráze. Pokud nejsou v oblasti koruny identifikovány propustné vrstvy (např. ve skladbě vozovky), určuje se u tohoto typu hrází výchozí úroveň MBH na kótu nejnižšího místa koruny hráze.

Podle výběru a zhodnocení podstatných okolností, které bezpečnost hráze při povodni ovlivňují, se výchozí úroveň MBH snižuje, popřípadě zvyšuje o hodnoty dílčích výšek odpovídajících uvažovaným faktorům. K tomu posuzovateli slouží výčet okolností uvedený v části C4. Správné zhodnocení a míra zohlednění rozhodných okolností je závislá na odbornosti a zkušenostech posuzovatele, v posudku proto musí být srozumitelně okomentovány a zdůvodněny.

Úroveň MBH se pak dále snižuje o výšku výběhu větrových vln. U vodních děl zařazených do I. až III. kategorie se výška výběhu vln určuje podle ČSN 75 0255 - Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích. U vodních děl zařazených do IV. kategorie při délce rozběhu vlny nepřesahujícím 300 m (tj. největší přímá délka vodní hladiny mezi hrází a protilehlým břehem), je umožněno výšku výběhu určit zjednodušeně z tabulky. Norma pak dále připouští redukovat vypočtenou výšku výběhu s ohledem na odolnost koruny a vzdušního svahu, dobu trvání extrémní hladiny v nádrži a pravdě-podobnost souběhu nepříznivých jevů.

Tato fáze posudku je dlouhodobě nejdiskutovanější. Vypočítané výšky výběhu vln vycházejí velmi vysoké, u rybníků často i vyšší než převýšení koruny nad běžnou hladinou. Výpočet výběhu větrových vln podle ČSN 75 0255 – Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích z roku 1988 je navíc velmi nepřehledný a komplikovaný.

U historických VD je tak nepsaným pravidlem, že vypočtená výška výběhu vln se v posudku snižuje, a to především s ohledem na krátkou dobu trvání extrémní hladiny v nádrži a nízkou pravděpodobnost souběhu nepříznivých jevů. Snižování hodnoty výběhu vlny při výpočtu MBH z uvedených důvodů považujeme za zcela legitimní.

Pokud uvážíme, že trvání kulminace povodně se počítá v řádu hodin a stejně tak i trvání extrémního větru s pravděpodobností překročení 4 %, resp. 1 % (25–letý, resp. 100–letý vítr), je za předpokladu vzájemné nezávislosti obou jevů výsledná pravděpodobnost jejich souběhu

pro PV 100: desítky milionů let
pro PV 1 000: stovky milionů let
pro PV 10 000: miliardy let

Další argumenty pro snížení hodnoty výběhu větrových vln:

- koruna a vzdušní svah krátkodobě odolá přelití špičkami větrových vln (zatížení obdobné přivalovému dešti)
- orientace rybníka vůči převládajícímu směru větru, umístění VD v údolí, břehová vegetace, vegetace na návodním svahu hráze nebo malá hloubka vody mohou mít vliv na snížení reálné výšky výběhu větrových vln

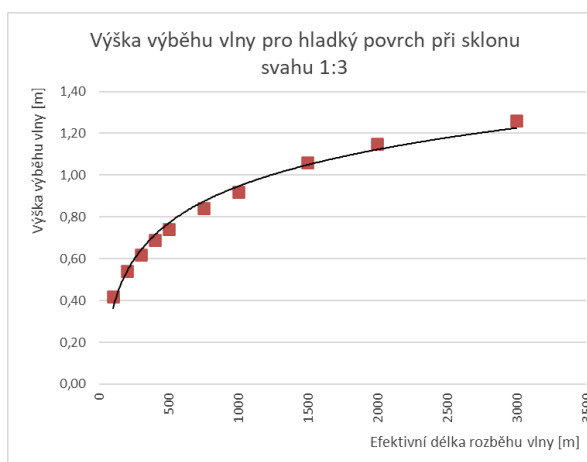
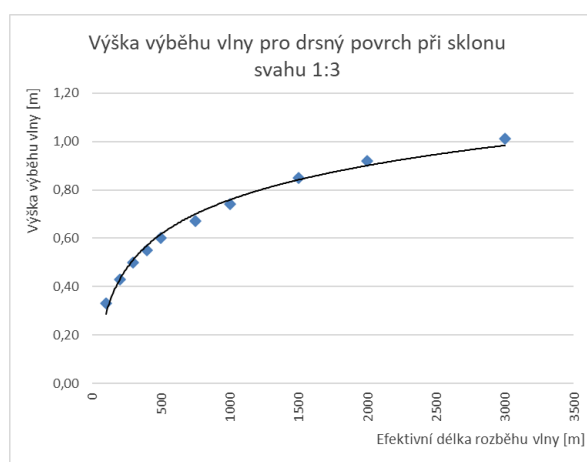
Z výše uvedeného rozboru je zřejmé, že u historických VD je přesné vyčíslení výběhu vln neúčelné, neboť se téměř vždy následně přistupuje k jeho zásadní redukci. V rámci této metodiky proto navrhuje zjednodušit komplikovaný výpočet výběhu vln tabulkovými hodnotami, vypočítanými postupem podle ČSN 75 0255, pro dva typy drsnosti svahu a tři hodnoty sklonu svahu. Vypočtením efektivní délky rozběhu větru a odečtením příslušného výběhu pro odpovídající sklon a drsnost pak dospějeme k dostatečně přesnému výsledku. Při návrhové rychlosti větru 72 km/h tak fakticky dojde k rozšíření tabulky 2 – Orientační hodnoty výšky výběhu vlny, uvedené v ČSN 75 2935 pro VD IV. kategorie s délkou rozběhu větru do 300 m, i na větší nádrže IV a III. kategorie.

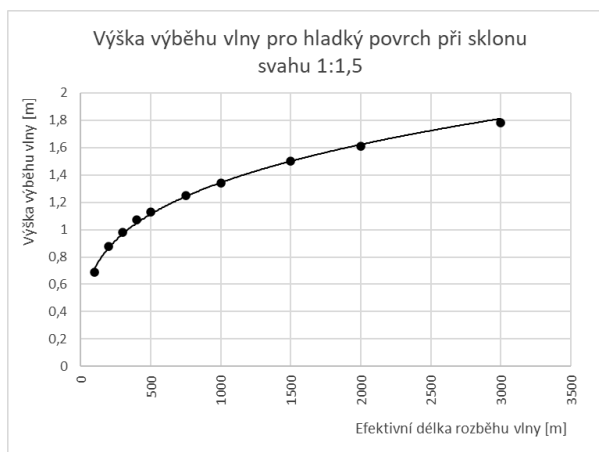
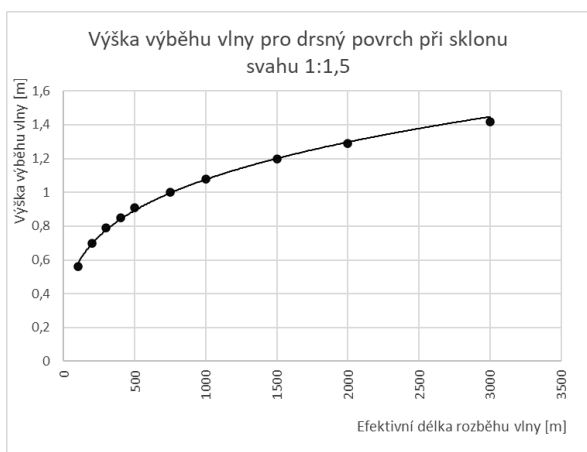
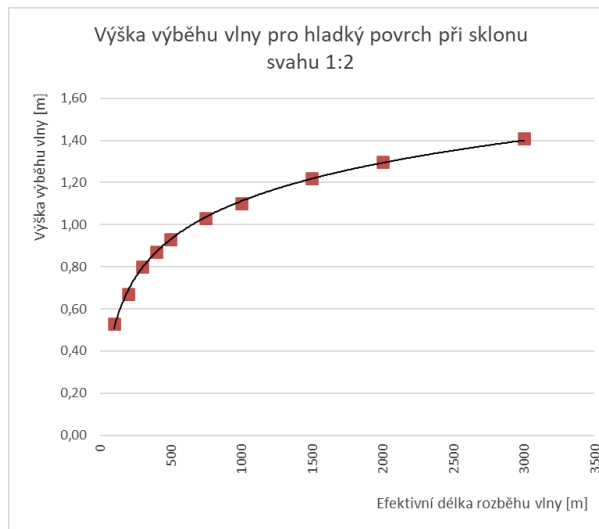
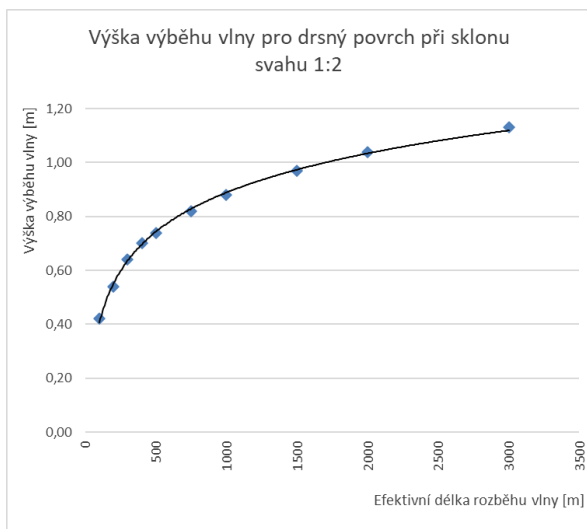
Přehledná tabulka pro určení výšky výběhu vlny je doložena na následující stránce. Je následována grafy funkčních závislostí vypočítaných postupem podle ČSN 75 0255, ze kterých jsou výsledné hodnoty v tabulce odečteny.

Tabulka 9.2 – Odvozená výška výběhu větrové vlny

Druh opevnění návodního svahu hráze	Efektivní délka rozběhu větru [m]	Výška výběhu vlny [m] pro návrhovou rychlost 72 km/h		
		Sklon návodního svahu hráze		
		1:3	1:2	1:1,5
Drsný povrch (kamenná rovnánina, pohoz, vegetační pokryv)	100	0,33	0,42	0,56
	200	0,43	0,54	0,70
	300	0,50	0,64	0,79
	400	0,55	0,70	0,85
	500	0,60	0,74	0,91
	750	0,67	0,82	1,00
	1000	0,74	0,88	1,08
	1500	0,85	0,97	1,20
	2000	0,92	1,04	1,29
	3000	1,01	1,13	1,42
Hladký povrch (asfaltobeton, beton, dlažba)	100	0,42	0,53	0,69
	200	0,54	0,67	0,88
	300	0,62	0,80	0,98
	400	0,69	0,87	1,07
	500	0,74	0,93	1,13
	750	0,84	1,03	1,25
	1000	0,92	1,10	1,34
	1500	1,06	1,22	1,50
	2000	1,15	1,30	1,61
	3000	1,26	1,41	1,78

Grafy 9.1 – 9.6: Funkčních závislost výběhu větrovných vln pro proměnnou efektivní délku rozběhu větru a 6 kombinací drsnosti a sklonu návodního svahu hráze





E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži

KMH při povodni se stanoví řešením úlohy transformace povodňové vlny retenčním účinkem nádrže. V případech, kdy se transformace evidentně neuplatní nebo je nevýznamná, se KMH stanoví odečtením ze souhrnné měrné křivky bezpečnostních a výpustných zařízení pro příslušný kulminační průtok KPV. Pro vodní díla I. až III. kategorie skupiny se retenční účinek nádrže vždy kvantifikuje. Jeho případné zanedbání se musí zdůvodnit. U vodních děl IV. kategorie se postupuje individuálně. V jasných případech, kdy je vodní dílo zabezpečeno i bez uvažování retenčního účinku nebo se transformace neuplatní pro nedostatečný retenční prostor nádrže vzhledem k objemu vzestupné části povodňové vlny, se transformace povodně neprošetřuje.

Při stanovení KMH se v případě historických VD postupuje bez výjimek podle ustanovení normy. Je třeba správně uvážit a zohlednit možné ovlivnění kapacity jednotlivých objektů plaveninami. Převádění vody spodní výpustí se většinou (s ohledem na nízkou kapacitu a pravděpodobnost ucpání) neuvažuje. U pohyblivých uzávěrů je třeba dobře zvážit, zda bude obsluha v případě povodně s jistotou dostupná a zda se dá s uzávěry při zvýšeném zatížení

v průběhu povodně manipulovat. V případě nejistot je vždy nutné uvažovat nejnepříznivější stav. Při řešení transformace je třeba z mapových podkladů ověřit (a podle potřeby i doplnit nad úroveň hladin uváděných v MŘ) zatopené plochy nádrže. Pokud v průběhu výpočtu dojde k přelítí hráze, je třeba konšumpční křivky objektů prodloužit (dopočítat) o potřebnou výšku a doplnit o konšumpční křivku přepadu přes korunu hráze.

F. Závěrečné zhodnocení

Výsledkem Posudku je vztah mezi MBH a KMH. VD se pro převedení KPV pokládá za bezpečné při platnosti relace $KMH \leq MBH$.

G. Nápravná a nouzová opatření

Nápravná opatření se týkají provozovaných vodních děl v případě negativního výsledku posudku. Nouzová opatření a zřízení varovné služby pro obyvatelstvo v ohroženém území (únikové cesty a organizace evakuace z ohrožených míst) se vztahují na všechna vodní díla a doporučují se za účelem vyloučení nebo minimalizace ztrát na životech a hmotných škod pro případ, že chování vodních děl vybočí za zcela extrémní situace z předpokládaných mezí. Příklady nápravných a nouzových opatření jsou uvedeny v normě.

9.2.2. Náměty na aktualizaci norem

V souvislosti s velmi nízkou pravděpodobností souběhu kulminace KPV větru s dobou opakování 25 až 100 let (pro PV 100 desítky milionů let, pro PV 1 000 stovky milionů let a pro PV 10 000 miliardy let) považujeme za opodstatněné otevřít odbornou diskusi nad postupem výpočtu MBH podle ČSN 75 2935. Jako podklad k diskusi a případným návrhům změn by měla být zpracována rešerše přístupu k této problematice ve vodohospodářsky vyspělých zemích.

Dalším doporučením v rámci metodiky posuzování bezpečnosti VD při povodních je revize ČSN 75 0255 – Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích. Norma z roku 1988 zřejmě není v praxi příliš využívána, proto dosud nebyla iniciována její aktualizace. Výpočet výběhu vln podle této normy je velmi nepřehledný a komplikovaný, s užitím mnoha koeficientů, přepočtů a odečtů z nomogramů. Uživatelé trvá dlouho, než se v postupu výpočtu zorientuje, často dochází k omylům a chybám či nesprávnému výkladu. I v tomto případě by bylo vhodné zjistit, jaký je přístup k této problematice v zahraničí a zda v EU neexistuje předpis, který by mohl tuto normu nahradit.

9.2.3. Posouzení stability hráze

Podle odst. 8.6 normy je pro stanovenou úroveň MBH třeba posoudit stabilitu hráze. U historických VD je obtížné tento požadavek zodpovědně splnit. Pokud nebude stabilitnímu posudku předcházet rozsáhlý a finančně náročný geotechnický průzkum, budou výsledky výpočtů stability vždy jen orientační. Hlavní důvody jsou následující:

- omezené informace o konstrukčním materiálu hráze, jeho možná nehomogenita
- omezené informace o skladbě podloží a založení hráze
- nejednotný geometrický tvar hráze
- neznámý průběh depresní křivky

Na základě zkušeností z naší dlouholeté praxe a s podporou výsledků posudků stability provedených v rámci tohoto projektu můžeme zodpovědně prohlásit, že u historických VD III. a IV. kategorie není třeba v rámci posouzení bezpečnosti VD při povodních stabilitu hráze přeshetřovat. Tento závěr je podložen následujícími důvody:

- bez rozsáhlého geotechnického průzkumu je výsledek výpočtu jen orientační,
- vzestup hladiny vody v nádrži a její krátkodobé setrvání na zvýšené úrovni nemá negativní vliv na stabilitu tělesa hráze (platí pro všechny konstrukční typy sypaných hrází),
- stářím se zvyšují smykové parametry i soudržnost zemin,
- historicky nejsou známy příklady poruch rybníčních hrází při povodních, jejichž příčinou by bylo prosté porušení globální stability hráze; pokud je stabilita ohrožena, jedná se téměř vždy o lokální poruchy a nehomogenity (často spojené s průsakovými jevy), které výpočet stability nemůže postihnout.

10. Použitá literatura

Allen, R. G., Pereira, L. S., Reas, D., Smitha, M. (1998): Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. ISBN 92-5-104219-5.

Balvín, P., Vizina, A. (2018): Stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků v podmínkách ČR. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 60, č. 2, str. 8–13. ISSN 0322-891

Balvín, P., Smrž, P., Švancara, J. a kolektiv (2021). Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí ČR pro posouzení změny užívání suchých nádrží. Praha. Dostupné z: <https://www.suchovkrajine.cz/vystupy/sucho-vodni-hospodarstvi>

Balvín, P. (2022): Metodika stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků v podmínkách České republiky. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí. Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, 2022.

Beran, A., Kožíň, R. , Georgievová, I. (2022): aplikace MAVONA. Dostupné z: <https://mvn.vuv.cz/>

Beran, A., Kožíň, R. , Georgievová, I. (2022): Manuál k aplikaci MAVONA, Praha. Dostupné z: https://shiny.vuv.cz/mvn/basic_version.Rmd

Mattas, D. Výpočet průtoku v otevřených korytech. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2014. ISBN 978-80-87402-27-6.

Oudin, L., Moulin, L., Bendjoudi, H., and Ribstein, P. (2010): Estimating potential evapotranspiration without continuous daily data: possible errors and impact on water balance simulation. Hydrological Sciences Journal, 55, 2, 209–222.

Ruda, Aleš.: KLIMATOLOGIE A HYDROGEOGRAFIE PRO UČITELE: Hydrogeografie - Hydrografie vodních toků. Online. In: PEDAGOGICKÁ FAKULTA MASARYKOVY UNIVERZITY, KATEDRA GEOGRAFIE. MASARYKOVA UNIVERZITA. 2014. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/08-hydrografie.html.

Říha, J., Sedáček, M., Smrž, P., Veselý, R., Žatecký, S. (2014): Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu. Praha: Ministerstvo životního prostředí. ISBN 978-807-2126-002 [online] Dostupné z: https://www.povis.cz/pdf/Suche_nadrze_TBD.pdf

ČSN 75 1400. Hydrologické údaje povrchových vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 01/2014. Třídící znak 75 1400.

ČSN 75 2935. Posouzení bezpečnosti vodních děl při povodních. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 01/2014. Třídící znak 75 2935.

ČSN 75 2340. Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 09/2017. Třídící znak 75 2340.

ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 04/2011. Třídící znak 75 2410.

ČSN 75 0120. Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechniky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 06/2009. Třídící znak 75 0120.

ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti VD při povodních, 01/2014. Třídící znak 75 2935.

ČSN 75 0255 – Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích, 04/1988. Třídící znak 75 025.

ČSN 75 2310 – Sypané hráze v geodeticky zaměřeném charakteristickém příčném profilu, 09/2006. Třídící znak 75 2310.

Návrh Nařízení vlády České republiky o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku, 2019. Praha.

Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. 1998. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)

Vyhláška č. 471/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, novelizace k 1.3.2021. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-471>

Vyhláška č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, (novelizace v roce 2010 vyhláškou 255/2010 Sb. a v roce 2021 vyhláškou 86/2021 Sb.)

Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla (novelizace v roce 2005 vyhláškou 367/2005 Sb.)

Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), novelizace k 1. 1. 2024. Dostupné online z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254?text=>

aplikace HydroRAIN-6H , dostupné z: <https://rain1.fsv.cvut.cz/>
nebo https://rain.fsv.cvut.cz/webapp2/hydrorain_6h/

11. Přílohy – seznam

Příloha A. Databáze pilotních lokalit

Příloha B. Vzorové příklady řešení bezpečnosti VD při povodních

Příloha C. Posouzení MZP u pilotních lokalit

Příloha D. Fotodokumentace – terénní průzkum

Příloha E. Předběžný návrh Nařízení vlády ČR o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2019

Příloha F. Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích z roku 1998