VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ ZÁSOBNÍHO OBJEMU VYBRANÉ NÁDRŽE V PODMÍNKÁCH ZMĚNY KLIMATU

WATER MANAGEMENT ANALYSIS OF RESERVOIR STORAGE CAPACITY DUE TO CLIMATE CHANGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Monika Šenková

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. DANIEL MARTON, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2020

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Monika Šenková
Název	Vodohospodářské řešení zásobního objemu vybrané nádrže v podmínkách změny klimatu
Vedoucí práce	doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	5. 6. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc. Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Marton D., Knoppová K., Štěpánek P., Robustnost návrhu zásobního objemu nádrže Vlachovice v podmínkách nejistoty klimatické změny, Konference Vodní nádrže 2019, Brno 2019, ISBN: 978-80-907141-3-7

MŽP, Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství ČR, Praha (2011)

MŽP, Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí (MŽP - Ministry of the Environment of the Czech Republic) [online]. 2015 [cit. 2016-10-10].

STARÝ M., Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 01), VUT v Brně - Fakulta stavební, Brno, 2006.

STARÝ M., Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 02), VUT v Brně - Fakulta stavební, Brno, 2006.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Klimatická změna bude mít velký vliv na budoucí hospodaření s vodními zdroji v podstatě po celém světě. I Česká republika začíná být postupnou klimatickou změnou zasažena. Na základě vládních strategických dokumentů adaptace na změnu klimatu zahájily podniky Povodí přípravné práce k možné výstavbě pěti nových vodních nádrží. Cílem bakalářské práce je provést návrh zásobního objemu a zabezpečenosti odtoku vody z nádrže v podmínkách změny klimatu v hájeném profilu Vlachovice v povodí řeky Vlára. Jako vstupní hydrologická a klimatická data budou použita měření a výstupy z klimatických simulaci poskytnuté ČHMÚ pobočka Brno a CzechGlobe v.v.i. Pro návrh zásobního objemu bude sestaven simulační model nádrže. Výsledky budou prezentovány ve formě hydrologické analýzy povodí a vodohospodářského řešení zásobního objemu v současném a výhledovém stavu uvažující budoucí možné změny hydrologických poměrů v povodí.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem této práce je vodohospodářské řešení zásobního objemu nádrže Vlachovice v podmínkách změny klimatu. ČR se rozhodla, vzhledem k dlouhodobému suchu a povodňovým obdobím, pro výstavby víceúčelových nádrží. Jednou z nich je víceúčelová vodní nádrž Vlachovice. Nádrže se navrhují na určitý zásobní objem, který se vypočítá z průtokové řady v daném vodním profilu. Průtoky na vodních tocích jsou podmíněné klimatickými a geomorfologickými podmínkami. Klimatické podmínky se neustále mění a významně ovlivňují průtoky. Je těžké určit budoucnost průtoků vodního toku. Budoucí průtoky se generují na základě naměřených hodnot a předpokládaných klimatických změn pomocí matematických modelů. V této práci jsou porovnávány právě dva scénáře budoucnosti průtokových řad v závislosti na množství spadených srážek a na změnách teplot.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zásobní objem, nalepšený odtok, odtokový součinitel, statistické charakteristiky, průtoky, srážkové úhrny, teploty vzduchu, klimatické změny, klimatické modely

ABSTRACT

The aim of this work is a water management solution of the storage volume of the Vlachovice reservoir in the conditions of climate change. Due to the long-term drought and flood period, the Czech Republic decided to build multi-purpose reservoirs. One of them is the multi-purpose water reservoir Vlachovice. The tanks are designed for a certain storage volume, which is calculated from the flow series in a given water profile. Flows on watercourses are conditioned by climatic and geomorphological conditions. Climatic conditions are constantly changing and significantly affect flows. It is difficult to determine the future of water flows. Future flows are generated based on measured values and expected climate change using mathematical models. In this work, just these two scenarios of the future of flow series depending on the amount of precipitation and temperature changes are compared.

KEYWORDS

Storage volume, improved runoff, runoff coefficient, statistical characteristics, flows, precipitation totals, air temperatures, climate change, climate models

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Monika Šenková *Vodohospodářské řešení zásobního objemu vybrané nádrže v podmínkách změny klimatu.* Brno, 2020. 92 s., 5 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vodohospodářské řešení zásobního objemu vybrané nádrže v podmínkách změny klimatu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 2. 6. 2020

Monika Šenková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vodohospodářské řešení zásobního objemu vybrané nádrže v podmínkách změny klimatu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2. 6. 2020

Monika Šenková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Danielu Martonovi, Ph.D. za cenné rady, podněty a připomínky při zpracování bakalářské práce. A děkuji Ing. Andrei Krýslové za korekturu textu. V neposlední řadě děkuji také všem respondentům, kteří mi pomohli při sběru údajů.

OBSAH

1 ÚVOD 10

2 KLIMATICKÉ ZMĚNY 12

2.1 Vývoj klimatických změn podle historie 14

2.2 Vliv klimatických změn na vodu 15

2.3 Klimatické modely 15

2.4 Regionální klimatické modely 16

2.5 Klimatické scénáře 17

3 METODY 19

3.1 Statistické charakteristiky 20
3.1.1 Aritmetický průměr 20
3.1.1.1 Lineární spojnice trendu 20
3.1.2 Disperze 21
3.1.3 Směrodatná odchylka 21
3.1.4 Koeficient variace 21
3.1.5 Koeficient asymetrie 22

3.2 Řešení zásobního prostoru 22

4 POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI 24

4.1 Lokalita 26
4.1.1 Vlachovice 27

4.2 Povodí 27
4.2.1 Povodí vodního toku Vláry 28

4.3 Měrné stanice 30
4.3.1 Lokace měrných stanic 30
4.3.1.1 Štítná nad Vláří 30
4.3.1.2 Vizovice 31
4.3.1.3 Slavičín 31
4.3.2 Meteorologické stanice 31
4.3.2.1 Klimatická charakteristika 34
4.3.3 Hydrologické (vodoměrné) stanice 35

5 PRAKTICKÁ APLIKACE 38

5.1 Vstupní data 38

5.2 Hydrologická a meteorologická data 39
5.2.1 Dlouhodobé průměrné průtoky 39
5.2.2 Srážkové úhrny 44
5.2.3 Teplota vzduchu 49

5.3 Řešení zásobního objemu dle alfa 54
5.3.1.1 Historie vs celá budoucnost 54
5.3.1.2 Historie vs blízká budoucnost 56
5.3.1.3 Historie vs střední budoucnost 58
5.3.1.4 Historie vs vzdálená budoucnost 60
5.3.2 Řešení zásobního objemu dle Op 62
5.3.2.1 Historie vs budoucnost 2019-2099 62
5.3.2.2 Historie vs blízká budoucnost 64
5.3.2.3 Historie vs střední budoucnost 65
5.3.2.4 Historie vs vzdálená budoucnost 66

5.4 Shrnutí výsledků 67
5.4.1 Posouzení hydrologických a meteorologických dat – roční průměrné hodnoty 68
5.4.2 Posouzení hydrologických a meteorologických dat – měsíční průměrné hodnoty 68
5.4.2.1 Historie vs budoucnost 2019-2099 – měsíční průměrní hodnoty 68
5.4.2.2 Historie vs blízká budoucnost 72
5.4.2.3 Historie vs střední budoucnost – měsíční průměrné hodnoty 75
5.4.2.4 Historie vs vzdálená budoucnost – měsíční průměrné hodnoty 76
5.4.3 Posouzení zásobního objemu dle alfa 79
5.4.4 Posouzení zásobního objemu dle Op 81
5.4.4.1 Celkové posouzení 81

6 ZÁVĚR 83

7 POUŽITÉ ZDROJE 85

SEZNAM TABULEK 88

SEZNAM OBRÁZKŮ 89

SEZNAM GRAFŮ 90

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 91

SEZNAM PŘÍLOH 92

1 ÚVOD

Voda je nevyzpytatelný přírodní živel, který tvoří život na Zemi, ale zároveň mu i škodí.

Voda je důležitá pro život. Plní funkci doplňování tekutin do těla, funkci zavlažování v zemědělství při nedostatku srážek, je hodně využívaná v průmyslu a také je nedílnou součástí zachování ekologických podmínek pro vodní živočichy a vodou vázané ekosystémy.[1] Vzhledem k výraznému poklesu dlouhodobých vydatností podzemních zdrojů vod, ale také narůstajícímu napětí v zásobách povrchových zdrojů vod vyvolené postupnou změnou klimatického systému, je v současné době plánována výstavba pěti velkých vodních nádrží na území ČR. Pro odběr vody jsou využívány podzemní i povrchové zdroje. V současné době se podzemní zdroje dostávají do deficitu. Strategicky je podporováno posílení povrchových zdrojů vod. Schopnost vody udržovat život na Zemi patří mezi pozitivní faktory vody.

Naopak voda dokáže i uškodit. Při nadměrném shlukování vody a nedostatečném odtoku z koryt nebo při pohybu oceánských litosférických desek dochází k živelným pohromám. V České republice se jedná především o povodně, které jsou způsobeny rozlitím koryta do okolí. Primárně k povodním dochází v místech s nedostatečně naddimenzovanými koryty, kde se nepočítá s neočekávanými průtoky. Tyto průtoky způsobují extrémně vydatné srážky, tání sněhu, posuny ledovců nebo havárie na vodních dílech. V místech, kde jsou očekávány povodně, se navrhují protipovodňová opatření. Protipovodňová opatření se dělí na technické (řešení výstavbou protipovodňové ochrany) a netechnické (vymezení záplavové zóny a upozornění na ni). Mezi základní technická opatření patří kapacitní úprava koryt, ohrazování vodních toků a výstavba malých i velkých retenčních nádrží.[2]

Oba problémy s dlouhodobým suchem a změnou klimatu vláda České republiky řeší přípravou výstavby nádrže Vlachovice na Zlínsku. V České republice je problém, že je závislá pouze na atmosférických srážkách, říká se jí také střecha Evropy. Pitná voda je odebíraná z podzemních vod a dodávka surové vody je doplněná z povrchových zdrojů – vodárenských nádrží.[1]

Klimatické změny v České republice jsou nepříznivé a předpokládá se, že tento trend bude pokračovat dále. Během klimatických změn v České republice dochází

k pomyslnému rozevírání nůžek mezi hydrologickými extrémy. Na jedné straně hrozí výraznější vlny sucha a na druhé straně se zvyšuje riziko povodní. Jedním z projektů na opatření k omezení nedostatku vody je právě vlachovická nádrž na řece Vláře ve Zlínském kraji, která bude jednou z největších. Proto se tato přehrada stala prioritou a výstavba by měla být hotová už v roce 2030.[1]

Účel vodního díla:[1]

- **Odběr vody pro vodárenské a případně i jiné účely** (zemědělství, průmysl apod.)
- **Ochrana před povodněmi** – zvýšení ochrany úseku pod nádrží až na úroveň stoleté povodně
- **Nadlepšování minimálních průtoků v korytě pod nádrží** – v daném případě je možné uvažovat s nadlepšením na hodnotu Q_{330} = 32 l/s. To představuje možné nadlepšení 30 l/s oproti minimálnímu průtoku Q_{364} = 2 l/s.
- **Doplňkové energetické využití** (v marginálním rozsahu)

2 KLIMATICKÉ ZMĚNY

Klimatické změny jsou způsobeny zesilováním přirozených skleníkových plynů vlivem lidské činnosti a zvyšováním antropogenních emisí skleníkových plynů. Antropogenní emise skleníkových plynů jsou nejvyšší v historii.[1] Antropogenní emise skleníkových plynů dosáhly 49 ± 4,5 Gt CO^2 ekv/rok v roce 2010.[1] Klimatické změny mají dalekosáhlý dopad na přírodní i lidské systémy.

Za posledních několik let došlo k oteplování atmosféry a oceánů, klesání množství ledu a sněhu s následkem stoupání hladin oceánů. Všechny tyto problémy vytvářejí skleníkové plyny.

Skleníkové plyny způsobují tzv. skleníkový efekt. Tento jev získal tento název pro jednodušší představu. Skleníkové sklo (atmosféra) absorbuje sluneční záření, které se po projití sklem, odráží od zemského povrchu a je zachytáváno na vnitřní straně skleníkového skla (atmosféra). Tento proces zvyšuje a udržuje teplo ve skleníku (na Zemi). Udržování tepla na Zemi je důležité, aby zde mohl být život, ale vznikem antropogenních skleníkových plynů se udržované teplo zvyšuje, což je nežádoucí.

Mezi skleníkové plyny patří CO_2 – oxid uhličitý (81 %), CH_4 Metán (11 %), N_2O – Oxid dusný (5 %), HFCs – Hydrofluorované uhlovodíky (2 %) a další (<0,2 % PFC – plnofluórované fluorovodíky, PFC a HFC – neupřesněné směsi, SF_6 – fluorid sírový a NF_3 – fluorid dusitý).[1]

Přirozené skleníkové plyny

Přirozené skleníkové plyny se dostávají do ovzduší vulkanickou aktivitou. Vulkanická aktivita způsobuje oteplování i ochlazování podnebí. Sopky vyprodukují v průměru ročně 130-230 mil. tun emisí oxidu uhličitého, které se uvolňují do ovzduší, do jezer, do půdy (2x více než atmosféra), do oceánu (50x více než v atmosféře). [4]

[1] Zastoupení skleníkových plynů v procentech je světového rozměru pro rok 2017.

Největší historické erupce:[5]

- Indonéské sopky Tambora (1815) a Krakatau (1883) – pokles celosvětové teploty v rozmezí 0,18 – 1,3 °C
- Filipínská sopka Pinatuba (1991) – produkce největšího oblaku SO_2 ve 20. století o objemu 20 mil. tun

Antropogenní skleníkové plyny

Antropogenní skleníkové plyny jsou 130x větší než přirozené skleníkové plyny, v současné době to činí 27 miliard tun CO_2. Skleníkové plyny tvořené lidskou činností ovlivňuje velikost populace, ekonomická aktivita, životní styl (odstraňování odpadu 3,2%), využívání energie (78%), způsob využívání půdy (zemědělství 10,1%), technologie (výroba a využití průmyslových produktů 8,7%) a klimatická politika.[2]

Produkce skleníkových plynů dle antropogenních činností:[3]

- CO_2 – spalování fosilních paliv a průmyslových procesů
- CO_2 – z lesního hospodaření a ostatního využití půdy (FOLU)
- CH_4 – metan
- N_2O – oxid dusný
- F-plyny – fluorované plyny

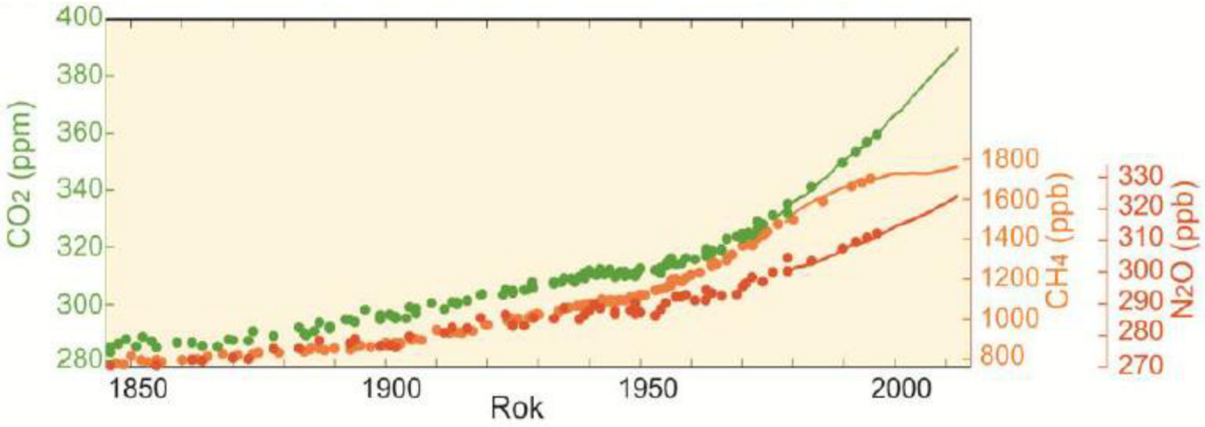
[2] Množství skleníkových plynů dle lidské činnosti v EU pro rok 2015.

2.1 VÝVOJ KLIMATICKÝCH ZMĚN PODLE HISTORIE

Klimatické změny antropogenními vlivy jsou pozorovány od začátku průmyslové revoluce, kdy se zvýšily atmosférické koncentrace CO_2, CH_4 a N_2O.

Produkce CO_2 dle vynálezů:

- 19.století parní stroj
- 1864 – první továrna na spalovací motor v Kolíně
- 1888–1889 – první automobil v ČR Marcusův automobil
- 1. desetiletí 20. století – dominanta spalovacích motorů
- 1914–1918 1.světová válka
- 1939–1945 2. světová válka
- 1990 – 163mil. aut
- 2015 – 245mil. aut



Obrázek 1 Globální průměrná koncentrace skleníkových plynů [3]

K největšímu nárůstu obyvatel došlo v roce 2000–2010, který zůstal konstantní, ale ekonomický růst prudce vzrostl. Obě tyto fakta způsobily nárůst spalování fosilních paliv, čímž došlo k nárůstu emisí CO_2.

2.2 VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN NA VODU

Voda absorbuje CO_2, při zvyšování teploty vody rozpustnost CO_2 klesá.

V období 1971–2010 došlo k oteplování oceánů poblíž povrchu. Horních 75 m se v tomto období oteplovalo rychlostí 0,09 až 0,13 °C za dekádu. Antropogenní vlivy pravděpodobně ovlivňují globální koloběh vody od roku 1960 a přispěly k ústupu horských ledovců a ke zvýšení povrchového tání grónského ledovcového příkrovu 1993. [3]

Od roku 1901 se zvýšila srážková činnost ve střední šířce severní polokoule. Dešťové srážky ředí oceán a snižují salinitu oceánů, naopak v oblastech se zvýšeným výparem se salinita zvyšuje. Ke zvýšení salinity dochází od padesátých let 20.století. V mnoha oblastech s měnícími se srážkami nebo s táním sněhu a ledu mění hydrologické systémy a ovlivňují množství a kvalitu vodních zdrojů. [3]

Průmyslová éra má za následek zvyšování kyselosti oceánů. Oceán absorbuje více CO_2 z průmyslu, pH se snížilo o 0,1, což odpovídá nárůstu kyselosti o 26 %.

Klimatické změny způsobují již zmíněné zvyšování hladin oceánů. K rychlejšímu nárustu hladin oceánů dochází od druhé poloviny 19.století. Zvýšení hladin oceánů bylo změřeno v období 1901 až 2010 o 0,17 až 0,21 m.

2.3 KLIMATICKÉ MODELY

Řídící globální klimatické modely neboli GCM (Global Climate Models) zkoumají klimatický systém. Klimatický systém zjednodušeně představuje veškeré sféry planety Země, kde se nachází voda v jakémkoliv skupenství (pevné, plynné a kapalné). Mezi tyto sféry patří atmosféra, světový oceán, pevný zemský povrch, kryosféra a biosféra.

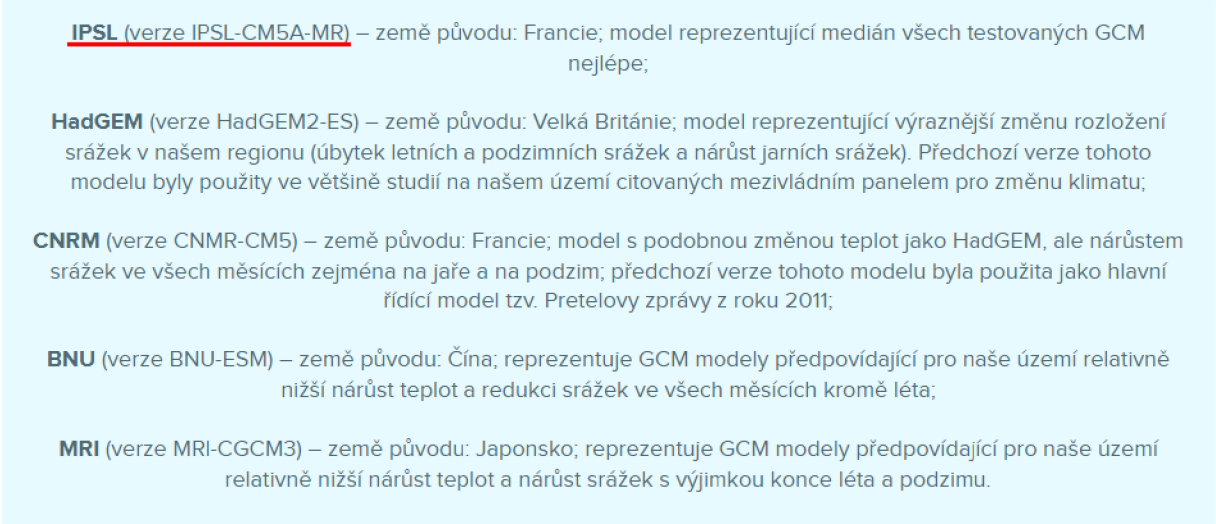
Na základě kombinace sfér jsou vytvořeny tzv. modely:[6]

- Atmosféricko-oceánské cirkulace (AOGCMs – Atmosphere-Ocean General Circulation Models), které jsou kombinací všeobecné cirkulace atmosféry (AGCMs – Atmospheric General Circulation Models) a všeobecné oceánské cirkulace (OGCMs – Ocean General Circulation Models)

- Systému Země (ESM – Earth Systém Models) – zahrnuje i ostatní klimatické systémy (zemský povrch, kryosféra, biosféra)

V současné době je k dispozici celkem 40 GCM. Z toho se nejčastěji používá 5 modelů, které reprezentují celou šíři klimatického spektra.[7]

V této práci je pracováno s vygenerovanými hodnotami pro budoucnost podle modelu M1 IPSL-CM5A-MR. Jedná se o řídící model pro EURO-CORDEX EUR-11.



Obrázek 2 Řídící globální klimatické modely [7]

2.4 REGIONÁLNÍ KLIMATICKÉ MODELY

GCM nejdou použít samostatně, zahrnují velké pozorované prostředí v kontinentálním měřítku. GCM jsou zpřesňovány regionálními klimatickými modely (RCM – Regional Climate Models) s větší rozlišovací schopností (50 x 50 km a lepší, dnes běžně až 10 km).[6] U RCM se přesněji modelují silné srážky. RCM je omezená oblast, kde její hranice jsou řízeny časově závislými poli většího měřítka.[6]

V této práci pro model M1 IPSL-CM5A-MR je použita okrajová podmínka RCM RCA4 (Regionální atmosférický model). RCA4 je okrajová podmínka, která se nemusí předběžně zpracovávat pro danou omezenou oblast, protože všechna data použitá v simulaci jsou čtena z globálních databází. Do RCA4 je začleněna ECOCLIMAP, z které jdou vyčíst informace o půdě, uhlíků v půdě (upřesňuje přenos půdního tepla)

a hloubku jezer. Globálně použitelné směrovací schéma bylo zavedeno v RCA4. Směrovací schéma využívá odtok z lesů, otevřených pozemků a jezer v závislosti na říčním systému definovaným HYDRO1k.[8]

2.5 KLIMATICKÉ SCÉNÁŘE

Klimatický model je vždy rozšířen o klimatický scénář, který znázorňuje pravděpodobné budoucí klimatické podmínky.[7] Klimatické podmínky jsou podmíněny přítomností antropogenních emisí různých příměsí.

Hlavními kroky potřebnými k vytvoření klimatického scénáře jsou:[6]

- vytvoření emisního scénáře
- odhad koncentrací – použití modelů uhlíkového cyklu a atmosférické chemie
- aplikace GCM (IPSL-CM5A-MR)
- aplikace RCM (RCA4)
- analýza výsledků a následná analýza důsledků

Reprezentativní směry vývoje koncentrací RCPs (Representative Concentration Pathways), které se používají pro vytváření předpovědí na základě těchto faktorů, popisují čtyři různé směry vývoje v 21. století pro emise skleníkových plynů a jejich koncentrace v atmosféře, emise látek znečišťujících ovzduší a využívání půdy.[3]

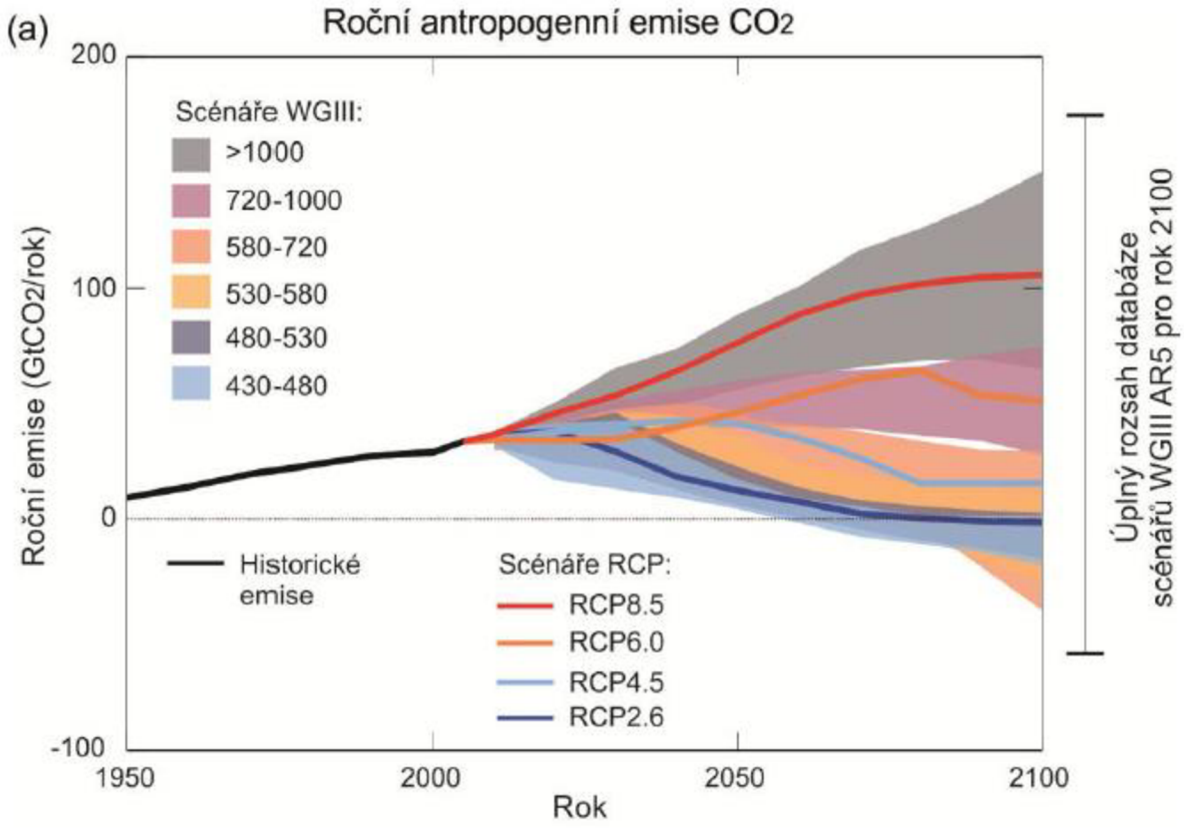
V této práci jsou porovnávány dva klimatické scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5.

Nízké emise (odborně nazývány jako RCP 2,6) - značí razantní omezení vývoje koncentrace skleníkového plynu oxidu uhličitého v nadcházejících letech;

Střední emise (RCP 4,5) - značí tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst;

Vysoké emise (RCP 8,5) - značí scénář s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nebudou nijak omezeny v budoucích letech.

Obrázek 3 Emisní scénáře[3] [7]



Obrázek 4 Roční antropogenní emise CO_2 – porovnání klimatických scénářů [3]

[3] Mezi tzv. přechodné scénáře patří nejen scénář RCP 4.5, ale i RCP 6.0.

3 METODY

V této práci je zkoumána velikost zásobního objemu pro výstavbu vodní nádrže Vlachovice vzhledem ke změnám průtoků na základě srážek a teplot za určité období.

Zkoumané období je rozděleno na čtyři:

- H – historie v letech 1956–2018
- BB – blízká budoucnost v letech 2019–2045
- SB – střední budoucnost v letech 2046–2072
- VB – vzdálená budoucnost v letech 2073–2099

Všechna data jsou porovnávána jako historie vs celá budoucnost (2019–2099), historie vs blízká budoucnost, historie vs střední budoucnost a historie vs vzdálená budoucnost.

Hydrologická data jsou posuzována ročními a měsíčními statistickými charakteristikami (dlouhodobý průměrný průtok, směrodatná odchylka, disperze, koeficient variace, koeficient asymetrie). Meteorologická data jsou posuzována jako průměrné roční (výjimka srážek, které mají roční hodnoty jako součet všech měsíčních srážek v roce) a průměrné měsíční hodnoty. Dlouhodobé průměrné roční a měsíční hodnoty hydrologických a meteorologických dat jsou znázorněny ve sloupcových grafech.

Zásobní objem je stanoven číselně dle nalepšení α a dle nalepšeného odtoku O_p a znázorněn graficky vztahovými křivkami mezi koeficienty nalepšení α/nalepšeného odtoku a zásobním objemem V_z.

3.1 STATISTICKÉ CHARAKTERISTIKY

Statistické charakteristiky vypovídají o tvaru grafu hustoty pravděpodobnosti.[9] Mezi nejčastěji užívané parametry základního souboru patří střední hodnota, disperze, směrodatná odchylka, koeficient variace, koeficient asymetrie a koeficient špičatosti.

3.1.1 Aritmetický průměr

Aritmetický průměr je součet hodnot (průtoků) dělený jejich počtem.[9]

$$Q_a = \frac{\sum Q_i}{n} \tag{1}$$

kde Q_a… aritmetický průměr průtoků daného měsíce nebo daného roku [m^3/s],

Q_i … průměrný měsíční průtok [m^3/s],

n … počet zkoumaných roků [-].

3.1.1.1 Lineární spojnice trendu

Lineární spojnicí trendu se rozumí přizpůsobená přímka, která se používá u jednoduchých lineárních množin dat (průměrné hydrologické řady). Lineární přímka udává, jestli dané hodnoty dat rostou nebo klesají konstantní měrou. Průběh přímky je vyjádřen rovnicí a hodnotou spolehlivosti:[10]

$$y = \pm mx + b \tag{2}$$

kde m… směrnice (+m roste, -m klesá),

b… průsečík s osou y,

R^2… hodnota spolehlivosti, která udává procentuální variabilitu vysvětlované proměnné y (př. $R^2 = 0{,}0634$, 6,34 %), když se hodnota přibližuje 1, je spolehlivost vyšší (100 %).

3.1.2 Disperze

Disperze neboli rozptyl je hodnota druhého centrálního momentu.[4][9]

$$D_x = \frac{\sum(Q_i - Q_a)^2}{n-1} \tag{3}$$

kde D_x … disperze (rozptyl) [m^6/ s^2],

Q_a … aritmetický průměr průtoků daného měsíce nebo daného roku [m^3/s],

Q_i … průměrný měsíční průtok [m^3/s],

n … počet zkoumaných roků [-].

Hodnota disperze blížící se k nule určuje úzký a špičatý tvar grafu hustoty pravděpodobnosti a pokud hodnota disperze roste do nekonečna, je plochý a nízký.[9]

3.1.3 Směrodatná odchylka

Odmocnina z disperze se nazývá směrodatná odchylka (někdy se nazývá střední kvadratická odchylka).[9]

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} \tag{4}$$

kde D_x … disperze (rozptyl) [m^6/s^2],

σ_x … směrodatná odchylka [m^3/s].

3.1.4 Koeficient variace

Koeficient variace je definován jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru.

$$C_v = \frac{\sigma_x}{Q_a} \tag{5}$$

kde C_v … koeficient variace [m^3/s],

σ_x … směrodatná odchylka [m^3/s],

Q_a … aritmetický průměr průtoků daného měsíce nebo daného roku [m^3/s].

---

[4] Centrální moment se počítá ke svislici procházející těžištěm T hustoty pravděpodobnosti.[9]

Koeficient variace se používá k vzájemnému porovnání souborů, ve kterých se hodnoty náhodných veličin liší např. o jeden nebo více řádů.[9]

3.1.5 Koeficient asymetrie

Koeficient asymetrie vyjadřuje míru asymetrie jevů okolo aritmetického průměru.

$$C_s = \frac{\sum(\frac{Q_i}{Q_a} - 1)^3}{((n-1) \cdot C_v)} \quad (6)$$

kde C_s … koeficient asymetrie [-],

C_v … koeficient variace [m^3/s],

Q_a … aritmetický průměr průtoků daného měsíce [m^3/s],

Q_i … průměrný měsíční průtok [m^3/s],

n … počet zkoumaných roků [-].

Pokud je C_s>0 naklání se křivka hustoty pravděpodobnosti doleva, pro C_s=0 je symetrický, pro C_s<0 se naklání doprava.[9]

3.2 ŘEŠENÍ ZÁSOBNÍHO PROSTORU

Zásobní prostor Vz je jeden z pěti prostorů nádrže a slouží k řízení odtoku vody z nádrže neboli k nalepšování celkového odtoku (součet odběrů + odtok do toku).[11]

Způsob řízení odtoku se určuje předběžně podle součinitele nalepšení α a zabezpečenosti podle opakování P_o. Řízení odtoku se řeší zvlášť roční nebo víceleté ($Q_r < O_p$). Pro řízení víceletého odtoku jsou dané hranice dle hydrologických podmínek α ≥ 0,7 a Po ≥ 95 %.

Při vodohospodářském řešení zásobního objemu nádrže hledáme vztah mezi třemi veličinami (časový průběh přítoku vody Q(t), zadaný chronologickou řadou, je znám):[11]

- O_p – hodnotou nalepšeného odtoku vody (dolní hranice variačního rozpětí)
- V_z – velikost zásobního objemu nádrže
- P – zabezpečení nalepšeného odtoku

Vztah těchto tří veličin je závislý na dvou známých a třetí hledané. V tomto případě hledáme zásobní objem.

$$V_z = MAX\left(\sum O_p - Q_m\right) \cdot 2{,}63 \cdot 10^6 \tag{6}$$

$$\sum (O_P - Q_m) < 0 \gg \sum (O_P - Q_m) = 0 \tag{7}$$

$$O_p = \alpha \cdot Q_a \tag{8}$$

kde V_z … zásobní objem [m^3],

O_p … nalepšený odtok [m^3/s],

Q_m … měsíční průměrný průtok[m^3/s],

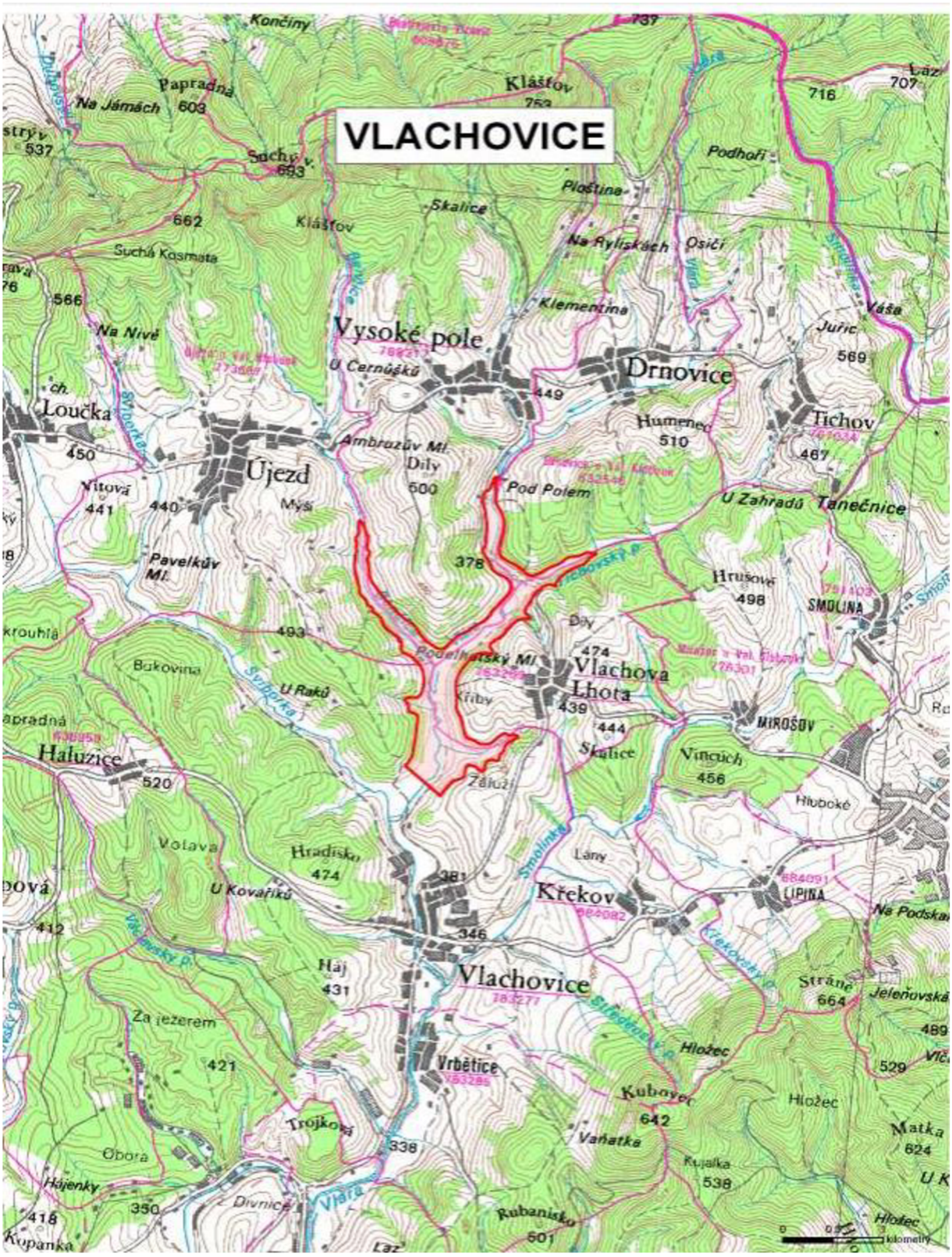
α ... součinitel nalepšení [-],

Q_a … aritmetický průměr průtoků daného měsíce nebo daného roku [m^3/s].

4 POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI

1. *Název lokality*	2. *Vodní tok*	3. *Pořadové číslo*
Vlachovice	**Vlára**	**21**
4. *Oblast povodí*	5. *Dílčí povodí*	6. *Číslo hydrologického pořadí*
Dunaje	Moravy a přítoků Váhu	4-21-08-052
7. *Kategorie*	8. *Plocha povodí*	9. *Plocha lokality*
A	37,5 km^2	156,3 ha
10. *Vodohospodářský význam*		
Potenciální objem až 19,4 mil. m^3 je významným vodním zdrojem pro posílení zásobování pitnou vodou v území s nedostatkem podzemních zdrojů vody v povodí Vláry, případně části Zlínska i Uherskohradišťska. Víceúčelové využití by umožnilo zajistit lokální protipovodňovou ochranu sídel a nadlepšování minimálních průtoků pro zajištění nezbytných ekologických funkcí dolního úseku Vláry.		
11. *Současné využití území plochy*		
Zemědělský půdní fond - 111,1 ha; lesní půda - 45,2 ha		
12. *Dotčené kraje a obce*		
Zlínský kraj - Drnovice, Újezd, Vlachova Lhota, Vlachovice, Vysoké Pole		
13. *Dotčené objekty (podle klasifikace ČSÚ - údaje za rok 2008)*		
Budovy k bydlení - 5		
14. *Zájmy ochrany přírody a krajiny*		
Lokalita zasahuje do pěti lokálních biokoridorů a tří lokálních biocenter. Je evidován výskyt kriticky ohroženého raka říčního a silně ohrožených druhů - vydra říční, ohniváček černočárný, modrásek očkovaný, modrásek bahenní. Jedná se o vodní tok s dochovaným přírodě blízkým charakterem koryta a údolní nivy.		
15. *Kulturní památky*		
Nejsou evidovány.		
16. *Poznámka*		
Rozsah lokality byl stanoven s ohledem na zájmy ochrany přírody a optimalizaci objemu nádrže. Je počítáno s převodem vody ze Smolinky, Klobouckého potoka a Senice. Nutno dále prověřit evidovaná sesuvná území.		

Obrázek 5 Popis zájmové oblasti [12]

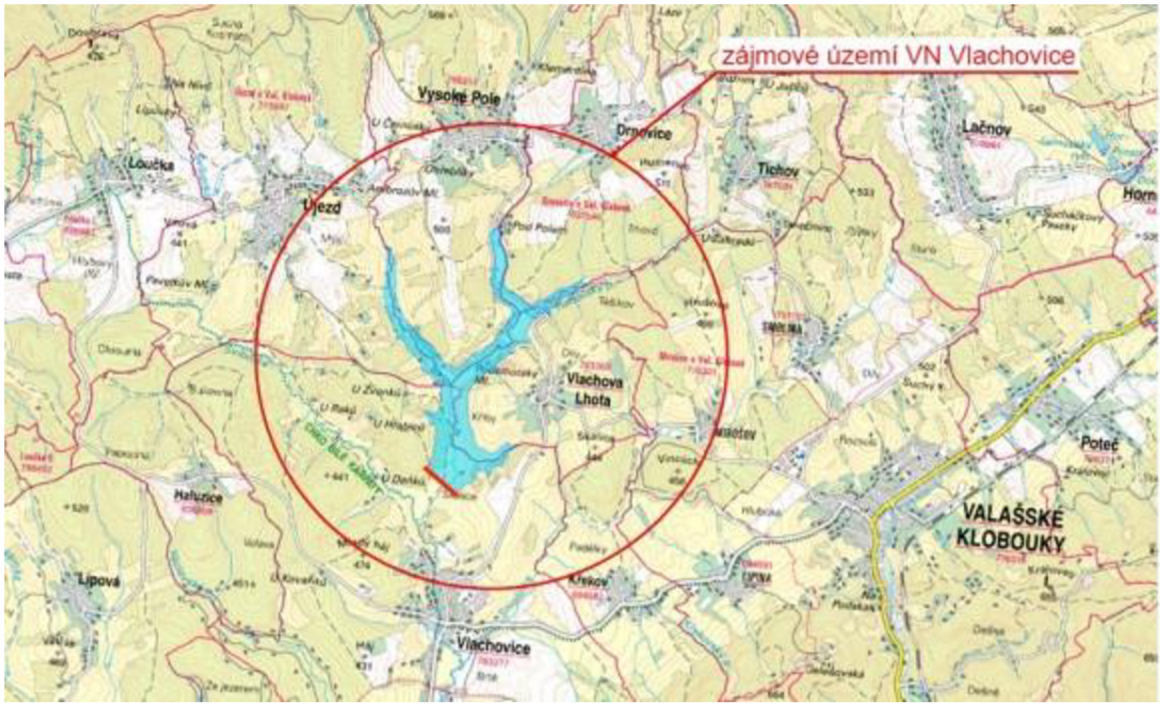


Obrázek 6 Mapa nádrže Vlachovice [12]

4.1 LOKALITA

Nádrž Vlachovice se bude rozkládat na hranicích katastrálních území Vlachovic, Újezdu, Vlachovy Lhoty, Drnovic a Vysokého pole. Hráz nádrže bude vystavěna na katastrálním území Vlachovice. Dalšími dotčenými katastrálními územími je Loučka, Tichov, Haluzice, Křekov, Lačnov, Valašské Klobouky.[1]

Na hranicích katastrálních území Újezdu a Vysokého pole dojde k zaplavení pravého přítoku Benčice a na hranicích Drnovic a Vlachovy Lhoty bude zaplaven levý přítok Tichovský potok.



Obrázek 7 Katastrální mapa [1]

Výhody lokality [1]

- absence zásadních střetů s ochranou životního prostředí
- podpora samospráv a veřejnosti
- malý konflikt se stávající zástavbou
- morfologicky vhodný profil s příznivým poměrem mezi kubaturou hráze a zadrženým objemem vody
- nádrž v pramenné oblasti

- nádrž v zalesněném povodí s možností kvalitní ochrany kvality povrchové vody
- lokalita v povodí s největším povrchovým ročním odtokem (vysoká zabezpečenost zdroje povrchové vody)

4.1.1 Vlachovice

Obec Vlachovice se nachází na jihovýchodě Zlínského kraje nedaleko hranic se Slovenskem. Má 1485 obyvatel a rozlohu 2 238 ha. Vlachovice spadají do okresu Zlín a správním obvodem je nedaleká obec Valašské Klobouky.[5]

Obec je položená v údolí mezi Bílými Karpatami a Vizovickou vrchovinou v nadmořské výšce 339 m n. m. Východní část Vlachovic patří do nejsevernější části CHKO Bílé Karpaty.

Rovinatější okolí obce je určeno pro zemědělskou činnost a pahorkatiny se ponechávají jako přirozené pastviny a louky pro ovce, skot a koně. Okolí obce je hodně zalesněné.

Místo, kde bude nádrž, tvoří 111,1 ha zemědělské půdy a 45,2 ha lesní půdy.

4.2 POVODÍ

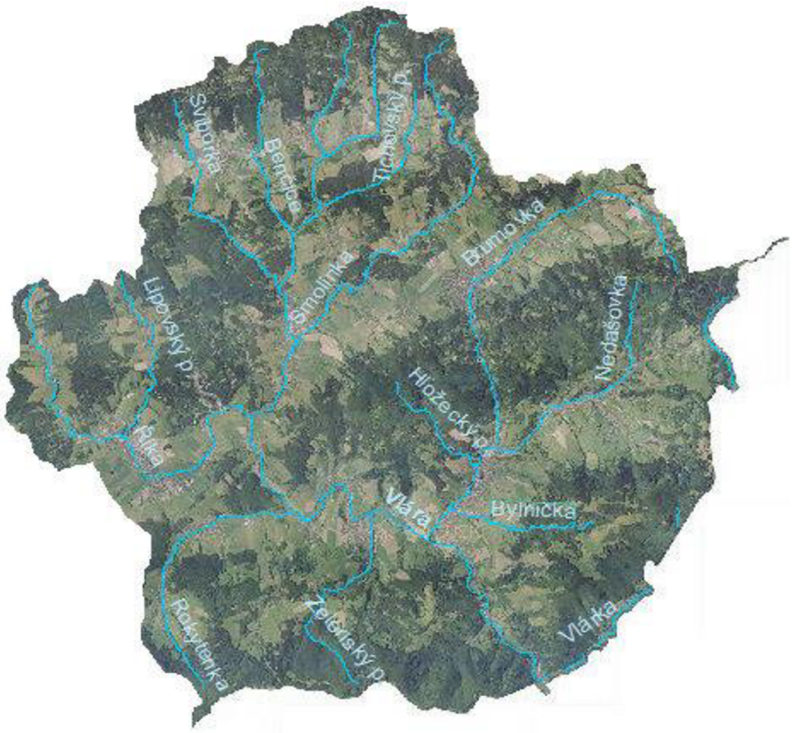
Povodí je území, z něhož odtéká voda z atmosférických srážek nebo akumulovaná v ledovcích a ve stálé sněhové pokrývce povrchovou i podzemní cestou do jediného závěrového profilu.[15] Geografickou hranici povodí mezi dvěma povodími tvoří rozvodnice (rozvodná čára). Povodí se určuje podle řádovosti vodního toku. Řádovost říčních sítí se určuje podle Gravelia (podle zaústění do moře – 1.řád) a podle Strahlera (podle pramenných úseků – 1.řád).

Řádovitost říčních sítí podle Gravelia: [13]

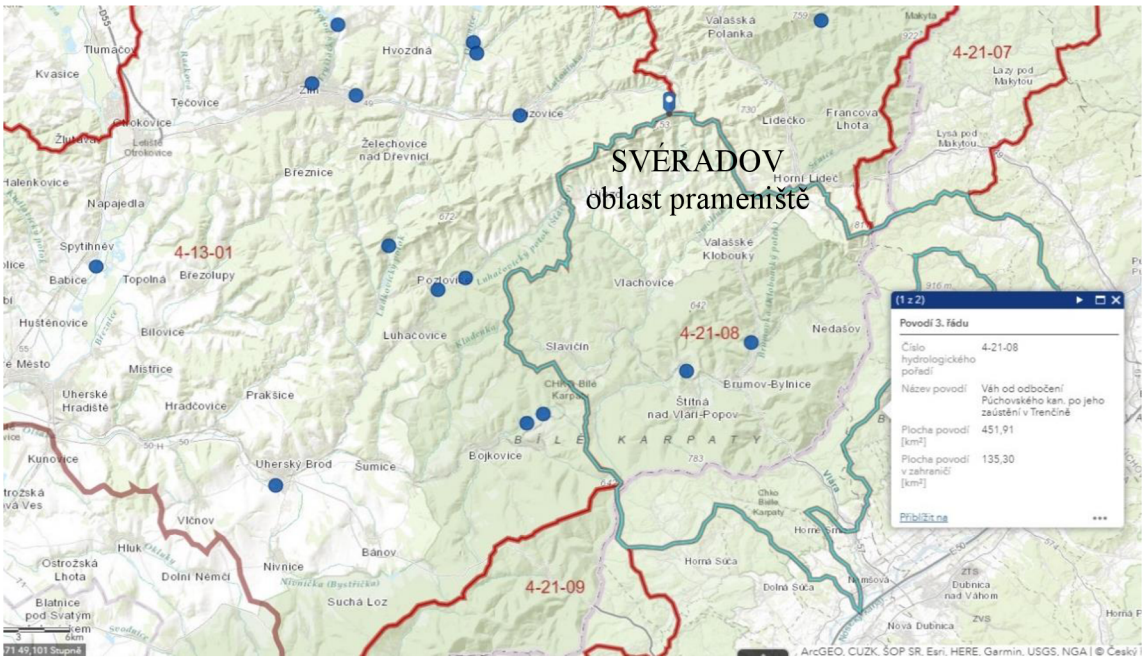
- 1.řádu – řeky ústící do oceánu nebo do moře (hlavní řeky)
- 2.řádu – přítoky do hlavních řek
- 3.řádu – přítoky do řek 2.řádu
- 4.řádu – přítoky do řek 3.řádu

4.2.1 Povodí vodního toku Vláry

Vodní tok Vlára je součástí povodí 1.řádu Dunaje a 2.řádu Váhu. Vodní tok Vlára nepatří do povodí Moravy ani do povodí Odry. Ale odvádí vodu z původního povodí Moravy do povodí Váhu. Povodí řeky Vláry vztažené k vodoměrnému profilu Popov je 3.řádu 4-21-08 a má rozlohu 169,82 km2.



Obrázek 8 Povodí 3.řádu č. 42108, zahrnující území obce Štítná nad Vláří – Popov [14]



Obrázek 9 Oblast povodí Vláry [15]

Vlára pramení ve Vizovických vrších a pramen Vláry se nachází na východním úbočí Svéradova v Komonecké hornatině v nadmořské výšce 635 m n. m. Celé povodí Vláry zaujímá plochu 3,7 ha a délka toku je 47,6 km. [16] Protéká obcemi Drnovice, Vlachova Lhota, Vlachovice, Bohuslavice nad Vláří, Štítná nad Vláří a do Váhu vtéká zprava u Nemšové.[14] Samotné povodí je vhodné pro realizaci retenčních nádrží, protože polovina území je zalesněná, ve zbývající části povodí se rovnoměrně střídá orná půda s trvalým travním prostorem.[14]

Tabulka 1 Detail měřícího bodu: Vlára, Popov [17]

Stanice: **LG Popov**	Tok: **Vlára**					
Povodně						
1. stupeň povodňové aktivity:					320 [cm]	
2. stupeň povodňové aktivity:					360 [cm]	
3. stupeň povodňové aktivity:					390 [cm]	
3. stupeň povodňové aktivity (! extrémní ohrožení):					[cm] (Q_{50})	
Poznámka:						
Sucho						
Q_{355}:	0,07 [$m^3.s^{-1}$]					
N-leté průtoky [$m^3.s^{-1}$]						
Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
32,5	50	78	103	131,5	174	210

K začátku vzdutí dochází pod Vysokým polem, kde se údolí Vláry rozšiřuje, a zde je navržená vodní nádrž Vlachovice. Dalšími přítoky do vodní nádrže budou zleva Tichovský potok, zprava potok Benčice a Sviborka.

4.3 MĚRNÉ STANICE

Data pro tuto práci jsou z měrných stanic na řece Vláře a okolí – z vodoměrné stanice Popov (hydrologická data – průtoky), z meteorologické stanice Vizovice a srážkoměrné stanice Slavičín. Vodoměrná stanice Popov leží na vodním toku Vlára v obci Štítná nad Vláří a tato obec se nachází cca 10 km po proudu od obce Vlachovice. Meteorologická stanice Vizovice (meteorologická data – teploty) se nachází ve městě Vizovice, nedaleko prameniště řeky Vláry, a sleduje klima v okolí prameniště, které ovlivňuje průtok v celém vodním toku. Srážkoměrná stanice Slavičín (meteorologická data – srážky) se nachází ve městě Slavičín jihozápadně asi 7 km od Vlachovic.

4.3.1 Lokace měrných stanic

4.3.1.1 Štítná nad Vláří

V obci Štítná nad Vláří existují dvě měrné stanice, jedna je vodoměrná stanice Popov a druhá meteorologická stanice Štítná nad Vláří-Popov. Vodoměrnou stanici Popov provozuje Povodí Moravy, s.p. a meteorologická stanice Štítná nad Vláří-Popov má provozovatele ČHMÚ Brno. V této práci pracujeme s daty z vodoměrné stanice Popov, jsou využita data průtokové řady za období H.

Obec Štítná nad Vláří – Popov se nachází jižně od obce Vlachovice na dolním toku řeky Vláry. Obec leží na hranici se Slovenskou republikou a intravilán je vzdálený od hranic cc 4 km. Srážkoměrná stanice je v zastavěné ploše. Rozlohou se obec podobá obci Vlachovice, má rozlohu 2 842 ha, ale nadmořskou výškou je položená níž, ve výšce 318 m n. m.. Obec tvoří 1 % zastavěné plochy, 48 % zemědělské půdy, 44 % lesa, 1 % vodní plochy.[14]

4.3.1.2 Vizovice

Ve městě Vizovice se nachází dvě meteorologická stanice Vizovice. Jedna meteorologická stanice má provozovatele ČHMÚ Brno a druhá meteorologická stanice má provozovatele Povodí Moravy, s.p. Pro tuto práci jsou využívána data teplot vzduchu z meteorologické stanice provozující ČHMÚ. Ve Vizovicích se nachází ještě srážkoměr, který provozuje město a je na střeše objektu MěÚ Vizovice.

Město Vizovice se nachází severně od obce Vlachovice a leží asi 9 km od prameniště řeky Vláry. Obec je součástí Zlínského kraje. Město zaujímá rozlohu 2 856,6 ha, ta se podobá rozloze obce Vlachovice a rozloze obce Štítná nad Vláří. Město má rozmanité přírodní podmínky, okrajovou část města tvoří pahorkatiny a kopce s rozsáhlými lesními porosty. Pozemkové využití města Vizovice je zemědělská půda 45,5 %, lesní půda 41,7 %, zastavěná plocha 2,2 % a ostatní plochy 9,6 %.[18]

4.3.1.3 Slavičín

Ve městě Slavičín se nachází srážkoměrná stanice, ze které jsou do této práce sbírány data pro úhrn srážek. Provozovatelem srážkoměrné stanice je ČHMÚ.

Město Slavičín leží ve Zlínském kraji asi 7 km jihozápadně od města Vlachovice. Město má rozlohu 33,7 km^2 s počtem obyvatel 6 386. Slavičín je v nadmořské výšce 380 m n. m. Hranici katastrálního území tvoří lesní půda 40 %, další pozemkovým využitím je zemědělská půda cca 45 % a zástavba 4 % a ostatní plochy 11 %.[19]

4.3.2 Meteorologické stanice

Meteorologické stanice jsou místa, kde se pozorují určité meteorologické prvky a veličiny v daném čase, které se kódují do předem dohodnutých zpráv a ty se posléze odesílají do vnitrostátní či mezinárodní výměny.[20] Na meteorologických stanicích se měří teplota vzduchu [°C], relativní vlhkost vzduchu [%], tlak vzduchu na stanici [hPa], rychlost větru [m/s], směr větru, max. náraz větru [m/s], úhrn srážek [mm] a oblačnost.[21] Všechna tato naměřená data se vykreslují do synoptických map, výškových map, aerologických diagramů atd.[20]

Dělení meteorologických stanic:[5] [20]

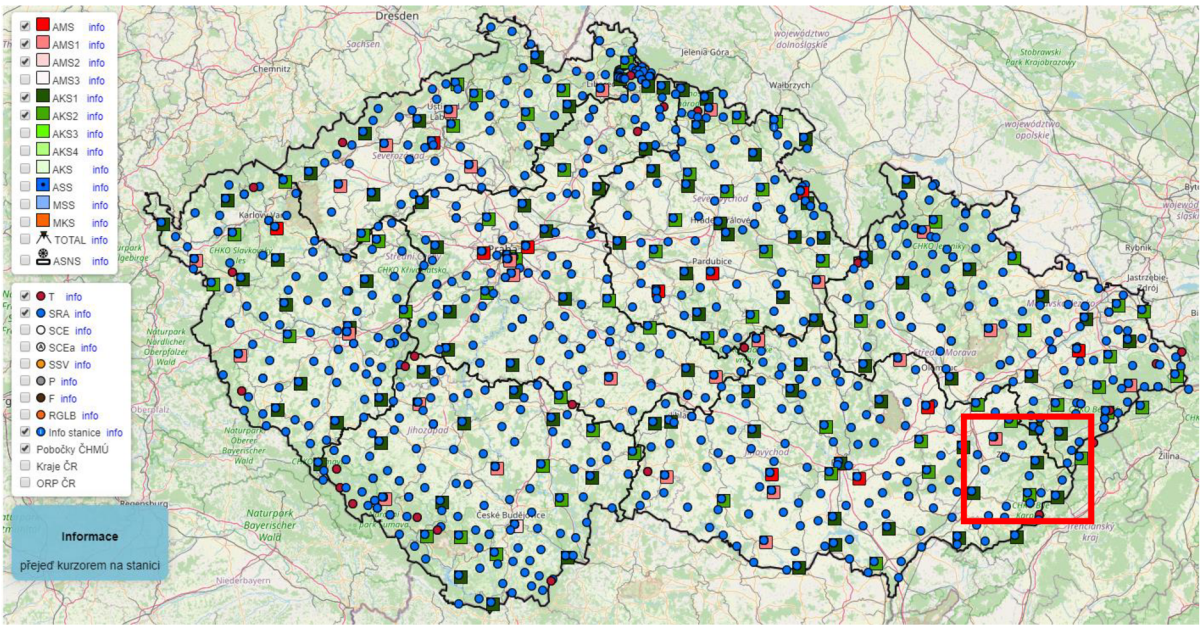
Každá stanice může plnit úkoly různého odborného zaměření a rozsahu.

1) **Podle zaměření pracoviště** – meteorologické stanice synoptické, klimatologické, speciální (observatoře), letecké, agrometeorologické a silniční
2) **Podle umístění** – pozemní, námořní a letounové
3) **Podle charakteru získávání dat** – přízemní a aerologické (měří ve volné atmosféře)
4) **Podle stupně součinnosti s člověkem** – automatické a s lidskou obsluhou

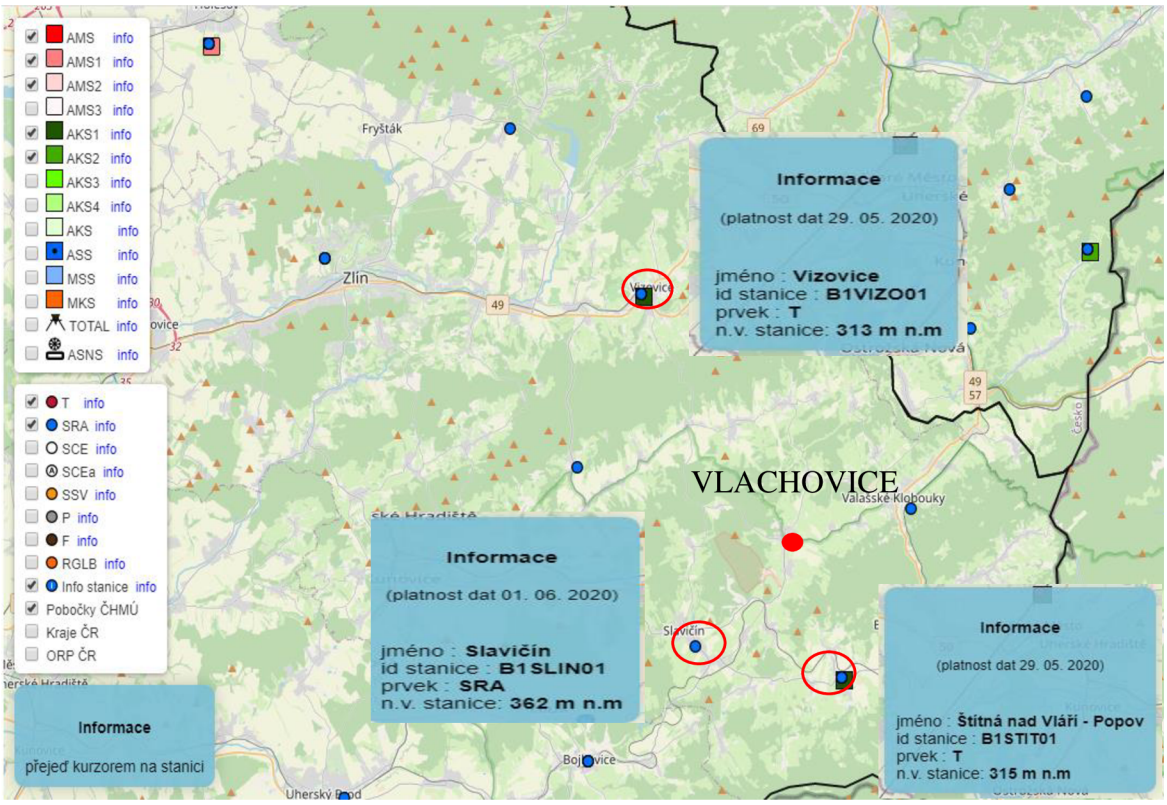
Obě meteorologické stanice jsou automatizované klimatologické stanice I. typu. Meteorologické stanice provozuje ČHMÚ.

Měření v automatizovaných stanicích měří stejné hodnoty jako v manuálních. V automatizovaných stanicích měří hodnoty čidla v určitých intervalech. V těchto stanicích je interval 10 minut (srážky s intervalem 1 minuta). Pozorovatel doplňuje automatizovaná měření manuálním pozorováním (např. množství oblačnosti, stav počasí, stav půdy, apod.), sleduje a zapisuje meteorologické jevy a v zimním období měří sněhové charakteristiky klasickými přístroji.[21] Všechna naměřená data jsou doplněná o manuální pozorování a následně poslaná datovým přenosem do centra.

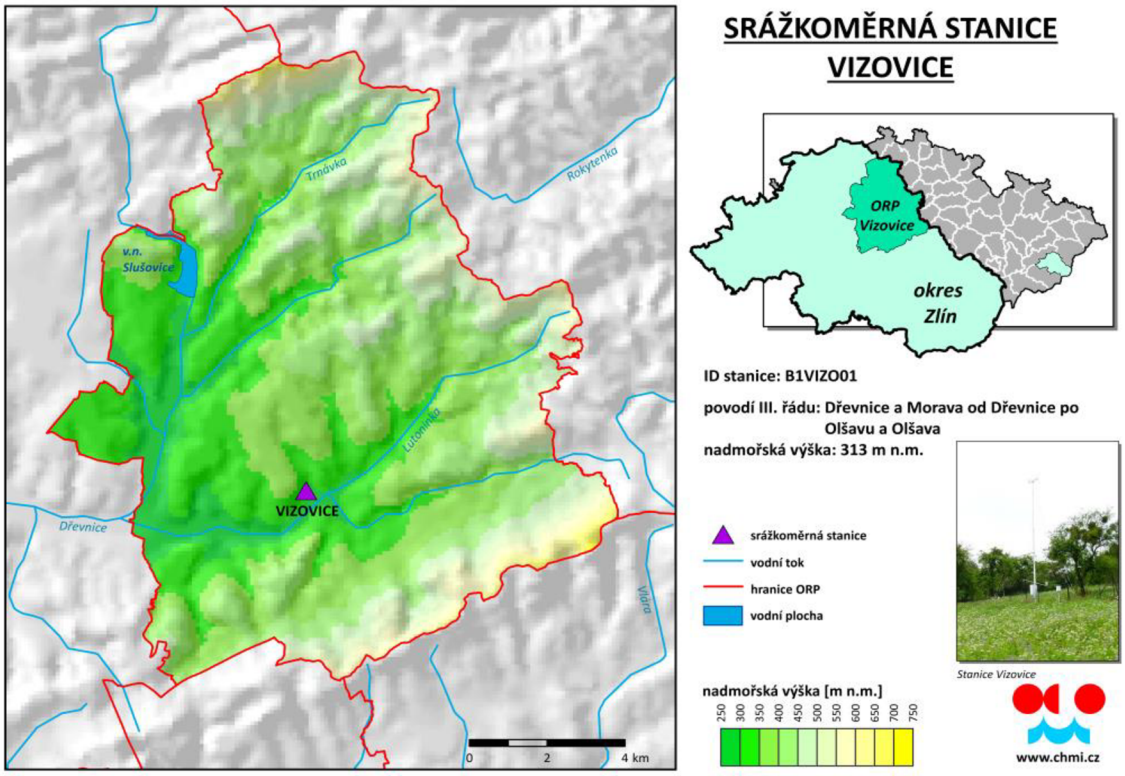
[5] Červeně jsou označeny kategorie, které splňují meteorologické stanice, z kterých jsou pořízeny data pro tuto práci.



Obrázek 10 Klimatologické, meteorologické a srážkoměrné stanice – celá ČR [21]



Obrázek 11 Klimatologické, meteorologické a srážkoměrné stanice – detail Vizovice (ČHMÚ), Popov a Slavičín [21]



Obrázek 12 Srážkoměrná stanice Vizivice (ČHMÚ) [21]

4.3.2.1 Klimatická charakteristika

Klasifikace podnebí se určuje podle Köppenova nebo podle Quittova. V ČR i SR se používá Quittova klasifikace podnebí, tato klasifikace je přesnější a byla definovaná přesně na území Československa. ČSSR bylo rozděleno do 23 jednotek podle 3 kategorií. [16]

Kategorie Quittovy klasifikace[6]:

- Teplá oblast (T1 až T5)
- Mírně teplá oblast (MT1 až MT11)
- Chladná oblast (CH1 až CH7)

[6] Písmeno označuje hlavní kategorii a číslo určuje pořadí dle sucha a tepla sestupně (př. T5, MT11 a CH7 – nejteplejší a nejsušší)

Obec Štítná nad Vláří – Popov a obec Vizovice se nachází v kategorii mírně teplé oblasti. Obec Štítnou nad Vláří – Popov charakterizují na většině území MT5, od jihu MT7 a ze západu MT9.[14]

Město Vizovice charakterizují klimatické oblasti mírně teplé MT7 a MT10.[18]

Charakteristika	MT7	MT10
Počet letních dnů	30 - 40	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 - 160	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130	110 - 130
Počet ledových dnů	40 - 50	30 - 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 - (-3)	-2 - (-3)
Průměrná teplota v červenci [°C]	16 - 17	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6 - 7	7 - 8
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7 - 8	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	400 - 450	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období [mm]	250 - 300	200 - 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 80	50 - 60
Počet zamračených dnů	120 - 150	120 - 150
Počet jasných dnů	40 - 50	40 - 50

Obrázek 13 Charakteristika klimatu města Vizovice [18]

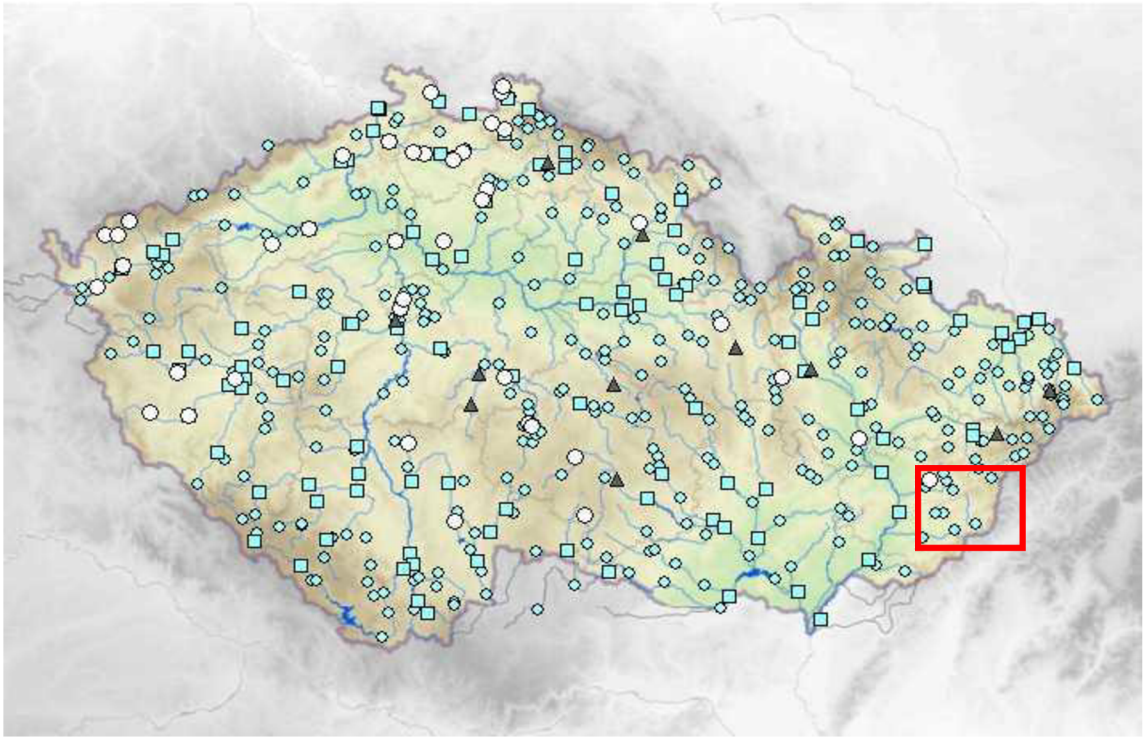
4.3.3 Hydrologické (vodoměrné) stanice

Hydrologická data se měří dvěma zařízeními vodočtem a limnigrafem. Podle využívaného zařízení se nazývá daná stanice. Zařízení měří výšku hladiny, která určuje se v centimetrech s přesností na 1 cm. Z výšky hladiny se počítají další hydrologické charakteristiky.[22] V této práci je využíván z hydrologických dat průtok.

Vodočet je lať s vyznačenými výškami hladin. Dělí se podle charakteru břehu na svislé nebo šikmé.[22] Z vodočtu se sbírají data 3x denně (v létě 7, 12 a 18 hod a v zimě 8, 12 a 17 hod), v případě povodní se provádí častější pozorování.[22]

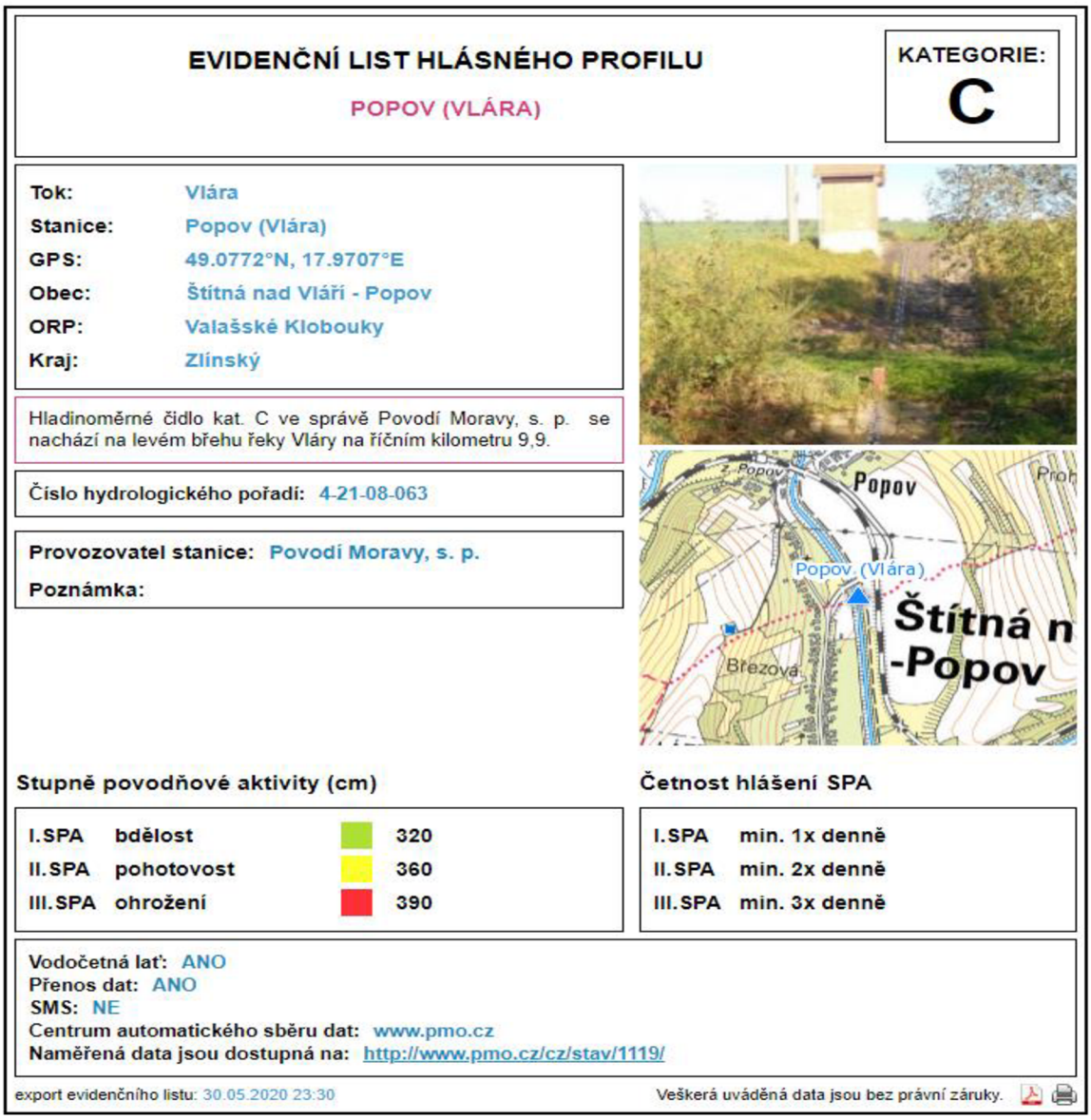
Limnigraf je automatické zařízení, které je v šachtě uschováno pod limnigrafickou budkou. Z limnigrafu jsou záznamy kontinuální, výstupem hodnot vodního stavu je grafický záznam změn vodního stavu závislého na čase. Graf je nazýván limnigram. Mezi měrná zařízení v limnigrafu patří plováky, pneumatické a elektrické typy.

Na vodním toku Vlára jsou dva hlásné profily (vodoměrné stanice) v Drnovicích a ve Štítné nad Vláří-Popov. Provozovatelem vodoměrné stanice v Drnovicích je samotná obec Drnovice a vodoměrnou stanici Popov provozuje Povodí Moravy.



Obrázek 14 Vodoměrné stanice – ČR [23]

Obrázek 15 Vodoměrné stanice – detail (Zlínský kraj) [23]



EVIDENČNÍ LIST HLÁSNÉHO PROFILU

POPOV (VLÁRA)

KATEGORIE: C

Tok: Vlára
Stanice: Popov (Vlára)
GPS: 49.0772°N, 17.9707°E
Obec: Štítná nad Vláří - Popov
ORP: Valašské Klobouky
Kraj: Zlínský

Hladinoměrné čidlo kat. C ve správě Povodí Moravy, s. p. se nachází na levém břehu řeky Vláry na říčním kilometru 9,9.

Číslo hydrologického pořadí: 4-21-08-063

Provozovatel stanice: Povodí Moravy, s. p.
Poznámka:

Stupně povodňové aktivity (cm)

I. SPA	bdělost	320
II. SPA	pohotovost	360
III. SPA	ohrožení	390

Četnost hlášení SPA

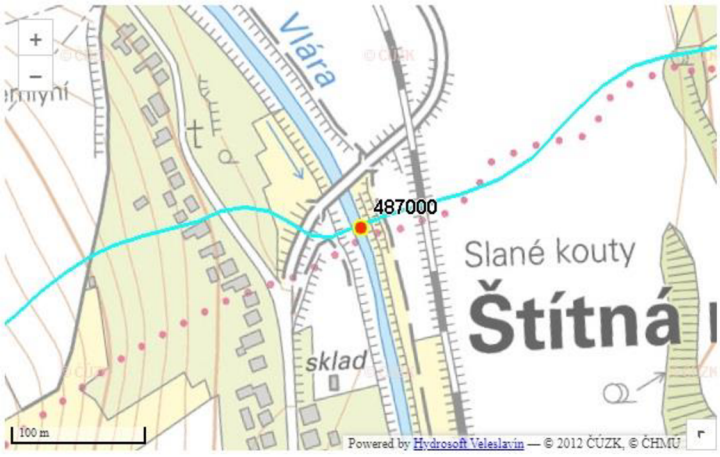
I. SPA	min. 1x denně
II. SPA	min. 2x denně
III. SPA	min. 3x denně

Vodočetná lať: ANO
Přenos dat: ANO
SMS: NE
Centrum automatického sběru dat: www.pmo.cz
Naměřená data jsou dostupná na: http://www.pmo.cz/cz/stav/1119/

export evidenčního listu: 30.05.2020 23:30 Veškerá uváděná data jsou bez právní záruky.

Obrázek 16 Evidenční list hlásného profilu – Popov (Vlára) [17]

Agenda	Povrchová voda
Identifikátor	487000
Tok	Vlára
Název stanice	Popov
Plocha povodí	169.82 km²
Nadm. výška nuly vodočtu	312.65 m n.m.
Číslo hydrologického pořadí	4-21-08-0630-0-00-60
Pobočka	Brno
Počátek pozorování [rok]	1955
Konec pozorování [rok]	
Souvislé měření	✓
Souřadnice UTM (X/Y)	716947/5440302



Obrázek 17 Detail objektu Popov – Vlára [24]

5 PRAKTICKÁ APLIKACE

5.1 VSTUPNÍ DATA

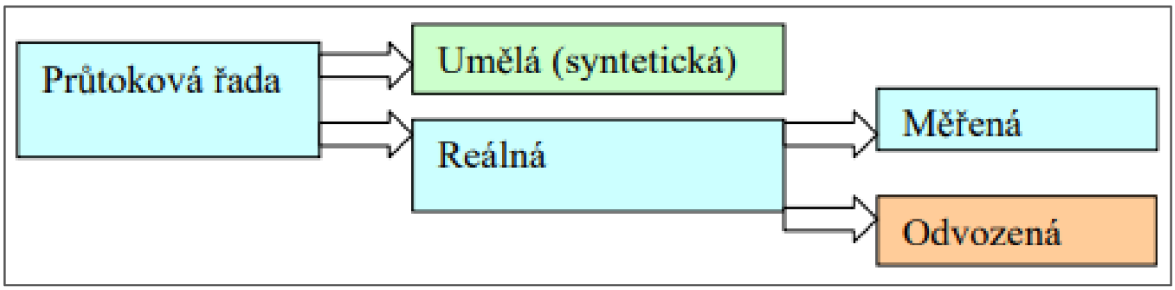
Vstupní data pro zpracování této práce jsou reálné a umělé hydrologické řady. V práci se počítá s průtokovými řady, řadami srážkového úhrnu a řadami teploty vzduchu. Hydrologické hodnoty jsou jevy náhodné veličiny a závisí na přírodních podmínkách.

Reálné hydrologické řady jsou měřeny v měrných stanicích a poskytují obraz o průběhu jednotlivých veličin i o časovém rozdělení. Z pozorovaných dat se určují specifické hodnoty dle požadovaného pozorování.

Umělé hydrologické řady jsou vygenerovány z matematického modelování náhodných řad. Modelování představuje chování náhodných veličin v čase. Podkladem pro odvozování matematických modelů jsou reálné řady. Úkolem modelování je identifikace a odhad pravděpodobnostních vlastností reálných hydrologických řad. S namodelovanými řadami lze pracovat jako s reálnými hydrologickými řadami, a proto jsou využívány při algoritmizaci a programování vodohospodářských úloh a mají zpravidla charakter vstupů.[9]

Vyhodnocení řad:[9]

- $\boldsymbol{X_h}$ – průměrné hodinové stavy
- $\boldsymbol{X_d}$ – průměrný denní hodnoty (aritmetický průměr z Q_h)
- $\boldsymbol{X_m}$ – průměrný měsíční průtok (aritmetický průměr z Q_d)
- $\boldsymbol{X_r}$ – průměrný roční průtok (aritmetický průměr z Q_m)
- $\boldsymbol{X_a}$ – dlouhodobý průměrný průtok (aritmetický průměr z Q_r)



Obrázek 18 Schéma rozdělení řad [9]

Reálné průtokové řady jsou použité pro období H, které jsou naměřené v měrných stanicích. Umělé průtokové řady pro období budoucnost 2019-2099 byly vygenerovány pomocí modelu M1 ipsl-cm5a-mr-rca4 podle dvou scénářů RCP **4.5** a RCP **8.5**.

5.2 HYDROLOGICKÁ A METEOROLOGICKÁ DATA

Historická data jsou získaná od ČHMÚ a z klimatologických simulací, které poskytl Czech Globe, díky spolupráci na článku „Robustnost návrhu zásobního objemu nádrže Vlachovice v podmínkách nejistoty klimatické změny“ [26]

5.2.1 Dlouhodobé průměrné průtoky

Dlouhodobý průměrný průtok se vypočítá z reálných průtokových řad nebo umělých průtokových řad.

Reálné průtokové řady jsou měřeny ve vodočetných stanicích a poskytují obraz o vodnosti i o časovém rozdělení průtoků ve sledovaném profilu (Vlára – Popov). Z řad se určují typické průběhy, variační rozpětí, sled suchých a vlhkých roků, pozorování extrémní hodnoty průtoku, charakteristická období výskytu povodní nebo naopak nízkých průtoků v různých ročních obdobích nebo i v jednotlivých měsících, to vše se nazývá obecně „režim vodních toků.“[9] Výsledkem měření jsou průtokové řady reálné, které jsou odrazem kombinace klimatických a geografických činitelů existujících v daném povodí.[9]

Vyhodnocení průtokových řad:[9]

- Průtoky $\boldsymbol{Q_h}$ – průměrné hodinové stavy
- Průtok $\boldsymbol{Q_d}$ – průměrný denní hodnoty (aritmetický průměr z Q_h)
- Průtok $\boldsymbol{Q_m}$ – průměrný měsíční průtok (aritmetický průměr z Q_d)
- Průtok $\boldsymbol{Q_r}$ – průměrný roční průtok (aritmetický průměr z Q_m)
- Průtok $\boldsymbol{Q_a}$ – dlouhodobý průměrný průtok (aritmetický průměr z Q_r)

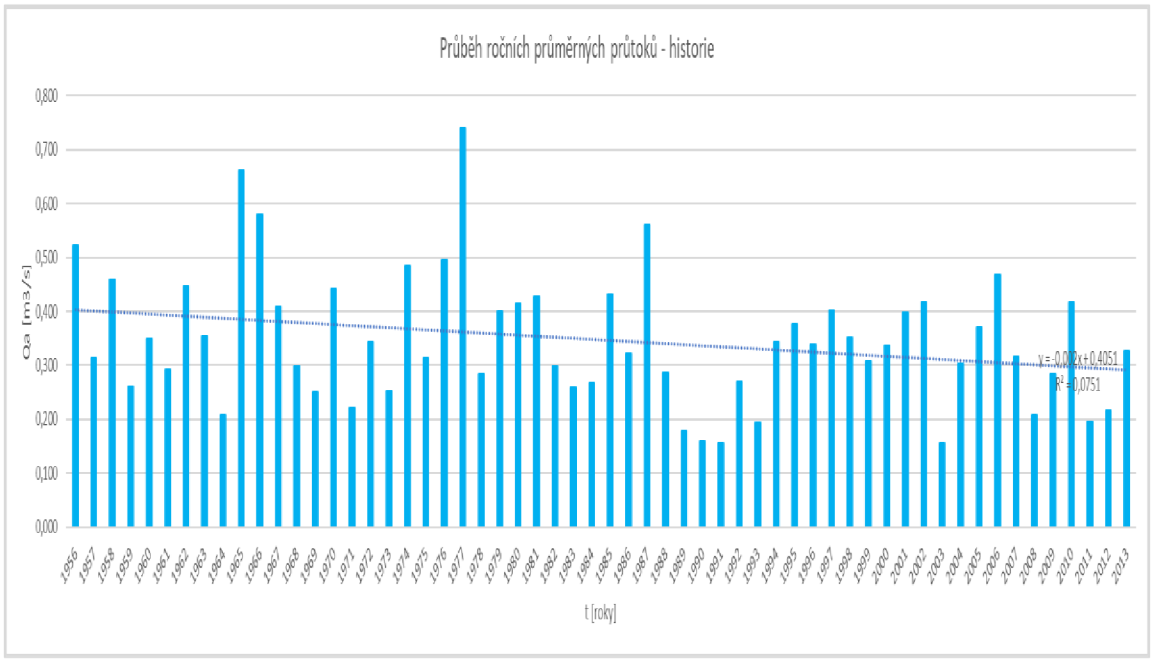
Průtokové řady posuzujeme ve sloupcových grafech jako roční průměrné průtoky a jako měsíční průměrné průtoky.

Roční průměrné průtoky nemají žádnou konstantní křivku klouzavých průměrů, ty posuzujeme pomocí lineární spojnice trendu. Aby nedocházelo ke kolizím ve vodním

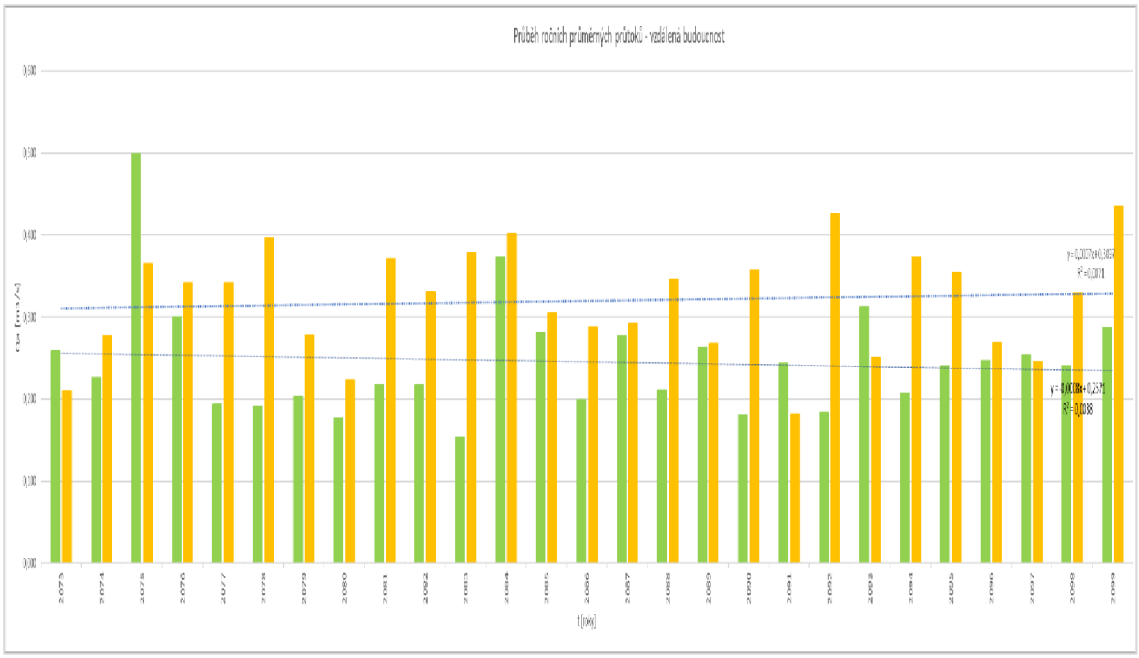
toku, potřebujeme klesající lineární spojnici trendu podobající se období H, kterou představuje rovnice $y = -0{,}002x + 0{,}4051$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}0751$. (graf 1) Lineární spojnice trendu scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5 v grafu pro budoucnost 2019-2099 (příloha) jsou rozdílné. Lineární spojnice trendu scénáře RCP 4.5 klesá podle rovnice $y = -0{,}0003x + 0{,}2826$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}0102$, z rovnice lze vyčíst, že spojnice trendu klesá mírněji. Neshoda vzniká u lineární spojnice trendů pro scénář RCP 8.5, která stoupá podle rovnice $y = 0{,}0008x + 0{,}2626$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}0634$.

Budoucnost 2019-2099 je dlouhé období a lineární spojnice trendu může být ovlivněna jen částí budoucnosti. Proto jsme dále posuzovali budoucnost rozdělenou na námi určená tři období (BB – blízká 2019-2045, SB – střední 2046-2072 a VB – vzdálená budoucnost 2073-2099). A bylo vypozorováno, že lineární spojnice trendu u obou scénářů v blízké i střední budoucnosti klesá (příloha), ke zlomu dochází v období VB. Ve vzdálené budoucnosti lineární spojnice trendu podle scénáře RCP 4.5 stále klesá, ale spojnice trendu podle scénáře RCP 8.5 roste (graf 2).

V závěru lze říct, že podle scénáře RCP 4.5 budou roční průměrné průtoky konstantně klesat a podle scénáře RCP 8.5 budou roční průměrné průtoky klesat do roku 2072 a od roku 2073 porostou.



Graf 1 Průběh ročních průměrných průtoků – historie 1956-2018



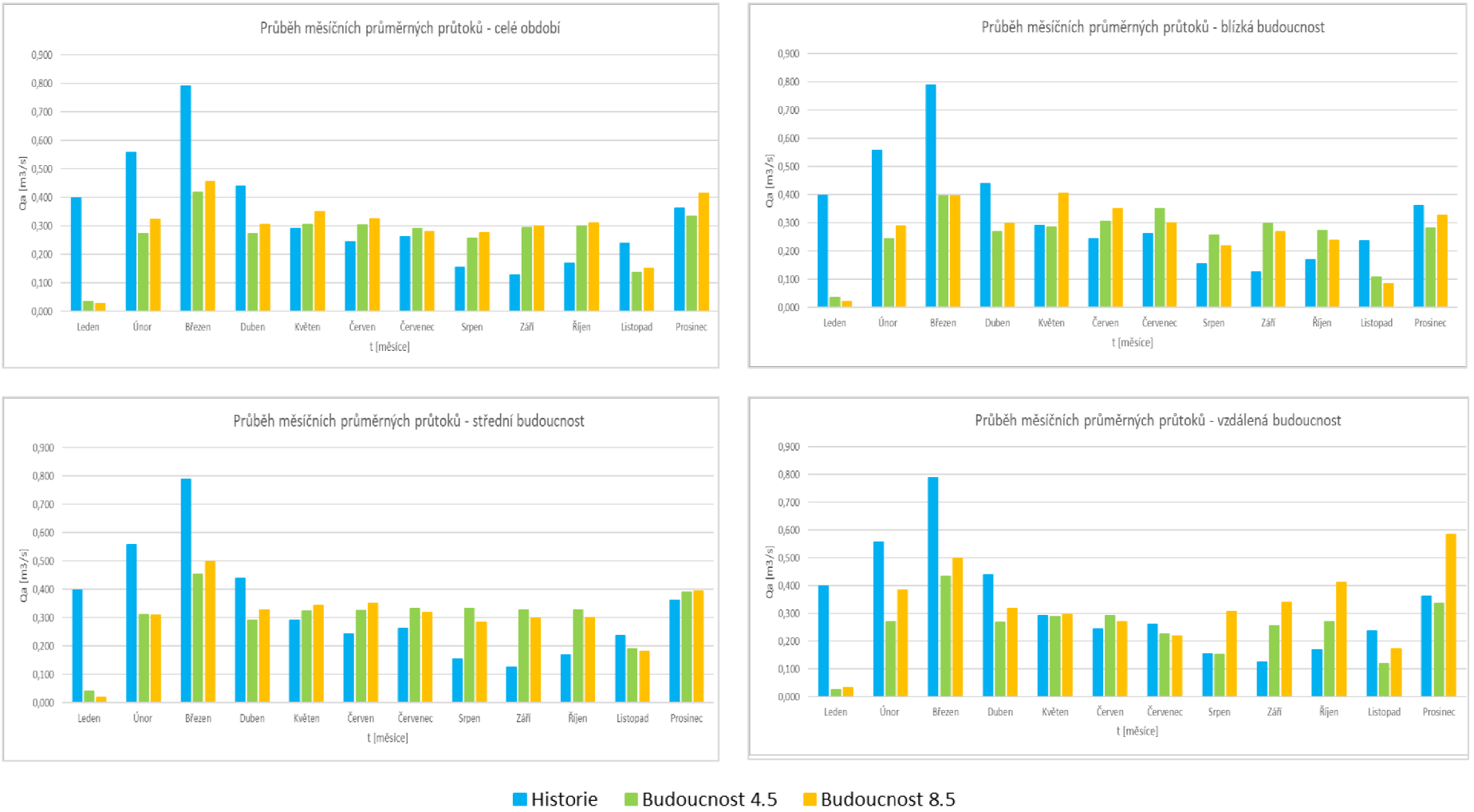
Graf 2 Průběh ročních průměrných průtoků – vzdálená budoucnost 2073-2099

Průběh měsíčních průměrných průtoků posuzujeme ve sloupcovém grafu podle tvaru průběhu období H. Jsou posuzovány oba scénáře. Podle scénáře RCP 4.5 se měsíční průměrné průtoky nebudou svým tvarem průběhu moc lišit od období H. Měsíční průměrné průtoky podle scénáře RCP 8.5 jsou kolísavé a tvar průběhu grafu se bude měnit. Nejpodobnější tvar sloupcového grafu k průběhu období H má období SB. (tabulka 2 a graf 3)

Tabulka 2 Q_m (m3.s-1) Dlouhodobé měsíční průměrné průtok[7]

Měsíc		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Historie		0,397	0,557	0,790	0,438	0,291	0,244	0,263	0,156	0,126	0,168	0,238	0,361
2019-2099	Budoucnost RCP 4.5	0,034	0,273	0,418	0,273	0,304	0,303	0,292	0,257	0,294	0,300	0,136	0,333
	Budoucnost RCP 8.5	0,026	0,322	0,455	0,305	0,351	0,324	0,279	0,275	0,301	0,309	0,151	0,414
Blízká	Budoucnost RCP 4.5	0,035	0,244	0,396	0,269	0,284	0,304	0,350	0,257	0,299	0,273	0,107	0,283
	Budoucnost RCP 8.5	0,021	0,288	0,396	0,299	0,406	0,351	0,300	0,218	0,268	0,238	0,084	0,328
Střední	Budoucnost RCP 4.5	0,042	0,311	0,452	0,293	0,323	0,325	0,333	0,332	0,328	0,328	0,191	0,391
	Budoucnost RCP 8.5	0,019	0,309	0,499	0,328	0,343	0,351	0,319	0,285	0,297	0,300	0,182	0,394
Vzdálená	Budoucnost RCP 4.5	0,026	0,271	0,435	0,270	0,290	0,292	0,226	0,153	0,255	0,272	0,119	0,337
	Budoucnost RCP 8.5	0,032	0,385	0,497	0,318	0,296	0,271	0,220	0,307	0,339	0,412	0,173	0,584

[7] Modře jsou zvýrazněné suché měsíce a červeně jsou označeny vlhké měsíce.



Graf 3 Průběh měsíčních průměrných průtoku

5.2.2 Srážkové úhrny

Srážky vznikají ochlazováním ovzduší. Když teplota klesne pod teplotu rosného bodu, sráží se část obsažené páry kolem kondenzačních jader, což jsou ionizované částice prachu, kouře, pylu nebo i molekuly plynů.[9] Oblaka a mlhy tedy tvoří vzniklé nepatrné kapičky vody nebo sněhové vločky. Za vhodných podmínek se oblaka zvětšují a tím vznikají ovzdušné srážky. Zvyšováním teplot vzduchu dochází ke snižování srážek.

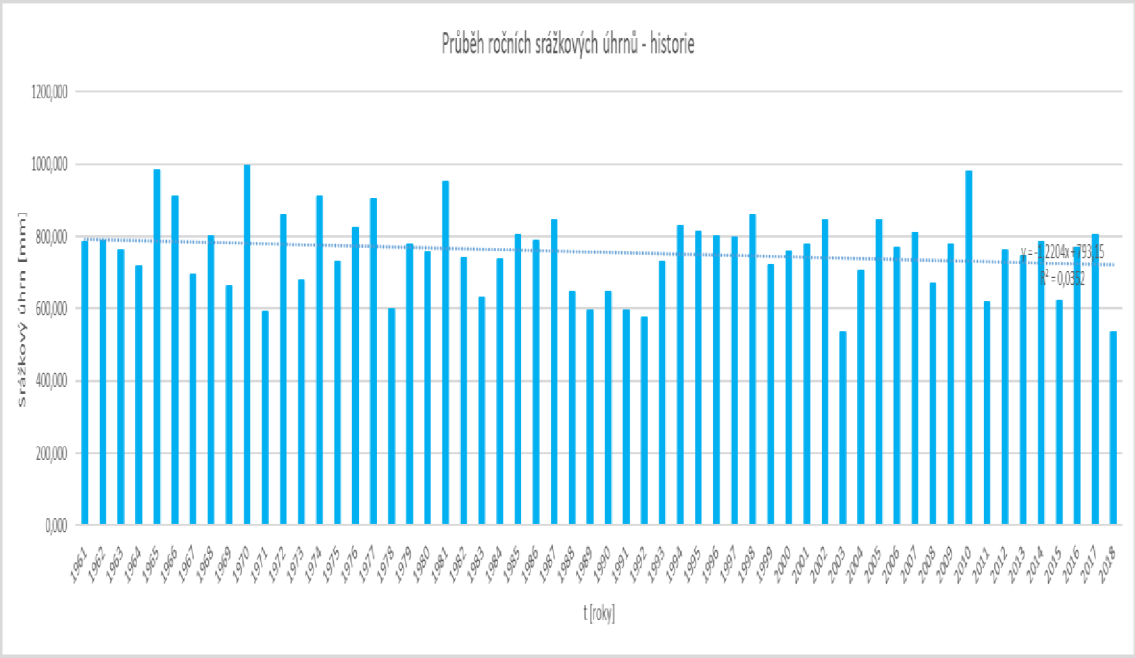
Srážky se dělí na kapalné (déšť, mlha) a tuhé (sníh, kroupy, ledovka či zmrzlý déšť). Množství srážek se vyjadřuje pomocí úhrnu H_s jako vrstvu, která by vznikla, kdyby déšť spadl na vodorovnou nepropustnou bezodtokovou rovinu, a kdyby nepodléhal výparu.[9]

Roční průměrné srážkové úhrny posuzujeme pomocí lineární spojnice trendu. Aby nedocházelo ke kolizím ve vodním toku potřebujeme klesající lineární spojnici trendu podobající se období H, kterou představuje rovnice $y = -1{,}2204x + 739{,}15$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}0352$. (graf 4) Lineární spojnice trendu scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5 v grafu pro budoucnost 2019-2099 (příloha) jsou rozdílné. Lineární spojnice trendu scénáře RCP 8.5 klesá podle rovnice $y = -0{,}5342x + 836{,}87$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}013$, z rovnice lze vyčíst, že spojnice trendu klesá mírněji. Neshoda vzniká u lineární spojnice trendů pro scénář RCP 4.5, která stoupá podle rovnice $y = 2{,}3594x + 763{,}65$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}1413$.

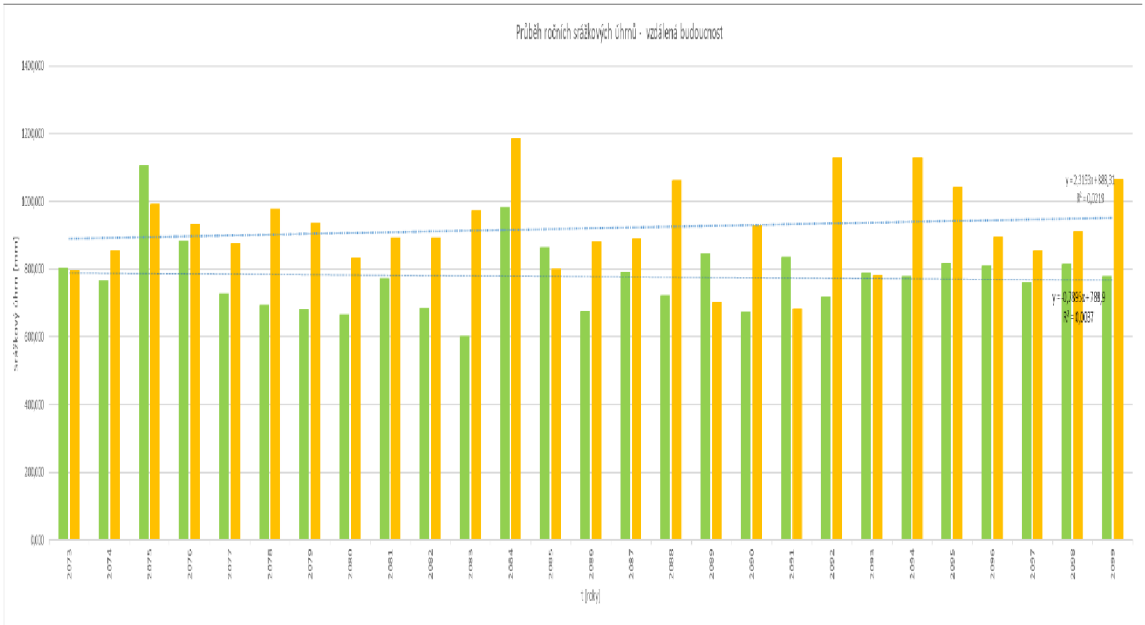
Budoucnost 2019-2099 je dlouhé období a lineární spojnice trendu může být ovlivněna jen částí budoucnosti. Proto jsme dále posuzovali budoucnost rozdělenou na námi určená tři období (BB – blízká 2019-2045, SB – střední 2046-2072 a VB – vzdálená budoucnost 2073-2099). A bylo vypozorováno, že lineární spojnice trendu u obou scénářů v období BB klesá (příloha), ke zlomu dochází v období SB. Podle celkového grafu buducnosti jsme vypozorovali, že spojnice trendu podle scénáře RCP 4.5 roste, ale při rozdělení grafu na období došlo ke zvratu. V období SB lineární spojnice trendu podle scénáře RCP 4.5 mírně klesá, ale spojnice trendu podle scénáře RCP 8.5 začíná mírně růst. (příloha) V období VB spojnice trendu podle scénáře RCP 4.5 stále mírně klesá a spojnice trendu podle scénáře RCP 8.5 začíná prudce růst. (graf 5)

Vysvětlení pro odlišný průběh trendu u budoucnosti 2019-2099 a u rozdělené je jednoduchý, během budoucnosti dochází k velkým výkyvům v některých letech a ty způsobují, že křivka roste. V případě scénáře RCP 4.5 se jedná o roky 2043, 2063, 2066, 2067 a většina období VB, kdy průměrné roční srážky jsou výrazně větší než ostatní srážky v tomto scénáři a také větší než srážky v scénáři RCP 8.5.

V závěru lze říct, že podle scénáře RCP 4.5 budou roční průměrné srážky v období BB klesat. V období SB a VB dojde k celkovému nárůstu srážek, ale vzhledem k průběhu období SB, budou srážky mírně klesat. A podle scénáře RCP 8.5 budou roční průměrné srážky klesat do roku 2045 a od roku 2046 mírně porostou a k prudšímu nárůstu dojde až v období VB.



Graf 4 Průběh ročních srážkových úhrnů – historie 1956-2018



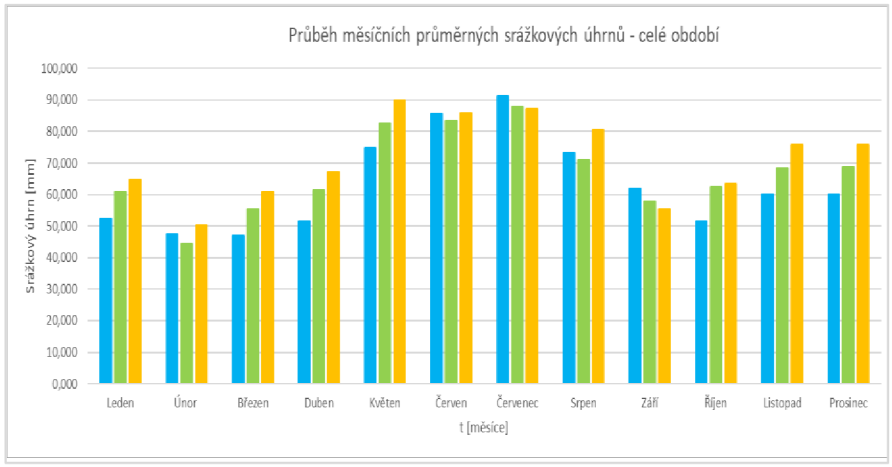
Graf 5 Průběh ročních srážkových úhrnů – vzdálená budoucnost 2073-2099

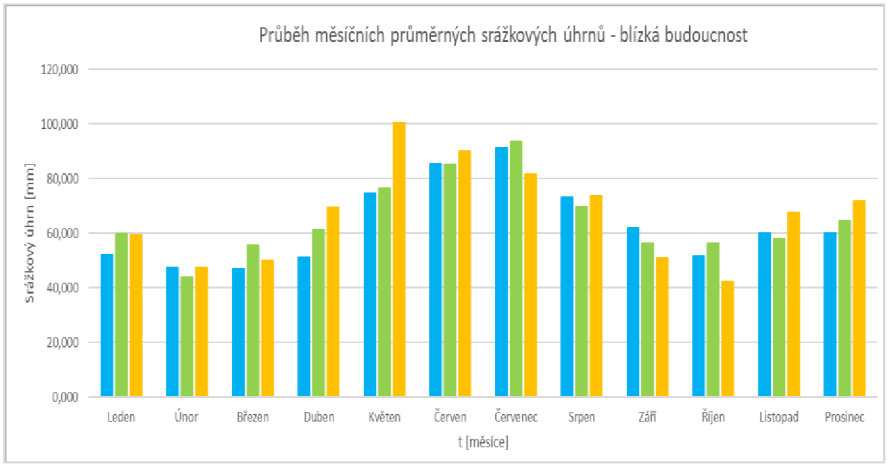
Průběh měsíčních průměrných srážkových úhrnů posuzujeme ve sloupcovém grafu podle tvaru průběhu období H. Podle scénáře RCP 4.5 se měsíční průměrné srážkové úhrny nebudou svým tvarem průběhu moc lišit od období H. Měsíční průměrné srážkové úhrny podle scénáře RCP 8.5 jsou kolísavé a tvar průběhu grafu se bude měnit. Nejpodobnější tvar sloupcového grafu k průběhu období H má období SB, nejkolísavější je období VB, kde jsou velké srážkové úhrny (tab. 3 a graf 6)

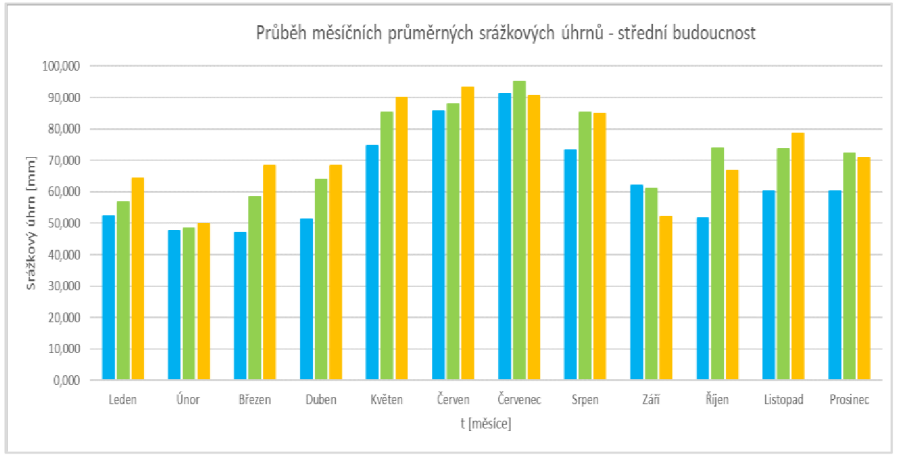
Tabulka 3 H_S [mm] Dlouhodobé měsíční průměrné srážkové úhrny[8]

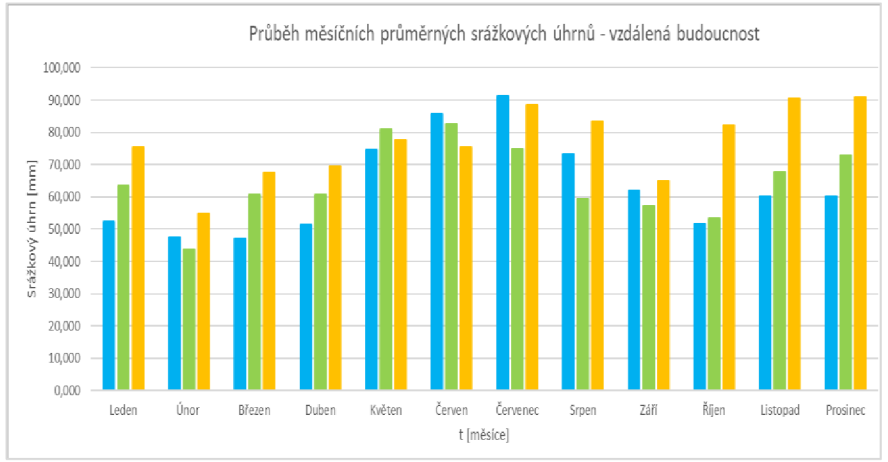
Měsíc		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Historie		52,281	47,503	47,097	51,443	74,674	85,686	91,340	73,271	61,957	51,569	60,174	60,152
2019-2099	Budoucnost RCP 4.5	60,890	44,375	55,359	61,462	82,561	83,304	87,893	71,017	57,917	62,376	68,410	68,668
	Budoucnost RCP 8.5	64,662	50,321	60,930	67,107	90,064	85,931	87,297	80,594	55,321	63,370	75,732	75,807
Blízká	Budoucnost RCP 4.5	59,874	43,968	55,498	61,441	76,621	85,379	93,629	69,817	56,594	56,524	58,020	64,715
	Budoucnost RCP 8.5	59,556	47,307	50,068	69,606	100,394	90,042	81,653	73,753	51,002	42,377	67,756	72,072
Střední	Budoucnost RCP 4.5	56,637	48,208	58,474	63,893	85,238	88,061	94,946	85,318	60,927	73,742	73,602	72,425
	Budoucnost RCP 8.5	64,253	49,777	68,339	68,378	90,001	93,208	90,642	85,056	52,213	66,805	78,744	70,867
Vzdálená	Budoucnost RCP 4.5	63,490	43,823	60,781	60,734	80,812	82,756	74,850	59,324	57,293	53,320	67,781	72,886
	Budoucnost RCP 8.5	75,475	54,891	67,602	69,512	77,613	75,256	88,500	83,425	64,914	82,258	90,403	90,930

[8] Modře označené jsou suché měsíce a červeně jsou vlhké měsíce.









Graf 6 Průběh měsíčních průměrných srážkových úhrnů

5.2.3 Teplota vzduchu

Teplota je veličina, kterou je těžké fyzikálně definovat. Teplota je ovlivněna dopadem slunečních paprsků na Zem a jejich odrazem. Měří se teploměrem v různých jednotkách.

Používají se dvě teplotní stupnice Kelvinova [K], kde je určená absolutní nula. V absolutní nule podle Kelvina se voda nachází ve všech třech skupenstvích. Druhá stupnice je Celsiova stupnice [°C], která se používá v ČR. Je určená jako 1/100 rozpětí mezi bodem tuhnutí a bodem varu vody.[25]

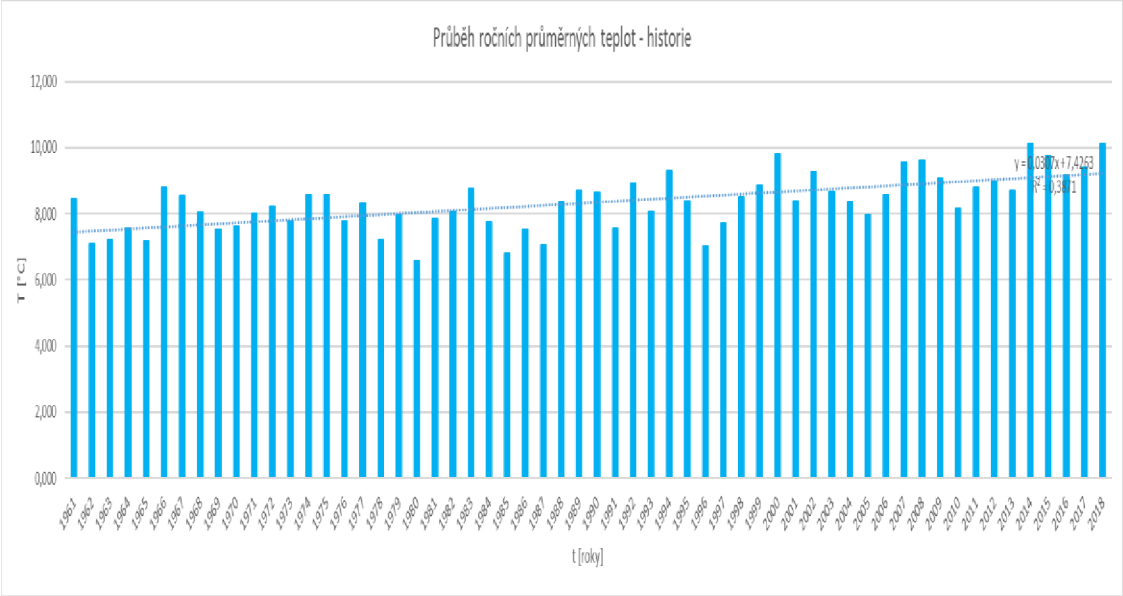
Teplotu lze měřit v závislosti na čase, kde se musí brát v úvahu dynamické vlastnosti čidla.[25]

Roční průměrné teploty vzduchu posuzujeme pomocí lineární spojnice trendu. Měla by být konstantní nebo se podobat průběhu rostoucí lineární spojnice trendu období H, kterou představuje rovnice $y = 0{,}0307x + 7{,}4263$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}03871$. (graf 7) Lineární spojnice trendu scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5 v grafu pro budoucnost 2019-2099 (příloha) mají podobnou směrnici a mají skoro stejnou hodnotu na ose y. Lineární spojnice trendu scénáře RCP 8.5 roste podle rovnice $y = 0{,}0581x + 8{,}9411$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}7552$ a lineární spojnice trendů pro scénář RCP 4.5 roste podle rovnice $y = 0{,}0314x + 8{,}9699$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0{,}4791$.

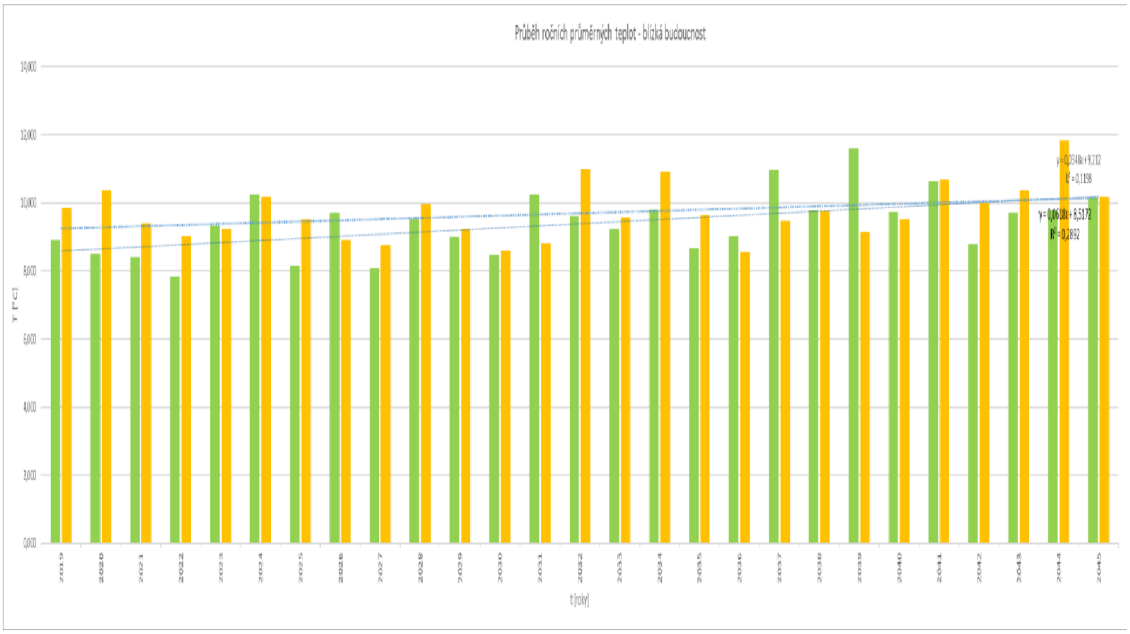
Budoucnost 2019-2099 je dlouhé období a lineární spojnice trendu může být ovlivněna jen částí budoucnosti. Proto jsme dále posuzovali budoucnost rozdělenou na námi určená tři období (BB – blízká 2019-2045, SB – střední 2046-2072 a VB – vzdálená budoucnost 2073-2099). A bylo vypozorováno, že lineární spojnice trendu u scénáře RCP 4.5 v období BB roste (graf 8) a lineární spojnice trendu u scénáře RCP 8.5 v období BB je skoro konstantní (mírně roste), ke zlomu dochází v roce 2041, kdy se hodnoty teplot vzduchu obou scénářů sobě podobají. Spojnice trendu se od roku 2041 téměř shodují. V době SB se jejich průběh lineární spojnice trendu prohodí. Spojnice trendu scénáře RCP 4.5 mírně roste – je skoro konstantní (má stejnou směrnici jako scénář RCP 8.5 v BB) a spojnice trendu podle scénáře RCP 8.5 začíná růst (má stejnou směrnici jako scénář RCP 4.5 v BB). (příloha) V období VB spojnice trendu se chovají vůči sobě

stejně. Spojnice trendu podle scénáře RCP 4.5 je téměř konstantní, směrnice je v setinách. A spojnice trendu podle scénáře RCP 8.5 má stejnou směrnicí jako v období BB, akorát začíná v y o cca 3 °C výše. (graf 8)

V závěru lze říct, že podle scénáře RCP 4.5 dojde k nárůstu teplot v období BB a v období SB a VB se budou teploty ustalovat. A podle scénáře RCP 8.5 budou roční průměrné teploty růst konstantně, akorát v období SB dojde ke dvojnásobnému růstu než v období BB a v období VB se růst teplot sníží na polovinu. (směrnice v BB = směrnici v VB).



Graf 7 Průběh ročních průměrných teplot – historie 1956-2018



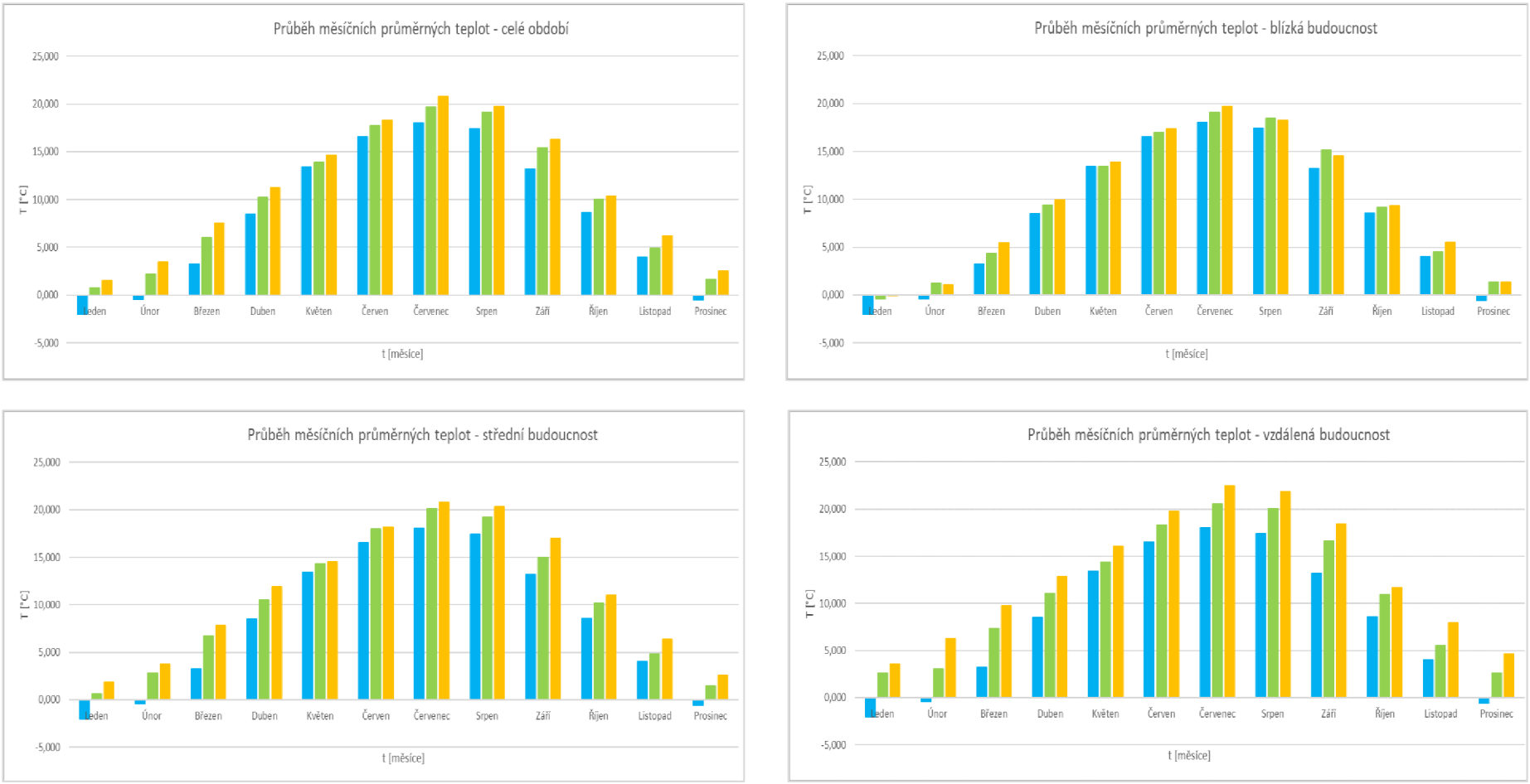
Graf 8 Průběh ročních průměrných teplot – blízká budoucnost 2019-2045

Průběh měsíčních průměrných teplot vzduchu posuzujeme ve sloupcovém grafu podle tvaru průběhu období H. Tvar průběhů obou scénářů je stejný. Scénář RCP 8.5 je kritičtější a předpovídá vyšší nárůst teplot než scénář RCP 4.5. V BB se teploty vzduchu obou scénářů sobě podobají, v porovnání s historií jsou hodnoty buď podobné nebo vyšší. V období SB se střídají měsíce s podobnými hodnotami obou scénářů i historie a výrazně od sebe odlišné. A v období VZ jsou hodnoty teplot vzduchu dle scénáře RCP 8.5 cca o 2 °C vyšší než podle scénáře RCP 4.5 a celkově jsou teploty vzduchu v období VZ vyšší než v období H. (tabulka 4 a graf 9)

Tabulka 4 Ta [°C] Dlouhodobé měsíční průměrné teploty[9]

Měsíc		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Historie		-1,992	-0,425	3,235	8,483	13,399	16,547	18,063	17,428	13,185	8,604	3,995	-0,534
2019-2099	Budoucnost RCP 4.5	0,732	2,195	6,031	10,212	13,866	17,727	19,698	19,120	15,389	10,011	4,898	1,638
	Budoucnost RCP 8.5	1,467	3,409	7,498	11,244	14,650	18,308	20,794	19,771	16,324	10,363	6,201	2,520
Blízká	Budoucnost RCP 4.5	-0,443	1,216	4,319	9,388	13,426	16,983	19,118	18,435	15,121	9,199	4,458	1,376
	Budoucnost RCP 8.5	-0,085	1,129	5,467	9,962	13,900	17,338	19,706	18,237	14,553	9,312	5,517	1,352
Střední	Budoucnost RCP 4.5	0,586	2,858	6,689	10,499	14,312	17,957	20,092	19,232	15,017	10,182	4,824	1,462
	Budoucnost RCP 8.5	1,877	3,717	7,836	11,892	14,544	18,205	20,803	20,316	16,981	10,979	6,351	2,579
Vzdálená	Budoucnost RCP 4.5	2,647	3,007	7,321	11,034	14,351	18,295	20,520	20,081	16,611	10,893	5,551	2,626
	Budoucnost RCP 8.5	3,571	6,311	9,771	12,825	16,021	19,744	22,499	21,851	18,402	11,664	7,951	4,607

[9] Modře jsou označeny studené měsíce a červeně jsou teplé měsíce.



Graf 9 Průběh měsíčních průměrných teplot

5.3 ŘEŠENÍ ZÁSOBNÍHO OBJEMU DLE ALFA

V této části je počítaný zásobní objem s určeným součinitelem nalepšení v intervalu <0,6;1>. Součinitelem nalepšení rozumíme ukazatel stupně vyrovnanosti a regulace odtoku v profilu.[11] Ke stavu vyrovnání dochází, když $O_{MIN} = O_{MAX} = Q_a$, hodnota součinitele nalepšení je rovna 1, pokud je $\alpha = 0$ a tudíž $Op = 0$ odpovídá prostému jímání přítoku.[11]

$$\alpha = \frac{O_p}{Q_a}, \alpha = \langle 0,1 \rangle, \tag{9}$$

kde O_p … nalepšený odtok [m^3/s],

α ... součinitel nalepšení [-],

Q_a … aritmetický průměr průtoků daného měsíce nebo daného roku [m^3/s].

Předpokládáme, že relativní velikost odběru se bude pohybovat mezi 0,8 a 0,995. Podle předběžných výpočtů je navržená velikost nádrže na menší objem 19,4 mil. m^3 a na větší objem 29,1 mil. m^3.[12]

5.3.1.1 Historie vs celá budoucnost

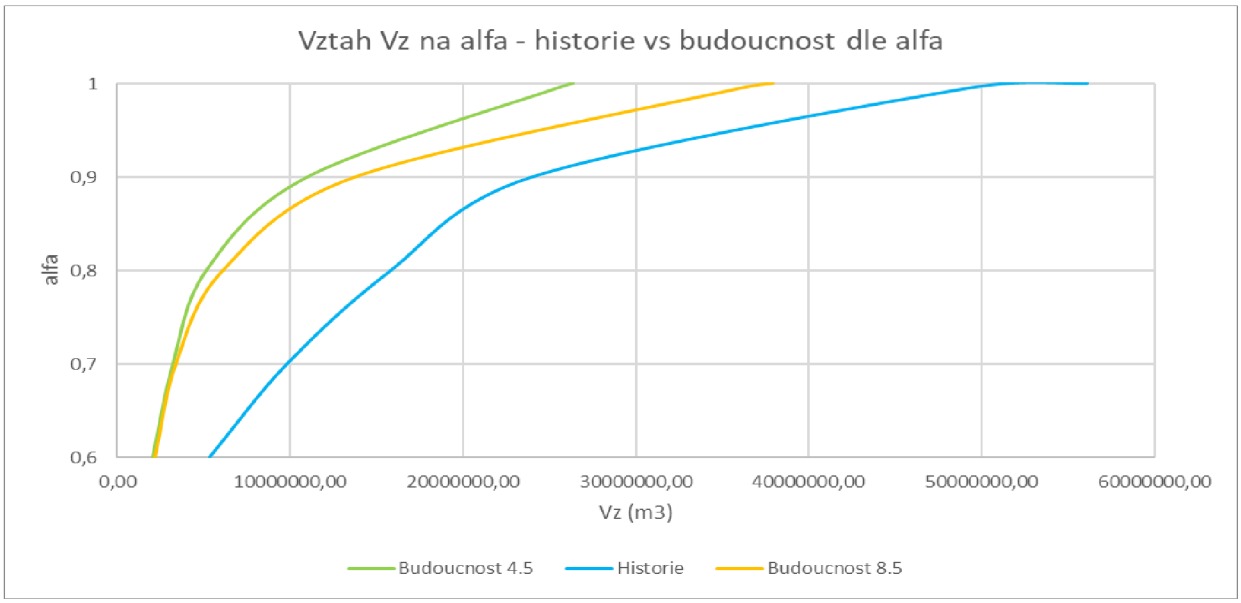
Tabulka 5 Vztah zásobního objemu na α a nalepšeném odtoku počítáno dle α – historie vs budoucnost 2019-2099

Budoucnost 2019-2099									
	Historie			Budoucnost RCP 4.5			Budoucnost RCP 8.5		
α	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,6	0,201	5345740,75	9,53	0,160	2064320,33	3,68	0,176	2174666,40	3,88
0,7	0,235	9830458,71	17,53	0,187	3237672,39	5,77	0,205	3390497,23	6,04
0,8	0,269	15842714,14	28,25	0,213	5180018,64	9,24	0,234	6122263,77	10,92
0,9	0,302	24033765,66	42,85	0,240	11046999,09	19,70	0,263	13803984,60	24,61
0,995	0,334	49292664,55	87,88	0,265	25499642,33	45,46	0,291	36135447,68	64,43
1	0,336	56089141,07	100,00	0,267	26400971,66	47,07	0,293	37921044,17	67,61
Qa [m3/s]	0,336			0,267			0,293		

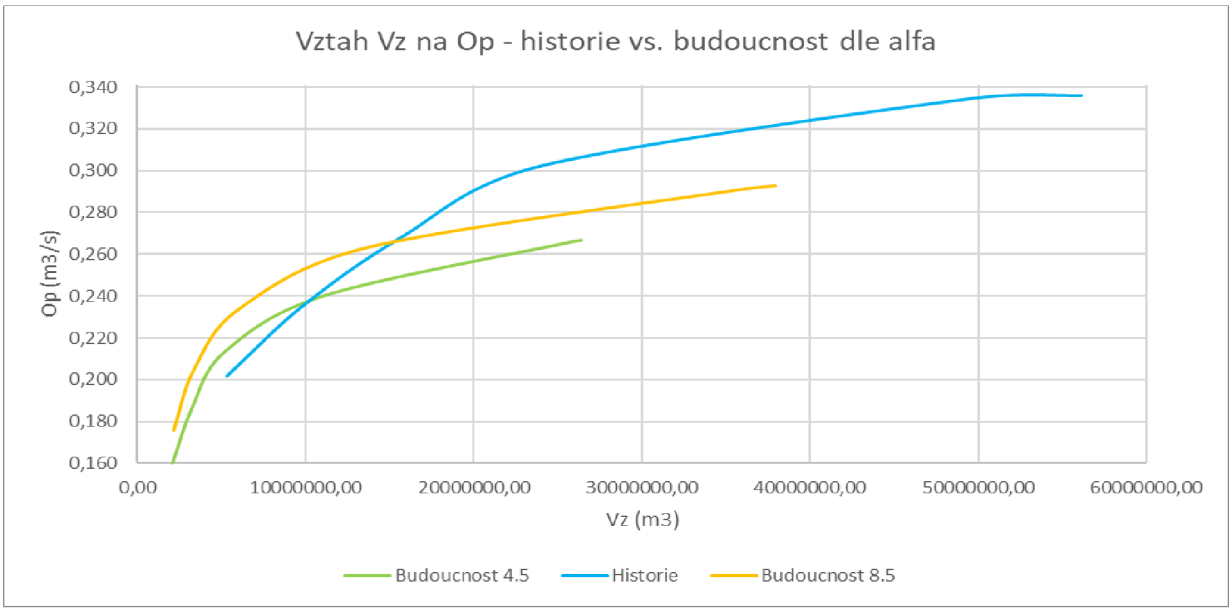
Pro víceletý odtok se počítá se součinitelem nalepšení $\alpha \geq 0,6$, primárně nás zajímá rozsah 0,8 – 0,995. Předpokládaný menší celkový objem v období H je dosažen zásobním objemem při $\alpha = 0,9$.

Podle scénáře RCP 4.5 je předpokládaný celkový objem dosažen zásobním objemem při $\alpha = 0{,}995$ a podle scénáře RCP 8.5 se při $\alpha = 0{,}9$ naplní z poloviny a při $\alpha = 0{,}995$ přeteče.

Platí, že $\alpha = 0{,}6$ je spodní mez pro O_p a $\alpha = 1$ je horní mez pro O_p a Q_a. Spodní hranice období H odpovídá budoucnosti podle scénáře RCP 4.5 $\alpha = 0{,}8$ a podle scénáře RCP 8.5 $\alpha = 0{,}7$. Horní mez budoucnosti podle scénáře RCP 4.5 období H při $\alpha = 0{,}8$ a horní mez budoucnosti podle scénáře RCP 8.5 odpovídá období H při $\alpha = 0{,}9$. Hodnoty O_p podle scénáře RCP 8.5 jsou větší než O_p podle scénáře RCP 4.5.



Graf 10 Vztah zásobního objemu na alfa dle alfa – historie vs budoucnost 2019-2099



Graf 11 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs budoucnost 2019-2099

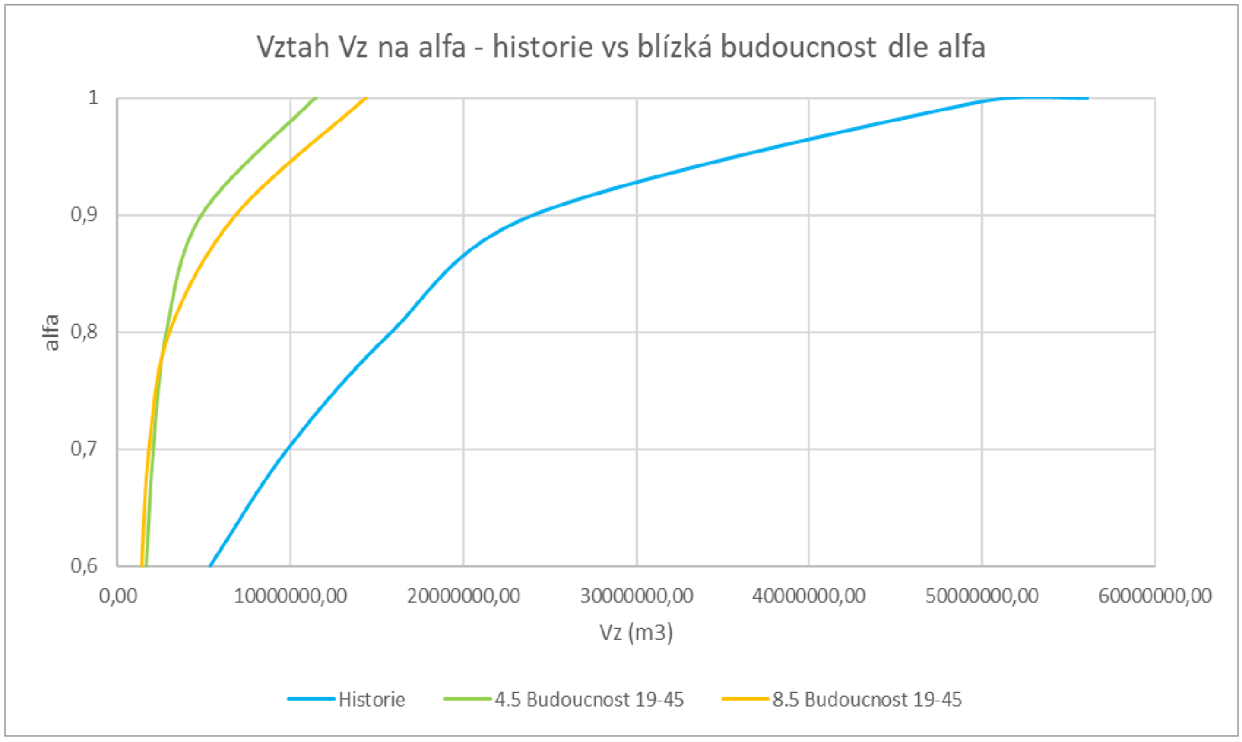
5.3.1.2 Historie vs blízká budoucnost

Tabulka 6 Vztah zásobního objemu na α a nalepšeném odtoku dle α – historie vs blízká budoucnost 2019-2045

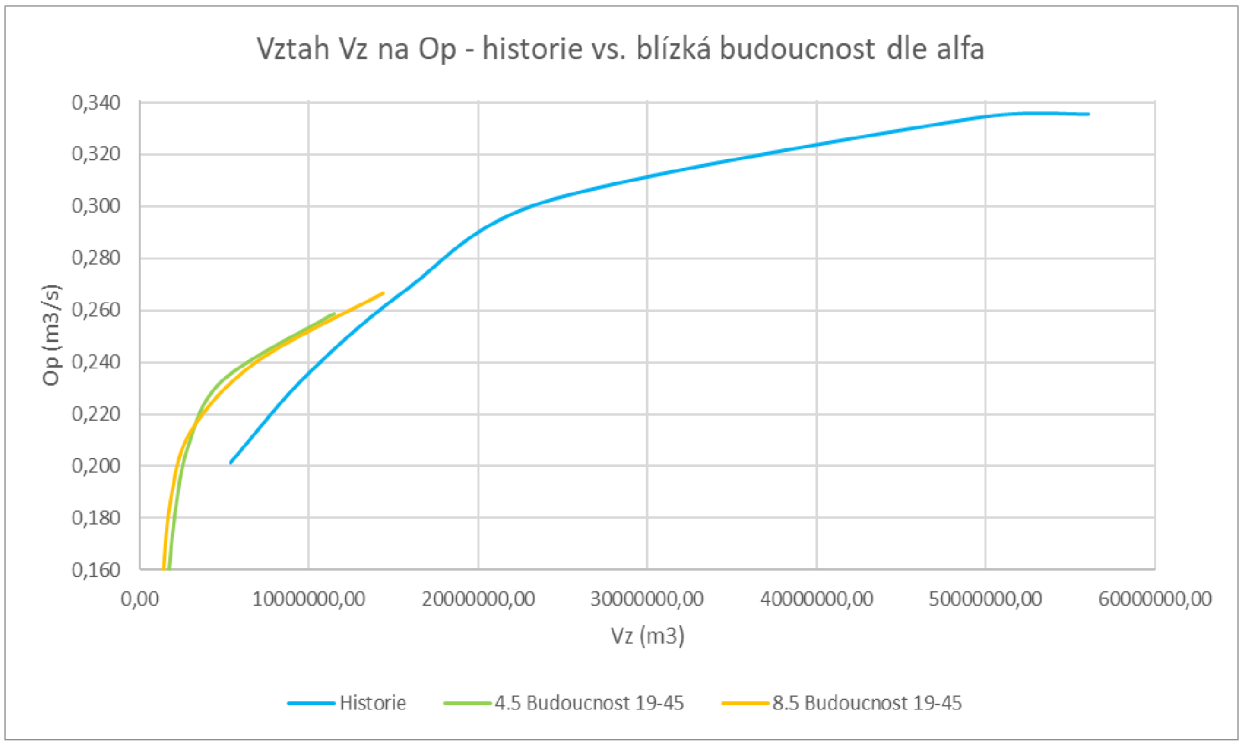
Blízká budoucnost									
	Historie			RCP 4.5 Budoucnost 19-45			RCP 8.5 Budoucnost 19-45		
α	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,6	0,201	5345740,75	9,53	0,155	1672009,57	2,98	0,160	1380727,36	2,46
0,7	0,235	9830458,71	17,53	0,181	2080036,94	3,71	0,187	1801362,93	3,21
0,8	0,269	15842714,14	28,25	0,207	2834631,73	5,05	0,213	2987654,93	5,33
0,9	0,302	24033765,66	42,85	0,233	4874768,58	8,69	0,240	6836007,87	12,19
0,995	0,334	49292664,55	87,88	0,257	11114432,88	19,82	0,265	13978555,14	24,92
1	0,336	56089141,07	100,00	0,259	11508859,34	20,52	0,267	14381570,56	25,64
Qa [m3/s]	0,336			0,259			0,267		

Pro víceletý odtok se počítá se součinitelem nalepšení $\alpha \geq 0{,}6$, primárně nás zajímá rozsah 0,8 – 0,995. Předpokládaný menší celkový objem v období H je dosažen zásobním objemem při $\alpha = 0{,}9$. V období BB podle scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5 předpokládaný celkový objem není zásobním objemem dosažený. Pokud předpokládáme, že celkový objem je o 26% větší než V_z, bude menší celkový objem dosažen v BB RCP 8.5 při $\alpha = 1$. V tomto období bude zásobní objem odpovídat V_z v období H při $\alpha = 0{,}7$, který je poloviční než navržený menší podle předběžných výpočtů.

Platí, že $\alpha = 0{,}6$ je spodní mez pro O_p a $\alpha = 1$ je horní mez pro O_p a Q_a. Spodní hranice období H odpovídá budoucnosti podle scénáře RCP 4.5 $\alpha = 0{,}8$ a podle scénáře RCP 8.5 $\alpha = 0{,}8$. Horní mez BB podle scénáře RCP 4.5 i RCP 8.5 odpovídá období H při $\alpha = 0{,}8$. Hodnoty podle O_p scénáře RCP 8.5 jsou větší než O_p podle scénáře RCP 4.5.



Graf 12 Vztah zásobního objemu na α dle α – historie vs blízká budoucnost 2019-2045



Graf 13 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs blízká budoucnost 2019-2045

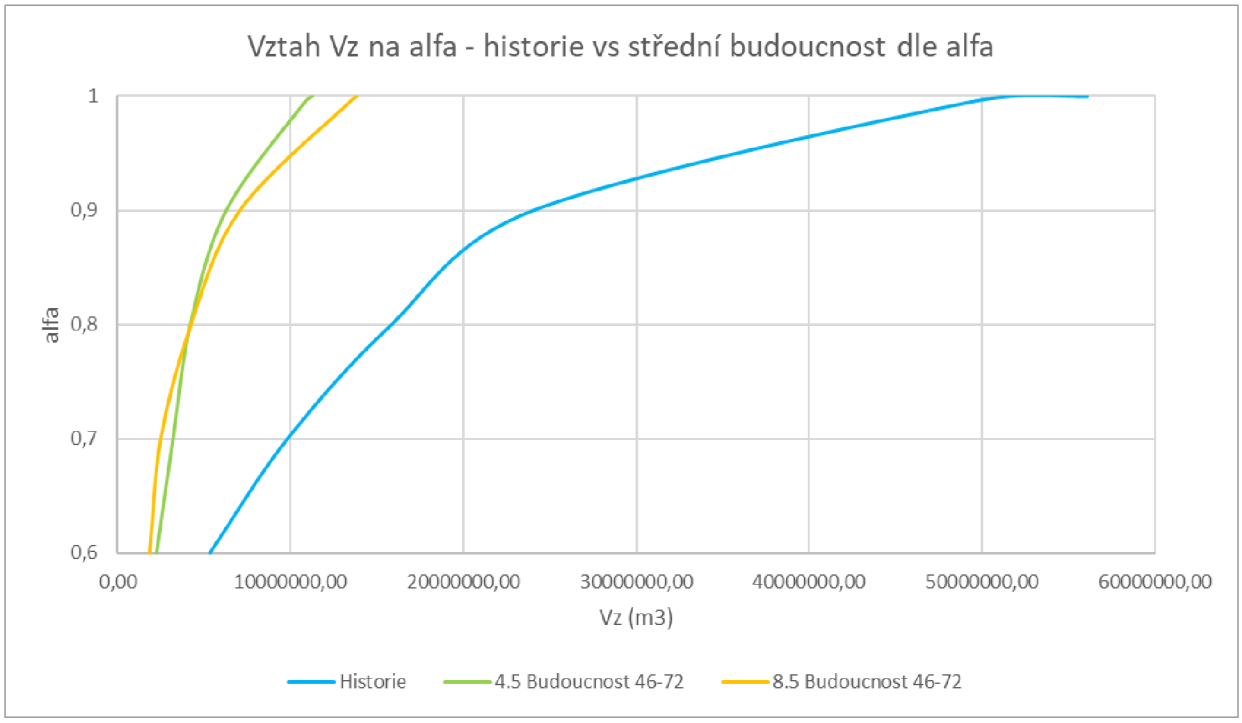
5.3.1.3 Historie vs střední budoucnost

Tabulka 7 Vztah zásobního objemu na α a nalepšeném odtoku dle α – historie vs střední budoucnost 2046-2072

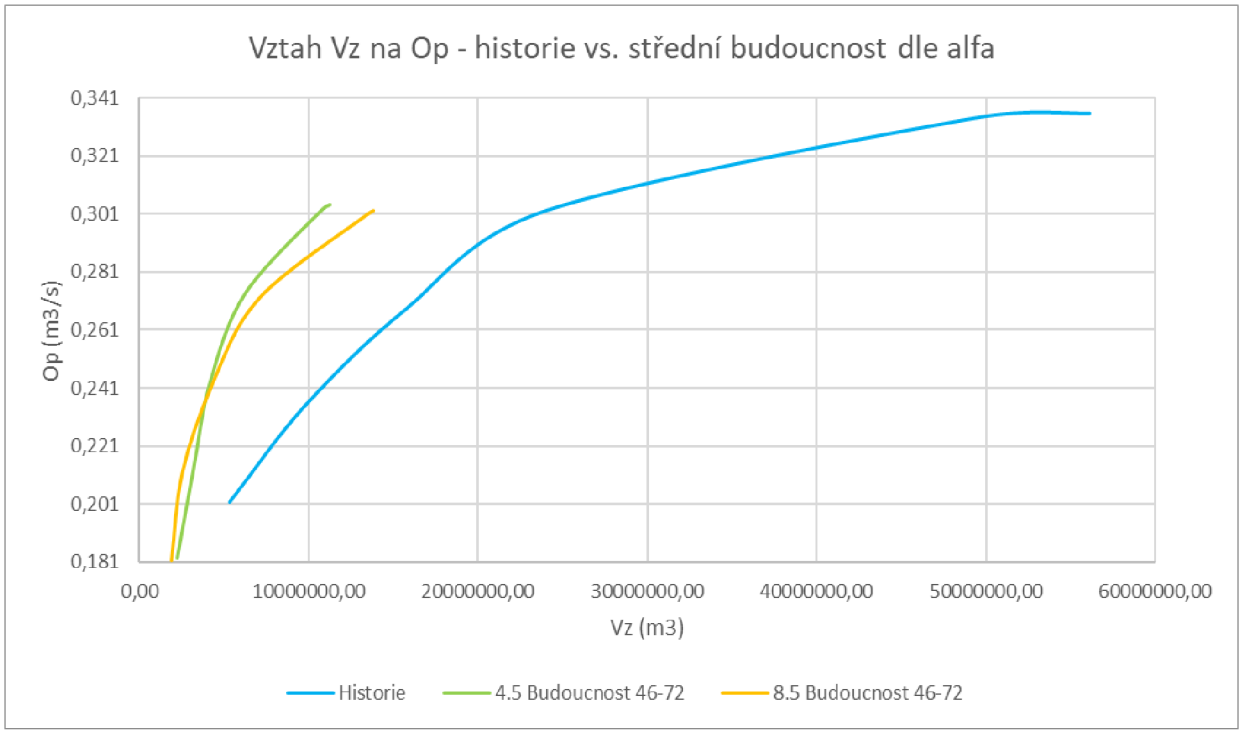
Střední budoucnost									
	Historie			RCP 4.5 Budoucnost 46-72			RCP 8.5 Budoucnost 46-72		
α	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,6	0,201	5345740,75	9,53	0,182	2211040,35	3,94	0,181	1872659,92	3,34
0,7	0,235	9830458,71	17,53	0,213	3170459,47	5,65	0,212	2508685,11	4,47
0,8	0,269	15842714,14	28,25	0,243	4179613,82	7,45	0,242	4255780,46	7,59
0,9	0,302	24033765,66	42,85	0,274	6268276,62	11,18	0,272	7068699,03	12,60
0,995	0,334	49292664,55	87,88	0,302	10858309,42	19,36	0,301	13405692,65	23,90
1	0,336	56089141,07	100,00	0,304	11299182,60	20,15	0,302	13823084,18	24,64
Qa [m3/s]	0,336			0,304			0,302		

Pro víceletý odtok se počítá se součinitelem nalepšení $\alpha \geq 0{,}6$, primárně nás zajímá rozsah 0,8 – 0,995. Předpokládaný menší celkový objem v období H je dosažen zásobním objemem při $\alpha = 0{,}9$. V období SB podle scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5 předpokládaný menší celkový objem není zásobním objemem dosažen. Pokud předpokládáme, že celkový objem je o 26% větší než V_z, bude menší celkový objem dosažen v SB RCP 8.5 při $\alpha = 1$. V tomto období bude zásobní objem v období SB odpovídat V_z období H při $\alpha = 0{,}7$, který je poloviční než navržený podle předběžných výpočtů.

Platí, že $\alpha = 0{,}6$ je spodní mez pro O_p a $\alpha = 1$ je horní mez pro O_p a Q_a. Spodní hranice období H odpovídá budoucnosti podle scénáře RCP 4.5 i RCP 8.5 $\alpha = 0{,}7$. Horní mez SB podle scénáře RCP 8.5 odpovídá období SB podle scénáře RCP 4.5 při $\alpha = 0{,}995$. Hodnoty O_p podle scénáře RCP 4.5 a podle scénáře RCP 8.5 v období SB jsou skoro shodné (hodnoty O_p podle scénáře RCP 8.5 jsou o kousek menší).



Graf 14 Vztah zásobního objemu na α dle α – historie vs střední budoucnost 2046-2072



Graf 15 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs střední budoucnost 2046-2072

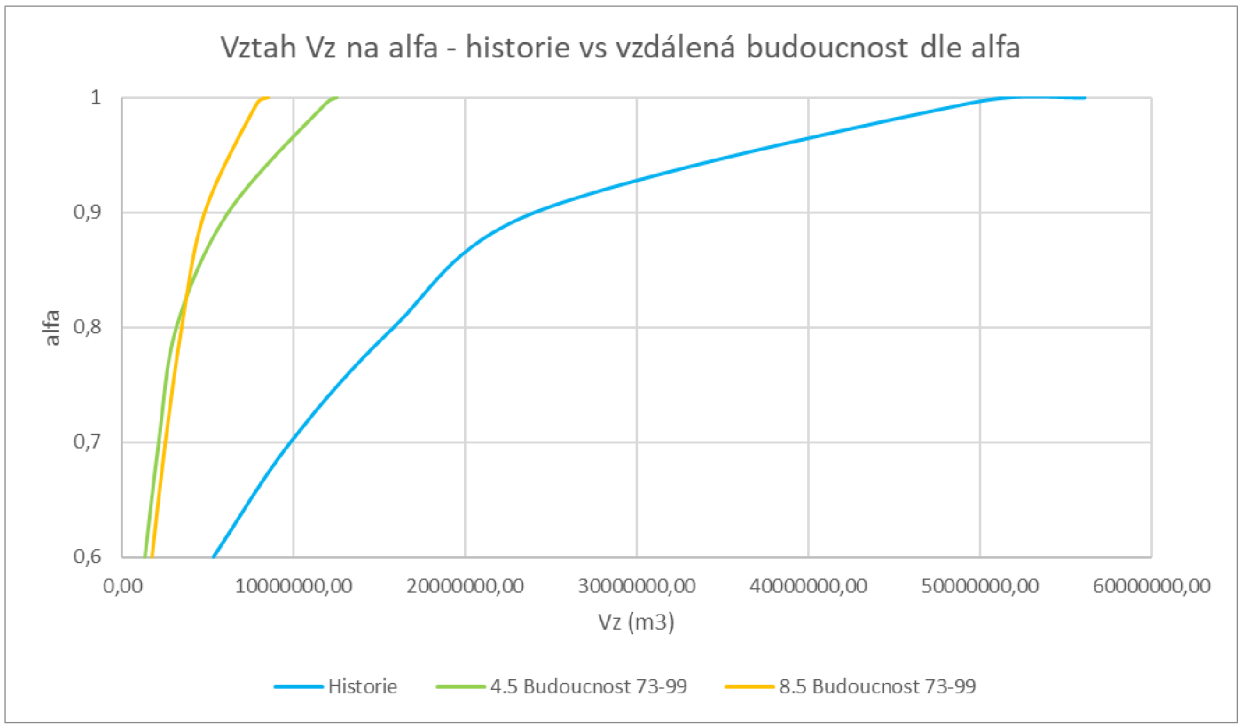
5.3.1.4 Historie vs vzdálená budoucnost

Tabulka 8 Vztah zásobního odtoku na α a nalepšeném odtoku dle α – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

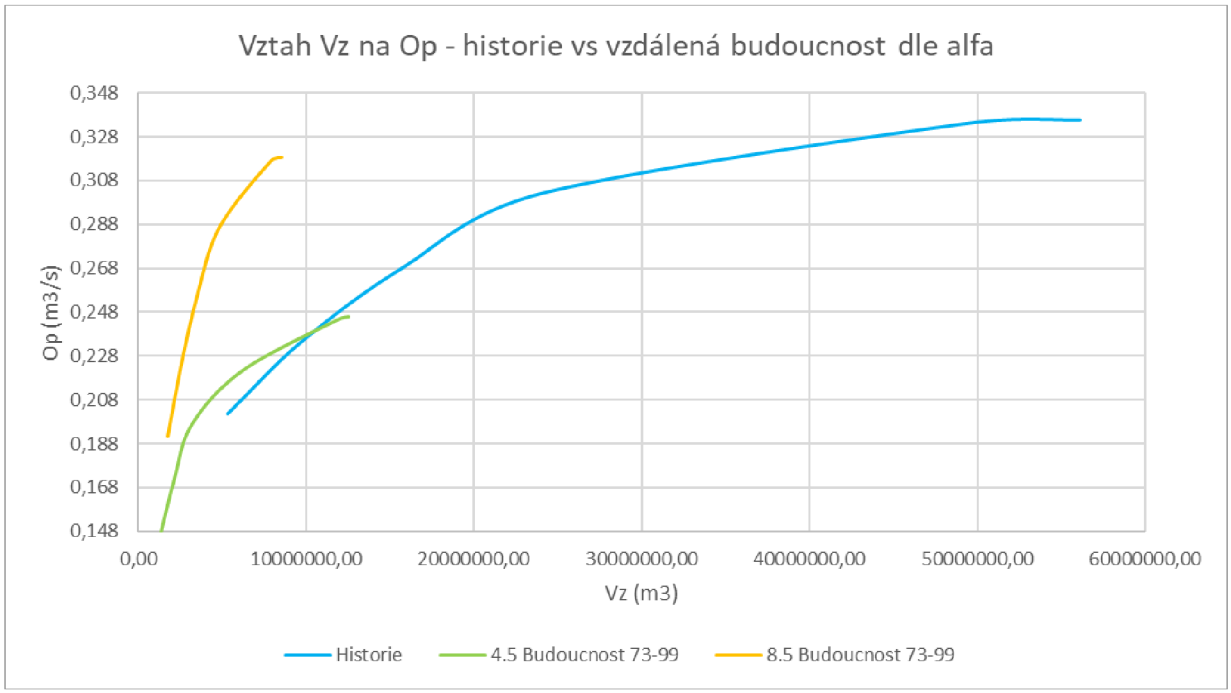
Vzdálená budoucnost									
	Historie			RCP 4.5 Budoucnost 73-99			RCP 8.5 Budoucnost 73-99		
α	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,6	0,201	5345740,75	9,53	0,148	1334871,00	2,38	0,191	1763975,28	3,14
0,7	0,235	9830458,71	17,53	0,172	2140515,68	3,82	0,223	2540382,89	4,53
0,8	0,269	15842714,14	28,25	0,197	3173671,41	5,66	0,255	3497272,32	6,24
0,9	0,302	24033765,66	42,85	0,221	6196404,70	11,05	0,287	4838651,52	8,63
0,995	0,334	49292664,55	87,88	0,245	11906579,57	21,23	0,317	7907737,72	14,10
1	0,336	56089141,07	100,00	0,246	12532808,54	22,34	0,319	8549084,65	15,24
Qa [m3/s]	0,336			0,246			0,319		

Pro víceletý odtok se počítá se součinitelem nalepšení $\alpha \geq 0{,}6$, primárně nás zajímá rozsah 0,8 – 0,995. Předpokládaný menší celkový objem v období H je dosažen zásobním objemem při $\alpha = 0{,}9$. V období SB podle scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5 předpokládaný celkový objem není dosažený. V tomto období bude zásobní objem v období VB odpovídat V_z období H při $\alpha = 0{,}7$, který je poloviční než navrženy podle předběžných výpočtů. V období VB podle scénáře RCP 8.5 je zásobní objem při $\alpha = 1$ dokonce menší než zásobní objem v období H je dosažený při $\alpha = 0{,}7$.

Platí, že $\alpha = 0{,}6$ je spodní mez pro O_p a $\alpha = 1$ je horní mez pro O_p a Q_a. Spodní hranice období H odpovídá budoucnosti podle scénáře RCP 4.5 při $\alpha = 0{,}8$ a podle scénáře RCP 8.5 při $\alpha = 0{,}6$. Horní mez VB podle scénáře RCP 4.5 odpovídá období VB podle scénáře RCP 8.5 při $\alpha = 0{,}8$. Hodnoty O_p scénáře RCP 8.5 jsou větší než hodnoty O_p scénáře RCP 8.5.



Graf 16 Vztah zásobního objemu na α dle α – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099



Graf 17 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

5.3.2 Řešení zásobního objemu dle Op

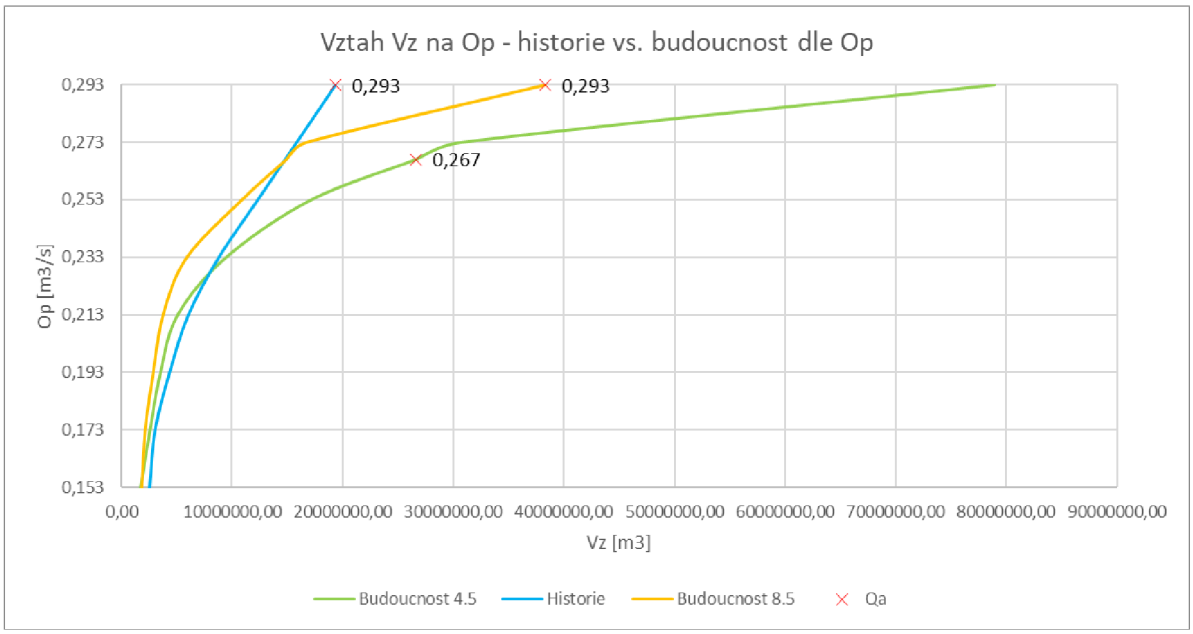
V této části je počítaný zásobní objem s určeným nalepšeným odtokem v intervalu <0,153;0,293>. Nalepšený odtok je procentuální vyjádření Q_a podle velikosti odběru, kde při dosažení 100 % se O_p stává horní mezí. Zásobní objem řešený nalepšeným odtokem je větší než zásobní objem řešený podle součinitele nalepšní zhruba o 1 mil. m^3.

5.3.2.1 Historie vs budoucnost 2019-2099

Vypočítaný zásobní objem podle Op je větší než vypočítaný zásobní objem podle součinitele nalepšení. Zásobní objemy podle stejného Op jsou v historii vs budoucnost 2019-2099 v pořadí H > B RCP 4.5 > B RCP 8.5. Výjimkou je Op = 0,153, kde hodnoty v budoucnosti jsou v opačném pořadí a k největšímu zlomu dochází při Op = 0,233, kdy zásobní objem v období H je menší než v budoucnosti.

Tabulka 9 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs budoucnost 2019-2099

Budoucnost 2019-2099								
Historie			RCP Budoucnost 4.5			RCP Budoucnost 8.5		
Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,153	2549024,21	13,16	0,153	1768893,68	9,13	0,153	1818253,24	9,38
0,173	3034300,23	15,66	0,173	2610493,68	13,47	0,173	2133853,24	11,01
0,193	4359470,86	22,50	0,193	3552948,38	18,34	0,193	2860648,71	14,77
0,213	6042670,86	31,19	0,213	5107903,18	26,36	0,213	3754848,71	19,38
0,233	8801600,70	45,43	0,233	9466946,37	48,86	0,233	5887629,69	30,39
0,253	12325800,70	63,62	0,253	17140334,03	88,47	0,253	10863775,58	56,07
0,267	14792740,70	76,35	0,267	26603074,03	137,31	0,267	14898981,05	76,90
0,273	15850000,70	81,81	~~0,273~~	~~30703385,29~~	158,48	0,273	16713681,05	86,27
0,293	19374200,70	100,00	~~0,293~~	~~78969465,06~~	407,60	0,293	38355507,09	197,97
Qa=	0,336 m3/s		Qa=	0,267 m3/s		Qa=	0,293 m3/s	



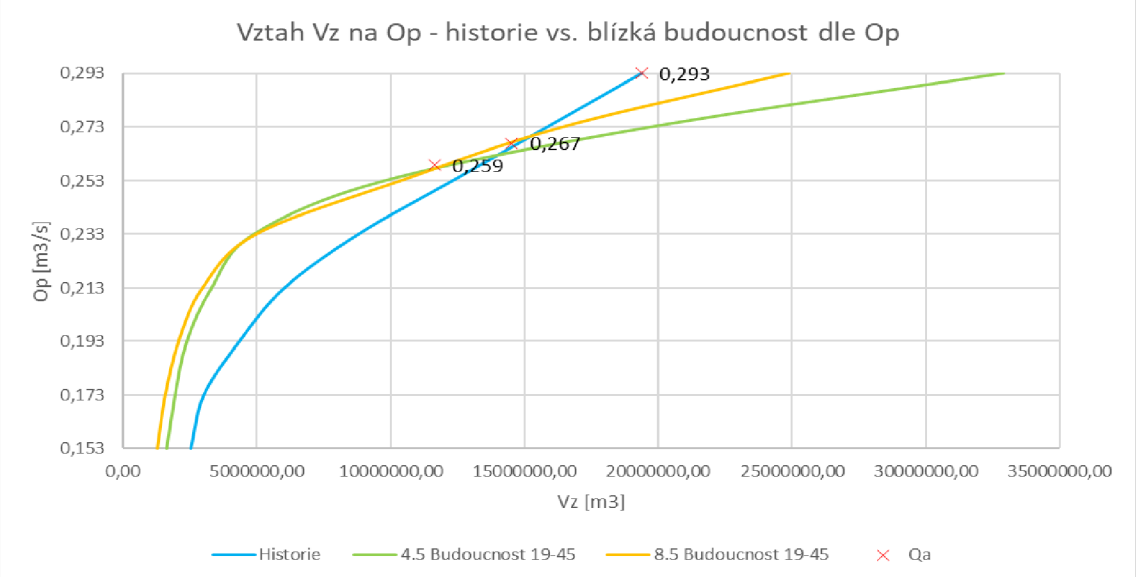
Graf 18 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs budoucnost 2019-2099

5.3.2.2 Historie vs blízká budoucnost

Vypočítaný zásobní objem podle Op je větší než vypočítaný zásobní objem podle součinitele nalepšení. Zásobní objemy podle stejného Op jsou v historii vs budoucnost 2019-2099 v pořadí H > BB RCP 4.5 > BB RCP 8.5. K zlomu dochází při Op = 0,233, kde hodnoty v budoucnosti jsou v opačném pořadí BB RCP 4.5 < BB RCP 8.5 (tabulka 10).

Tabulka 10 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs blízká budoucnost 2019-2045

Blízká budoucnost								
Historie			RCP 4.5 Budoucnost 19-45			RCP 8.5 Budoucnost 19-45		
Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,153	2549024,21	13,16	0,153	1638185,36	8,46	0,153	1285469,26	6,63
0,173	3034300,23	15,66	0,173	1953785,36	10,08	0,173	1587440,37	8,19
0,193	4359470,86	22,50	0,193	2390374,67	12,34	0,193	2084494,07	10,76
0,213	6042670,86	31,19	0,213	3319236,96	17,13	0,213	2978694,07	15,37
0,233	8801600,70	45,43	0,233	4897236,96	25,28	0,233	4980282,79	25,71
0,253	12325800,70	63,62	0,253	9808807,95	50,63	0,253	10398082,79	53,67
0,259	13383060,70	69,08	0,259	11639287,95	60,08	0,259	12113036,06	62,52
0,267	14792740,70	76,35	~~0,267~~	~~15807456,47~~	81,59	0,267	14532636,06	75,01
0,273	15850000,70	81,81	~~0,273~~	~~19752456,47~~	101,95	~~0,273~~	~~16450351,96~~	84,91
0,293	19374200,70	100,00	~~0,293~~	~~32902456,47~~	169,83	~~0,293~~	~~24889659,88~~	128,47
Qa=	0,336 m3/s		Qa=	0,259 m3/s		Qa=	0,267 m3/s	



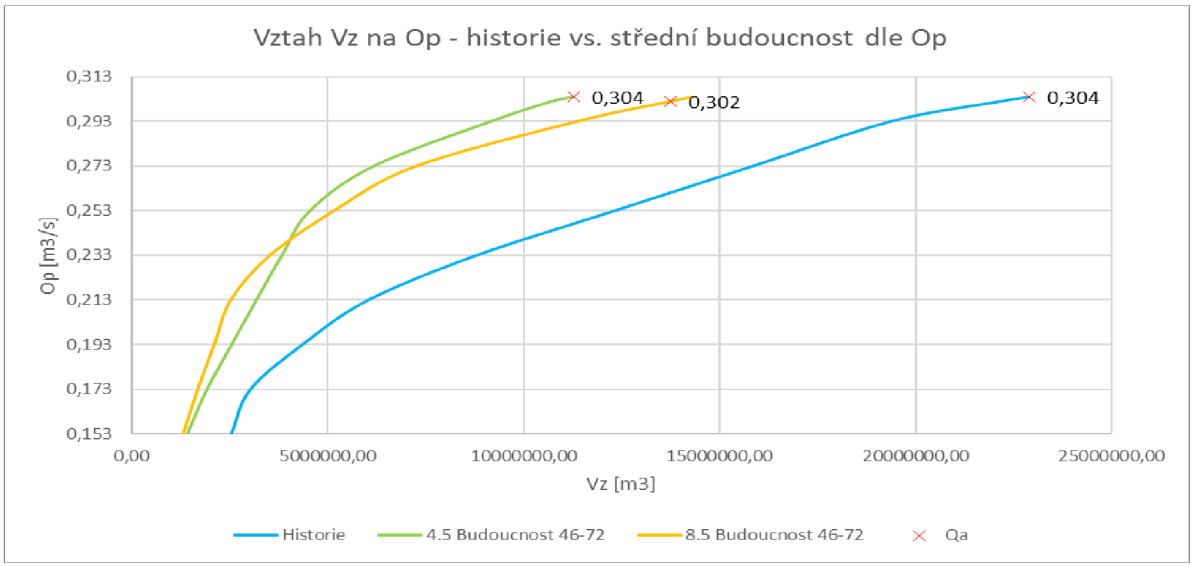
Graf 19 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs blízká budoucnost 2019-2045

5.3.2.3 Historie vs střední budoucnost

Vypočítaný zásobní objem podle Op je větší než vypočítaný zásobní objem podle součinitele nalepšení. Zásobní objemy podle stejného Op jsou v historii vs budoucnost 2019-2099 v pořadí H > BB RCP 4.5 > BB RCP 8.5. K zlomu dochází při Op = 0,253, kde hodnoty v budoucnosti jsou v opačném pořadí BB RCP 4.5 < BB RCP 8.5 (tabulka 11). V tomto období ve srovnání s historií jsou poloviční hodnoty zásobních objemů vypočítané podle stejné hodnoty Op.

Tabulka 11 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs střední budoucnost 2046-2072

Střední budoucnost								
Historie			RCP 4.5 Budoucnost 46-72			RCP 8.5 Budoucnost 46-72		
Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,153	2549024,21	11,13	0,153	1411021,58	6,16	0,153	1320303,85	5,76
0,173	3034300,23	13,25	0,173	1914405,60	8,36	0,173	1696428,78	7,41
0,193	4359470,86	19,03	0,193	2545605,60	11,11	0,193	2117228,78	9,24
0,213	6042670,86	26,38	0,213	3176805,60	13,87	0,213	2538028,78	11,08
0,233	8801600,70	38,42	0,233	3830918,07	16,72	0,233	3535489,56	15,43
0,253	12325800,70	53,80	0,253	4547767,52	19,85	0,253	5166089,56	22,55
0,273	15850000,70	69,19	0,273	6178539,05	26,97	0,273	7260708,56	31,69
0,293	19374200,70	84,57	0,293	9176739,05	40,06	0,293	11363508,56	49,60
0,302	22177225,91	96,81	0,302	10733732,03	46,86	0,302	13742077,93	59,99
0,304	22908365,91	100,00	0,304	11299182,60	49,32	~~0,304~~	~~14294377,93~~	62,40
Qa=	0,336 m3/s		Qa=	0,304 m3/s		Qa=	0,302 m3/s	



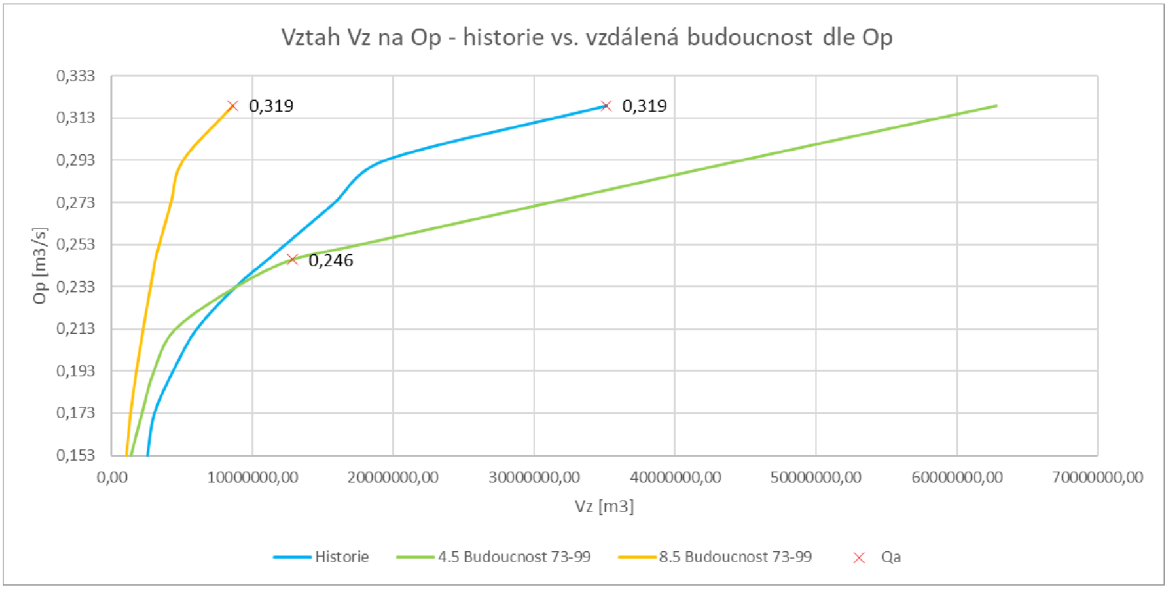
Graf 20 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie střední budoucnost 2045-2072

5.3.2.4 Historie vs vzdálená budoucnost

Vypočítaný zásobní objem podle Op je větší než vypočítaný zásobní objem podle součinitele nalepšení. Zásobní objemy podle stejného Op jsou v historii vs budoucnost 2019-2099 v pořadí H > BB RCP 4.5 > BB RCP 8.5. K zlomu dochází při Op = 0,233, kde hodnoty v budoucnosti jsou v opačném pořadí BB RCP 4.5 < BB RCP 8.5 (tabulka 12). V tomto období jsou hodnoty zásobního objemu VB RCP 4.5 jsou menší něž hodnoty zásobního objemu v období H. Zásobní objem období VB RCP 8.5 jsou výrazně menší než v období H, jsou cca třetinové.

Tabulka 12 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

Vzdálená budoucnost								
Historie			RCP 4.5 Budoucnost 73-99			RCP 8.5 Budoucnost 73-99		
Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]	Op [m3/s]	Vz [m3]	Vz [%]
0,153	2549024,21	7,25	0,153	1409654,00	4,01	0,153	1089194,49	3,10
0,173	3034300,23	8,63	0,173	2188265,56	6,23	0,173	1379757,69	3,93
0,193	4359470,86	12,40	0,193	3029865,56	8,62	0,193	1800557,69	5,12
0,213	6042670,86	17,19	0,213	4561287,35	12,98	0,213	2273748,90	6,47
0,233	8801600,70	25,04	0,233	8854156,37	25,19	0,233	2799748,90	7,96
0,246	11092330,70	31,56	0,246	12856029,10	36,57	0,246	3141648,90	8,94
0,253	12325800,70	35,06	~~0,253~~	~~17587399,10~~	50,03	0,253	3412478,75	9,71
0,273	15850000,70	45,09	~~0,273~~	~~31105599,10~~	88,49	0,273	4254078,75	12,10
0,293	19374200,70	55,12	~~0,293~~	~~44623799,10~~	126,95	0,293	5095678,75	14,50
0,319	35151510,86	100,00	~~0,319~~	~~62796012,48~~	178,64	0,319	8642108,98	24,59
Qa=	0,336 m3/s		Qa=	0,246 m3/s		Qa=	0,319 m3/s	



Graf 21 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

5.4 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Nově navrhovaná nádrž:[11]

I. Začlenění nádrže – izolovaná x spolupráce s dalšími nádržemi

II. Hrubá vodohospodářská bilance – pokrytí průměrného ročního nalepšeného odtoku O_p průměrným ročním přítokem Q_r (odhad pro způsob řízení odtoku a metodiky vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže)

   a. Ve všech letech platí: $\boldsymbol{Q_r \geq O_p}$ – řízení odtoku s vysokou pravděpodobností roční (sezóní)

   b. V některých letech $\boldsymbol{Q_r < O_p \leq Q_a}$ a ostatních $\boldsymbol{Q_r > O_p}$ – řízení odtoku víceleté

   c. $\boldsymbol{O_p > Q_a}$ – přirozená kapacita daného přítoku vody do nádrže nestačí pokrýt požadovaný nalepšený odtok (nutno uvažovat o posílení přítoku)

III. Umístění nádrže v lokalitě podle celkového objemu k morfologickým podmínkám VYHOVUJE

5.4.1 Posouzení hydrologických a meteorologických dat – roční průměrné hodnoty

V závěru lze říct, že podle scénáře RCP 4.5 budou roční průměrné průtoky klesat kvůli nárůstu teplot a nedostatečnému nárůstu množství srážek. Podle scénáře RCP 8.5 budou roční průměrné průtoky klesat do roku 2072 a od roku 2073 porostou, protože v období BB bude nárůst teplot, a proto bude klesat množství srážek. V období SB naopak množství srážek se bude zvyšovat, ale pořád nebude dosahovat na zvýšení teplot, až v období VB bude množství srážek úměrné rostoucím teplotám a dojde ke zvýšení průtoků.

5.4.2 Posouzení hydrologických a meteorologických dat – měsíční průměrné hodnoty

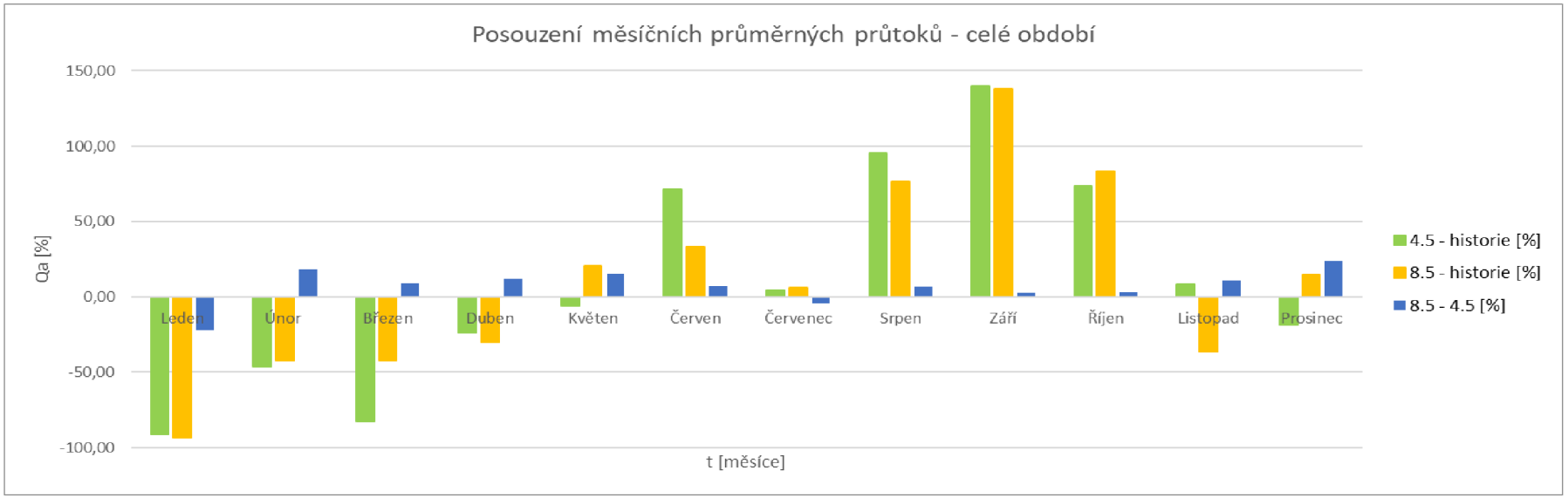
Měsíční průměrné hodnoty porovnáváme budoucnost RCP 4.5 vůči období H. budoucnost RCP 8.5 vůči období H a budoucnost RCP 8.5 vůči budoucnosti RCP 4.5. Posouzení měsíčních průměrných veličin je u průtoků a u srážkových úhrnů procentuální nárůst nebo pokles. A u teplot je posudkem rozdíl teplot budoucnost – historie. Pokles je značený znaménkem mínus.

5.4.2.1 Historie vs budoucnost 2019-2099 – měsíční průměrní hodnoty

V budoucnosti 2019-2099 u průměrných měsíčních průtoků je velký nárůst v září a nejmenší v červenci. U průměrných srážkových úhrnů je nejnižší nárůst v červnu a nejvyšší podle scénáře RCP 4.5 v říjnu a podle scénáře RCP 8.5 v dubnu. A studeným měsícem je stále leden a nejteplejším měsícem je stále červenec. Právě v těchto měsících jdou vidět největší rozdíly hodnot

Tabulka 13 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs budoucnost 2019-2099

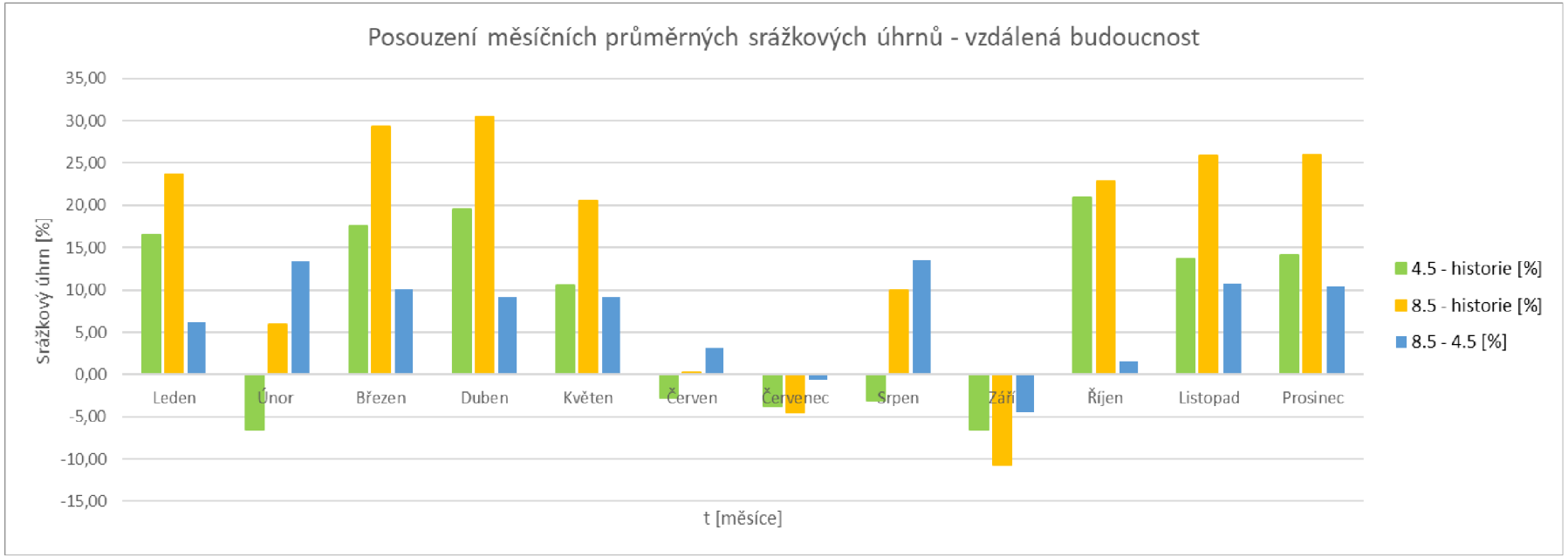
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 - historie [%]	-91,51	-46,23	-82,75	-23,94	-6,19	71,46	4,14	95,29	139,72	73,42	8,24	-18,60
RCP 8.5 - historie [%]	-93,41	-42,20	-42,44	-30,39	20,49	33,14	6,31	76,55	138,15	83,35	-36,52	14,67
RCP 8.5 – RCP 4.5 [%]	-22,34	17,95	8,90	11,62	15,41	7,01	-4,37	6,74	2,46	3,02	10,69	24,14



Graf 22 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs budoucnost 2019-2099

Tabulka 14 Procentuální posouzení měsíčních průměrných srážkových úhrnů [%] – historie vs budoucnost 2019-2099

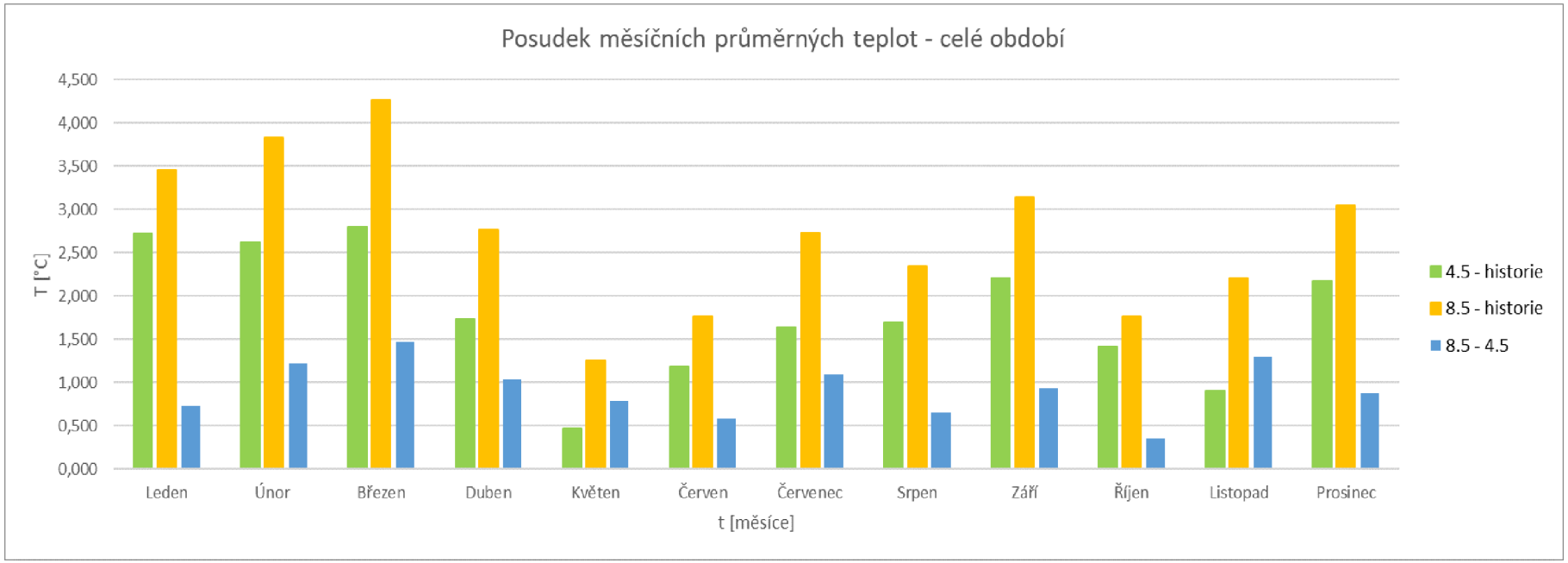
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 - historie [%]	16,47	-6,59	17,54	19,48	10,56	-2,78	-3,77	-3,08	-6,52	20,96	13,69	14,16
RCP 8.5 - historie [%]	23,68	5,93	29,37	30,45	20,61	0,29	-4,43	9,99	-10,71	22,88	25,85	26,03
RCP 8.5 – RCP 4.5 [%]	6,19	13,40	10,06	9,18	9,09	3,15	-0,68	13,49	-4,48	1,59	10,70	10,40



Graf 23 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných srážkových úhrnů [mm] – historie vs budoucnost 2019-2099

Tabulka 15 Rozdíl měsíčních průměrných teplot [°C] – historie vs budoucnost 2019-2099

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 – historie	2,724	2,619	2,796	1,729	0,467	1,180	1,635	1,692	2,204	1,407	0,904	2,173
RCP 8.5 – historie	3,459	3,834	4,263	2,761	1,251	1,762	2,732	2,343	3,139	1,759	2,206	3,054
RCP 8.5 – RCP 4.5	0,735	1,214	1,467	1,031	0,784	0,582	1,096	0,651	0,935	0,352	1,302	0,882



Graf 24 Posouzení rozdílů měsíčních průměrných teplot [°C] - historie vs budoucnost 2019-2099

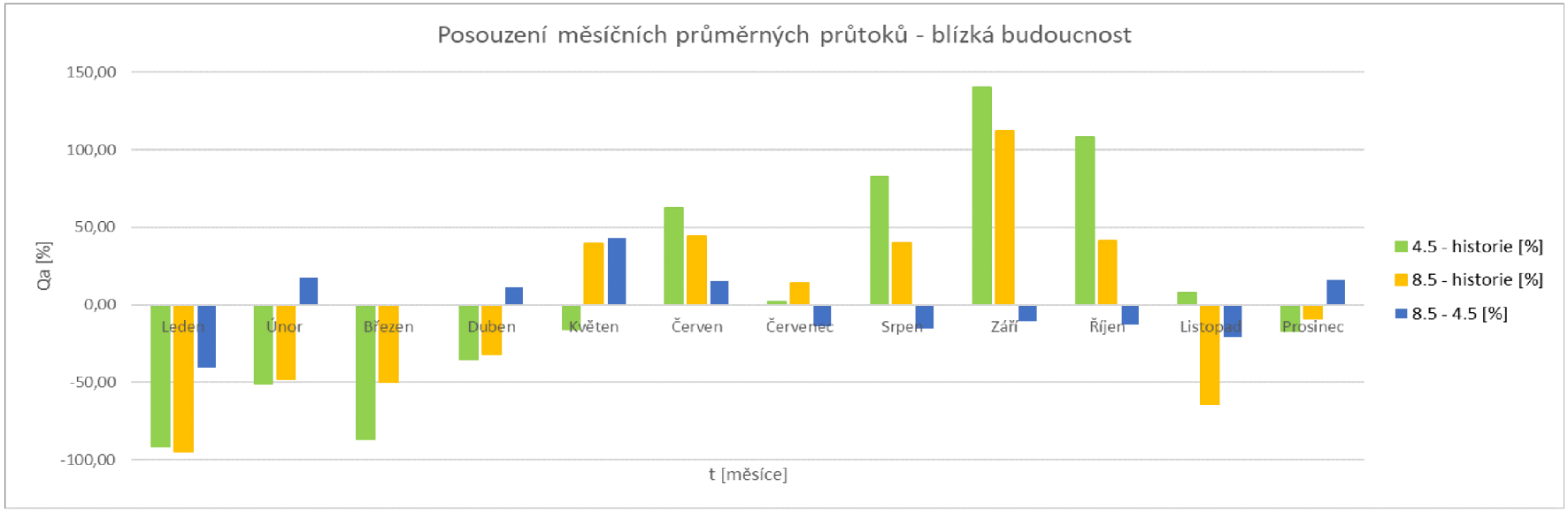
5.4.2.2 Historie vs blízká budoucnost

V blízké budoucnosti největším zvratem je klesání průtoků na jaře a stoupání průtoků na podzim, způsobují to konstantní srážky, které se od historie moc neliší, ale dochází k velkému nárůstu teplot (tabulka 17 a graf 26) a tím i k vypařování. Teplota vzrostla o v průměru o 1°C. K největšímu nárůstu dojde v červenci, kdy je odpařeno největší množství vody, to ovlivní poměr mezi výpary a srážkami a průtok na podzim pak nestrádá množstvím vody, ale v tomto případě naopak posiluje.

V první polovině roku jsou měsíční průměrné průtoky BB podle obou scénářů téměř konstantní. V druhé polovině roku se průměrné měsíční průtoky podle scénáře RCP 4.5 více liší od historie než průměrné měsíční průtoky podle scénáře RCP 8.5

Tabulka 16 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs blízká budoucnost 2019-2045

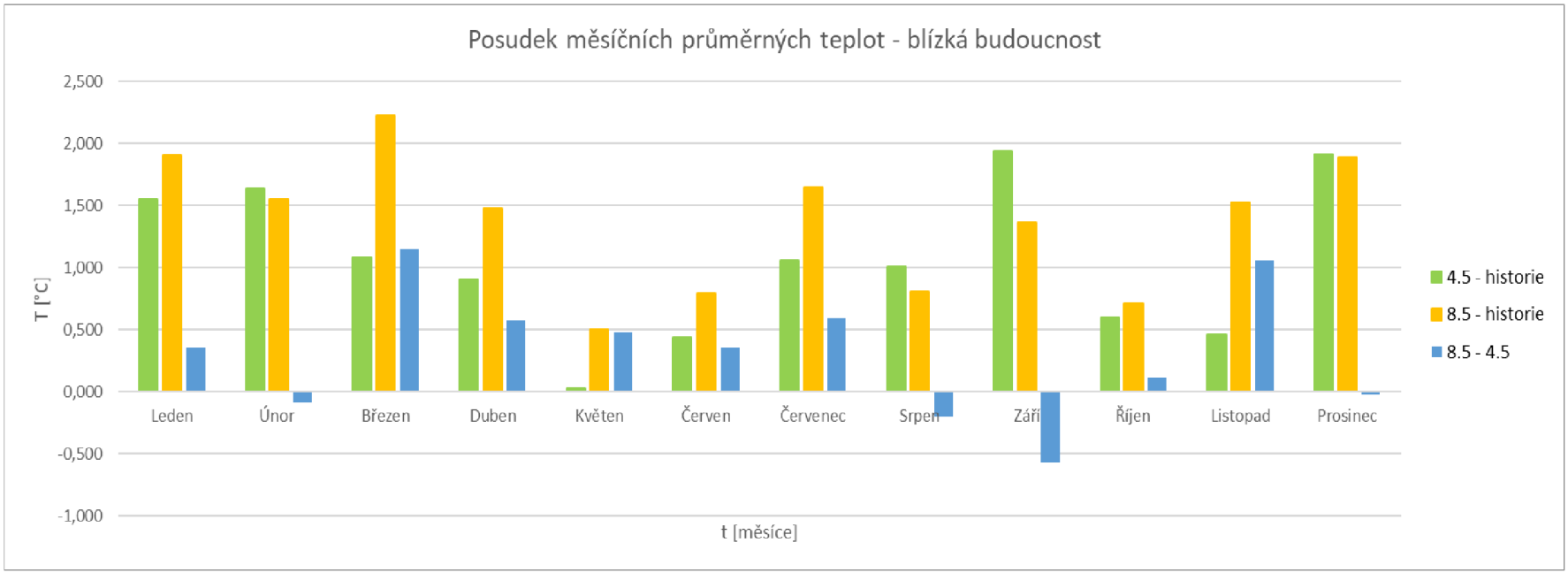
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 - historie [%]	-91,11	-50,92	-86,48	-35,45	-15,99	62,70	2,31	82,55	140,67	108,22	7,92	-17,07
RCP 8.5 - historie [%]	-94,70	-57,26	-89,32	-25,22	-0,97	62,42	13,90	160,90	177,66	78,50	-8,26	-25,74
RCP 8.5 – RCP 4.5 [%]	-40,35	-12,92	-21,03	15,85	17,88	-0,18	11,33	42,92	15,37	-14,27	-15,00	-10,46



Graf 25 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs blízká budoucnost 2019-2045

Tabulka 17 Posouzení rozdílů měsíčních průměrných teplot [°C] - historie vs blízká budoucnost 2019-2045

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 – historie	1,549	1,641	1,083	0,905	0,027	0,436	1,055	1,007	1,936	0,595	0,463	1,910
RCP 8.5 – historie	1,907	1,554	2,232	1,479	0,501	0,792	1,644	0,809	1,368	0,708	1,522	1,886
RCP 8.5 – RCP 4.5	0,358	-0,087	1,148	0,574	0,474	0,356	0,588	-0,198	-0,568	0,113	1,060	-0,024



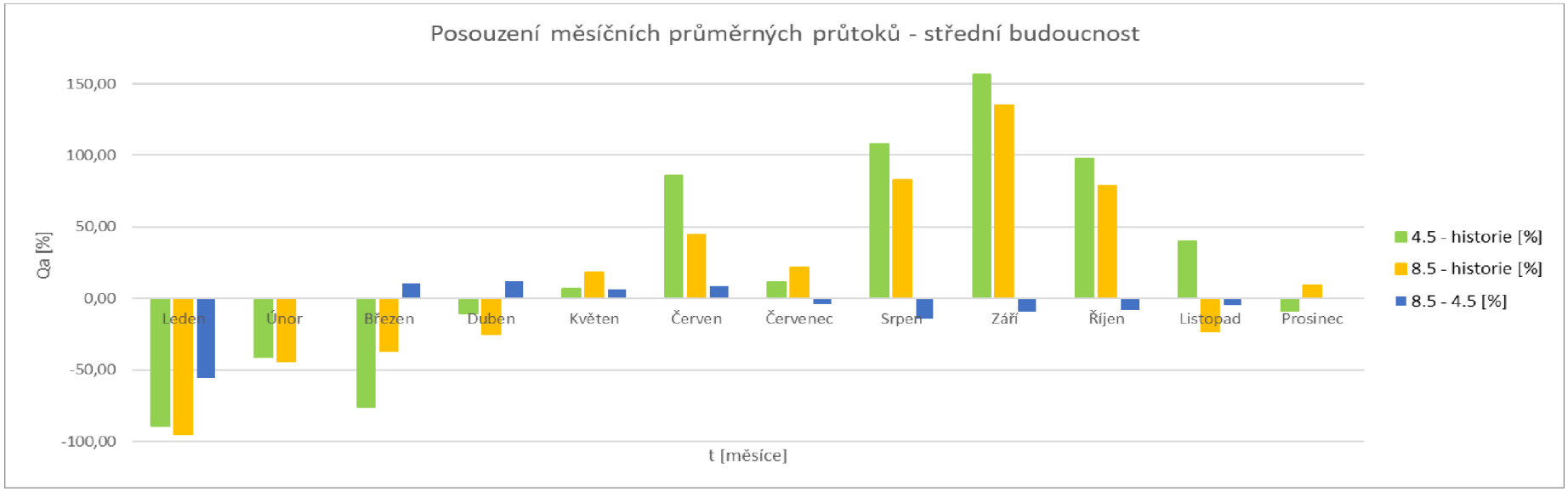
Graf 26 Posouzení rozdílů měsíčních průměrných teplot [°C] - historie vs blízká budoucnost 2019-2045

5.4.2.3 Historie vs střední budoucnost – měsíční průměrné hodnoty

SB má stejný průběh jako BB. Průměrné měsíční průtoky celkově vzrostly oproti BB a hodnoty průtoků SB podle obou scénářů jsou skoro stejné. Je to způsobeno nízkým nárůstem teploty (v průměru o 1 °C) a celkovému zvýšení srážkových úhrnů.

Tabulka 18 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs střední budoucnost 2046-2072

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 - historie [%]	-89,41	-41,16	-75,87	-10,94	6,91	85,60	11,43	107,90	156,71	97,57	39,81	-9,12
RCP 8.5 - historie [%]	-95,29	-44,47	-36,83	-25,28	17,96	44,25	21,49	82,94	135,20	78,50	-23,35	9,19
RCP 8.5 – RCP 4.5 [%]	-55,51	-0,56	10,40	11,98	6,14	8,27	-4,08	-14,36	-9,36	-8,35	-4,45	0,94



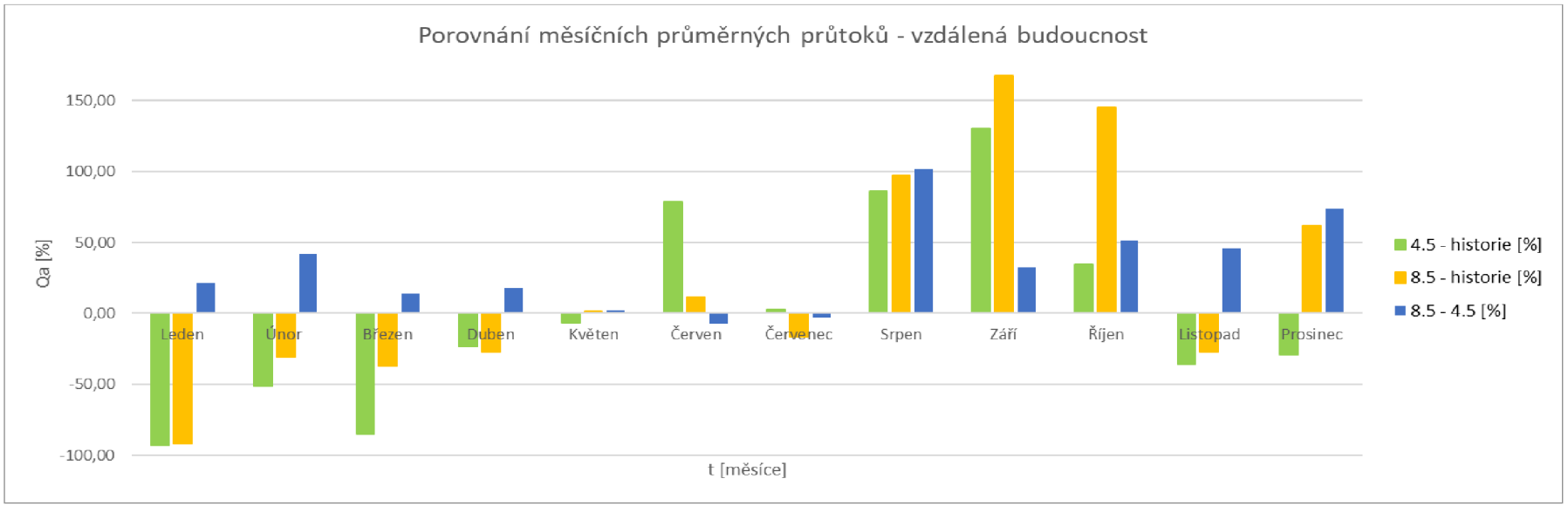
Graf 27 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs střední budoucnost 2046-2072

5.4.2.4 Historie vs vzdálená budoucnost – měsíční průměrné hodnoty

V období VB se průběh všech veličin mění. Průměrné měsíční průtoky podle scénáře RCP 8.5 na podzim prudce narůstají díky velkému nárůstu srážek v celém roce. Podle scénáře RCP 4.5 jsou v období VB nejnižší průměrné měsíční průtoky, je to způsobeno nízkými průměrnými měsíčními srážkami. U teploty v období VB podle scénáře RCP 4.5 došlo k celkovému nárůstu oproti období H o 2,5 °C a teploty VB podle scénáře RCP 8.5 narostly ještě o 1,8 °C více.

Tabulka 19 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

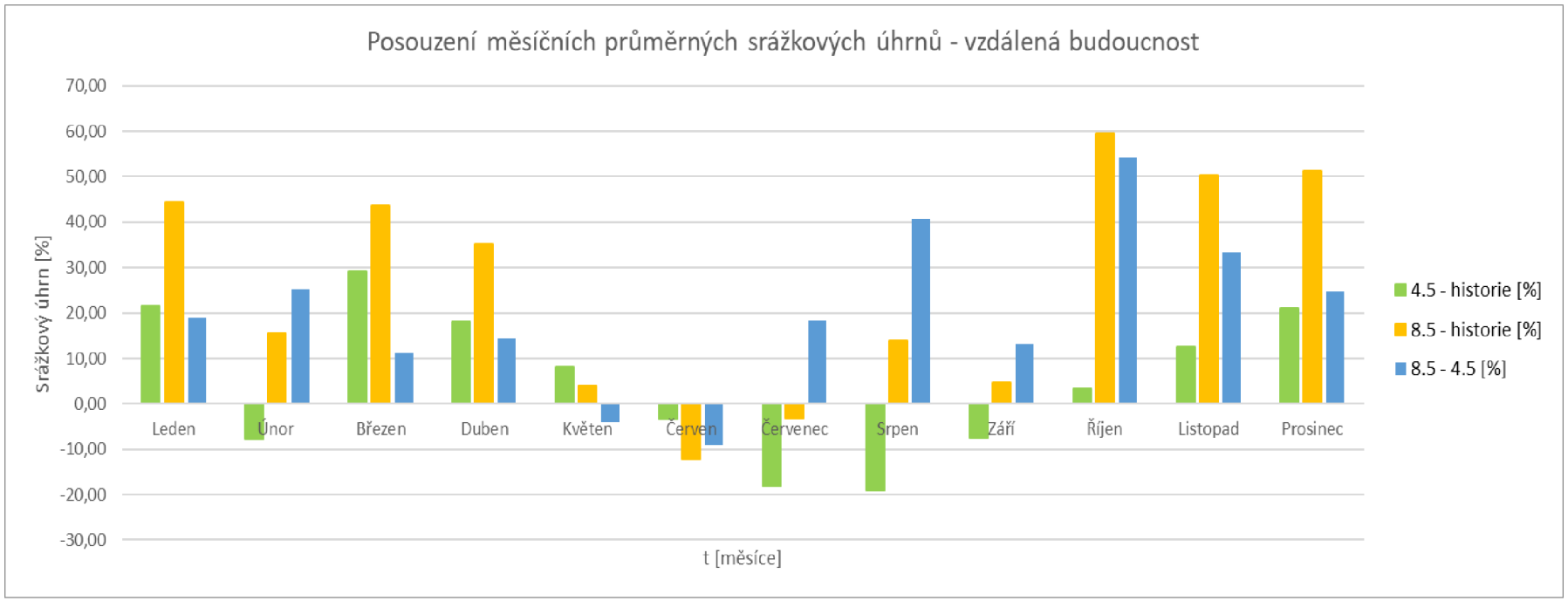
Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 - historie [%]	-93,35	-51,17	-84,97	-23,22	-6,77	78,75	2,77	86,32	130,57	34,50	-35,81	-29,25
RCP 8.5 - historie [%]	-91,92	-30,94	-37,07	-27,43	1,71	11,41	-16,34	97,61	167,98	145,00	-27,21	61,75
RCP 8.5 – RCP 4.5 [%]	21,52	41,80	14,20	17,92	2,11	-6,90	-2,97	101,49	32,66	51,59	45,73	73,45



Graf 28 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

Tabulka 20 Procentuální posouzení měsíčních průměrných srážkových úhrnů [%] – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
RCP 4.5 - historie [%]	21,44	-7,75	29,06	18,06	8,22	-3,42	-18,05	-19,03	-7,53	3,40	12,64	21,17
RCP 8.5 - historie [%]	44,36	15,55	43,54	35,12	3,94	-12,17	-3,11	13,86	4,77	59,51	50,23	51,17
RCP 8.5 – RCP 4.5 [%]	18,88	25,25	11,22	14,45	-3,96	-9,06	18,24	40,63	13,30	54,27	33,37	24,76



Graf 29 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných srážkových úhrnů [mm] – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099

5.4.3 Posouzení zásobního objemu dle alfa

Tabulka 21 Posouzení dle podobnosti procentuálního plnění dle vztahu zásobního objemu na alfa a Op dle alfa

Posouzení dle podobnosti % plnění									
Období	**Historie**			**Budoucnost RCP 4.5**			**Budoucnost RCP 8.5**		
	α	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	α	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	α	Op [m3/s]	Vz [%;m3]
Budoucnost 2019-2099	0,90	0,302	42,85 24033765,66	0,995	0,265	45,46 25499642,33	0,995	0,291	64,43 36135447,68
Blízká budoucnost 19-45	0,70	0,235	17,53 9830458,71	0,995	0,257	19,82 11114432,88	0,995	0,265	24,92 13978555,14
Střední budoucnost 46-72	0,70	0,235	17,53 9830458,71	0,995	0,302	19,36 10858309,42	0,995	0,301	23,90 13405692,65
Vzdálená budoucnost 73-99	0,70	0,235	25,04 9830458,71	0,995	0,291	21,23 11906579,57	1,000	0,319	15,24 8549084,65
maximum z celku	0,90	0,302	24 033 765,66	0,995	0,265	25 499 642,33	0,995	0,291	36 135 447,68
maximum z období	0,70	0,235	9 830 458,71	0,995	0,291	11 906 579,57	0,995	0,265	13 978 555,14

Zásobní objem počítaný podle součinitele nalepšení nám ukazuje, že v budoucnu nám nebude stačit součinitel nalepšení roven 0,7, ale abychom se přiblížili stejným hodnotám zásobního objemu, musíme použít hodnotu součinitele nalepšní 0,995. V tabulce č. 22 jsou vypsané sobě podobné zásobní objemy, které jsou dosaženy při určitém součiniteli nalepšení a při určitém Op. Při rozdělených obdobích nám zásobní objem nepřekročí hodnotu předběžně vypočítaného objemu nádrže 19,4 mil m^3.[12]

Tabulka 22 Posouzení dle Qa dle vztahu zásobního objemu na alfa a Op dle alfa

Posouzení dle Qa									
Období	**Historie**			**Budoucnost RCP 4.5**			**Budoucnost RCP 8.5**		
	α	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	α	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	α	Op [m3/s]	Vz [%;m3]
Budoucnost 2019-2099	1,00	0,336	100,00 56089141,07	1,00	0,267	47,07 26400971,66	1,00	0,293	67,61 37921044,17
Blízká budoucnost 19-45	1,00	0,336	100,00 56089141,07	1,00	0,259	20,52 11508859,34	1,00	0,267	25,64 14381570,56
Střední budoucnost 46-72	1,00	0,336	100,00 56089141,07	1,00	0,304	20,15 11299182,60	1,00	0,302	24,64 13823084,18
Vzdálená budoucnost 73-99	1,00	0,336	100,00 56089141,07	1,00	0,246	22,34 12532808,54	1,00	0,319	15,24 8549084,65
maximum z celku	1,00	0,336	56 089 141,07	1,00	0,267	26 400 971,66	1,00	0,293	37 921 044,17
maximum z období	1,00	0,336	56 089 141,07	1,00	0,246	12 532 808,54	1,00	0,267	14 381 570,56

V tabulce č. 23 jsou posuzovány zásobní objemy podle hodnot $O_p = Q_a$, které jsou dosaženy při určitém součiniteli nalepšení s hodnotou 1. Při rozdělených obdobích nám zásobní objem nepřekročí hodnotu předběžně vypočítaného objemu nádrže 19,4 mil m^3.[12] Zásobní objem bude vyšší pro scénář 8.5 v období BB a SB, ale ve VB je zhruba i třetinu menší než zásobní objem podle scénáře 4.5 v období VB.

5.4.4 Posouzení zásobního objemu dle Op

5.4.4.1 Celkové posouzení

Tabulka 23 Posouzení dle podobnosti procentuálního plnění dle vztahu zásobního objemu na Op dle Op

Posouzení dle podobnosti % plnění						
Období	**Historie**		**Budoucnost RCP 4.5**		**Budoucnost RCP 8.5**	
	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	Op [m3/s]	Vz [%;m3]
Budoucnost 2019-2099	0,293	100,00 19374200,70	0,267	137,31 26603074,03	0,293	197,97 38355507,09
Blízká budoucnost 19-45	0,253	63,62 12325800,70	0,259	60,08 11639287,95	0,259	62,52 12113036,06
Střední budoucnost 46-72	0,253	53,80 12325800,70	0,304	49,32 11299182,60	0,302	59,99 13742077,93
Vzdálená budoucnost 73-99	0,233	25,04 8801600,70	0,233	25,19 8854156,37	0,319	24,59 8642108,98
maximum z celku	0,293	19 374 200,70	0,267	26 603 074,03	0,293	38 355 507,09
maximum z období	0,253	12 325 800,70	0,259	11 639 287,95	0,302	13 742 077,93

Zásobní objem počítaný podle nalepšeného odtoku ukazuje, že dosažený zásobní objem v budoucnosti má větší nalepšený odtok než v období H. V období BB je Op období H pro podobný Vz menší než v budoucnu a v BB se Op rovnají. V období SB je Op H < SB RCP 8.5 < SB RCP 4.5. A v období VB je Op pro období H a VB RCP 4.5 stejné a Op pro VB RCP 8.5 nabývá větší hodnoty.

Tabulka 24 Posouzení dle Qa dle vztahu zásobního objemu na Op dle Op

Posouzení dle Qa						
Období	**Historie**		**Budoucnost RCP 4.5**		**Budoucnost RCP 8.5**	
	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	Op [m3/s]	Vz [%;m3]	Op [m3/s]	Vz [%;m3]
Budoucnost 2019-2099	0,293	100,00 19374200,70	0,267	137,31 26603074,03	0,293	197,97 38355507,09
Blízká budoucnost 19-45	0,293	100,00 19374200,70	0,259	60,08 11639287,95	0,267	75,01 14532636,06
Střední budoucnost 46-72	0,304	100,00 22908365,91	0,304	49,32 11299182,60	0,302	59,99 13742077,93
Vzdálená budoucnost 73-99	0,319	100,00 35151510,86	0,246	36,57 12856029,10	0,319	24,59 8642108,98
maximum z celku	0,319	35 151 510,86	0,293	26 603 074,03	0,293	38 355 507,09
maximum z období	0,319	35 151 510,86	0,246	12 856 029,10	0,267	14 532 636,06

V tabulce č. 25 jsou posuzovány zásobní objemy podle hodnot $O_p = Q_a$ s určeným nalepšeným odtokem a součinitelem nalešpšení $\alpha = 1$. Při rozdělených obdobích nám zásobní objem nepřekročí hodnotu předběžně vypočítaného objemu nádrže 19,4 mil m^3.[12] Zásobní objem bude vyšší pro scénář 8.5 v období BB a SB, ale ve VB je zhruba i třetinu menší než zásobní objem podle scénáře 4.5 v období VB.

Zásobní objem řešený nalepšeným odtokem je větší než zásobní objem řešený podle součinitele nalepšní zhruba o 1 mil. m^3.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo řešení zásobního objemu na základě klimatických změn.

Pro budoucnost podle scénáře RCP 4.5 bylo u klimatických změn zjištěno, že dojde k poklesu ročních průměrných průtoků a k snížení srážek v období BB a ke zvyšování srážek v období SB a VB. Teplota poroste v období BB, ale pak se bude ustalovat. Chováním těchto klimatických změn bude zásobní objem při pohledu na budoucnost 2019-2099 snížený o polovinu než v období H. V jednotlivých obdobích je snížený zásobní objem cca na pětinu zásobního objemu období H. V období BB a SB se téměř nemění ve VB naroste o 1 mil. m^3.

Pro budoucnost podle scénáře RCP 8.5 bylo u klimatických změn zjištěno, že dojde k růstu ročních průměrných v důsledku klesání množství srážkového úhrnu. K největšímu poklesu dojde v období BB a pak se v dalších obdobích budou snažit srážky dosáhnout původních hodnot. Teplota bude konstantní v BB a poroste až v období SB, ale pak se bude ustalovat. Chováním těchto klimatických změn bude zásobní objem při pohledu na celou budoucnost snížený o pětinu než v období H. V jednotlivých obdobích je snížený zásobní objem cca na pětinu zásobního objemu období H. V období BB a SB se téměř nemění ve VB naroste o 1 mil. m^3.

Podle předběžných návrhů se vodní nádrž navrhovala na dva objemy na větší objem 29,1 mil m^3 a na menší objem 19,4 mil. m^3.[12][1] Při splnění vygenerovaných hydrologických dat podle scénářů bude stačit menší navrhovaný objem nádrže, ale aby byl udržitelný bude v budoucnu třeba korigovat, resp. navyšovat hodnotu O_p.

Zásobní objem ve vzdálené budoucnosti podle scénáře RCP 4.5 stoupl a podle scénáře RCP 8.5 klesl. Zásobní objem má průměrnou hodnotu 11 mil. m^3. Ani jeden ze scénářů není z celkového pohledu extrémní. Množství srážek vypadá efektivně, ale vzhledem k vygenerovaným teplotám ztrácí toto velké množství srážek svoji efektivitu.

Pokud uvažujeme, že celkový objem nádrže je zjednodušeně o 26% větší než V_z, tak vyhoví zásobní objem při součinitelu nalepšení 0,9 pro období budoucnosti 2019-2099. Aby nebyl prostor nádrže předimenzován musí se zvýšit nalepšený odtok pro oba scénáře. Pro scénář RCP 8.5 vyhovuje hodnota $O_p = 0{,}267$ m^3/s. Pro tuto hodnotu O_p je zásobní objem B RCP 8.5 shodný se zásobním objemem období H. Zásobní objem pro $O_p = 0{,}267$ m^3/s je roven 14 mil. m^3. Této hodnoty dosahuje i vypočítaný Vz podle

Op = 0,267 m^3/s v období BB podle scénáře RCP 8.5, ale součinitel nalepšení nabývá hodnoty 0,995. (tabulka 5, 6, 9 a 10) (graf 10-13 a 18-19).

Nejlepším scénářem hydrologických dat by byl derivát těchto scénářů – zvyšování srážek a stabilizace teplot bez větších nárustů.

Na tuto práci se dá navázat prací na výpočet zabezpečenosti a také souží jako podklad pro určování funkčních prostorů nádrže, aby mohla být navržená přesná výška hráze, plocha zátopy. Je podkladem pro dimenzování objektů na nádrži např. spodní výpusť.

7 POUŽITÉ ZDROJE

[1] *„VD Vlachovice: Povodí Moravy* [online]. Povodí Moravy, s.p., 2017 [cit. 2020-05-31]. Dostupné z: http://vdvlachovice.pmo.cz/“

[2] *Možnosti řešení povodňových situací v Česko-slovenském příhraničí* [online]. Program cezhraničnej spolupráce, 2012 [cit. 2020-05-31].

[3] *„IPCC, 2014: Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.“*

[4] Skleníkové plyny: emise podle zemí a odvětví (infografika). *Zpravodajství: Evropský parlament* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20180301STO98928/sklenikove-plyny-emise-podle-zemi-a-odvetvi-infografika

[5] Atmosférické vlivy. *Environmentální hrozby a rizika: Sopečná činnost* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/vulkanizmus/vulkanicke_hrozby/atmosfericke_vlivy

[6] KLUKOVÁ, Zuzana. *Analýza a zhodnocení skupinových simulací regionálních klimatických modelů v Evropě pro vybrané scénáře skleníkových plynů*. Praha, 2016. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta.

[7] *„Úvod do metodiky. Klimatická změna [online]. Brno: CzechGlobe, 2020 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: https://www.klimatickazmena.cz/cs/metodika/uvod-do-metodiky/“*

[8] Rossy Centre regional atmospheric model, RCA4. *SMHI* [online]. [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: https://www.smhi.se/en/research/research-departments/climate-research-rossby-centre2-552/rossby-centre-regional-atmospheric-model-rca4-1.16562

[9] *„PROF. ING. STARÝ, CSC., Miloš. Hydrologie: Modul 01. Brno. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Vysoké učení technické v Brně.“*

[10] Linear Relationship Definition. Investopedia - Sharper Insight. Smarter Investing. [Online] Investopedia, LLC, © 2017

[11] PROF. ING. STARÝ, CSC., Miloš. *Nádrže a vodohospodářské soustavy: Modul 01*. Brno. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. VUT v Brně FAST.

[12] *„Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Praha: Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí, 2011.“*

[13] „*Hydrografie vodních toků. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele: Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity [online]. [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/08-hydrografie.html*“

[14] „*Štítná nad Vláří – Popov: Povodňový plán obce. Elektronický digitální povodňový portál: Povodňový portál [online]. Praha: EDPP, 2010 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.edpp.cz/povodnovy-plan/stitna-nad-vlari-popov/*“

[15] Pozorovací síť povrchových vod. *ČHMÚ* [online]. Praha: Hydrosoft Veleslavín, 2006 [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: https://chmi.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d22f9918e6514ca5a84bc048ee32a950

[16] Vlára. *Moravské-Karpaty.cz* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/hydrografie/vlara/

[17] *Povodí Moravy* [online]. Povodí Moravy, s.p., 2010 [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: http://www.pmo.cz/

[18] „*Vizovice: Povodňový plán obce. Elektronický digitální povodňový portál: Povodňový portál [online]. Praha: EDPP, 2010 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.edpp.cz/viz_charakteristika-zajmoveho-uzemi/*“

[19] *Město Slavičín* [online]. Public4u, 2000 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://www.mesto-slavicin.cz/

[20] „*SMOLKA, Václav. Meteorologické stanice - dělení a význam. IN-POČASÍ [online]. InMeteo, 28.08.2013 [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/meteorologicke-stanice-rozdeleni*“

[21] „*Meteorologické stanice ČHMÚ. Český hydrometeorologický ústav [online]. Praha: Hydrosoft Veleslavín, 2006 [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html*“

[22] PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. *Základy hydrologie*. Olomouc, 2020. Distanční studijní opora. Univerzita Palackého v Olomouci.

[23] Hlásná a předpovědní povodňová služba. *Hlásná a předpovědní povodňová služba* [online]. Praha: Hydrosoft Veleslavín, 2006 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/

[24] IS Množství. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Hydrosoft Veleslavín, 2006 [cit. 2020-05-30]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/index.php?t=L&agenda=pov&ordrstr=OBJ_NM%20desc&startpos=210&recnum=30

[25] *Tzbinfo* [online]. Topinfo, 2001 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/

[26] MARTON, D.; KNOPPOVÁ, K.; ŠTĚPÁNEK, P. Robustnost návrhu zásobního objemu nádrže Vlachovice v podmínkách nejistoty klimatické změny. In *Vodohospodářská konference Vodní nádrže 2019*. 1. Brno: Povodí Moravy, s.p. Brno, 2019. s. 27-31. ISBN: 978-80-907141-3-7.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Detail měřícího bodu: Vlára, Popov [17] 29
Tabulka 2 Qm (m3.s-1) Dlouhodobé měsíční průměrné průtok 42
Tabulka 3 Hs [mm] Dlouhodobé měsíční průměrné srážkové úhrny 47
Tabulka 4 Ta [°C] Dlouhodobé měsíční průměrné teploty 52
Tabulka 5 Vztah zásobního objemu na α a nalepšeném odtoku počítáno dle α – historie vs budoucnost 2019-2099 54
Tabulka 6 Vztah zásobního objemu na α a nalepšeném odtoku dle α – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 56
Tabulka 7 Vztah zásobního objemu na α a nalepšeném odtoku dle α – historie vs střední budoucnost 2046-2072 58
Tabulka 8 Vztah zásobního odtoku na α a nalepšeném odtoku dle α – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 60
Tabulka 9 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs budoucnost 2019-2099 62
Tabulka 10 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 64
Tabulka 11 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs střední budoucnost 2046-2072 65
Tabulka 12 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 66
Tabulka 13 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs budoucnost 2019-2099 69
Tabulka 14 Procentuální posouzení měsíčních průměrných srážkových úhrnů [%] – historie vs budoucnost 2019-2099 70
Tabulka 15 Rozdíl měsíčních průměrných teplot [°C] – historie vs budoucnost 2019-2099 71
Tabulka 16 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 73
Tabulka 17 Posouzení rozdílů měsíčních průměrných teplot [°C] - historie vs blízká budoucnost 2019-2045 74
Tabulka 18 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs střední budoucnost 2046-2072 75
Tabulka 19 Procentuální posouzení měsíčních průměrných průtoků [%] – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 77
Tabulka 20 Procentuální posouzení měsíčních průměrných srážkových úhrnů [%] – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 78
Tabulka 21 Posouzení dle podobnosti procentuálního plnění dle vztahu zásobního objemu na alfa a Op dle alfa 79
Tabulka 22 Posouzení dle Qa dle vztahu zásobního objemu na alfa a Op dle alfa 80
Tabulka 23 Posouzení dle podobnosti procentuálního plnění dle vztahu zásobního objemu na Op dle Op 81
Tabulka 24 Posouzení dle Qa dle vztahu zásobního objemu na Op dle Op 82

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Globální průměrná koncentrace skleníkových plynů [3] 14
Obrázek 2 Řídící globální klimatické modely [7] 16
Obrázek 3 Emisní scénáře [7] 18
Obrázek 4 Roční antropogenní emise CO2 – porovnání klimatických scénářů [3] 18
Obrázek 5 Popis zájmové oblasti [12] 24
Obrázek 6 Mapa nádrže Vlachovice [12] 25
Obrázek 7 Katastrální mapa [1] 26
Obrázek 8 Povodí 3.řádu č. 42108, zahrnující území obce Štítná nad Vláří – Popov [14] 28
Obrázek 9 Oblast povodí Vláry [15] 29
Obrázek 10 Klimatologické, meteorologické a srážkoměrné stanice – celá ČR [21] 33
Obrázek 11 Klimatologické, meteorologické a srážkoměrné stanice – detail Vizovice (ČHMÚ), Popov a Slavičín [21] 33
Obrázek 12 Srážkoměrná stanice Vizivice (ČHMÚ) [21] 34
Obrázek 13 Charakteristika klimatu města Vizovice [18] 35
Obrázek 14 Vodoměrné stanice – ČR [23] 36
Obrázek 15 Vodoměrné stanice – detail (Zlínský kraj) [23] 36
Obrázek 16 Evidenční list hlásného profilu – Popov (Vlára) [17] 37
Obrázek 17 Detail objektu Popov – Vlára [24] 37
Obrázek 18 Schéma rozdělení řad [9] 38

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Průběh ročních průměrných průtoků – historie 1956-2018 41
Graf 2 Průběh ročních průměrných průtoků – vzdálená budoucnost 2073-2099 41
Graf 3 Průběh měsíčních průměrných průtoku 43
Graf 4 Průběh ročních srážkových úhrnů – historie 1956-2018 46
Graf 5 Průběh ročních srážkových úhrnů – vzdálená budoucnost 2073-2099 46
Graf 6 Průběh měsíčních průměrných srážkových úhrnů 48
Graf 7 Průběh ročních průměrných teplot – historie 1956-2018 50
Graf 8 Průběh ročních průměrných teplot – blízká budoucnost 2019-2045 50
Graf 9 Průběh měsíčních průměrných teplot 53
Graf 10 Vztah zásobního objemu na alfa dle alfa – historie vs celá budoucnost 2019-2099 55
Graf 11 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs celá budoucnost 2019-2099 55
Graf 12 Vztah zásobního objemu na α dle α – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 57
Graf 13 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 57
Graf 14 Vztah zásobního objemu na α dle α – historie vs střední budoucnost 2046-2072 59
Graf 15 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs střední budoucnost 2046-2072 59
Graf 16 Vztah zásobního objemu na α dle α – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 61
Graf 17 Vztah zásobního objemu na nalepšeném odtoku dle α – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 61
Graf 18 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs celá budoucnost 2019-2099 63
Graf 19 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 64
Graf 20 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie střední budoucnost 2045-2072 65
Graf 21 Vztah zásobního odtoku na nalepšeném odtoku dle nalepšeného odtoku – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 66
Graf 22 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 69
Graf 23 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných srážkových úhrnů [mm] – historie vs celá budoucnost 2019-2099 70
Graf 24 Posouzení rozdílů měsíčních průměrných teplot [°C] - historie vs celá budoucnost 2019-2099 71
Graf 25 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs blízká budoucnost 2019-2045 73
Graf 26 Posouzení rozdílů měsíčních průměrných teplot [°C] - historie vs blízká budoucnost 2019-2045 74
Graf 27 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs střední budoucnost 2046-2072 75
Graf 28 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných průtoků – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 77
Graf 29 Posouzení procentuálního vyjádření měsíčních průměrných srážkových úhrnů [mm] – historie vs vzdálená budoucnost 2073-2099 78

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

α ... součinitel nalepšení [-]

BB … období blízká budoucnost 2019-2045

b… průsečík s osou y

C_s … koeficient asymetrie [-]

C_v … koeficient variace [m^3/s]

ČHMÚ … Český hydrometeorologický ústav

D_x … disperze (rozptyl) [m^6/s^2]

GCM …globální klimatický model

H … období histori 1956-2018

CHKO … chráněná krajinná oblast

m… směrnice

n … počet zkoumaných roků [-]

O_p … nalepšený odtok [m^3/s]

Q … průtok [m^3/s]

Q_a … dlouhodobý průměrný průtok [m^3/s]

Q_d … průměrný denní hodnoty [m^3/s]

Q_h … průměrné hodinové stavy [m^3/s]

Q_m … průměrný měsíční průtok [m^3/s]

Q_r … průměrný roční průtok [m^3/s]

R^2 … hodnota spolehlivosti

RAM … regionální atmosférický model

RCM …regionální klimatický model

RCP … reprezentativní směry vývoje koncentrací

σ_x … směrodatná odchylka [m^3/s]

SB … období střední budoucnost 2046-2072

VB … období vzdálená budoucnost 2073-2099

V_z … zásobní objem [m^3]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Výpočty – hydrologie – průtoky
2. Výpočty – meteorologie – srážky
3. Výpočty – meteorologie – teploty
4. Výpočty – zásobní objem podle alfa
5. Výpočty – zásobní objem podle O_p