

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

OBOR VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY

KATEDRA K144 VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vliv vstupních srážkoměrných dat na výsledky dlouhodobé simulace odtoku
v kanalizaci**

**Effect of rainfall data on long-term rainfall-runoff sewer system simulation
results**

Autor: Jan Novák

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

Praha 2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Novák	Jméno: Jan	Osobní číslo: 468662
Zadávací katedra: Katedra vodního hospodářství obcí		
Studijní program: Vodní hospodářství a vodní stavby		
Studijní obor: Stavební inženýrství		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vliv vstupních srážkoměrných dat na výsledky dlouhodobé simulace odtoku v kanalizaci
Název bakalářské práce anglicky: Effect of rainfall data on long-term rainfall-runoff sewer system simulation results

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je zhodnotit vliv vstupních srážkových dat na výstupy srážkoodtokového modelu stokové sítě. Práce bude obsahovat teoretickou a praktickou část. Teoretická část se bude věnovat metodám popisu odtokových charakteristik ve stokové síti, zejména monitoringu a modelování procesů. V praktické části bude na vybraném zájmovém povodí provedena analýza vlivu různých srážkových dat (lokalizovaná srážková řada, přenesená srážková řada, průměrný rok ad.) na výstupy srážkoodtokového modelu (zejména na charakteristiky funkce odlehčovacích komor). Výsledky pro různá vstupní data budou porovnány a bude provedeno doporučení pro jejich použití.

Seznam doporučené literatury:

Krejčí a kol. Odvodnění urbanizovaných území - Koncepční přístup (2002), NOEL 2000
Code of Practice for the Hydraulic Modelling of Urban Drainage Suystems, 2017, CIWEM
Monitoring v městském odvodnění, část I. - Dešťové srážky, 2012, SOVAK

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

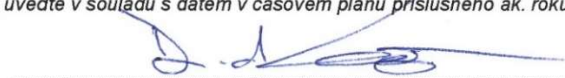
Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2023

Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku



Podpis vedoucího práce



Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

22.2.2023

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vliv vstupních srážkoměrných dat na výsledky dlouhodobé simulace odtoku v kanalizaci zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů, které cituji, uvádím v přiložené bibliografii.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Jméno a příjmení

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce, panu doc. Ing. Davidu Stránskému, Ph.D. za užitečné rady, odborné vedení a pomoc při psaní bakalářské práce. Dále děkuji panu Ing. Milanu Suchánkovi. za obětovaný čas a poskytnutou pomoc se softwarem Mike URBAN 2020, DHI Gandalf, a především za poskytnutí podkladů, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Děkuji také svým blízkým za veškerou podporu a zázemí, jež mi poskytují po celou dobu studia, stejně jako za motivaci, již mi dodávají, když ji nejvíce potřebuji, a bez níž by celé studium bylo mnohem náročnější.

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na zhodnocení vlivů různých vstupních srážkoměrných dat na dlouhodobou simulaci odtokových poměrů v kanalizaci. Rozdělil jsem jednotlivá vstupní srážková data do vlastních kapitol a jejich vliv je posuzován na stejném, kalibrovaném modelu aglomerace Tábor. Hlavním úkolem je zjistit, zda se pro usnadnění práce nebo urychlení výpočtu vyplatí využít data z jiné lokality a dosáhnout podobných výsledků (nebo s menším procentuálním rozdílem) vůči referenčním.

Práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část se věnuje modelovaným srážkoodtokovým procesům, odvodnění urbanizovaných území a základním pojmům pro pochopení monitorovacích kampaní (např. počet přepadů, monitoring srážkových dat). Dále se věnuje charakteristice města Tábor, Sezimovo Ústí a Planá nad Lužnicí jako takovým a zjednodušenému popisu stokové sítě souměstí. Uvedeny jsou i významnější recipienty v zájmové oblasti, jejichž charakteristika a základní informace jsou pro nás důležité v rámci vyhodnocení.

Praktická část se zaměřuje na analýzu vlivů různých typů srážkových dat rozdělených do jednotlivých kapitol (historické srážkové řady s různými dobami trvání nebo původem) a jejich zpracování za použití výpočetního a modelovacího softwaru MIKE URBAN a DHI Gandalf. Každá kapitola obsahuje stručný popis a charakteristiku provedení. Dále se věnuji metodice zpracování modelu a výpočtu modelové srážky.

Cílem mé práce je porovnání jednotlivých výstupů výpočtu dlouhodobé srážkoodtokové simulace, zejména charakteristiky funkce odlehčovacích komor (vyhodnocení četnosti přepadů, objemu přepadu a další). Výsledky z každého posuzovaného vstupu jsou porovnány vůči zvolené referenční řadě a mezi sebou, je navržena jejich vhodnost a smysl použití jako vstupní data pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci. Závěrem práce je diskuse na vyvolané otázky jako například zda se uplatní tato myšlenka v dnešní době? nebo náměty na přesnější vyhodnocení .

Klíčová slova

Agglomerace Tábor, DHI Gandalf, , Městské odvodňování, MIKE URBAN, MIKE View, Monitoring srážkových dat, Srážkoodtokový model, simulační model, Srážkoodtokové procesy

Summary

The bachelor thesis focuses on evaluating effects of different input rainfall data on long-term simulation of drainage conditions in a sewer system. I have divided individual input rainfall data into separate chapters, I have assessed its impact on the same calibrated model of Tábor agglomeration. The main task is to determine whether it is worthwhile to use data from a different location to achieve comparable results (or with a smaller percentage difference) compared to the reference data, for the purpose of simplifying work or speeding up calculation.

The thesis consists of a theoretical and practical part. The theoretical part deals with modeled rainfall-runoff processes, drainage of urbanized areas, and basic concepts for understanding monitoring campaigns (such as the number of overflows and rainfall data monitoring). It also focuses on characteristics of cities of Tábor, Sezimovo Ústí, and Planá nad Lužnicí, as well as a simplified description of the sewer network of the urban area. The significant recipients in the area of interest are listed, their characteristics and basic information are important for the evaluation.

The practical part then focuses on analyzing the effects of different types of rainfall data, divided into separate chapters (historical rainfall series with different durations or origins). Their processing is carried out using computational and modeling software MIKE URBAN and DHI Gandalf. Each chapter has a brief description and characteristic of the execution. The methodology for processing the model and calculating the model rainfall is also discussed.

The aim of the thesis is to compare the individual outputs of the long-term rainfall-runoff simulation, particularly the characteristics of the function of relief chambers (evaluating the frequency of overflows, overflow volume, and others). The results from each evaluated input are compared to the chosen reference series, and their suitability and usefulness as input data for long-term sewer flow simulations are proposed. Finally, the thesis concludes with a discussion of issues such as whether this idea is applicable in today's world conditions, or suggestions for more precise evaluation.

Key words

DHI Gandalf, MIKE URBAN, MIKE View, Monitoring of precipitation data, Precipitation-runoff model, Precipitation-runoff processes, Simulation model, Tábor agglomeration, Urban drainage

Obsah

1. Úvod	14
2. Filozofie a princip srážkoodtokového simulačního modelu	15
2.1. Současné směry a trend v městském odvodnění	15
2.2. Aktuální problémy řešení vod z urbanizovaných území	16
2.3. Využití simulačních modelů	18
2.4. Vstupní data pro zpracování generelu odvodnění kanalizace	19
2.5. Objekty a klíčové parametry na stokové síti	19
2.5.1. Stoková síť	20
2.5.2. Odlehčovací komora	20
2.6. Srážková data	23
3. Obecný úvod do modelování městského odvodnění	26
3.1. Postupné řešení městského odvodnění	26
3.2. Popis srážkoodtokových procesů	28
3.2.1. Hydrologické modely	28
3.2.2. Hydraulické modely	28
3.3. Nástroje pro popis srážkoodtokových procesů	29
3.3.1. Storm Water Management Model – SWMM 5	29
3.3.2. MIKE URBAN Collection System – Mouse	30
3.4. Běžné nejistoty a omezení modelování	33
4. Monitoring srážkových dat	37
4.1. Používaná měřicí technika	38
4.2. Instalace srážkoměrů v terénu a jejich obsluha	41
4.3. Požadavky na srážková data	42
4.4. Kalibrace srážkoměrů	42
4.5. Příprava změřených dat pro model	43
5. Charakteristika zájmové lokality	44
5.1. Město Tábor	44
5.2. Sezimovo Ústí	44
5.3. Planá nad Lužnicí	45
5.4. Obyvatelstvo	45
5.5. Stokový systém aglomerace Tábor, Sezimovo Ústí a Planá nad Lužnicí	46
5.6. Vodní toky a významné vodstvo	50

5.6.1.	Přehled významnějších vodotečí.....	50
5.7.	Objekty na stokové síti zájmové lokality.....	51
5.7.1.	Odlehčovací komory kanalizační sítě.....	51
5.7.2.	Výustě kanalizační sítě.....	54
5.8.	Stávající stav modelu aglomerace Tábor.....	54
5.9.	Klimatická data a podnebí.....	54
6.	Cíle bakalářské práce.....	57
6.1.	Hlavní cíle.....	57
6.2.	Dílčí cíle.....	57
7.	Metodika zpracování práce.....	58
7.1.	Zdrojové podklady a získaná SR data.....	59
7.2.	Příprava a zpracování vstupních časových řad pro model.....	61
7.3.	Výpočet dlouhodobé simulace odtoku.....	62
7.4.	Mike View a statistics.....	64
7.5.	Způsob vyhodnocení výsledků.....	65
8.	Výsledky.....	66
8.1.	Vyhodnocení první varianty.....	72
8.2.	Vyhodnocení a diskuse nad druhou variantou.....	74
8.3.	Shrnutí.....	76
9.	Závěr.....	77
10.	Seznam použitých zdrojů a literatury.....	79
11.	Seznam obrázků a tabulek.....	82
12.	Seznam příloh.....	85
	Příloha č. 1 - Vyhodnocení statických charakteristik vlivů vstupních srážkoměrných řad.....	87
	Příloha č. 2 - Podrobné informace o získaných datech ze srážkoměrných stanic.....	129
	SR ČHMÚ Tábor.....	131
	Historická řada Praha – Karlov z let 1921–99.....	132
	Časová řada Plzeň.....	133
	Časová řada Český Krumlov.....	134
	Fiktivní typický rok.....	135
	SR ČHMÚ Hlasivo.....	136
	Lokální dešťoměry provozovatele S01-05.....	137
	Průměrná srážkoměrná stanice z 5 stanic.....	140
	Příloha č. 3 - Provedené úpravy a parametry pro spuštění jednotlivých datových vstupů.....	141

ČHMÚ SR Tábor	143
Praha – Karlov – historická řada z let 1921–99	143
Časová řada Plzeň.....	143
Časová řada Český Krumlov.....	144
Fiktivní typický rok.....	144
Stanice Hlasivo.....	144
Lokální dešťoměry provozovatele S01-05	145
Průměrná srážkoměrná stanice z 5 stanic.....	147
Příloha č. 4 - Použité výpočetní přístroje.....	148
Technické parametry výpočetních přístrojů:.....	150
Osobní počítač studenta:.....	150
Výpočetní přístroj DHI a.s. NCR10	150

1. Úvod

„Proč dělat věci jednoduše, když to jde složitě?“ Tato myšlenka, nebo otázka, se často objevuje okolo nás a je také jednou z myšlenek, jež inspirovala vznik této bakalářské práce. V dnešní době vyvíjíme tlak na neustálé zlepšování techniky měření, zpracování podkladů pro modelování stokových soustav a snažíme se tak docílit komplexnějších modelů kanalizace.

Domnívám se, že děláme možná až moc komplikované modely pro některé úlohy. Snažíme se přejít z tradičních člunkových srážkoměrů na optické, dublovat měření nebo provádět detailnější zpracování naměřených dat za použití automatizací či umělé inteligence, jež může detekovat chyby a výpadky v časové řadě. Snažíme se posunout a být více efektivní... bohužel nás nenapadá jak si práci, mimo automatizace nebo techniky, nějakým způsobem dále zjednodušit nebo usnadnit. Popřípadě se zaměřit na kvalitu naměřených dat či zanedbání jejich nepřesnosti.

Dnes máme k dispozici různé typy srážkových dat, jež můžeme použít jako vstupní data pro posouzení funkce odlehčovacích komor. Například historická data, data z trvalého měření poskytované lokálním provozovatelem vodovodů a kanalizací nebo soukromými firmami, jež poskytují i provedení dočasné monitorovací kampaně. Data mají ovšem svou kvalitu, formu a chybovost, jež může být ovlivněna právě na základě jejich původu, typu měření a kvalitou samotného měření.

Pro modelovací procesy a metody používané pro výpočet odtoku dlouhodobých simulací na stokových sítích jsou srážková data nezbytnou součástí. Ovlivňují funkčnost celé stokové sítě z hlediska současného a výhledového stavu, vyhodnocení možného rozšíření urbanizované zóny a posouzení opatření na stokové síti.

„Není možné použít nějaká známá data, jimiž už disponujeme a dosáhnout tak stejných nebo podobných výsledků s procentuálním rozdílem?“ Takto vznikla první myšlenka mé bakalářské práce, již vyvolal můj nadřízený pan Ing. Milan Suchánek ze společnosti DHI a.s., kde působím na pozici Junior Project manager. Po krátkých debatách vzniklo téma, na němž jsme se shodli, že je zajímavé na prostudování.

Cílem bakalářské práce je tedy pokusit se získat co nejvíce vstupních srážkových dat pro dlouhodobou simulaci odtokových poměrů v kanalizaci, jež budou od sebe odlišná původem, časovou osou nebo typem naměření. A následně zjistit, zda nejde zjednodušit proces práce s kalibrovaným modelem – například při zkoumání počtu přepadů, budu stanovovat, zda mi stačí určitý datový vstup úhrnu srážek, nímž disponuje investor nebo já osobně či firma.

V dnešní době není problém si zakoupit historická nebo aktuálně naměřená data od Českého hydrometeorologického ústavu, případně využít archivovaná data z projektů (jako pár z možných zdrojů). Mohl bych tak eliminovat potřebu provedení monitoringu srážek, ušetřit čas a práci na projektu, pokud samozřejmě dodržím přesnost s co nejmenším procentuálním rozdílem od skutečnosti (v tomto případě od referenční časové řady), a to i když data budou méně kvalitního původu.

2. Filozofie a princip srážkoodtokového simulačního modelu

Pro zpracování matematického modelu využíváme několik zásad a způsobů, jež se můžou od sebe lišit. Model, s nímž pracuji a posuzuji skrze něj různá vstupní srážková data pro dlouhodobou simulaci odtokových poměrů v kanalizaci, byl zpracován firmou DHI a.s., z tohoto důvodu se soustředím na zpracování dle jejich interních zásad a filozofie.

Obecný přístup k návrhu a posouzení kanalizační sítě vychází z principu racionálních metod, jež pracují s vydatností deště určené z čáry náhradních dešťů a kritickou dobou dotoku, a vznikají tak velké rezervy v dimenzování. Dochází tudíž k návrhu velkých objektů, navržených na základě zjednodušených parametrů a inženýrských odhadů. Tento způsob výpočtu je v dnešní době stále přijatelný pro jednoduchou projektovou činnost a základní návrh kanalizační sítě, jenž je možné následně i posoudit skrze simulační model. [\[21\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#)

Komplexní přístup k odtokovému procesu v městských aglomeracích rozšiřuje v současnosti problematiku simulačních modelů stokových sítí až do velikosti odvodnění celých urbanizovaných území. V tomto směru se mění metodika řešení dnešních simulačních modelů. Stále více jsou uplatňovány metody, jež se nemění v čase, založené na práci s matematickým modelem, jenž dokáže realisticky zobrazit skutečné chování sítě, vodních toků a srážko-odtokových procesů v povodí. Matematický model je program, jež je schopen „modelovat“ skutečný stokový systém z hlediska technického tvaru (profil potrubí, vazby sítě, objektů na síti, sklony, materiály potrubí atd.) tak i z funkčního pohledu (model reaguje na vnější podněty například dešťovou srážku podobně jako reálný systém - stejný průběh průtoku a hladiny v šachtě apod.).[\[21\]](#) [\[2\]](#)

Možnosti vyhodnocení stokových systémů spočívají v rozdílu obou přístupů. Velká část dnešních kanalizačních sítí byla navržena pomocí racionálních metod. Vzhledem k technickým zásadám těchto metod a v souvislosti s výše popsanou původní filozofií odvodnění docházelo k předdimenzování kanalizační sítě a návrhům velkých objektů, jenž přes velkou část roku nejsou využívány. Dá se tak říct, že v těchto stavbách jsou neefektivně uloženy velké finanční částky, jež mohou být potenciálně využity jinak. Práce se simulačními modely je cestou, jak tyto možnosti odhalit, definovat jejich slabá místa a pracovat s nimi dále z výhledového hlediska. [\[21\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#)

2.1. Současné směry a trend v městském odvodnění

Směry a trendy, shrnuté do základních bodů: [\[21\]](#) [\[3\]](#)

- Zmenšení množství neznečištěných vod přiváděných na ČOV – stokovou síť se snažíme ochránit před balastními vodami a „čistou“ dešťovou vodou.
- Neznečištěné vody by se měly zasakovat, ne vždy je to ale možné, proto se snažíme převádět je do vodního toku.
- Zavádíme měření s průběžným sběrem a vyhodnocením dat
- Navrhujeme opatření s retencí nebo řízením odtoku, tak aby síť byla zatížená rovnoměrně a nedocházelo k lokálnímu přetížení.
- Nové či rekonstruované objekty musí mít možnost řízení odtoku.
- U již vystavených systémů ve velmi urbanizovaném a zastavěném území musíme postupovat velmi opatrně a vyjít z dostupných opatření, jež můžou být realizovaná.
- Ochrana recipientů před negativním dopadem odvodnění urbanizovaných povodí (emisní a imisní přístup).

V dnešní době se klade největší důraz na propojení systému odvodnění s recipientem v závislosti na konkrétním povodí. Nejdůležitější z tohoto hlediska je vyhodnocení vlivu přepadů z odlehčovacích komor a dalších, výustí do recipientu během srážkových událostí a podmínky čistoty odpadních vod z čistíren odpadních vod (dále jen jako ČOV), jež také ovlivňují kvalitu vody na menších tocích. Imisní přístup spočívá ve stanovení podmínek pro vypouštění vod do recipientu na základě znalosti místních podmínek v recipientu. Při uplatnění imisního přístupu se pro řešení opomíjí jednotné limitní hodnoty vybraných kritérií (znečišťujících látek, průtoků, počtu přepadů apod.), ale na konkrétní požadavky řešeného povodí, definované na základě trvale udržitelného rozvoje z vodohospodářského a ekologického hlediska. [21]

I když se zadání projektů může zdát podobné až stejné, konečná úloha může být rozdílná a měli bychom proto k projektům odvodnění přistupovat svým způsobem jedinečně dle zkoumané lokality. V praxi to znamená, že nelze např. předem stanovit rozsah měření bez podrobnějšího průzkumu zájmové lokality, systému odvodnění a stavu existujících podkladů. Projekt se musí rozdělit na postupné fáze a etapy, většinou na dvě až tři, dle konkrétní situace a potřeby samotné lokality. Tyto fáze představují postupně podrobnější a podrobnější zpracování povodí, různé způsoby zatížení povodí a jeho jednotlivých prvků a tím také postupné získávání různých výsledků. Například v první fázi je systém jako celek zatěžován dlouhodobými řadami dešťů (nejčastěji 2letou, poté 5letou a na závěr desetiletou časovou řadou) a získáváme tím informace o dlouhodobém chování systému jako celku. [21]

2.2. Aktuální problémy řešení vod z urbanizovaných území

Se zvětšujícím se růstem průmyslových, staveních a urbanizovaných zón se zvětšují negativní důsledky nekonceptnosti některých rozhodnutí z dřívějších dob a chátrání dosavadních odvodňovacích zařízení. Urbanizace území mění zásadním způsobem srážko-odtokové poměry v povodí, často k horšímu, vysoká míra zástavby zvyšuje množství nepropustných ploch s rychlým odtokem dešťových vod. Tím se při srážkové události odtok dešťové vody urychlí vůči přirozenému povodí a doba odtoku se zkrátí, to způsobuje v oblastech často nebezpečné povodňové stavy a zvyšuje pravděpodobnost vzniku eroze. Voda tak nestíhá vsáknout v dostatečném množství do podloží, což zapříčiní snížení vodnosti v malých vodních tocích a pokles hladiny podzemní vody. Tato problematika nabývá na důležitosti, pokud je zkoumané území odvodněno jednotnou kanalizační soustavou. Pak se převádí větší část dešťových vod mimo povodí vodního toku do sousedních nebo k nadměrnému a zbytečnému zatížení čistírny odpadních vod. [21] [2]

Úroveň životního prostředí města z pohledu vodního hospodářství se projevuje v kvalitě povrchových a podzemních vod. Dlouhé zanedbávání vybudování zelených ploch a růst urbanizovaných ploch způsobilo snížení kvality těchto vod, jež se do dnešního dne stále zhoršuje. Hlavním důvodem je produkce a vypouštění odpadních vod různé míry a typu znečištění do recipientů. Toto následně vytvořilo problematiku zabývající se zachycováním odpadních vod, jejich odváděním a následným čištěním.

Pokusy o ochranění recipientů před znečištěním z urbanizovaných ploch vedly k návrhům zachycení části dešťových vod v nádržích, v umělých korytech v městské zástavbě (často upraveny jako zatrubněním nebo v odlehčovacích komorách). Díky tomu se přirozený pohyb vody ve městě nahradil spíše technickým povrchovým odtokem, kdy dešťová voda stéká po zpevněném povrchu a dále pokračuje do umělého kanálu stokové sítě. Vsakování je poté omezeno a umělé povrchy (skoro až hydraulicky hladké) zintenzivní až několikanásobně rychlosti odtoku vody z povodí, to pak ovlivní výsledné Q_{\max} při dešťových přívalcích. Z tohoto důvodu navrhuje velká koryta v městských

zástavbách, jež jsou bohužel každým rokem sušší nebo po většinu roku téměř bez vody. Taková koryta poté nespĺňují moderní, přísná kritéria ekologů a základní podmínky života některých organismů a rostlin. [\[3\]](#)

Urbanizace a špatné hospodaření s dešťovou vodou v povodí má negativní vliv na přirozený koloběh vody, můžeme si hlavní případy shrnout v bodech níže: [\[21\]](#)

- Zhoršení jakosti vod v recipientech
- Zvýšení koeficientu odtoku a tím zvýšení množství odváděných vod do recipientu
- Zrychlený odtok vody z povodí
- Zvýšení četnosti velkých vod
- Zmenšení infiltrace a z toho plynoucí snížení minimálních průtoků v malých tocích
- Odvádění vod mimo přirozené povodí toku

Mezi další problémy na stávajících stokových sítích tkví v neprovedených analýzách systému jako celku. Tyto problémy můžeme shrnout následovně: [\[21\]](#)

- Balastní vody v kanalizačním systému
- Infiltrace odpadních vod do podloží
- Dešťové vody v odlehčovacích komorách
- Kapacitní problémy stokové sítě
- Vytopení nemovitostí během srážkové události a odtoků kanalizace
- Znalost zatěžovacích parametrů stokové sítě
- Lokální čistírny odpadních vod
- Kvalita povrchových vod
- Skutečné poměry v tocích a recipientech
- Ovlivnění průtoků v tocích odlehčovacími komorami

Tyto problémy musíme být schopni popsat, k tomu nám pomáhají ucelené dokumenty, jež řeší návaznost v rámci území z hlediska odvodnění. Jedná se o takzvané **Generely odvodnění nového typu**, kdy se jedná o zásadně o následující postupy: [\[21\]](#)

- Integrovaný přístup k řešení městského odvodnění
- Nezbytná realizace systému měření potřebných parametrů
- Koncepce generelu odvodnění musí být v souladu s technickými a ekonomickými možnostmi
- Jedná se o trvalou podporu územního plánování města
- Dlouhodobý nástroj pro provoz městského odvodnění, systém odvádění a nakládání s odpadními vodami
- Vícestupňový projekt a výsledek funkčního, obnovovaného nástroje, provozovaný plně v digitální podobě

Generel odvodnění využívá simulační prostředky, jež jsou ovlivněny znalostí, dostupnými podklady, jejich kvalitou, aktuálností a využitelností v rámci úlohy daného projektu. Pokud nějaká znalost nebo podklad chybí, může dojít k chybným návrhům opatření, jednotlivých činností, investičních nákladů apod. Pro využití simulačních modelů je naprosto nutné aktualizovat a zpřesňovat podklady, ať už pasportizací, doměřením nebo vyšší kvalitou výpočetních prostředků. [\[21\]](#)

2.3. Využití simulačních modelů

Vývoj informačních technologií během druhé poloviny 20. století sebou přinesl významné změny skoro ve všech profesích a v životě, tak jak ho známe. Přinesl změnu ve vývoji lidstva, podobně jako tisk knih, parní lokomotiva a jiné. Ve vodním hospodářství se tento přínos projevuje hlavně v technologiích, metodikách pro projekci a konzultačních pracích. Nejedná se pouze o komfortní stránku práce, ale zejména o pozitivní vliv zvýšení kvality zpracování úloh, činností, systematickosti a přesnosti práce na navazující výpočty pro technické využití staveb a hospodárného návrhu.

Simulační modely představují zřetelný příklad prolnutí světa informačních technologií do klasických technických a průmyslových oborů a jejich odvětví. Moderní postoj k řešení projektů nebo studií ve vodním hospodářství je opřen o nové technologie vybudované na základě rostoucích možností současné výpočetní techniky, do nichž v dnešní době už proniká i umělá inteligence. [\[1\]](#) [\[21\]](#)

Simulační model by měl splňovat hlavně základní nároky, aby bylo možné nasimulovat skutečný stav stokové sítě: [\[21\]](#)

- Obsahuje všechny podstatné procesy simulovaného odvodnění
- Umožňuje spustit výpočet rozsáhlými větvovými i okruhovými sítěmi kanalizace a recipientů
- Umožňuje simulovat procesy na čistírně odpadních vod
- Dokáže popsat reálné chování kanalizace během bezdeštného období i během srážkové události, včetně plnění a prázdnění retenčních objemů, tlakové i netlakové proudění potrubím, reálnou funkci objektů na stokové síti (oddělovače, odlehčovací komory, ČSOV a další)
- Umožňuje spustit simulaci průtokové vlny v kanalizaci způsobenou reálnou srážkou s proměnnou intenzitou

Simulační model v dnešní době představuje základní nástroj pro řešení generelů odvodnění, nelze si ho však představit nebo zhotovit bez podpůrných prostředků pro hromadné zpracování a měřených dat. Důležitou součástí jsou prostředky pro analýzu, statické vyhodnocení a prezentace výsledků v podobě, jež jsou „stravitelné“ pro projektanty, technické a vědní obory i politiky. Data a podklady potřebné pro řešení generelu odvodnění jsou zpracovány, transformovány do podoby simulačního modelu a ztvárněny do formy tematických map a statistických čísel. Pro toto řešení se používají speciální programy (jež se mohou měnit podle metodiky nebo způsobu vypracování dle firmy, jež dostane zadání pro zpracování) jako například, ArcMap nebo MIKE URBAN, EPANET, SWMM a další. Protože pracuji již s kalibrovaným a verifikovaným modelem poskytnutým VST s.r.o. a ČEVAK a.s., jež byl zpracován firmou DHI a.s., tak se budu věnovat převážně programům MIKE URBAN, MIKE VIEW a DHI Gandalf. [\[21\]](#)

Výstupem simulačního modelu generelu odvodnění je především koncepce odvodnění pro výhledový stav, jehož součástí je dokumentace o výhledovém stavu, stanovení podmínek pro nakládání s vodami v urbanizovaném území a podklad pro investice. Generel plní funkci jako podklad pro územní plánování nebo jeho aktualizaci. Finálním výstupem by měl být „živý“ prostředek (ve formě modelu nebo datového informačního souboru), který je snadno a rychle čitelný pro klienta a jež je nadále možno aktualizovat, je využitelný pro městský informační systém a vývoj města.

2.4. Vstupní data pro zpracování generelu odvodnění kanalizace

Za základní vstupní data můžeme považovat veškeré podklady, jež nám dané město nebo provozovatel může poskytnout (případně jiný ověřený zdroj). Obvykle do těchto podkladů a vstupních dat spadá informace o identifikaci šachet, kót dna a terénu šachet (případně poklopu), zaústění potrubí, profil, materiál, sklon potrubí, stáří a stav stavby. Popis objektů, dokumentace objektů (výkresy a technická zpráva), místopis šachet, údaje o přípojkách a provozu (stav objektů, skutečné objemy čerpání, sedimenty a jiné údaje o kanalizaci). Pro vypracování simulačního modelu, jež je součástí generelu kanalizace, potřebujeme i data o srážkových událostech pro jeho kalibraci a verifikaci, díky tomu model doladíme na místní podmínky zkoumané lokality.

Mezi další potřebné údaje spadá informace o stavu urbanizace povodí. Patří mezi ně informace o hustotě obyvatelstva, typu a úrovni zastavěnosti území, informace o průmyslových vodách napojených do stokového systému a jiné. Úroveň poskytnutých údajů a podkladů silně ovlivňuje kvalitu simulačního modelu a jeho výsledků. [21]

Jako vhodné doplňující podklady můžeme začlenit i aktuální letecké snímky města, jež nám napomáhají pro vypracování propustných a nepropustných ploch. Podílejí se na kvalitě zpracování hydrologického posouzení podle typu městské zástavby, sklonových poměrů, hranice povodí a další. Tyto podklady mají stále charakter ovlivňující kvalitu modelu ,ale už je neřadíme jako nutné, pouze doplňující. [21]

2.5. Objekty a klíčové parametry na stokové síti

Mezi základní a klíčové parametry převedení odpadních vod spadá vyhodnocení „transportních“ vlastností stokové sítě, jejích objektů a jejich veličin v následující tabulce: [21]

Tab. č. 1 Klíčové parametry pro vyhodnocení a jejich jednotky [21]

Název Parametru	Označení	Jednotky
Celkový objem odpadních vod	V_{prf}	[mil. m ³]
Celkový objem hydrologických balastních vod	V_{src}	[mil. m ³]
Celkový objem srážkových odpadních vod	V_{frc_out}	[mil. m ³]
Celkový objem splaškových a průmyslových vod	V_{ff}	[mil. m ³]
Průměrný průtok odpadních vod	Q_{prf}	[l/s]
Průměrný průtok hydrologických balastních vod	Q_{src}	[l/s]
Průměrný průtok srážkových odpadních vod	Q_{frc_out}	[l/s]
Průměrný průtok splaškových a průmyslových vod	Q_{ff}	[l/s]

- **Celkový objem odpadních vod** V_{prf} představuje informaci o celkovém proteklém množství odpadních vod definovaným uzávěrným profilem za definované časové období. Tato charakteristika se stanovuje pomocí dlouhodobé simulace odtokových procesů ve stokové síti.
- **Celkový objem hydrologických balastních vod** V_{src} představuje část celkového objemu odpadních vod vygenerovaných v důsledku infiltrace podzemních vod do stokové sítě za definované časové období.

- **Celkový objem srážkových odpadních vod** $V_{\text{frc_out}}$ je stanoven jako rozdíl celkového kumulovaného objemu srážkových odpadních vod odeklých za dané období z povodí do kanalizace, od kterého je odečtena hodnota celkového odlehčeného množství odpadních vod v daném povodí. Při výpočtu je použita zjednodušující úvaha, dle které veškerá odlehčená odpadní voda je vodou srážkovou. To samozřejmě není ve skutečnosti pravda vzhledem k promíchání dešťových a splaškových vod během transportu, nicméně tato hodnota vypovídá o celkovém minimálním transportovaném objemu srážkových vod na čistírnu odpadních vod.
- **Celkový objem splaškových a průmyslových vod** V_{ff} představuje část celkového objemu odpadních vod příslušnou produkovaným komunálními vodám. Tato hodnota je vztažena k určitému profilu na stokové síti a definovanému časovému období.

Výpočet průměrného průtoku celkových odpadních vod, hydrologických balastních vod, srážkových vod a vod splaškových a průmyslových vychází z jednotlivých objemů odpadních vod a definovaného období

2.5.1. Stoková síť

Jedná se o prvek městského odvodnění obsahující popis jednotné stokové sítě, oddílné splaškové a oddílné dešťové sítě s uzávěrným profilem na centrální čerpací stanici nebo čištěním na čistírně odpadních vod. V tomto systémovém prvku jsou s ohledem na schematizaci řešení zahrnuty procesy transportu odpadních vod stokovou sítí.

2.5.1.1. Klíčové parametry pro vyhodnocení vlivu stokové sítě na recipient

Stanovení vlivu městského odvodnění na kvalitu vody v recipientu je nová, rozvíjející se filozofie pro řešení generelů odvodnění. Její hlavní aspekt na posuzování je emisní znečištění. Vyhodnocení emisního znečištění nebere v úvahu tok jako takový, ale zabývá se pouze výtokem z kanalizace (poměr ředění, počet přepadů, odlehčené množství odpadních vod). Jeho cílem je bilancování celkového kumulativního vnosu znečištění do toku za definované časové období. Tyto parametry se kryjí s parametry pro vyhodnocení funkce odlehčovacích komor.

2.5.2. Odlehčovací komora

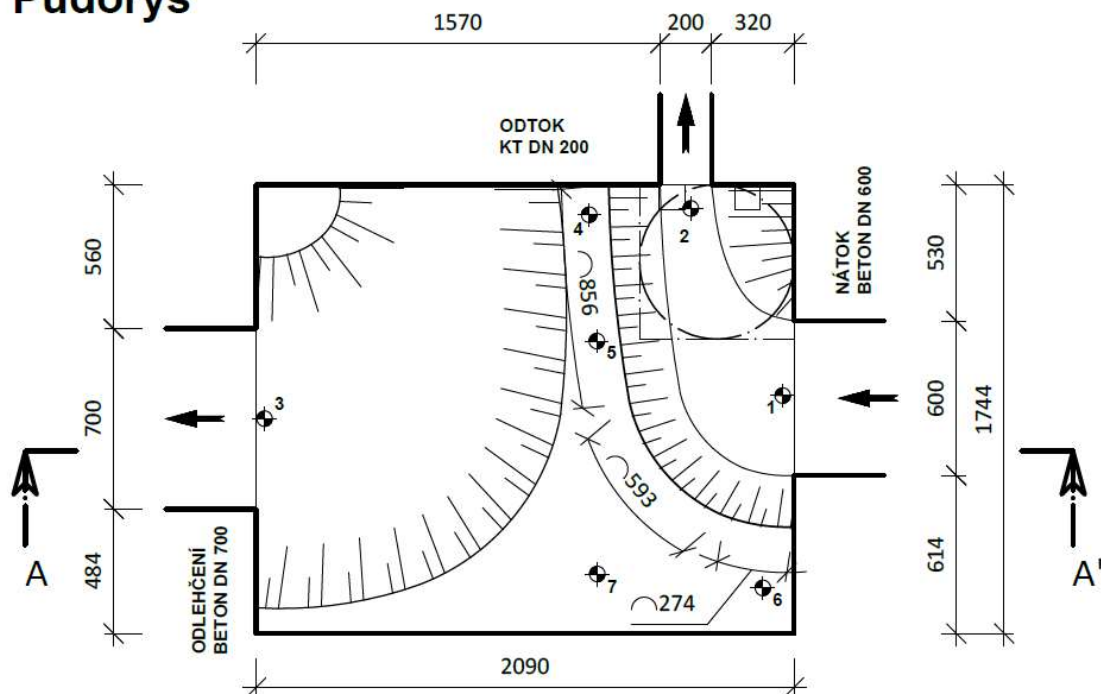
Odhledčovací komory (zkráceně OK), dříve také nazývané dešťový oddělovač nebo oddělovací komora, jsou objekty budované na jednotné stokové kanalizaci za účelem oddělení dešťových vod od odpadních během srážkové události do vodního recipientu. Jedná se o technickoekonomický důvod z dřívějších dob, protože nebylo možno přivádět srážkový odtok z urbanizovaného povodí na čistírnu odpadních vod. [22]

Z toho vyplývá několik faktorů, jež přepadající voda mnohdy nesplňuje. Například nemusí být dostatečně čistá a obsahovat organické látky (polutanty, hormony a jiné), kovy či jiné nebezpečné prvky pro přírodu a okolí. Jejich neodstranění může mít vysoký vliv na erozi koryt a hydrobiologický stres. Proto je v dnešní době vysoký tlak na řešení emisních a imisních limitů pro odlehčovací komory a vodní toky, jež jsou popsány i s doporučenými hodnotami v normě ČSN 75 6262. [22]

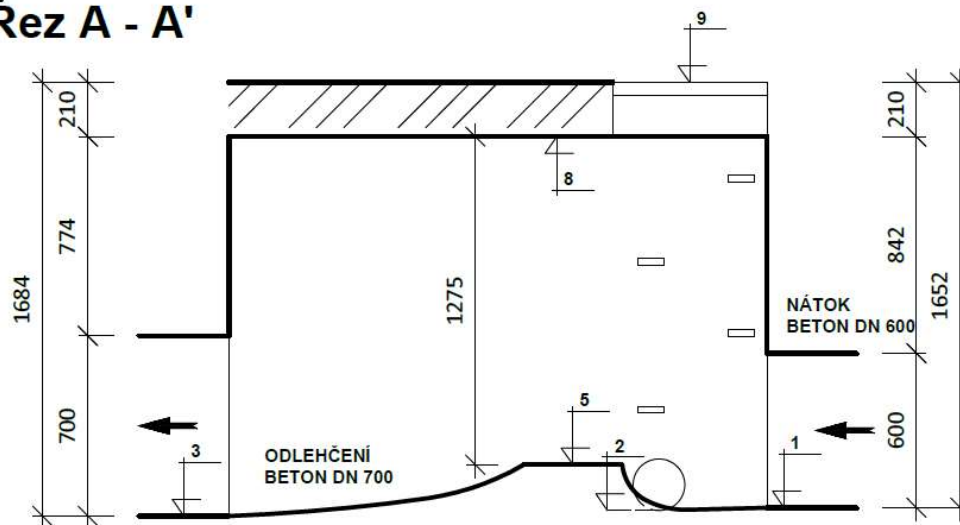
Odhledčovací komora se skládá z nátoku, odtoku, odlehčení (také dešťový výpusť), jednoho vstupu a přelivné hrany. Dále může obsahovat extra přítokové potrubí (jedno nebo více), další přelivné hrany, škrčení na odtoku ve formě šoupěte nebo hrázky, norné stěny, česle atd.

OK 23 U dopravního hřiště

Půdorys



Řez A - A'



Obr. 1 Vzorový výkres pasportizace odlehčovací komory z Jindřichova Hradce

2.5.2.1. Klíčové parametry pro vyhodnocení odlehčovacích komor

Hlavní parametry nebo charakteristiky pro vyhodnocení odlehčovacích komor (a obecně všech objektů s odlehčením dešťové odpadní vody do recipientu) představují vlastnosti, jež charakterizují odlehčovací funkce těchto objektů. Jedná se o následující: [\[21\]](#)

Tab. č. 2 Klíčové parametry pro vyhodnocení a jejich jednotky [21] [22]

Název Parametru	Označení	Jednotky
Počet přepadů (odlehčení)	N	[-]
Maximální průtok přepadu	Q_{max}	[m ³ /s]
Celkový odlehčený objem	V	[m ³]
Maximální hodinový průtok	$Q_{h,max}$	[m ³ /s]
Pokračující průtok	$Q_{pokr.}$	[m ³ /s]
Reálný poměr ředění	n	[-]

- **Přepad** je událost, při níž dojde k oddělení odpadní vody s dešťovou vodou během srážkové události na přelivu odlehčovací komory s průtokem větším než 5 l/s a dobou trvání 10 minut. Nová událost začíná až s časovým odstupem 6 hodin, do té doby trvá tzv. přerušovaný přepad.
- **Počet přepadů** je definován jako součet událostí dle předchozího bodu. Výsledky a statistika se vytváří na základě dlouhodobé simulace odtoku ve stokové síti.
- **Maximální průtok** Q_{max} přepadu představuje maximální hodnotu vrcholného průtoku na přelivu vyhodnocenou ze všech událostí za definované období.
- **Celkový objem přepadů** V je součet přepadlého objemu odpadní vody ze všech událostí za zkoumané období.
- **Maximální hodinový průtok** $Q_{h,max}$ je průměrný bezdeštný průtok odpadních vod z výše přidruženého povodí, včetně balastních vod, k odlehčovací komoře. Jedná se o průměrnou hodnotu získanou ze simulace hodinového maxima za delší časové období (z monitorovací kampaně trvající 8 – 12 týdnů).
- **Pokračující průtok** $Q_{pokr.}$ Je průtok pokračující za odlehčovací komorou v okamžiku počátku přepadu (v momentě kdy komora „odlehčuje“) odpadních vod. Ve skutečném hydrodynamickém systému lze očekávat pro každý přepad více či méně rozdílnou hodnotu $Q_{pokr.}$ v závislosti na aktuálních hydraulických podmínkách, je při vyhodnocení delšího časového období zvolena pro vyhodnocení minimální hodnota $Q_{pokr.}$ ze všech událostí za definované období.
- **Reálný poměr ředění** je definován v souladu s normou ČSN 75 6262 a technickou novelou XY jako číslo 1 + n (nebo 1 : n). Výpočet je proveden dle následujícího vztahu:

$$n = \frac{(Q_{pokr} - Q_{h,max})}{Q_{h,max}}$$

2.6. Srážková data

Vstupní data srážek neboli zatěžovací srážkové řady, spadají mezi takzvané okrajové podmínky řešení všech moderních generelů kanalizace. Svou podstatou představují datové vstupy do matematických modelů jako jedna z možností zatížení odtokových systému urbanizovaných oblastí. Volba těchto zatěžovacích srážek vlivným způsobem ovlivňuje výsledky výpočtů většiny procesů v městském odvodnění. Je však nutné podotknout, že srážková činnost má velmi náhodný rys, a to jak sezónní, tak i meziroční. U tohoto meteorologického jevu hraje významnou roli prostorová a časová závislost. Popsané problémy ztěžují již vlastní zaznamenávání a měření srážkové události, komplikují ztvárnění výsledků a působí těžkosti při jejich dalším využití pro výpočty. V generelu hrají srážky významnou roli při kalibraci a verifikaci simulačních modelů.

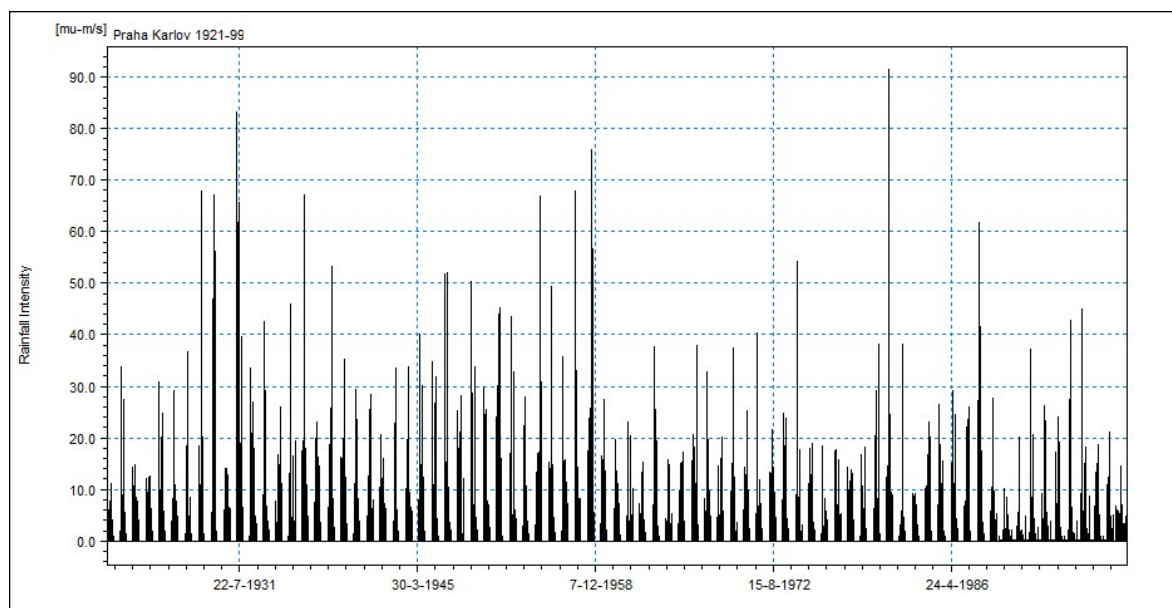
Srážková data jsou jedním ze základních důvodů proč se zabýváme koncepcí městského odvodnění. Můžeme tedy říct, že srážková data jsou nejdůležitější vstupní data pro výpočet povrchového odtoku, návrh a dimenzování stokové sítě nebo posouzení odtokových poměrů kanalizace. [5]

Mezi dnešní hlavní úlohy v městském odvodnění pro než jsou srážková data důležitá jsou například:

- Kalibrace srážko-odtokového modelu
- Hydraulický návrh a posouzení stokové sítě
- Návrh retenčních a vsakovacích zařízení

Tab. č. 3 Základní typy srážkových dat a jejich popis [5]

Typ srážkových dat	Popis dat	Vhodnost pro kalibraci model
Čáry náhradních vydatností	Statisticky zpracované historické dešťové řady, jež udávají četnost výskytu srážky o určité době trvání a úhrnu. Nerozlišují proměnnou vydatnost deště během intervalu, resp. vydatnost srážky je po celou dobu jejího trvání konstantní – tzv. blokový déšť	Nelze použít, pro kalibraci modelu je nutná reálná událost a k ní reálné odezvy v systému.
Syntetické deště	Uměle vytvořené srážky, jež vycházejí z čar náhodných vydatností a snaží se v rámci trvání deště konstruovat jeho typický průběh tím, že je zachován jako celkový úhrn a periodicitu. Typickým příkladem jsou např. deště Šifalda.	
Reálná dešťová událost	Představuje záznam změřené a časově ohraničené srážkové události, jež ve stokovém systému způsobí jednu odtokovou událost (dle doby dotoku v povodí může jednu průtokovou vlnu způsobit i vícenásobná srážka nebo několik blízko po sobě jdoucích srážek).	Jediná možnost zdroje dat pro danou úlohu.
Historická dešťová řada	Je záznam všech srážek, jež se vyskytují zpravidla za jedno nebo víceleté období.	Použitelná pouze v případě, kdy srážkoměrná stanice leží přímo v zájmovém území (i tak nutno doplnit o další stanice).



Obr. 2 Historická řada Praha – Karlov v letech 1921 – 1999 (zdroj: ČHMÚ)

Zpracování dešťů do plošného rozdělení

Srážkové řady pro zpracování do metodik vhodných k řešení různých generelů kanalizace se stávají často technologicky a časově náročné. Umístění lokality a její charakteristika spolu s podnebím, představují vysoký vliv na průběh a chování srážkových událostí. Největší vliv má tvar terénu, nadmořská výška, vliv urbanizace (propustné a nepropustné plochy) a další. Časové a prostorové rozdělení srážky na povodí v modelované lokalitě je dlouhou dobu rozebíráno v odborné literatuře, kdy nejdůležitějším poznatkem ze všech je, že se zvětšující se velikosti povodí rostou i jevy a stávají se více dominantními. [\[1\]](#) [\[21\]](#)

V simulačních a modelovacích programech (například DHI Mike Urban nebo Mike +, jež budeme zde uplatňovat) jsou informace o srážkách využívány pro výpočet srážko-odtokového procesu v daném povodí. Tyto programy pracují s tzv. hydrologickými modely, popisující matematicky srážko-odtokový proces na základě zvolené metodiky. Pro většinu modelů se proces zjednodušuje a uvažujeme jeden srážkoměr na jedno povodí. Toto však komplikuje práci s již dostupnými modely, ne vždy se dokonale úplatní bodová informace z jednoho srážkoměru na plochu celého požadovaného povodí (také může dojít k nesprávnému odhadu umístění a podceníme tak zatížení lokální srážkou). Na druhou stranu, pokud máme menší povodí, tak můžeme mít méně dostupná data ze srážkoměrů. [\[1\]](#) [\[21\]](#)

Setkáváme se s následujícími hlavními problémy při řešení srážko-odtokového modelu pro ztvárnění skutečného stavu: [\[21\]](#)

- Časový a prostorový efekt deště
- Podcenění maximální možné intenzity na zasaženou plochu povodí

Jedno z možných řešení je kalibrace srážko-odtokových modelů. Kalibrace probíhá spojením měřené události na zvolených klíčových místech, které jsou na stokové síti a provedeném měření skutečného odtoku na stoce (přesněji rychlosti a hladin, případně průtoků). Tímto procesem můžeme eliminovat chyby za bez deštného období, problém intenzity a velikosti zasaženého povodí. Časový a prostorový problém ale přetrvává, převážně z důvodu nesoudržnosti dat získaných z měření v lokalitě.

Vzniká tak otázka, do jaké míry jsme schopni kalibrovaný model zatížit daty ze srážkoměrů, jež je umístěn v jiné lokalitě?

3. Obecný úvod do modelování městského odvodnění

Pro pochopení a kvalitní zpracování modelu městského odvodnění je potřeba si říct něco o zásadách a základních znalostech při modelování stokových sítí.

Městské odvodnění spadá do jednoho ze základních kamenů pro zajištění komfortu, životní úrovně a ochrany zdraví obyvatelstva dvacátého prvního století. Městské odvodnění (zkráceně MO) má také za povinnost splňovat požadavky pro ochranu životního prostředí a v dnešní době, i hospodaření s dešťovou vodou. [\[14\]](#)

Přestože v dnešní době většina obcí disponuje stokovými systémy, jež jsou zdokumentované nebo k nim můžeme najít podkladní až historickou dokumentaci, růst měst a stále rostoucí urbanizace krajiny způsobuje větší zátěž a nároky na funkčnost jejího systému. Původní systémy byly často navrženy pro splnění požadovaného účelu ve své dané době, ale pro dnešní dobu a vývoj lokality dochází k požadavkům na rekonstrukci, obnovu až vybudování nového systému pro splnění udržitelného vodního hospodářství v dané zájmové lokalitě. Pro těchto pár vypsanych požadavků tvoříme takzvané hydrologické simulační modely. [\[14\]](#)

MO zájmové lokality, jež chceme modelovat a vytvořit pro ni takzvaný simulační model, se skládá vždy z reálné lokality a jejího ohraničení (hranice jsou definovaná dle problematiky a našeho cíle řešení). Městské odvodnění se obvykle skládá z urbanizovaného povodí, stokové sítě (jednotné, oddělené), čistírny odpadních vod, recipientu a podzemní vody. [\[1\]](#) [\[14\]](#)

Urbanizovaná povodí jsou pro účely modelování definována velikostí a koeficientem odtokových poměrů pro nepropustné a propustné plochy. Tato povodí jsou poté převedena do uzlových bodů kanalizační sítě a napojena dle příslušných přípojek na stokové sítě nebo k nejbližšímu bodu, v tomto případě k nejbližší šachtě. Povodí rozlišujeme dle následujících definice plochy: [\[1\]](#) [\[14\]](#)

- Celková plocha povodí – definována hranicí urbanizovaného povodí kanalizace
- Efektivní nepropustná plocha povodí – jedná se o zpevněné plochy povodí, z nichž odtéká srážková voda přímo do kanalizace. Provádí se na základě analýzy měření srážek a příslušných měření průtoků v kanalizaci. Efektivní nepropustná plocha je základně menší než zpevněná plocha povodí.

3.1. Postupné řešení městského odvodnění

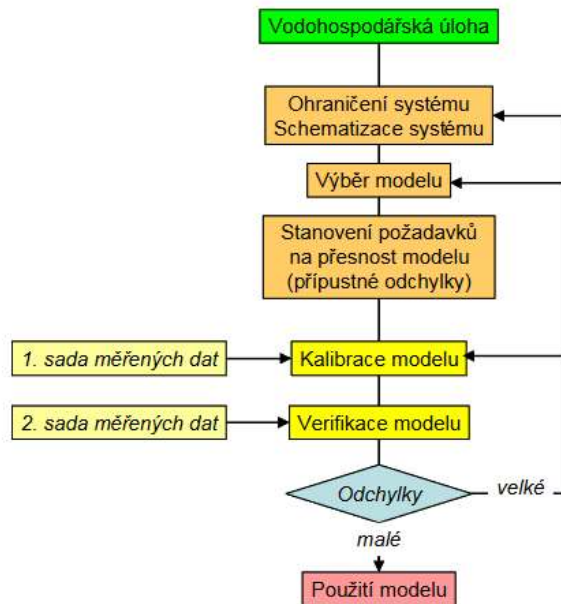
Historicky se přistupovalo k co nejrychlejšímu odvedení srážkových vod do vodních toků, tak aby nevznikaly veliké až nákladné škody. Jde tedy o systémy jednotné kanalizace (jež jsou převážně v České republice), kdy splašky společně se srážkovou vodou se odvedou na čistírnu odpadních vod skrze jedno potrubí. Historicky se nepočítalo s možnou retencí nebo zadržením odpadních vod v jakékoliv formě, nepočítalo se s možným znečištěním vodních toků, ani jejich sledováním.

V dnešní máme následující technologické a metodické přístupy k odvodnění urbanizovaného povodí: [\[14\]](#)

- **Integrální přístup k řešení** – jedná se o systémový přístup, kdy zahrnujeme důležité složky srážko-odtokových procesů, a to i z hlediska jakosti vody a množství. Jedná se o oblast vyhodnocení a zpracování srážek, odtoku po povrch, transportu vody a látek skrze stokovou síť, objekty a jejich chování. Ve zkratce se zabýváme tzv. emisními (znečištění do vodních toků) a imisními přístupy (znečištění ve vodních tocích). Toto řešení se nejvíce uplatní při návrhu investičních opatření.

- **Využití simulačních prostředků** – myslíme tím matematické modely skutečného stokového systému zkoumané lokality. Modely můžeme rozlišovat podle několika hledisek nejlépe podle druhů modelů, jež jsou popsány v následující kapitole. Rozhodující je, že simulační modely umožňují popsat celý nestacionární srážko-odtokový proces v urbanizovaném povodí, jakož i složité procesy v rozsáhlých odvodňovacích systémech.
- **Variantní a výhledové řešení** – využití simulačních modelů a jejich prostředků nám umožňuje posoudit různá opatření a vyhodnotit jejich efektivitu. Tato opatření, nebo varianty, přihlíží k možné výstavbě nových urbanizovaných ploch, růstu obyvatelstva (Ekvivalentních obyvatel) a jiné. Výsledné opatření je poté vybráno na základě technicko-ekonomického vyhodnocení, dle nejvíce optimálního scénáře.
- **Digitální zpracování** – neboli technologie simulačního modelování. Pro každý model je nezbytné sehnat odpovídající podklady (závisí na cílech projektové dokumentace a zadání od investora) a data. Musí dojít k největší správnosti, proto klademe extra důraz na verifikaci a kalibraci modelů podle provedených monitorovacích kampaní, abychom se co nejvíce přiblížili chování a funkci reálného systému městského odvodnění ve zkoumané lokalitě. Výhodou tohoto zpracování je jeho možná archivace a uchování dat pro možnou práci v budoucnu.
- **Aktualizace řešení odvodnění** – jak již název napovídá, jedná se o práci správy, údržby stokového systému a jeho koncepčního rozvoje. Jakmile máme k dispozici ověřený simulační model, stačí nám simulační model poupravit / doplnit a posoudit podle nových okolností, investičních záměrů, návrhů na částečnou změnu koncepce (připojení satelitní zástavby, odstávka části sítě, vypouštění velkého průtoku z nádrže, apod).

Úroveň modelování odpovídá dostupnosti, přesnosti dat a požadovaným cílům. Je však důležité rozhodnout včas o míře schematizace urbanizovaného povodí a stokové sítě pro stanovení požadavků na srážko-odtokový model.

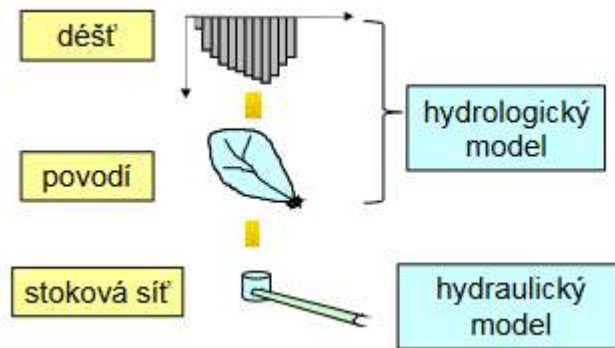


Obr. 3 schématický postup při modelování [14]

3.2. Popis srážko-odtokových procesů

Podrobnější popis vysvětlení metod a principy modelování jsou uvedeny v kapitole **Filozofie a zpracování hydrologicky simulačního modelu**.

Pro popis nebo výpočet používáme takzvané simulační srážko-odtokové modely, kde se zkoumá časově proměnný povrchový odtok z povodí a odtok ve stokové síti. Modely dělíme na dva druhy, hydrologické a hydraulické. [14]



Obr. 4 Simulační srážko-odtokové modely [14]

3.2.1. Hydrologické modely

Kolik vody odečte z povodí? Jakým způsobem je odtok převeden k zájmovému území? To jsou základní dva procesy, jimiž se hydrologické modelování zabývá. První se zabývá ohledně vytvoření povrchového odtoku nebo tvorbě efektivního deště, kdy je déšť zmenšen o ztráty v povodí, jež zabraňují nebo nepomáhají efektivnímu odtoku. Druhý se zabývá koncentrací povrchového odtoku a transformací efektivního deště na odtokový hydrogram. [14]

Hydrologické modely můžeme dělit dle několika metod výpočtu, např. podle koncentrace povrchového odtoku, a to na buď empirické (metody s využitím hydrogramu času a ploch, lineárního rezervoáru, jednotkového hydrogramu), fyzikální (popisují hydraulicky transport vody) a další. [14]

Povrchový odtok počítáme k jednotlivým šachtám a hydrogramy používáme jako vstupní data pro model stokové sítě nebo k jednotlivým objektům, např. odlehčovacích komorám, nádržím apod. kdy stoková síť se zanedbává. Z pohledu bilančních výpočtů množství odlehčených vod a případného znečištění nám stačí hrubší schematizace povodí. [14]

3.2.2. Hydraulické modely

Aplikujeme fyzikální metody výpočtu pro odtok ve stokové síti. Simulujeme vliv zpětného vzduť, tlakové proudění a vytékání vody nad terén (používáme rovnice dle Saint Venanta v 1D) Hydrodynamické výpočty používáme pro posouzení existujících stokových systémů, a to hlavně pro interakci s recipientem za extrémních zatěžovacích stavů. Z hlediska rekonstrukce nebo obnovy, výstavby stokových systémů se u projektů posuzuje celý nestacionární srážko-odtokový proces v povodí a odtok ve stokové síti za využití hydrodynamického modelu. [14] [6]

Pohybové rovnice dle De Saint Venanta nám pro simulaci odtoku ve stokové síti dávají výběr ze tří metod: [\[6\]](#)

- Kinematická vlna
- Difúzní vlna
- Dynamická vlna

Popisují neustálené proudění s volnou hladinou, jejichž základ je tvořen rovnicí kontinuity v diferenciálním vztahu (1) a rovnicí hybnosti (2). [\[6\]](#)

$$B \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial y}{\partial x} - gA(S_o - S_f) = 0 \quad (2)$$

Kde: Q je průtok [m^3/s], A plocha průtočného profilu [m^2] a B je šířka v hladině [m].

V těchto rovnicích hrají důležitou roli tlakové, setrvační, gravitační a třecí síly. Kinematická vlna využívá rovnici kontinuity a zjednodušenou rovnici hybnosti. Dynamická vlna využívá pohybovou rovnici a rovnici kontinuity, s využitím všech členů – tlakové, setrvační, gravitační a třecí síly.

3.3. Nástroje pro popis srážkoodtokových procesů

3.3.1. Storm Water Management Model – SWMM 5

Jedná se o jeden z nejvíce používaných srážko-odtokových simulačních modelů, vyvinut v USA společností pro ochranu životního prostředí EPA (Environmental Protection Agency). Program je volně dostupný, stažitelný, a to včetně rozšíření. Program simuluje povrchový odtok dle vstupních dat, jež jsou závislá na množství nepropustných ploch, sklonu, proudění v potrubí a parametrů stokové sítě jako sklon, průměr, materiál a další. Můžeme simulovat jednu událost, sérii srážkových událostí nebo průtok za bezdeštného stavu. Jeho prioritní používání směřuje k navržení opatření proti povodňovým vlnám nebo pro navržení retenčních a zadržovacích objektů, k analýze a plánování stokové sítě. Storm Water Management Model (zkráceně SWMM 5) dokáže počítat s více procesy jako jsou časově proměnné srážky, výpar z povrchu, s retencí a zadržováním vody, infiltrací a kvalitou vody a to v každém úseku stokové sítě. SWMM je schopen využít všechny tři výše uvedené metody, ale převažuje využívání kinematické vlny. [\[15\]](#)

SWMM zohledňuje různé hydrologické procesy, které způsobují odtok z městských oblastí. Tyto zahrnují: [\[15\]](#)

- Časově proměnné srážky
- Odpařování stojaté povrchové vody
- Akumulace a tání sněhu
- Zachycení srážek z retence
- Infiltrace srážek do nenasycených půdních vrstev
- Průchod infiltrované vody do vrstev podzemní vody
- Proudění mezi podzemní vodou a odvodňovacím systémem
- Zachycení a zadržování srážek/odtoků



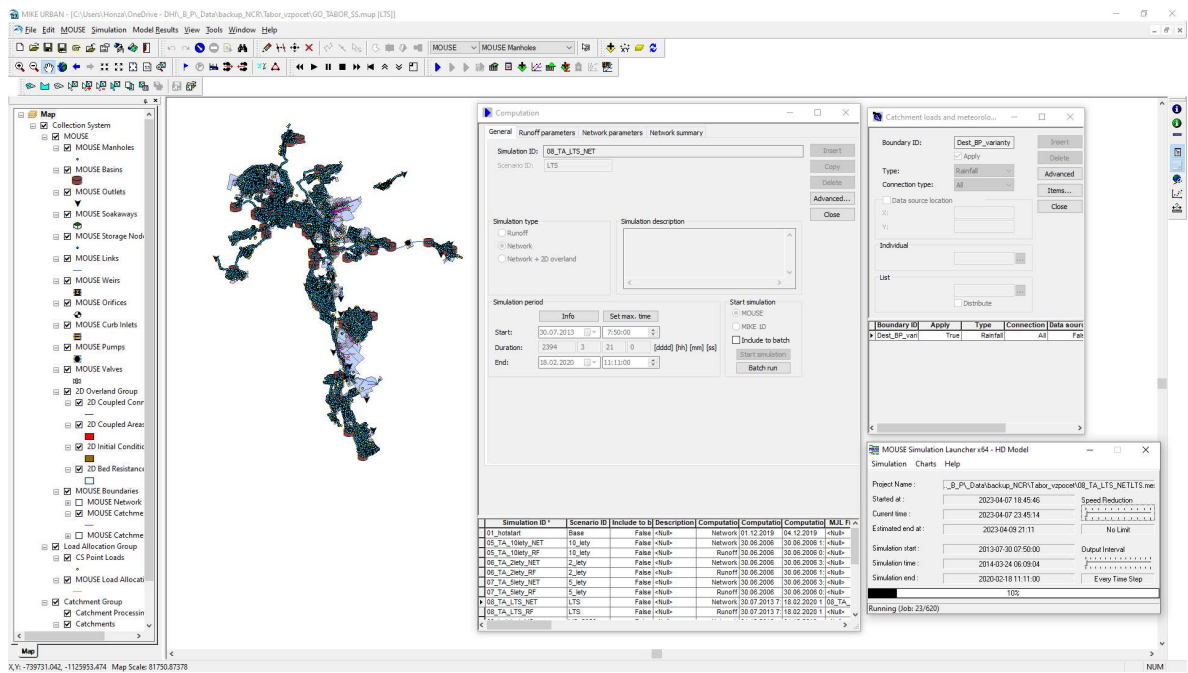
Obr. 5 Schéma odtoku dešťových vod do městského odvodnění [15]

3.3.2. MIKE URBAN Collection System – Mouse

MOUSE (MODEL for Urban SEwers – model pro městské kanalizace) je simulační modul v Mike URBAN, jenž se zaměřuje na modelování průtoku vod v otevřených tocích a kanálech. Modul poskytuje pokročilé funkce pro modelování hydrauliky, hydrologie a vodohospodářství. Modul byl vyvinut v roce 1983 společností DHI a.s. a využívá se jako výpočetní modul pro hydraulické modelování v Mike URBAN 2020 – CS (Collective Systems – stokové systémy). [16]

Simulační model v **MIKE URBAN** se skládá z šachet, objektů (odlehčovací šachty, retenční a dešťové zdrže apod.), potrubí, čerpacích stanic, uzávěrů, šoupat a škrcení. Základem pro funkční model je Model Manager, v němž zadáváme a manipulujeme s daty pro model a výsledky. [16]

Modul MOUSE (přesněji modul CS Rainfall - Runoff) používá hydrologické metody, např. plochy a času, kinematické vlny, dynamické vlny nebo jednotkového hydrogramu UHM, RDI (Rainfall dependent infiltration). Tyto hydrologické metody jsou aplikovány na konkrétní povodí, jež je v **MIKE URBAN** definováno jako geografický prvek reprezentující hydrologická městská povodí nebo oblasti kanalizace. Pro výpočet a simulaci odtoku v kanalizaci můžeme v **MIKE URBAN** použít všechny tři metody výpočtu (kinematická, difúzní a dynamická vlna), převážně ale používáme metodu dynamické vlny. [16]



Obr. 6 Prostředí programu MIKE URBAN 2020 od DHI a.s.

Moduly, nimiž MIKE URBAN disponuje: [\[17\]](#)

Hydrodynamické:

- HD – hydrodynamika
- RTC – řízení v reálném čase
- LTS – dlouhodobá statistika
- AD – Kvalita vody
- MIKE ECO Lab – Kvalita vody

Odtok srážkových vod:

- RR – Odtok srážkových vod
- SWQ – Kvalita odtoku srážkových vod
- Odtok z povodí
- Kvalita odtoku z povodí

Dlouhodobá statistika (LTS – Long-Term Statistics) je modul zabývající se časově efektivní simulací odpadních vod a městského odvodnění vystavených přerušovaným hydrologickým vstupům během dlouhých, nepřerušovaných historických období. [\[17\]](#)

LTS umožňuje snadné převedení běžné simulace pokrývající dlouhé historické období (typicky srážková data 10 - 30 let) na nesouvislou řadu relevantních hydrologických událostí a definování různých statistik založených na událostech. Tímto způsobem se dlouhodobá simulace stává proveditelnou i pro velké modely, protože se jak čas simulace, tak objem generovaných výstupních dat výrazně snižují ve srovnání s kontinuální simulací během stejného historického období. [\[17\]](#)

Na základě specifikovaných kritérií systém automaticky vybírá období pro dynamické simulace průtoku potrubím během srážkových událostí. Tím se výrazně snižuje čas simulace, zachovává se však přesnost simulace relevantních dynamických efektů v systému - přepadů, přetížení, emisí znečištění atd. [\[17\]](#)

Spuštění LTS simulace na správně vydefinovaném modelu městského odvodnění a s plánovanými rekonstrukcemi, obnovami, výhledovým stavem města, nám umožňuje spolehlivě otestovat a vyhodnotit dopady plánovaných investic na výkon a funkci systému na základě vypočítaných statistik. [17]

Statistiky pro určení maximální hladiny, průtoků, emisí, znečištění atd. generované simulací dlouhých kontinuálních období s ohledem na dopad zaznamenaných historických srážek, jsou zvláště užitečné pro hodnocení funkčnosti simulovaného systému. Statistiky se používají k porovnání účinků různých opatření, výkonnosti různých strategií řízení, efektivity náklady a přínosy plánovaných investic, stejně jako pro určení, zda funkčnost kanalizačního systému splňuje legislativní požadavky. [17]

Obr. 7 Výsledkový soubor pro LTS vytažený skrze program MIKE View od DHI a.s.

3.4. Běžné nejistoty a omezení modelování

Obecně platí, že i když simulace hydrologických procesů nabízejí mnoho výhod v termínech úspory času, podpory rozhodování a proveditelnosti pro složité systémy, mají také omezení, jež je třeba zvážit. Jako například chybné zobrazení chování systému, nedostatek flexibility a omezení optimalizace vývoje a provozních plánů nebo takzvané nejistoty „spoléhání“. [16]

- **Základní popis chování systému** – modely mohou mít omezení v přesném zobrazení reálných jevů kvůli matematické abstrakci, což může vést k odchylkám mezi výstupy modelu a skutečným chováním systému.
- **Nedostatek flexibility** – modely mohou být nepružné při přizpůsobování se změnám v provozním postupu, což vyžaduje náročné a časově náročné programování pro zkoumání různých scénářů.
- **Nejistota „spoléhání“** – modely mohou vnést riziko spoléhání na své výstupy, jež mohou obsahovat chyby a zkreslení způsobené zjednodušenými vstupními daty nebo nesprávně zvolenými parametry pro výpočet modelu.

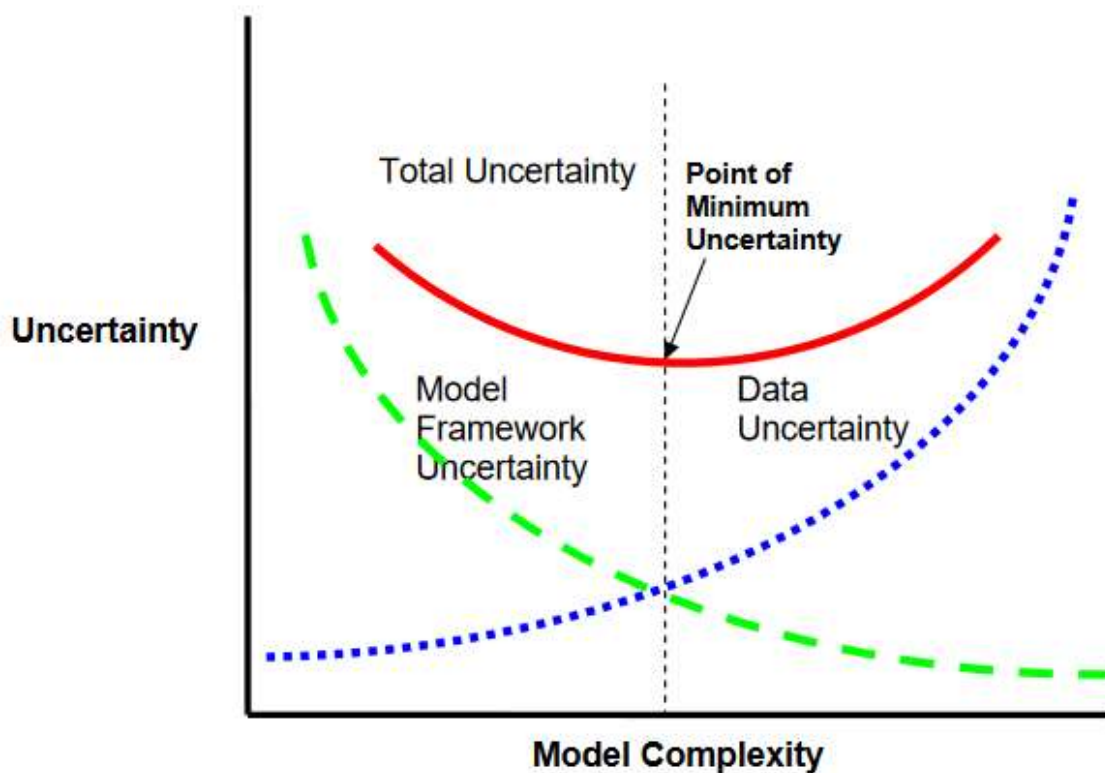
- **Omezená efektivita pro optimalizaci vývoje a provozních plánů** – modely nemusí být efektivně použity pro vypracování možností pro definované cíle, zejména při určování optimálního vývoje a provozních plánů.

Jiné nejistoty, nebo omezení správnosti chování simulačního modelu, mohou být způsobeny získanými podkladními daty nebo zjednodušeným zpracováním.

- **Stáří podkladních dat a GIS informací** – V dnešní době většina měst disponuje modelem z generelu odvodnění a aktualizuje si sama stav stokové sítě. Ne všude to tak platí, a proto je možné v dnešní době dostat jako podkladní data výkresy z roku 1958. Vlastník kanalizace je ze zákona povinen vytvořit a předat dokumentaci „Kanalizační řád“ před kolaudací. Vlastníci kanalizací, pro jejichž kanalizaci nebyl schválen kanalizační řád, jsou povinni jej zpracovat a předložit vodoprávnímu úřadu ke schválení do 1 roku ode dne nabytí účinnosti tohoto zákona. [\[18\]](#)
- **Neúplnost podkladních dat** – neznáme všechny parametry, dimenze potrubí, šachet nebo objektů. Vyžaduje se pak provedení pasportizace stokové sítě, do jak velkého detailu záleží na účelu projektu a v neposlední řadě i výši dostupných finančních prostředků na tyto práce.
- **Reálný stav vs. Výrobní stav** – Čerpací stanice mohou mít jinak nastavené spínací a vypínací hladiny. Často vzniká problém mezi provozem stokové sítě a projektanty, kdy provoz upraví nastavení čerpání dle potřeby.
- **Stav objektů** – stáří a údržba objektů hrají důležitou roli pro vytvoření modelu, jež odpovídá anebo je co nejvíce blízký realitě. V modelech nedokážeme často zadat přesný stav a geometrii objektů, to pak způsobuje nepřesnosti.
- **Kalibrační srážky** – špatné zvolení či zpracování zatěžovacích kalibračních srážek nebo jejich neúplnost způsobuje často velké rozdíly oproti údajům naměřených provozem na ČOV.
- **Nejistoty během monitorovacích kampaní** – nejistoty vzniklé při měření dat, možné výpadky měřicí techniky, ucpání nebo zamrznutí srážkoměrů, špatné umístění přístrojů (reprezentování povodí – špatně zvolení uzávěrného profilu).
- **Další** – špatný odhad balastních vod, špatně připojená povodí atd.

I kdyby se nám povedlo vyhnout vypsáním faktorům, každý model bude vykazovat určitou odchylku od reality, a to buď protože jsou procesy moc stochastické / náhodné nebo příliš složité pro přísný deterministický popis (předpoklad, že stav věcí je založen na předchozích událostech). Tuto nedostatečnost lze vyřešit statistickými úvahami při návrhu opatření. [\[19\]](#)

Mezi další nejistoty spadá také složitost modelu. S čím větším modelem pracujeme nebo s čím více prvky v modelu, tím je větší riziko vytvoření nejistot. Může dojít k nepřesnému popisu, či příliš detailnímu popisu, jež nám spíš v modelu uškodí, než pomůže. Samozřejmě nemůžeme také model až moc zjednodušit, sice nám potom klesne množství nejistot, ale jeho přesnost také. Následující graf zobrazuje vztah mezi složitostí modelu a nejistotami, kdy čárkovaná čára zobrazuje stav, kde se přibližně chceme ocitnout.



Obr. 8 Vztah mezi nejistotami a modelovou komplexitou. [28]

Hydroinformatika a umělá inteligence – jedná se o koncept využívání databází, simulačních modelů, grafických komponentů, jež nám splňují základní podmínku úspěšnosti při použití softwarových prostředků a možnost komplexnějšího řešení. Pro to se hned nabízí využití umělé inteligence (v dnešní době nejvíce rozšířený ChatGPT nebo GPT-4), jež nám může nahradit úsudek inženýra skrze prvky umělé inteligence. Může také pomoci s tvořením modelů nebo programováním až automatizací procesů. V dnešní době se umělá inteligence posunula už do rozmezí, kdy nám tyto možnosti poskytuje a můžeme ji nasměrovat i ke komplexnějším odpovědím, pomoci a návrhům či vypsání celého funkčního kódu. Z toho ale vyplývá několik nejistot. Většina umělých inteligencí je postavena na studujícím algoritmu, publikovaných datech a dalších informacích, jež skrze položené otázky a možnosti čtení webových stránek nebo nějaké vnitřní uložené databáze rozšiřuje funkci a komplexnost odpovědí (ne všechny umělé inteligence mají tuto možnost a přístup čist stránky). Největší nejistotu, která z tohoto plyne je nevědomost nebo slepota dovnitř. Tím se myslí, že mimo vývojářů pořádně nikdo neví, na čem staví své odpovědi, znalosti a podobně. Například ChatGPT, vám neprozradí nic o svém „kódu“ a jeho funkci, složení nebo na čem staví, pouze hrubý základ. [1] [29]

NO

Hi, I'm writing about you in my bachelor thesis and I want to ask you few following questions. Can you tell me if you store any questions that you're asked? Can you tell how you build your answers or how your algorithm works? And most important question, do you think that using you brings a lot of uncertainty?



Hello! As an AI language model, I don't have the ability to store or recall any past interactions or questions. Each conversation with me is treated as an isolated session, and I don't have memory of previous conversations.

Regarding how I build my answers, I generate responses based on a mixture of licensed data, data created by human trainers, and publicly available data. I do not have access to real-time information or the ability to browse the internet. My responses are generated based on patterns learned from the large corpus of text data I was trained on prior to my knowledge cutoff date in September 2021.

It's important to note that while I strive to provide accurate and helpful information, I can still generate incorrect or misleading responses. Users should always independently verify any information obtained from me, as I do not have the ability to guarantee the accuracy or reliability of my responses.

As for uncertainty, yes, there can be limitations and uncertainties associated with using AI language models like me. Since I generate responses based on patterns learned from data, I may not always fully understand the context or nuances of a question, and my answers may not always be accurate or complete. It's essential to critically evaluate and corroborate the information provided by AI models with reliable sources, especially in academic or research settings. It's also important to consider ethical implications, such as bias in data and potential consequences of relying solely on AI-generated content without human oversight.

Obr. 9 vygenerovaná odpověď umělé inteligence ChatGPT. [\[29\]](#)

4. Monitoring srážkových dat

Měření srážek je možné provádět několika způsoby, závisí ale na typu použité srážkoměrné stanice. Srážkoměrné stanice dělíme buď na manuální nebo automatické. Mezi automatické spadá člunkový, váhový nebo optický srážkoměr.

Monitoring srážek rozlišujeme do následujících kategorií:

- Dočasný (účelový)
 - Krátkodobý (hodiny až dny)
 - Střednědobý (dny až týdny) – nejčastější, pro kalibraci matematických modelů
- Trvalý (systémový)

Dočasný monitoring je hlavně používán pro získání dat ke kalibraci a verifikaci srážko-odtokového simulačního modelu. Počet umístěných srážkoměrů se odvíjí od velikosti modelované lokality, minimálně umístíme 3 srážkoměrné stanice pro popis plošného rozdělení deště nad územím, u něhož zkoumáme odtokové poměry v kanalizaci. [5]

Tab. č. 4 Doporučení pro volbu počtu a umístění srážkoměrných stanic [5]

Počet srážkoměrů	Velikost povodí	Umístění
1 srážkoměrná stanice	Pro velmi malá povodí (v řádu jednotek hektarů).	Pokud možno v centru povodí / stokové sítě.
2 srážkoměrné stanice	Pro velmi malá povodí (v řádu jednotek hektarů). Neumožňují popis prostorového rozložení srážek. Druhý srážkoměr plní funkci záložní nebo referenční.	Pokud možno v centru povodí / stokové sítě, nepříliš daleko od sebe.
3 srážkoměrné stanice	Minimální počet pro popis plošného rozdělení deště.	Do trojúhelníku (rovnostranného, pokud podmínky umožní).
více srážkoměrných stanic	Pro rozsáhlejší povodí.	Dle rozložení území a stokové sítě, nejlépe do mřížky orientované proti směru převládajících dešťů.

Kampaň pro dočasný monitoring trvá zpravidla 8 – 12 týdnů (nejméně však 6 týdnů). Kampaň je doporučené provést v hydrologicky vhodném období, tj. duben – září (až říjen, záleží dle lokality) kdy očekáváme vysoký výskyt a pravděpodobnost přívalových dešťů, jež nám dodají údaje o kapacitních možnostech stokové sítě. [5]

Trvalý monitoring je instalován primárně vlastníkem nebo provozovatelem stokové sítě za účelem plnění úloh posouzení hydraulického chování stokové sítě, řízení systému v reálném čase nebo při vyšetřování škod vzniklých přetížením stokové sítě. Data ze stanic jsou online připojena na dispečink. Nejčastěji tento typ monitoringu aplikujeme pro větší města s rozsáhlejším povodím s pravidelnějším rozmístěním. [5]

4.1. Používaná měřící technika

Instalace a předpoklady pro měření srážek – umístění + podmínky + obsluha

Manuální srážkoměr se skládá ze dvou nádob pro zachycení srážek, konvici s odměrkou a nálevkou o sběrné ploše. Pro správnou funkci a měření srážek musíme zajistit, aby nádobky byly výš než 1 m nad terénem (nebo sněhovou pokrývkou) a v letním období byly zakryty nálevkou pro omezení výparu vody. Srážky jsou poté během dešťové události ručně odečítány ze stupnice na odměrce a zapsány pro vyhodnocení. [9]



Obr. 10 manuální srážkoměr [9]

Ombrograf je přístroj umožňující zjistit časový průběh srážkové události a její intenzity. Srážkoměr se nejvíce uplatnil během letního období (bezmrazového). Jeho funkce spočívá v zachycení dešťové vody ze zachytné nádoby do svislého válce, v němž se zvedá plovák dle intenzity. Plovák je propojen zapisovacím perem, jež запиše průběh deště na papír upevněný na otáčivém válci s hodinovým strojkem uvnitř přístroje. Jakmile voda dosáhne určité výše, sběrný válec se automaticky vyprázdní do spodní nádoby a pero klesne do nulové polohy. Je tak možné zapsat neomezené množství srážek. [11] [30]



Obr. 11 Ombrograf Ganser [30]

Váhový srážkoměr je určen k měření jak tekutých, tak i tuhých srážek. Skládá se ze dvou nádob a čerpadla, jež zajišťuje transport kapalin z jedné nádoby do druhé. Ve vrchní nádobě se sbírá srážková voda. Tato nádoba obsahuje nemrznoucí kapalinu (napomáhá tak rozpouštět tuhé srážky) a vrstvu silikonového oleje, jež zabraňuje výparu. Vrchní nádoba stojí na tenzometrické váze, připojené k řídicí jednotce, která zaznamenává hodnoty a napomáhá tak kontinuálnímu sběru a měření srážkových událostí. Spodní nádoba plní funkci shromažďující, pro další možné využití srážkové vody. [\[13\]](#)



Obr. 12 Váhový srážkoměr MRW500 [\[13\]](#)

Optický srážkoměr je stále se vyvíjející technologie, v současné době nejnovější z technologií měření srážek. Jeho princip spočívá v měření intenzity za pomoci 4 odrazených infračervených paprsků vysílané senzorem, jež jsou přerušeny kapkami vody na průhledném kulovém krytu. Tato technologie má vysokou přesnost měření srážek až o velikosti 0,5 mm, nicméně je to technologie velice citlivá na okolní rušivé vlivy. Musíme tedy vzít více v potaz více nestandardních faktorů jako světlo pouličních lamp, mrholení nebo nečistoty jež nám mohou výrazně ovlivnit měření srážkové události. [\[12\]](#)



Obr. 13 Optický srážkoměr Fiedler RG-11 [\[12\]](#)

Člunkový srážkoměr, jež je u nás nejčastěji používaný, je založen na principu počítání pulsů od překlopení dvoudílného člunku, který je umístěn pod výtokem ze sběrné nádoby. Během srážkové události se srážka přes sběrnou plochu (nejčastěji o ploše 500 cm²) protéká do horní nakloněné části člunku. Jakmile se tato část člunku naplní (standartně 5 ml srážkové vody), člunek se překlopí a vyšle puls do registrační jednotky pro záznam. Po překlopení odeče voda skrze výtokový otvor, člunek se nevrátí do předchozí polohy, ale čeká na naplnění druhé strany. Takto člunek střídavě a zaznamenává jednotlivá překlopení po celou dobu srážkové události. [\[4\]](#) [\[11\]](#)



Obr. 14 základna pro srážkoměr a srážkoměr Fiedler AMS SR03 [\[4\]](#)

Meteorologický radar je typ srážkoměru o rozměru celé budovy. Funguje za pomoci vysílání krátkých elektromagnetických vln do atmosféry ve formě úzkého svazku a využití schopnosti odrazu radiové vlny od srážkových kapek nebo sněhových vloček. Jakmile se v atmosféře tato vlna odrazí, je následně zaregistrována anténou na radaru. Můžeme tedy získat následující informace: [\[5\]](#)

- Odhad velikosti srážek
- Rychlost kapek
- Směr postupu srážek
- Plošné rozložení srážek

V dnešní době provozuje Český hydrometeorologický ústav dva radary, jeden v Praze – Brdy a druhý na stanovišti Skalka u Protivanova. Radary zvládnou detekovat výrazné srážky do cca 250 km od radarů v kruhovém rozsahu a pro odhad okamžitých intenzit srážek do cca 150 km od radarů. Měření probíhá z 15 – 20 otáček antény s proměnným výškovým úhlem a jsou opakována každých 5 – 15 minut. [\[10\]](#)



Obr. 15 Meteorologická radarová věž Praha - Brdy [31]

4.2. Instalace srážkoměrů v terénu a jejich obsluha

Instalace srážkoměrné stanice se rozděluje do několika fází:

- Výběr místa pro instalaci (nejčastěji ploché střechy s omezeným přístupem – budovy škol, oplocené pozemky s omezeným přístupem)
- Příprava srážkoměru k instalaci
- Instalace v terénu – výjezd monitorovacího týmu
- Kontrola a údržba srážkoměrné stanice
- Odinstalace srážkoměrné stanice
- Údržba a kontrola přístroje před opětovným vysazením

Potřebujeme zajistit přístup srážkám ze všech směrů, proto jsou pro nás nejvhodnější ploché střechy nebo areály, jež nemají v okolí několika metrů stromy či jiné překážky. Důležité je také dodržet minimální výšku srážkoměru nad terénem, jež je 1 m nad terénem pro Českou republiku. Pokud srážkoměr postavíme na zelenou plochu nebo na zahradě, musíme vzít v potaz zavlažovací zařízení. Každý srážkoměr (v dnešní době převážně člunkový) by měl být zajištěn odpuzovačem ptactva pro ochranu trychtýře proti ptačímu trusu. [5]

Mezi nejčastější vybrané plochy / budovy instalace náleží:

- Budovy škol – základní, střední mateřské atd.
- Čistírna odpadních vod
- Uzamykatelný areál průmyslu
- Městský úřad
- Vojenský areál kasáren nebo podobné (vyžaduje doprovod a povolení od AČR)
- Jiné – dle dohody s majitelem pozemku

Srážkoměrná stanice vyžaduje během monitorovací kampaně kontrolu a pravidelnou obsluhu. Stanice mohou být v dnešní době vybaveny solárním panelem (tak aby ale nezabraňoval, nezmenšoval plochu pro zachycení srážek) pro dobíjení baterií v rámci dočasného monitoringu. Největší riziko představuje ucpání nebo zanesení trychtýře, jenž může zmenšit přítok srážkové vody nebo úplně zastavit měření. Musíme tedy klást velký důraz na kontrolu dat a požadavek na referenční srážkoměr, pro včasné odhalení a vyslání monitorovacího týmu. [\[5\]](#)

4.3. Požadavky na srážková data

Samotné měření srážek závisí na tom, k čemu budou srážková data zapotřebí. Můžeme si identifikovat základní kategorie, jež jsou nejčastějším požadavkem. výpočet špičkového průtoku, bilanční výpočet, výpočet objemů pro zadržení dešťových vod v nádrži anebo pro výpočet průtoků.

V tomto směru musíme dodržet následující požadavky a jejich vlastnosti: [\[5\]](#) [\[6\]](#)

- **Doba záznamu** – 10 – 20 let (řada by měla být vždy minimálně dvounásobkem zkoumané četnosti. Například pro 5letý efekt bude potřeba řada 10letá)
- **Časový krok záznamu** – srážková data se záznamem každou 1 minutu (závisí na účelu použití dat, přesto se volí časový krok s největším rozlišením)
- **Množství stanic** – záleží na zadání úlohy, minimálně musí být 1 stanice. Pokud máme rozsáhlejší povodí a je možnost vysadit více stanic, můžeme dát jednu stanici na 1,5 - 1km², obecně čím větší / složitější stoková síť tím více hraje v roli i rozložení stanic a jejich plošným rozdělením deště.
- **Časová značka stanic** – běžně UTC +00 (Koordinovaný světový čas, v ČR převážně stahujeme data buď k UTC + 00. Nebo UTC +01, který odpovídá zimnímu období)
- **Kalibrace srážkoměrů** – pro odstranění chyb během měření (tolerance je mezi 3 – 5%)
- **Výpadky měření** – tolerance = žádná (platí jak pro dočasné, tak trvalé měření).

4.4. Kalibrace srážkoměrů

Z důvodu měnící se přesnosti měřící techniky je za potřebí provádět před zahájením monitoringu kalibrace přístroje (Kalibrace srážkoměrů by se měla provádět minimálně jednou za rok). Kalibrace se provádí buď na místě nebo na dílně, ale vždy před zahájením měrné kampaně. Provádíme kalibrace statické a dynamické, kdy statické kalibrace můžeme provádět těsně před zahájením měření už s vysazeným srážkoměrem (například postaveným na střeše budovy). Každý výrobce / dodavatel může uplatňovat své nebo rozdílné kalibrace srážkoměrů. Nejčastěji se však používají člunkové srážkoměry podobné typu Fiedler SR03, a proto uvádím následující kalibrační metody. [\[7\]](#) [\[8\]](#)

Kalibrace nastavení objemu srážek neboli také mechanická kalibrace, se provádí pomocí takzvaných kalibračních stavěcích šroubů. Šrouby jsou umístěny pod rameny překlápějícího člunku a pomáhají nám nastavit objem srážek pro jedno překlopení měrného člunku. Čím více točíme s nastavitelným šroubem na jedné straně výš, tím nižší objem stačí na překlopení protilehlého člunku a obráceně.

Například: přes sběrnou plochu srážkoměru jsme pomalu nalévali objem vody 500 ml. Na jednotce jsme zaregistrovali 103 pulsů překlopení. Musíme tedy provést výpočet, kdy koeficient kalibrace $A1 = 100 \text{ požadovaných pulsů} / 103 \text{ získaných pulsů} = 0.97087$. Tento koeficient se později запиše do registrační jednotky skrze Fiedler AMS software MOST nebo do jiného dle výrobce. [\[7\]](#) [\[8\]](#)

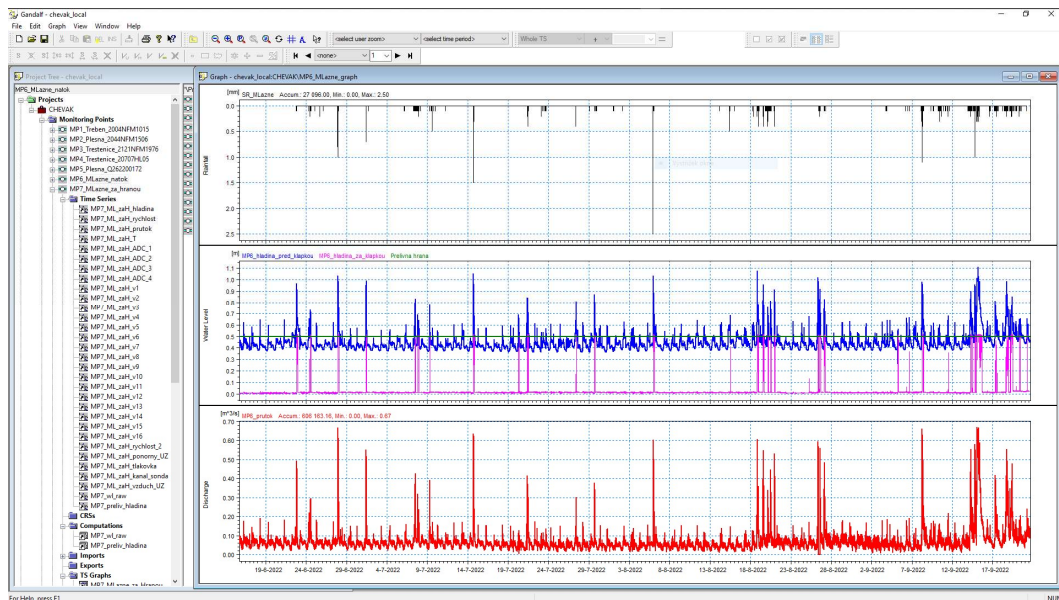
4.5. Příprava změřených dat pro model

Data ze srážkoměrných stanic můžeme získat v různých formátech, ať už od *.txt, *.csv nebo jiné (záleží na typu srážkoměrné stanice a její jednotce). Datový set získáváme buď od monitorovacího týmu v balíku po stažení z přístroje, online na webu, kam je jednotka odesílá (liší se podle výrobce) anebo od provozu v datovém balíku.

Protože pracuji s kalibrovaným a verifikovaným modelem aglomerace Tábor, vytvořený firmou DHI a.s., jež využila software MIKE URBAN 2020 pro vytvoření simulačního modelu, budeme se zabývat převážně srážkovými daty ve formátu *.dfs nebo *.dfs0 a implementování skrze software DHI Gandalf. Jedná se hlavně o interní nástroj (je možné zažádat o klientskou verzi) a vyžaduje řádné zaškolení.

Program DHI Gandalf byl vytvořen v roce 1996 a jeho hlavní funkcí je zpracování dat naměřených v terénu pro městské odvodnění. Byl speciálně vyvinut pro zpracování, řízení, kontrolu a prezentování naměřených dat v časové ose. Software podporuje různé formáty dat a vstupů z monitorovacích kampaní, od dat z průtokoměrů, hladinoměrů, srážkoměrů a další. Stejně jako podporuje různá data pro import, může i v různých datových formátech ukládat a exportovat. Nejčastěji ukládáme buď ve formátu *.dfs a *.dfs0 (na rozdíl od dfs, dfs0 neukládá extra údaje, pouze časový krok a hodnotu - tedy bez jednotek) nebo *.txt. [20]

DHI Gandalf byl vyvinut právě pro zpracování surových dat do kalibrovaných, verifikovaných dat pro kalibraci modelů nebo vyhodnocení objektů na kanalizační síti. Program byl navržen tak aby snadno dokázal zpracovat velké množství dat, obsahující časové řady několika let, uložené v minutovém až vteřinovém kroku. Pro větší přehlednost je možné si veškerá data (se správným nastavením) zobrazit v tematicky zaměřených grafech. [20]



Obr. 16 Prostředí programu DHI Gandalf

5. Charakteristika zájmové lokality

Model, jež nám byl propůjčen se nachází v oblasti Jihočeského kraje. Mnou zkoumaná aglomerace měst sestávající se z měst (k 1.1. 2020) Tábor o počtu 34 280 obyvatel, Sezimovo Ústí se 7 220 obyvatel a Planá nad Lužnicí s 4 330 obyvatel. Toto uskupení nás zajímá jako jeden celek (aglomerace), a proto tedy o něm budeme tak i mluvit dále či jej označovat jako modelová oblast.

Modelová oblast spadá do středoevropského podnebního typu, kde se proměnlivě mění vlivy mezi oceánem na západě a vlivem kontinentálního podnebí z východu, díky tomu má počasí má velmi střídavý průběh v roce. Podle klimatické klasifikace ČR zapadá toto území do mírně vlhké a teplé oblasti (může se měnit dle nadmořské výšky). Průměrné roční teploty se pohybují kolem 8 °C, průměrné červencové teploty jsou 16 °C, průměrné lednové teploty mohou spadnout až na –4 °C (k 1.1.2020). [32]

Zvolená modelová oblast, kde doposud zůstala zachována působivá přírodní a historická scenérie, z převážné části zaujímá Táborská pahorkatina a Třeboňská pánev. Jako dominantní řeka pro tuto oblast je řeka Lužnice s několika soutoky menších povodí. Táborská pahorkatina dosahuje nejvyšších výšek přes 700 m n. m. a její lesy jsou převážně smíšené a smrkové. V oblasti Třeboňské pánve je vybudována soustava rybníků a kanálů, lesy jsou zde nivní a je zde spousta rašelinišť. Nadmořská výška se pohybuje okolo 430–530 m n. m. Zbytek se skládá z kulturních krajín jako například: pole, louky, komunikace a osídlené oblasti. Rozloha táborského regionu je 1.300 km². Nejvyšší bod města Tábora – Žižkovo náměstí – se nachází v nadmořské výšce 450 m n. m. [32]

Řeka Lužnice prochází a ovlivňuje všechny tři města námi zvolené modelové oblasti. V Táboře se k hlavnímu toku připojuje Tismenický potok, v Sezimově Ústí potok Kozský a v Plané n/Lužnicí a na závěr potok Borecký. Řeka Lužnice je vodohospodářsky významný vodní tok, jež má vyhlášené záplavové území pro stoletou vodu(Q100). [32]

5.1. Město Tábor

Město Tábor je jedno z jihočeských měst, jež má bohatou historii a mnoho architektonických památek i přírodní krásy. Mezi nejznámější historické spojení patří spojení s husitským hnutím v 15. století a jeho známými osobnostmi – například Janem Žižkou z Trocnova, spoluzakladatelem husitského Tábora. [33]

V samotném centru města se nachází nejstarší údolní nádrž ve střední Evropě, zvaná Jordán, která vznikla v roce 1492. [33]

V dnešní době se město Tábor považuje za stavebně a průmyslově pokročilé město díky modernějším činnostem, jejichž ovlivnění přesáhlo i hranice regionu. Souměstí měst Tábor, Sezimovo Ústí a Planá nad Lužnicí se stala druhou největší koncentrací obyvatel a hospodářských aktivit v jižních Čechách.

5.2. Sezimovo Ústí

Město Sezimovo Ústí se nachází 5 km jižně od Tábora na soutoku řeky Lužnice a Kozského potoka. V jeho blízkosti se nachází zřícenina Kozího hrádka, kde kázal Mistr Jan Hus. [34]

První zmínka o Sezimově Ústí je v dokumentu z roku 1262, jež se týká Dominikánského kláštera. Postupem času se Sezimovo Ústí stalo středověkým hospodářským střediskem. K jeho rozvoji přispívaly doly na stříbrnou rudu, o jejichž existenci máme zprávy z roku 1272 a 1345. Ze

zlomkovitých písemných pramenů a archeologických nálezů víme, že koncem 14. a počátkem 15. století bylo Sezimovo Ústí prosperujícím řemeslnickým městem a kolébkou husitství. V souvislosti s pobytem Mistra Jana Husa v Sezimově Ústí a s probíhajícími církevními reformami bylo město v roce 1420 vlastními obyvateli zničeno a zapáleno. Důvodem byla strategicky nevýhodná poloha města, jež nebylo dobře chráněno před případným dobytím. [34]

5.3. Planá nad Lužnicí

Město Planá nad Lužnicí je situováno na severním okraji Jižních Čech na rozhraní Třeboňské pánve a Vlašimské vrchoviny, 60 km severně od Českých Budějovic (centra jižních Čech). [35]

První písemná a historická zmínka je zlehka nastíněna v dopise biskupa Tobiáše z Bechyně mezi lety 1288–9. V té době byla Planá součástí pražského biskupství. Ovšem již na přelomu století 13. a 14. patřila k panství Vítkovců z nedalekého Ústí. Jan z Ústí byl horlivým přívržencem Mistra Jana Husa. Po nástupu katolicky orientovaného Oldřicha bylo však město husity vypáleno, a tak i Planá se stává kolonií nově založeného husitského Tábora. Během třicetileté války byla obec velmi zničena, což dokazuje první soupis obyvatelstva z roku 1654. Planá čítá pouze 6 dvorů, 1 chalupníka a 5 domkařů. Koncem 17. století získávají Planou Šternberkové a později páni z Lobkovic. Ti se stávají jejími majiteli po dobu téměř dvou set let. [35]

Dnes i přes průmyslový rozvoj a ostatní civilizační změny stále plní Planá nad Lužnicí svoji funkci příjemné a vyhledávané rekreační oblasti.

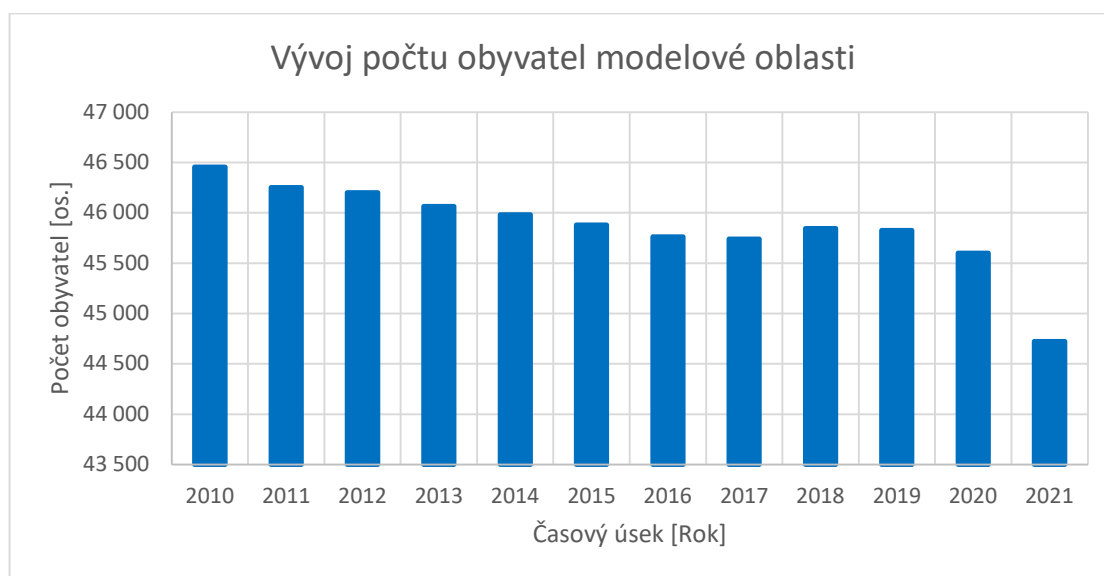
5.4. Obyvatelstvo

Počet obyvatel v modelové oblasti během posledního desetiletí se pohybuje okolo 45 000 obyvatel, z toho většina (33 500 obyvatel) v samotném Táboře. Vývoj počtu obyvatel za jednotlivé roky můžeme vidět v tabulce níže. [24]

Tab. č. 5 Vývoj počtu obyvatel v modelové oblasti v l. 2010 – 2021 dle údajů ČSÚ [24]

Název města / rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Město Tábor	35 334	35 096	35 024	34 858	34 716	34 641
Sezimovo Ústí	7 329	7 315	7 299	7 287	7 306	7 275
Planá nad Lužnicí	3 792	3 841	3 878	3 918	3 960	3 964
Celkem	46 455	46 252	46 201	46 063	45 982	45 880

Název města / rok	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Město Tábor	34 482	34 467	34 456	34 277	34 119	33 410
Sezimovo Ústí	7 251	7 233	7 257	7 221	7 176	7 018
Planá nad Lužnicí	4 028	4 041	4 132	4 328	4 305	4 296
Celkem	45 761	45 741	45 845	45 826	45 600	44 724



Obr. 17 Vývoj počtu obyvatel v modelové oblasti v l. 2010 – 2021 dle údajů ČSÚ [24]

5.5. Stokový systém aglomerace Tábor, Sezimovo Ústí a Planá nad Lužnicí

Aglomerace měst Tábor, Sezimovo Ústí a Planá nad Lužnicí je tvořena z větší části jednotnou stokovou sítí. Veškeré odpadní vody, z průmyslových a výrobních areálů, městských vybaveností a celkově urbanizovaných zón jsou odváděny gravitačně na dvě čistírny vod – Areálová čistírna odpadních vod a čistírna odpadních vod Klokoty (dále jen jako AČOV a ČOV Klokoty). [23]

Stoková síť je rozdělena do několika povodí. Každé povodí je odkanalizováno svým hlavním kmenovým sběračem, na nějž jsou napojeny menší nebo vedlejší stoky celého systému. V dnešní době známe následující sběrače – Průmyslový přivaděč, Sběrač A, Sběrač B, Sběrač C, Sběrač D, pravobřežní (proti spádový) sběrač a štola Jordán – Údolní. [23]

Průmyslový přivaděč PP [23]

- vybudován v roce 1992, plní funkci odvedení odpadních vod sběrače Planá nad Lužnicí, z průmyslových areálů a z občanského souměstí Sezimovo Ústí a sídliště Lužnice. Celková délka tratě přivaděče činí 4 914 m s rozměry převážně DN 600, jež přivádí odpadní vody na AČOV. PP je současně propojen na třech místech se sběračem A, to umožňuje vzájemně regulovat a propouštět průtok, také k odstavení jednotlivých větví.

Sběrač A [23]

- dělíme v dnešní době na dva úseky, první (označíme jako **A_I**) mezi Planá nad Lužnicí a AČOV s délkou 5 190 m, jež nemá jeden nebo převládající profil a materiál. Druhý (označíme jako **A_II**) mezi AČOV a ČOV Klokoty s délkou 4 520 m. Sběrač byl vybudován v letech 1949 – 53, můžeme tak říct, že se jedná o hlavní sběrač a také nejdůležitější díky jeho dlouhé historii.
- **Úsek A_I** až do roku 1991 přiváděl odpadní vody z celého souměstí na tehdy jedinou ČOV Klokoty. Po vybudování úseku **A_II** se skrze první úsek odpadní vody přivádí na dnes dvě čistírny. V dnešní době slouží sběrač jako převážně jako posilující pro PP a jsou do tohoto úseku ústěny i sběrače **B** a **D** z dílčích lokalit.

- **Úsek A_II** přivádí odpadní vody na ČOV Klokoty, začíná v šachtě za shybkou AČOV Tábor, kde je uzavřen a cca 600 m je nepoužívaný. Sběrač "A" sleduje pravý břeh řeky Lužnice. Trasa vede ulicemi Na Bydžově, Lužnická, Bechyňská a ulicí Pintovka až na ČOV Klokoty. V místě ústí Tismenického potoka do řeky Lužnice v lokalitě "Na prádle" je na sběrač **A** napojen sběrač **B**.

Sběrač B [\[23\]](#)

- Vybudován v letech 1953 – 1965 v délce 1 669 m a rekonstruován v letech 2004 – 05. Starý úsek odvádí odpadní vody z povodí Nové město – severní část, Staré město – severní část, Náchodské sídliště, Na Písecké, Náchod, Pražské sídliště, část oblasti Klokoty. Novější úsek sběrače **B** odvádí vody z povodí Tábor – Čekanice.

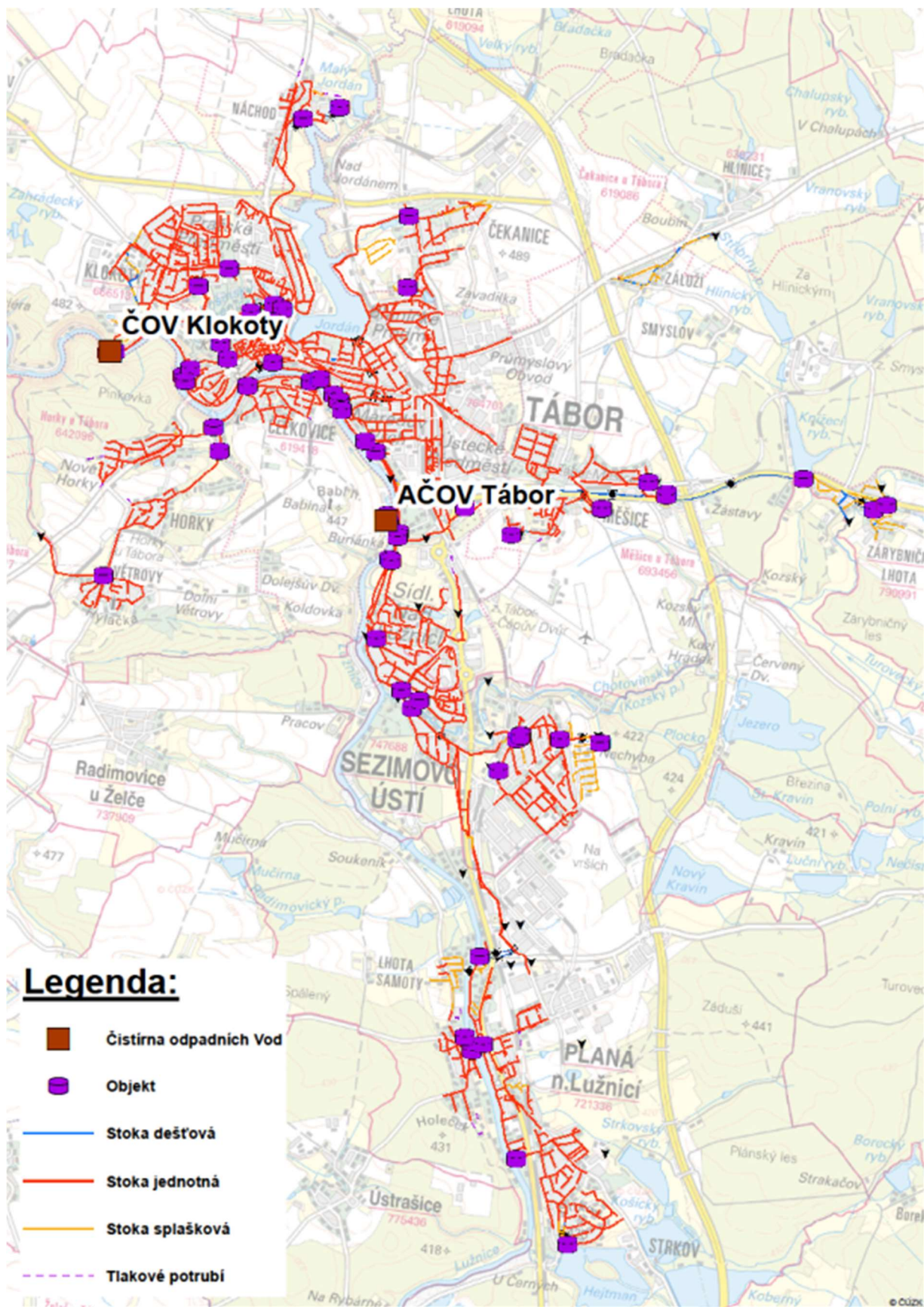
Sběrač C [\[23\]](#)

- Vybudován v roce 1996 s délkou 1 456 m, byl vystaven jako propojení části Čelkovic a kanalizačního systému Horky, Větrovy, kde pak ústí do sběrače A. Sběrač je připojen na ČOV Klokoty pomocí přečerpávací stanice.

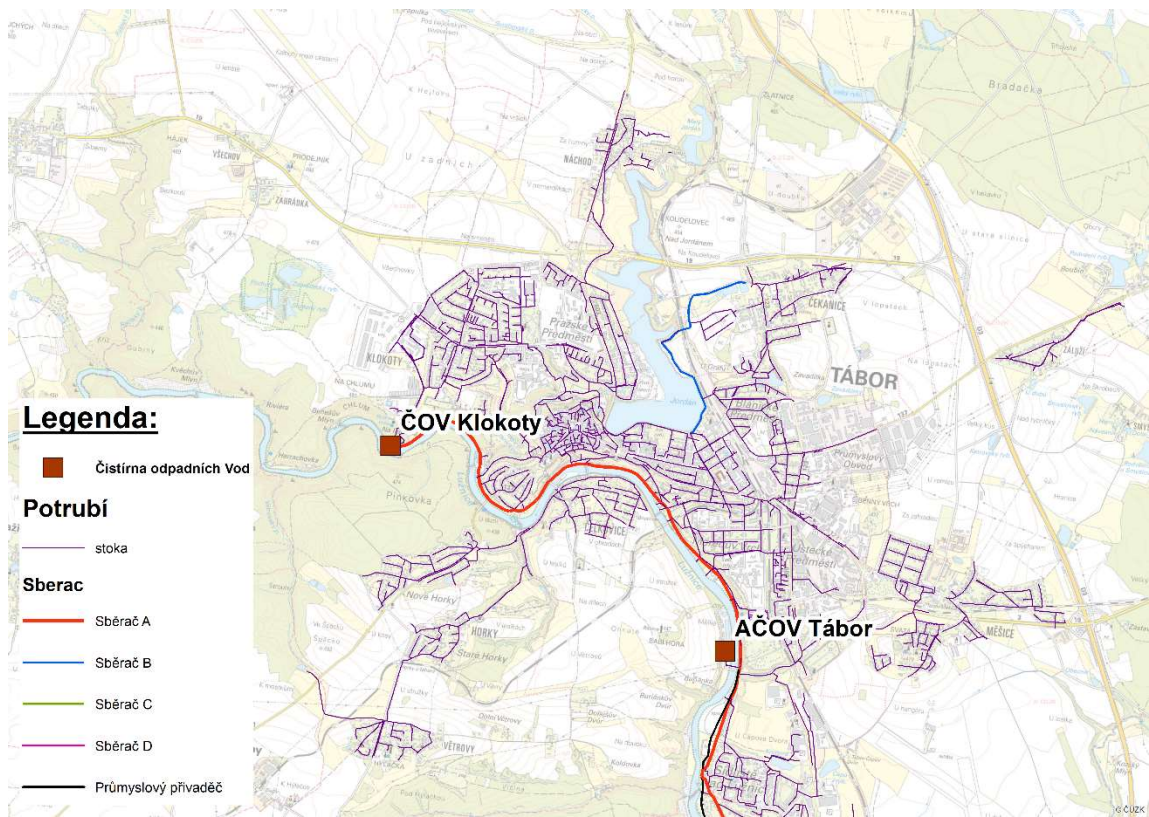
Sběrač D [\[23\]](#)

- Sběrač D začíná u bývalého Otavanu a odvádí odpadní vody z povodí Klokot, Pražského sídliště, třídy kpt. Jaroše a z části Pražského předměstí. Je veden za areálem nemocnice údolím Ve Struhách až k Tismenickému potoku. Na začátku údolí Ve Struhách je umístěna odlehčovací komora OK 9 Ve Struhách. Souběžně se sběračem je od OK 9 vedeno do Tismenického potoka vypínací potrubí DN 800 BE z odlehčovací komory. U lávky přes Tismenický potok ústí sběrač D do sběrače B.

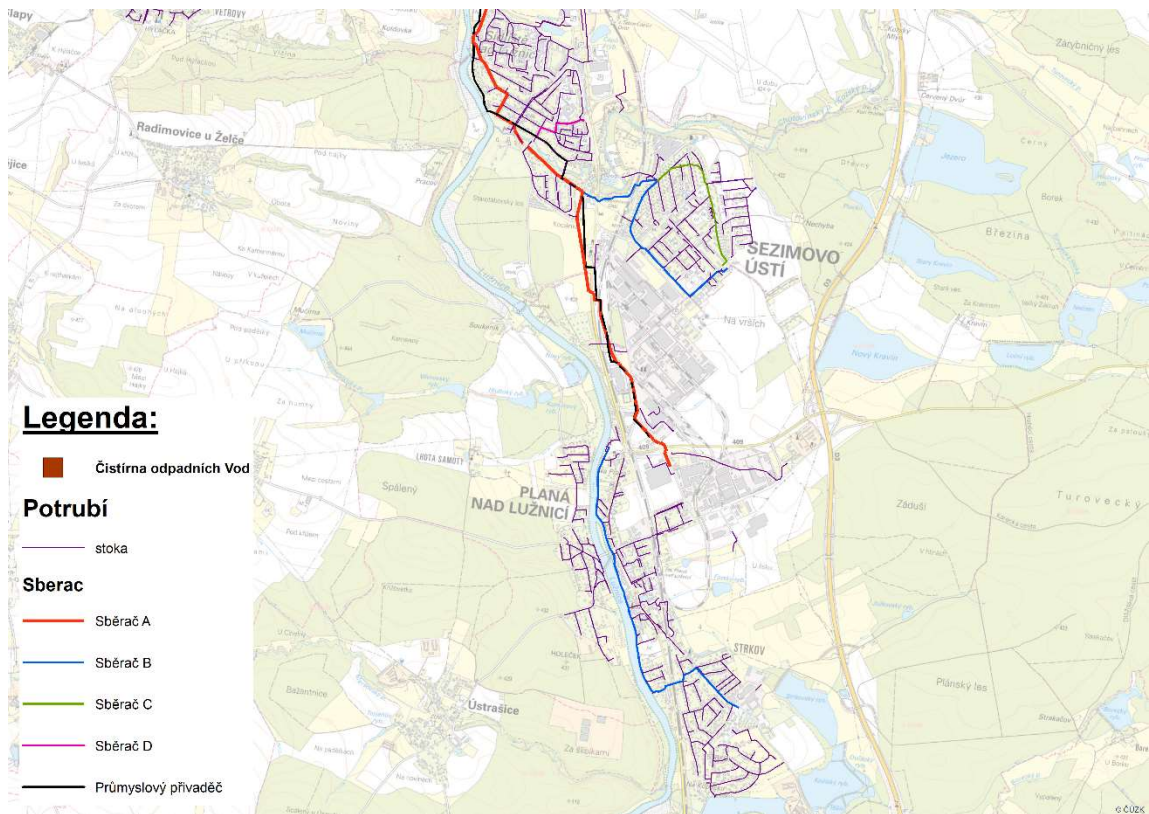
Vodohospodářskou infrastrukturu pro aglomeraci Tábor v dnešní době spravuje Vodárenská společnost Tábořsko (VST s.r.o.), zatím co provoz na vodovodech a kanalizacích má na starost společnost ČEVAK a.s. VST je vlastníkem nejen aglomerace ale i příměstských částí a jejím cílem je obhospodařování a spravování vodohospodářské infrastruktury aglomerace.



Obr. 18 Souhrnná situační mapa stokového systému aglomerace Tábor



Obr. 19 Schématická mapa vyznačení sběračů aglomerace Tábor



Obr. 20 Schématická mapa vyznačení sběračů aglomerace Tábor

5.6. Vodní toky a významné vodstvo

V naší zvolené modelové oblasti protéká nejen řeka Lužnice, ale také, v rámci této zájmové oblasti, několik dalších menších toků. Jeden z těchto toků je například Tismenický potok, Kozský potok, Borecký potok. Nejvíce vodohospodářsky významný vodní tok a pro nás také důležitý je řeka Lužnice, jež má zpracovanou dokumentaci se záplavovým územím pro stoletou vodu Q100.

5.6.1. Přehled významnějších vodotečí

Na řece Lužnice v zájmovém území je nyní vybudováno větší množství jezů – jez Planá (řkm 99,3), jez Soukeník (řkm 101,7), jez Veselý (104,2), jez Přibík (řkm 106,9), jez Suchomel (řkm 107,6), jez Veselý (řkm 108,4), jez Pokorný (řkm 109) nebo jez Na Papírně (řkm 109,9). Toto větší množství jezů má vliv na pomalejší tok řeky.

Do řeky Lužnice ústí několik menších přítoků, do nichž je odlehčována voda z kanalizační sítě prostřednictvím odlehčovacích komor při vyšších srážkách. Jde zejména o Tismenický potok, Kozský potok, Vápennou strouhu, tok Horky, Větrovský potok a další.

Tab. č. 6 Hydrologické údaje o řece Lužnice a jejích přítocích dle ČHMÚ

Název vodního toku	Plocha povodí [km ²]	Průměrný srážka [mm]	Průměrný průtok [m ³ /s]
Lužnice	3 620,20	691	20,1
Kozský potok	212,74	655	1,11
Tismenický potok	83,32	627	0,279
Vápenná strouha	1,27	600	0,0044
Větrovský potok	0,85	610	0,0032



Obr. 21 Mapa významných toků

5.7. Objekty na stokové síti zájmové lokality

Na kanalizační síti se nachází několik objektů jako například odlehčovací komory s přepadem, čerpací stanice odpadních vod i výustě do řek

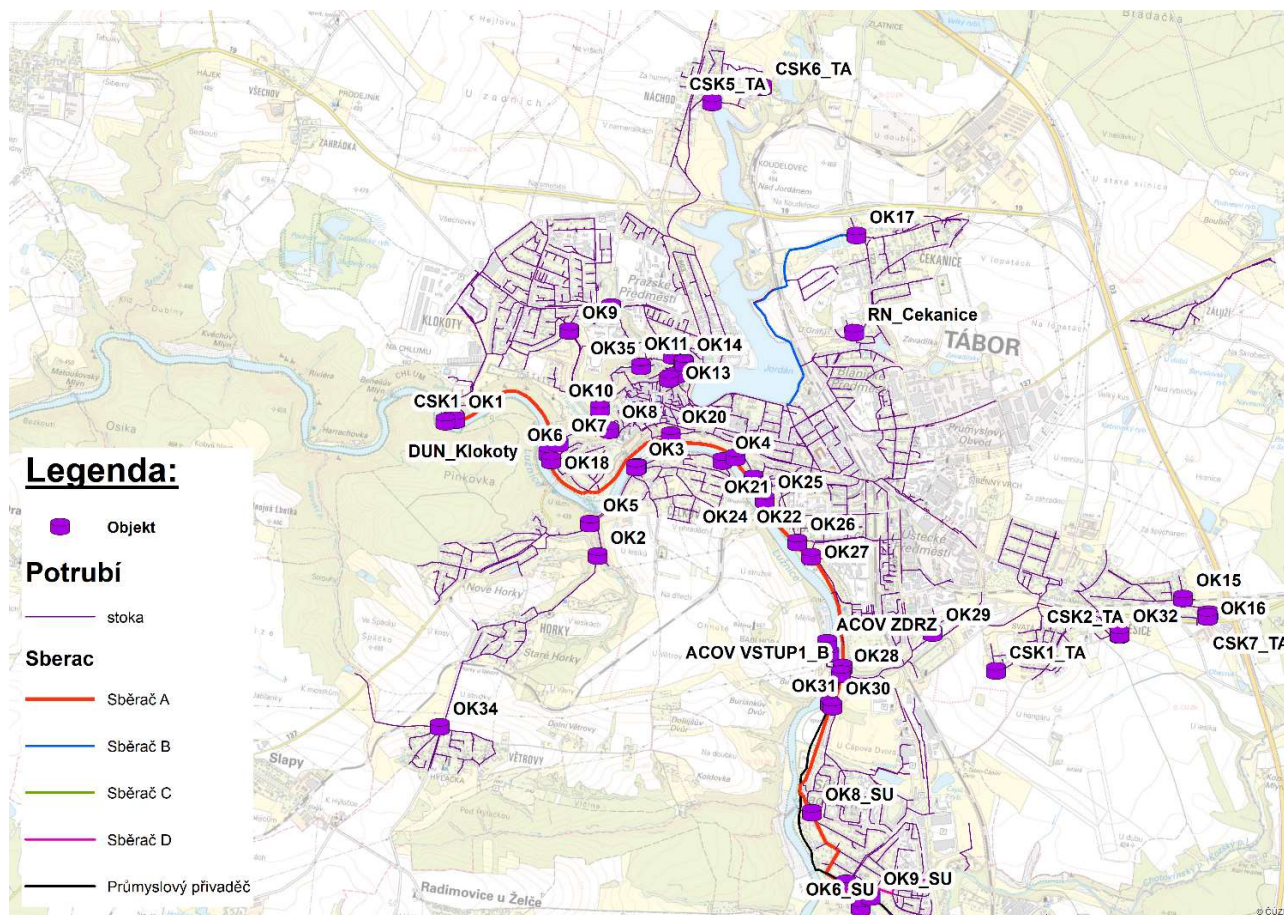
5.7.1. Odlehčovací komory kanalizační sítě

Na modelovaném území se vyskytuje celkem 51 odlehčovacích komor s přepady do recipientů (Lužnice, Tismenický potok, Kozský potok apod.)

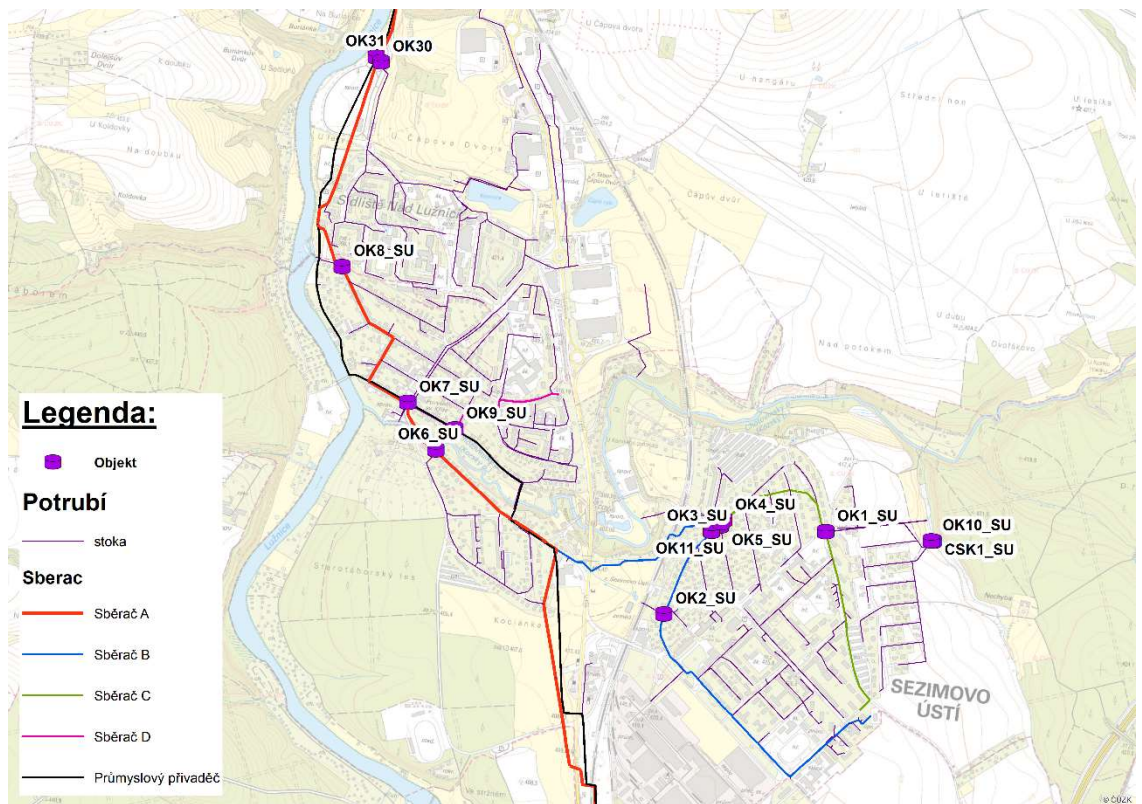
Tab. č. 7 Seznam Odlehčovacích komor pro jednotlivá města s místem výusti

Město Tábor	
Pojmenování odlehčovací komory	Umístění výusti
OK 1 ČOV Klokoty	Lužnice
OK 2 Horky sběrač	Horky
OK 3 ČSK Čelkovice	Lužnice
OK 4 Čelkovice	Lužnice
OK 5 Čelkovice Nad lázněmi	Horky
OK 6 Na Prádle	Lužnice
OK 7 Lekešův mlýn	Tismenický potok
OK 8 Pod Kotnovem	Tismenický potok
OK 9 Ve struhách	Tismenický potok
OK 10 Pod Soudem	Tismenický potok
OK 11 Pod vodopádem	Tismenický potok
OK 12 U nemocnice	Tismenický potok
OK 13 Pod Smrkem	Tismenický potok
OK 14 U štičí líhně	Tismenický potok
OK 15 Měšice u Tratě	k trati
OK 16 u CSK 7 TA Měšice	u kruhového objezdu
OK 17 Čekanice	bezejmenný rybník nad Jordánem
OK 18 Z vilové čtvrti	Tismenický potok
OK 20 Fišlovka	Lužnice
OK 21 ústecká lužická	Lužnice
OK 22 údolní	Lužnice
OK 23 ústecká	Lužnice
OK 24 údolní	Lužnice
OK 25 Na Bydžově	Lužnice
OK 26 Za štolou na Bydžově	Lužnice
OK 27 U psů	Lužnice
OK 28 Vápenná strouha	Lužnice
OK 29 Nad Sládečkem	Vápenná strouha
OK 30 Ze sídl. Nad Lužnicí	Lužnice
OK 31 prům. přivaděč	Lužnice
OK 32 Měšice na průhonu	Kozský potok
OK 33-1 Tržní náměstí	Tismenický potok
OK 33-2 Pod tržním náměstím	Tismenický potok
OK 34 Větrovy	Větrovský potok
OK 35 Jordánská	Tismenický potok

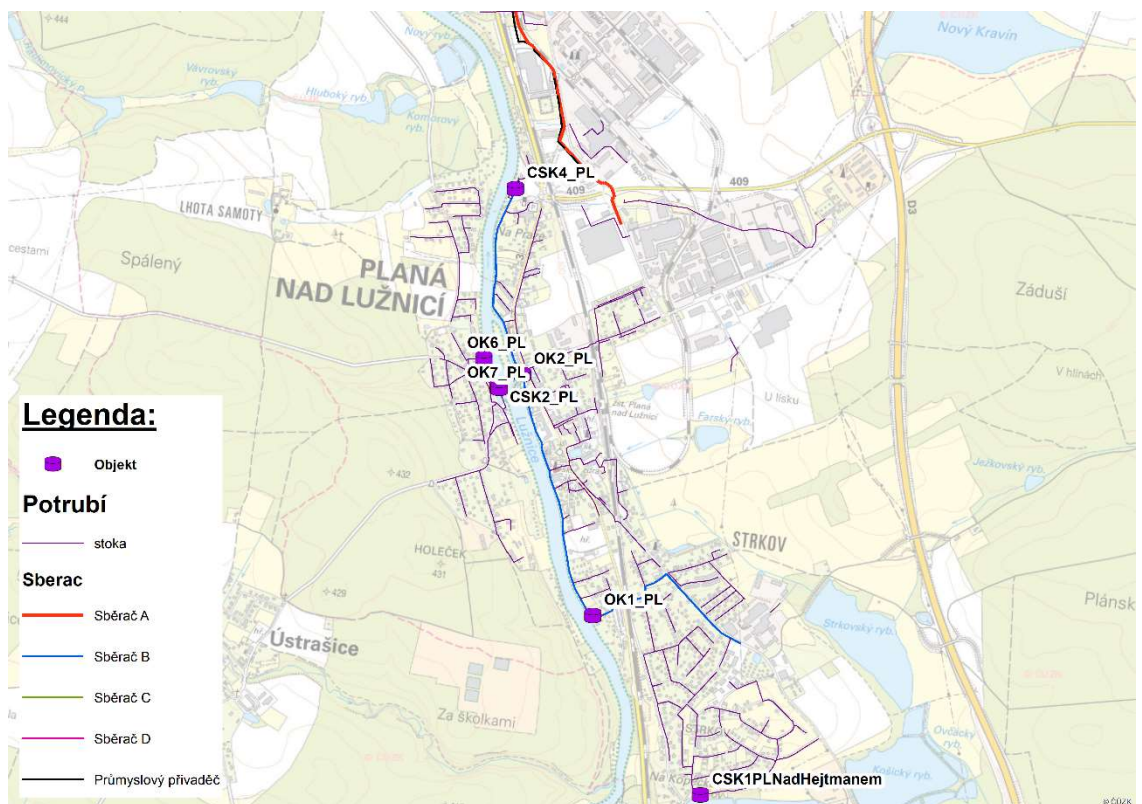
Sezimovo Ústí	
Pojmenování odlehčovací komory	Umístění výusti
OK 1 SU 9. května	Kozský potok
OK 2 SU Okružní	Kozský potok
OK 3 SU Okružní	Kozský potok
OK 4 SU Okružní	Kozský potok
OK 5 SU Okružní	Kozský potok
OK 6 SU Šafaříkova ul.	Kozský potok
OK 7 SU U Banneru	Kozský potok
OK 8 SU I Táborská ul.	Lužnice
OK 9 SU I Petra VOKA a Bydlinkého	Kozský potok
OK 10 SU u CSK Nechyba	Kozský potok
OK 11 SU Okružní	Kozský potok
Planá nad Lužnicí	
Pojmenování odlehčovací komory	Umístění výusti
OK PL 1 Ze Strkova	Lužnice
OK PL 2 CSLA U mlýna	Lužnice
OK PL 6 RD Soukeník	Lužnice
OK PL 7 U CSK 2	Lužnice
OK PL 9 CSK 1 Nad Hejtmanem	Rybník Hejtman



Obr. 22 Schématická mapa odlehčovacích komor v městě Tábor



Obr. 23 Schématická mapa odlehčovacích komor v Sezimově Ústí



Obr. 24 Schématická mapa odlehčovacích komor v Plané nad Lužnicí

5.7.2. Výustě kanalizační sítě

Ve stávajícím stavu zájmového území se mimo případů z odlehčovacích komor a čerpacích stanic nenachází jiné výustě. Všechny výustě jsou evidovány, i v případě jako nečištěné, jak pro jednotnou, tak pro splaškovou kanalizaci. Výjimkou jsou výustě do volna v městské části Tábora Stoklasná Lhota 4 s označením VKV1 až VKV4

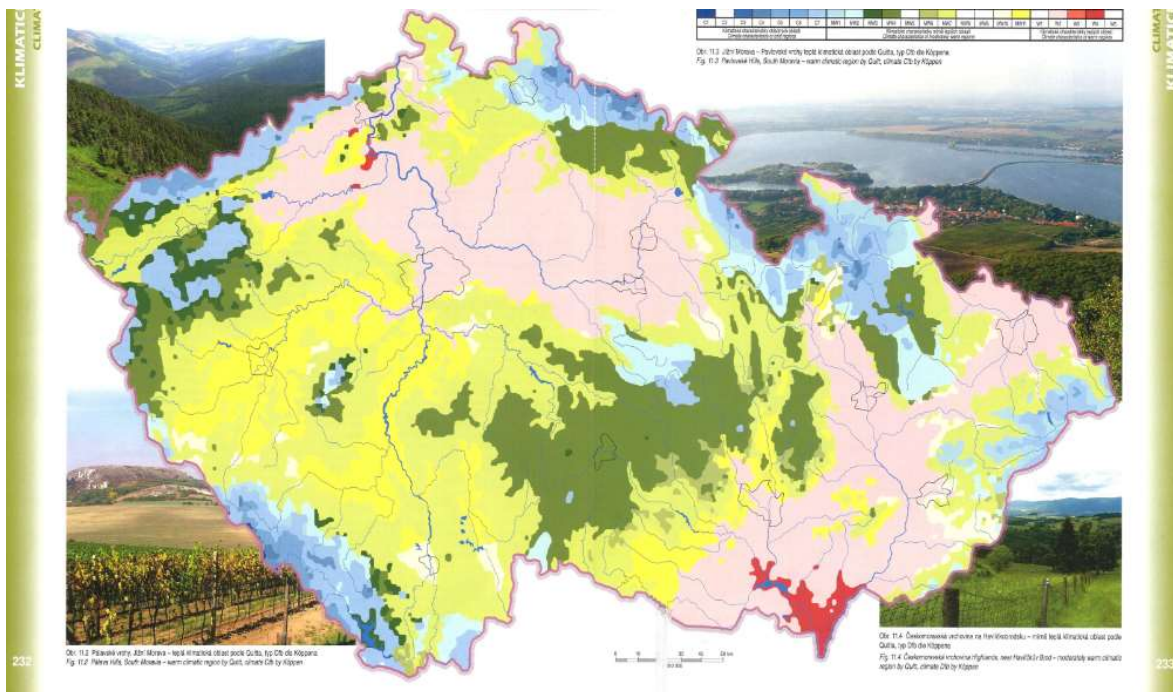
5.8. Stávající stav modelu aglomerace Tábor

Je důležité abych podotkl, že model, s nímž pracuji, popisuji, vážu na něj metodiku zpracování anebo se věnuji jeho charakteristikám, už není nejaktuálnější. Aktualizace model aglomerace Tábor, včetně jeho kalibrace a zpracování proběhla v roce 2020 (verze s níž pracuji). V dnešní době určitě už došlo k jeho rozšíření a možné dostavění určitých opatření, jež byla navržena. Model existuje v dnešní době už ve formě modelu MIKE + vypracovaný firmou DHI a.s., jež kontinuálně pracuje na nových projektech a úlohách právě v této lokalitě.

5.9. Klimatická data a podnebí

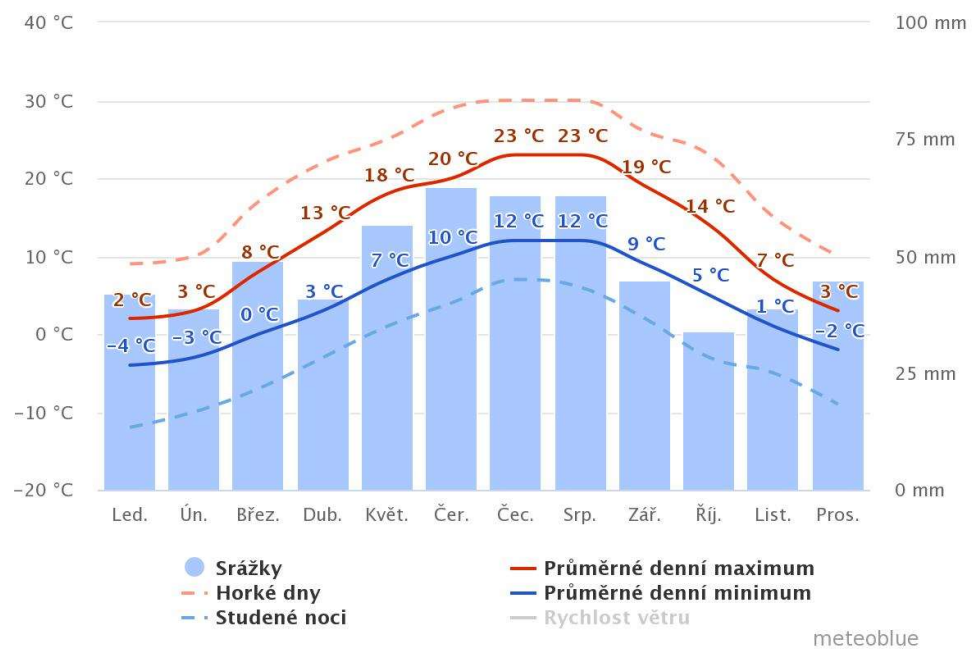
Podnebí v Jihočeském kraji spadá do kategorií přechodného středoevropského typu, uplatňují se zde střídavé vlivy oceánů na západě a vliv kontinentálního podnebí z východu. Počasí má tedy proměnlivý tvar a charakter. aglomerace Tábor, patří obecně k chladnějším oblastem Jihočeského kraje, podle klimatické klasifikace pro ČR řadíme tuto oblast do kategorie mírně teplé (označení MT7). Uvedené charakteristiky této oblasti vycházejí z díla Quitt (1971): [\[25\]](#)

Počet letních dnů:	30 – 40
Počet dnů s průměrnou teplotou ≥ 0 °C:	140 – 160
Počet mrazových dnů:	110 – 130
Počet ledových dnů:	40 – 50
Průměrná teplota:	7,3 °C
Průměrná teplota v lednu:	-2 -až -3 °C
Průměrná teplota v dubnu:	6 -až 7 °C
Průměrná teplota v červenci:	16 -až 17 °C
Průměrná teplota v říjnu:	7 -až 8 °C
Průměrný počet dnů se srážkami ≥ 1 mm:	100 – 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období:	400 – 450 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou:	60 – 80

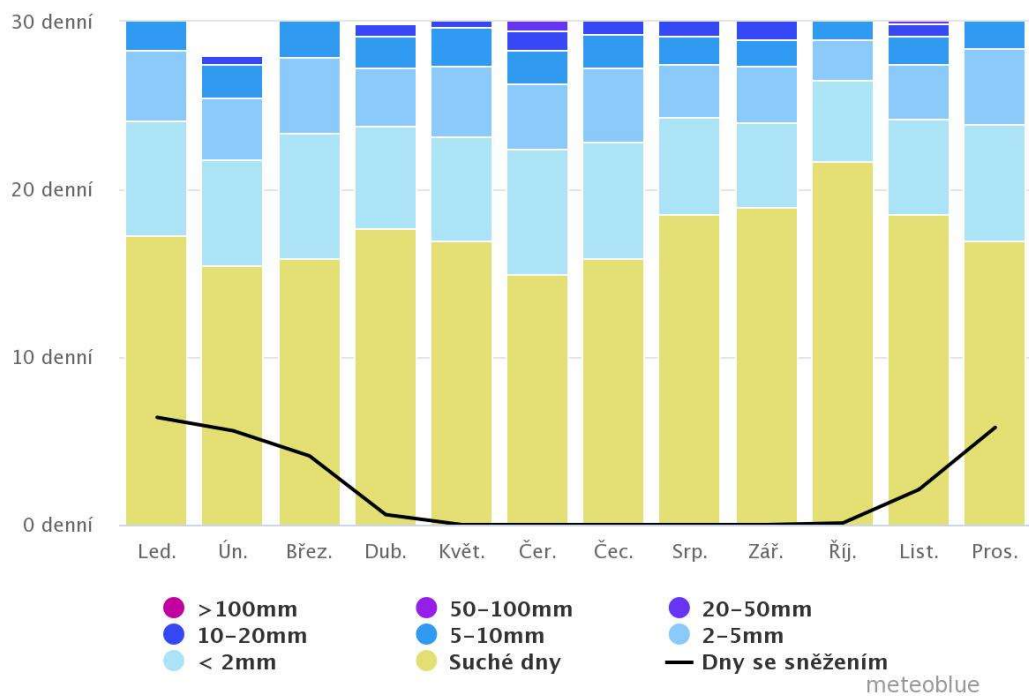


Obr. 25 Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace [27]

Následující dva grafy ukazují simulované historické údaje o klimatu a počasí pro lokalitu Tábor. Data jsou založena na 30 letech hodinových simulací modelu počasí, jež jsou aktuálně dostupná pro všechna místa v ČR. Z obou grafů můžeme vyčíst podobná data, jež jsou vypsána výše a ujistit se že stále platí jejich aktuálnost i když charakteristika klimatické oblasti už je starší. Graf zobrazující množství srážek zobrazuje počet dní v měsíci, v nichž spadne určité množství srážek. Musíme ale dát pozor, protože graf může být podhodnocen. [26]



Obr. 26 Průměrné teploty a srážky pro okres Tábor [26]



Obr. 27 Množství srážek pro okres Tábor [26]

6. Cíle bakalářské práce

V teoretické části jsem popsal, filozofii ohledně simulačních modelů, nastínil modelování městského odvodnění a s ním monitoring srážek. Cílem praktické části je vzít tyto vědomosti a použít je na vyhodnocení vlivů různých srážkových dat na odtokové poměry v kanalizaci pro aglomeraci města Tábor. Cíle jsou bodově rozepsány na dvě hlavní kategorie – hlavní a dílčí cíle.

6.1. Hlavní cíle

- Posouzení vlivu volby srážkových řad na výsledky simulačních modelů

Cílem je vyhodnotit vliv vstupů a volby srážkových řad na vyhodnocení výsledků dlouhodobé simulace na funkce odlehčovacích komor.

6.2. Dílčí cíle

- Seznámit se se získanými daty

Cílem je popsat data, jejich původ, způsob měření a možné nejistoty u získaných dat.

- Metodika zpracování a přípravy

Cílem je vytvořit návod krok po kroku, jak data převzít, upravit a spustit výpočet pro dlouhodobou simulaci odtoku za použití program **MIKE Urban 2020**

Práce by měla následně odpovědět na otázky:

- Vyplatí se v dnešní době používat historické řady přenesené z jiných lokalit pro vyhodnocení (například časový řada ČHMÚ Praha – Karlov v letech 1921 – 99) nebo se zaměřit na lokální?
- Fiktivní typický rok – jedná se o správnou myšlenku, jak zjednodušit práci a posouzení dat?
- Vygenerování průměrná řada z pěti lokálních srážkoměrných stanic – dá se důvěřovat řadě, jež byla vytvořena aritmetickým průměrem, jak velké nejistoty vznikají ?
- Jak se moc ovlivní výsledná data pro posouzení, pokud použijeme data přenesené z lokalit s vyšší nadmořskou výškou nebo vzdáleností od zkoumané lokality? Je mezi nimi nějaká závislost?
- Jaké nejistoty vznikají použitím přenesené srážkové řady z jiné lokality?
- Zodpovězení na vyvolané otázky.

7. Metodika zpracování práce

Protože zkoumám vliv různých vstupních srážkových dat pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci, tudíž se model stává hlavním nástrojem a jeho nastavení okrajovou podmínkou. Model se nebudu nijak upravovat ani měnit během celé práce. Budu maximálně měnit nastavení pro délku časového kroku pro výpočet simulace, proto se nebudu věnovat jeho vytvoření nebo zpracování, ale pouze výpočtu simulace.

Pro vypracování práce jsem se snažil získat co nejvíce různých vstupních srážkových dat. Chtěl jsem prověřit, zda opravdu platí využití pouze lokálních časových řad pro posouzení funkce odlehčovacích komor nebo zda je možnost využití i jiných dat. Z tohoto důvodu jsem vyhledával srážkoměrné stanice, jež jsou ve vyšší nebo nižší nadmořské výšce, ale také stanice, jež jsou více vzdálené od aglomerace Tábor a zároveň jsou umístěny na různých světových stranách vůči městu Tábor, měřeny jinou technikou atd.

Výsledná data z výpočtu simulace jsem se rozhodl ověřit ve dvou variantách. V první variantě, jež je hlavní, používám jako srovnávací referenci srážkoměrnou síť lokálních dešťoměrů provozovatele ČEVAK a.s., jež se skládá z pěti srážkoměrných stanic rozložených po celém povodí, tak aby co nejlépe zachytily srážkové události. Druhá varianta používá jako referenci pouze jeden srážkoměr od ČHMÚ, jež je v blízkosti centra města Tábor. Tato varianta vznikla jako úvaha, kdy chci prozkoumat, zda výsledky budou stejné nebo podobné jako u srážkoměrné sítě provozovatele a najít případně vazbu mezi nimi. Nebo za úvahy, že se mi nepovedlo získat data od provozu či neexistují jiná lokální srážkoměrná data, jež bych mohl použít jako referenci. Pokud mezi variantami je vazba, použiji sekundární referenci a přidám ji do vyhodnocení. V případě, že není vazba mezi daty, zkusím zjistit, jestli rozdíl nevzniká mezi časovým rozložením deště (umístění srážkoměru) anebo z možné technické chyby na stanici.

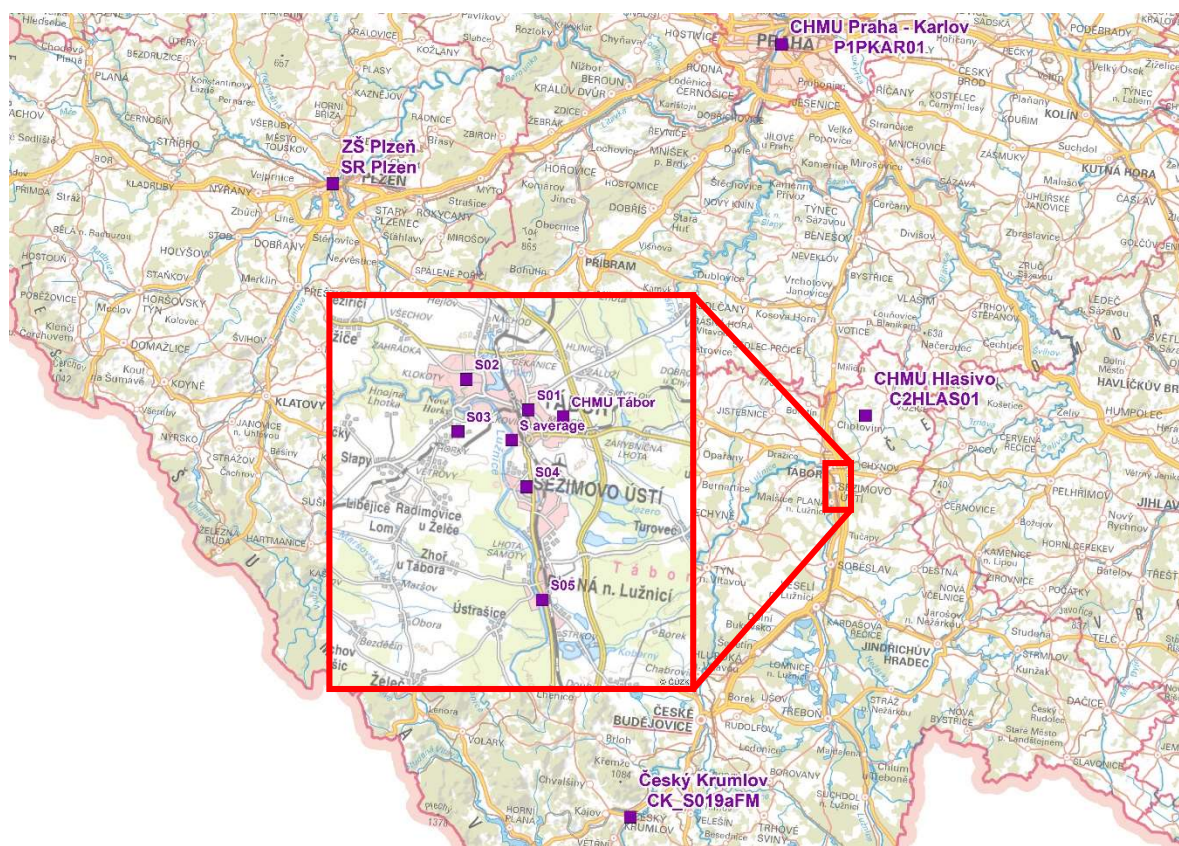
Pro výpočet funkce odlehčovacích komor a pro jejich následné posouzení jsem použil výpočetní program MIKE URBAN 2020 s výpočetním modulem MOUSE. Výpočet spočítá statistické údaje o počtu přepadů, množství přepadlého objemu vody a maximální průtok během přepadové události. Vypočtené parametry následně porovnávám se zvolenou referencí.

Vyhodnocení výsledků jsem zařadil do samostatné kapitoly, v níž se budu věnovat nejen návržení vhodnosti a použití vstupních srážkoměrných řad, ale také zmíním použité nástroje pro vyhodnocení.

7.1. Zdrojové podklady a získaná SR data

Celkem jsem získal 8 různých vstupních časových řad pro výpočet dlouhodobé simulace odtoku v kanalizaci pro zjištění, zda je možné použít jiná srážková data než lokální. Jednotlivé časové řady jsem rozdělil do samostatných kapitol, v nichž se budu věnovat stručnému popisu, bodově sepsaným informacím (od koho byla časová řada pořízena, jaké zařízení bylo použito) a následně sepsané nejistoty, jež mohou ovlivnit výpočet. Veškeré časové řady spadají do trvalého monitoringu, kdy srážková stanice je připojena na stabilní přívod elektřiny.

Na následujícím obrázku jsem vyobrazil umístění srážkoměrných stanic v mapě s detailem na aglomeraci Tábor, sloužící pro lepší představu o vzdálenosti mezi jednotlivými stanicemi. Dále tím chci upozornit, na faktor vzdálenosti a výškového rozdílu, jenž je potřeba zohlednit.



Obr. 28 Mapa přibližného umístění srážkoměrných stanic

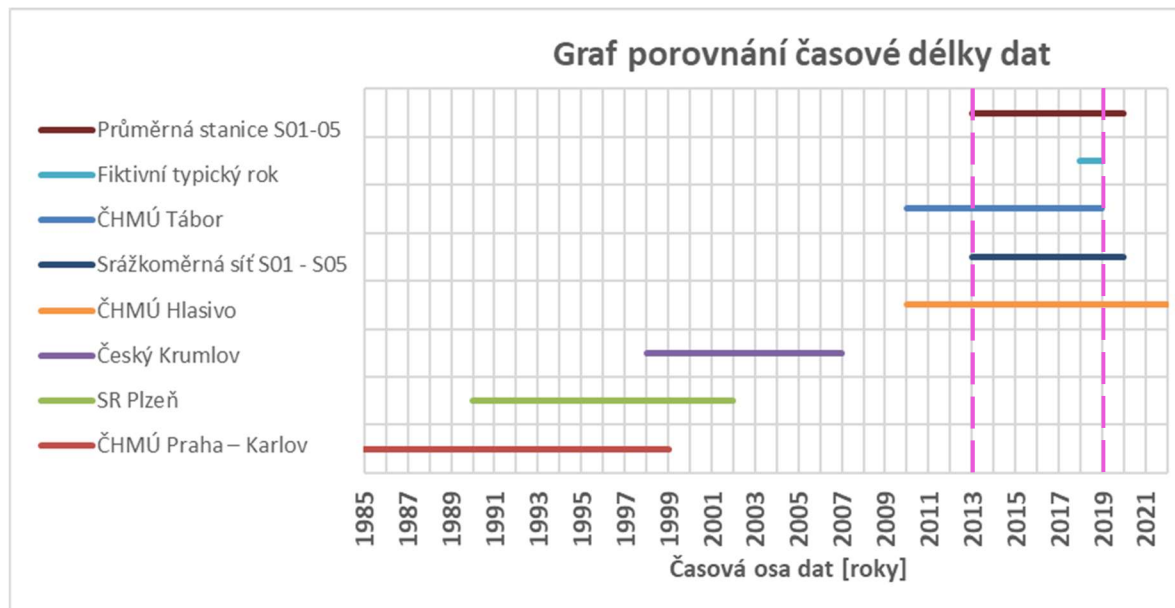
Než budu dále pokračovat v metodice zpracování, musím podotknout, že strategie a metodika provozování srážkoměrů od ČHMÚ se liší. Jejich hlavní úkol je vykazovat denní data dle zákona č. 123/1998 Sb., jenž tvoří pro můj účel vypracování hrubá data. Naštěstí se mi byla poskytnuta data v minutovém a desetiminutovém kroku.

V tabulce níže jsem sepsal nejdůležitější parametry pro každý datový vstup. Podrobnější informace je možné najít v [Příloze č. 2 - Podrobné informace o získaných datech ze srážkoměrných stanic](#), v níž jsou i dopodrobna popsány nejistoty datových setů v jednotlivých podkapitolách.

Tab. č. 8 Základní informace o vstupních datech ze získaných srážkoměrných stanic

Označení	Lokalita	Poskytovatel	Délka časové řady [roky]	Nadmožská výška [m n.m.]	Průměrný roční úhrn [mm]	Nejistota
ČHMÚ Tábor	Tábor	ČHMÚ	10	467,00	573	Srážkoměr
ČHMÚ Praha - Karlov	Praha	ČHMÚ	78	260,50	449	Srážkoměr
SR Plzeň	Plzeň	Anonymní	12	351,60	541	Data
SR Český Krumlov	Český Krumlov	Anonymní	09	489,26	662	Výpadek
Fiktivní rok	Tábor	Vytvořené	01	467,00	556	Data
SR Hlasivo	Hlasivo	ČHMÚ	12	547,00	588	Data
S01	Tábor	ČEVAK a.s.	06	443,00	411	Data
S02	Tábor	ČEVAK a.s.	06	444,00	534	Data
S03	Tábor	ČEVAK a.s.	07	448,30	464	Data
S04	Sezimovo Ústí	ČEVAK a.s.	06	415,00	518	Data
S05	Planá nad Lužnicí	ČEVAK a.s.	06	395,00	481	Data
S_avg	Tábor	Vytvořené	07	N/A	814	Data

Na následujícím grafu jsem vyobrazil porovnatelné období srážkových dat a jejich rozložení na časové ose, jenž se mi podařila získat. Graf zobrazuje data od roku 1985 až do roku 2022, důvod je přehlednost (data pro Praha – Karlov by zkreslila měřítko a ostatní data by se zdála až moc krátká) a pro lepší zobrazení shody na časové ose.



Obr. 29 Graf porovnání časové délky vstupních srážkových dat

Proč jsem porovnával neporovnatelné období? Krátká odpověď – jiná data se mi nepovedla získat.

Jedním z mých úkolů bylo získat různá vstupní data pro vypracování bakalářské práce. Protože jsem chtěl vnést do posouzení i další možné nejistoty a variabilitu, data od ČHMÚ nebo provozovatele stokové sítě by nestačila.

K dispozici mám dostupná data v porovnatelném období, bohužel pouze pro tři datové sety a jednu vytvořenou variantu navíc. V teoretické části jsem zmínil důležitost datové délky pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci, při čemž podmínkou je použít desetiletá data, minimálně pětiletá. Mezi variantami máme následující porovnatelné časové řady ze stanic (oblast vyznačena pomocí růžové čárkované čáry na obr. 29), jež jsou dlouhé sedm let, ČHMÚ Hlasivo, Srážkoměrnou síť provozovatele, ČHMÚ Tábor, Variantu průměrné stanice z pěti srážkoměrů. Ve vyhodnocení práce tyto datové sety porovnávám mezi sebou a zabývám se jejich závislostí na referenci v kapitole č. [8. Vyhodnocení práce](#).

7.2. Příprava a zpracování vstupních časových řad pro model

Každá časová řada musí být připravena nebo upravena do správného datového formátu předtím, než ji importujeme do programu **MIKE URBAN 2020**. V této kapitole se budu krátce věnovat úpravě nebo vytvoření časových řad.

Než se budu věnovat samotným datům, chtěl bych zmínit, že časové řady nebyly spuštěny na jednom výpočetním přístroji, z důvodu rychlosti výpočtu. Výpočet dlouhodobé simulace odtoku, jemuž se věnuji v následující kapitole, trvá obecně delší dobu, protože výpočetní program **MIKE URBAN 2020** simuluje průběh srážky přes celé povodí a stokovou síť dle definovaných parametrů. Jedná se především o minimální a maximální dobu časového kroku a zohlednění dynamiky srážkové události. Z těchto důvodů, abych se vyvaroval dlouhému zdržení, jsem použil vlastní počítač a počítač poskytnutý DHI a.s. na němž mi bylo umožněno spustit simulaci pro urychlení vypracování práce. Proto se nebudu zabývat dobou výpočtu, ale pouze zmíním pro informaci a jako zajímavost. Vlastnosti každého výpočetního přístroje jsou k nalezení v [Příloze č. 4 - Použité výpočetní přístroje](#)

Všechna získaná data musím nejprve importovat do programu **DHI Gandalf**, jenž pomáhá se zpracování časových řad různého formátu, typu a původu. Důvod použití tohoto programu je v potřebě takzvaného datového formátu „*.dfs0“. **DSF** znamená „data file system“. Jedná se o soubor, jenž nese časovou stopu s přiřazenou hodnotou a tvoří tak hierarchickou strukturu. **DFS0** je formát stejného typu akorát v komprimované formě pro jednodušší přenositelnost. Dále je důležité, aby každá časová řada měla nastavený parametr „**back step**“ (krok zpět) a „**step accumulated**“ (akumulovaný krok). Jedná se o zohlednění následující srážkové události po skončení předchozí.

V momentě, kdy skončí srážková událost, může ještě zůstat určitý objem uvnitř člunku, aniž by se překlopil (uvádím příklad na člunkovém srážkoměru, jenž je nejčastěji používán), to zkrusluje následující událost nebo se nám na časové řadě vyskytne jeden osamělý záznam (například mrholení a podobně). Krok zpět a akumulovaný krok předává tak informaci, aby výpočetní program tuto událost nebo případ zohlednil.

V [Příloze č. 3 - Provedené úpravy a parametry pro spuštění jednotlivých datových vstupů](#) jsou datové vstupy rozděleny do podkapitol, jenž se věnují úpravám a nastavením pro výpočet simulace odtoku. V každé podkapitole je zjednodušený popis úpravy nebo přípravy dat.

7.3. Výpočet dlouhodobé simulace odtoku

V této kapitole zjednodušeně nastíním postup výpočtu. Celé prostředí **MIKE URBAN 2020** bylo již přednastavené a poskytnuté při přebírání modelu od společnosti ČEVAK a.s. V modelu jsem tudíž nemusel nastavovat nic jiného než parametry pro jednotlivá vstupní data.

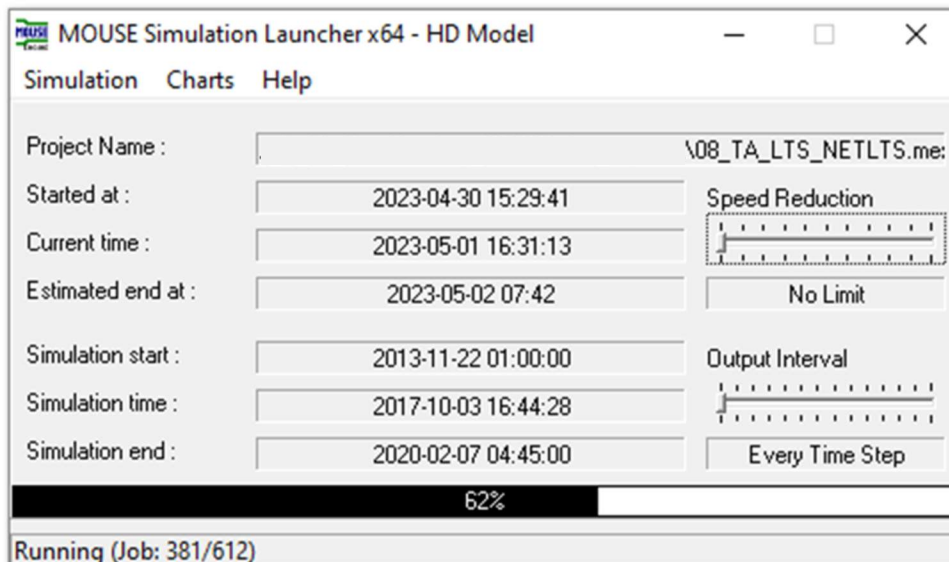
Předtím než jsem si ale spustil jakýkoliv výpočet, musel jsem spustit takzvaný **Hotstart** výpočet, jedná se o výpočet „base“ scénáře. Hotstart soubor s příponou *.PRF, je soubor, jenž má v sobě uloženou geometrii celé modelové soustavy pro prostředí **MIKE View**, v němž si později promítáme výsledky.

Po vytvoření „base“ scénáře geometrií jsem nastavil okrajové podmínky výpočtu, jež se mění pro každý výpočet. První podmínkou je vstupní řada srážek v datovém formátu *.dfs0 (musí obsahovat informaci intenzitě dešťů). Díky flexibilitě programu MIKE URBAN můžeme nechat časovou řadu v původních jednotkách mm za minutu, mikrometrů za vteřinu nebo jiné. Druhá podmínka je časový úsek srážkové události pro simulaci (uvedený start a konec časové řady je vypsán v [Příloze č. 3](#)).

Jakmile jsou připraveny tyto dvě podmínky, přecházím do samotné simulace, v níž pro každý vstup musím nejprve spustit takzvanou **runoff** simulaci (výpočet povrchového odtoku pro dlouhodobou simulaci) a poté spouštím **network** simulaci (dlouhodobou srážkoodtokovou simulaci pro celou síť). Obě simulace musí mít nastavenou simulační časovou osu (stejná jako doba časové řady) a network simulace musí mít vygenerovaný **job list**. (soubor *. MJL – Mouse job list). MJL obsahuje informaci o všech srážkových událostech, jež se v časové řadě vyskytují a jež se mají promítnout poté do network simulace.

Obr. 30 Vzor souboru job list s příponou *.MJL

Jakmile jsem vytvořil vše potřebné a nastavil parametry pro zkoumanou časovou řadu, spustil jsem výpočet dlouhodobé simulace odtoku. Délka výpočtu se opírá o zvolený časový krok (minimální a maximální) podle něhož se časová řada rozdělí na kroky a následně počítá. Během spuštěného výpočtu, jež je zobrazený na následujícím obrázku č. 31, můžeme vidět čas v němž se právě ocitá (uvnitř simulace) nebo předpokládanou dobu ukončení výpočtu v reálném čase.



Obr. 31 Vzor spuštěné dlouhodobé simulace odtoků v programu MIKE URBAN 2020

Na konci výpočtu simulační modul MOUSE uloží souhrnnou statistiku výpočtu a výsledkový soubor *.PRF. Tento soubor se následně s geometrií Hotstart načítá do prostředí MIKE View, jenž nám vytvoří přehlednou statistiku ze získaných výsledků.

Problémy při výpočtu LTS:

Během výpočtu jsem narazil na problémy, jež značně prodloužily výpočetní část bakalářské práce. Jeden z nejčastějších problémů byla nestabilita výpočtu při příliš dlouhém časovém kroku plynoucí z numerického řešení de Saint Venantových rovnic. Tato chyba se ocitla vždy, když byla větší intenzita během srážkové události nebo chování deště bylo neobvyklé (často se měnil, výskyt přívalových dešťů a jiné). V tomto případě jsem použil svůj hrubý odhad a časový krok zmenšil a výpočet spustil znovu (musel jsem také vygenerovat znovu celý **job list** se správnými parametry, ale **runoff** ale už jsem nemusel generovat znovu).

MOUSE HD Computation Engine x64 v2020 Release Version (18.1.0.14122)

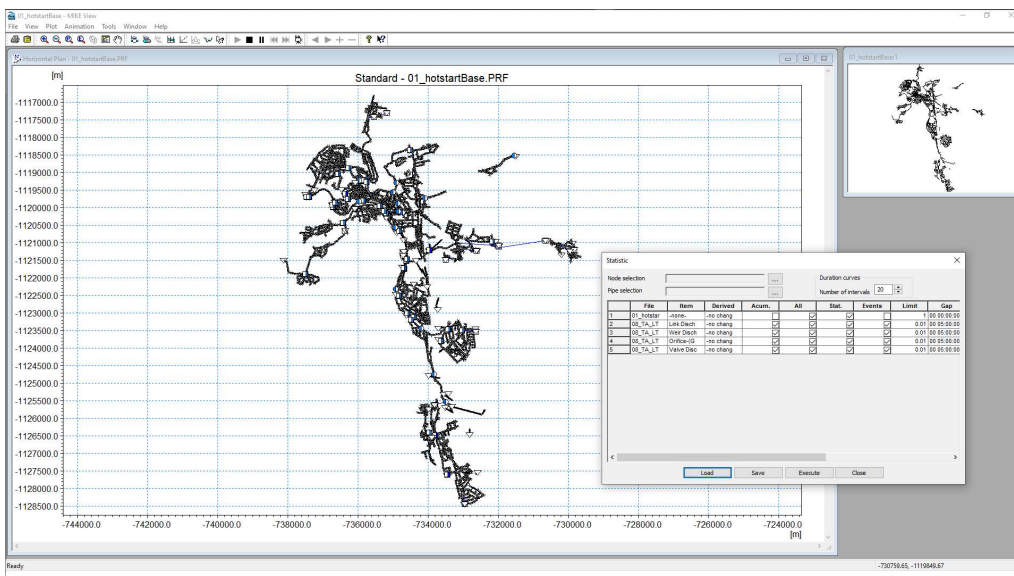
Errors

Error 60 :	At node '8102_A' the water level is more than 10.00 m above the ground level. Perhaps due to too long time steps Info: The entry FLOODLIMIT in the "dhiapp.INI" file was set to: 10 [m]. The default value is: 10 [m].
Error 90 :	Calculations terminated at the time 2014-05-27 20:10:12 [301 : 12:20:12] Simulation start date :2013-07-30 07:50:00 Simulation end date :2020-02-18 11:11:00

Obr. 32 Zaznamenaný error během výpočtu LTS v MIKE URBAN 2020

7.4. Mike View a statistics

Po získání výsledkových souborů z výpočtu dlouhodobé simulace odtoku v kanalizaci, jsem otevřel program MIKE View, jenž zobrazuje dané výsledky a vytvoří statistiku pro odlehčovací komory. Načtení výsledkových souborů je jednoduché. Stačí otevřít program a vybrat **Hotstart** scénář (vždy načítám celé období). Poté přidat výsledkový soubor, promítnout si tak výsledky a následně přejít do statistics. Model jsem netvořil od základu, pouze převzal už připravený a kalibrováný, mám tudíž k dispozici i nastavení pro statistiku k získání informací na trubkách, škrcení a přelivech pro jednotlivé komory. Statistiku poté exportuji a ukládám v *.txt podobě. Soubor vždy obsahuje informace o nadmořské výšce dna a terénu, počtu případů, maximálním průtokem, maximálním přepadem objemu, celkovém přepadem objemu a další. Statistika je za celé období, a proto je nutné údaje upravit na roční průměr, podle délky časové řady, abychom mohli výsledky mezi sebou porovnat.



Obr. 33 Prostředí programu MIKE View od DHI a.s.

Name	Diameter	Max	Average	Error	Accum. Value	Items	Max [hr]	Tot. [hr]	Acc. Max	Acc. Tot.				
10022384 (10143729 --> OK22)	11.10	388.850006	392.895010	0.000000	0.000000	4.790056	0.001236	0.012652	39432.73	21	6.16	27.11	17491.18	35941.76
10170676 (6063403 --> 6070237)	23.25	413.204987	415.480011	0.000000	0.000000	0.234845	0.000027	0.000027	869.50	5	1.80	3.33	589.54	839.59
10153470 (9590500 --> 9590406)	5.00	397.984985	390.234991	0.000000	0.000000	0.214375	0.000223	0.002554	7297.11	13	1.99	5.59	4951.57	6400.79
5666689 (OK28 --> 6063641)	5.00	390.434998	392.540009	0.000000	0.000000	0.437273	0.002063	0.000827	68875.51	100	24.47	519.61	2523.65	56123.05
5667928 (OK1_PL --> 6027548)	11.29	393.630004	394.798004	0.000000	0.000000	0.369791	0.001286	0.000513	41076.42	93	14.57	279.52	1706.35	31076.50
5660905 (OK6 --> 6025214)	5.00	386.048989	387.820007	0.000000	0.000000	-0.227197	0.166944	0.002491	85817.47	97	32.79	703.52	3843.02	92651.97
5640757 (6027325 --> OK32)	5.00	434.709991	435.954997	0.000000	0.000000	0.444280	0.000304	0.000073	5696.97	47	4.23	39.55	813.76	3291.06
5643854 (6034971 --> OK29)	5.00	421.105011	425.510010	0.000000	0.000000	1.523125	0.001687	0.001153	53859.16	99	19.36	403.07	2960.04	45622.34
5665644 (OK6_PL --> 6037637)	5.00	392.845013	394.955991	0.000000	0.000000	0.094325	0.000147	0.000013	4693.06	29	1.92	13.70	151.42	1110.31
11121764 (11128005 --> OK25)	5.00	408.045013	411.695011	0.000000	0.000000	0.008005	0.000037	0.000001	1167.79	0	0.00	0.00	0.00	0.00
5643612 (OK5 --> 9518997)	7.75	431.744995	434.380005	0.000000	0.000000	0.105945	0.001179	0.000261	37444.22	87	15.95	299.49	1648.65	24856.94
951463 (9516527 --> 9516627)	27.36	439.274996	442.183997	0.000000	0.000000	0.219664	0.000169	0.000025	5857.61	21	2.16	13.36	391.63	1269.02
5645121 (OK11 --> 6026342)	5.00	406.464996	409.495990	0.000000	0.000000	0.119941	0.000192	0.000017	6144.13	26	1.63	10.55	229.15	1027.34
10154612 (OK4 --> 6030590)	6.68	389.774994	391.265015	0.000000	0.000000	0.062993	0.000091	0.000005	2919.92	16	1.05	5.82	102.26	381.96
5635514 (6034980 --> 6063848)	5.00	387.500000	389.140004	0.000000	0.000000	0.735851	0.000019	0.000016	600.54	7	0.72	2.05	269.79	432.59
5635525 (OK26 --> 6030909)	5.00	392.670013	394.200012	0.000000	0.000000	0.132927	0.006175	0.003301	197186.14	94	36.34	947.42	7581.30	197186.14
5635515 (6034980 --> 6049143)	5.00	387.500000	389.140004	0.000000	0.000000	0.272851	0.000019	0.000016	600.54	7	0.72	2.05	269.79	432.59
5641003 (6030588 --> OK4)	5.00	390.185007	391.784998	0.000000	0.000000	0.230328	0.000108	0.000016	3445.98	21	1.22	7.75	255.45	814.95
5639395 (6037437 --> 6048127)	8.77	392.505005	394.670013	0.000000	0.000000	0.132927	0.006175	0.003301	4695.60	28	1.93	13.71	181.98	1109.91
5672172 (6041046 --> 6027130)	17.68	390.245015	391.704987	0.000000	0.000000	0.000103	0.000011	0.000000	349.49	0	0.00	0.00	0.00	0.00
5670744 (OK10 --> 6031164)	5.00	386.239998	395.250013	0.000000	0.000000	0.038911	0.000008	0.000000	90.00	1	0.49	0.00	0.62	8.62
5640839 (OK8 --> 6025910)	5.00	392.805005	395.401005	0.000000	0.000000	0.215952	0.000261	0.000031	8020.75	49	2.45	26.20	330.23	1069.91
5633601 (6029280 --> 6069134)	35.86	389.489990	391.679993	0.000000	0.000000	0.990216	0.000695	0.000775	22192.37	88	9.84	146.97	2659.24	17742.94

Obr. 34 Vzor výsledné LTS statistiky v txt podobě

Pro přehlednost a exportování pouze pro mě důležitých informací (počet případů, maximální průtok a přepadlý objem) jsem využil Microsoft Office Excel, v němž jsem následně graficky interpretoval data pro porovnání se zvolenou referencí.

7.5. Způsob vyhodnocení výsledků

Data jsem se rozhodl mezi sebou vyhodnotit na základě rozdílu počtu přepadů, přepadlého objemu vody a maximálního průtoku přepadu. Pro přehlednost jsem využil sloupcové grafy a distribuční funkce, nebo také funkce normálního rozdělení (hustota pravděpodobnosti PDF).

Data vyobrazena ve sloupcových grafech se dělí na dva typy. První typ ukazuje rozdíl přepadlého objemu a maximálního průtoku, kdy na **ose X** je název odlehčovací komory a na **ose Y** procentuální zastoupení vůči zvolené referenci (například obrázek č. 37 nebo obrázek č. 38). Druhý typ sloupcového grafu zobrazuje pouze počet přepadů, kdy na **ose X** je opět název odlehčovací komory, ale na **ose Y** nalezneme počet přepadů na danou odlehčovací komoru.

Gaussova křivka (křivka PDF), jež nám ukazuje hustotu pravděpodobnosti a konzistenci získaných dat vyobrazuje na **ose X** rozdíl mezi zkoumanými hodnotami vůči zvolené referenci v procentech. Na ose Y zobrazují pravděpodobnostní hustotu. V legendě grafu jsem poskytl informaci o střední hodnotě μ a směrodatné odchylce σ . Posun střední hodnoty oproti zvolené referenci ukazuje systematickou chybu (podhodnocení nebo nadhodnocení dat) a směrodatná odchylka vyjadřuje podobnost srážkové události. Pokud je křivka vysoká a úzká je srážková událost podobná a dochází ke střídání suchého a dešťového období. Pokud je křivka široká a zploštělá, tak srážková událost je jiná.

Každá časová řada má přiřazenou barvu, tak aby bylo možné vizuálně výsledky od sebe odlišit.

8. Výsledky

V praxi se obecně snažíme dosáhnout více srážkoměrných stanic na zkoumané povodí, pokud nám podmínky umožní, abychom co nejlépe popsali plošné rozdělení deště pro posouzení funkce odlehčovacích komor nebo pro kalibraci modelu. Ne vždy je ale možné takovýchto podmínek dosáhnout. Jeden z důvodů jsou menší lokality nebo obtížnost umístění srážkoměrné stanice. Proto jsem si vytvořil dvě varianty, jež budu zkoumat a vyhodnocovat ve dvou samostatných podkapitolách.

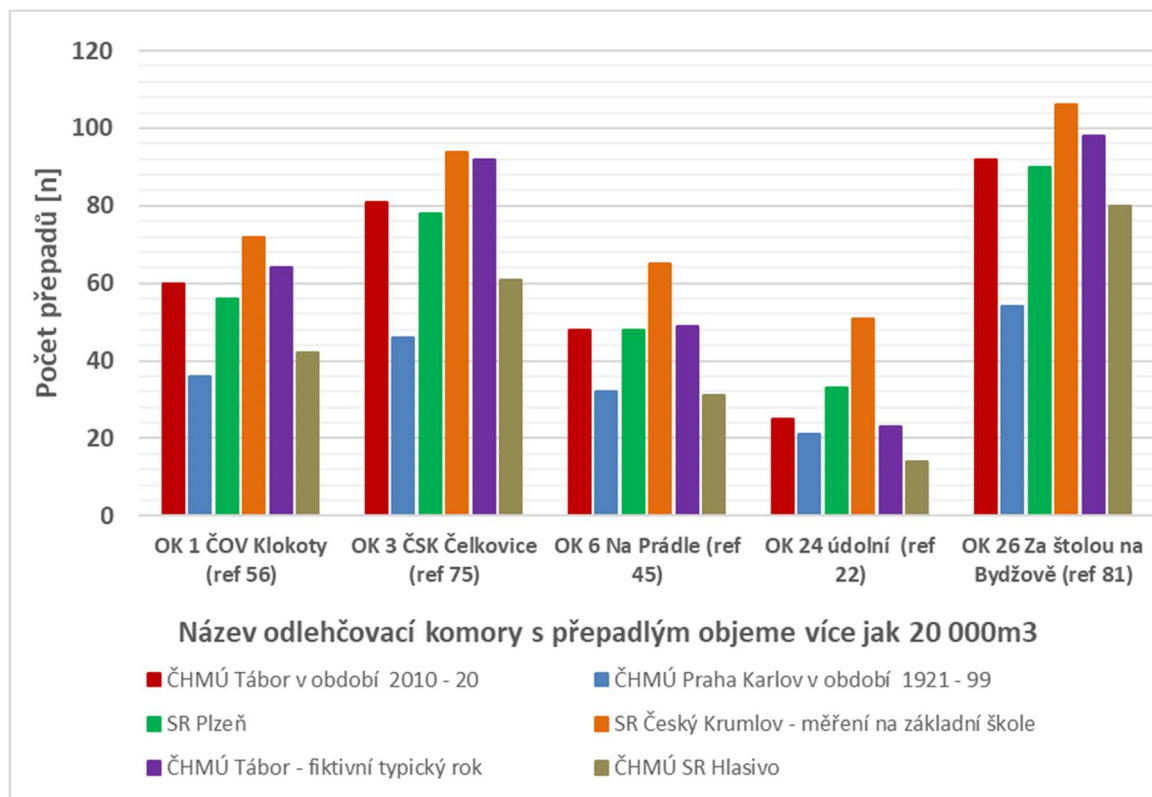
První varianta vyhodnocení – Mám síť lokálních srážkoměrů S01 až S05 od provozovatele, pro níž jsem si vypočítal základní statistické údaje pro vyhodnocení funkce odlehčovacích komor (počet přepadů, přepadlý objem a maximální průtok). K tomuto prvnímu datovému setu budu porovnávat ostatní a zkoumat jejich rozdíl vůči takto zvolené referenci. Výsledkem je navržení jejich vhodnosti a doporučení použití v praxi. Výsledkem vyhodnocení je také možný závěr nevhodnosti použití vstupních dat a jejich zastaralost.

Druhá varianta vyhodnocení – Varianta vznikla na mojí úvaze, kdy jsem nebyl schopen sehnat lokální měření anebo byl k dispozici pouze jeden srážkoměr na celou stokovou síť. Pro tento případ jsem zvolil jako referenci srážkoměr umístěn ve městě Tábor, provozovaný společností ČHMÚ. Posuzuji statistické údaje stejně jako v první variantě, ale budu zkoumat, jestli není vazba nebo podobnost se srážkoměrnou sítí provozovatele.

Jedním z hlavních problémů, jenž může toto vyhodnocení značně zkreslit a ovlivnit je morfologie a rozložení modelu. Lokalita, z níž je model vytvořen, se skládá ze tří měst (Tábor, Sezimovo Ústí a Planá nad Lužnicí), tato města jsou různě umístěna přes větší část lokality s různými nadmořskými výškami. Z tohoto důvodu by se pro kvalitnější ověření, a věrohodnější výsledky, vyplatilo otestovat tuto práci na více lokalitách. Další problém jsou komory, jež za průměrný rok přepadnou pouze jednou nebo vůbec. Pro nenarušení statistiky a vyhodnocení jsem přihlížel pouze na komory, jež mají větší přepadlý objem než 1000 m³ za průměrný rok

Z výsledných grafů a tabulek dat, jež můžeme nalézt v [Příloze č. 1 - Vyhodnocení statických charakteristik vlivů vstupních srážkoměrných řad](#), budu vyhodnocovat konzistenci dat a využitelnost pro posouzení funkce odlehčovacích komor – počet přepadů, maximální průtok během přepadové události, přepadlý objem na průměrný rok. Dále se zaměřím na doporučení použití datových vstupů.

Na následujících grafech zobrazuji a snažím se doložit svá tvrzení. Jedná se o zmenšené ukázkové grafy zobrazující komory s přepadlým objemem větším než 20 000 m³ za průměrný rok.



Obr. 35 Roční průměr počtu přepadů na zvolených komorách*

*Jedná se pouze o komory, jež mají roční průměrný přepadlý objem větší než 20 000 m³. Jako referenci jsem zvolil síť pěti srážkoměrů od provozovatele.

Tab. č. 9 Tabulka celkového přepadlého objemu a počtu přepadů na celé síti

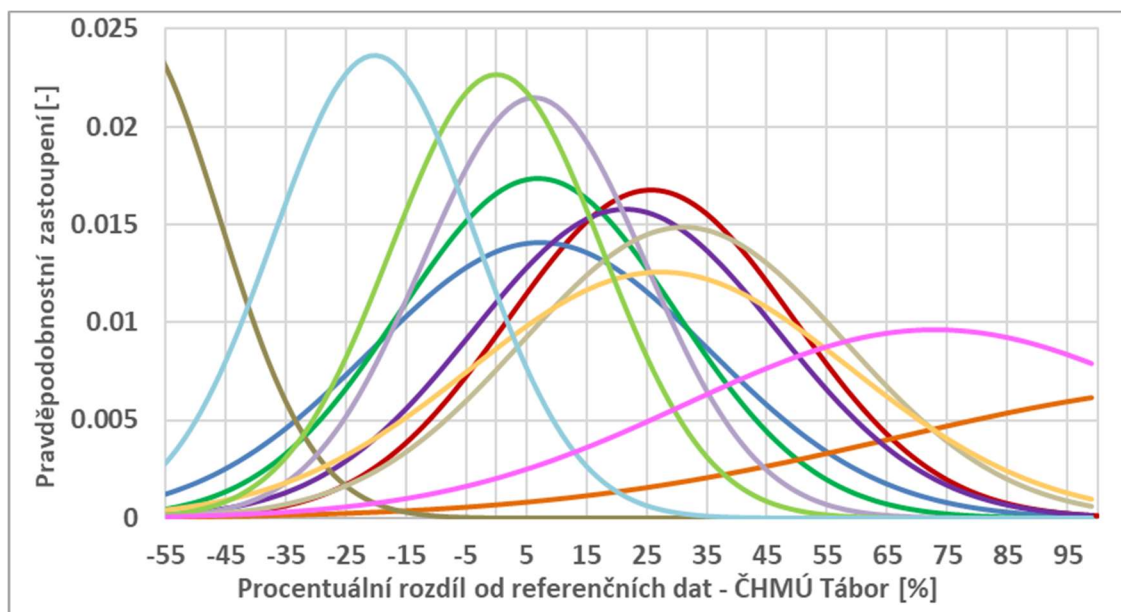
Časová řada*	Přepadlý objem [tis. m ³]	Počet přepadů [n]
Srážkoměrná síť S01 – S05	364,80	812
ČHMÚ Tábor	443,88	905
ČHMÚ Praha Karlov	341,51	655
SR Plzeň	373,20	931
SR Český Krumlov	581,51	1 535
Fiktivní typický rok	409,92	887
ČHMÚ Hlasivo	205,01	552
SR01	366,80	800
SR02	424,18	875
SR03	385,21	740
SR04	377,05	870
SR05	333,61	720
SR_AVG	691,13	1 116

Grafy pro data porovnávaná se srážkoměrnou sítí (Varianta č. 1):

Tab. č. 10 Tabulka středních hodnot a směrodatných odchylek pro PDF křivky – Varianta č.1

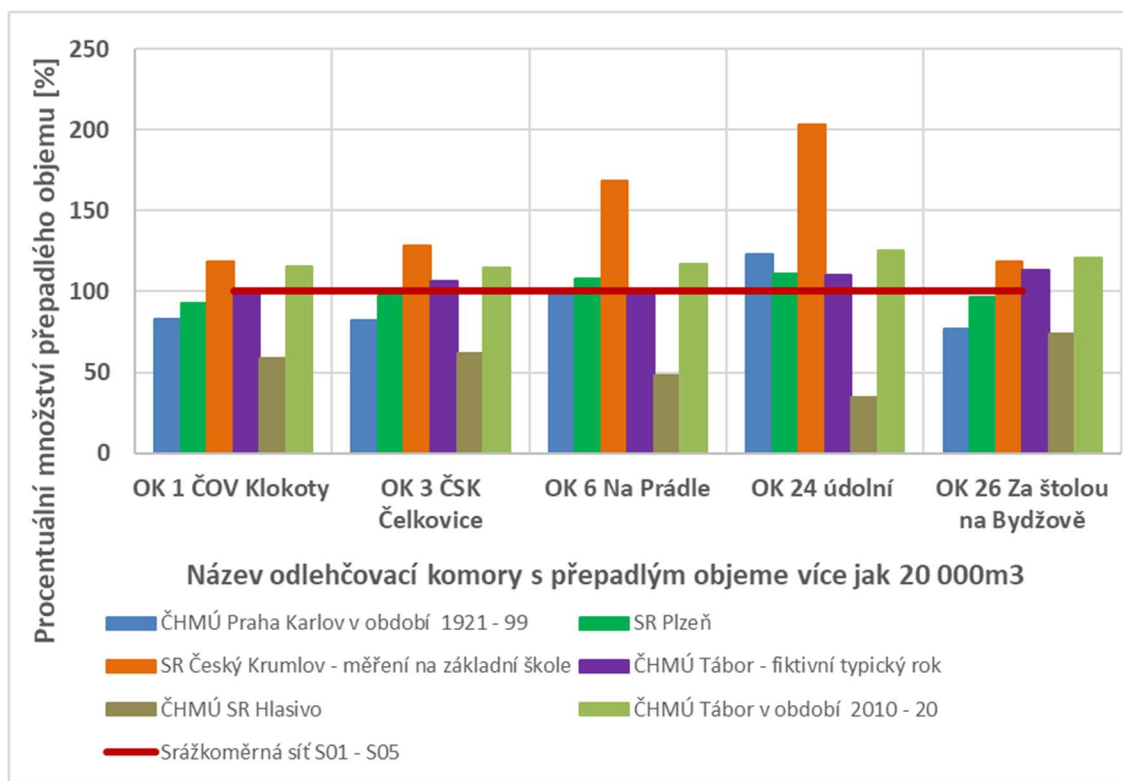
Časová řada*	Střední hodnota	Směrodatná odchylka
ČHMÚ Tábor	26	24
ČHMÚ Praha Karlov	7	28
SR Plzeň	7	23
SR Český Krumlov	125	58
Fiktivní typický rok	21	25
ČHMÚ Hlasivo	-62	16
SR01	6	19
SR02	31	27
SR03	27	32
SR04	0	18
SR05	-20	17
SR_AVG	70	41

*Jedná se o procentuální rozdíl mezi zvolenou referencí a časovou řadou

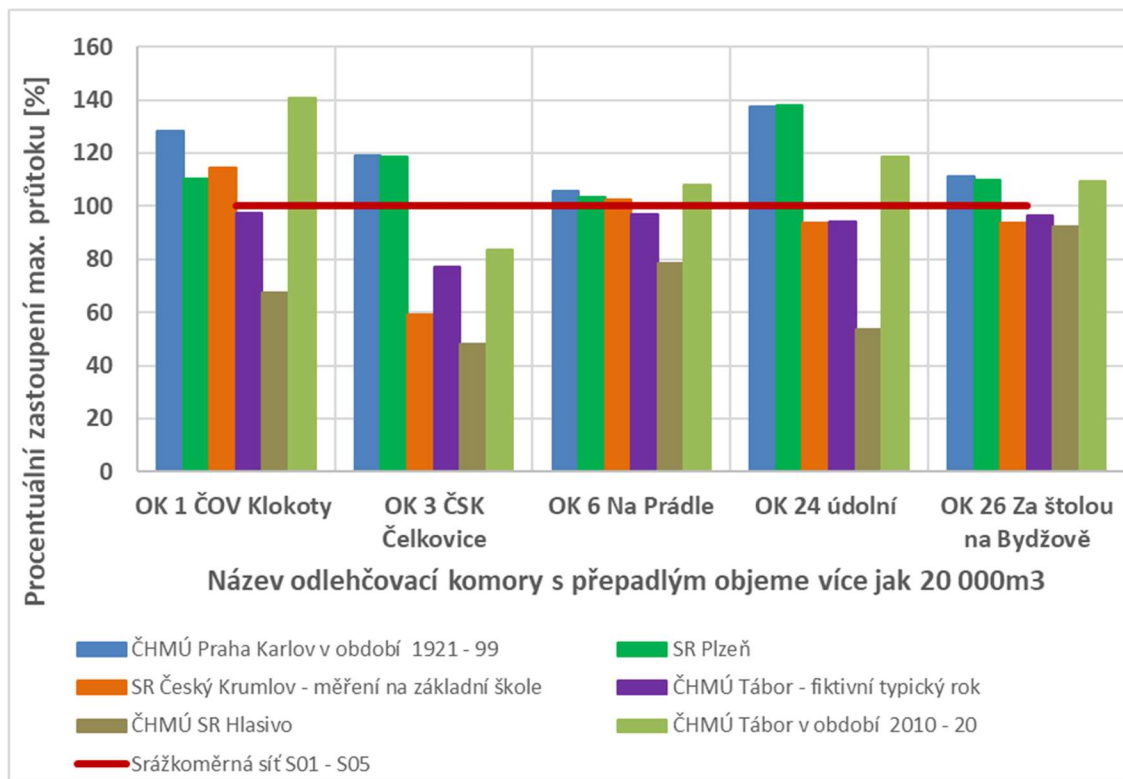


- ČHMÚ Tábor v období 2010 - 20
- SR Plzeň
- ČHMÚ Tábor - fiktivní typický rok
- Tábor v období 2013 - 2020 pro SR01
- Tábor v období 2013 - 2020 pro SR03
- Tábor v období 2013 - 2020 pro SR05
- ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99
- SR Český Krumlov - měření na základní škole
- ČHMÚ SR Hlasivo
- Tábor v období 2013 - 2020 pro SR02
- Tábor v období 2013 - 2020 pro SR04
- Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG

Obr. 36 Graf PDF křivky maximálních objemů vztažené k referenční hodnotě



Obr. 37 Graf objemů vztahené k referenční hodnotě za jeden rok



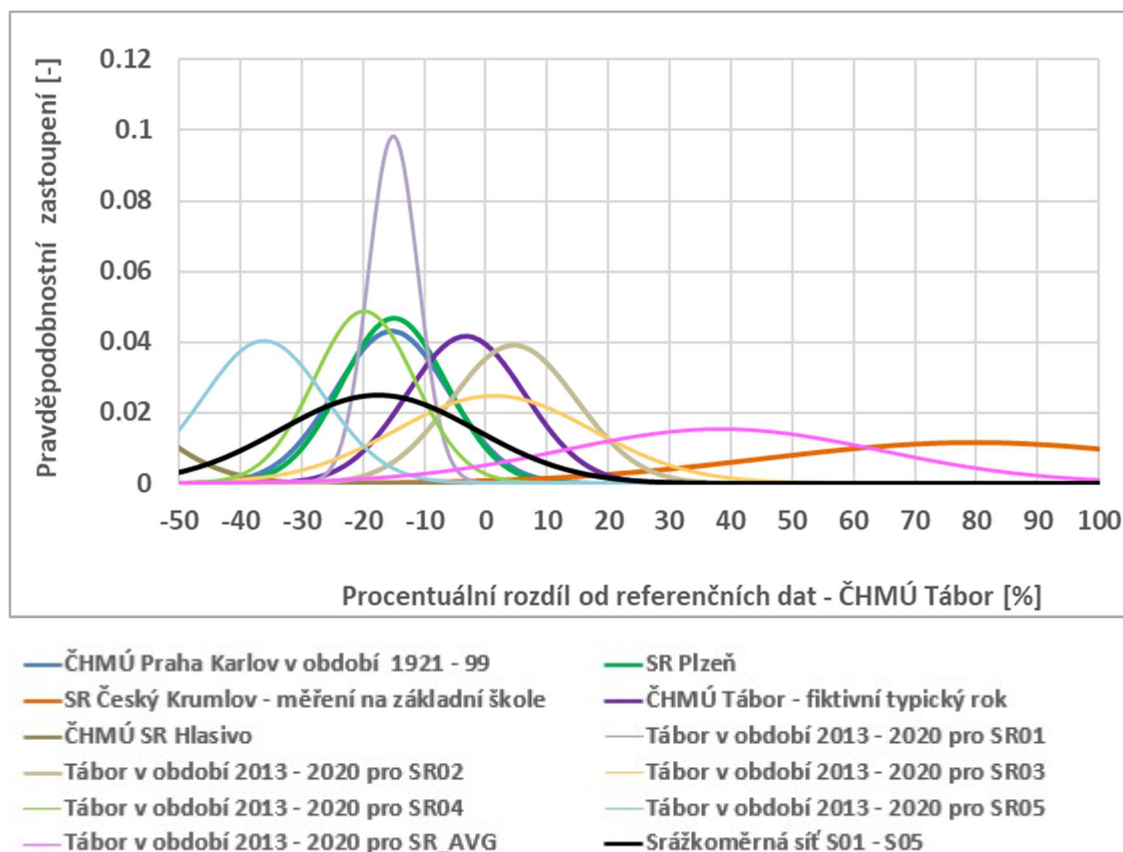
Obr. 38 Graf maximálních průtoků vztahené k referenční hodnotě

Grafy pro data porovnávaná s jedním srážkoměrem na celé povodí (Varianta č. 2):

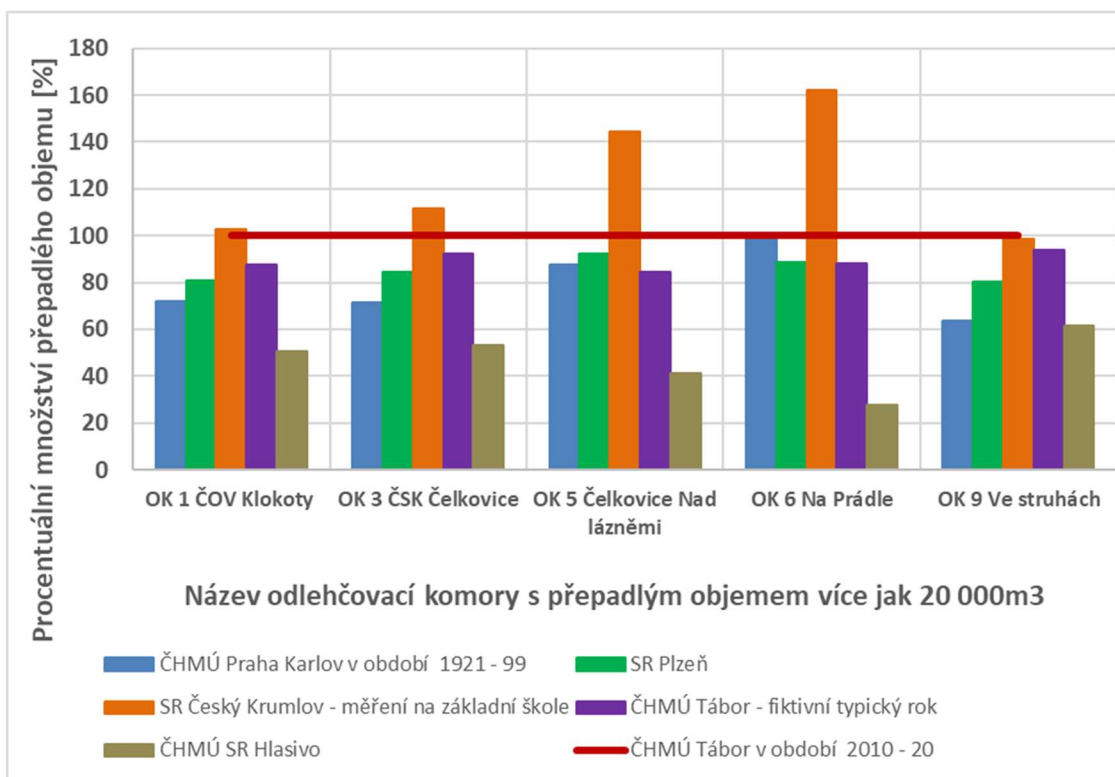
Tab. č. 11 Tabulka středních hodnot a směrodatných odchylek pro PDF křivky – Varianta č.2

Časová řada*	Střední hodnota	Směrodatná odchylka
Srážkoměrná síť S01 – S05	-18	16
ČHMÚ Praha Karlov	-15	9
SR Plzeň	-15	9
SR Český Krumlov	80	35
Fiktivní typický rok	-3	10
ČHMÚ Hlasivo	-69	13
SR01	-15	4
SR02	5	10
SR03	1	16
SR04	-20	8
SR05	-36	10
SR_AVG	38	26

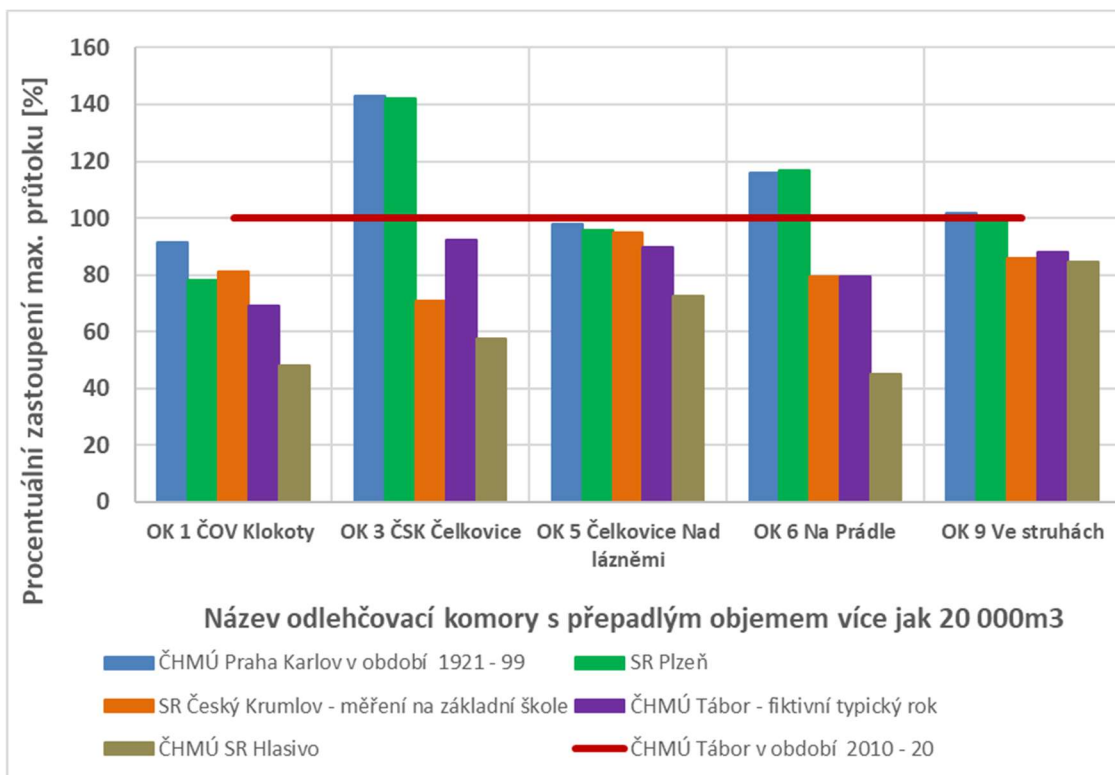
*Jedná se o procentuální rozdíl mezi zvolenou referencí a časovou řadou



Obr. 39 Graf PDF křivky maximálních objemů vztažené k referenční hodnotě



Obr. 40 Graf objemů vztahené k referenční hodnotě za jeden rok



Obr. 41 Graf maximálních průtoků vztahené k referenční hodnotě

8.1. Vyhodnocení první varianty

SR ČHMÚ Tábor – Data ze srážkoměru nemají vazbu k datům lokálního měření dešťoměrů provozovatele ČEVAK a.s. Čím je komora vzdálenější, tím více data podhodnocují výsledky maximálního průtoku a přepadlého objemu. Počet přepadů je spíše nadhodnocený, a to i na komorách, jež jsou blíže umístěnému srážkoměru ČHMÚ Tábor, nejvíce tedy ve městě Planá nad Lužnicí. Z hlediska rozložení a tvaru PDF křivky se zdají data konzistentnější, ale pomocí směrodatné křivky a střední hodnoty vyvozují, že se data budou pohybovat ve větším rozdílu, než je právě střední hodnota, a to jak pro maximální průtok, tak pro přepadlý objem.

Doporučení / Použití: Nemůžeme tak velké povodí shrnout do jednoho srážkoměru anebo ho pro tento případ použít jako referenční. Pokud by byl srážkoměr umístěn blíže centru města, mohl by být použit jako referenční aspoň pro město Tábor, nikoliv pro celou aglomeraci. Z tohoto však vyplývá, že hraje velikou roli umístění srážkoměru na vyhodnocení funkce odlehčovacích komor. Další příčina rozdílu může být způsobena neprovedenou dynamickou kalibrací dešťoměru nebo revidování dat.

Historická řada Praha Karlov – Data se svým tvarem PDF křivky zdají konzistentnější, ale po přihlídnutí ke směrodatné odchylce usuzují spíše opak. Pro normální rozdělení maximálních průtoků a přepadlého objemu na odlehčovacích komorách vidíme, že se budou rozdíly pohybovat s rozdílem +/- 30 % od střední hodnoty. Ze sloupcových grafů pro obě charakteristiky vidíme jak podhodnocení, tak i nadhodnocení dat, jež se liší na různých OK a nemají vazbu mezi vzdáleností od lokality měřených dat nebo nadmořskou výškou. Počet přepadů se od referenční srážkoměrné sítě značně liší a téměř na všech podhodnocuje.

Doporučení / Použití: Data už jsou pouze historická a nehodí se použít v dnešní době na posouzení funkce odlehčovacích komor. První důvod je nepopsání klimatické změny a období sucha. Další důvod je neznámé použití měřicí techniky a její výměna skrze celé období získaných dat. V tomto smyslu by se nevyplatilo data vynásobit koeficientem, jež by zohlednil vzdálenost a rozdíl míry intenzity.

Časová řada Plzeň – Podobně jako Historická řada Praha Karlov, jsou data nepoužitelná pro posouzení funkce odlehčovacích komor. Data velice nadhodnocují maximální průtok a přepadlý objem. Počet přepadů je také nadhodnocený vůči zvolené referenci. Stanice je umístěna v nižší nadmořské výšce a očekával jsem podhodnocení vůči lokálním dešťoměrům, bohužel k tomu nedošlo, a proto nemá smysl zkoušet vynásobení časové řady koeficientem, jež by zhodnotil rozdíly dle klimatu nebo úhrnu srážek.

Doporučení / Použití: Data jsou staršího původu, a i přes provedené revidování dat anonymní akciové společnosti je vidět velký rozdíl a patrná nekonzistence dat. Úhrn srážek se pohybuje podobně jako pro aglomeraci Tábor, můžeme říct, že město Plzeň se pohybuje i ve stejné klimatické oblasti, směrodatná odchylka se pohybuje s +/- 25 % rozdílem od střední hodnoty. Z těchto důvodů bych data nevyužil pro vyhodnocení funkce odlehčovacích komor nebo pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci.

Časová řada Český Krumlov – Přepadlý objem vychází extrémně nadhodnocený a nekonzistentní vůči zvolené referenci lokálních dešťoměrů. Naproti tomu maximální průtok během přepadové události se zdá konzistentní podle křivky PDF, ale i tam se rozdíl pohybuje +/- 20 % od střední hodnoty. Druhá varianta vychází také nepříznivě, srážková řada nadhodnocuje skoro až dvojnásobně oproti zvolené referenci a data z tohoto hlediska nejsou ani konzistentní. Pokud bych se zaměřil pouze na maximální průtok během přepadové události, tak jsou data konzistentnější a drží se více průměru okolo střední hodnoty. Počet přepadů, avšak nadhodnocuje vůči referenci.

Doporučení / Použití: Data z Českého Krumlova se pohybují na podobné nadmořské a ve stejné klimatické oblasti jako aglomerace Tábor, ale průměrný roční úhrn srážek je vyšší. V časové řadě také chybí celý jeden rok, toto vytváří veliké zkreslení. Mohl bych zkusit upravit data tak aby odpovídala úhrnu lokálním dešťoměrům, jednoduše vynásobit koeficientem jež by zohlednil tento rozdíl. Protože jsou ale data různá skrze všechny tři parametry, tak nevidím smysl ve vyzkoušení a přikláním se k nepoužitelnosti pro posouzení funkce OK nebo pro dlouhodobou simulaci. Další důvod nepoužitelnosti je až moc dlouhý výpadek měřící techniky.

Fiktivní typický rok – Zprvu bych rád zmínil, že data jsou tvořená ze stanice ČHMÚ Tábor, tudíž je hned vidět vazba podobného nadhodnocení nebo podhodnocení u odlehčovacích komor, a proto jsou data ze stejného hlediska nevyužitelná. Směrodatná odchylka se pohybuje kolem +/- 17 – 26 %, data však graficky vypadají konzistentnější. Bohužel u maximálního průtoku data lehce podhodnocují oproti zvolené referenci a u přepadlého objemu více nadhodnocují.

Doporučení / Použití: Data v tomto případě nejsou použitelná a nemá smysl je použít ani pro zrychlení výpočtu dlouhodobé simulace odtoku v kanalizaci. Protože jsem ale dostal relativně podobné výsledky jako ze stanice Tábor od ČHMÚ, stálo by za prozkoumání ve variantě použití lokálních dešťoměrů jako vstup pro vytvoření fiktivního typického roku, bohužel už mi nezbyl prostor pro zpracování během bakalářské práce.

SR ČHMÚ Hlasivo – Data ze stanice Hlasivo nejsou použitelná pro vyhodnocení funkce odlehčovacích komor. První důvod nepoužitelnosti je velký rozdíl mezi počtem přepadů a maximálním průtokem. Další důvod je ohromný rozdíl mezi přepadlým objemem na komorách, kdy minimální rozdíl se pohybuje kolem 40 % a maximální až kolem 98 %. Data se zdají konzistentnější podle tvaru PDF křivky a bylo by možné vynásobením jež by zohlednil rozdíl mezi srážkovými úhrny. Bohužel střední hodnota obou křivek se pohybuje do většího záporu a směrodatná odchylka kolem +/- 20 %. V tomto případě by nepomohlo vynásobením koeficientem rozdílu intenzit nebo dle klimatické oblasti.

Doporučení / Použití: Data ze stanice se nehodí jako vstupní data pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci pro aglomeraci Tábor a posouzení funkce OK.

Data jsou ve svém desetiminutovém kroku až moc hrubá pro naše účely, nejsou vlastníkem revidovaná, a tak ztrácí na své důvěryhodnosti. Stanice není natolik vzdálená od města Tábor ale i tak přes vyšší nadmořskou výšku mají menší průměrný roční úhrn než srážkoměrná síť provozovatele ČEVAK a.s. a stanice ČHMÚ Tábor.

Lokální dešťoměry provozovatele S01-05 – Zvolená reference, jež slouží pro porovnání ostatních vstupů. V grafech jsem vyobrazil i jednotlivé srážkoměry pro znázornění, jak moc velkou roli hraje umístění stanice na, tak rozsáhlou lokalitu. Samostatná data z jednotlivých stanic mají vůči referenci vysoké směrodatné odchylky, tudíž jejich rozdíl vůči středním hodnotám je ve velkém intervalu a samostatně bychom je nemohli využít, pouze dohromady jako jednu lokální srážkoměrnou síť.

Doporučení / Použití: Nejvhodnější varianta pro posouzení funkce odlehčovacích komor a pro dlouhodobou simulaci odtoku, případně kalibraci modelu. Lokální síť srážkoměrů nejlépe popíše chování srážkové události na dané povodí, pokud se snažíme držet ideologie – 1 srážkoměr na jednu část povodí.

Samostatné srážkoměry na takto rozsáhlém a morfologicky rozdílné stokové síti nemají smysl a jsou nevhodné pro použití. Pokud by se jednalo pouze o město Tábor, pak by stále bylo výhodnější využití více srážkoměrů pro posouzení funkce OK, ale už bychom mohli využít jednoho srážkoměru - Pokud by srážkoměr byl umístěn nad středem města nebo stokové sítě.

Je důležité ale podotknout, že nemám informaci o přesném stavu nebo kalibraci jednotlivých dešťoměrů, jež může zkreslit také porovnání vůči ostatním datovým setům.

Průměrná srážkoměrná stanice z 5 stanic – Data jsou nevyužitelná, a tak se má úvaha o zjednodušení výpočtu z pěti srážkoměrů na jeden nevyplatila. Podle křivky PDF jsou data nekonzistentní, hodnoty křivky normálního rozdělení se moc vzdalují od střední hodnoty. Přepadlý objem a maximální průtok je často nadhodnocený, a to i na komorách s malým přepadlým objemem za průměrný rok. Pokud se zaměřím na vyhodnocené přepadu, komory do přepadlého objemu 20 000 m³ mají malý procentuální rozdíl vůči referenci.

Doporučení / Použití: Jedná o data vytvořená pomocí umělé inteligence, jež nám poradila a vytvořila neověřený script pro vygenerování jedné průměrné stanice z pěti srážkoměrných stanic. Data nejsou nijak konzistentní a dosahují velkých rozdílů, přesto počet přepadů (pokud vynecháme určité komory) se blíží referenci. V tomto případě by stálo za vyzkoušení na menší lokalitě nebo lokalitě, jež není „táhlá“ jako aglomerace Tábor.

8.2. Vyhodnocení a diskuse nad druhou variantou

SR ČHMÚ Tábor – V této variantě hraje roli jako zvolená reference, k níž porovnááme výsledky a zabýváme se použitelností ostatních vstupů. Během porovnání se srážkoměrnou sítí v první variantě jsem nenašel vazbu, a proto je následující vyhodnocení a doporučení pouze informativní nebo dále potvrzuje tvrzení v první variantě.

Doporučení / Použití: Stále platí, že nemůžeme tak velké povodí shrnout do jednoho srážkoměru anebo ho použít jako referenční. Pokud by byl srážkoměr umístěn blíže středu města a jednalo by se o menší lokalitu, výsledky by mohly být příznivější. V tomto případě stále platí nepoužitelnost takového datového vstupu.

Historická řada Praha Karlov – Stejně jako v první variantě se data svým tvarem PDF křivky zdají konzistentnější. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro přepadlý objem vody vychází také příznivě. Bohužel hodnoty pro maximální průtok nadhodnocují a jak směrodatná odchylka, tak střední hodnota se dostávají nad 15 % rozdílu vůči zvolené referenci. Ve sloupcových grafech můžeme pro obě charakteristiky vidět toto podhodnocení a nadhodnocení dat, jež se liší na různých OK a nemají vazbu mezi vzdáleností od lokality měřených dat nebo nadmořskou výškou.

Doporučení / Použití: Stejně jako v první variantě, jež je hlavní a pro mě nejvíce určující vhodnost, už jsou data pouze historická a nehodí se použít v dnešní době na posouzení funkce odlehčovacích komor.

Časová řada Plzeň – Obdobně jako Historická řada Praha Karlov, jsou data nepoužitelná pro posouzení funkce odlehčovacích komor. Držíme se stejného závěru jako pro první variantu. Data nadhodnocují maximální průtok, ale podhodnocují přepadlý objem. Počet přepadů je různý a na komorách s přepadlým objemem nižším než 20 000 m³ buď vychází stejně jako zvolená reference nebo nadhodnocuje a u komor s vyšším přepadlým objemem podhodnocuje počet přepadů.

Doporučení / Použití: Stejně jako v první variantě musím zmínit starší původ dat, je vidět velký rozdíl a patrná nekonzistence dat u maximálního průtoku. Z těchto důvodů bych data nevyužil pro posouzení funkce odlehčovacích komor nebo pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci i kdybych se měl řídit zvolenou referencí pro druhou variantu.

Časová řada Český Krumlov – Z křivek PDF vychází extrémně nadhodnocený a nekonzistentní přepadlý objem vůči zvolené referenci. Naproti tomu maximální průtok během přepadové události se zdá konzistentnější podle křivky PDF, se střední hodnotou -20 % a směrodatnou odchylkou 11 %. Počet přepadů, avšak nadhodnocuje vůči referenci.

Doporučení / Použití: Držím se doporučení u první varianty a data se nehodí na posouzení odlehčovacích komor. V časové řadě chybí jeden celý rok a tvoří tak veliké zkreslení.

Fiktivní typický rok – Pokud se hned zaměřím na křivku PDF vidím že směrodatná odchylka a střední hodnota pro maximální průtok a objem přepadlé vody se pohybuje okolo 10-12 %. Z tohoto můžu říct, že se jedná o konzistentní data s malým rozdílem vůči referenci. U sloupcových grafů však je možné vidět občasně nadhodnocení přepadlého objemu, stejně jako u počtu přepadů. Mohu ale říct, že existuje přímá vazba mezi fiktivním rokem a zvolenou referencí.

Doporučení / Použití: Data v tomto případě by mohla být použitelná a má smysl je použít pro zrychlení výpočtu dlouhodobé simulace odtoku v kanalizaci. Toto dále podkládá, že by stálo za to vytvořit fiktivní typický rok pro srážkoměrné stanice S01 až S05 a vyzkoušet jako fiktivní srážkoměrnou síť provozovatele.

SR ČHMÚ Hlasivo – Data ze stanice Hlasivo nejsou použitelná pro vyhodnocení funkce odlehčovacích komor. První důvod nepoužitelnosti je velký rozdíl mezi počtem přepadů a přepadlým objemem vody vůči referenci, kdy hodnoty jen podhodnocují. Další důvod je rozdíl středních hodnot, jež jdou do moc velkého záporu. Data se zdají konzistentnější pouze pro maximální průtok a směrodatná odchylka se pohybuje okolo 15 % rozdílu vůči zvolené referenci. Stanice jsou v podobné klimatické oblasti, s blízkým ročním úhrnem srážek ale na rozdílné výškové úrovni. Čekal bych tedy že data pro stanici Hlasivo budou lehce nadhodnocovat nebo budou podobná. K tomuto nedošlo, a proto si nemyslím že by pomohlo vynásobení koeficientem rozdílu intenzit nebo dle klimatické oblasti.

Doporučení / Použití: Data ze stanice se nehodí jako vstupní data pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci pro aglomeraci tábor a posouzení funkce OK.

Stejně jako pro první variantu platí, že data ve svém desetiminutovém kroku jsou až moc hrubá pro moje účely, nejsou vlastníkem revidovaná, a tak ztrácí na své důvěryhodnosti.

Lokální dešťoměry provozovatele S01-05 – Zvolená reference pro první variantu. Pokud se hned zaměříme na křivky PDF, vidíme že data mezi sebou nemají vazbu a spíše jsou podhodnocena a nejsou konzistentnější – stanice ČHMÚ Tábor nadhodnocuje. Ze sloupcových grafů vidíme že srážkoměrná síť podhodnocuje množství přepadů. Maximální průtok nebo přepadlý objem vod se různě mění dle komory, data buď nadhodnocují nebo podhodnocují.

Pokud bych se zaměřil na jednotlivé stanice, tak opět vidíme vazbu mezi umístěním stanic. Stanice blíže referenční mají obdobný počet přepadů a jsou i více konzistentní nebo blíže k nulovému rozdílu střední hodnoty.

Doporučení / Použití: Jedná se o nevhodnější způsob popsání plošného rozdělení deště pro posouzení funkce odlehčovacích komor a pro dlouhodobou simulaci odtoku, případně kalibraci modelu, pokud použijeme srážkoměry jako jeden celek – lokální srážkoměrnou síť. Samostatně stanice pouze poukazují na důležitost umístění a samostatně nejsou vhodné pro použití k vyhodnocení OK.

Je důležité ale podotknout, že nemám informaci o přesném stavu nebo kalibraci jednotlivých dešťoměrů, jež může zkreslit také porovnání vůči ostatním datovým setům.

Průměrná srážkoměrná stanice z 5 stanic – Data jsou nevyužitelná, stejně jako v první variantě. Podle křivky PDF jsou data vysoce nekonzistentní, hodnoty křivky normálního rozdělení se moc vzdalují od střední hodnoty.

Doporučení / Použití: Jedná o data vytvořena pomocí umělé inteligence, jež nám poradila a vytvořila neověřený script pro vygenerování jedné průměrné stanice z pěti srážkoměrných stanic. Tento typ dat se nevyplatí a výslovně nehodí na posouzení funkce odlehčovacích komor.

8.3. Shrnutí

Z výsledných doporučení mohu říci, že velkou roli hraje umístění srážkoměru a aktuálnost dat. Data starší než 2010 ztrácí svoji vhodnost pro použití k posouzení funkce odlehčovacích komor. Dále vyplývá, že bychom měli používat pouze lokální data a nepřenášet data ze stanic z jiných lokalit.

Druhá varianta vyhodnocení, jež vznikla jako moje úvaha, je pouze informativní a dále dokládá výsledné doporučení pro první variantu.

Praha – Karlov a SR Plzeň : V obou variantách rozdíly dat vychází různě skrze všechny komory a není jednoduché říct, zda srážková řada pouze nadhodnocuje nebo podhodnocuje. Mohu však říct, že se jedná už pouze o historickou řadu, jež by se už neměla používat.

9. Závěr

Z práce vyplývá, že se v dnešní době vyplatí používat pouze vstupní data z lokálních srážkoměrů pro posouzení funkce odlehčovacích komor a pro dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci. Nejlépe za podmínek, kdy je více srážkoměrů na jedno povodí umístěno pro nejlepší popis rozložení srážkové události.

Pokud bych práci shrnul do závěrečných bodů:

Použití historických řad

- Nevyplatí se používat data jež jsou historická jako Praha Karlov (v letech 1921 – 99) nebo ze srážkoměru Plzeň (v letech 1991 – 2002). Data se zdají relevantní a mohla by být i blízko referenci podle normálního rozdělení, ale opak je pravdou a výsledná data se liší ve všech zkoumaných parametrech. Rozdíl je různý na každém zkoumaném parametru a často větší než 15 %, z tohoto hlediska nemůžu použít ani koeficient jenž by zohlednil klimatické podnebí nebo vzdálenost mezi zkoumanou oblastí a srážkoměrem.

Průměrná řada z pěti srážkoměrných stanic

- Data, o nichž přesně nevíme, jak jsou tvořena nedoporučuji použít nebo jakkoliv pořizovat. Pořízení / získání časové řady jež by byla vytvořena jako aritmetický průměr z více stanic, jako zde vytvořená časová řada z pěti srážkoměrných stanic, nemá smysl. Data jsou vysoce nekonzistentní, s vyšším ročním úhrnem než originální, z nichž byla řada vytvořena. Je možnost vyzkoušení na menším povodí (například Žatec nebo Kadaň), ale i tam se obávám nepoužitelnosti.

Fiktivní typický rok

- Nadějná možnost se stala nepoužitelnou, aspoň v tomto případě. Fiktivní typický rok vytvořený ze srážkoměrné stanice ČHMÚ Tábor se s porovnáním vůči zvolené referenci lokálních dešťoměrů neschází a je tak vyřazen z použitelnosti. Stálo by za prověření použít jako vstupní data pro tvorbu lokální dešťoměry aspoň pro urychlení výpočtu a vytvoření tak bleskového posouzení odlehčovacích komor. Mezi fiktivním rokem a srážkoměrem od ČHMÚ pro Tábor je vazba a malý procentuální rozdíl, tudíž bych očekával podobně malý rozdíl, pokud bych použili lokální dešťoměry.

Nejistoty z převzatých dat

- Data o nižší nebo vyšší nadmořské výšce se ukázala bez vazby. Stanice Hlasivo, jež je na vyšší nadmořské výšce data podhodnocuje. To může být způsobeno hrubostí dat, jež jsou pouze v desetiminutovém kroku a my potřebujeme nejlépe v minutovém kroku. Data ze stanic, jež jsou více vzdálena jako Český Krumlov nebo Plzeň se ukázala též jako nepoužitelná. Český Krumlov však mohl být ovlivněn chybějícím rokem na začátku časové řady. Obě řady jsou také mimo porovnatelné období. V obou případech data nemají vazbu mezi sebou, na místech, kde bych čekal nadhodnocení kvůli vyšší intenzitě a ročnímu úhrnu data podhodnocují a obráceně.

Jak moc můžeme zatížit model jinými daty?

- I přes pokus nalezení vazby skrze klimatické oblasti, roční úhrny, délky časové řady vychází z této práce zaměření pouze na lokální dešťoměry. Pokud budeme posuzovat funkci odlehčovacích komor skrze dlouhodobou simulaci odtoku v kanalizaci, bude za potřebí minimálně pěti letá časová řada srážek (optimálně desetiletá časová řada) a nejlépe za podmínky umístění více srážkoměrů na jedno povodí jako zde provedl provoz ČEVAK a.s. Jiná data pro typ tohoto modelu nepřípadají v úvahu.

Pro úplné ověření výsledků a potvrzení použití pouze lokálního měření bych doporučil provést rozsáhlejší analýzu, otestovat na více lokalitách a datech z porovnatelného období. Vhodné lokality pro ověření by byly například model Prahy, Brna, Liberec – Jablonec, Plzeň, Chomutov, Bílina, Žatec nebo Kadaň. Jako porovnatelné období, a data, bych vybíral za poslední desetiletí od roku 2010 – 2022, kvůli větší kvalitě měřicí techniky, kontroly a revidování dat. Dále bych se zaměřil, zda byla provedená dynamická kalibrace srážkoměrů a zda toto zanedbání nevyvolá velké rozdíly v měření srážkových událostí.

Do doby, dokud někdo další, nebo já, neprokáže opak platí použití lokálních dešťoměrů a měření, kdy více srážkoměrů popisuje jedno povodí pro nejlepší popis plošného rozdělení deště ve zkoumané lokalitě.

10. Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] KREJČÍ, Vladimír. Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: Noel 2000, [cit. 19.03.2023]. ISBN 80-86020-39-8
- [2] STRÁNSKÝ, David. Stokování a čištění odpadních vod: přednáška 4 [přednáška]. Praha, České vysoké učení technické v Praze, 2022.
- [3] STRÁNSKÝ, David. Stokování a čištění odpadních vod: přednáška 5 [přednáška]. Praha, České vysoké učení technické v Praze, 2022.
- [4] Srážkoměr SR03 500cm² [online]. FIEDLER AMS s.r.o. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://www.fiedler.company/cs/produkty/snimace-meteorolog-velicin/destove-srazky/srazkomer-sr03>
- [5] SUCHÁNEK, Milan, Petr SÝKORA a David STRÁNSKÝ. Monitoring v městském odvodnění Část I. – Dešťové srážky. Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR, [2012]. [cit. 20.03.2023]. ISBN 978-80-87140-25-3.
- [6] BUTLER David, John W. DAVIES. Urban drainage [online]. 2. vydání. Londýn: Spon Press, 2004 ISBN: 0-203-34190-2. [cit. 19.03.2023]. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://vannpiseth.files.wordpress.com/2015/07/urban-drainage-butler.pdf>
- [7] ŠPAČKOVÁ, Anna. Modelování srážko-odtokových procesů v povodí stokové sítě města Čelákovice [online]. Praha, 2020. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce David Stránský. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/86445>
- [8] SR03, SR03/V Člunkové srážkoměry (500 cm²): Návod k obsluze verze 1.04 [online]. FIEDLER AMS s.r.o., [2015]. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://www.fiedler-magr.cz/sites/default/files/dokumenty/sr03-v1.pdf>
- [9] Srážkoměr – Meteo Encyklopedie. [online]. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://www.pocasimeteoaktuality.cz/meteorologie/meteorologicke-pristroje/2/>
- [10] SMOLAŘOVÁ, Jana. Posouzení srážko-odtokových vztahů stokového systému obce Luštěnice [online]. Praha, 2022. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Stránský David. [cit. 22.04.2023]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/99661>
- [11] Srážkoměr – Wikipedie. [online]. [cit. 19.03.2023]. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Srážkoměr>
- [12] Optický srážkoměr RG-11 [online]. FIEDLER AMS s.r.o. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://www.fiedler.company/cs/produkty/meteorologick-stanice-senzory/de-ov-sr-ky/optick-sr-kom-r-rg-11>
- [13] MIKEŠOVÁ, Veronika. Dynamika srážek na malém urbanizovaném povodí [online]. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Dohnal Michal. [cit. 19.03.2023]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/65829>

- [14] STRÁNSKÝ, David, et al. Metodická příručka: Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí [online]. Praha: Státní fond životního prostředí, 2009 [cit. 04.04.2023]. Dostupné z:
<http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/35.pdf>
- [15] ROSSMAN, Lewis A. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1 [online]. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, Water Quality Office, 20015 [cit. 07.04.2023]. Dostupné z:
https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf
- [16] Strobl, Josef. Dynamic Modelling of Urban Rainfall Runoff and Drainage Coupling DHI MIKE URBAN and MIKE FLOOD [online]. Analysis and Modelling Summer Term 2012. [cit. 07.04.2023]. Dostupné z:
https://www.geography.at/study/analysis/cadus_poetsch_seminar-paper.pdf
- [17] MIKE URBAN+, Collection system User Guide, DHI MIKE [cit. 07.04.2023]
- [18] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: Sběrka zákonů. 10. 7. 2001. ISSN 1211-1244.
- [19] Wolfgang, Rauch, Ole Mark a Krebs Peter, Mathematical Modelling Of Integrated Urban Drainage Systems. Odborný článek [online]. [cit. 08.04.2023]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/2333218_Mathematical_Modelling_Of_Integrated_Urban_Drainage_Systems
- [20] DHI Gandalf, SW tool for time series data processing, management and reporting User Guide version 2020, DHI a.s. [cit. 08.04.2023]
- [21] HRABÁK, David. Dita Prylová, Milan Suchánek, 04 – Metodika zpracování, Projekt Aktualizace Generelu kanalizace aglomerace Tábořsko; DHI a.s. Praha 2020. [cit. 11.04.2023].
- [22] ČSN 75 6262 Odlehčovací komory. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019. [cit. 11.04.2023].
- [23] Kanalizační řád pro aglomeraci měst Tábor, Sezimovo Ústí, Planá nad Lužnicí. ČEVAK a.s., 2022 [cit. 11.04.2023].
- [24] Veřejná databáze ČSÚ – počet a pohyb obyvatelů [cit. 16.04.2023]. Dostupné z:
<https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=statistiky#katalog=33155>
- [25] Strategický plán rozvoje města Tábor 2021 – 2032, Město tábor, odbor rozvoje. [online]. 2020 [cit. 16.04.2023]. Dostupné z:
https://www.taborcz.eu/vismo/dokumenty2.asp?id_org=16470&id=88329&n=strategicky%2Dplan%2Drozvoje%2Dmesta%2Dtabor&p1=66489

- [26] Simulované historické údaje o klimatu a počasí pro Tábor - meteoblue. [online]. 2006 [cit. 16.04.2023]. Dostupné z:
https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/t%C3%A1bor_%C4%8Cesko_3064379
- [27] Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace, Masarykova univerzita, 2013 [cit. 16.04.2023]. [Online] dostupné z:
https://is.muni.cz/el/1441/jaro2013/ZS1BK_IVZ2/39027661/39296810/mapa_pod_nebi_CR.pdf
- [28] Council for Regulatory Environmental Modeling. Guidance on the Development, Evaluation, and Application of Environmental Models. EPA/100/K-09/003. Washington, DC: US EPA, 2009. [cit. 16.04.2023]. [Online] dostupné z:
<https://www.epa.gov/measurements-modeling/guidance-document-development-evaluation-and-application-environmental-models>
- [29] OpenAI – AI research and deployment company [cit. 18.04.2023 [online] Dostupné z : <https://chat.openai.com/>
- [30] Vojenský historický ústav Praha - VHU PRAHA. [online]. [cit. 18.04.2023]. Dostupné z:
<https://www.vhu.cz/exhibit/ombrograf-ganser/>
- [31] Na vrcholu Praha v Brdech vznikají radarové snímky, svými výhledy láká i turisty, In-počasí. Počasí - předpověď počasí, aktuální informace, In-počasí [online]. 2023 [cit. 22.04.2023]. Dostupné z:
<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/meteoradar-praha-brdy-24.3.2020/>
- [32] Tábor – Wikipedie. [online]. [cit. 19.04.2023]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Tábor>
- [33] Tábor - Historie obce. Místopisný průvodce po České Republice - přehledný seznam obcí České republiky. [online]. [cit. 19.04.2023]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z:
<https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/7785/tabor/historie/>
- [34] Sezimovo Ústí – Wikipedie. [online]. [cit. 19.04.2023]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Sezimovo_Ústí
- [35] Planá nad Lužnicí – Wikipedie. [online]. [cit. 19.04.2023]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Planá_nad_Lužnicí

11. Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 Vzorový výkres pasportizace odlehčovací komory z Jindřichova Hradce.....	21
Obr. 2 Historická řada Praha – Karlov v letech 1921 – 1999 (zdroj: ČHMÚ)	24
Obr. 3 schématický postup při modelování [14]	27
Obr. 4 Simulační srážko-odtokové modely [14]	28
Obr. 5 Schéma odtoku dešťových vod do městského odvodnění [15]	30
Obr. 6 Prostředí programu MIKE URBAN 2020 od DHI a.s.	31
Obr. 7 Výsledkový soubor pro LTS vytažený skrze program MIKE View od DHI a.s.	33
Obr. 8 Vztah mezi nejistotami a modelovou komplexitou. [28]	35
Obr. 9 vygenerovaná odpověď umělé inteligence ChatGPT. [29]	36
Obr. 10 manuální srážkoměr [9].....	38
Obr. 11 Ombrograf Ganser [30]	38
Obr. 12 Váhový srážkoměr MRW500 [13].....	39
Obr. 13 Optický srážkoměr Fiedler RG-11 [12].....	39
Obr. 14 základna pro srážkoměr a srážkoměr Fiedler AMS SR03 [4]	40
Obr. 15 Meteorologická radarová věž Praha - Brdy [31].....	41
Obr. 16 Prostředí programu DHI Gandalf.....	43
Obr. 17 Vývoj počtu obyvatel v modelové oblasti v l. 2010 – 2021 dle údajů ČSÚ [24]	46
Obr. 18 Souhrnná situační mapa stokového systému aglomerace Tábor.....	48
Obr. 19 Schématická mapa vyznačení sběračů aglomerace Tábor	49
Obr. 20 Schématická mapa vyznačení sběračů aglomerace Tábor	49
Obr. 21 Mapa významných toků.....	50
Obr. 22 Schématická mapa odlehčovacích komor v městě Tábor	52
Obr. 23 Schématická mapa odlehčovacích komor v Sezimově Ústí.....	53
Obr. 24 Schématická mapa odlehčovacích komor v Plané nad Lužnicí.....	53
Obr. 25 Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace [27].....	55
Obr. 26 Průměrné teploty a srážky pro okres Tábor [26].....	55
Obr. 27 Množství srážek pro okres Tábor [26]	56
Obr. 28 Mapa přibližného umístění srážkoměrných stanic.....	59
Obr. 29 Graf porovnání časové délky vstupních srážkových dat.....	60
Obr. 30 Vzor souboru job list s příponou *.MJL	62
Obr. 31 Vzor spuštěné dlouhodobé simulace odtoků v programu MIKE URBAN 2020	63
Obr. 32 Zaznamenaný error během výpočtu LTS v MIKE URBAN 2020	63
Obr. 33 Prostředí programu MIKE View od DHI a.s.....	64
Obr. 34 Vzor výsledné LTS statistiky v txt podobě	64
Obr. 35 Roční průměr počtu přepadů na zvolených komorách*	67
Obr. 36 Graf PDF křivky maximálních objemů vztažené k referenční hodnotě	68
Obr. 37 Graf objemů vztažené k referenční hodnotě za jeden rok.....	69
Obr. 38 Graf maximálních průtoků vztažené k referenční hodnotě.....	69
Obr. 39 Graf PDF křivky maximálních objemů vztažené k referenční hodnotě	70
Obr. 40 Graf objemů vztažené k referenční hodnotě za jeden rok.....	71
Obr. 41 Graf maximálních průtoků vztažené k referenční hodnotě.....	71
Obr. 42 Graf normálního rozdělení přepadlého objemu – Varianta č. 1	101

Obr. 43 Graf normálního rozdělení maximálního průtoku – Varianta č. 1	103
Obr. 44 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 1	105
Obr. 45 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 1	107
Obr. 46 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 1	109
Obr. 47 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 1	111
Obr. 48 Graf normálního rozdělení přepadlého objemu – Varianta č. 2	113
Obr. 49 Graf normálního rozdělení přepadlého objemu – Varianta č. 2	115
Obr. 50 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 2	117
Obr. 51 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 2	119
Obr. 52 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 2	121
Obr. 53 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 2	123
Obr. 54 Sloupcový graf počtu přepadů	125
Obr. 55 Sloupcový graf počtu přepadů	127
Obr. 56 Průběh srážkové události mezi lety 2010 do 2020 pro stanici Tábor od ČHMÚ	131
Obr. 57 Průběh historické srážkové události mezi lety Praha Karlov v letech 1921 - 1999	132
Obr. 58 Průběh srážkové události mezi lety 1990 do 2002 pro stanici na škole ve městě Plzeň ...	133
Obr. 59 Průběh srážkové události mezi lety 1998 do 2007 pro stanici Český Krumlov	134
Obr. 60 Průběh srážkové události pro fiktivní rok s porovnáním srážkoměru ČHMÚ Tábor	135
Obr. 61 Průběh srážkové události mezi lety 2010 do 2022 pro stanici Hlasivo od ČHMÚ	136
Obr. 62 Průběh srážkových událostí mezi lety 2013 do 2020 pro trvalý monitoring aglomerace Tábor	137
Obr. 63 Průběh srážkové události mezi lety 2013 do 2020 vytvořený jako průměr z 5 srážkoměrných stanic (ČHMÚ Tábor jako referenční)	140
Obr. 64 vytvořený skript pro průměrnou časovou řadu za pomoci ChatGPT	147

Tab. č. 1 Klíčové parametry pro vyhodnocení a jejich jednotky [21]	19
Tab. č. 2 Klíčové parametry pro vyhodnocení a jejich jednotky [21] [22]	22
Tab. č. 3 Základní typy srážkových dat a jejich popis [5]	23
Tab. č. 4 Doporučení pro volbu počtu a umístění srážkoměrných stanic [5]	37
Tab. č. 5 Vývoj počtu obyvatel v modelové oblasti v l. 2010 – 2021 dle údajů ČSÚ [24]	45
Tab. č. 6 Hydrologické údaje o řece Lužnice a jejích přítocích dle ČHMÚ	50
Tab. č. 7 Seznam Odlehčovacích komor pro jednotlivá města s místem výustí.....	51
Tab. č. 8 Základní informace o vstupních datech ze získaných srážkoměrných stanic.....	60
Tab. č. 9 Tabulka celkového přepadlého objemu a počtu přepadů na celé síti	67
Tab. č. 10 Tabulka středních hodnot a směrodatných odchylek pro PDF křivky – Varianta č.1.....	68
Tab. č. 11 Tabulka středních hodnot a směrodatných odchylek pro PDF křivky – Varianta č.2.....	70
Tab. č. 12 Tabulka vypočítaného počtu přepadů pro město Tábor	89
Tab. č. 13 Tabulka vypočítaného počtu přepadů pro město Sezimovo Ústí	91
Tab. č. 14 Tabulka vypočítaného počtu přepadů pro město Planá nad Lužnicí	91
Tab. č. 15 Tabulka vypočítaného přepadlého objemu pro město Tábor	93
Tab. č. 16 Tabulka vypočítaného přepadlého objemu pro město Planá nad Lužnicí	95
Tab. č. 17 Tabulka vypočítaného přepadlého objemu pro město Sezimovo Ústí	95
Tab. č. 18 Tabulka maximálního vypočítaného průtoku pro město Tábor.....	97
Tab. č. 19 Tabulka maximálního vypočítaného průtoku pro město Planá nad Lužnicí	99
Tab. č. 20 Tabulka maximálního vypočítaného průtoku pro město Sezimovo Ústí	99

12. Seznam příloh

Příloha č.1 - Vyhodnocení statických charakteristik vlivů vstupních srážkoměrných řad

Příloha č. 2 – Podrobné informace o získaných datech ze srážkoměrných stanic

Příloha č. 3 – Provedené úpravy a parametry pro spuštění jednotlivých datových vstupů

Příloha č. 4 – Použité výpočetní přístroje

Příloha č. 1 - Vyhodnocení statických charakteristik vlivů vstupních srážkoměrných řad



Tab. č. 12 Tabulka vypočítaného počtu přepadů pro město Tábor

Popisná data OK - Tábor	Počet přepadů do recipientu [n]												
	Srážková data v průměrném srážkovém roce												
ČHMÚ Tábor v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	Sr Píseň	Sr Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábor - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Srážkoměrná síť S01 - S05	Tábor v období 2020 pro SR01	Tábor v období 2020 pro SR02	Tábor v období 2020 pro SR03	Tábor v období 2020 pro SR04	Tábor v období 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG	
OK 1 ČOV Klokoty	60	36	56	72	64	42	56	51	46	58	53	100	
OK 2 Horky sběrač	31	25	40	57	29	18	30	29	25	31	24	29	
OK 3 ČSK Čelkovice	81	46	78	94	92	61	75	69	63	78	70	126	
OK 4 Čelkovice	10	8	8	25	9	5	9	9	8	10	8	10	
OK 5 Čelkovice Nad lázněmi	38	30	49	68	39	21	37	34	31	35	30	35	
OK 6 Na Prádle	48	32	48	65	49	31	45	41	38	47	41	81	
OK 7 Lekešův mlýn	1	1	1	3	1	0	2	2	2	1	1	2	
OK 8 Pod Kotonovem	14	12	14	34	14	9	15	14	12	16	11	15	
OK 9 Ve struhách	14	12	14	32	14	8	14	13	11	14	10	15	
OK 10 Pod Soudem	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
OK 11 Pod vodopádem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OK 12 U nemocnice	16	14	18	36	15	9	16	14	14	16	11	18	
OK 13 Pod Smrkem	7	6	7	16	5	3	6	7	6	7	5	8	
OK 14 U štíci lhně	3	2	2	5	2	0	3	3	3	2	1	4	
OK 15 Měšice u Tratě	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OK 16 u CSK 7 TA Měšice	22	19	24	41	20	12	19	20	18	21	16	19	
OK 17 Čekanice	35	28	46	63	33	19	30	31	28	33	27	32	
OK 18 Z vilové čtvrti	10	7	7	24	9	4	9	8	8	9	8	10	
OK 20 Fišlovka	6	4	4	14	5	2	5	6	5	5	4	6	
OK 21 Ústecká lužická	11	8	8	27	11	5	9	9	9	11	8	11	
OK 22 údolí	4	3	3	7	4	1	4	4	3	4	3	5	
OK 23 Ústecká	13	10	10	32	13	6	12	12	10	14	10	13	
OK 24 údolí	25	21	33	51	23	14	22	23	19	25	19	24	
OK 25 Na Bydžově	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
OK 26 Za školou na Bydžově	92	54	90	106	98	80	81	80	73	88	82	132	
OK 27 U psů	80	48	81	101	89	60	70	70	63	80	72	128	
OK 28 Vápenná strouha	38	29	43	61	36	21	32	33	31	36	30	36	
OK 29 Nad Sládečkem	3	2	2	4	3	0	3	3	5	2	1	6	
OK 30 Ze sídl. Nad Lužnicí	10	7	7	24	9	5	9	8	8	9	7	10	
OK 30 Ze sídl. Nad Lužnicí	10	7	7	24	9	5	9	8	8	9	7	10	
OK 31 prům. přivaděč	16	13	16	30	14	8	14	13	14	14	12	15	
OK 31 prům. přivaděč	16	13	16	30	14	8	14	13	14	14	12	15	
OK 32 Měšice na průhonu	18	16	22	42	16	10	17	17	15	18	14	18	
OK 33-1 Tržní náměstí	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	
OK 33-2 Pod tržním náměstím	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OK 34 Větrovy	6	5	5	17	5	2	7	6	6	7	5	8	
OK 35 Jordánská	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tab. č. 13 Tabulka vypočítaného počtu přepadů pro město Sezimovo Ústí

Popisná data OK - Sezimovo Ústí	Počet přepadů do recipientu [n]											
	Srážková data v průměrném srážkovém roce											
ČHMÚ Tábora v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Pízeň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábora - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Srážkoměrná síť S01 - S05	Tábor v období 2020 pro SR01	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR02	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR03	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR04	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG
OK 1 SU 9, května - odlehčení č.1	1	1	1	1	0	1	1	2	2	1	1	2
OK 1 SU 9, května - odlehčení č.2	1	1	1	1	0	1	1	2	2	1	1	2
OK 2 SU Okružní	5	4	15	5	2	6	6	5	5	6	5	6
OK 3 SU Okružní	13	12	30	12	7	12	11	13	11	12	9	13
OK 4 SU Okružní	17	15	36	14	9	17	14	17	14	17	12	19
OK 5 SU Okružní	1	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	2
OK 6 SU Šafaříkova ul.	5	5	14	6	2	6	7	6	6	6	4	8
OK 7 SU U Banneru	21	18	24	19	12	21	19	22	17	21	16	21
OK 8 SU I Tábořská ul.	3	2	4	2	0	2	2	3	3	2	1	4
OK 9 SU I Petra VOKA a Bydlišského	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	2
OK 10 SU u CSK Nechyba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK 11 SU Okružní	6	4	4	14	2	5	6	5	5	5	4	6

Tab. č. 14 Tabulka vypočítaného počtu přepadů pro město Planá nad Lužnicí

Popisná data OK - Planá nad Lužnicí	Počet přepadů do recipientu [n]											
	Srážková data v průměrném srážkovém roce											
ČHMÚ Tábora v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Pízeň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábora - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Srážkoměrná síť S01 - S05	Tábor v období 2020 pro SR01	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR02	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR03	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR04	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG
OK PL 1 Ze Strkova	24	20	28	46	14	18	21	25	19	23	18	24
OK PL 2 CSLA U mlýna	8	7	9	17	3	5	8	7	7	7	5	8
OK PL 6 RD Soukeník	5	4	4	13	2	3	6	5	5	5	3	6
OK PL 7 U CSK 2	29	23	31	49	16	22	24	29	24	27	21	26
OK PL 9 CSK 1 Nad Hejtmanem	24	20	27	46	14	18	21	24	19	23	18	23

Tab. č. 15 Tabulka vypočítaného předpadlého objemu pro město Tábor

Popisná data OK - Tábor	Objem odlehčených OV do recipientu [m3]														
	Srážková data v průměrném srážkovém roce														
	ČHMÚ Tábor v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Plzeň	SR Šeský Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábor - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Srážková sít S01 - S05	Tábor v období 2020 pro SR01	Tábor v období 2020 pro SR02	Tábor v období 2020 pro SR03	Tábor v období 2020 pro SR04	Tábor v období 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG		
OK 1 ČOV Klukoty	40692	29218	32846	41849	35648	20653	35327	33261	37141	32124	36022	33490	74410		
OK 2 Horky sběrač	2983	2691	2945	5993	2698	1185	3119	2605	2942	2679	2548	2044	3102		
OK 3 ČSK Čelkovic	27777	19831	23516	31003	25614	14838	24137	22882	25644	22196	24497	22601	47766		
OK 4 Čelkovic	270	199	195	571	283	60	251	247	314	331	222	158	421		
OK 5 Čelkovic Nad lázněmi	4130	3580	4061	8043	3867	1549	4731	3645	4270	4059	3541	2793	4803		
OK 6 Na Prádle	44065	38507	40598	63652	37240	18136	37736	35776	40250	36189	36570	31525	51205		
OK 7 Lekešův mlýn	153	97	107	165	223	0	161	83	195	224	73	80	310		
OK 8 Pod Kotnovem	523	437	447	1086	521	193	570	508	576	606	485	353	776		
OK 9 Ve struhách	3022	2457	2340	6334	3106	739	3408	2725	3435	3448	2506	1794	4499		
OK 10 Pod Soudem	3	2	3	0	9	0	6	6	6	21	0	0	30		
OK 11 Pod vodopádem	74	50	56	37	96	2	117	68	119	160	43	37	205		
OK 12 U nemocnice	2933	2455	2460	6277	2940	817	3198	2643	3222	3146	2481	1816	4034		
OK 13 Pod Smrkem	3231	2591	2360	6590	3460	438	3834	2806	3867	4072	2306	1666	5391		
OK 14 U štíčí láně	346	237	242	393	419	11	376	298	488	709	217	169	916		
OK 15 Měšice u Tratě	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OK 16 u CSK 7 TA Měšice	2507	2257	2295	4778	2315	821	2129	2122	2533	2457	2039	1619	2866		
OK 17 Čekanice	3797	3312	3704	7511	3567	1401	3348	3364	3937	3682	3271	2558	4348		
OK 18 Z vilové čtvrti	610	444	420	1139	670	95	669	559	764	789	497	348	1000		
OK 20 Fišlovka	668	486	473	854	815	44	893	607	952	1218	479	333	1562		
OK 21 Ústecká lužická	824	600	574	1491	899	137	766	742	1023	1114	662	462	1429		
OK 22 údolí	4209	3210	2996	7434	5506	259	3066	3130	5207	5907	2231	1840	8010		
OK 23 ústecká	780	583	556	1672	808	189	681	717	897	823	672	478	1043		
OK 24 údolí	30702	30241	27252	49830	26994	8429	24570	24444	29569	29264	22606	18349	35011		
OK 25 Na Bydžově	22	12	14	1	0	0	0	1	6	93	0	2	150		
OK 26 Za stolou na Bydžově	168484	107518	134921	165700	158324	103645	139725	140001	155841	131608	154313	144328	304152		
OK 27 U psů	19805	14953	17248	25467	17990	9401	16486	16535	18827	16872	17295	15371	32615		
OK 28 Vápenná strouha	7256	6536	6764	13612	6744	2532	5844	6133	7308	6683	5951	4812	7742		
OK 29 Nad Sládečkem	371	263	272	255	482	11	313	318	497	947	219	169	1183		
OK 30 Ze sídl. Nad Lužnicí	2182	1634	1523	4313	2346	350	1664	1915	2652	2762	1681	1150	3499		
OK 30 Ze sídl. Nad Lužnicí	2182	1634	1523	4313	2346	350	1664	1915	2652	2762	1681	1150	3499		
OK 31 prům. přivaděč	19183	19213	16983	29653	16902	5218	11449	14990	17829	17634	13567	11589	21954		
OK 31 prům. přivaděč	19183	19213	16983	29653	16902	5218	11449	14990	17829	17634	13567	11589	21954		
OK 32 Měšice na průhonu	1525	1373	1360	3030	1532	438	1307	1307	1630	1587	1216	954	1906		
OK 33-1 Tržní náměstí	3	3	3	0	7	0	10	3	8	26	2	1	30		
OK 33-2 Pod tržním náměstím	0	1	4	0	0	0	0	0	0	28	0	0	19		
OK 34 Větrovy	711	516	483	1079	821	62	1282	639	959	1099	546	359	1389		
OK 35 Jordánská	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Tab. č. 17 Tabulka vypočítaného přepadlého objemu pro město Sezimovo Ústí

Popisná data OK - Sezimovo Ústí	Objem odlehčených OV do recipientu [m3]												
	Srážková data v průměrném srážkovém roce												
	ČHMÚ Tábor v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Pízeň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábor - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Srážková síť S01 - S05	Tábor v období 2020 pro SR01	Tábor v období 2020 pro SR02	Tábor v období 2020 pro SR03	Tábor v období 2020 pro SR04	Tábor v období 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG
OK 1 SU 9. května - odlehčení č.1	43	30	36	15	58	1	24	37	65	149	22	18	195
OK 1 SU 9. května - odlehčení č.2	43	30	36	15	58	1	24	37	65	149	22	18	195
OK 2 SU Okružní	743	566	502	1554	840	90	512	629	916	994	509	359	1252
OK 3 SU Okružní	2116	1883	1878	4555	1977	600	1725	1838	2163	2166	1722	1320	2814
OK 4 SU Okružní	1855	1629	1621	4018	1759	546	1621	1671	1963	1752	1602	1188	2289
OK 5 SU Okružní	6	5	4	1	11	0	3	5	13	30	3	2	36
OK 6 SU Šafaříkova ul.	1528	1144	1034	3116	1708	163	1128	1293	1871	1925	1093	731	2527
OK 7 SU U Banneru	6942	6278	6221	14439	6571	2217	5906	6065	7138	6724	5857	4529	8221
OK 8 SU I Tábořská ul.	668	441	436	1131	787	10	335	481	896	1044	344	298	1303
OK 9 SU I Petra VOKA a Bydlišského	8	7	9	0	12	0	2	9	7	65	1	0	84
OK 10 SU u CSK Nechyba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OK 11 SU Okružní	133	101	92	304	142	20	100	117	155	140	99	66	188

Tab. č. 16 Tabulka vypočítaného přepadlého objemu pro město Planá nad Lužnicí

Popisná data OK - Planá nad Lužnicí	Objem odlehčených OV do recipientu [m3]												
	Srážková data v průměrném srážkovém roce												
	ČHMÚ Tábor v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Pízeň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábor - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Srážková síť S01 - S05	Tábor v období 2020 pro SR01	Tábor v období 2020 pro SR02	Tábor v období 2020 pro SR03	Tábor v období 2020 pro SR04	Tábor v období 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG
OK PL 1 Ze Strkova	5455	4565	4705	10945	5361	1615	3471	4852	6031	5888	4604	3451	7448
OK PL 2 CSLA U mlýna	4020	3927	3348	8022	3904	741	2243	3321	4256	4274	2810	2236	5448
OK PL 6 RD Soukeník	271	197	186	449	308	25	133	246	356	409	205	133	535
OK PL 7 U CSK 2	2815	2583	2706	5092	2448	1076	1950	2411	2750	2539	2406	1942	2885
OK PL 9 CSK I Nad Hejtmanem	2027	1770	1858	4073	1887	689	1338	1804	2143	2010	1747	1330	2486

Tab. č. 18 Tabulka maximálního vypočítaného průtoku pro město Tábor

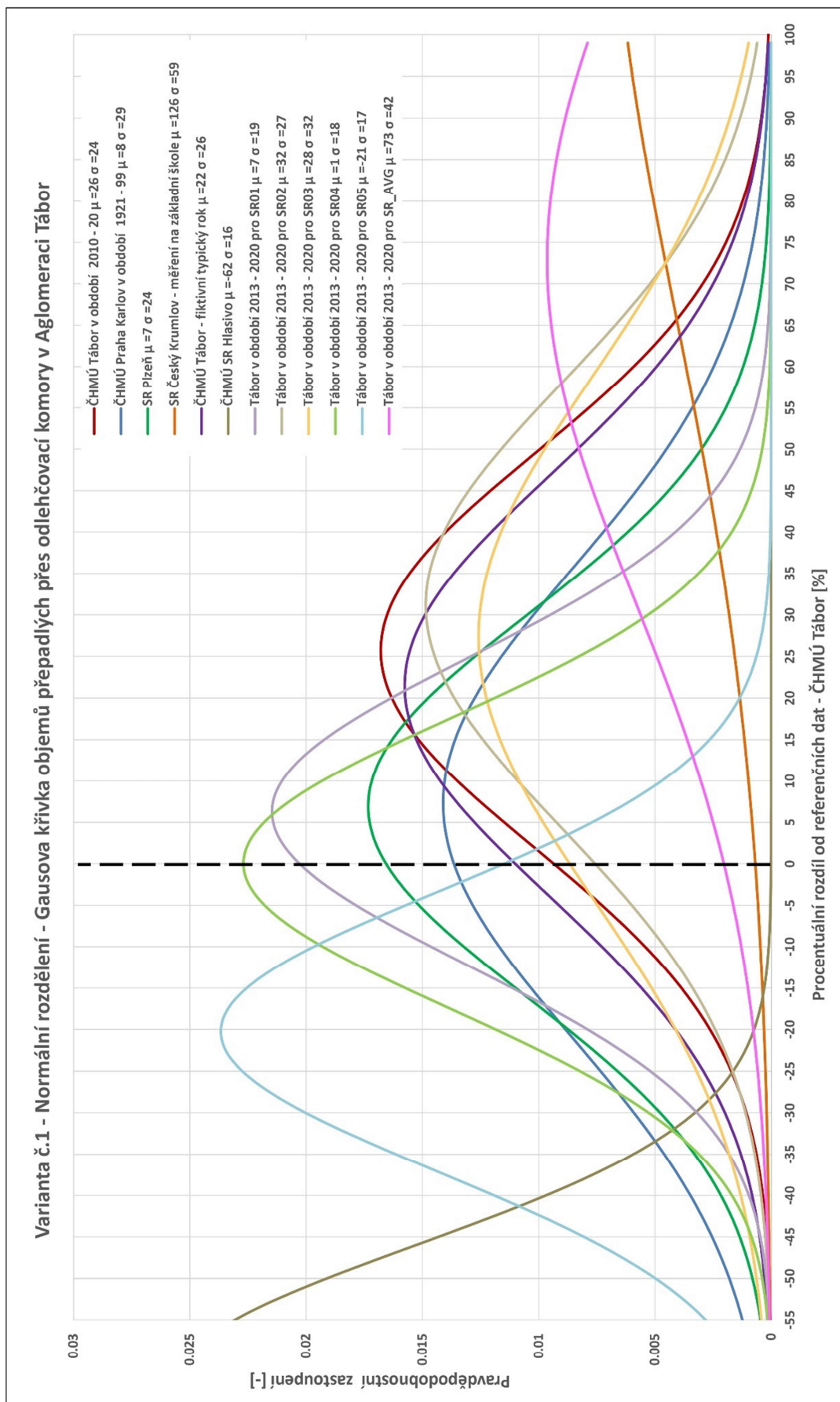
Popisná data OK - Tábor	Maximální vypočítaný průtok z odlehčení do recipientu [m ³ /s]													
	ČHMÚ Tábor v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Píseň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábor - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR01	Tábor v období 2020 pro SR02	Tábor v období 2013 SR03	Tábor v období 2020 pro SR04	Tábor v období 2013 SR05	Tábor v období 2020 pro SR_AVG	Srážková data za celé období	Srážkoměrná síť S01 - S05
OK 1 ČOV Klokoty	0.617	0.563	0.482	0.501	0.426	0.296	0.452	0.480	0.606294	0.402	0.491	0.691	0.438	
OK 2 Horky sběrač	0.193	0.192	0.191	0.188	0.177	0.177	0.190	0.190	0.193189	0.189	0.190	0.193	0.193	
OK 3 ČSK Čelkovice	1.146	1.638	1.632	0.813	1.060	0.658	1.542	1.294	2.396532	0.952	0.908	2.417	1.374	
OK 4 Čelkovice	0.161	0.280	0.295	0.115	0.161	0.065	0.268	0.212	0.508794	0.107	0.097	0.512	0.114	
OK 5 Čelkovice Nad lázněmi	1.038	1.325	1.330	0.802	1.038	0.491	1.307	1.211	1.348341	0.776	0.717	1.354	1.348	
OK 6 Na Pradle	1.290	1.262	1.233	1.226	1.156	0.935	1.214	1.248	1.297014	1.205	1.223	1.321	1.194	
OK 7 Lekešův mlýn	0.476	0.452	0.370	0.293	0.208	0.007	0.270	0.388	0.483285	0.243	0.309	0.558	0.294	
OK 8 Pod Kotnovem	0.281	0.578	0.584	0.241	0.281	0.089	0.728	0.599	1.082466	0.216	0.171	1.044	0.599	
OK 9 Ve struhách	1.349	2.297	2.347	1.060	1.340	0.662	2.289	1.857	3.281470	1.073	1.004	3.291	1.856	
OK 10 Pod Soudem	0.036	0.105	0.103	0.025	0.036	0.001	0.153	0.109	0.259278	0.017	0.010	0.259	0.109	
OK 11 Pod vodopádem	0.181	0.251	0.256	0.138	0.181	0.039	0.251	0.317	0.320851	0.140	0.124	0.317	0.221	
OK 12 U nemocnice	1.052	1.562	1.576	0.772	0.989	0.535	1.418	1.174	2.069	0.838	0.789	2.072	1.174	
OK 13 Pod Smrkem	0.634	0.628	0.625	0.621	0.550	0.240	0.612	0.617	0.641010	0.585	0.616	0.646	0.610	
OK 14 U štrčí láně	0.563	0.958	0.914	0.294	0.386	0.148	0.855	0.646	1.440372	0.390	0.344	1.465	0.646	
OK 15 Měšice u Tratě	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	
OK 16 u ČSK 7 TA Měšice	0.361	0.456	0.441	0.282	0.290	0.243	0.395	0.424	0.556103	0.309	0.299	0.606	0.393	
OK 17 Čekanice	0.679	1.001	1.011	0.567	0.679	0.414	0.983	0.875	1.149074	0.566	0.541	1.152	0.986	
OK 18 Z vilové čtvrti	0.288	0.315	0.316	0.272	0.288	0.189	0.314	0.302	0.336771	0.269	0.263	0.337	0.299	
OK 20 Fišlovka	0.901	1.255	1.249	0.596	0.884	0.261	1.209	1.125	1.278795	0.649	0.578	1.281	1.125	
OK 21 ústecká lužická	0.591	0.633	0.634	0.474	0.539	0.253	0.600	0.587	0.723319	0.468	0.413	0.744	0.529	
OK 22 údolí	4.119	5.404	5.432	2.708	3.031	1.343	3.473	4.481	5.500771	3.338	3.112	5.592	3.658	
OK 23 ústecká	0.204	0.204	0.207	0.191	0.199	0.178	0.197	0.194	0.202312	0.193	0.199	0.210	0.195	
OK 24 údolí	2.885	3.348	3.364	2.285	2.290	1.303	2.566	2.909	3.418988	2.326	2.366	3.548	2.435	
OK 25 Na Bydžově	0.305	0.547	0.494	0.028	0.010	0.000	0.083	0.211	0.661657	0.035	0.042	0.787	0.050	
OK 26 Za stolou na Bydžově	0.258	0.263	0.260	0.221	0.228	0.218	0.237	0.236	0.266	0.226	0.225	0.281	0.236	
OK 27 U psů	1.337	1.375	1.411	1.189	1.337	0.807	1.355	1.350	1.419655	1.214	1.164	1.482	1.354	
OK 28 Vápenná strouha	0.733	0.744	0.733	0.725	0.723	0.508	0.736	0.887	0.741603	0.727	0.738	0.743	0.721	
OK 29 Nad Sládečkem	0.903	1.619	1.618	0.427	0.890	0.196	1.424	1.265	2.123	0.518	0.442	2.187	1.432	
OK 30 Ze sídli. Nad Lužnicí	1.200	1.630	1.639	0.877	1.116	0.604	1.545	1.356	2.165651	0.933	0.889	2.156	0.951	
OK 30 Ze sídli. Nad Lužnicí	1.200	1.630	1.639	0.877	1.116	0.604	1.545	1.356	2.165651	0.933	0.889	2.156	0.951	
OK 31 prům. přivaděč	0.774	0.764	0.735	0.740	0.706	0.553	0.714	0.731	0.769048	0.664	0.732	0.786	0.660	
OK 31 prům. přivaděč	0.774	0.764	0.735	0.740	0.706	0.553	0.714	0.731	0.769048	0.664	0.732	0.786	0.660	
OK 32 Měšice na průhonu	0.436	0.697	0.717	0.357	0.436	0.202	0.757	0.648	0.868995	0.323	0.300	0.869	0.757	
OK 33-1 Tržní náměstí	0.050	0.050	0.051	0.021	0.024	0.007	0.070	0.049	0.195298	0.018	0.014	0.194	0.049	
OK 33-2 Pod tržním náměstím	0.000	0.175	0.175	0.000	0.000	0.000	0.224	0.169	0.349966	0.000	0.000	0.351	0.170	
OK 34 Větrovy	0.568	0.702	0.702	0.441	0.568	0.277	0.675	0.611	0.850899	0.471	0.441	0.850	0.851	
OK 35 Jordánská	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009721	0.000	0.000	0.010	0.000	

Tab. č. 19 Tabulka maximálního vypočítaného průtoku pro město Planá nad Lužnicí

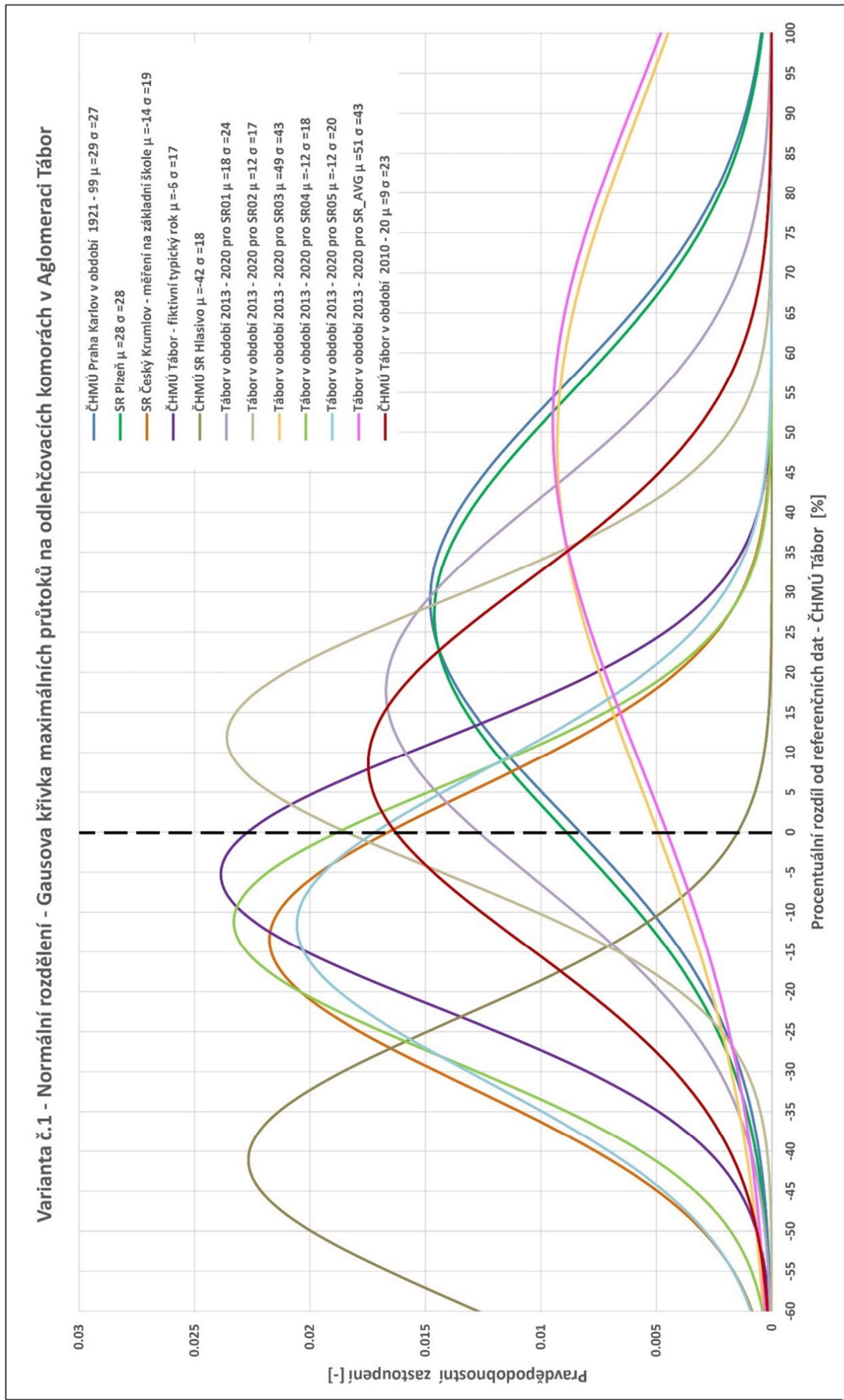
Popisná data OK - Sezimovo Ústí	Maximální vypočítaný průtok z odlehčení do recipientu [m ³ /s]											
	Srážková data za celé období											
ČHMÚ Tábora v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Plzeň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábora - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR01	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR02	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR03	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR04	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG	Srážková srážkoměrná síť S01 - S05
OK 1 SU 9. května - odlehčení č.1	0.141	0.327	0.087	0.135	0.026	0.328	0.220	0.680058	0.093	0.081	0.685	0.094
OK 1 SU 9. května - odlehčení č.2	0.141	0.327	0.087	0.135	0.026	0.328	0.220	0.680058	0.093	0.081	0.685	0.094
OK 2 SU Okružní	0.322	0.360	0.233	0.235	0.146	0.284	0.259	0.441725	0.224	0.233	0.450	0.224
OK 3 SU Okružní	0.534	0.564	0.330	0.299	0.173	0.404	0.385	0.676432	0.340	0.340	0.685	0.340
OK 4 SU Okružní	0.456	0.532	0.322	0.367	0.257	0.495	0.410	0.665629	0.377	0.365	0.663	0.378
OK 5 SU Okružní	0.036	0.077	0.028	0.036	0.008	0.098	0.071	0.154020	0.025	0.020	0.154	0.025
OK 6 SU Šafaříkova ul.	1.318	1.534	0.916	1.262	0.458	1.401	1.379	1.399	1.141	1.038	1.447	1.141
OK 7 SU U Banneru	0.864	0.922	0.755	0.823	0.687	0.918	0.874	0.963022	0.789	0.770	0.965	0.791
OK 8 SU I Tábořská ul.	0.854	0.910	0.529	0.442	0.211	0.785	0.882	1.081722	0.488	0.539	1.096	0.509
OK 9 SU I Petra VOJKA a Bydlišského	0.089	0.190	0.035	0.045	0.001	0.158	0.110	0.324715	0.029	0.024	0.328	0.030
OK 10 SU u CSK Nechyba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000045	0.000	0.000	0.000	0.000
OK 11 SU Okružní	0.056	0.058	0.046	0.052	0.035	0.057	0.054	0.061303	0.053	0.052	0.061	0.053

Tab. č. 20 Tabulka maximálního vypočítaného průtoku pro město Sezimovo Ústí

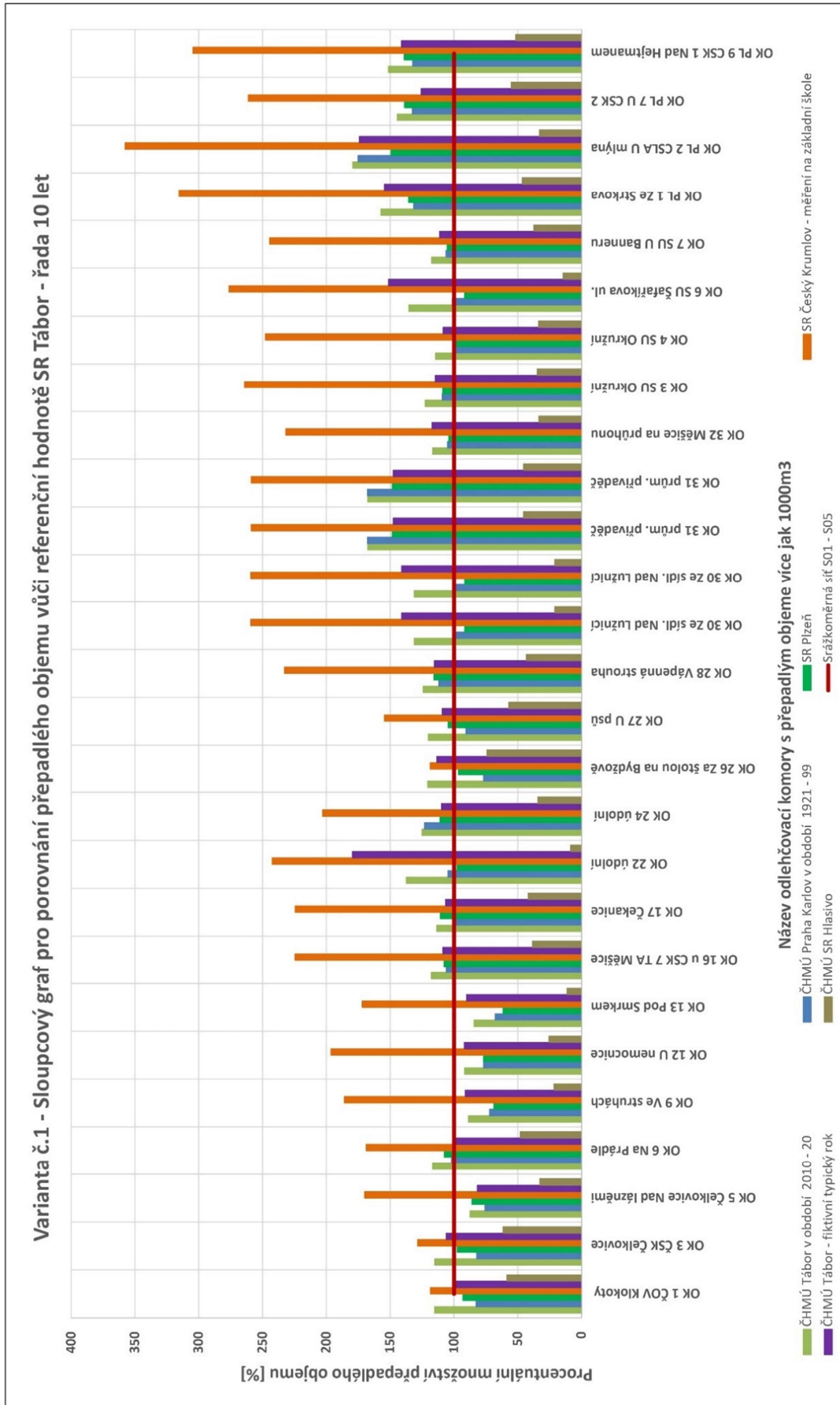
Popisná data OK - Planá nad Lužnicí	Maximální vypočítaný průtok z odlehčení do recipientu [m ³ /s]											
	Srážková data za celé období											
ČHMÚ Tábora v období 2010 - 20	ČHMÚ Praha Karlov v období 1921 - 99	SR Plzeň	SR Český Krumlov - měření na základní škole	ČHMÚ Tábora - fiktivní typický rok	ČHMÚ SR Hlasivo	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR01	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR02	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR03	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR04	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR05	Tábor v období 2013 - 2020 pro SR_AVG	Srážková srážkoměrná síť S01 - S05
OK PL 1 Ze Strkova	1.651	1.959	1.232	1.400	0.831	1.842	1.593	2.198799	1.288	1.296	2.206	1.297
OK PL 2 CSLA U mlýna	1.025	1.002	0.918	0.806	0.449	0.902	0.928	1.026	0.870	0.928	1.068	0.930
OK PL 6 RD Soukeník	0.261	0.429	0.188	0.261	0.111	0.418	0.329	0.686041	0.191	0.174	0.693	0.174
OK PL 7 U CSK 2	0.387	0.497	0.270	0.351	0.214	0.481	0.415	0.579606	0.295	0.281	0.583	0.281
OK PL 9 CSK 1 Nad Hejtmánem	0.497	0.732	0.355	0.464	0.257	0.668	0.551	0.935182	0.401	0.381	0.937	0.381



Obr. 42 Graf normálního rozdělení přepadů objemu – Varianta č. 1

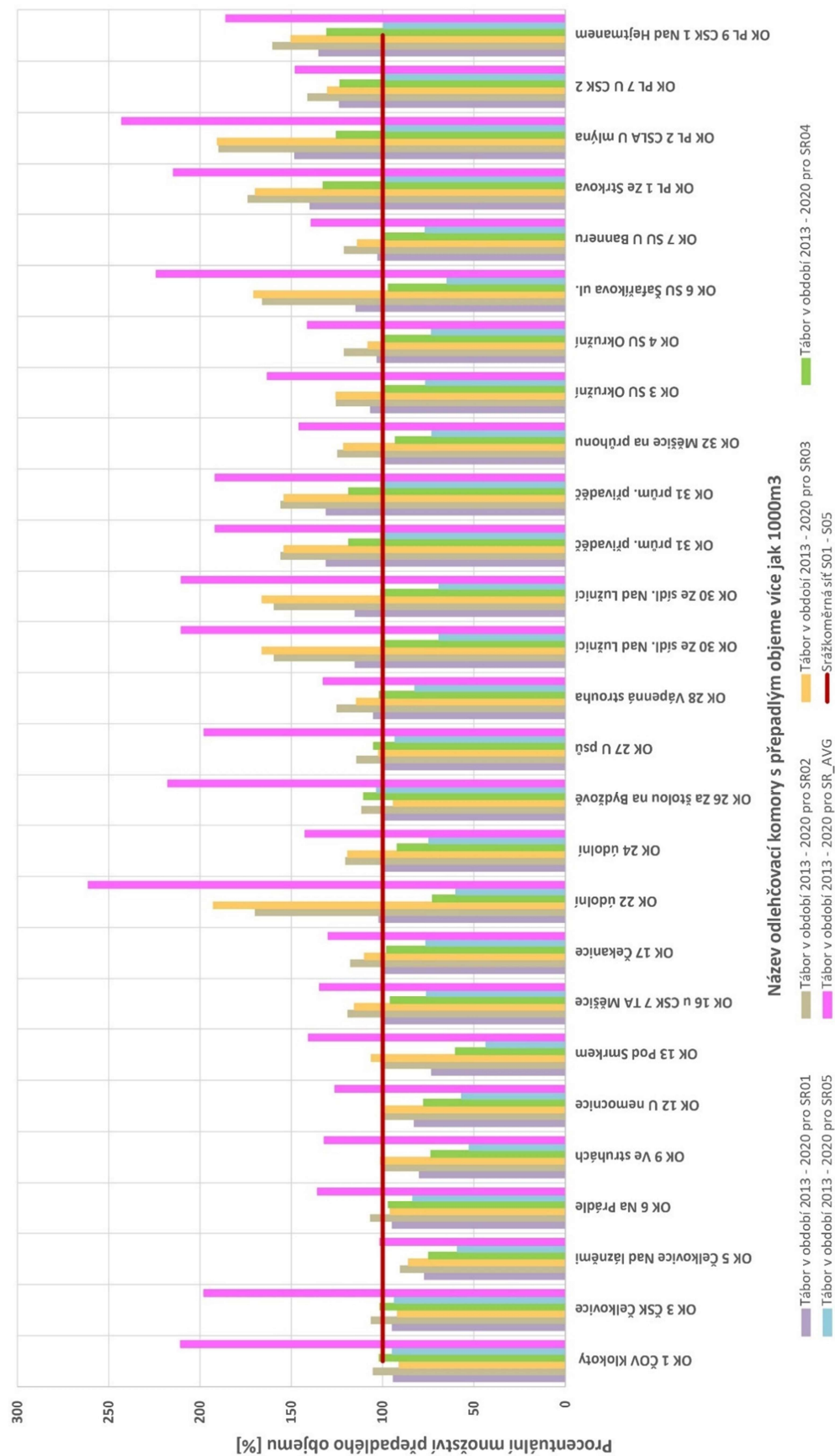


Obr. 43 Graf normálního rozdělení maximálního průtoku – Varianta č. 1



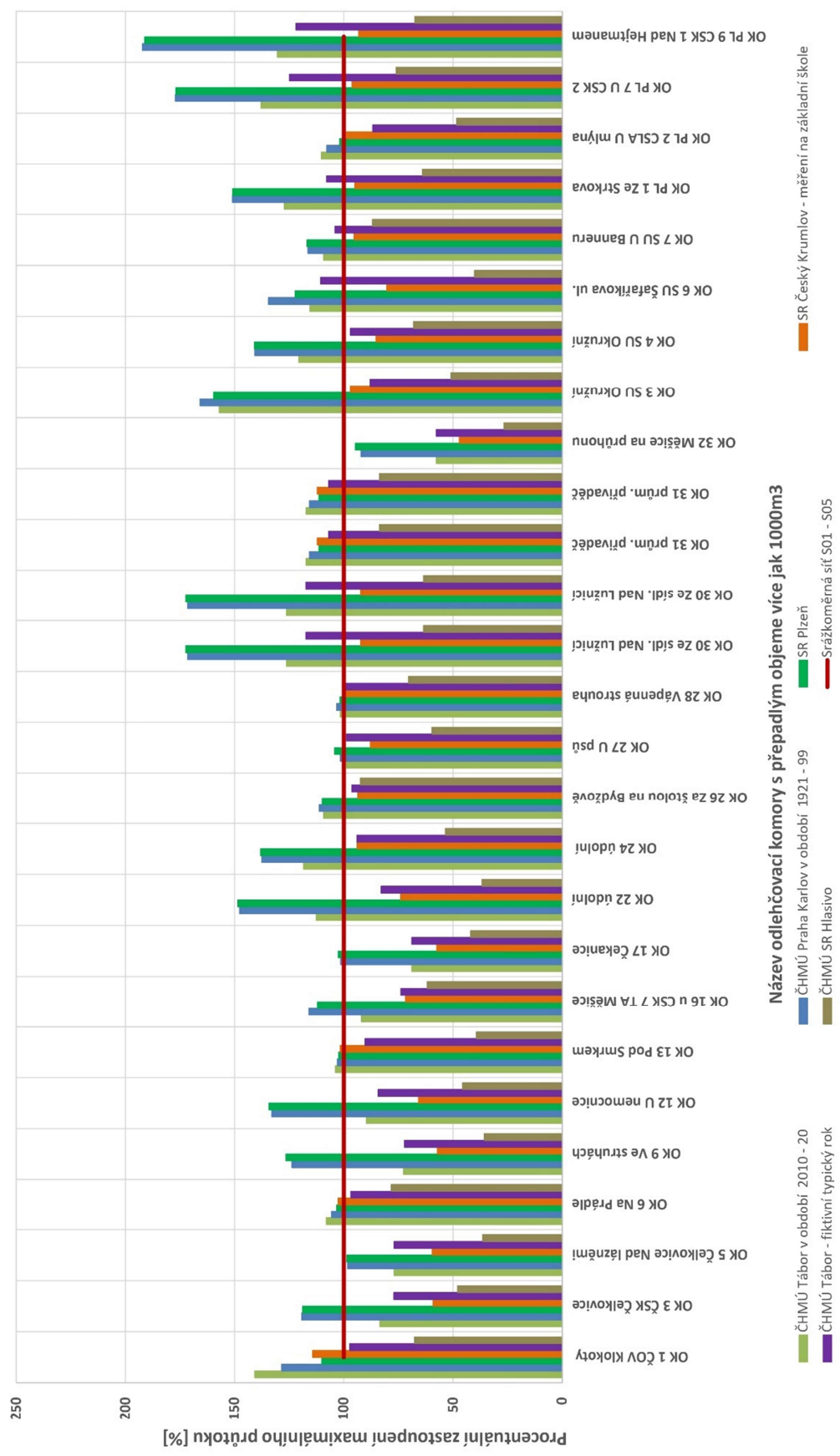
Obr. 44 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 1

Varianta č.1 - Sloupcový graf pro porovnání přepadlého objemu vůči referenční hodnotě SR Tábor - řada 10 let

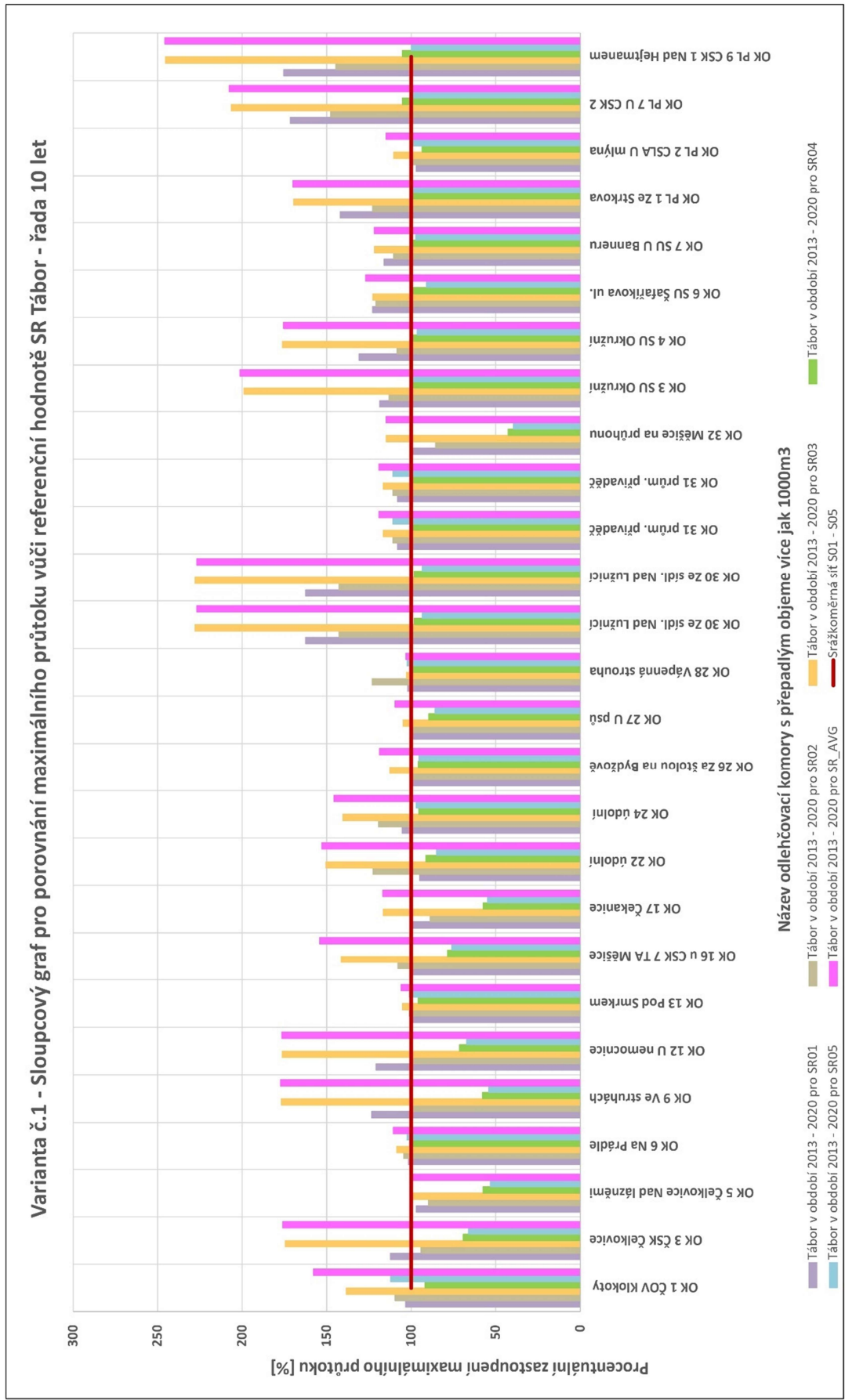


Obr. 45 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 1

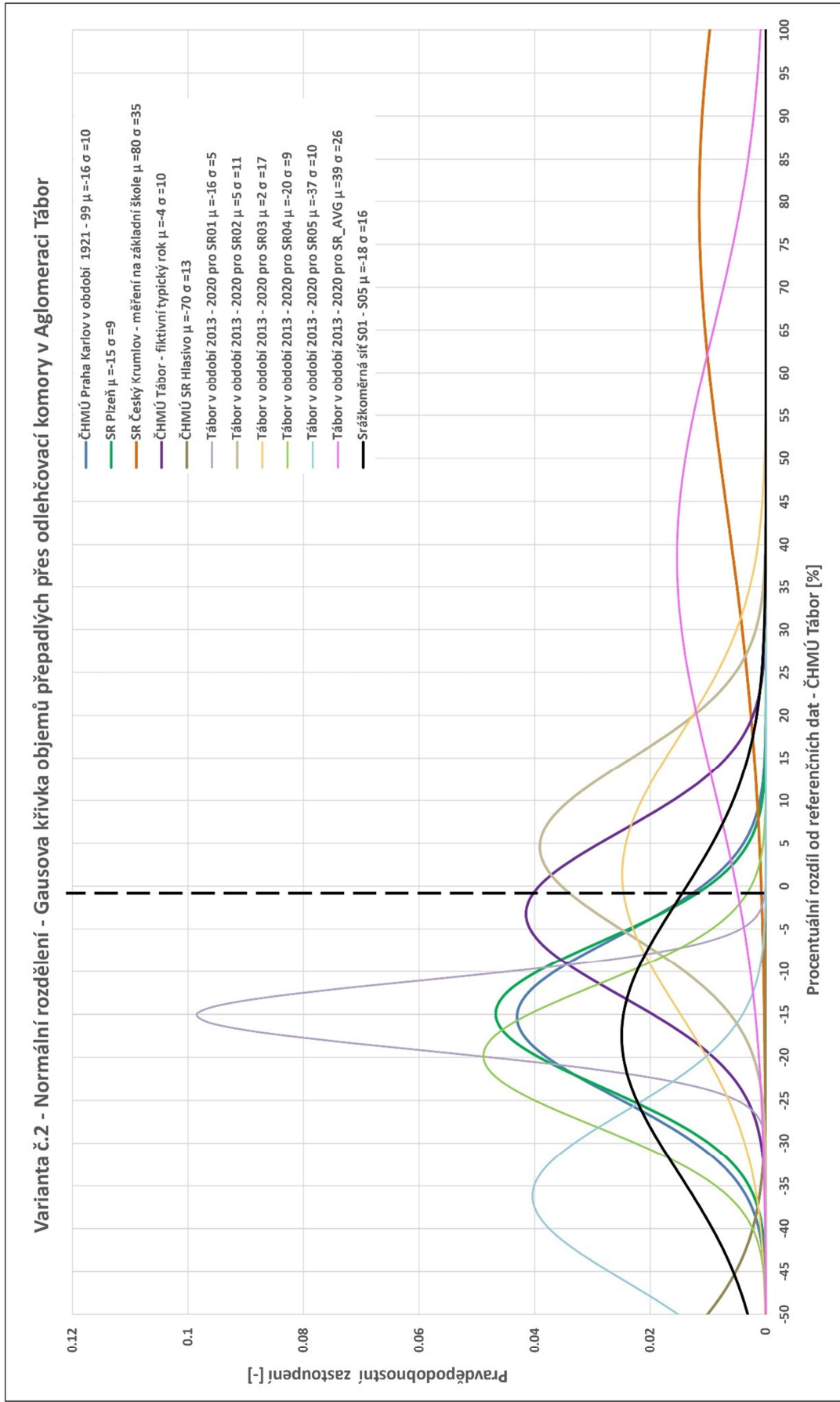
Varianita č.1 - Sloupcový graf pro porovnání maximálního průtoku vůči referenční hodnotě SR Tábor - řada 10 let



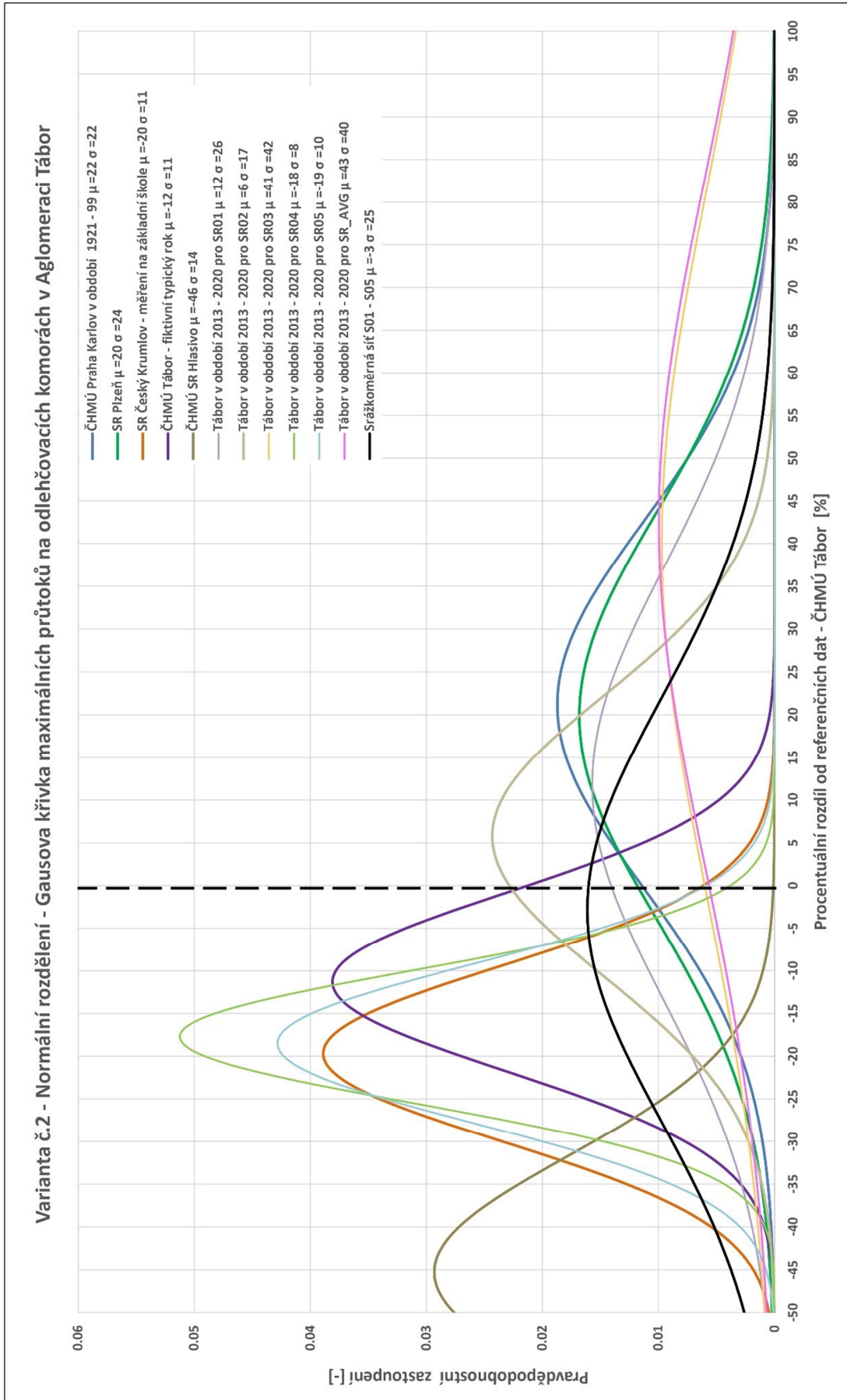
Obr. 46 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 1



Obr. 47 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 1

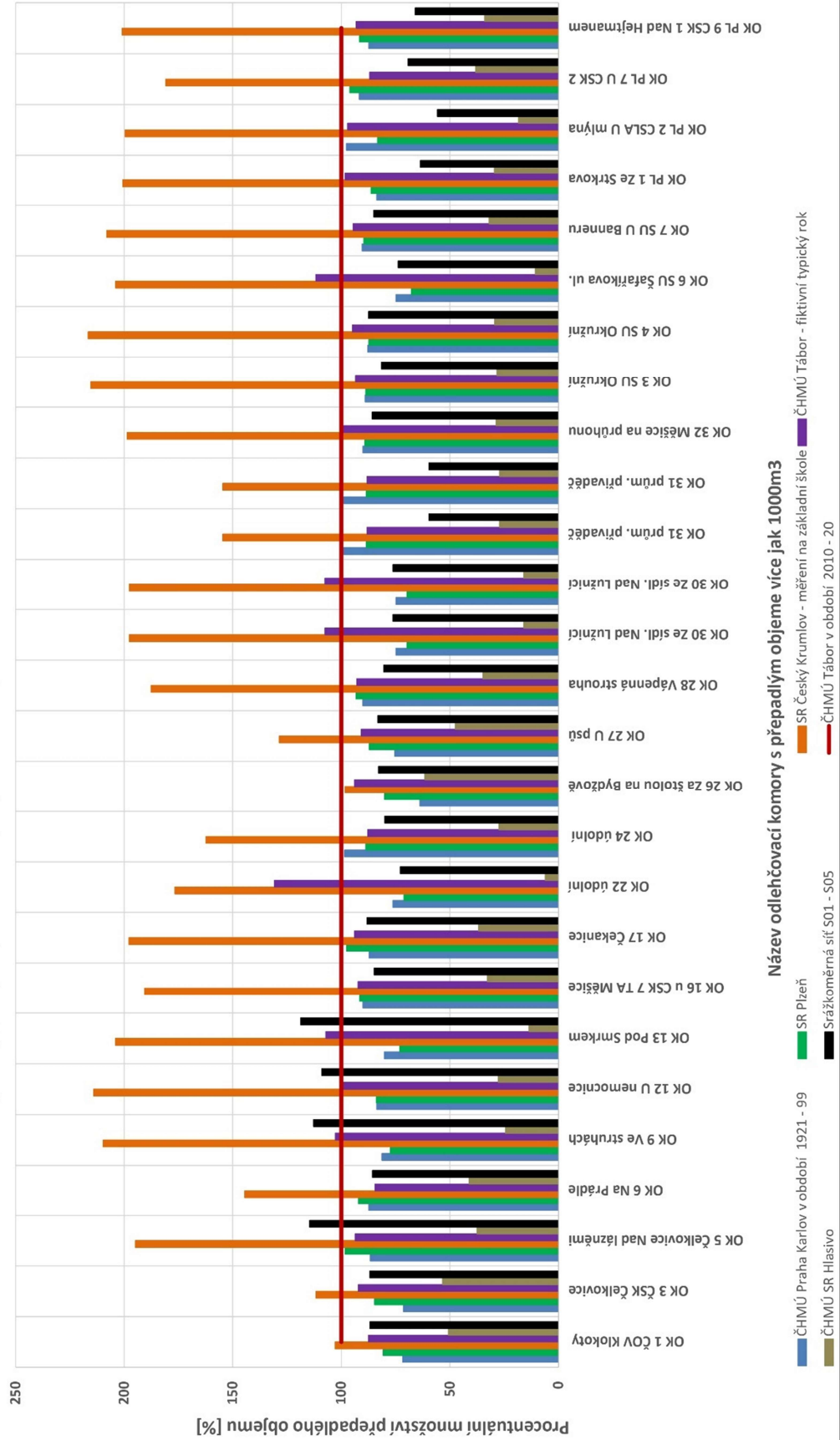


Obr. 48 Graf normálního rozdělení přepaděho objemu – Varianta č. 2



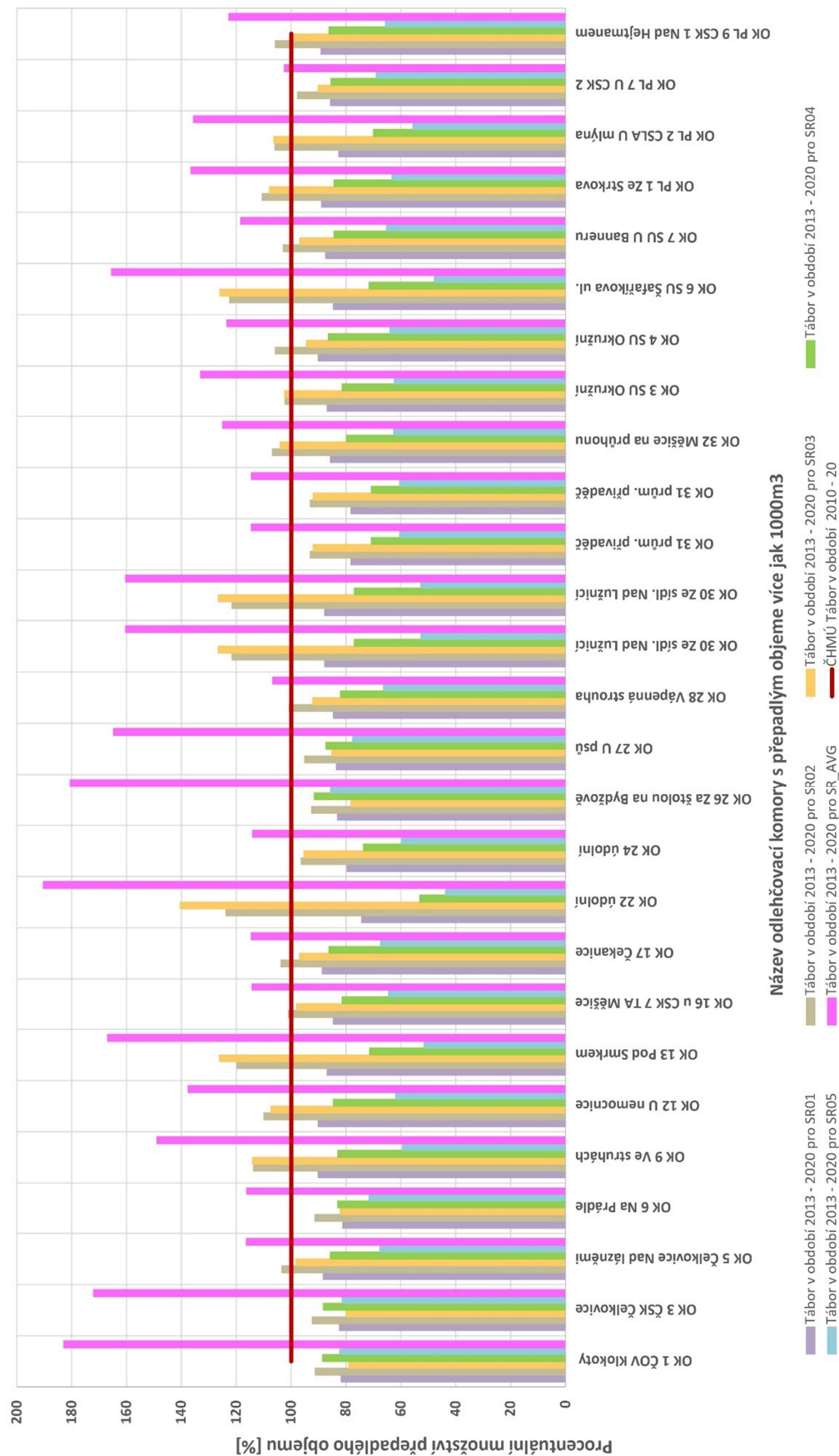
Obr. 49 Graf normálního rozdělení převedené předpáděho objemu – Varianta č. 2

Varianta č.2 - Sloupcový graf pro porovnání přepadlého objemu vůči referenční hodnotě SR Tábor - řada 10 let



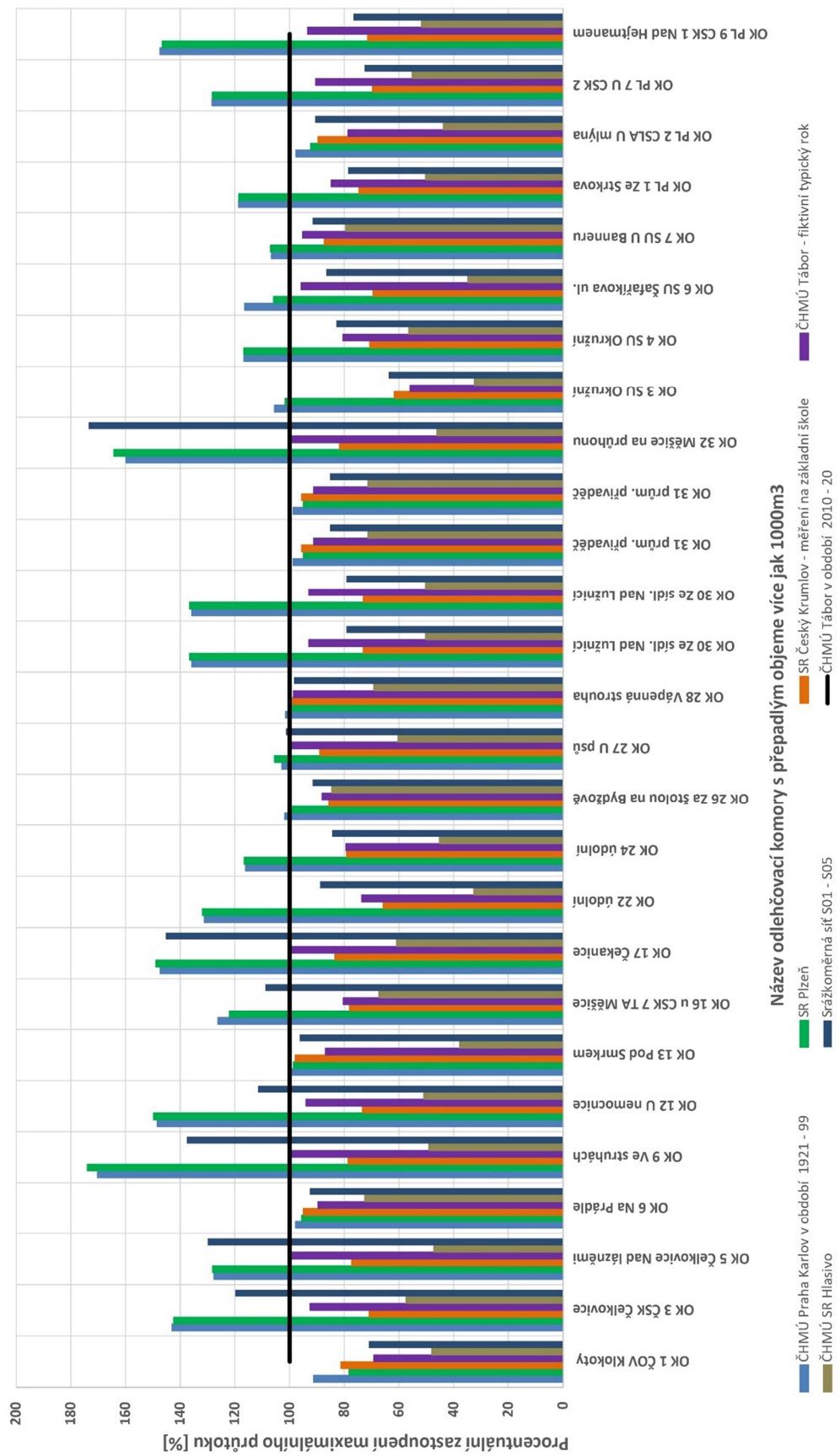
Obr. 50 Sloupcový graf přepadlého objemu – Varianta č. 2

Varianta č.2 - Sloupcový graf pro porovnání přeapdelého objemu vůči referenční hodnotě SR Tábor - řada 10 let

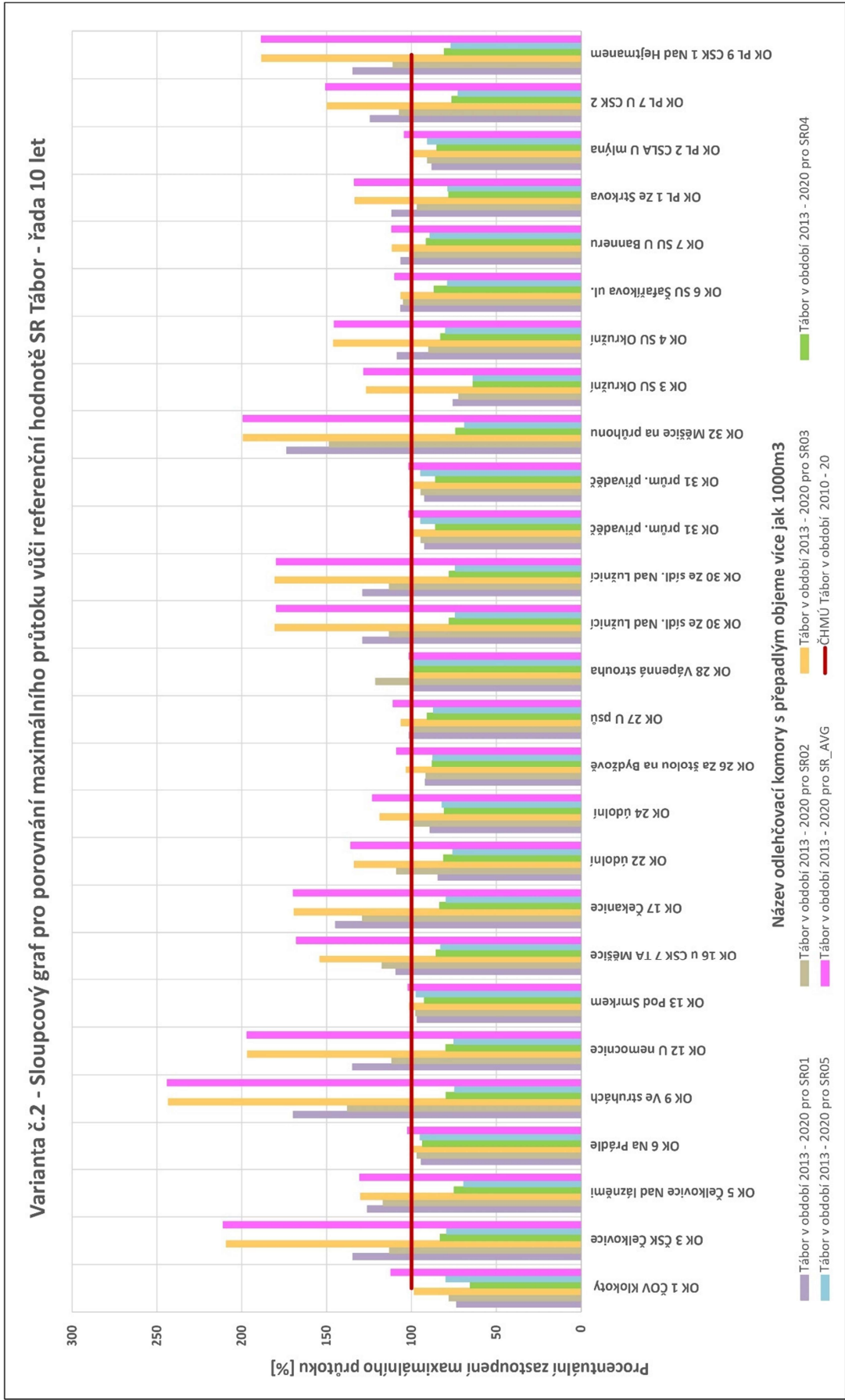


Obr. 51 Sloupcový graf přeapdelého objemu – Varianta č. 2

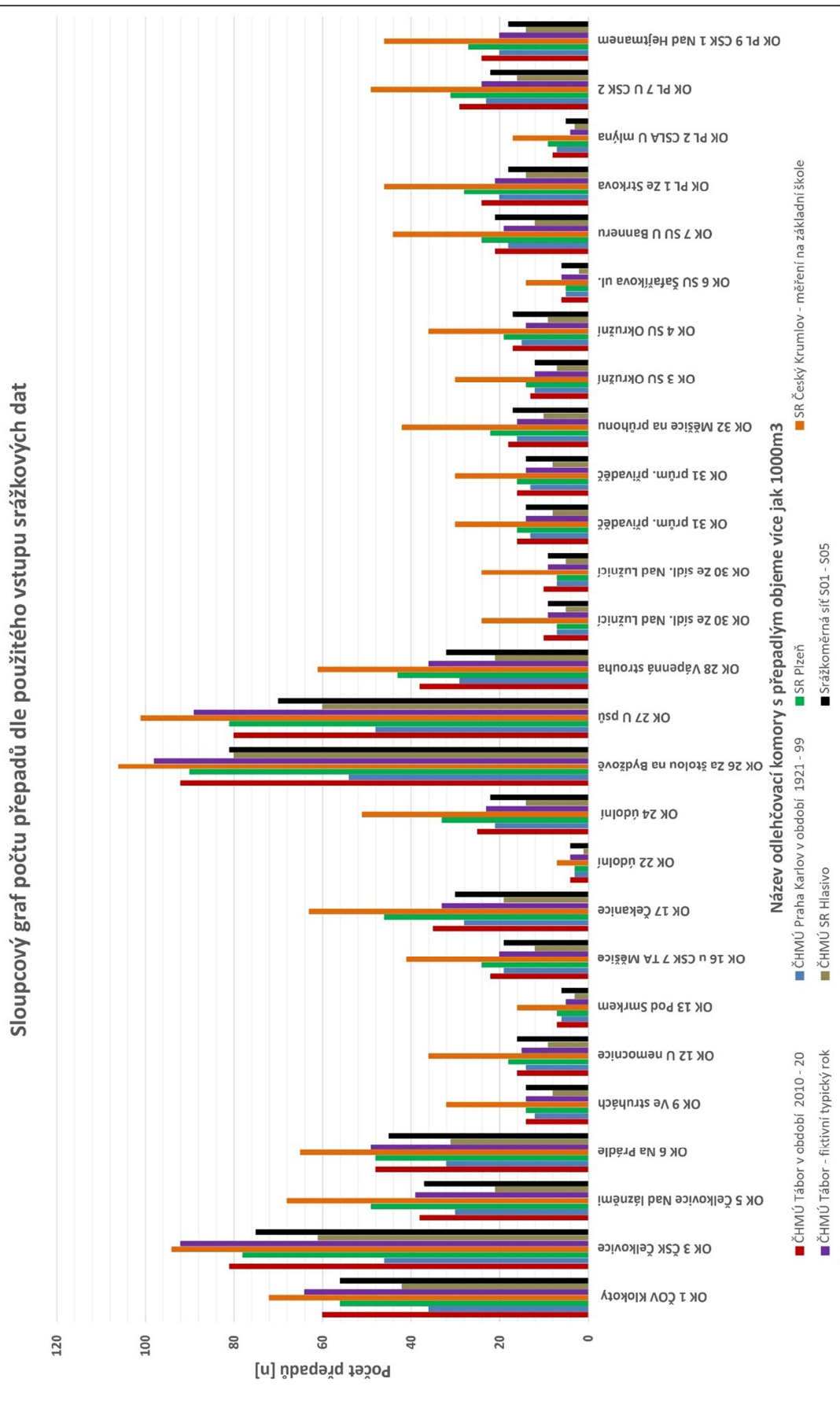
Variantha č.2 - Sloupcový graf pro porovnání maximálního průtoku vůči referenční hodnotě SR Tábor - řada 10 let



Obr. 52 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 2

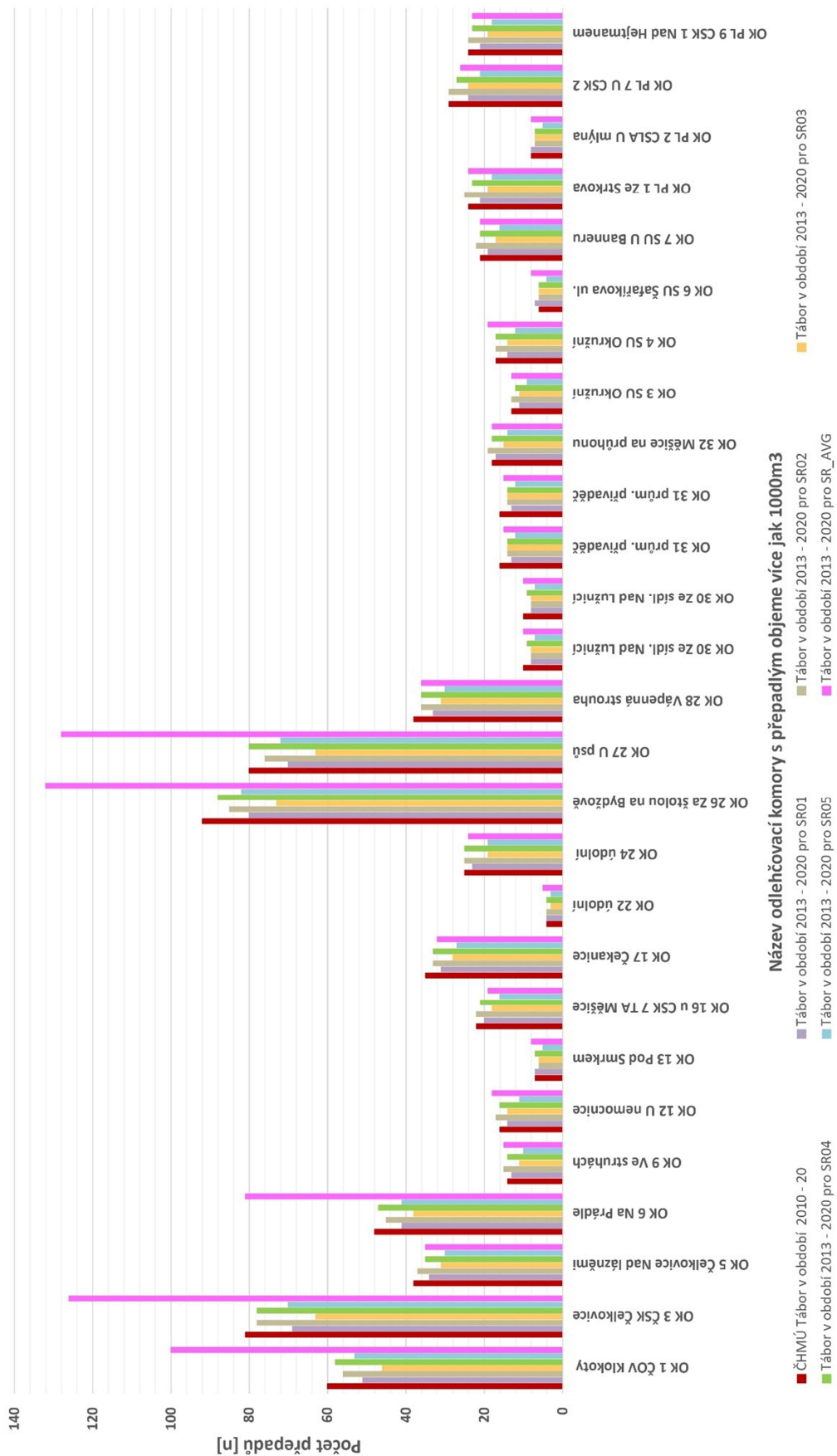


Obr. 53 Sloupcový graf maximálního průtoku – Varianta č. 2



Obr. 54 Sloupcový graf počtu případů

Sloupcový graf počtu případů dle použitého vstupu srážkových dat



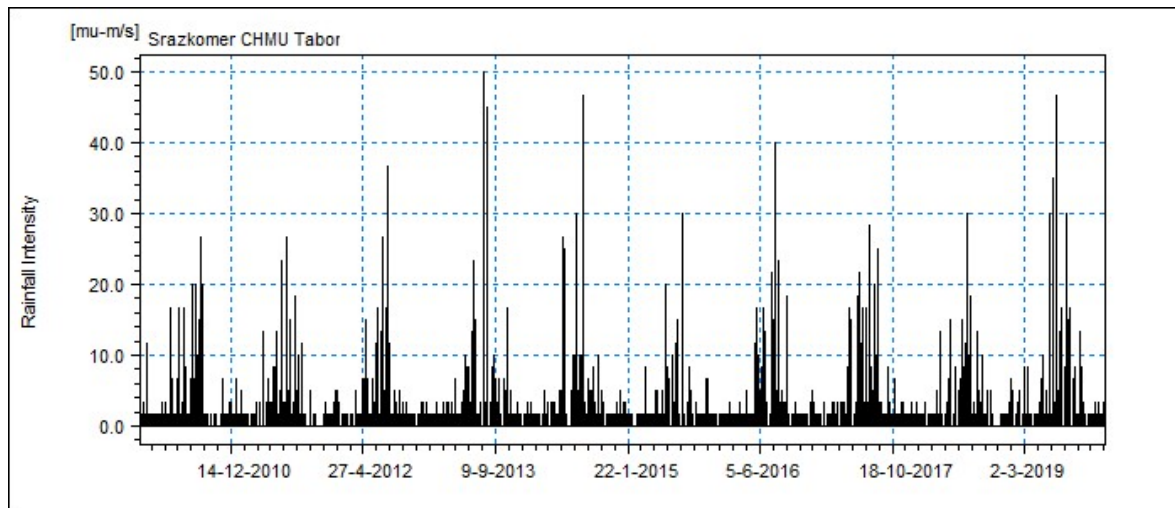
Obr. 55 Sloupcový graf počtu případů

Příloha č. 2 - Podrobné informace o získaných datech ze srážkoměrných stanic



SR ČHMÚ Tábor

Časová řada zakoupená pro projekt „Aktualizace generelu kanalizace aglomerace Tábor“, pochází ze stanice provozované ČHMÚ v Táboře – Náchod. Měření probíhalo v letech 2010 – 2019. Na obrázku č. 29 jsou vyobrazeny akumulované srážky, pokud nepršelo hodnota v datovém setu je uvedena jako 0.



Obr. 56 Průběh srážkové události mezi lety 2010 do 2020 pro stanici Tábor od ČHMÚ

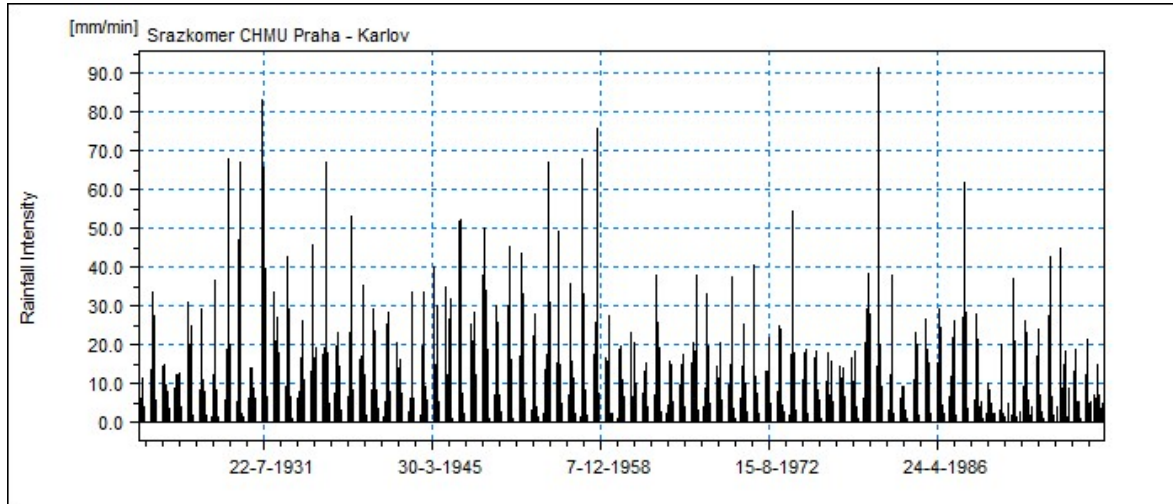
Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	Český hydrometeorologický ústav ČHMÚ
Označení stanice (ID):	C2TABO01
Nadmořská výška:	467,00 m n. m.
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr, od 2018 – Váhový srážkoměr
Začátek časové řady:	02.01.2010 2:11:00
Konec časové řady:	28.12.2019 5:31:00
Délka časové řady:	10 let
Průměrný roční úhrn:	573 mm
Světová orientace:	Jih

Nejistoty a použití:

Překlápěcí stanice Tábor, Náchod provozovaná ČHMÚ byla v roce 2018 vyměněna za váhový srážkoměr. Toto vylepšení bylo provedeno během bezdeštného období pro vyhnutí se výpadku měření nebo chybějících záznamů. U stanice nejsou zaznamenány žádné nejistoty mimo pozdější překlapanutí. To znamená, pokud skončila srážková událost a člunek se nenaplnil do minimálního objemu pro překlapanutí, toto překlapanutí bylo zaznamenáno až při mrholení nebo při další srážkové události.

Historická řada Praha – Karlov z let 1921–99

Historická řada Praha – Karlov patří mezi jedny z nejdelších kontinuálních měření. Měření se provádělo za použití různé techniky a na různých místech. Do roku 89 se na stanici neměřil srážkový úhrn přes zimní období. V dnešní době se srážky pro Praha – Karlov měří za pomoci váhového srážkoměru



Obr. 57 Průběh historické srážkové události mezi lety Praha Karlov v letech 1921 - 1999

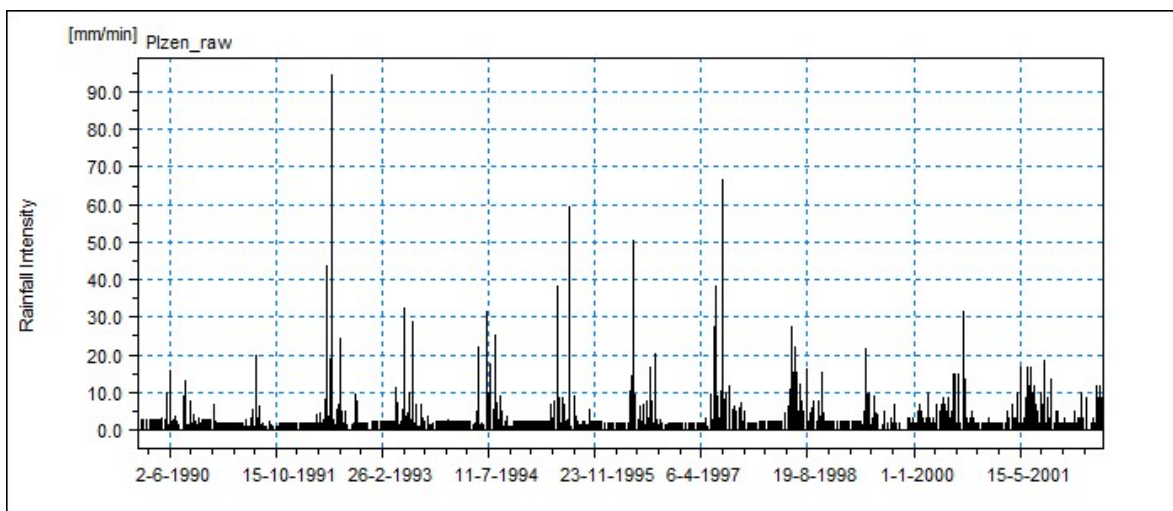
Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	Český hydrometeorologický ústav ČHMÚ
Označení stanice (ID):	P1PKAR01
Nadmořská výška:	260,50 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 76 km
Způsob měření (typ přístroje):	Historické – více přístrojů použito
Začátek časové řady:	02.05.1921 16:57:00
Konec časové řady:	25.10.1999 20:43:00
Délka časové řady :	78 let
Průměrný roční úhrn:	449 mm
Světová orientace:	Sever

Nejistoty a použití:

Jedná se o historickou časovou řadu, u které se hned naskytuje otázka, zda pro ni ještě je využití, zda ji opravdu používat? Řada je jedna z nejdelších měření, byla použita různá měřicí technika a také nestála vždy na jednom místě.

Časová řada Plzeň

Anonymní akciová společnost poskytla své měření na člunkovém srážkoměru. Jelikož se nejedná o primární zaměření společnosti, pouze jako vedlejší na dohodu s městem (díky dobrému umístění) pro doplnění případného výpadku na jiných místech provozované městem Plzeň.



Obr. 58 Průběh srážkové události mezi lety 1990 do 2002 pro stanici na škole ve městě Plzeň

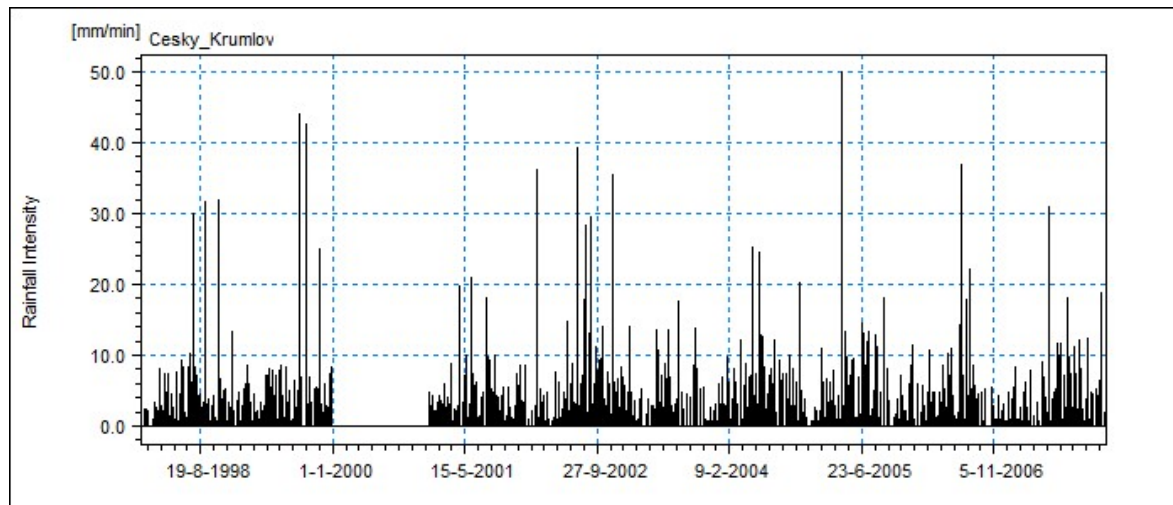
Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	Anonymní škola města Plzeň
Označení stanice (ID):	SR_PIZ
Nadmořská výška:	351,60 m n.m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 103 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	01.01.1990 12:02:00
Konec časové řady:	05.06.2002 23:28:00
Délka časové řady :	12 let
Průměrný roční úhrn:	541 mm
Světová orientace:	Západ

Nejistoty a použití:

Jedná se o trvalý monitoring, jež by neměl být ovlivněn výpadky. Měření je provedeno pomocí člunkového srážkoměru na ploché střeše, jež by nemělo nic překážet. Kontrola měření a dat je provedena během roku. Počítám že řada a data jsou poté revidována a nemělo by tak dojít více než k 3-5 % rozdílu vůči skutečnému stavu.

Časová řada Český Krumlov

Anonymní základní škola byla ochotna poskytnout data z jejich privátní srážkoměrné stanice. Stanice je umístěna na střeše školy a studenti během roku mají za úkol stanici kontrolovat v rámci výuky. Data jsou takto i kontrolována. Data jsou měřena v minutém kroku v milimetrech. Srážkoměr se nachází v zastavěné oblasti a nic by mu nemělo překážet ani způsobit ucpání vtoku.



Obr. 59 Průběh srážkové události mezi lety 1998 do 2007 pro stanici Český Krumlov

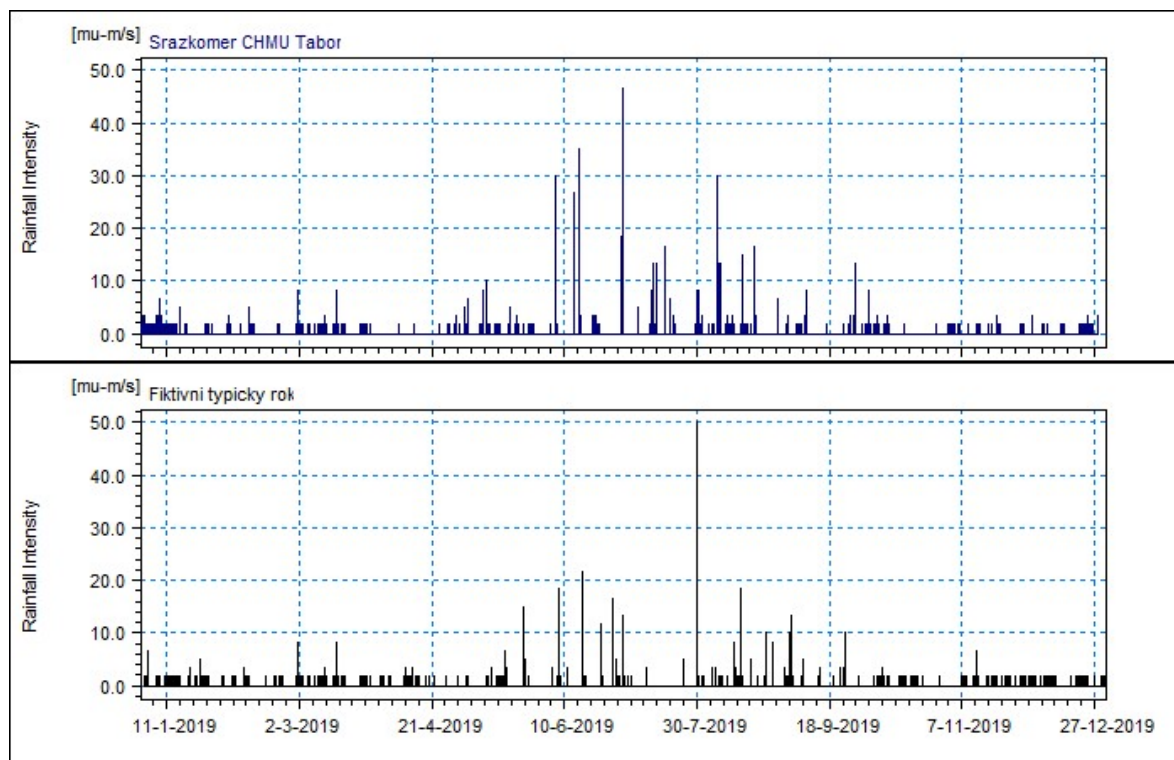
Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	Anonymní a.s.
Označení stanice (ID):	CK_S019aFM
Nadmořská výška:	489,23 m n.m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 72 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	03.01.1998 8:16:00
Konec časové řady:	31.12.2007 12:14:00
Délka časové řady :	9 let
Průměrný roční úhrn:	662 mm
Světová orientace:	Jih

Nejistoty a použití:

Na stanici není prováděna běžná obsluha a kontrola měřící techniky. Ke konci roku 1999 došlo ke zkratu na stanici, výměna měřící jednotky byla provedena až na začátku roku 2001. Došlo tak k výpadku měření a data se neobnovila. Výpočet dlouhodobé simulace tedy počítá, že za celý rok 2000 neproběhla jediná srážková událost a může tak značně zkreslit výsledky.

Fiktivní typický rok

Fiktivní typický rok je časová řada složená z průměrných měsíců srážkových událostí zaznamenané na srážkoměru od ČHMÚ Tábor (ID: C2TABO01). Popis vytvoření takové časové řady je popsán v následující kapitole - [7.2. Příprava a zpracování vstupních podkladů a dat](#).



Obr. 60 Průběh srážkové události pro fiktivní rok s porovnáním srážkoměru ČHMÚ Tábor

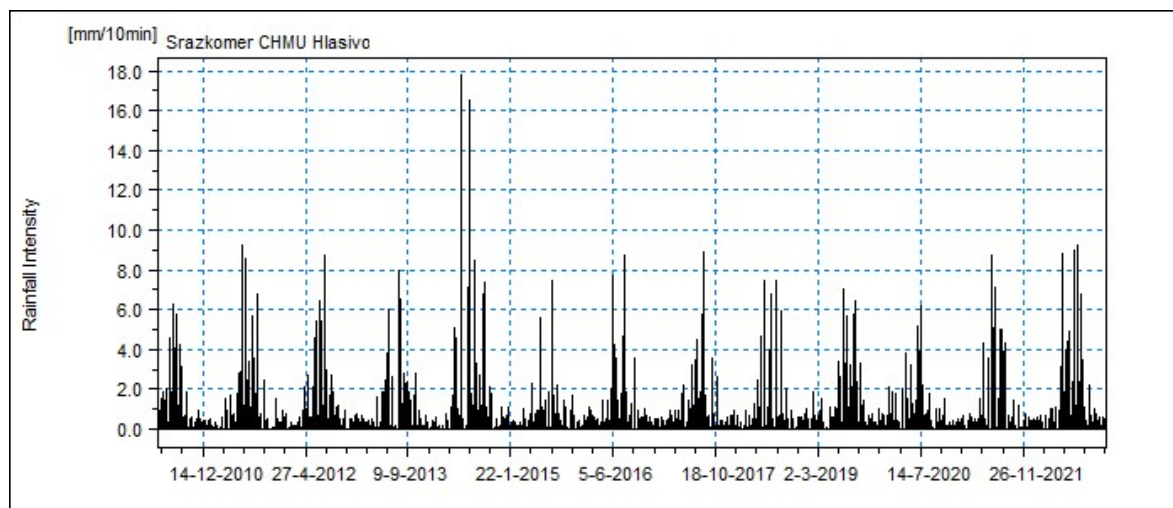
Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	Český hydrometeorologický ústav ČHMÚ
Označení stanice (ID):	C2TABO01
Nadmořská výška:	467,00 m n. m.
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr, od 2018 – Váhový srážkoměr
Začátek časové řady:	02.01.2019 19:28:00
Konec časové řady:	31.12.2019 3:05:00
Délka časové řady :	průměrný rok
Průměrný roční úhrn:	556 mm
Světová orientace:	Jih

Nejistoty a použití:

Jedná se o fiktivní rok, jež byl složený na základě průměrného měsíce za celé 10leté období srážkové události, jež mi byla poskytnuta. Může vytvořit veliké zkreslení pro výpočet dlouhodobé simulace nebo o možné urychlení práce a výpočtu.

SR ČHMÚ Hlasivo

Zakoupená časová řada pro vypracování bakalářské práce. Oblast Hlasivo jsem vybral pro zjištění rozdílů, pokud použijeme data, jež jsou blízka zájmové lokalitě, ale mají větší nadmořskou výšku a možný vyšší srážkový úhrn. Jedná se také o hrubá data, měření obsahuje záznam pouze každých 10 min.



Obr. 61 Průběh srážkové události mezi lety 2010 do 2022 pro stanici Hlasivo od ČHMÚ

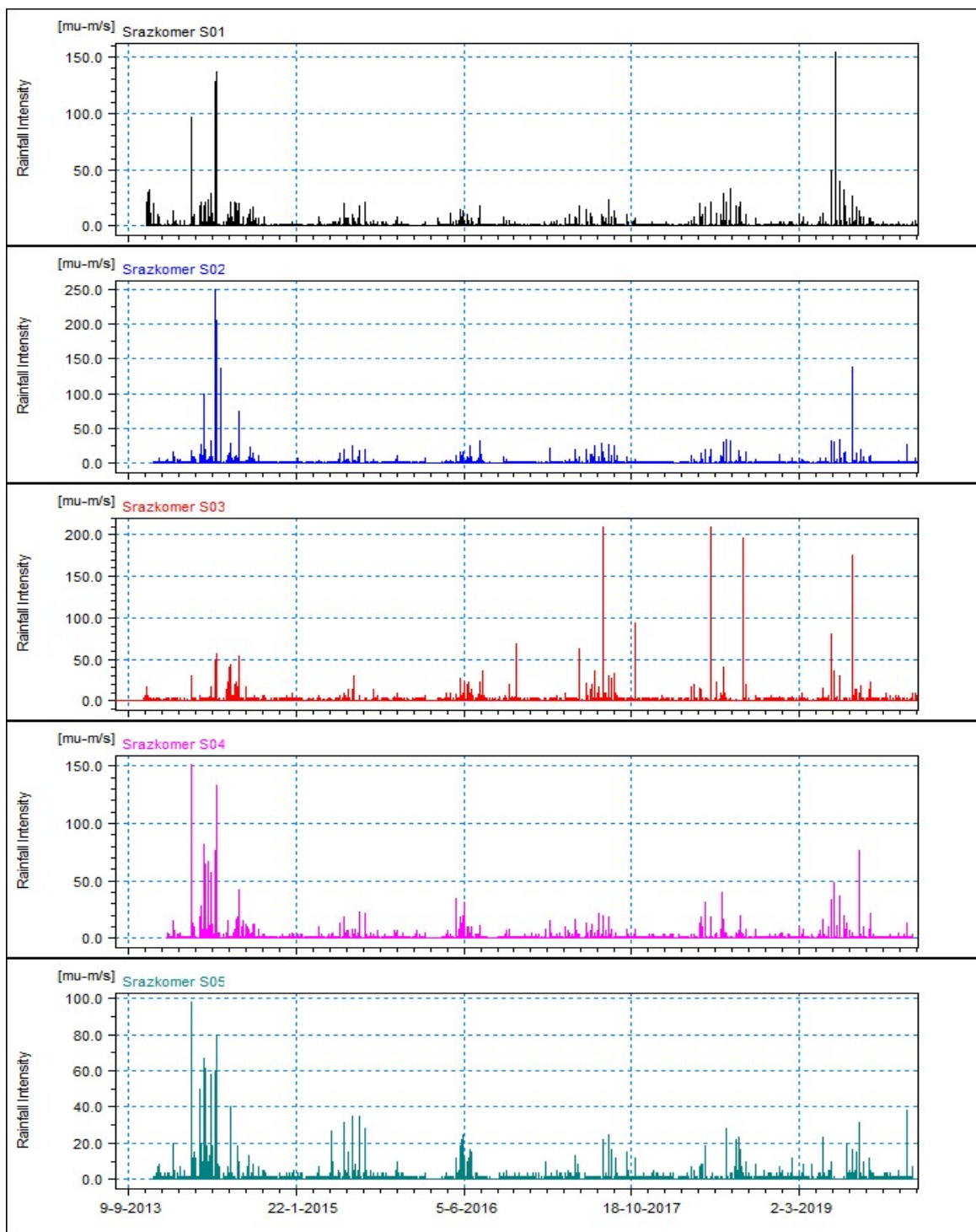
Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	Český hydrometeorologický ústav ČHMÚ
Označení stanice (ID):	C2HLAS01
Nadmořská výška:	547,00 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 10,5 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	05.05.2010 00:00:00
Konec časové řady:	31.12.2022 23:50:00
Délka časové řady :	12 let
Průměrný roční úhrn:	588 mm
Světová orientace:	Sever

Nejistoty a použití:

Data na stanici jsou revidovaná až od roku 2018. Během roku 2010 jsou k dispozici 15minutová data, při přechodu na 10minutový krok ve stejném roce došlo k chybě v algoritmu a součty dat „nedávají smysl“. Použil jsem pouze dostupná deseti minutová data, jež jsou hrubší než doporučené minutové záznamy. Tato hrubost může vytvořit značný rozdíl a rychle rozhodnout o využitelnosti.

Lokální dešťoměry provozovatele S01-05

Data z trvalého monitoringu od provozu stokové sítě ČEVAK a.s. Data jsou plně revidovaná, bez výpadku. Srážkoměry jsou plošně rozděleny tak aby jedno povodí mělo jeden srážkoměr. Stanice jsou umístěny na jihu české republiky, v rámci města jsou srážkoměry umístěny následovně: S01 sever, S02 – severozápad, S03 – západ; S04 a S05 – jih.



Obr. 62 Průběh srážkových událostí mezi lety 2013 do 2020 pro trvalý monitoring aglomerace Tábor

S01

Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	ČEVAK a.s. spolu s DHI a.s.
Označení stanice (ID):	S01
Nadmořská výška:	443 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 1,2 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	31.10.2013 19:00:00
Konec časové řady:	18.02.2020 4:45:00
Délka časové řady :	6 let
Průměrný roční úhrn:	411 mm

S02

Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	ČEVAK a.s. spolu s DHI a.s.
Označení stanice (ID):	S02
Nadmořská výška:	444 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 3,7 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	22.11.2013 1:00:00
Konec časové řady:	18.02.2020 4:30:00
Délka časové řady :	6 let
Průměrný roční úhrn:	534 mm

S03

Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	ČEVAK a.s. spolu s DHI a.s.
Označení stanice (ID):	S03
Nadmořská výška:	448,30 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 3,8 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	30.07.2013 7:50:00
Konec časové řady:	18.02.2020 11:11:00
Délka časové řady :	7 let
Průměrný roční úhrn:	464 mm

S04

Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	ČEVAK a.s. spolu s DHI a.s.
Označení stanice (ID):	S04
Nadmořská výška:	415 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 2,8 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	02.01.2014 5:29:00
Konec časové řady:	05.02.2020 10:57:00
Délka časové řady :	6 let
Průměrný roční úhrn:	518 mm

S05

Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	ČEVAK a.s. spolu s DHI a.s.
Označení stanice (ID):	S05
Nadmořská výška:	395 m n. m.
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 6,6 km
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	22.11.2013 1:00:00
Konec časové řady:	07.02.2020 4:45:00
Délka časové řady :	6 let
Průměrný roční úhrn:	481 mm

Nejistoty a použití:

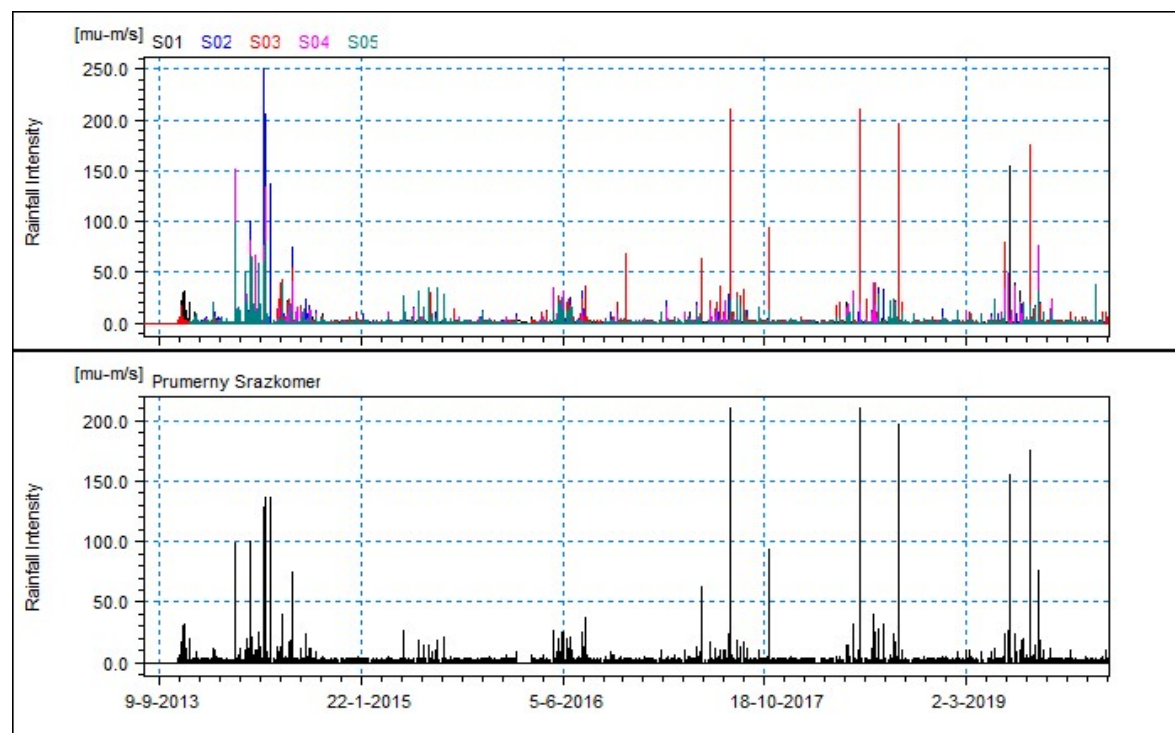
Jedná se o data získaná z trvalého monitoringu, jež jsou revidovaná a trvale kontrolovaná provozem ČEVAK a.s. Nemělo by zde dojít tedy k žádným závadám a nejistotám.

Data jsem použil ve dvou variantách:

1. Vzal jsem všech pět srážkoměrných stanic a spočítal dlouhodobou simulaci odtoku kanalizace. Tento výpočet a jeho výsledky jsem vzal poté jako referenci k níž budu porovnávat ostatní a zkoumat použitelnost.
2. Vytvořil jsem si scénář, kdy není možné umístit jeden srážkoměr na jedno povodí a můžeme umístit pouze jeden na určité místo pro celou stokovou síť. Každý srážkoměr tak představuje sám sebe jako plnohodnotný, cílem je zjistit, jak moc velký rozdíl se vytvoří.

Průměrná srážkoměrná stanice z 5 stanic

Jedná se o vytvořený průměr z pěti srážkoměrných stanic trvalého monitoring, jež má zastoupit všechny najednou pro celé povodí a stokovou síť.



Obr. 63 Průběh srážkové události mezi lety 2013 do 2020 vytvořený jako průměr z 5 srážkoměrných stanic (ČHMÚ Tábor jako referenční)

Poskytovatel dat / provozovatel stanice:	ČEVAK a.s. spolu s DHI a.s.
Označení stanice (ID):	S_avg
Nadmořská výška:	N/A (rozmezí mezi srážkoměry S01 – S05)
Vzdálenost od referenčního srážkoměru:	~ 2,1 km (střed stokové sítě)
Způsob měření (typ přístroje):	Člunkový srážkoměr
Začátek časové řady:	30.07.2013 7:50:00
Konec časové řady:	18.02.2020 11:11:00
Délka časové řady :	7 let
Průměrný roční úhrn:	814 mm
Světová orientace:	Jih

Nejistoty a použití:

Chtěj jsem se zde zaměřit na možnost získání časové řady, kdy mi bylo nabídnuto získat časovou řadu, jež je vytvořená jako průměr z více časových řad. Cílem je zjistit, jestli taková časová řada má smysl nebo využití nebo se vytvořila nejistota díky velkému zjednodušení.

Příloha č. 3 - Provedené úpravy a parametry pro spuštění jednotlivých datových vstupů



ČHMÚ SR Tábor

Data byla poskytnuta již v připraveném datovém formátu *.dfs0, obsahovala správné atributy a nebylo potřeba dalších úprav.

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Počítač DHI a.s. – NCR10
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	5 sec
Délka výpočtu:	7 dní, 5 hodin/a, 34 minut/a

Praha – Karlov – historická řada z let 1921–99

Data poskytnuta v *.txt souboru, bylo zapotřebí drobné úpravy pro převedení do *.dfs0 formátu.

Jednotky časové řady:	mm/min
Použitý výpočetní přístroj:	Počítač DHI a.s. – NCR10
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	5 sec
Délka výpočtu:	21 dny/í, 1 hodin/a, 48 minut/a

Časová řada Plzeň

Data poskytnuta v *.txt souboru, bylo zapotřebí drobné úpravy pro převedení do *.dfs0 formátu.

Jednotky časové řady:	mm/min
Použitý výpočetní přístroj:	Počítač DHI a.s. – NCR10
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	4 sec
Délka výpočtu:	4 dny/í, 8 hodin/a, 26 minut/a

Časová řada Český Krumlov

Data poskytnuta v *.txt souboru, bylo zapotřebí drobné úpravy pro převedení do *.dfs0 formátu.

Jednotky časové řady:	mm/min
Použitý výpočetní přístroj:	Počítač DHI a.s. – NCR10
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	4 sec
Délka výpočtu:	3 dny/í, 12 hodin/a, 4 minut/a

Fiktivní typický rok

Existuje několik metodik a způsobů, jak vytvořit typický rok. Já jsem šel cestou vytvoření průměrů měsíčních srážek, jež jsem následně porovnal s měsíci jednotlivých roků. Měsíce nejbližší průměru za daný měsíc, ať už se jednalo o rok 2011 nebo 2013, pak tvořil část fiktivního typického roku.

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	5 sec
Délka výpočtu:	0 dny/í, 7 hodin/a, 54 minut/a

Stanice Hlasivo

Data poskytnuta v *.xlsx souboru, bylo zapotřebí drobné úpravy (sloužení datumu a času) pro převedení do *.dfs0 formátu.

Jednotky časové řady:	mm/10 min
Použitý výpočetní přístroj:	Počítač DHI a.s. – NCR10
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	4 sec
Délka výpočtu:	5 dny/í, 2 hodin/y, 8 minut/a

Lokální dešťoměry provozovatele S01-05

Data byla poskytnuta již v připraveném datovém formátu *.dfs0, obsahovala správné atributy a nebylo potřeba dalších úprav.

S01

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	5 sec
Délka výpočtu:	1 den, 9 hodin/a, 25 minut/a

S02

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	4 sec
Délka výpočtu:	2 dny/í, 9 hodin/a, 11 minut/a

S03

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	1 sec
Minimální časový krok:	1 sec
Délka výpočtu:	5 dny/í, 14 hodin/a, 49 minut/a

S04

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	5 sec
Délka výpočtu:	1 den, 13 hodin/a, 49 minut/a

S05

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	4 sec
Délka výpočtu:	1 den, 16 hodin/a, 15 minut/a

Srážkoměrná síť S01 – S05

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Osobní počítač studenta
Maximální časový krok:	20 sec
Minimální časový krok:	3 sec
Délka výpočtu:	

Průměrná srážkoměrná stanice z 5 stanic

Potřeboval jsem vytvořit průměr z pěti časových řad ze srážkoměrů, nejlépe podobný způsobem jako aritmetický průměr. Protože jsem do toho chtěl vnést i nejistotu, zvolil jsem přístup využití umělé inteligence a to **ChatGPT**. Umělé inteligenci jsem specifikoval, co bude mít k dispozici, jaký výstupní formát potřebuji a jak si představuji provedení. **ChatGPT** mi vyhověl a sepsal mi kód pro programovací jazyk python. Kód jsem si zkopíroval do programu Visual Basic Code a pouze jsem si nastavil cesty k souborům. Vytvořený script následně proběhl bez jediného problému a povedlo se mi tak vytvořit průměrnou časovou řadu z pěti skutečných srážkoměrů.

Jednotky časové řady:	mu-m/sec
Použitý výpočetní přístroj:	Počítač DHI a.s. – NCR10
Maximální časový krok:	30 sec
Minimální časový krok:	4 sec
Délka výpočtu:	5 dny/í, 14 hodin/a, 42 minut/a

```
Average_raingaugage.py ●
C: > Users > jano > OneDrive - DHI > _B_P > _Data > Python_S_Avg > Average_raingaugage.py > ...
1  import pandas as pd
2  import numpy as np
3  import matplotlib.pyplot as plt
4
5  # Load the first data series
6  S01_path = 'c:\Export_CSV\S01.csv'
7  S02_path = 'c:\Export_CSV\S02.csv'
8  S03_path = 'c:\Export_CSV\S03.csv'
9  S04_path = 'c:\Export_CSV\S04.csv'
10 S05_path = 'c:\Export_CSV\S05.csv'
11
12 df1 = pd.read_csv(S01_path)
13 df2 = pd.read_csv(S02_path)
14 df3 = pd.read_csv(S03_path)
15 df4 = pd.read_csv(S04_path)
16 df5 = pd.read_csv(S05_path)
17
18 # combining dataseries into one,
19 # roving duplicate values,
20 # resample to keep one minute time step
21
22 RG_combinated = pd.concat([df1,df2,df3,df4,df5])
23
24 RG_duplicate = RG_combinated.drop_duplicates()
25
26 S_avg = RG_duplicate.groupby(RG_duplicate.columns[0]).mean()
27
28 #print(S_avg_sort)
29 # Plot the average time series
30 S_avg_export = S_avg.to_csv('c:\Export_CSV\S_avg.csv')
31 #S_avg_export = RG_combinated.to_csv('c:\Export_CSV\S_avg.csv')
```

Obr. 64 vytvořený skript pro průměrnou časovou řadu za pomoci ChatGPT

Příloha č. 4 - Použité výpočetní přístroje



Technické parametry výpočetních přístrojů:

Počítačová technika se neustále vyvíjí a každý rok máme k dispozici nové procesorové jednotky, nové operační paměti nebo novější operační systémy. Z hlediska zpracování práce výpočetní technika ovlivní rychlost výpočtu a nic jiného. Přišlo mi ale zajímavé zmínit trošku v detailu, jaká byla použita, pro případ, zda by někdo zkoušel, nebo se zajímal, jak moc velký vliv nové technologie mají vliv na rychlost výpočtu.

Osobní počítač studenta:

Procesorová jednotka CPU: AMD Ryzen 7 3700X 8-Core 4,05 GHz

Velikost operační paměti RAM: 32 GB

Operační systém: Windows 10 Education

Typ systému: 64bitový operační systém

Výpočetní přístroj DHI a.s. NCR10

Procesorová jednotka CPU: Intel(R) Core(TM) i7-4770 CPU 3.40GHz

Velikost operační paměti RAM: 32 GB

Operační systém: Windows 10 Enterprise

Typ systému: 64bitový operační systém

