

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Hynek Švec

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A

ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

POSOUZENÍ ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD
V DŮSLEDKU PŘÍVALOVÝCH SRÁŽEK VE
VYBRANÉ STOKOVÉ SÍTĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

Diplomant: Bc. Hynek Švec

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Hynek Švec

Regionální environmentální správa

Název práce

Posouzení znečištění povrchových vod v důsledku přivalových srážek z vybraných stokových sítí

Název anglicky

Assessment of surface waters pollution from selected sewer systems due to torrential rains

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv vybraných jednotných stokových sítí na znečištění povrchových vod v závislosti na úhrnu srážek. Dílčí cíle práce jsou:

- 1) Porovnat funkci odlehčovacích komor různých konstrukcí při oddělování znečištění vybranými znečišťujícími látkami.
- 2) Vyhodnotit znečištění povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování vybraných jednotných stokových sítí v závislosti na úhrnu srážek.
- 3) Navrhnout opatření pro snížení zátěže povrchových vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování jednotných stokových sítí.

Metodika

Pro účely práce bude vybrána jedna nebo více stokových sítí na území Jihočeského kraje dle dojezdových možností studenta. Práce bude založena na odběru vzorků vody přetékané do recipientu z odlehčovacích komor během zvýšených úhrnů srážek. Vzorky vody budou analyzovány na přítomnost a množství vybraných znečišťujících látek. Na základě výsledků rozborů vody, získaných údajů o srážkách, hydraulických a hydrologických výpočtů dojde k aproximaci zatížení recipientů vybranými znečišťujícími látkami z odlehčovacích komor vybraných stokových sítí. Předpokládá se využití údajů od Českého hydrometeorologického ústavu a provozovatele vybraných stokových sítí. Na základě výsledků budou identifikována problémová místa vybraných stokových sítí a navržena opatření pro snížení zátěže povrchových vod.

Doporučený rozsah práce

cca 60 stran + přílohy

Klíčová slova

jednotná stoková síť, imise, emise, kanalizace

Doporučené zdroje informací

- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, str. 44
- Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003: Stokování a čištění odpadních vod, Vyd. 1. Brno: CERM, 283 s. ISBN 80-214-2535-0
- Kabelková I., Havlík V., Kuba P. a Sýkora P., 2010. Metodická příručka Posuzování dešťových oddělovačů jednotných stokových systémů v urbanizovaných územích, ČVTVHS
- Kabelková I., Šťastná G. 2011. Priority opatření v souvislosti s narušením vodních toků přepady z dešťových oddělovačů. In: Sborník z konference Městské vody 2011, Velké Bílovice, str. 183-190
- Kabelková I., 2016. Místně specifický přístup k ochraně vodních toků před narušením přepady z dešťových oddělovačů. Habilitační práce. ČVUT v Praze, fakulta stavební, 158 s.
- UN WWAP, 2017: The United Nations World Water Development Report 2017, Wastewater: The Untapped Resource. By United Nations World Water Assessment Programmed (WWAP), UNESCO, Paris, 2017, ISBN 9789231002014

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Posouzení znečištění povrchových vod v důsledku přívalových srážek z vybraných stokových sítí vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Kamenném Újezdu dne 30. 3. 2023

.....

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří Ing. Radkovi Roubalovi, Ph.D. za vedení práce s klidným a přátelským přístupem a za čas, který mi věnoval. Děkuji zaměstnancům společnosti ČEVAK, a.s., zvláště panu Ing. Jiřímu Lipoldovi, za poskytnuté rady, připomínky a zkušenosti, které jsem za dobu vypracování bakalářské práce získal. Neopomenutelný dík patří mé rodině za psychickou podporu.

Abstrakt

Kanalizační síť slouží k odvádění splaškových a dešťových vod. Mohou být jednotné nebo oddílné, u kterých jsou svedeny zvlášť splaškové odpadní vody a zvlášť dešťové vody. Pro případ zvýšení průtoku odpadních vod jsou v jednotné kanalizační síti zabudovány odlehčovací komory. Jejich správné fungování zajišťuje kvalitu vody v recipientu. Cílem práce bylo vyhodnotit znečištění povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování vybraných jednotných stokových sítí v závislosti na úhrnu srážek. Odkanalizované území českokrumlovské aglomerace má rozlohu přibližně 8 km² a v kanalizační soustavě je zabudováno celkem 27 odlehčovacích komor různých konstrukcí, jejichž podoba a stav byly v této práci kriticky posouzeny. Výsledkem práce je výčet jednotlivých odlehčovacích komor a posouzení jejich nedostatků. Zjištěné skutečnosti byly použity při navržení opatření pro snížení znečištění recipientů. Důležité se ukázalo být nejen zlepšení technického stavu odlehčovacích komor, ale i pravidelný monitoring jejich stavu. Doporučená opatření budou jedním z podkladů pro případnou rekonstrukci kanalizační sítě města Český Krumlov.

Klíčová slova: kanalizační síť, odlehčovací komora, monitoring, emisní limity, imisní limity

Abstract

Sewer networks are used to drain wastewater and rainwater. They can be uniform or separate, in them are sewage waste water and separate rainwater diverted. In the event of an increase in the flow of wastewater, relief chambers are built into the unified sewer network. Their proper functioning ensures the quality of the water in the recipient. The aim of the work was to evaluate the pollution of surface water by selected pollutants during the relief of selected uniform sewer networks depending on the amount of precipitation. The area of sewage basin in Český Krumlov (Czech republic) is 8 km² and a total of 27 relief chambers of various constructions are built into the sewage system. The form and condition of these chambers were critically assessed in this work. The result of the work is a description of individual relief chambers and an assessment of their deficiencies. The discovered facts were used in the proposal of measures to reduce the pollution of recipients. It turned out to be important not only to improve the technical condition of the relief chambers, but also

to regularly monitor their condition. The recommended measures will be one of the bases for the possible reconstruction of the sewer network in the city of Český Krumlov.

Keywords: sewer network, relief chamber, monitoring, emission limits, immission limits.

Přehled použitých zkratk:

BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku po pěti dnech
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DN	Jmenovitý vnitřní průměr
GIS	Geografický informační systém
CHSK _{Cr}	Chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanovou metodou
Q	Průtok
k.ú.	Katastrální území
Km ²	Veličina plochy
m	Veličina délky
N _{-anorg}	Celkový anorganický dusík
N _{celk}	Celkový dusík
NL	Nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ⁺	Amoniakální dusík
OK	Odlehčovací komory
P _{celk}	Celkový fosfor
SOVAK	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací v ČR
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid

Obsah

Obsah	9
1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Metody a použítá data.....	3
3.1 Posouzení účinnosti odlehčovacích komor a nalezení kritických míst systému odlehčovacích komor a stok v Českém Krumlově.....	3
3.2 Návrh opatření pro snížení zátěže povrchových vybranými znečišťujícími látkami	6
4. Současný stav řešené problematiky	7
4.1 Přehled právních předpisů a dalších závazných dokumentů.....	8
4.2 Funkce odlehčovacích komor a jejich typy.....	9
4.2.1 Vybrané typy odlehčovacích komor	10
4.2.2 Materiály odlehčovacích komor.....	16
4.3 Zařízení na zmírnění znečištění recipientu z odlehčovacích komor	17
4.4 Emisní a imisní ochrana recipientů z odlehčovacích komor.....	19
4.4.1 Emisní ochrana recipientů.....	19
4.4.2 Imisní ochrana recipientů.....	20
5. Kanalizační sítě v jihozápadní části České republiky – vybraná města a aglomerace	23
6. Kanalizační síť v Českém Krumlově.....	26
6.1 Historie a rozvoj kanalizační sítě.....	26
6.2 Současné provedení kanalizační sítě.....	30
6.3 Čistírna odpadních vod města Český Krumlov.....	32
6.4 Odlehčovací komory na stokové síti v aglomeraci Český Krumlov.....	33
7. Výsledky	41

7.1 Posouzení účinnosti odlehčovacích komor a nalezení kritických míst systému odlehčovacích komor a stok v Českém Krumlově.....	41
7.2 Statistické vyhodnocení odlehčovacích komor.....	43
7.3 Návrh opatření pro snížení zátěže povrchových vybranými znečišťujícími látkami.....	44
7.4 Analýza množství dešťových srážek v posuzované lokalitě.....	47
8. Diskuse.....	50
9. Závěr a přínos práce.....	53
10. Přehled použité literatury a použitých zdrojů.....	54
Seznam obrázků.....	58
Seznam tabulek.....	60
Seznam grafů.....	60
Přílohy.....	61

1. Úvod

Diplomovou prací navazuji na moji zpracovanou bakalářskou práci na téma „Systém odlehčovacích komor v Českých Budějovicích a jejich vliv na znečištění recipientů“, kde jsem posoudil kanalizační síť z pohledu možného znečištění recipientu. Z této práce vyplynula konkrétní opatření, která by se měla v nejbližší budoucnosti realizovat. Po této zkušenosti jsem proto vypracoval posouzení znečištění povrchových vod v důsledku přívalových srážek z vybraných stokových sítí pro město Český Krumlov. Toto okresní město je významným kulturním a turistickým místem v Jihočeském kraji. K analýze stavu kanalizační sítě se zaměřením na funkci odlehčovacích komor právě v tomto městě vedly časté problémy s kvalitou místních vodotečí při dešťových přeháňkách a jejímu vlivu na místní vodoteče. Jednotná kanalizační síť je převažujícím způsobem odkanalizování komunálních odpadních vod spolu s dešťovými vodami ve většině českých měst a naprosto převládá v historických centrech. Při zvýšené srážkové aktivitě dochází k přetokům odpadní vody a dochází tak k významnému přenosu znečišťujících látek a předmětů do životního prostředí. Lokální okamžité zatížení znečišťujícími látkami recipientu v místě přetoku z kanalizace je sice sníženo vysokým průtokem v době srážek, ale dlouhodobé zatížení životního prostředí v místě přetoku i níže po proudu recipientu narůstá tím spíše, čím hůře odlehčovací komora funguje. Jelikož lze očekávat, že jednotné stokové sítě budou v horizontu příštích desetiletí stále páteří většiny městských kanalizací, má analýza funkce odlehčovacích komor význam pro tvorbu a ochranu životního prostředí. V případě Českého Krumlova jako součásti kulturního dědictví UNESCO hraje významnou roli také neestetické zatížení vyplavenými plovoucími, převážně plastovými předměty, které ulpívají na březích Vltavy a jejích přítoků.

2. Cíle práce

- 1) Vytvořit základní přehled národních a mezinárodních normativních předpisů vztahujících se k návrhu a používání odlehčovacích komor.
- 2) Pomocí rešerše literatury popsat základní typy odlehčovacích komor, jejich funkce, jejich konstrukce a principy jejich návrhu a umístění. Popsat dopady nesprávné funkce odlehčovacích komor na znečištění recipientů organickými a minerálními látkami. Porovnat funkci odlehčovacích komor různých konstrukcí při oddělování znečištění vybranými znečišťujícími látkami.
- 3) Posouzení účinnosti odlehčovacích komor a nalezení kritických míst systému odlehčovacích komor a stok v Českém Krumlově pomocí analýzy systému a vlastního monitoringu. Vyhodnotit znečištění povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování vybraných jednotných stokových sítí v závislosti na úhrnu srážek.
- 4) Navrhnout opatření pro snížení zátěže povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování jednotných stokových sítí na základě výsledků práce a literární rešerše.

3. Metody a použítá data

Přehled základních národních a mezinárodních normativních předpisů vztahujících se k návrhu a používání odlehčovacích komor vycházejí z českých a evropských legislativních předpisů.

Pomocí rešerše literatury jsem popsal základní typy odlehčovacích komor, jejich funkce, jejich konstrukce a principy jejich návrhu a umístění. Popsal jsem dopady nesprávné funkce odlehčovacích komor na znečištění recipientů organickými a minerálními látkami. Porovnal jsem funkci odlehčovacích komor.

3.1 Posouzení účinnosti odlehčovacích komor a nalezení kritických míst systému odlehčovacích komor a stok v Českém Krumlově

Při posuzování účinnosti odlehčovacích komor byly nalezeny kritická místa systému odlehčovacích komor a stok v Českém Krumlově pomocí analýzy systému a vlastního monitoringu. Vyhodnotil jsem znečištění povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování vybraných jednotných stokových sítí v závislosti na úhrnu srážek.

Byla použita data z ČHMU (měřicí stanice Český Krumlov, Přísečná) o úhrnu ročních srážek za období od roku 1991 do roku 2022 (tab. 1), tabulka s hodnotami je umístěna v příloze. Měsíční úhrn srážek za rok 2022 a desetiminutové srážkové úhrny za celý rok 2022 byly získány (zakoupeny) od ČHMU, jedná se také o měřicí stanici Český Krumlov, Přísečná. Podrobnější data jsou uvedena v příloze 2. Z těchto hodnot byly vypočteny hodinové srážkové úhrny pomocí vzorce:

$$(1) U_h = \sum_{m=i}^n U_{d_i},$$

kde U_h = hodnota hodinového srážkového úhrnu v mm, U_d = hodnoty desetiminutových srážkových úhrnů v dané hodině;

Z hodinových srážkových úhrnů byly vybrány hodnoty větší než 5 mm, které znázorňují intenzitu silného deště (19 událostí), hodnoty větší než 10 mm, které znázorňují velmi silný déšť (5 událostí) a hodnoty větší než 15 mm, které znázorňují liják (1 událost). Z výsledků vyplývá, že bylo 25 událostí, které měly vliv na možný odtok přes odlehčovací komory do vodních toků.

Tabulka 1: tabulka s ročními úhrny srážek získaná od ČHMU

#OPEN_EXPORT: 2022.9.6.2245

#Stazením publikovaných dat souhlasíte s podmínkami užití těchto dat.

METADATA

Stanice ID	Jméno stanice	Začátek měření	Konec měření
C2CKRU01	Český Krumlov	01.02.1990	31.07.1997
C2CKRU01	Český Krumlov, Slupenec	01.08.1997	02.05.2001
C2CKRU01	Český Krumlov, Přísečná	03.05.2001	21.04.2011
C2CKRU01	Český Krumlov, Přísečná	22.04.2011	31.12.2022

PŘÍSTROJE

Přístroj	Začátek měření	Konec měření	Výška přístroje [m]
Srážkoměr	23.05.1989	25.11.1989	1
Srážkoměr	06.12.1989	29.01.1990	1
Srážkoměr	01.02.1990	24.10.2007	1
Srážkoměr klopný	25.10.2007	31.12.2022	1

množství srážek v mm/rok

1991	591,7
1992	627,2
1993	701,6
1994	541,5
1995	754,3
1996	809,1
1997	699,7
1998	558,9
1999	478,6
2000	634,2
2001	745,1
2002	1005,2
2003	501,1
2004	617,1
2005	761,5
2006	678,8
2007	669,6
2008	522,5
2009	918,8
2010	728,0
2011	571,6
2012	736,6
2013	682,2
2014	657,2
2015	473,1
2016	654,7
2017	564,6
2018	602,8
2019	574,5
2020	839,5
2021	603,1
2022	720,6
průměr	663,3

Pro výpočet znečištění vodních toků v dané době bylo možné posoudit pouze na obtoku před ČOV, kde se provádí monitoring průtoku odpadních vod. Pro výpočet množství znečišťujících látek na obtoku z ČOV byla použita koncentrace naměřená na obtoku dne 20. 8. 2022 (14:15), poskytnuté doby otevření a zavření obtoku (tab. 2) a množství odpadních vod proudící přes tento obtok v roce 2022 (*provozní evidence ČOV*).

Tabulka 2: provozní evidence ovládání obtoku ČOV v roce 2022

datum	od	do
05.05.2022	23:15	0:20
24.06.2022	20:15	21:15
28.06.2022	20:30	23:45
29.06.2022	20:00	21:35
20.08.2022	14:00	16:00
20.08.2022	17:20	18:45
21.08.2022	5:30	8:00

Z těchto dat bylo vyhodnoceno množství odpadních vod protékající obtokem pomocí vzorce:

$$(2) Q_d = t_d \times Q_{obt} \times 1000$$

kde Q_d = množství odpadních vod za dobu otevření obtoku v dané době v m^3 ,
 t_d = čas otevřeného šoupěte do obtoku v sec., Q_{obt} = naměřený průtok v $l \cdot s^{-1}$;

$$(3) Q_{r2022} = \sum_{m=i}^n Q_{obt_i}$$

kde Q_{r2022} = Celkové množství odpadních vod za rok 2022 v m^3 .

Dále bylo vyhodnoceno množství vybraných znečišťujících látek z obtoku za rok 2022 pomocí vzorce:

$$(4) M_i = \frac{Q_{r2022} \times c_i}{1000000}$$

kde M_i = množství jednotlivých znečišťujících látek za rok 2022 v t,
 c_i = koncentrace jednotlivých znečišťujících látek zjištěná na obtoku v $mg \cdot l^{-1}$,
 Q_{obt} = naměřený průtok v $l \cdot s^{-1}$;

3.2 Návrh opatření pro snížení zátěže povrchových vybranými znečišťujícími látkami

Návrh opatření pro snížení zátěže povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování jednotných stokových sítí proběhl na základě výsledků analýzy a literární rešerše. Navrhovaná opatření jsou rozdělena na opatření proveditelná ve střednědobém horizontu a opatření proveditelná v dlouhodobém horizontu. Z dlouhodobého hlediska se jedná o vybudování většího podílu oddílné kanalizační sítě, vybudování dešťových zdrží, usazovacích nádrží a vybudování nových odlehčovacích komor podle aktuálního zatížení v dané oblasti. Ve střednědobém horizontu lze provést opatření na stávajících odlehčovacích komorách v podobě instalací záchytných česel a opravy přepadových hran. Dále provést výpočet stávajících odlehčovacích komorách na současné, popřípadě budoucí skutečné zatížení, z kterých by mohlo vyjít například zvýšení přepadové hrany nebo instalace hradílek. V krátkodobém horizontu je nutné zpřístupnění těch odlehčovacích komor, které jsou v současnosti zneprístupněny.

Dále jsem navrhnul opatření pro snížení zátěže povrchových vod vybranými znečišťujícími látkami při odlehčování jednotných stokových sítí na základě výsledků práce a literární rešerše.

4. Současný stav řešené problematiky

Nakládání s odpadními vodami je důležitou součástí cíle udržitelného rozvoje č. 6: Zajistit všem dostupnost vody a sanitačních zařízení a také cíle č. 12: Zajistit udržitelnou spotřebu a výrobu (UN, 2020). Ve většině vyspělých zemí převažuje obdobný systém nakládání s komunálními odpadními vodami, které jsou sváděny kanalizací a následně vypuštěny přes čistírnu odpadních vod (ČOV) nebo bez čištění do recipientu. V Evropě bylo v roce 2014 na systém kanalizace připojeno 72 % obyvatel (Cairns-Smith a kol., 2014) a jejich podíl pravděpodobně ještě vzrostl. Podstatná část vyprodukovaných odpadních vod ale stále není čištěna ani ve vyspělých zemích, a to jak v případě, že jsou vypouštěny z kanalizace přímo do recipientů, tak v případě zvýšených srážek, které způsobují přetoky z kanalizace před ČOV (UN WWAP, 2017). Odlehčovací komory zpravidla působí na principu gravitačního oddělení, kdy voda a části o větší hustotě jsou odváděny na ČOV a voda včetně částí o menší hustotě se přepouští do recipientu bez čištění. Uspokojivá funkce odlehčovacích komor tak bude klíčová až do doby přechodu na oddílné kanalizační sítě.

Odpadní vody bývají velmi rozličně znečištěny, a proto je dělíme dle fyzikálně-chemických vlastností do několika skupin. Základním dělicím prvkem je, zda-li se jedná o látky rozpustné či nerozpustné. Samozřejmě existuje několik dalších dělení, namátkou například dle měření látkové koncentrace ve vodě (Hlavínek a spol., 2003).

Na základě chemického složení určují příslušné kanalizační řády povolení vypouštění dané odpadní vody do stokové sítě. Není tomu tak u vod, které narušují materiál stokové sítě, ohrožují zdraví a bezpečnost práce obsluhy stokové sítě a způsobují provozní závady při průtoku stokovou sítí a při čištění odpadních vod (Hlavínek a spol., 2003). Vlivem stále většímu zastavěnému území dochází k daleko většímu povrchovému odtoku, menšímu vsaku vody do půdy i k změně výparu v daných oblastech. Zásadní vliv na to má množství nepropustných ploch (Krejčí, 2000).

Zásadní vliv na srážky a odtok z těchto území má také změna klimatu. Dochází k častějším přívalovým dešťům, které se pak nestačí na těchto území dostatečně rychle vsakovat. To vede k většímu znečištění vodních toků. Znečištění se liší podle charakteru území, ale třeba i podle ročního období. Je zpravidla velmi rozmanité. Oplachem nepropustných povrchů se mohou do recipientu dostat nejrůznější kovy

jako například měď či zinek, vlivem průmyslu zase například kyselinotvorné látky (ASIO, 2012).

4.1 Přehled právních předpisů a dalších závazných dokumentů

Právní předpisy platné v oblasti nakládání s odpadními vodami vycházejí v české republice z evropských směrnic. Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Směrnice stanovuje podmínky pro ochranu vnitrozemských povrchových, pobřežních a podzemních vod, které by měly vést ke zlepšení stavu vodních ekosystémů a kvalitě vnitrozemských povrchových, pobřežních a podzemních vod, nebo alespoň bránit dalšímu zhoršování ekosystémů v těchto vodách. Směrnice rady č. 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod stanovuje podmínky pro odvádění, čištění a vypouštění městských a určitých průmyslových odpadních vod.

Z těchto předpisů vychází zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění. Mezi hlavní zájmy chráněné vodním zákonem jsou: ochrana povrchových a podzemních vod, hospodárné využívání vodních zdrojů, zachování a zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvoření podmínek pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha.

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) upravuje vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku. Zákon o vodovodech a kanalizacích se vztahuje na vodovody a kanalizace, pokud je trvale využívá alespoň 50 fyzických osob, nebo pokud průměrná denní produkce z ročního průměru pitné nebo odpadní vody je $10 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ nebo více.

S výše uvedenými zákony souvisí také celá řada prováděcích předpisů, z nichž nejpodstatnějším je vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., vše v platném znění, dále Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.

Provozování kanalizačních sítí je podmíněno rozhodnutím dle § 14 odst. 3 zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a § 24 vyhlášky č. 428/2001 Sb. vydaném příslušným vodoprávním úřadem. Součástí rozhodnutí o jejich povolení je zejména kanalizační řád.

Na území kraje je vytvořen plán rozvoje vodovodů a kanalizací, které koordinují jednotlivé systémy tak, aby mohly být navzájem propojeny, popřípadě sjednoceny v rámci jednotlivých obcí (*Krajský úřad Jihočeského kraje, 2018*).

Provádění a konstrukce objektů kanalizace se řídí normami, z nichž nejdůležitější jsou: ČSN 75 6101. Stokové sítě a kanalizační přípojky, ČSN 75 6262 (756262) Odlehčovací komory, ČSN EN 752 (756110) Odvodňovací a stokové systémy vně budov - Management stokového systému, ČSN EN 1610 (756114) Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení, ČSN EN 476 (756301) Všeobecné požadavky na stavební dílce kanalizačních systémů, ČSN 75 6261 Dešťové nádrže, ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod.

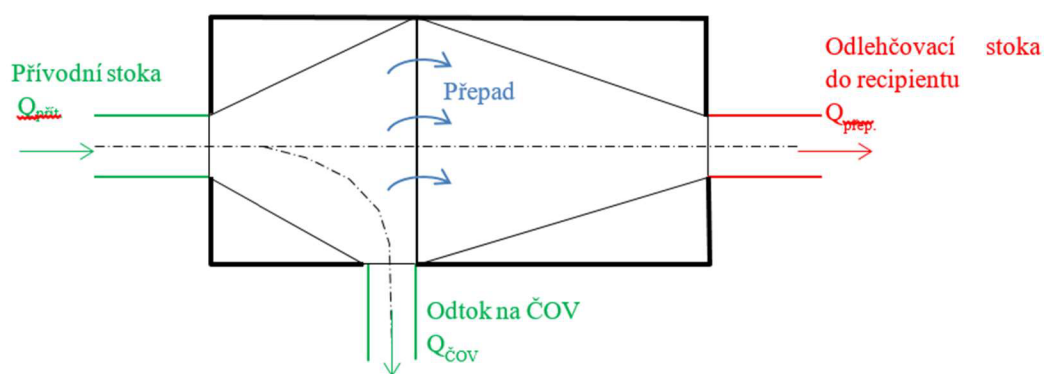
4.2 Funkce odlehčovacích komor a jejich typy

Odlehčovací komora je zařízení, které je podstatnou součástí jednotných nebo smíšených kanalizačních sítí. Jednotná kanalizační síť slouží pro záchyt vypouštěných odpadních vod spolu se srážkovou vodou z povodí kanalizační sítě. Při zvýšených srážkách v povodí kanalizační sítě dochází k přehlcení některých částí kanalizační soustavy a vysokým přítokům odpadní vody včetně vody balastní na ČOV. Odlehčovací komora je zařízením, které slouží k oddělení méně znečištěných odpadních vod od vod znečištěných více. Při průtoků vyšším, než je návrhový průtok další částí kanalizační sítě, tak v odlehčovací komoře dojde v ideálním případě k přelivu oddělených méně znečištěných vod do jiné kanalizační sítě nebo do recipientu – vodního toku nebo jiného vodního útvaru. Podstatnou skutečností je, že vhodným řešením pro minimalizaci přímého vypouštění odpadních vod do recipientu je výstavba oddílných kanalizačních soustav, ve kterých nejsou vypouštěné znečištěné komunální nebo průmyslové odpadní vody smíseny s vodami dešťovými, protože účinnost odlehčovacích komor z pohledu oddělení různých znečišťujících látek nebo věcí přítomných v odpadní vodě je relativně nízká. Převážná část odlehčovacích komor funguje na principu gravitačního oddělení znečišťujících látek. Po oddělení na odlehčovacích komorách se dostává do povrchových vod značné množství

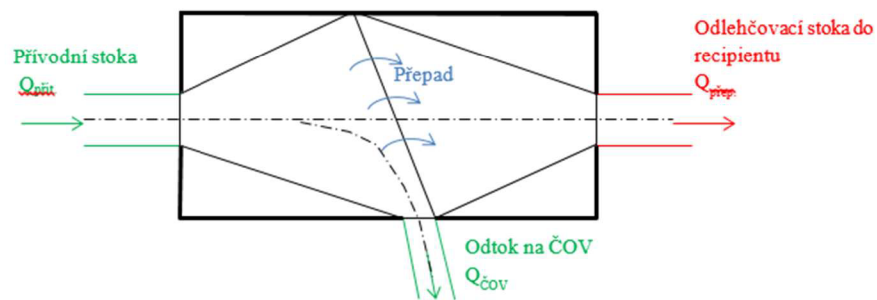
znečištěných odpadních vod, přičemž okamžité riziko pro ekosystémy těchto vod je na teoretické úrovni sníženo vysokým průtokem, respektive nízkou koncentrací znečišťujících látek nebo předmětů v takto vypouštěných odpadních vodách v době zvýšené srážkové aktivity. Z dlouhodobého pohledu lze však konstatovat, že celkové zatížení povrchových vod vlivem činnosti odlehčovacích komor poškozuje vodní ekosystémy (Owolabi a kol., 2022). Ve všech případech se však jedná o fyzikální mechanický proces, jehož potenciál snížit znečištění odpadní vody vypouštěné do recipientu je poměrně omezený. Z toho důvodu je současným trendem, do doby přechodu na oddílné kanalizační sítě, také dodatečná montáž zařízení na snížení vypouštěných odpadních vod za odlehčovací komory.

4.2.1 Vybrané typy odlehčovacích komor

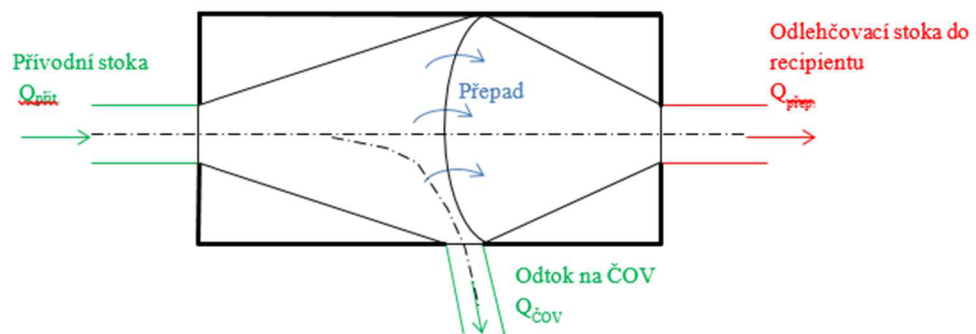
Typy odlehčovacích komor byly popsány poměrně podrobně v bakalářské práci zaměřené na jejich analýzu v Českých Budějovicích (Švec, 2021), typy odlehčovacích komor také popsali Hlavínek a kol. (2000) a Nýpl a Synáčková (2002), a to včetně složitějších polomechanických typů. Z toho důvodu uvádím pouze stručně základní vybrané typy podle výše uvedených zdrojů, které jsou doplněny vlastními schémata s vyznačením proděni odpadní vody (zeleně) a přetoků do recipientu (červeně) (obr. 1 – 17).



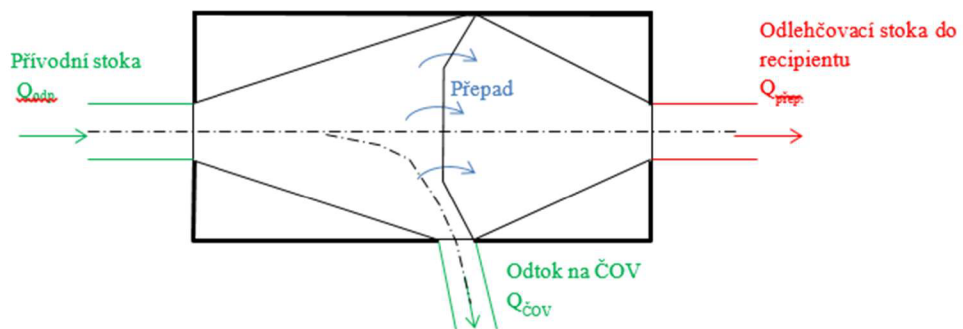
Obrázek 1: Odlehčovací komora s přepadem přímým kolmým



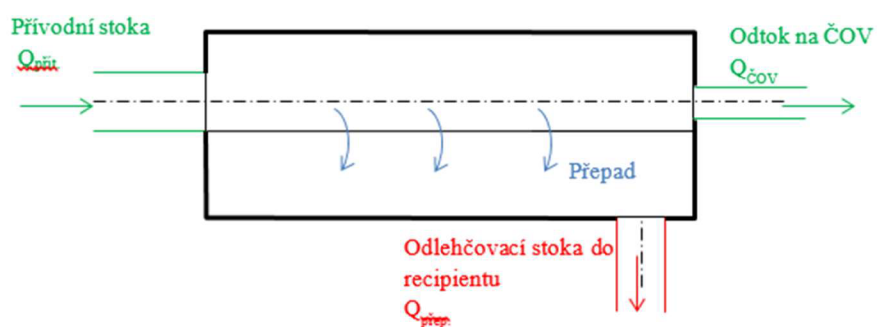
Obrázek 2: Odlehčovací komora s přepadem přímým šikmým



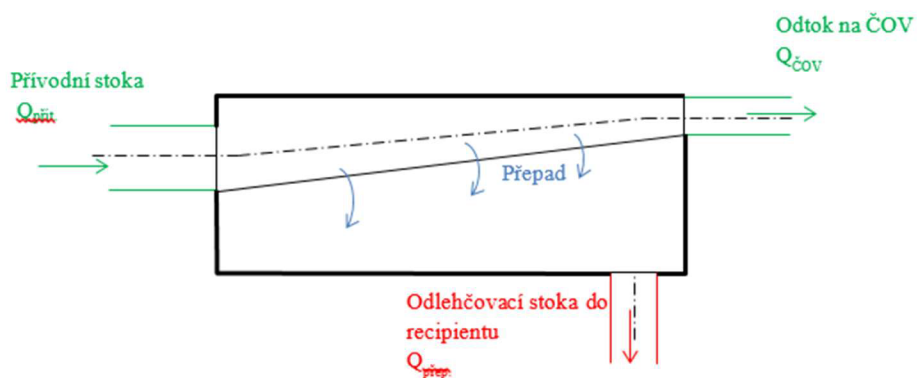
Obrázek 3: Odlehčovací komora s přepadem přímým obloukovým



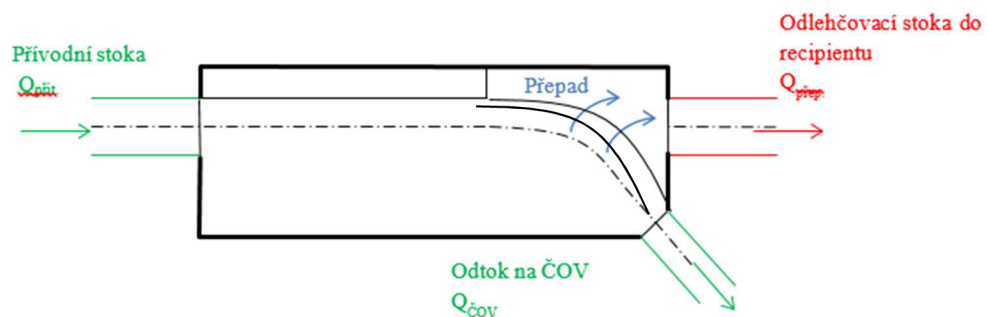
Obrázek 4: Odlehčovací komora s přepadem přímým lomeným



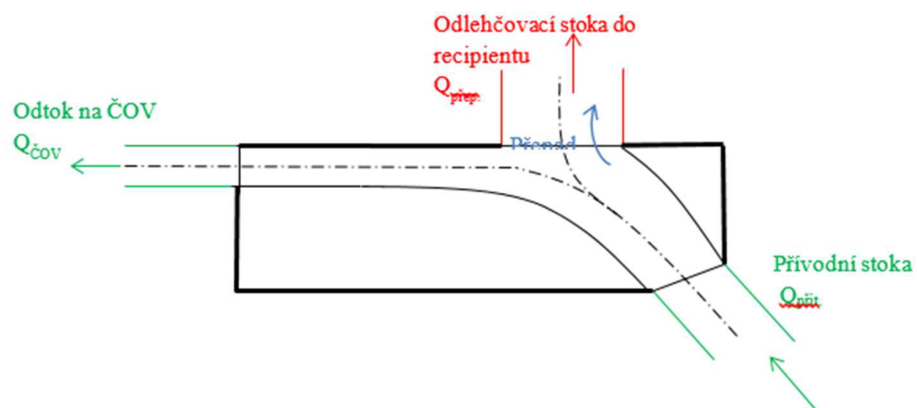
Obrázek 5: Odlehčovací komora s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou



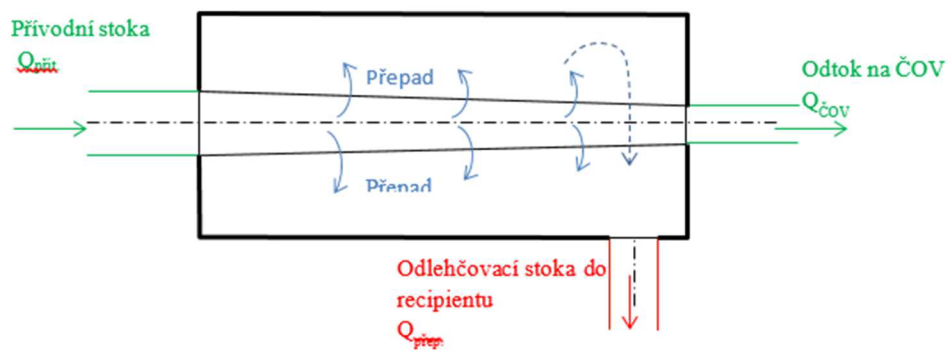
Obrázek 6: Odlehčovací komora s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou



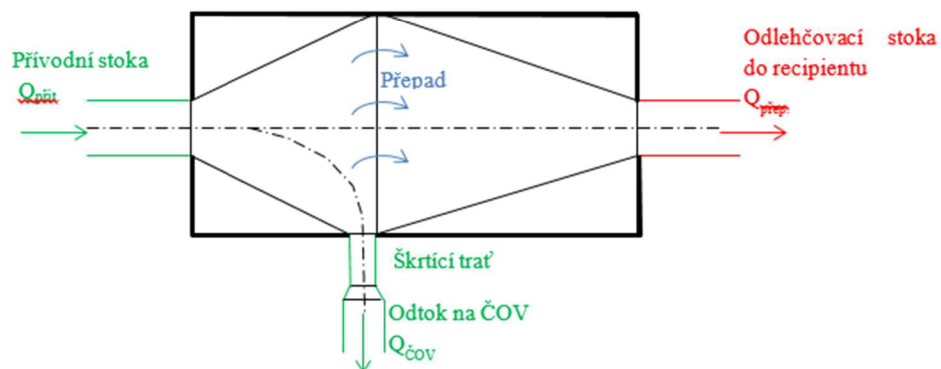
Obrázek 7: Odlehčovací komora s přepadem jednostranným bočním v oblouku



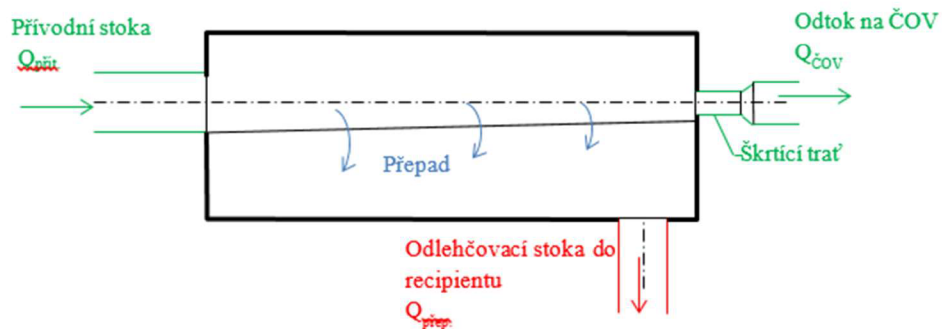
Obrázek 8: Odlehčovací komora přepadem jednostranným bočním s tangenciální hranou



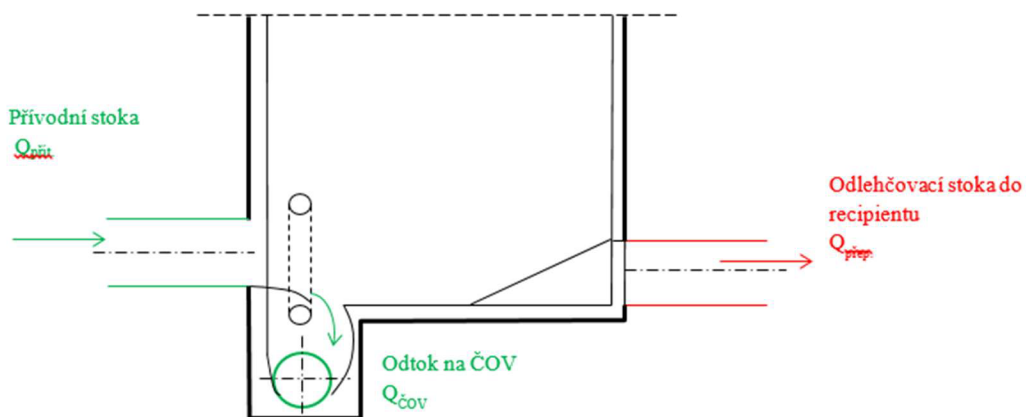
Obrázek 9: Odlehčovací komora s přepadem bočním oboustranným se šikmou hranou



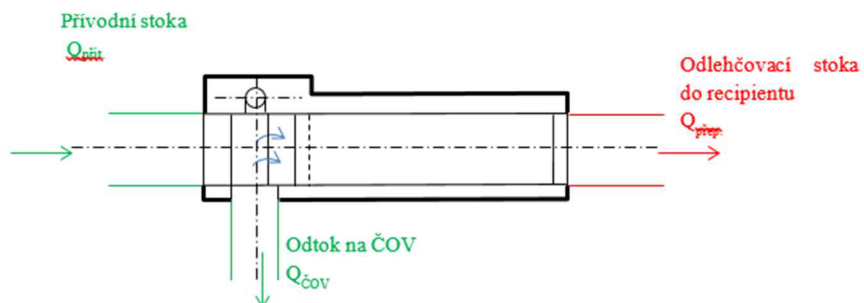
Obrázek 10: Odlehčovací komora s přepadem přímým s kolmou hranou a se škrťací trať



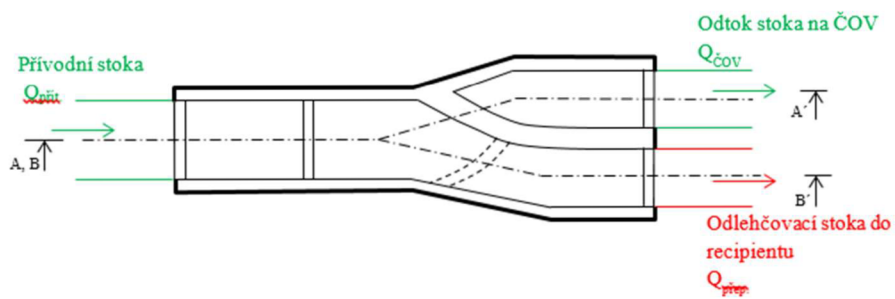
Obrázek 11: Odlehčovací komora s přepadem bočním se šikmou hranou a se škrťací trať



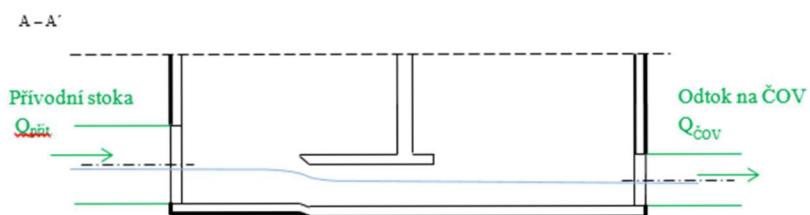
Obrázek 12: Odlehčovací komora přepadajícím paprskem - řez



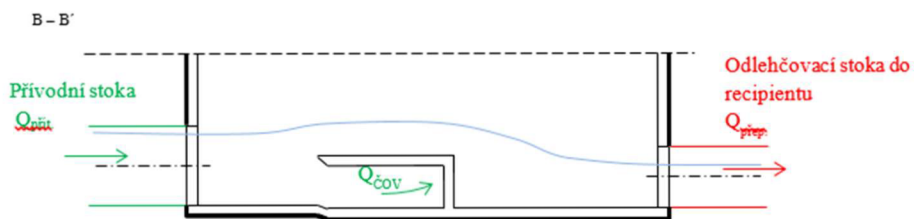
Obrázek 13: Odlehčovací komora přepadajícím paprskem – půdorys



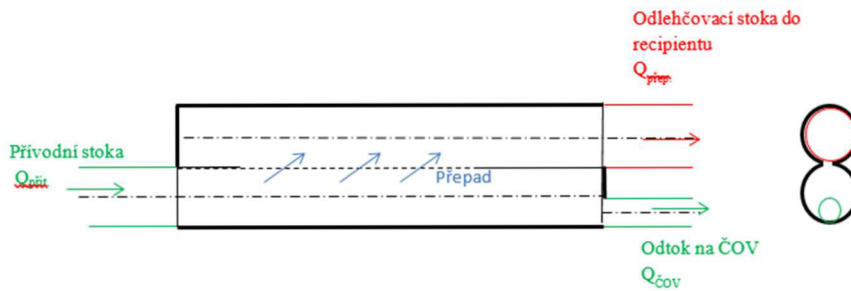
Obrázek 14: odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou - půdorys



Obrázek 15: Odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou s odtokem na ČOV



Obrázek 16: Odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou s odtokem do recipientu



Obrázek 17: odlehčovací komora trubní

4.2.2 Materiály odlehčovacích komor

Použití materiálu je regulováno ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Materiál musí být snadno čistitelný (Šejnoha J., 2003) a odolný proti chemickým a mechanickým vlivům (Rusnák a kol., 2008).

Kamenina: Trouby z kameniny jsou ekologické a recyklovatelné výrobky z jílu, šamotu a vody. Po vytvarování v automatických lisech se vysušené polotovary máčí v glazuře, která se při vypalování sline se střepem a vytvoří kompaktní prvek s hladkým povrchem. V dnešní době se převážně vyrábí hrdlové tvarovky s integrovaným těsněním ve spoji. Kamenina je odolná vůči látkám, které se vyskytují v odpadní vodě, výhodou je hladkost a tvrdost glazury. Pro výpočty se může použít hodnota součinitele drsnosti $k = 0,4$ mm. Při pokládce je nutná technologická kázeň, stejně jako ostatní keramické výrobky je kamenina křehká (Novák, 2011). Výhodou také je, že tento materiál je možno vyrobit recyklací některých odpadů, přičemž zůstane zachována další výhoda tohoto materiálu, kterou poměrně vysoká odolnost proti chemickým látkám (Luz a Ribeiro, 2007). Další výhodou je slušná odolnost keramických glazovaných materiálů proti činnosti a usazování mikrobů, kterou lze zvýšit přidáním antibakteriálních příměsí při výrobě tohoto materiálu (Seabra a kol., 2014). Tato vlastnost materiálu může být podstatná pro konstrukce kanalizací v návaznosti na poslední poznatky o vývoji bakterií resistentních proti antibiotikům nebo desinfekčním přípravkům (Honda a kol., 2020), a tak lze předpokládat využívání tohoto zdánlivě zastaralého materiálu i v budoucnosti.

Beton a železobeton: Jedná se levný materiál, se kterým se při konstrukci komor snadno pracuje, ale má relativně malou životnost. Z toho důvodu je využíván v kombinaci s potrubím nebo obklady z jiných materiálů (kamenina, plasty, čedič), povrch betonu lze také opatřit povrchovou úpravou, případně lze použít beton pevnostní třídy C 40/50 s odolností proti obrusu (Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí, 2003; Hlavínek a kol., 2000).

Čedič: Nejčastěji slouží pro obložení betonových komor. Je tvořený ztuhlou taveninou čediče (tavení při 1200°C). Je vysoce odolný proti abrazi (Euti, 2010). Čedičová vlákna jsou také vhodnou součástí kompozitních cementových konstrukcí kanalizačních soustav, v nichž významně zvyšují odolnost proti abrazi nebo usazování řas a jiných organismů s přijatelnými náklady na jejich výrobu (Wei a kol., 2023).

Polymerbeton: Tento materiál je ve skutečnosti nejčastěji bezcementovým kompozitem tvořený nejčastěji minerálními plnivými a syntetickými pojivými (*Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí, 2003*).

Sklolaminát: Sklolaminát využívaný pro konstrukci odlehčovacích komor vyniká teplotní stálostí a je tvořen minerálními plnivými (písek nebo jiná), vlákny (nejčastěji skelná vlákna) a syntetickým pojivem (*Hlavínek a kol., 2000*).

Plasty: Z plastů se nejčastěji používá PE HD (vysokohustotní polyetylén), neměkčené PVC (polyvinylchlorid) a PP (polypropylén). Jednotlivé plasty se liší svými vlastnostmi a odolností proti chemickým látkám (*Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí, 2003; Hlavínek a kol., 2000*). Charakteristickou vlastností je nízká odolnost při působení UV záření, v některých případech křehkost a také skutečnost, že v kombinaci s betonovými konstrukcemi se poměrně obtížně oddělují a obtížně se recyklují.

4.3 Zařízení na zmírnění znečištění recipientu z odlehčovacích komor

Nejrozšířenějším způsobem zachycování plovoucích předmětů do recipientu jsou mechanická filtrační a zadržovací zařízení – česle, sítě nebo normé stěny.

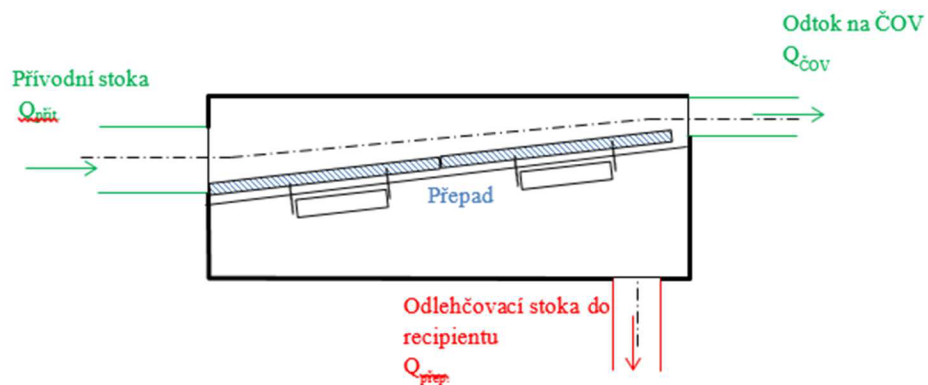
Poměrně účinným zařízením pro snížení znečištění povrchových vod z odlehčovacích komor jsou dešťové nádrže a vířivé separátory (obr. 18, 19), ve kterých se gravitačně zachytí část sedimentujících látek. Tato zařízení fungují na stejném principu jako převážná část odlehčovacích komor – na gravitačním oddělení odpadních vod.

Vířivé separátory se mohou používat samostatně nebo v kombinaci s odlehčovací komorou. Vířivé separátory mají ve srovnání s odlehčovacími komorami vysokou účinnost, malou velikost (Koníček a kol., 1996). Největší efektivita nastává při jejich použití za odlehčovací komorou (Klepiszewski a kol., 2002) a byla ověřena fyzickým modelem (Van Poucke a kol., 1970). Vířivé separátory jsou v ČR málo rozšířeny z důvodu stáří kanalizačních soustav. Rozvoj kanalizačních sítí po roce 2000 nastal spíše ve venkovských oblastech (MZE, ©2008). Vířivé separátory lze kombinovat s dalšími technologiemi čištění vod, kterými je UV záření (Boner a kol., 1995) nebo použití ozonizace (Tondera a kol., 2015), a to pro snížení koncentrací mikrobiálního znečištění (Honda a kol., 2020).



Obrázek 18, 19: vířivý separátor, (Čebín, 2022) , vířivý separátor na ČOV Český Krumlov, (Český Krumlov, 2022)

Samočinné stírané česle (obr. 20) se skládají z česlicového roštu, stíraného hřebene a lopatkového kola. Oproti běžným česlím odpadá nutnost ručního čištění od zachycených předmětů.



Obrázek 20: schéma stírané česle (ČSN 75 6262)

K zachycení nerozpuštěných látek a na ně navázaných polutantů slouží také záchytné sítě, které se po naplnění vymění. Použití sítí v otevřených objektech je neestetické a neměla by k těmto objektům mít přístup veřejnost (EPA, 1999). Záchytné pomáhají významně snížit plavené makroplasty (Castro-Jiménez, 2019). Příklady vhodných objektů jsou na obr. 21, 22 a 23.



Obrázek 21, 22: příklady záchytných sítí (*Storm Water Systems, Inc. 2023*)



Obrázek 23: Příklady uzavřených objektů pro umístění záchytných sítí. (*StormTrap, 2023*)

4.4 Emisní a imisní ochrana recipientů z odlehčovacích komor

Hodnotíme dva hlavní přístupy ke snížení znečištění recipientu, a to je emisní ochrana recipientu a imisní ochrana recipientu. Účinnost odlehčovacích komor vychází především z množství odpadních vod protékající odpadní kanalizací.

4.4.1 Emisní ochrana recipientů

Emisní kritéria vycházejí z poměru ředění a intenzity deště. Poměr ředění je předepsán v závislosti na míře ochrany recipientu a intenzity mezního deště, při níž nastává odlehčení. Dalšími důležitými ukazateli jsou roční odlehčený objem vody nebo vnos znečištění (zejména CHSK, BSK₅, NL, N_{celk} a P_{celk}), četnost a doba trvání přepadů a

případně Q_{\max} přepadu. Tyto ukazatele dávají informace o nejvýznamnějších místech vypouštění odpadních vod a vnosu znečištění a vstupují do vodohospodářské bilance (Stránský a kol., 2009).

Při emisní ochraně recipientu je omezeno látkové zatížení z oddělovacích komor jednotnými emisními kritérii uvedené v tabulce 3.

Tabulka 3: Klíčové ukazatele ochrany recipientu - emisní kritéria a jejich doporučené hodnoty (Stránský D. a kol., 2009).

Klíčový ukazatel		Doporučená hodnota (emisní kritérium)				
Jednotlivé odlehčovací komory	Poměr ředění ¹	1 : 5 až 8				
	Intenzita mezního deště ¹	10 až 30 l.s ⁻¹ .ha ⁻¹				
	Množství CHSK ²	250 kg.ha _{red} ⁻¹ .rok ⁻¹				
	Odlehčený objem vody ³	450 – 870 m ³ .ha _{red} ⁻¹ .rok ⁻¹				
	Doba trvání odlehčení ²	0 - 20 h ročně				
Celé urbanizované povodí	Minimální účinnost odvádění rozpuštěných (RL) a nerozpuštěných látek (NL) v povodí jednotné kanalizace ⁴	Kategorie ČOV ⁶				
			5 000		50 000	
		Déšť ⁵	RL	NL	RL	NL
		≤ 30 mm/12h	50 %	65 %	60 %	75 %
	≥ 50 mm/12h	40 %	55 %	50 %	65 %	

¹ doporučení EN 752 (2008)

² emisní kritéria v Německu (HMULV, 2004)

³ emisní kritéria ve Švýcarsku (VSA – STORM, 2007)

⁴ emisní kritéria v Rakousku (ÖWAW-Regelblatt 19, 2007); mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují

⁵ směrodatný dešťový úhrn r720,1 je srážková výška (mm) při době trvání deště 12 hod a s dobou opakování 1x/rok.

⁶ Kategorie čistíren odpadních vod podle počtu ekvivalentních obyvatel

Pro analýzu dlouhodobé funkce odlehčovacích komor je dobré stanovit průměrné roční hodnoty celkového počtu přepadů, celkové doby trvání přepadů, odlehčeného objemu vody a celkového odlehčeného množství látek s případnými chronickými účinky ve vodních recipientech (BSK_5 , CHSK, P_{celk} , N_{celk} , nerozpuštěné látky), a tak identifikovat nejvýznamnější zdroje znečištění.

4.4.2 Emisní ochrana recipientů

Emisní ochrana recipientů přihlíží k parametrům vodního toku a v něm probíhajícím procesům. Tato ochrana je zaměřena především na hydraulický stres recipientu v důsledku zvýšených průtoků a látkového narušení. Jedná se především o akutní toxicitu amoniaku, nadměrného deficitu kyslíku a negativního účinku nerozpuštěných látek nebo případně nadměrného zákalu zjištěného v průtoku recipientu pod zaústěním odlehčovací komory.

Ukazatelem hydraulického stresu je násobek zvýšení přirozeného neovlivněného jednoletého průtoku v recipientu v důsledku zaústění srážkového odtoku z odlehčovacích komor. Akutní toxicita amoniaku se posuzuje jen pro rybné vody, kde u malých povodí nesmí být překročena toxická koncentrace, u velkých povodí pak smí být překročena toxická dávka maximálně 1 krát za rok, přičemž lososové vody jsou chráněny přísněji než vody kaprové. Případný deficit kyslíku ve vodě se zjišťuje průzkumem toku a měřením koncentrací rozpuštěného kyslíku. V zahraničí se ke zvolení vhodných imisních kritérií při posuzování vlivu OK na recipient používá ekomorfologický stav toku. Ekomorfologii toku detailně popisuje švýcarská metodika BUWAL, Ökomorfologie, Stufe F (*Niederhauser et. al. – BUWAL, 1998*). V Německu jsou doporučené hodnoty klíčových ukazatelů ochrany recipientu - imisní kritéria (tab. 4)

Tabulka 4: Klíčové ukazatele ochrany recipientu - imisní kritéria a jejich doporučené hodnoty používané pro OK v Německu (BWK-Merkblatt 3, 2001), Rakousku (ÖWAW-Regelblatt 19, 2007) a Švýcarsku (STORM, VSA, 2007), (Stránský D. a kol., 2009)

Klíčový ukazatel	Doporučená hodnota (imisní kritérium)		
	Německo	Rakousko	Švýcarsko
Násobek zvýšení jednoletého průtoku Q1 ve vodním toku	1,1	1,1-1,5 ¹	-
Četnost překročení kritického tečného napětí pro erozi dna	-	-	1-10x/rok ¹
Kritická koncentrace N-NH ₃	0,1mg.l ⁻¹	0,1/0,2 mg.l ⁻¹ ²	-
Četnost překročení kritické dávky N-NH ₃ ³	-	-	1x/5let
Kritická koncentrace O ₂	5 mg.l ⁻¹	5 mg.l ⁻¹	-
Kritická koncentrace O ₂ s dobou trvání 1-24 hod. a opakováním 1 měsíc – 1 rok ⁴	-	-	4-6 mg.l ⁻¹ ₅

¹ diferenciacie podle morfológického stavu toku

² pstruhové vody/ kaprové vody

³ kritická dávka: $N-NH_3 = B+A/t$, kde hodnoty A a B závisí na stupni ochrany vodního toku, zpravidla B = 0,025 g/m³,

A = 1,5 min

⁴ převzato z Velké Británie (FRW, 1998)

⁵ zvyšuje se o 1-2 mg/l v závislosti na koncentraci N-NH₃

Všeobecné ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod jsou uvedeny v příloze č. 2 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a lososové a kaprové vody, vztahující se k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda (*Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.*).

Ukazatel	Značka, zkratka	Jednotky	Přípustné znečištění pro účely § 34 zákona ^{A),B),C),D)}	Přípustné roční průměr	Přípustné znečištění maximum
teplota vody	t	°C			29
reakce vody	pH	-	-	5-9 ^{1),2)}	
Nasycení vody kyslíkem	O ₂	mg.l ⁻¹	-	>9	
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg.l ⁻¹	2,7 ^{1), A)} 1,8 ^{2),C)} 3,2 ^{3),E)}	3,8 ^{E)}	
Chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg.l ⁻¹	5,9 ^{4),A)}	26	
Celkový organický uhlík	TOC	mg.l ⁻¹	4,5 ^{5),A)}	10	
celkový fosfor	P _{celk.}	mg.l ⁻¹	0,05 ^{3),6),7)}	0,15 ^{E)}	
celkový dusík	N _{celk.}	mg.l ⁻¹	-	6	
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg.l ⁻¹	-	5,4 ^{E)}	
dusitanový dusík	N-NO ₂ ⁻	mg.l ⁻¹	0,08 ^{8),C)} 0,12 ^{9), D)}		
amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	0,03 ^{C)} 0,16 ^{D)}	0,23 ^{E)}	
Rozpuštěné látky sušené	RL ₁₀₅	mg.l ⁻¹	-	750	
Rozpuštěné látky žíhané	RL ₅₅₀	mg.l ⁻¹	-	470	
nerozpuštěné látky chloridy	NL ₁₀₅	mg.l ⁻¹	-	20	
	Cr	mg.l ⁻¹	65 ^{10),A)}	150	

¹⁾ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 5 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,85$ (z dat 2010-12). ²⁾ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 3 mg/l (cílová pro lososové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,85$ (z dat 2010-12). ³⁾ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 6 mg/l (cílová pro kaprové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,85$ (z dat 2010-12). ⁴⁾ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 10 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,7$ (z dat 2010-12); tato hodnota se vztahuje na stanovení CHSKMn. ⁵⁾ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 7 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,563$ (z dat 2010-12). ⁶⁾ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. limitní hodnota nespecifikována (na rozdíl od předchozí novely vyhlášky č. 428/2001 Sb.). ⁷⁾ Vyhláškou č. 238/2011 Sb. limitní hodnota nespecifikována (na rozdíl od předchozí novely vyhlášky č. 135/2004 Sb.). ⁸⁾ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 0,6 mg/l (cílová pro lososové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 2,18$ (z dat 2010-12). ⁹⁾ Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. specifikována limitní hodnota 0,9 mg/l (cílová pro kaprové vody) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 2,18$ (z dat 2010-12). ¹⁰⁾ Vyhláškou č. 48/2014 Sb. specifikována limitní hodnota 100 mg/l (A2) jako P95. Vypočtený konverzní faktor na $C_{prům} = 1,52$ (z dat 2010-12). ^{A)} Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje užívání pro úpravu na vodu pitnou, se využijí rovněž ustanovení vyhlášky č. 428/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. ^{B)} Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje užívání pro koupání, se využijí rovněž ustanovení vyhlášky č. 238/2011 Sb. ^{C)} Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje podmínkám pro lososové vody, se využijí rovněž ustanovení nařízení vlády č. 71/2003 Sb. ^{D)} Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje podmínkám pro kaprové vody, se využijí rovněž ustanovení nařízení vlády č. 71/2003 Sb. ^{E)} Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových vodoprávní úřad přihlíží k potřebě dosažení nebo zachování dobrého stavu vod podle § 38 odst. 9 písm. a) zákona.

5. Kanalizační sítě v jihozápadní části České republiky – vybraná města a aglomerace

Ve městě České Budějovice je kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. V nových zastavěných územích jsou navrhována kanalizace oddílná. Odlehčovací komory jsou k případným přívalovým srážkám navrženy v poměru 1:5. Celková délka kanalizační sítě v Českých Budějovicích je 309,334 km, která odvádí cca 25 000 000 m³ odpadních vod na ČOV navrženou na 375 000 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 47 odlehčovacích komor. Nejvíce zastoupených odlehčovacích komor je konstrukcí s jednostranným bočním přepadem se šikmou a přímou hranou, přepadem přímým s kolmou a se šikmou hranou. V jednotlivých případech jsou pak vybudovány komory s oboustranným bočním přepadem nebo jako šterbinové (Švec, 2021).

Ve městě Dačice je celková kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. Celková délka této kanalizace je 40,185 km, z toho 36,554 km jednotná a 3,631 km oddílná. Odpadní voda je odkanalizována na centrální ČOV o projektové kapacitě 9400 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 16 odlehčovacích komor. Poměr ředění je vyšší než 1:5 (*Kanalizační řád města Dačice, ČEVAK a.s. 2016*).

Ve městě Horažďovice je celková kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. Celková délka této kanalizace je 29,737 km, z toho 28,05 km jednotná a 1,679 km oddílná. Odpadní voda je odkanalizována na centrální ČOV o projektové kapacitě 9500 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 15 odlehčovacích komor. Poměr ředění je vyšší než 1:5. Dešťové zdrže na kanalizaci *nejsou* (*Kanalizační řád města Horažďovice, ČEVAK a.s. 2015*).

Ve městě Jindřichův Hradec je celková kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. Celková délka této kanalizace je 98,3 km, z toho 83,549 km jednotná a 14,751 km oddílná. Odpadní voda je odkanalizována na ČOV o projektové kapacitě 87 500 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 23 odlehčovacích komor. Poměr ředění je vyšší než 1:5. Dešťové zdrže na kanalizaci *nejsou* (*Kanalizační řád města Jindřichův Hradec, ČEVAK a.s. 2015*).

Ve městě Vimperk celková kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. Celková délka této kanalizace je 38,455 km, z toho 37,502 km jednotná a 0,953 km

oddílná. Odpadní voda je odkanalizována na ČOV o projektové kapacitě 9 800 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 13 odlehčovacích komor. Poměr ředění je vyšší než 1:5. Dešťové zdrže na kanalizaci nejsou (*Kanalizační řád města Vimperk, ČEVAK a.s. 2015*).

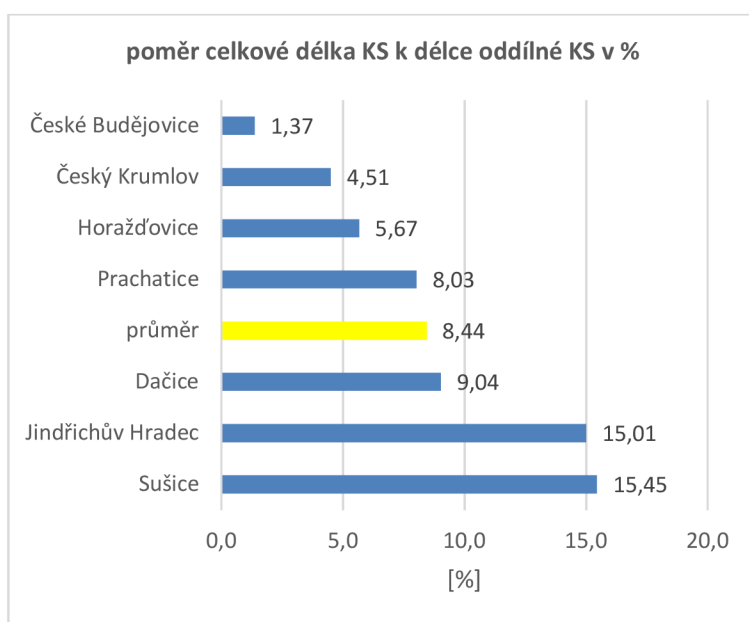
Ve městě Prachatice celková kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. Celková délka této kanalizace je 50,378 km, z toho 46,333 km jednotná a 4,045 km oddílná. Odpadní voda je odkanalizována na ČOV o projektové kapacitě 33 000 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 8 odlehčovacích komor. Poměr ředění je vyšší než 1:5, 1:10, 1:23. Dešťové zdrže na kanalizaci nejsou (*Kanalizační řád města Prachatice, ČEVAK a.s. 2016*).

Ve městě Sušice celková kanalizační síť vybudována převážně jako jednotná. Celková délka této kanalizace je 46,961 km, z toho 39,705 km jednotná a 7,256 km oddílná. Odpadní voda je odkanalizována na ČOV o projektové kapacitě 13 500 EO. Na kanalizační síti je vybudováno celkem 7 odlehčovacích komor. Poměr ředění je vyšší než 1:5. Ve městě je umístěna jedna usazovací nádrž (lapač písek) (*Kanalizační řád města Sušice, ČEVAK a.s. 2019*).

Z uvedeného přehledu vyplývá, že ve všech výše uvedených městech významně převažují jednotné stokové sítě, které více či méně zatěžují recipienty svými přetoky. Délka stokových sítí je kromě Českých Budějovic řádově srovnatelná se stokovou sítí v Českém Krumlově. Podíl oddílných kanalizačních sítí je ve většině případů prakticky zanedbatelný s výjimkou měst Jindřichův Hradec a Sušice s přibližně 15 % (tabulka 6, graf 1)

Tabulka 6: Parametry vybraných stokových sítí v jihočeském regionu České republiky.

město	celková délka kanalizační sítě	délka jednotné sítě	délka oddílné sítě	počet odlehčovacích komor	podíl délky oddílné kanalizační sítě
	[km]	[km]	[km]	[ks]	[%]
Český Krumlov	57,87	55,26	2,61	27	4,51
České Budějovice	309,33	305,10	4,23	47	1,37
Dačice	40,19	34,55	3,63	16	9,04
Horažďovice	29,74	28,05	1,69	15	5,67
Jindřichův Hradec	98,30	83,55	14,75	23	15,01
Vimperk	38,46	37,50	0,95	13	2,48
Prachatice	50,38	46,33	4,05	8	8,03
Sušice	46,96	39,71	7,26	7	15,45



Graf 1: poměr celkové délky KS k délce oddílné KS

6. Kanalizační síť v Českém Krumlově

Město Český Krumlov se 13 149 obyvateli leží v údolí řeky Vltavy v kopcovitém území v podhůří Šumavy. Částečně zasahuje i do CHKO Blanský les. Město Český Krumlov je zařazeno do Seznamu světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO, proto se zde nachází velké množství hotelů, penzionů a restaurací. K další technicko-občanské vybavenosti patří několik mateřských, základních a středních škol, gymnázium, nemocnice, dům s pečovatelskou službou, dům pro seniory a obchody. Veškeré odpadní vody z těchto objektů mají charakter splaškových vod.

Město má převážně vybudovanou jednotnou kanalizační síť, v některých částech města se nachází kanalizace oddílná. Celková délka sítě je 57,87 km..

6.1 Historie a rozvoj kanalizační sítě

Kvalita vody na horním toku řeky Vltavy byla od druhé poloviny 19. století stále více znečišťována papírnami. Jedna z těchto továren byla zřízena a rozšiřována ve Větřní. Přestože byly v tomto závodě po druhé světové válce vynaloženy četné investice, postavena odparka sulfitových výluhů a řada zařízení mechanického, respektive mechanicko-chemického čištění odpadních vod, nebylo dosaženo potřebného stupně zlepšení kvality odpadních vod. Důvodem byl nedostatečně účinný systém praní, jímání a využití sulfitových výluhů u výroby sulfitové celulózy, spojený s eliminací zbytkového znečištění. Závod v sedmdesátých letech ročně vypouštěl cca 25 mil. m³ odpadních vod v průměrné kvalitě cca 400 mg BSK₅/l. Celková koncentrace znečištění v řece tak vzrůstala z cca 2 mg BSK₅/l na cca 50 mg BSK₅/l, tzn. že řeka byla extrémně zatížena znečištěním.

Přes snahu, vyvíjenou na konci padesátých i během šedesátých let, nebyl nalezen způsob koordinovaného řešení, který by celou tuto záležitost beze zbytku dořešil. Teprve v roce 1965 byla vypracována studie, která prvně řešila tuto problematiku včetně vyhledání nejvhodnějšího místa pro společnou čistírnu odpadních vod pod Českým Krumlovem, kam bylo navrženo převedení odpadních průmyslových a splaškových vod pomocí ražené štoly.

Následně bylo v letech 1967 – 1968 na úrovni příslušných orgánů kraje a zainteresovaných resortů Ministerstva průmyslu a Ministerstva lesního a vodního hospodářství rozhodnuto o vybudování Obchvatného kanálu Větřní – Český Krumlov,

který by podchytil a sváděl veškeré odpadní vody z papírny ve Větrní a splaškové a průmyslové vody z obce Větrní i města Českého Krumlova do prostoru budoucí centrální čistírny odpadních vod pod město Český Krumlov a představoval by tak první samostatnou etapu výstavby této čistírny. Realizace obchvatného kanálu probíhala v letech 1969 -1974. Celková délka hlavního sběrače byla 6,3 km (z toho 4,7 km ve štolách). Celkové množství odváděných vod bylo 1786 l/s. (*Dalibor Uhlíř, Vodní hospodářství 9/1975*).

Dílo bylo charakterizováno jako kolektor sdružující kanalizaci, vodovod (vodovodní potrubí byla v pozdějších letech odstraněna), kabely, kolejovou dopravu a zároveň bylo důlním dílem s ohledem na způsob ražby, systém větrání, apod. Vzhledem ke konfiguraci území, podmínkám pro realizaci stavby, požadavkům na připojení ostatních odpadních vod, vazbu na širší okolí, apod. byla celá stavba rozdělena na část štolovou a část stokovou.

Celé dílo mělo tyto hlavní části: štola I, II, III a IV, dále stoky I, II, III, IV, V včetně shybek přes Vltavu, přečerpací stanice splaškových vod a společnou dočasnou výpusť do Vltavy.

Účelem štoly I, jako zařízení víceúčelového, bylo především zajistit odvedení odpadních vod z papírny ve Větrní, obce Větrní a části Českého Krumlova do prostoru budoucí čistírny. Celková délka této štoly je 4015 m, světlého průřezu štoly v převládající části 4,55 m², v některých úsecích pro potřebu stavby, kde byly výhybky, seřadiště, apod. v průřezové ploše do 10 m². S ohledem na geologické podmínky byly realizovány různé typy vystrojení, které jsou odlišné v počtu výztuže, síle obezdívky, apod.

Ražení štoly bylo provedeno v jednotném podélném sklonu 0,167 % a výška nadloží se pohybovala v rozmezí 14 až 105 m. Světlý profil štoly byl v převážné části zhruba 2,0/2,4 m. Na levé straně štoly I (při pohledu po směru toku), je umístěn odpadní kanál světlého průřezu 1,10 m² (85/132 cm), který zajišťuje odvedení odpadních vod do celkového množství $Q_{\text{kap}} = 1448 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ při $v_{\text{max}} = 1,31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vnitřní úprava železobetonového žlabu byla provedena z kyselinovzdorného obkladu (chemická kamenina). Tento žlab byl zakryt speciálními deskami.

Součástí štoly I byla celá řada dalších zařízení: pochůzkový chodníček, drenážní systém, vstupní a revizní šachty, kanalizační svody, odvětrání, elektrická instalace,

vodovodní potrubí DN 200 mm, systém měření odpadních vod a exhalací, úzkokolejná dráha apod. Doprava ve štole I byla umožněna speciálním elektrokolejovým vozidlem s tyristorovou regulací pohonu.

Další štolý II, III, IV slouží k převedení odpadních vod z jednotlivých městských čtvrtí Českého Krumlova, a to buď přes štolu I nebo přímo opět do místa budoucí čistírny.

Štola II je průchozí štola v celkové délce 510 m při průřezu 4,55 m². Tato štola navazuje na čerpací stanici a shybku na stoce II, přičemž tato shybka i čerpací stanice jsou v majetku města již od devadesátých let. Ve štole je umístěno potrubí Tubeco DN 700 mm (stoka II), uložené na betonových sedlech, při jednotném podélném sklonu 0,24 %, které zajišťuje odvedení vod odpadních do celkového množství Okap = 426 l.s⁻¹ při $v_{\max} = 1,11 \text{ m.s}^{-1}$.

Štola III je částečně průchozí štola o délce 114 m a průřezu 3,95 (popř. 2,28) m², sloužící k převedení potrubí stoky III. Stoka III je kanalizační sběrač, provedený jako potrubí Tubeco DN 500 mm, při podélném sklonu 0,148 %, který zajišťuje odvedení odpadních vod do celkového množství $Q_{\text{kap}} = 137 \text{ l.s}^{-1}$ při $v_{\max} = 0,70 \text{ m.s}^{-1}$.

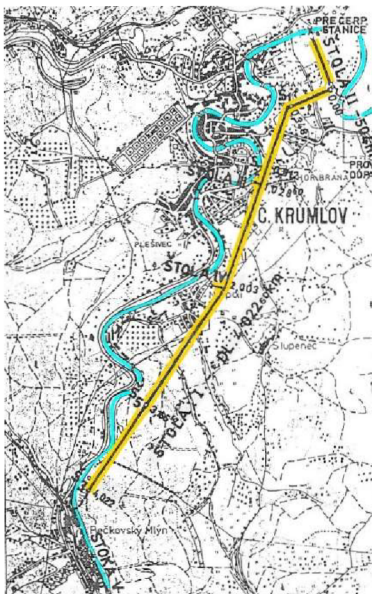
Štola IV je průchozí štola o délce 103 m a průřezu 7,35 m². Ve štole je umístěno potrubí (stoka IV) Tubeco DN 300 mm, uložené na betonových blocích při podélném sklonu 0,25 % o $Q_{\text{kap}} = 45 \text{ l.s}^{-1}$.

Stoka V zajišťovala podchycení a odvedení odpadních vod průmyslových a splaškových z papírny ve Větrní a vlastní obce Větrní. Stoka je umístěna převážně po levé straně Vltavy podél nábrežní zdi závodu pode dnem řeky. Její součástí je shybka pod Vltavou. Celková délka stoky V činila 2062 m, z toho v provedení kyselino-vzdorná kamenina DN 1000 mm – 599 m, kyselino-vzdorná kamenina DN 600 mm – 1193 m a litina DN 600 mm – 230 m.

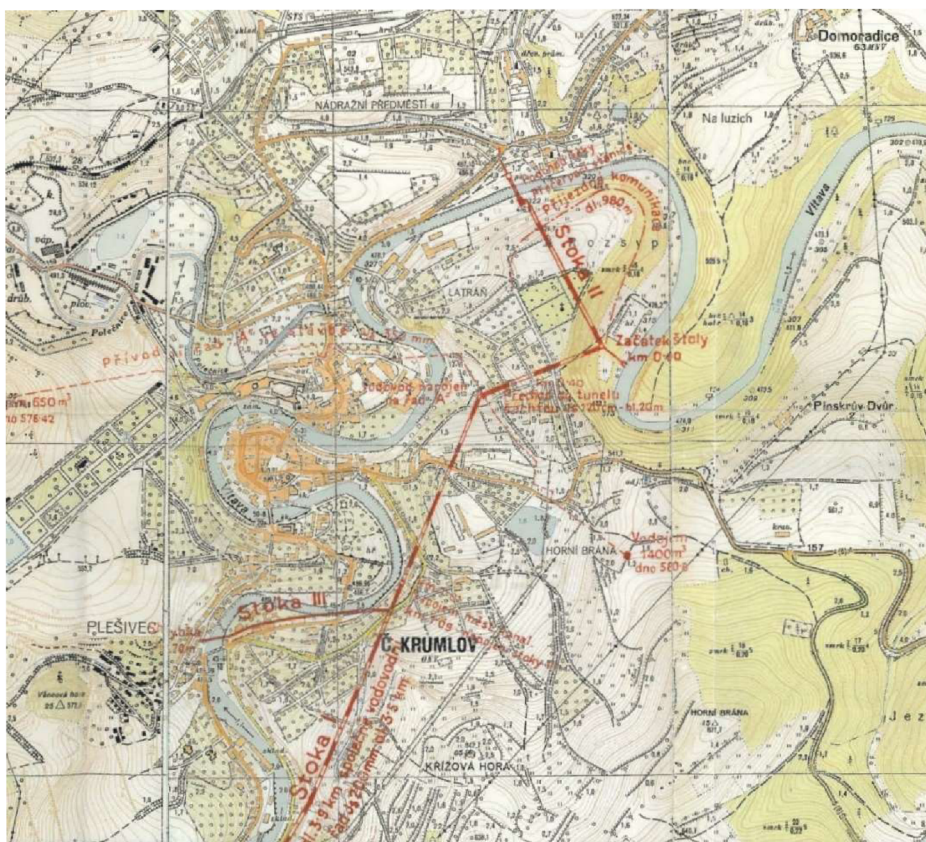
Skutečností je, že i když nebyl problém likvidace odpadních vod z dané oblasti definitivně vyřešen, ale pouze „odsunut“, městu Český Krumlov tato dílčí stavba pomohla. Bylo zbaveno značně nepříjemných pachových a estetických vlivů doposud špinavé Vltavy. Vlastní stavba společné mechanicko-biologické čistírny podle úvodního projektu, zpracovaného Hydroprojektem Praha, byla zahájena v roce 1986.

Nová čistírna odpadních vod v Českém Krumlově byla do zkušebního provozu uvedena v únoru 1992 a stupeň biologický pak v květnu 1992, tedy až 18 let po

dokončení obchvatného kanálu Větřní – Český Krumlov (Josef Unger, *Vodní hospodářství 04/1993*; ČEVAK a.s., 2022).



Obrázek 24: Dobová orientační situace štol I-IV a stoky V (ČEVAK a.s., 2022)



Obrázek 25: Výřez ze situace projektového úkolu z dubna 1968 (Krajské středisko pro vodovody a kanalizace v Českých Budějovicích)

6.2 Současné provedení kanalizační sítě

Celá kanalizační síť v posuzované oblasti je svedena přes štoly (Štola I z Větrní, Štola II U Trojice, Štola III z ulice Po Vodě, Štola IV Ve Spolí) do centrální ČOV Český Krumlov, kterou v roce 2021 odkoupilo Město Český Krumlov od soukromého vlastníka. Provozovatelem této ČOV a kanalizační sítě je společnost ČEVAK a.s.

Štola I - Větrní - Č.Krumlov, přivádějící průmyslové odpadní vody z JIP – Papíren Větrní, a.s. a komunální odpadní vody z obce Větrní. Délka štoly je 4 022 metrů. V trase po jihovýchodním okraji města Č.Krumlov jsou pak napojeny odpadní vody ze Spolí, z prostoru nemocnice a z Horní Brány.

Štola II- Trojice - ČOV Č.Krumlov, svádí odpadní vody města Český Krumlov zejména z průmyslové oblasti Domoradic, komunální odpadní vody svedené gravitací k čerpací stanici "Trojice". Délka štoly je 608 metrů.

V každé štolě cca 50 m před vyústěním je osazeno zařízení pro měření průtoku od firmy NIVUS. Na konci štol jsou ve stokách umístěny automatické vzorkovače odpadních vod. Řízení provozu vzorkovačů zajišťuje řídicí počítač MOD 300. Vyústění štol I a II je již v oploceném areálu čistírny. Zde je štola II zaústěna do štoly I. Ještě před vtokem odpadních vod do objektu česlovny na technologické zařízení je instalován havarijní obtok (ČEVAK a.s., ©2022).

Schéma kanalizační sítě v Českém Krumlově a v blízkém okolí



Obrázek 26: Situační zobrazení sběračů kanalizační sítě města s OK Č. Krumlov (GIS, ČEVAK a.s., 2022)

6.3 Čistírna odpadních vod města Český Krumlov

Čistírna odpadních vod v Českém Krumlově je mechanicko-biologická čistírna s klasickým hrubým přečištěním (česle + lapák písku), s usazovacími nádržemi, s aktivací a dosazovacími nádržemi a kalovým hospodářstvím. Zkušební provoz byl zahájen v roce 1991, trvalý provoz byl od roku 1994. O dva roky později v roce 1996 byla provedena rekonstrukce aktivace (výměna hrubo-bublinných aerátorů za jemnobublinný pneumatický systém).

V současnosti jsou do stávající čistírny odpadních vod Český Krumlov přiváděny městské odpadní vody z měst Český Krumlov a Větrní a průmyslové odpadní vody z firmy JIP - Papírny Větrní, a.s., a to soustavou kanalizačních stok umístěných v ražených štolách. Kanalizace v obou městech je převážně jednotná. Množství odpadních vod přitékajících na čistírnu není měřeno. Měří se pouze množství vyčištěných odpadních vod vypouštěných do řeky Vltavy. Samostatné měření objemu odpadních vod z jednotlivých zdrojů (dvě města a papírna) zatím není, vzhledem ke způsobu napojení na kanalizaci, technicky možné. Proto je nutné stanovovat objemy vod z měst a papírny bilančním způsobem. Naproti tomu laboratorní zjišťování kvality odpadní vody na předávacím místě mezi kanalizací města Český Krumlov a kanalizací firmy JIP - Papírny Větrní, a.s. v šachtě na levém břehu Vltavy v papírně je prováděné pravidelně a v únoru 2021 byl zahájen i intenzivní monitoring kvality odpadní vody v uzavěrové šachtě na pravém břehu Vltavy na pozemku p. č. 1867 v k. ú. Větrní.

Kapacita ČOV byla původně projektována pro 460 000 ekvivalentních obyvatel (EO), s dlouhodobým čištěním odpadních vod z papíren ve Větrní, kdy bylo počítáno s dalším rozvojem výroby. Ve druhé polovině 90. let však došlo k odstavení dvou papírenských strojů a v roce 2002 k odstavení celulózky. V současné době se látkové zatížení ČOV pohybuje v hodnotách do 100 000 EO.

Odpadní vody ze štol natékají do společného přítokového kanálu, odkud přitékají do objektu česlovný. Před česlovnou je umístěna vypínací komora, ze které je možné odpadní vody při vyšším nátoku dešťových a balastních vod nad maximální objem $700 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, vypouštět přímo do řeky Vltavy. ČOV mimo jiné zpracovává také dovezené odpadní vody z průmyslu a z domácích jímek nebo septiků. Dále odpadní vody natékají do trojice odstředivých lapáků písku a následně na čtveřici usazovacích nádrží (UN). Běžně jsou provozovány dvě nádrže, druhé dvě slouží k nárazovému zachycení

vod o zhoršené kvalitě vypouštěných z papíren, či vod dovážených. Zadržené vody z UN1 a UN2 jsou postupně přečerpány zpět na přítok před česle. Z mechanického předčištění jsou odpadní vody vedeny do jedné ze dvou linek aktivačních nádrží. Odpadní vody natékají do šesti komorového aerovaného selektoru, kde se na začátku mísí s vratným kalem, přitékajícím z oddílné regenerační nádrže vratného kalu.

Ze selektorů přitéká aktivační směs do nitrifikační aerované sekce členěné na tři části. Za nitrifikaci je mechanicky míchaná nádrž odplynění. Vzduch do aktivace byl původně dodáván čtveřicí rotačních dmychadel. Dvě menší dmychadla: DM2 s výkonem $2360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a DM4 s výkonem $2069 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a dvě větší dmychadla v poruše: DM1 o výkonu $3992 \text{ m}^3/\text{h}$ a DM3, které je již neopravitelné.

Současný průměrný průtok čistírnou dosahuje cca $90 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, tj. cca $7.500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Látkové zatížení činí cca 70–80.000 EO₆₀. V pandemickém roce 2020 byl zaznamenán průměrný průtok čistírnou na úrovni $73 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, tj. $6311 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, při látkovém zatížení 50.800 EO₆₀.

Parametry ČOV (o látkové kapacitě 460 000 ekvivalentních obyvatel) jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Parametry ČOV (Provozní řád ČOV Český Krumlov, ČEVAK a.s., 2021).

Parametr	Kapacita ČOV	Max. konc. na odtoku
ekvival. obyvatel	460 000 EO	
denní přítok:	$114\,456 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	
BSK5 :	$2\,782 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$	40 mg.l ⁻¹
NL	$4\,869 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$	70 mg.l ⁻¹
CHSK	$17\,388 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$	250 mg.l ⁻¹
N-NH ₄ ⁺	$348 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$	5 mg.l ⁻¹
P-e	$69,6 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$	1 mg.l ⁻¹

6.4 Odlehčovací komory na stokové síti v aglomeraci Český Krumlov

V Českém Krumlově je převážně jednotná kanalizační soustava, ve které je zbudováno celkem 27 odlehčovacích komor a v současnosti se projektuje další z důvodů nové výstavby v místní části U Trojice (Kanalizační řád Český Krumlov, 2019, ČEVAK a.s.). Výčet odlehčovacích komor (viz tabulka 8) vychází z kanalizačního řádu pro město Český Krumlov a místní část Staré Dobrkovice (obec Kájov). Provozovatel kanalizace má k dispozici vrstvu se zákresem odlehčovacích komor pro použití mapových nástrojů GIS.

Tabulka 8: Přehled odlehčovacích komor, umístění, název. U všech odlehčovacích komor je ředící poměr $\geq 1:5$ (Zdroj: Kanalizační řád, 2013)

Označení odlehčovací komory	Název odlehčovací komory	Vyústění do vodního toku
OK 1	U Trojice I – učni	Vltava
OK 2	U Trojice II - U Kuželny	Dešťová zdrž (Vltava)
OK 3	Vyšehrad	Bezejmenný potok*
OK 4	Nádraží, V zahrádkách	Bezejmenný potok*
OK 5	Na svahu, V zahrádkách	Bezejmenný potok*
OK 6	Třída Míru U Sváčka	Bezejmenný potok*
OK 7	Kasárna Vyšný	Bezejmenný potok*
OK 8	U nemocnice	Vltava
OK 9	Křížová (JZD)	Vltava
OK 10	Ambit, parkoviště	Vltava
OK 11	Parkoviště pod poštou	Vltava
OK 12	Radniční, Hotel Dvořák	Vltava
OK 13	Široká, pod restaurací Barbora	Vltava
OK 14	Kájovská	Vltava
OK 15	Rybářská	Vltava
OK 16	Pod Kamenem	Vltava
OK 17	Špičák (autobusová zastávka	Potok Polečnice
OK 18	Fialková	Potok Polečnice
OK 19	Roosveltova, Pod garáží	Vltava
OK 20	U pivovaru	Vltava
OK 21	U Vltavy, Přibáň	Vltava
OK 22	Plešivec, u zeleniny	Vltava
OK 23	Sídlíště Plešivec	Vltava
OK 24	Nové Spolí	Vltava
OK 25	Po vodě	Vltava
OK 26	Parkoviště u bazénu	Potok Polečnice
OK 27	U dešťové zdrže	Dešťová zdrž (Vltava)
Celkem	27 ks	

Pozn. *bezejmenný potok IDVT: 10281966 (ISVS – VODA, 2023)

Podrobné umístění jednotlivých odlehčovacích komor včetně jejich vyústění do recipientu je zaznamenáno v geografickém informačním systému (GISu) provozovatele kanalizace.



Obrázek 27: Podrobné umístění jednotlivých odlehčovacích komor (GIS, ČEVAK a.s., 2022)

Na níže uvedených fotografiích jsou prezentována nejběžnější typy odlehčovacích komor (obr. 28, 29, 30)



Obrázek 28, 29, 30 : OK s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou (foto 2023); OK s přepadem přímým s kolmou hranou (foto, 2023); OK s přepadem oboustranným s rovnou hranou



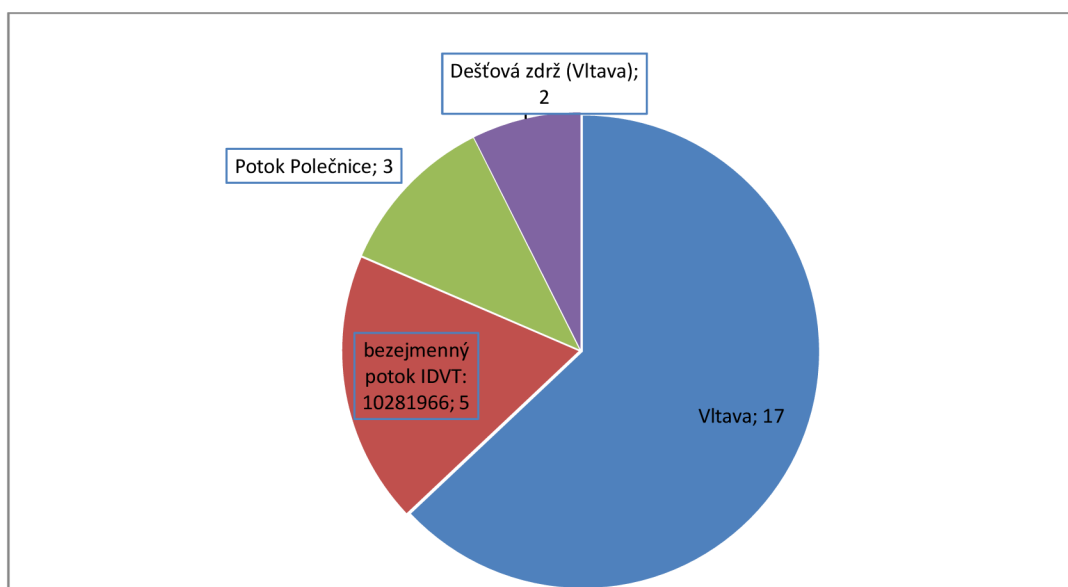
Obrázek 31, 32: OK s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou (foto, 2023); OK s přepadem přímým se šikmou hranou (foto, 2023)

Všechny odlehčovací komory jsou betonové a to obdélníkového, kruhového nebo lichoběžníkového půdorysného tvaru.

Odlehčovací komory na území Českého Krumlova jsou zaústěny do více recipientů, jejich výčet je uveden v tabulce 9 a grafu č. 2.

Tabulka 9: Výčet odlehčovacích komor, umístění, název

Vodní tok	Počet vyústění
Vltava	17 ks
bezejmenný potok IDVT: 10281966	5 ks
Dešťová zdrž (Vltava)	2 ks
Potok Polečnice	3 ks
<i>Celkem</i>	<i>27 ks</i>



Graf 2: Rozdělení recipientu podle zaústění odlehčovacích komor

Informace o jednotlivých odlehčovacích komorách a jejich vyústění do recipientů jsou uvedeny v příloze. Zde uvádíme některé odlehčovací komory, na kterých by bylo možné provést účinná opatření ke snížení znečištění recipientu.

- Odlehčovací komora OK 2 „U Trojice II – U Kuželny“ a OK 27 „U dešťové zdrže“

Z obou odlehčovacích komor OK2 „U Trojice II – U Kuželny“ (obr. 33) a OK 27 „U dešťové zdrže“ (obr. 34) je přepad do recipientu veden přes dešťovou zdrž (obr. 35). Tato dešťová zdrž má zásobní objem 1420 m². Z této konkrétní zdrže jsou dvě vyústění do řeky Vltavy. Dolní výpust je opatřena šoupátkem a horní výpust bez šoupěte. V současnosti je trvale otevřena dolní výpust, kudy rovnou protéká odlehčená

odpadní voda do řeky Vltavy. Tato nádrž tedy slouží pouze ke zpomalení průtoku a částečnému usazení hrubých těžších nečistot. Pro správnou funkci dešťové zdrže by bylo určitě vhodné dolní výpust uzavřít a používat ji jen při čištění. Zadrženu dešťovou a splaškovou vodu posléze přečerpát do kanalizace a do ČOV.



Obrázek 33, 34: Odlehčovací komora OK2 , přepadová hrana (foto, 2023); Vyústění z OK2, (foto, 2023)



Obrázek 35: dešťová zdrž (foto, 2023)

- Odlehčovací komora OK12 „Radniční, Hotel Dvořák“

Odlehčovací komora OK12 „Radniční, Hotel Dvořák“ se nachází u Lazebnického mostu v Českém Krumlově. V případě odlehčení jsou přepadající vody odvedeny do řeky Vltavy (obr. 36). Odlehčovací komora je konstrukčně řešená jako odlehčovací komora s přepadem přímým s kolmou hranou. Na odtoku se nachází roura s protipovodňovou klapkou (obr. 36), která je zavřena a otevře se tlakem vody při odlehčování kanalizační stoky. Celá komora včetně přepadové hrany je

ze železobetonu. Při důkladném průzkumu byly zjištěny zachycené nečistoty na vstupu do OK, to značí občasné zatopení celé komory. Komora teoreticky umožňuje doplnit zařízení pro záchyt nerozpuštěných látek. (náplavka pod mostem).



Obrázek 36, 37: Odlehčovací komora OK25, přepadová hrana (foto, 2021); Vyústění z OK25, (foto, 2021)

- Odlehčovací komora OK 18 „Fialková“

Odlehčovací komora OK18 „Fialková“ (obr. 38) se nachází pod strání za fotbalovém hřišti. V případě odlehčení jsou přepadající vody odvedeny do potoka Polečnice (obr. 39). Odlehčovací komora je konstrukčně řešená jako odlehčovací komora s přepadem přímým s kolmou hranou. Celá komora včetně přepadové hrany je ze železobetonu. Odlehčovací komora je bez záchytu plovoucích látek a hrubých unášených nečistot na odtoku do recipientu. Ústí přepadové kanalizace je v havarijním stavu a hrozí její destrukce. U této komory by bylo vhodné pro omezení NL zvážit instalaci česel u přepadové hrany v OK.



Obrázek 38, 39: Odlehčovací komora OK 18, přepadová hrana (foto, 2023); Vyústění z OK 18, (foto, 2023)

- nepovolené napojení do recipientu

V místní části u vlakového nádraží bylo zjištěno pravděpodobné nepovolené připojení kanalizační přípojky do místního recipientu. Jedná se o kanalizační přípojku zaústěné

do částečně zatrubněného vodoteče pod silnicí třída Míru (obr. 40). Z této přípojky byla zjištěna vytékající odpadní voda (obr. 41).



Obrázek 40, 41: ústí do zatrubněného vodoteče (foto, 2023); ústí kanalizační přípojky, (foto, 2023)

7. Výsledky

Výsledky vycházejí z vlastního monitoringu, z dat Českého hydrometeorologického ústavu a z podkladu od provozovatele kanalizační sítě.

O analýze každé z odlehčovacích komor byl vyhotoven protokol o stavu komory a stavu recipientu v místě vyústění komory.

7.1 Posouzení účinnosti odlehčovacích komor a nalezení kritických míst systému odlehčovacích komor a stok v Českém Krumlově

Počet přelivů jednotlivých komor nebylo možno přesně určit, protože nikdy nebyly modelovány ani jinak zjištěny průtočné objemy vod vypouštěných do recipientu. Průtok a koncentrace znečišťujících látek je sledováno pouze na ČOV.

Na přítoku do ČOV (obr. 42) je umístěno obtokové potrubí, které slouží pro odlehčení ČOV. Znečištěná voda proudí přes česle (obr.43) do technologie ČOV. Na odtokové stoce z ČOV je umístěna měrná stanice (obr.44) pro měření průtoku a odebrání vzorků



Obrázek 42, 43: Přítok na ČOV, (foto, 2023); Česle v areálu ČOV, (foto, 2023)



Obrázek 44: odtok z ČOV, (foto, 2023)

V roce 2022 došlo k sedmi průtokům přes havarijní obtok před ČOV, kdy byl průtok vyšší než 700 l/s. Ovládání uzávěru na obtoku je ruční, kdy obsluha musí přímo u přítoku na ČOV otvírat popřípadě uzavírat obtokové potrubí.

Otevření a uzavření obtoku a množství přitékající odpadní vody je následně zapisováno ručně do provozního deníku. V roce 2022 došlo přes obtokové potrubí k vypuštění odpadních vod v sedmi případech, kdy byl větší průtok než $700 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Byl zaznamenán průtok a čas otevřeného obtoku ČOV. Z těchto dat lze vypočítat přibližné množství odpadních vod, které protekly obtokem. Jedná se o množství cca $33\,306 \text{ m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$.

Pro výpočet množství znečišťujících látek byla použita koncentrace naměřená na obtoku z ČOV.

Zjištěné koncentrace s výpočtem ročního znečištění na výtoku z obtoku ČOV v roce 2022 jsou uvedeny v tabulce 9, zjištěné množství naředěné odpadní vody z obtoku ČOV v roce 2022 je uvedeno v tabulce 10.

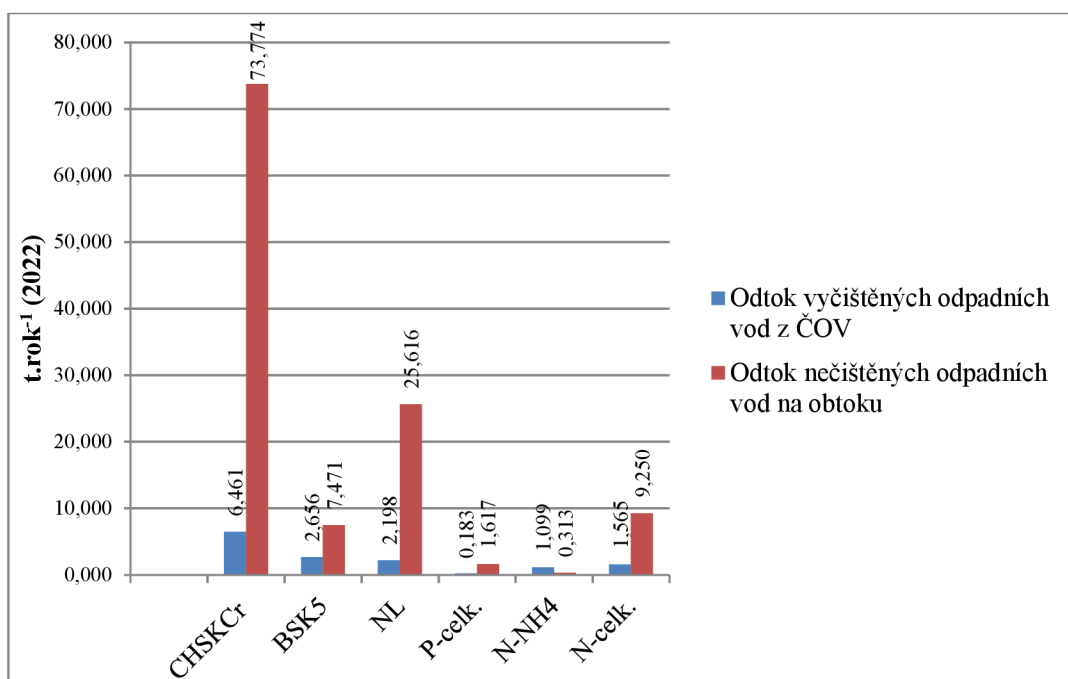
Tabulka 10: Koncentrace ZL na výtoku z obtoku ČOV v roce 2022

Znečišťující látka	[mg.l ⁻¹]	[t.rok ⁻¹]
CHSK _{Cr}	194,0	6,461
BSK ₅	74,0	2,465
NL	66,0	2,198
P-celk.	5,5	0,183
N-NH ₄	33,0	1,099
N-celk.	47,0	1,565

Tabulka 11: Množství nařaděné odpadní vody z obtoku ČOV v roce 2022

	[m ³ /den]		[m ³ /rok]	počet obtoků
	Prům	Max	celkem	
Odtok nečištěných odpadních vod z obtoku do Vltavy	5 551	9 237	33 306	7

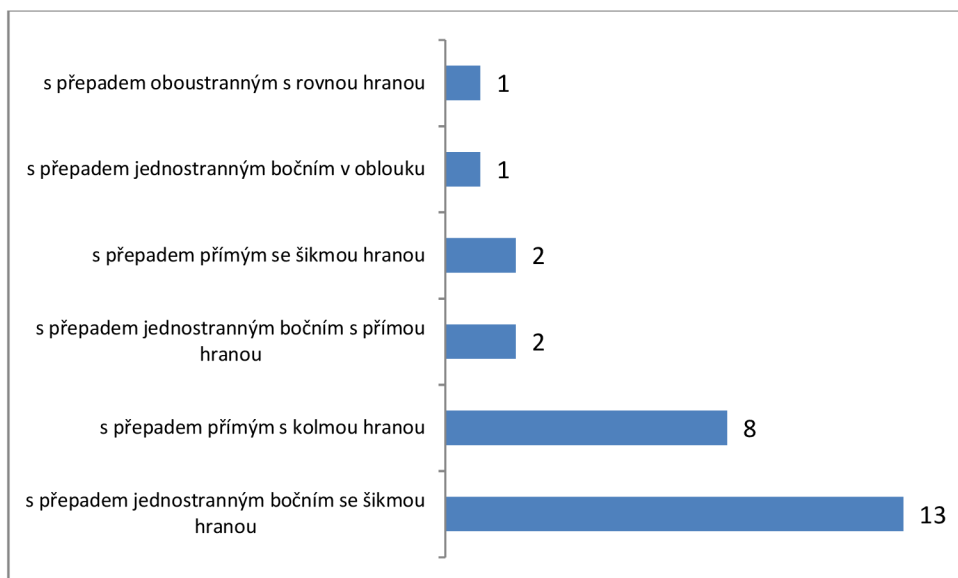
Roční množství vypouštěných látek z odtoku z ČOV a z obtoku ČOV znázorněné ukazuje graf č.3. Celkový odtok vyčištěných odpadních vod z ČOV do Vltavy byl v roce 2022 celkem 2 733 163 m³. Z ročních emisí tedy vyplývá, že množství vypouštěných látek N- NH₄ jsou vyšší na obtoku než z vypouštění vyčištěných odpadních vod z ČOV za celý rok. U ostatních sledovaných látek BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-celk a P- celk jsou výrazně vyšší na odtoku z ČOV než na obtoku.



Graf 3: Porovnání ročních emisí z odtoku z ČOV a z odtoku odlehčování OK ČOV za rok 2020 (ČEVAK a.s., 2021)

7.2 Statistické vyhodnocení odlehčovacích komor

Na stokové síti na území Český Krumlov se nachází celkem 27 odlehčovacích komor. Převažují odlehčovací komory s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou, viz graf č.4.



Graf 4: Rozdělení odlehčovacích komor podle typu

7.3 Návrh opatření pro snížení zátěže povrchových vybranými znečišťujícími látkami

Souhrn doporučených opatření vyplývajících z výsledků této práce je uveden v tabulce 12.

Tabulka 12: Přehled navržených opatření na stávajících objektech

Označení odlehčovací komory	Název odlehčovací komory	Opatření
OK 1	U Trojice I – učni	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 2	U Trojice II - U Kuželny	Dešťová zdrž, zlepšit funkčnost zdrže
OK 3	Vyšehrad	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 4	Nádraží, V zahrádkách	Instalace česel
OK 5	Na svahu, V zahrádkách	Instalace česel, zlepšení přístupu
OK 6	Třída Míru U Sváčka	Nemožnost kontroly, odstranit jezírko
OK 7	Kasárna Vyšný	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 8	U nemocnice	Instalace česel na ústí do recipientu
OK 9	Křížová (JZD)	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 10	Ambit, parkoviště	Instalace česel
OK 11	Parkoviště pod poštou	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 12	Radniční, Hotel Dvořák	Instalace česel na ústí do recipientu
OK 13	Široká, pod restaurací Barbora	Nemožnost kontroly, obnovit přístup
OK 14	Kájovská	Instalace česel
OK 15	Rybářská	Instalace česel, dostatečně velký prostor, posoudit výšku hrany
OK 16	Pod Kamenem	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 17	Špičák (autobusová zastávka)	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 18	Fialková	Instalace česel, opravit ústí do vodoteče

OK 19	Roosveltova, Pod garáží	Instalace česel
OK 20	U pivovaru	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 21	U Vltavy, Přibáň	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 22	Plešivec, u zeleniny	Instalace česel, oprava hrany
OK 23	Sídlíště Plešivec	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 24	Nové Spolí	Vlivem malého prostoru v OK nelze umístit vhodné zařízení, u ústí umístit záchytný koš
OK 25	Po vodě	Instalace česel, dostatečně velký prostor
OK 26	Parkoviště u bazénu	Vlivem malého prostoru v OK nelze umístit vhodné zařízení, u ústí umístit záchytný koš
OK 27	U dešťové zdrže	Dešťová zdrž, zlepšit funkčnost zdrže

Kromě opatření na konkrétních objektech lze doporučit následující opatření na kanalizační síti:

Krátkodobý horizont:

- je nutné zpřístupnění těch odlehčovacích komor, které jsou v současnosti znepřístupněny.
- provést kamerovou prohlídku nepřístupných odlehčovacích komor z nejbližší kanalizační šachty, pro zjištění aktuálního stavu přepadové hrany.
- Provádět pravidelné kontroly odlehčovacích komor a ústí kanalizací do recipientu

Střednědobý horizont:

- provést opatření na stávajících odlehčovacích komorách v podobě instalaci záchytných česel a opravy přepadových hran.
- provést výpočet stávajících odlehčovacích komor na současné popřípadě budoucí skutečné zatížení.
- provést úpravy na stávající dešťové zdrži tak, aby byly zachyceny znečišťující látky a po ustálení průtoku vracena odpadní voda zpět do kanalizační sítě.
- prava ústí odtokové kanalizace z odlehčovací komory OK 18, kde hrozí jeho zhrocení

Dlouhodobý horizont:

- vybudování většího podílu oddílné kanalizační sítě,
- vybudování dešťových zdrží,
- usazovacích nádrží a

- vybudování nových odlehčovacích komor podle aktuálního zatížení v dané oblasti..

Zjištěné nedostatky a návrhy jejich řešení

V současné době byla provedena pouze dílčí opatření na odlehčovacích komorách, týkající se převážně instalací zpětných klapek na ústí potrubí tak, aby nedocházelo k zaplavení komor při zvýšeném průtoku v recipientech.

V odlehčovacích komorách OK6 (Třída Míru, U Sváčka) (obr. 45) a OK13 (Široká) (obr. 46) je znemožněna kontrola z důvodu zastavení nad vstupem, kdy je na komoře OK6 postaveno jezírko s okrasnými rostlinami a na komoře OK13 je postavena restaurace a vstup do OK je předlážděn.



Obrázek 45, 46: snímek zachycující jezírko nad OK 6 (třída Míru) ,snímek zachycující restauraci nad OK 13 (Široká), (foto, 2022)

K některým vyústěným OK do recipientů je komplikovaný přístup buď přes ohraničený pozemek, nebo je zaústěn pod zemí. Jedná se o OK 3 (Vyšehrad), OK 4 (Nádraží), OK (Na svahu) a OK 5 (třída Míru).

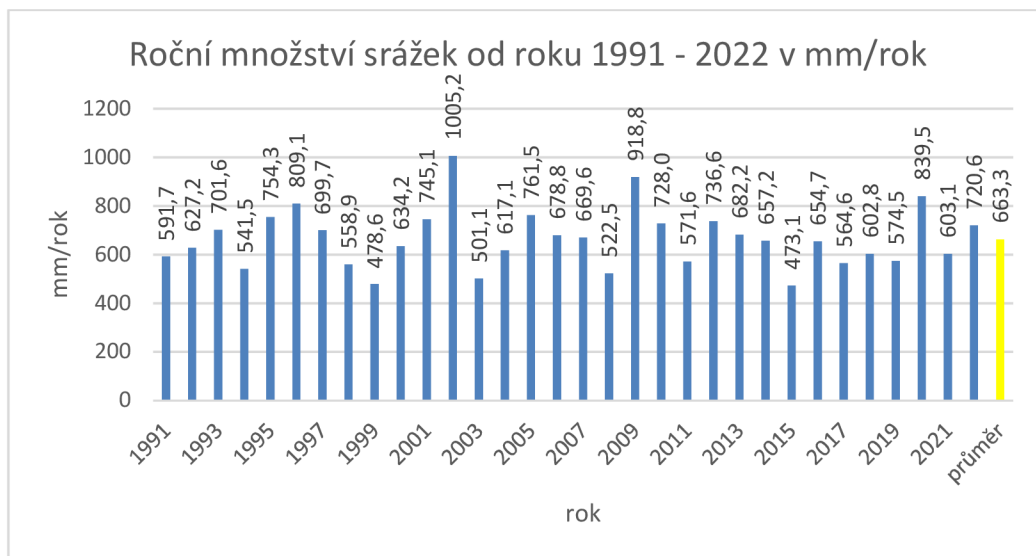
Kontrola odlehčovacích komor provozovatelem kanalizace a správními orgány

Kontrola odlehčovacích komor se v současné době v Českém Krumlově jeví jako nedostatečná, některé jsou dokonce nepřístupné. Příslušnými orgány státní správy pro tyto úkony jsou Česká inspekce Životního prostředí a místně příslušné Vodoprávní úřady. Provozovateli kanalizace lze doporučit kontrolu stavu technického vybavení odlehčovacích komor v intervalu min. 1 rok a kontrolu funkce odlehčovacích komor u jejich vyústění do recipientu v době zvýšených srážek s pořízením protokolu, jehož přílohou je fotodokumentace.

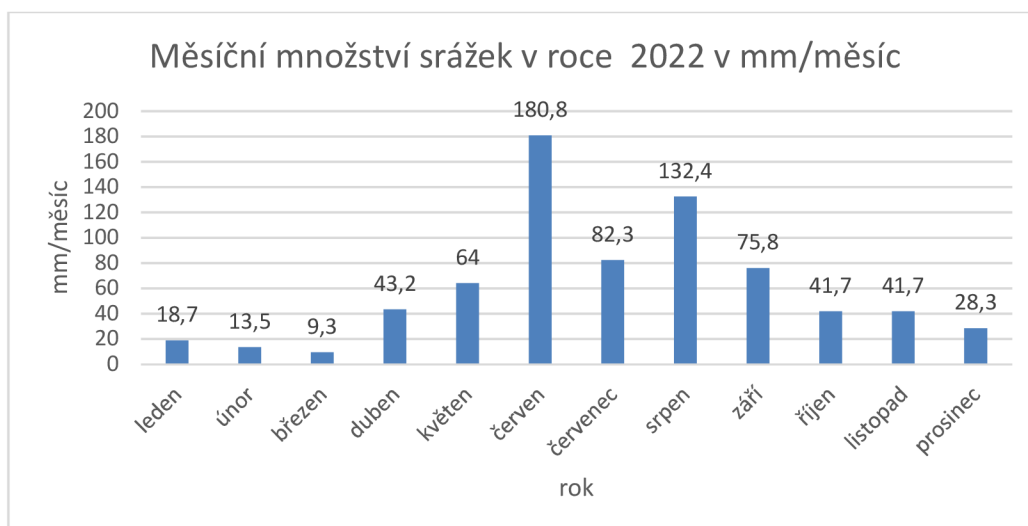
Město Český Krumlov jako vlastník stokové sítě má povinnost posoudit podle novely zákona o vodách č. 113/2018 Sb., zda odlehčovací komory splňují technické požadavky pro jejich stavbu a provoz.

7.4 Analýza množství dešťových srážek v posuzované lokalitě

Ve městě Český Krumlov se nachází meteorologická stanice, kde se vyhodnocují meteorologická data v průběhu celého roku. Pro posouzení množství dešťových srážek na posuzované lokalitě byl hodnocen rok 2022, kdy byl roční úhrn srážek lehce nadprůměrný (graf 5) a ve kterém byl vyhodnocen i přehled měsíčních srážek (graf 6). Dále z poskytnutých údajů Českého hydrometeorologického ústavu (pobočka České Budějovice) byla vyhodnocena data, která vykazovala intenzivní dešť v kontrolovaném období (graf 7).



Graf 5: roční úhrn srážek v letech 1991 – 2022 (ČHMU, 2023)

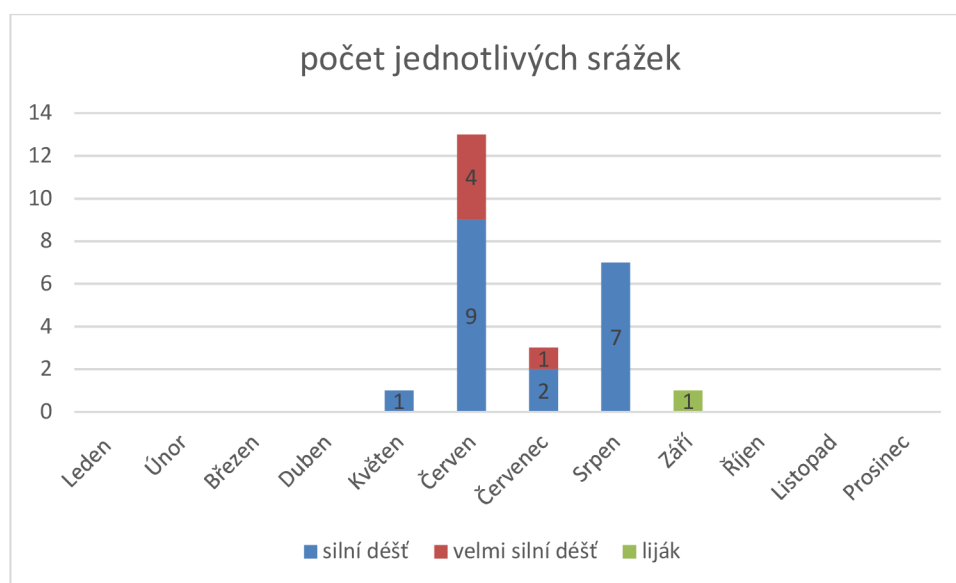


Graf 6: měsíční úhrn srážek v roce 2022 (ČHMU, 2023)

Intenzita deště je jedním z hlavních a nejdůležitějších ukazatelů atmosférických srážek. Tyto údaje určují, jaký bude odtok z dané oblasti. Pro označení srážek určité intenzity a délky trvání bylo zavedeno pojmenování uvedené v tabulce č. 13:

Tabulka 13: Označení srážek určité intenzity a délky trvání (*Havlíček a kol., 1986*)

Název srážek	Trvání srážek		
	1 hod.	2 hod.	3 hod.
	Množství srážek [mm]		
Slabý déšť	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0
Mírný déšť	1,1 - 5,0	1,6 - 7,5	2,1 - 9,0
Silný déšť	5,1 - 10,0	7,6 - 10,0	9,1 - 11,5
Velmi silný déšť	10,1 - 15,0	14,1 - 21,0	11,6 - 23,5
Liják	15,1 - 23,0	21,0 - 30,5	33,1 - 72,0
Příval	23,1 - 58,0	30,6 - 64,0	33,1 - 72,0
Průtrž mračen	≥ 58,1	≥ 64,1	≥ 72,1



Graf 7: počet jednotlivých srážek podle intenzity (*ČHMU, 2023*)

Podle intenzity srážek dělíme deště na dva druhy a to na krátkodobé deště přívalové a dlouhodobé deště.

1) Krátkodobé deště přívalové, často označované jako místní, jsou charakterizovány vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání a omezeným plošným rozsahem. Vyskytují se především v letním období. Trvání přívalových dešťů se obecně uvažuje do 360 minut a jejich výška 10 až 80 mm nebo i více. Plošně zasahují území o poměrně malé rozloze (*Tlapák a spol., 1992*).

2) Při déletrvajícím dešti mají tyto srážky menší intenzitu, ale postihují rozsáhlejší území a trvají déle než srážky přívalové. Erozní účinky těchto dešťů nejsou tak velké jako přívalových srážek, ale to neznamená, že tyto srážky nejsou erozně nebezpečné (*Tlapák a spol., 1992*).

8. Diskuse

V některých oblastech posuzovaného území dochází vlivem dešťových přeháněk k přetížení kanalizační sítě, kdy přes odlehčovací komory dochází k znečištění přilehlých recipientů. Jedná se o krátkodobý vliv, kdy dochází například ke zvýšení koncentrace amoniaku, zákalu, zvýšení teploty, deficitu kyslíku a hydraulického stresu. Z dlouhodobého vlivu, který má vliv hlavně na dno recipientů z důvodu usazování nerozpuštěných látek a těžkých kovů. Dále vliv na eutrofizaci toku a možnosti vlivu na destrukci vodního profilu erozí. Z monitoringu kanalizační sítě ve městě Český Krumlov byly zjištěny závažné nedostatky v podobě zneprístupnění některých odlehčovacích komor a ústí do recipientů. Do některých odlehčovacích komor je už mnoho let zcela znemožněn přístup a tím i provedení kontroly, zda stále plní svoji funkci. V odlehčovací komoře OK6 (Třída Míru, U Sváčka) je znemožněna kontrola z důvodu postaveného jezírka se zasazenými okrasnými rostlinami nad vstupem do OK. V odlehčovací komoře OK 13 (Široká) nelze provádět kontrolu z důvodu vybudování restaurace ve dvoře, z kterého býval vstup do odlehčovací komory. Tento vstup byl zabetonován a navíc předlážděn. Odlehčovací komora OK5 je umístěna v uzamčené zahrádkářské kolonii. Nad vstupem je umístěn zahradní nábytek a tím je opět komplikována její pravidelná kontrola nebo údržba.

Z komor OK 2 a OK 27 jsou odlehčeny odpadní vody do dešťové zdrže, která však v současnosti slouží pouze ke zpomalení průtoku, neboť výpustní potrubí, které je v nejnižším místě u dna, je stále otevřené a to i přesto, že je zde instalováno šoupě. Z tohoto důvodu je nanejvýš žádoucí instalace takového záchytného zařízení, které by zachytilo znečištění alespoň v první fázi přívalového deště. Pro správnou funkci dešťové zdrže by bylo vhodné dolní výpust uzavřít a používat ji jen při čištění. Zadržanou dešťovou a splaškovou vodu bych doporučil posléze přečerpat do kanalizace a do ČOV. Všechny odlehčovací stoky umístěné ve městě nemají instalovány žádné záchytné zařízení plovoucích látek a hrubých unášených nečistot na odtoku do recipientu.

Byl porovnán poměr celkové délky kanalizační sítě s délkou oddílné kanalizace ve více městech. Z této poměru vyplývá, že procentuální poměr ve vybraných městech se pohybuje od 1,37 – 15,45 %. V posuzovaném městě Český Krumlov je tento procentuální poměr 4,51 %. Z celkového pohledu z vybraných měst je Český Krumlov

pod průměrem a proto by bylo vhodné do budoucna více realizovat oddílnou kanalizaci.

Při terénním průzkumu bylo bohužel zjištěno, že odlehčovací stoky nemají instalovány žádné záchytné zařízení plovoucích látek a hrubých unášených nečistot na odtoku do recipientu a to ani v podobě hustších česlí. Tato skutečnost je zářející i v porovnání se stokovými sítěmi v jiných českých městech (Švec, 2021).

Dopady plastů a mikroplastů na životní prostředí řek a moří se zvýšily až v souvislosti s nárůstem jejich používání v posledních desetiletích, přičemž plastová vlákna jsou základním zdrojem mikroplastů v životním prostředí (Prata, 2018). Právě vlhčené ubrousky a jiné jednorázové pomůcky z netkaných textilií lze považovat podle analýzy sedimentů u vyústění kanalizace za nejvýznamnější zdroj vláknitých mikroplastů v odpadních vodách (Briain a kol., 2020). V zájmu provozovatelů kanalizační soustavy je také vytvoření informačních kampaní na osvětu obyvatelstva zaměřených na odstraňování hygienických pomůcek jako komunálního odpadu.

Byla poskytnuta data z Českého hydrometeorologického ústavu o úhrnu ročních srážek za období od roku 1991 do roku 2022, měsíční úhrn srážek za rok 2022 a desetiminutové srážky za celý rok 2022, z kterých byl výpočítán maximální hodinový úhrn srážek pro zjištění intenzity deště. Z těchto dat vyplynulo, že počet možných ročních přetoků odpadních vod přes odlehčovací komory byl v tomto roce 25. Při těchto přetocích mohlo dojít k nečištění přilehlých recipientů. Záleželo také na konstrukci konkrétní odlehčovací komory, jestli nebyla například poškozena přepadová hrana. Z průzkumu dále vyplývá, že nejvíce přepadu bylo z odlehčovací komory OK15 (Rybářská), ze které odtéká odpadní voda přetokem přes hranu i při slabším dešti. Příčinou může být nízká přepadová hrana a místní přetížení kanalizační větve, které neodpovídá současnému stavu. Ústí kanalizace u této komory je většinu roku pod vodou.

Jedním z navrhovaných opatření je instalace retenčních dešťových nádrží. Tyto kromě zadržených vod z krátkých přívalových srážek mohou sloužit zároveň i k navyšování průtoku v suchém období, proplachování prvků kanalizace a podobně. Vybudování dešťových nádrží v současnosti brání prostorová omezení z důvodu zástavby nebo neochoty prodeje majitelů dotčených pozemků.

Pro zhodnocení komplexního znečištění recipientů z odlehčovacích stok by bylo zapotřebí provést důkladný monitoring průtoků a emisí znečišťujících látek na všech odlehčovacích komorách po určité době.

Dále by bylo vhodně zkontrolovat zatrubněné vodoteče, zda do nich nejsou zaústěny nepovolené kanalizační přípojky, jak bylo zjištěno při terénním průzkumu.

Dalšímu možnému znečištění může docházet z odlehčovací komory OK 8, která odvádí odpadní vodu i z areálu tamní nemocnice. Je tedy předpoklad, že by mohlo docházet při vyšším průtoku odpadních vod k znečištění recipientů z nemocničního provozu infekčními patogeny nebo farmaky. Nemocnice Český Krumlov sice nemá stálé infekční oddělení, ale v době pandemie koronaviru muselo být provizorně zřízeno v Nemocnici Český Krumlov infekční oddělení pro pacienty se žloutenkou, protože v Jihočeském kraji nastala zároveň epidemie žloutenky (*Zajíček, 2020*). Nemocnice Český Krumlov disponuje onkologickou ambulancí, nejedná se sice o lůžkové oddělení, ale i tak lze obecně očekávat zvýšený obsah cytostatik nebo jejich reziduí v odpadní vodě (*Cidlinová a kol., 2012*). Obsahem cytostatik v odpadní vodě z nemocnic se zabývali také autoři Wittlingerová a kol. (2016), kteří navrhují použití metody sorpce cytostatik z odpadní vody přímo u zdroje. Do doby čištění odpadních vod přímo u nemocnic nebo alespoň použití zařízení pro eliminaci biologického znečištění nebo farmak by však bylo vhodné přednostně zavedení alespoň oddílné kanalizace. Z grafu 3 v kapitole výsledků je totiž patrné, že převážná část znečištění odchází do recipientů z kanalizace právě přes odlehčovací komory a nikoliv s vypouštěnou vyčištěnou odpadní vodou a lze předpokládat, že podobné výsledky by byly zjištěny při sledování dalších znečišťujících látek v odpadní vodě.

Předmětem dalšího výzkumu stokových soustav by mohla být právě studie toku látek (tzv. substance flow analysis – SFA) zaměřená na jednotlivé polutanty nebo studie toku živých mikroorganismů pro kanalizační soustavy měst s jednotnou kanalizační sítí. Zatímco analýzou SFA pro jednotlivé polutanty se již někteří autoři zabývají (*např. Yoshida a kol., 2015; Månsson, 2008*), analýza toku a šíření mikroorganismů včetně kvantifikace je zatím spíše příležitostí k novému typu výzkumu, který by vycházel z měření průtoků kanalizací, přetoků na odlehčovacích komorách a stanovení koncentrace vybraných mikroorganismů v odpadní vodě, které by bylo možné provést také pomocí geneticky založené metody (PCR). V nedávné době totiž proběhlo stanovení koncentrací virů koronaviru v odpadních vodách (*Zdeňková a kol., 2022*) a tak je zřejmé, že kvantifikace patogenních mikroorganismů v závislosti na zjištěných průtocích a přetocích do kanalizace je možná. Jednoduché výpočtové metody použité v této práci tak mají potenciál jejich uplatnění v budoucích interdisciplinárních vědeckých projektech.

9. Závěr a přínos práce

Kanalizační síť v Českém Krumlově je téměř celá jednotná, pouze v malé míře je odvedena dešťová voda přímo do recipientu nebo v případě nové zástavby je povinností vsakování těchto vod na vlastní pozemky. Z výsledků práce vyplynulo, že odlehčovací komory s obtokem před ČOV v Českém Krumlově ovlivňují zejména v letním období kvalitu vody v přilehlých recipientů. Ve městě Českém Krumlově bylo posuzováno celkem dvacet sedm odlehčovacích komor na stokové síti včetně obtoku v areálu čistírny odpadních vod. Bylo konstatováno, že většina odlehčovacích komor již nejsou na současný stav zastavitelnosti území projektována a jsou tudíž přetěžována. Dále byly zjištěny závady na odlehčovacích komorách, kdy byla zjištěna porušená přepadová hrana a znepřístupněné vstupy do těchto komor a tím znemožnění kontrol. Dále nesprávné používání dešťové zdrže, která slouží pouze k zpomalení průtoku.

K provedení podrobnějších výpočtu zatížení kanalizační sítě nebylo dostatek dat, z kterých by byly správně posouzeny účinnosti všech odlehčovacích komor. Tato práce však může být impulzem ke zpracování generelu stokové sítě v celém městě, ve kterém by se provedl podrobný výpočet skutečného zatížení na odlehčovacích komorách a na přilehlé recipienty.

10. Přehled použité literatury a použitých zdrojů

Zákony, vyhlášky a normy:

- Zákon č. 254/2001 Sb. *O vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. Český normalizační institut, 2001, str. 5617.
- Zákon č. 274/2001 Sb. *O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. Český normalizační institut, 2001, str. 6465.
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. *O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. Český normalizační institut, 2015, str. 64
- ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. ČR: Český normalizační institut, 2012, str. 44.
- ČSN 75 6262 (756262) *Odlehčovací komory*. ČR: Český normalizační institut, 2019, str. 58
- ČSN EN 752 (756110) *Odvodňovací a stokové systémy vně budov - Management stokového systému*. ČR: Český normalizační institut, 2017, str. 94.
- ČSN EN 1610 (756114) *Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*, ČR: Český normalizační institut, 2017, str. 34.
- ČSN EN 476 (756301) *Všeobecné požadavky na stavební dílce kanalizačních systémů*, ČR: Český normalizační institut, 2011, str. 26.
- ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*, ČR: Český normalizační institut, 2004, str. 23.
- Směrnice (EU) 2019/904 – o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí.

Literární a internetové zdroje:

- Briain, O. Ó., Mendes, A. R. M., McCarron, S., Healy, M. G., & Morrison, L. (2020). The role of wet wipes and sanitary towels as a source of white microplastic fibres in the marine environment. *Water Research*, 182, 116021.
- Boner, M. C., Ghosh, D. R., Harper, S. R., & Turner, B. G. (1995). Modified vortex separator and UV disinfection for combined sewer overflow treatment. *Water Science and Technology*, 31(3-4), 263-274.
- Cairns-Smith, S., Hill, H., & Nazarenko, E. (2014). Urban Sanitation: Why a portfolio of solutions is needed. *The Boston Consulting Group, Boston, USA*.
- Castro-Jiménez, J., González-Fernández, D., Fornier, M., Schmidt, N., & Sempéré, R. (2019). Macro-litter in surface waters from the Rhone River: Plastic pollution and loading to the NW Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 146, 60-66.
- Cidlinová, A., Petruzelkova, A., Mateju, L., & Wranova, K. (2012). *HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS OF CYTOSTATICS PLATINUM GROUP RESIDUES*. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 5, 471

- ČEVAK, 2021: Kanalizační řád Český Krumlov. ČEVAK, a.s.
- Dalibor Uhlíř, Obchvatný kanál Větrní – Český Krumlov a řešení zdravotně vodohospodářské situace Horní Vltavy, Vodní hospodářství 9/1975
- EPA 1999: Combined Sewer Overflow Technology Fact Sheet Netting Systems for Floatables Control. <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nettrash1.pdf>
- EU, Směrnice evropského parlamentu a rady 2000/60/ES: kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. In: L 327/1. Úřední věstník Evropské unie, 2000, 15/sv.5.
- Eutit © 2010, Kanalizace z čediče, (online) [cit. 2021-02-11], dostupné z: <https://www.eutit.cz/kanalizace.html>
- Josef Unger, Čistírna odpadních vod Větrní – Český Krumlov, Vodní hospodářství 04/1993
- HAVLÍČEK, Vladimír. *Agrometeorologie: celostátní vysokoškolská učebnice pro vysoké školy zemědělské*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- Hlavínek P., Mičín J., Prax P.. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-86020-30-4.
- Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003: Stokování a čištění odpadních vod, Vyd. 1. Brno: CERM, 283 s. ISBN 80-214-2535-0.
- Hennef V., 2014: *Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.*, DWA
- HOBAS CSO Chamber. <http://www.hobas.cz/> [online]. Pischeldorfer Strasse 128, 9020 Klagenfurt, Austria: HOBAS, 2013, 06/2013 [cit. 2018-03-18]. dostupné z: <http://www.hobas.cz/fileadmin/Daten/REFERENCES/H CZ/Documents/1308_HOBAS_CS O_Chamber_E.pdf>
- Honda, R., Tachi, C., Yasuda, K., Hirata, T., Noguchi, M., Hara-Yamamura, H., ... & Watanabe, T. (2020). Estimated discharge of antibiotic-resistant bacteria from combined sewer overflows of urban sewage system. *NPJ Clean Water*, 3(1), 1-7.
- Kabelková I., 2010: *Metodická příručka - Posuzování dešťových oddělovačů jednotných stokových systémů v urbanizovaných územích* (online). [cit. 2021-02-11]. dostupné z: <http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/40/12023-Metodicka%20prirucka_verze_24.pdf>.
- Klepiszewski, K., Welker, A., & Wiese, J. (2002). *Removal Efficiency of a Combined Sewer Overflow Tank with an Added Vortex Separator in a Combined Sewer System. Global Solutions for Urban Drainage*. doi:10.1061/40644(2002)302
- Koniček Z., Pyl K., Krejčík J., Handova Z., 1996: *Metodický pokyn, Navrhování a provoz vírových separátorů dešťových vod na jednotné stokové síti*. Vyd. Praha, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, ISBN 80-02-01091-4, 46s
- Krajský úřad Jihočeského kraje, 2018; *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území Jihočeského kraje* (online) [cit. 2021.02.15], dostupné z:< <https://www.kraj-jihocesky.cz/jihocesky-kraj/koncepcni-materialy#plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-na-uzemi-jihoceskeho-kraje>>

- Luz, A. P., & Ribeiro, S. (2007). Use of glass waste as a raw material in porcelain stoneware tile mixtures. *Ceramics international*, 33(5), 761-765.
- Ministerstvo zemědělství ČR, 2022; *Vodohospodářský informační portál VODA* (online) [cit. 2023.02.22], dostupné z: <<https://voda.gov.cz/?page=spravcovstvi-vodnich-toku-mapa>>
- MZE, 2008: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky.
- NOVÁK, Radomír. *Přehled materiálů kanalizačních stok*. Brno, 2011. 87 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík
- Nypel V., Synáčková M., 2002: Zdravotně inženýrské stavby 30 Stokování. Vydavatelství ČVUT, Praha, 149 s. ISBN 80-01-01729-X.
- Odlehčovací komory AS-ŠOK, AS-BALOK. Projekční a instalační podklady. ASIO čištění a úprava vod, 2017: (online). [cit. 2021-02-05]. dostupné z: <<https://www.asio.cz/cz/materialy-as-ok>>.
- Owolabi, T. A., Mohandes, S. R., & Zayed, T. (2022). Investigating the impact of sewer overflow on the environment: A comprehensive literature review paper. *Journal of Environmental Management*, 301, 113810.
- ÖWAW, 2007: Regelblatt 19. Richtlinien für die Bemessung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen
- Pipa J., 2012: Optimalizace návrhu odlehčovacích komor na jednotné stokové síti. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 59 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=58828>.
- Prata, J. C. (2018). Microplastics in wastewater: State of the knowledge on sources, fate and solutions. *Marine pollution bulletin*, 129(1), 262-265.
- Seabra, M. P., Grave, L., Oliveira, C., Alves, A., Correia, A., & Labrincha, J. A. (2014). Porcelain stoneware tiles with antimicrobial action. *Ceramics International*, 40(4), 6063-6070.
- Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí: *technický podklad pro řešení výstavby, rekonstrukci a dostavby stokových sítí v malých a středních obcích*. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Odborná skupina pro kanalizace, 2003. ISBN 80-020-1585-1
- Storm Water Systems, Inc., příklady záchytných sítí, (online) [cit. 2023-02-15]. Dostupné z <<http://www.stormwatersystems.com/products/stormx>>
- Stránský D. a kol., 2009: *Metodická příručka – Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí* (online). [cit. 2021-02-11]. Asociace čistírenských expertů České republiky, 83 s.
- Stránský, D., Kabelková, I., Harašta, L., Macháč, J., Slavíková, L., Rybová, K., Raška, P. (2018). Ekonomické nástroje pro podporu udržitelného nakládání se srážkovými vodami v obcích. *Vodní hospodářství* 68 (4), 17–27

- StromTrap, 2023: Pump protection solutions for Wastewater, Stormwater and Combined Sewer Overflow (CSO) Discharges, (online) [cit. 2023-02-15] dostupné z: <<https://stormtrap.com/products/sitesaver/>>
- Šejnoha J., 2003: *Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí*, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost.
- Hynek Švec: *Systém odlehčovacích komor v Českých Budějovicích a jejich vliv na znečištění recipientů*, Fakulta životního prostředí - Česká zemědělská univerzita v Praze (2021),
- Rusnák, D., Urcikán P. a Stanko Š., 2008: *Stokovanie a čistenie odpadových vôd. 3, Stokovanie: kanalizačné rúry, stavba, prevádzka a obnova stôk*. 1. vyd. V Bratislave: Slovenská technická univerzita. 186 s. Edícia skript. ISBN 978-80-227-2889-8.
- Tlapák Václav, Šálek Jan a Legát Vladimír. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR, 1992. ISBN 80-209-0232-5.
- Tondera, K., Klaer, K., Gebhardt, J., Wingender, J., Koch, C., Horstkott, M., ... & Pinnekamp, J. (2015). Reducing pathogens in combined sewer overflows using ozonation or UV irradiation. *International journal of hygiene and environmental health*, 218(8), 731-741.
- UN, 2020,[cit. 2023-01-12]. dostupné z: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/why-waste-water/>>
- UN WWAP, 2017: *The United Nations World Water Development Report 2017, Wastewater: The Untapped Resource*. By United Nations World Water Assessment Programmed (WWAP), UNESCO, Paris, 2017, ISBN 9789231002014.
- Van Poucke, L., Huygens, M., & Verhoeven, R. (1970). Physical model study of a vortex separator overflow. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 29.
- Wei, J., Wang, Z., Sun, W., & Yang, R. (2023). Durability Performance and Corrosion Mechanism of New Basalt Fiber Concrete under Organic Water Environment. *Materials*, 16(1), 452.
- Wittlingerová, Z., Zimová, M., Cidlinová, A., Petruželková, A., Matějková, M., & Šolcová, O. (2016). *Sorpce cytostatik platinové řady z odpadních vod nemocnic*. *Chemické listy*, 110(7), 511-516.
- Yoshida, H., Christensen, T. H., Guildal, T., & Scheutz, C. (2015). A comprehensive substance flow analysis of a municipal wastewater and sludge treatment plant. *Chemosphere*, 138, 874-882
- Zajíček, Z. 2020: *Ohnisko máme podchycené, ale musíme zabránit dalšímu šíření, mini hygienici k epidemii žloutenky*, [cit. 2023-01-12]. dostupné z: <<https://budejovice.rozhlas.cz/ohnisko-mame-podchycene-ale-musime-zabranit-dalsimu-sireni-mini-hygienici-k-8339976>>
- Zdenkova, K., Bartackova, J., Cermakova, E., Demnerova, K., Dostalkova, A., Janda, V., ... & Bartacek, J. (2022). *Monitoring COVID-19 spread in Prague local neighborhoods based on the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater collected throughout the sewer network*. *Water research*, 216, 118343.

Seznam obrázku

Obrázek 1: Odlehčovací komora s přepadem přímým kolmým	10
Obrázek 2: Odlehčovací komora s přepadem přímým šikmým.....	11
Obrázek 3: Odlehčovací komora s přepadem přímým obloukovým	11
Obrázek 4: Odlehčovací komora s přepadem přímým lomeným	11
Obrázek 5: Odlehčovací komora s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou	12
Obrázek 6: Odlehčovací komora s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou	12
Obrázek 7: Odlehčovací komora s přepadem jednostranným bočním v oblouku	12
Obrázek 8: Odlehčovací komora přepadem jednostranným bočním s tangenciální hranou.....	13
Obrázek 9: Odlehčovací komora s přepadem bočním oboustranným se šikmou hranou	13
Obrázek 10: Odlehčovací komora s přepadem přímým s kolmou hranou a se škrťací tratí	13
Obrázek 11: Odlehčovací komora s přepadem bočním se šikmou hranou a se škrťací tratí	14
Obrázek 12: Odlehčovací komora přepadajícím paprskem - řez.....	14
Obrázek 13: Odlehčovací komora přepadajícím paprskem – půdorys	14
Obrázek 14: odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou - půdorys	15
Obrázek 15: Odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou s odtokem na ČOV..	15
Obrázek 16: Odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou s odtokem do recipientu	15
Obrázek 17: odlehčovací komora trubní	15
Obrázek 18, 19: vířivý separátor, (Čebín, 2022) , vířivý separátor na ČOV Český Krumlov, (Český Krumlov, 2022)	18
Obrázek 20: schéma stírané česle (ČSN 75 6262)	18

Obrázek 21, 22: příklady záchytných sítí (<i>Storm Water Systems, Inc. 2023</i>).....	19
Obrázek 23: Příklady uzavřených objektů pro umístění záchytných sítí. (<i>StormTrap, 2023</i>)	19
Obrázek 24: Dobová orientační situace štol I-IV a stoky V (<i>ČEVAK a.s., 2022</i>)	29
Obrázek 25: Výřez ze situace projektového úkolu z dubna 1968 (<i>Krajské středisko pro vodovody a kanalizace v Českých Budějovicích</i>)	29
Obrázek 26: Situační zobrazení sběračů kanalizační sítě města s OK Č. Krumlov (<i>GIS, ČEVAK a.s., 2022</i>)	31
Obrázek 27: Podrobné umístění jednotlivých odlehčovacích komor (<i>GIS, ČEVAK a.s., 2022</i>)	35
Obrázek 28, 29, 30 : OK s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou (<i>foto 2023</i>); OK s přepadem přímým s kolmou hranou (<i>foto, 2023</i>); OK s přepadem oboustranným s rovnou hranou.....	36
Obrázek 31, 32: OK s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou (<i>foto, 2023</i>); OK s přepadem přímým se šikmou hranou (<i>foto, 2023</i>).....	36
Obrázek 33, 34: Odlehčovací komora OK2 , přepadová hrana (<i>foto, 2023</i>); Vyústění z OK2, (<i>foto, 2023</i>)	38
Obrázek 35: dešťová zdrž (<i>foto, 2023</i>)	38
Obrázek 36, 37: Odlehčovací komora OK25, přepadová hrana (<i>foto, 2021</i>); Vyústění z OK25, (<i>foto, 2021</i>)	39
Obrázek 38, 39: Odlehčovací komora OK 18, přepadová hrana (<i>foto, 2023</i>); Vyústění z OK 18, (<i>foto, 2023</i>)	39
Obrázek 40, 41: ústí do zatrubněného vodoteče (<i>foto, 2023</i>); ústí kanalizační přípojky, (<i>foto, 2023</i>).....	40
Obrázek 42, 43: Přítok na ČOV, (<i>foto, 2023</i>); Česle v areálu ČOV, (<i>foto, 2023</i>).....	41
Obrázek 44: odtok z ČOV, (<i>foto, 2023</i>).....	42
Obrázek 45, 46: snímek zachycující jezírko nad OK 6 (třída Míru) ,snímek zachycující restauraci nad OK 13 (Široká), (<i>foto, 2022</i>).....	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: tabulka s ročními úhrny srážek získaná od ČHMU.....	4
Tabulka 2: provozní evidence ovládnutí obtoku ČOV v roce 2022	5
Tabulka 3: Klíčové ukazatele ochrany recipientu - emisní kritéria a jejich doporučené hodnoty (<i>Stránský D. a kol., 2009</i>).	20
Tabulka 4: Klíčové ukazatele ochrany recipientu - imisní kritéria a jejich doporučené hodnoty používaná pro OK v Německu (BWK-Merkblatt 3, 2001), Rakousku (ÖWAW-Regelblatt 19, 2007) a Švýcarsku (STORM, VSA, 2007), (Stránský D. a kol., 2009)	21
Tabulka 5: Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a lososové a kaprové vody, vztahující se k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda (<i>Nářízení vlády č. 401/2015 Sb.</i>).....	22
Tabulka 6: Parametry vybraných stokových sítí v jihočeském regionu České republiky.	25
Tabulka 7: Parametry ČOV (<i>Provozní řád ČOV Český Krumlov, ČEVAK a.s., 2021</i>).	33
Tabulka 8: Přehled odlehčovacích komor, umístění, název. U všech odlehčovacích komor je ředící poměr $\geq 1:5$ (<i>Zdroj: Kanalizační řád, 2013</i>).....	34
Tabulka 9: Výčet odlehčovacích komor, umístění, název.....	37
Tabulka 10: Koncentrace ZL na výtoku z obtoku ČOV v roce 2022	42
Tabulka 11: Množství naředené odpadní vody z obtoku ČOV v roce 2022.....	43
Tabulka 12: Přehled navržených opatření na stávajících objektech	44
Tabulka 13: Označení srážek určité intenzity a délky trvání (<i>Havlíček a kol., 1986</i>)	48

Seznam grafů

Graf 1: poměr celkové délky KS k délce oddílné KS	25
Graf 2: Rozdělení recipientu podle zaústění odlehčovacích komor.....	37
Graf 3: Porovnání ročních emisí z odtoku z ČOV a z odtoku odlehčování OK ČOV za rok 2020 (<i>ČEVAK a.s., 2021</i>).....	43
Graf 4: Rozdělení odlehčovacích komor podle typu.....	44
Graf 5: roční úhrn srážek v letech 1991 – 2022 (<i>ČHMU, 2023</i>).....	47
Graf 6: měsíční úhrn srážek v roce 2022 (<i>ČHMU, 2023</i>).....	47
Graf 7: počet jednotlivých srážek podle intenzity (<i>ČHMU, 2023</i>)	48

Přílohy

Příloha 1: Souhrnná fotodokumentace s popisem všech prozkoumaných odlehčovacích komor a výustí (*vlastní, 2022,2023; ČEVAK a.s., 2021*)

Příloha 2: Data o úhrnu dešťových srážek (*ČHMU, 2023*)