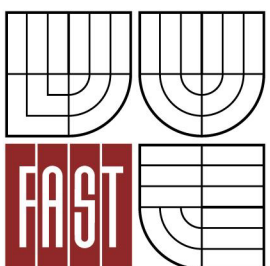




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

OPTIMALIZACE NÁVRHU ODLEHČOVACÍCH KOMOR NA JEDNOTNÉ STOKOVÉ SÍTI.

OPTIMIZATION OF COMBINED SEWER OVERFLOW AT COMBINED SEWERAGE NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

bachelor's thesis

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN PIPA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HLAVÍNEK, CSc.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|---|---|
| Student | Jan Pipa |
| Název | Optimalizace návrhu odlehčovacích komor na jednotné stokové síti. |
| Vedoucí bakalářské práce | doc. Ing. Petr Hlavínek, CSc. |
| Datum zadání bakalářské práce | 30. 11. 2011 |
| Datum odevzdání bakalářské práce | 25. 5. 2012 |
| V Brně dne 30. 11. 2011 | |

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

.....
doc. Ing. Petr Hlavínek, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Práce je zaměřena na řešení problematiky odlehčovacích komor na jednotné kanalizaci. V první části práce je zpracována rešerše problematiky odlehčovacích komor v návaznosti na ochranu recipientů. V druhé části práce je řešen konkrétní návrh dimenzování odlehčovací komory na stokové síti na konkrétní lokalitě

Klíčová slova

Kanalizace, stoka, odlehčovací komora, dešťový oddělovač, emisní limity, imisní limity

Abstract

This study discusses the design of sewer overflow chambers in a combined sewerage system. In the first part of this thesis, I investigate the utility of sewer overflow chambers in relation to the protection of the recipient. In the second half, I present a case study in the modelling of an sewer overflow chamber in a sewer network at a concrete location.

Keywords

Sewer, Sewer Overflow, emission limits, pollution limits

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PIPA, Jan. *Optimalizace návrhu odlehčovacích komor na jednotné stokové síti..* Brno, 2011. 59 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Hlavínek, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 26.4.2012



.....
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych především rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Petru Hlavínkovi, CSc za jeho aktivní přístup. Právě i díky jeho příkladnému vedení vznikla tato bakalářská práce.

Dále bych rád poděkoval zaměstnancům Vodárenské akciové společnosti, divize Jihlava za poskytnuté podklady pro zpracování praktické části mé práce.

OBSAH

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | ÚVOD | 3 |
| 2 | LEGISLATIVNÍ RÁMEC..... | 5 |
| 3 | ODLEHČOVACÍ KOMORY NA STOKOVÉ SÍTI | 8 |
| 3.1 | Typy odlehčovacích komor | 8 |
| 3.1.1 | Odlehčovací komory s přepadem přímým | 9 |
| 3.1.2 | Odlehčovací komory s přepadem bočním..... | 10 |
| 3.1.3 | Odlehčovací komory se škrťací tratí | 12 |
| 3.1.4 | Odlehčovací komory s přepadajícím paprskem | 14 |
| 3.1.5 | Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou..... | 15 |
| 3.1.6 | Ostatní odlehčovací komory | 16 |
| 3.2 | hydraulická řešení odlehčovacích komor..... | 16 |
| 3.2.1 | Přímý přepad..... | 18 |
| 3.2.2 | Boční přepad..... | 18 |
| 3.2.3 | Odlehčovací komora se škrťací tratí | 21 |
| 4 | TECHNICKÁ HLEDISKA | 22 |
| 4.1 | Akutní krátkodobé vlivy..... | 23 |
| 4.2 | Opožděné účinky | 24 |
| 4.3 | Dlouhodobé účinky | 24 |
| 4.4 | Narušení ekologického stavu toku..... | 25 |
| 4.5 | Klíčové ukazatele emisní ochrany recipientu | 26 |
| 4.6 | Ekologický stav toku..... | 27 |
| 5 | DOPORUČENÍ PRO POSTUP PRACÍ A STANOVENÍ PRIORITY OPATŘENÍ. 30 | |
| 6 | ZHODNOCENÍ | 33 |
| 6.1 | Monitoring a odběr vzorků | 33 |
| 6.2 | Návrh opatření a následná realizace | 33 |
| 6.3 | Zahraniční přístupy k hodnocení odlehčovacích komor | 34 |
| 7 | POSOUZENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR A JEJICH VLIV NA RECIPIENT . 38 | |
| 7.1 | Výběr lokality | 38 |
| 7.2 | Posouzení splnění emisních kritérií..... | 43 |
| 7.3 | Posouzení splnění imisních kritérií..... | 47 |
| 7.3.1 | Výpočet hydraulického narušení..... | 47 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 7.4 | Rozbory kvality vody v recipientu..... | 48 |
| 8 | ZÁVĚR..... | 50 |
| 9 | POUŽITÁ LITERATURA..... | 52 |
| | SEZNAM TABULEK | 54 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 55 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ | 56 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 58 |
| | SUMMARY | 59 |

1 ÚVOD

Odlehčovací komora je stavebním objektem, který bývá osazován na kanalizačním řadu či sběrači, především na jednotné kanalizační síti. Další užívanými názvy pro odlehčovací komoru jsou například: oddělovací komora nebo dešťový oddělovač.

Účelem odlehčovacích komor jako stavebních objektů je především snížení průtočného množství odpadních vod, které přitéká na čistírnu odpadních vod za deště nebo po jeho bezprostředním skončení. To je právě doba, kdy na jednotné kanalizační síti dochází k několikanásobnému navýšení průtoku odpadních vod, které jsou tvořeny hlavně vodou srážkovou a nikoliv splaškovou. Při tomto spojení splaškových vod s vodami dešťovými dochází ke značnému ředění právě vod splaškových.

Kanalizační sběrače jednotné sítě a čistírny odpadních vod na jednotné síti bývají právě přetíženy odpadními vodami, jejichž původ je z dešťových srážek, případně z jarních tání sněhových pokrývek. Tento důvod právě vedl k návrhu odlehčovacích komor na jednotných stokových sítích. Vytvoření odlehčovacího objektu, který při mnohonásobně zvýšeném průtoku odpadních vod, způsobených právě dešťovými srážkami, dokáže část těchto odpadních vod, které jsou podle daného poměru nařaděny, oddělit a vyústit mimo jednotnou kanalizační síť především do recipientu.

Odlehčovací komora patří mezi zásadní objekty stokových sítí a zároveň patří mezi velmi složité objekty z hlediska návrhu, a to jak hydraulického, tak i hydrologického a hygienického. Jejich návrh je ovlivněn především celkovou koncepcí dané stokové sítě, ale především i jejím dalším rozvojem. Tudíž se jedná o stavební objekt, u kterého je žádoucí, aby jeho parametry během návrhového období mohli být operativně korigovány, dle aktuálních podmínek (především nárůsty nebo poklesy průtoků dešťových a splaškových vod jednotnou kanalizační sítí).

Konstrukční část odlehčovacích komor představuje především podzemní objekt komory, do které je zaústěn kanalizační sběrač, na který navazuje koryto s přelivnou hranou ve výši, která odpovídá nejvyššímu požadovanému průtoku odpadních vod, které ještě nemohou být odděleny do recipientu. Při dalším navýšení průtoku ve stoce již dochází k přepadu odpadních vod přes přelivnou hranu a tudíž k jejich redukci v průběžné stoce. Dalším významným konstrukčním prvkem odlehčovací komory je i regulace odtoku z odlehčovací komory na čistírnu odpadních vod, která je řešena například škrťací tratí nebo mechanickou regulací apod. Z výše uvedeného odstavce vyplývá, že velikost odlehčovací komory závisí především na

množství protékajících a oddělovaných odpadních vod, kdy při malých průtocích lze použít k odlehčení odpadních vod prefabrikované výrobky, tak při vyšších průtocích, především z velkých urbanizovaných celků, je nutné provést kompletní návrh nejen z hydraulického a hydrologického hlediska, ale též z pohledu založení komory, jejího statického posouzení až po majetkové vypořádání při jejím osazení.

Hlavní výhodou odlehčovací komory je fakt, že dojde ke snížení přítoku odpadních vod na čistírnu odpadních vod a tudíž i k jejímu nižšímu hydraulickému zatížení. Naopak nevýhodou odlehčovacích komor z hlediska životního prostředí a kvality povrchových vod ve vodních tocích je právě to přímé zaústění odpadních vod, i když nařaděných, do recipientů. Z uvedeného vyplývá, že zde vznikají dva zásadní rozpory, kdy především z ekonomických důvodů chceme zamezit nadměrným průtokům odpadních vod, které jsou z větší části tvořené srážkovými vodami, přes čistírnu odpadních vod a zároveň chceme chránit vlastní životní prostředí tím, že budeme omezovat vypouštění odpadních vod obsahující zbytkové znečištění přímo do recipientů.

Cílem zpracované bakalářské práce je řešerše stávající problematiky odlehčovacích komor v závislosti na legislativě a na vlivu odlehčovacích komor na vodní toky jako bodový zdroj znečištění. V dalších kapitolách je pak proveden vlastní návrh odlehčovací komory s následným vyhodnocením dle předchozích kapitol.

2 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

Hlavním zákonným prostředkem pro nakládání s vodami je **zákon č. 254/2001 Sb.**, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 76/2002 Sb., zákonem č. 320/2002 Sb., zákonem č. 274/2003 Sb., zákonem č. 20/2004 Sb., zákonem č. 413/2005 Sb., zákonem č. 444/2005 Sb., zákonem č. 186/2006 Sb., zákonem č. 222/2006 Sb., zákonem č. 342/2006 Sb., zákonem č. 25/2008 Sb., zákonem č. 167/2008 Sb., zákonem č. 181/2008 Sb., zákonem č. 157/2009 Sb., zákonem č. 227/2009 Sb., zákonem č. 281/2009 Sb. a zákonem č. 150/2010 Sb., kde se v §38 odst. 2 uvádí, že „*za odpadní vody se dále nepovažují srážkové vody z dešťových oddělovačů, pokud oddělovač splňuje podmínky, které stanoví vodoprávní úřad v povolení.*“ [1]

Z výše uvedeného vyplývá, že při návrhu nové odlehčovací komory jsou odlehčené vody brány jako vody odpadní pouze pokud nesplňují podmínky stanovené vodoprávním úřadem, tudíž pouze vodoprávní úřad rozhoduje o tom, jaké vody a jaké znečištění je ještě možné zaústit do recipientu. Vodoprávní úřady však nemají žádný právní judikát či jinou legislativní normu, která by jim vymezovala jaké znečištění a množství vod lze do konkrétního recipientu zaústit. Mohou se pouze opírat o **ČSN EN 752 (75 6110) Odvodňovací systémy vně budov** (2008), která zdůrazňuje respektování místních podmínek při posuzování přípustných vyústění a vlivu oddělovacích komor na vodní recipient a uvádí: „*Je třeba brát v úvahu situování oddělovacích komor, zatížení znečištěním, dobu trvání a četnost přepadů, koncentraci znečištění a hydrobiologický stres.... Hlavním cílem návrhu oddělovacích komor je proto ochrana vodního recipientu, aniž by tím bylo způsobeno hydraulické přetížení stokového systému nebo snížený výkon čištění následně zařazené čistírny.*“ [4]

Pokud by například stávající odlehčovací komory nesplňovaly podmínky dané vodoprávním úřadem, ať už rozdílným průtokem nebo množstvím znečištění stanoveným dle [1] §38 odst. 2, může dále postupovat dle §38 odst. 8 a 9, který stanovuje, že „(8) *Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních stanoví vodoprávní úřad nejvýše přípustné hodnoty jejich množství a znečištění. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových je vázán ukazateli vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, normami environmentální kvality, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod, včetně specifikací nejlepších dostupných technologií v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínek jejich použití, které stanoví vláda nařízením. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod podzemních je vázán ukazateli vyjadřujícími stav podzemní vody v příslušném útvaru podzemní vody, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění podzemních vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, které stanoví vláda nařízením.*“

(9) Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních vodoprávní úřad

- a) přihlíží k potřebě dosažení nebo zachování dobrého stavu povrchových nebo podzemních vod a na vodu vázaných ekosystémů, a
- b) posuzuje možnosti omezování znečištění u jeho zdroje i omezování emisí do životního prostředí jako celku a možnosti opětovného využívání odpadních vod.“ [1]

A vodoprávní úřad pak podle **nařízení vlády č. 23/2011 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, dle příloh tohoto nařízení stanoví emisní a imisní standarty pro přípustné a maximální hodnoty vypouštěného znečištění do recipientu.

Legislativním dokumentem Evropské unie v oblasti vodního hospodářství a životního prostředí je **Rámcová směrnice 2000/60/ES** ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Mimo jiné je zde předepsáno v článku 11 Program opatření bod 3. písm. g) „pro bodové zdroje vypouštění, které mohou způsobit znečištění, požadavek na předchozí omezení prostřednictvím např. zákazu vnosu znečišťujících látek do vod nebo předchozího povolení nebo registrace založené na všeobecně závazných pravidlech stanovujících postupy omezování emisí příslušných znečišťujících látek, včetně omezování v souladu s články 10 a 16. Tato omezení budou pravidelně přezkoumána a podle potřeby aktualizována.“ Článek 10 pak uvádí, že „Členské státy zajistí, aby všechna vypouštění do povrchových vod podle odstavce 2 byla omezována podle sdruženého přístupu uvedeného v tomto článku. Členské státy zabezpečí zavedení nebo provedení:

- a) omezování emisí na základě nejlepších dostupných technologií, nebo
- b) odpovídajících mezních hodnot emisí, nebo
- c) v případě difúzních vlivů, omezování znečištění, popřípadě zahrnující nejlepší environmentální postupy“ [3]

Rovněž tato směrnice obsahuje normativní definice klasifikace ekologického stavu pro řeky, jezera brakické vody a pobřežní vody, kde je uvedeno, že „vody dosahující nižšího stavu, než je střední stav, se klasifikují jako poškozené nebo zničené.“ [3]

V rámci operačního programu životního prostředí (OPŽP) byla v roce 2010 zpracována Českou vědeckotechnickou vodohospodářskou společností metodická příručka **Posuzování dešťových oddělovačů jednotných stokových systémů v urbanizovaných územích**. Příručka se zaměřuje na emisní i imisní ochranu recipientu, tj. na jednotná emisní kritéria i jejich případné zpřísnění na základě místně specifických podmínek (tzv. sdružený či kombinovaný přístup). Příručka vychází ze současného stavu znalostí v oboru městského odvodnění a z přístupů aplikovaných

v zahraničí. Cílem a zaměřením této příručky je „dát podklady k identifikaci kritických případů narušení vodních toků v důsledku přepadů z dešťových oddělovačů. Uváděné postupy se zaměřují na jednoduché posouzení pomocí základních relevantních klíčových ukazatelů a obsahují určitou bezpečnost (postihují možný nejnepříznivější stav). V některých případech je uváděno více možností provedení výpočetního posouzení s tím, že nejprve se provádí posouzení co nejjednodušším způsobem, s malými nároky na data a výpočet. Teprve když při tomto posouzení nejsou splněny cílové hodnoty kritických ukazatelů (imisní kritéria), přistupuje se k přesnějšimu, ale i náročnějšimu výpočetnímu posouzení imisí. Návrh opatření by po případném zjištění určitého problému měl být prováděn až na základě podrobného posouzení, nejlépe ve spojení s biologicko-ekologickým průzkumem vodního toku, aby investice byly vynaloženy účelně.“ [7] Tato příručka má sloužit investorům při zadávání a kontrole koncepce odvodnění a dále může sloužit právě vodoprávními úřady pro posuzování správné funkčnosti odlehčovacích komor.

3 ODLEHČOVACÍ KOMORY NA STOKOVÉ SÍTI

3.1 TYPY ODLEHČOVACÍCH KOMOR

Na stokových sítích lze najít celou škálu nejrůznějších typů odlehčovacích komor od jednoduchých s přepadem, přes prefabrikované se stavitelným přepadem a odtokem až po velmi složité s mechanickou regulací.

Mezi základní typy odlehčovacích komor patří:

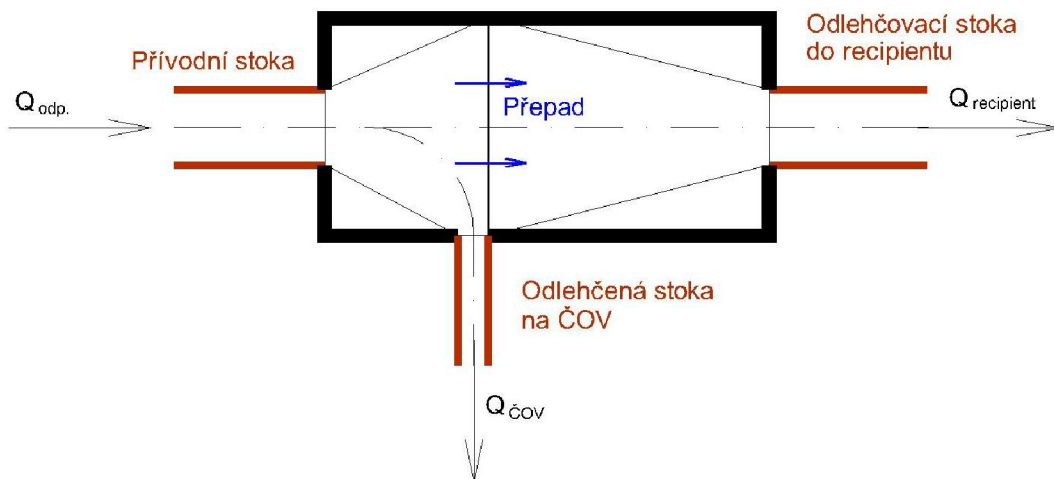
- Odlehčovací komory bez regulace odtoku s přepadem
- Odlehčovací komory se škrťací tratí s přepadem
- Odlehčovací komory s přepadajícím paprskem (šterbinové)
- Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou (etážové)
- Ostatní odlehčovací komory (s násoskou, se stavítkem, trubní)

Odlehčovací komory s přepadem dále dělíme na:

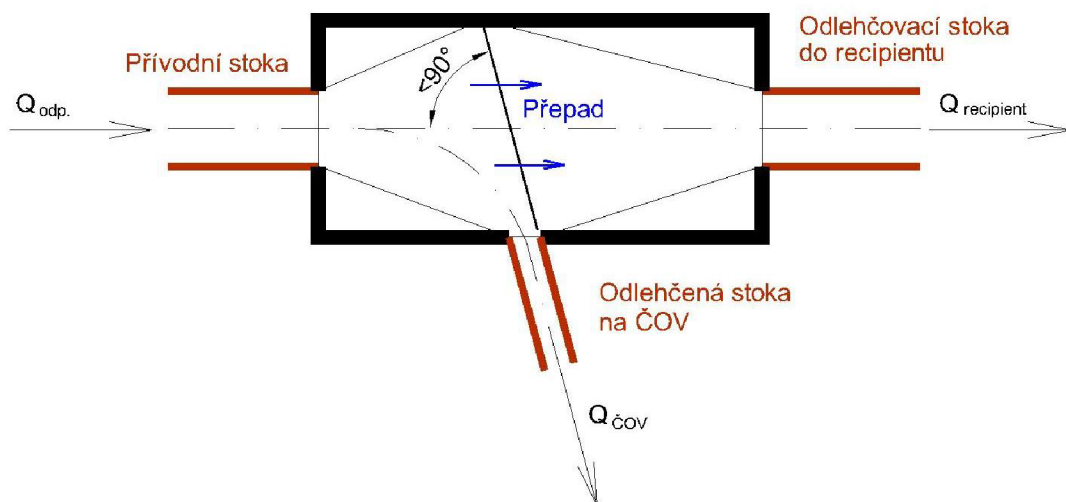
- S přepadem přímým (čelním) a to
 - Kolmým
 - Šikmým
 - Obloukovým
 - Lomeným
- S přepadem bočním a to
 - Jednostranným
 - S přímou hranou
 - Se šikmou hranou
 - V oblouku
 - Oboustranným.

3.1.1 Odlehčovací komory s přepadem přímým

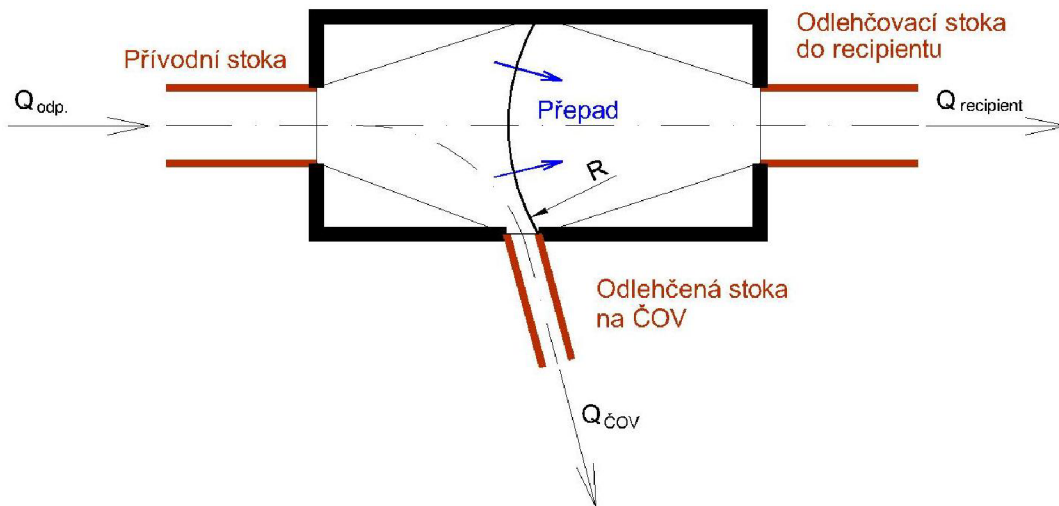
Odlehčovací komory s přepadem přímým jsou navrženy tak, že přívodní stoka je rovnoběžná se stokou odlehčovací a tudíž orientace přelivu je v přímém směru a odlehčená stoka je na čistírnu napojena po boku odlehčovací komory. Rozdíl mezi jednotlivými typy je pouze ve tvaru a orientaci přelivné hrany. Podle typu přepadu je dělíme na přímý kolmý, přímý šikmý, přímý obloukový a přímý lomený.



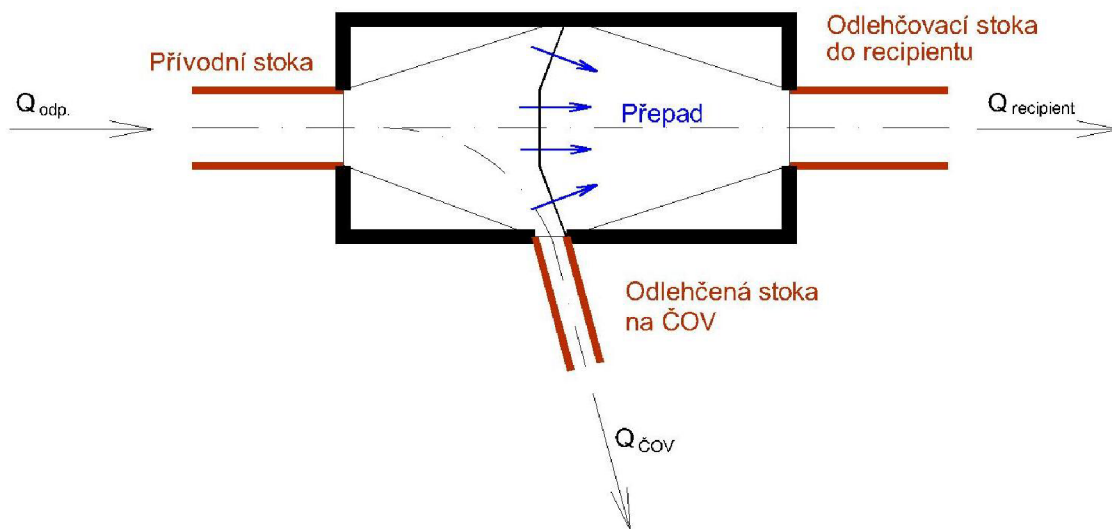
Obr. 3.1. OK s přepadem přímým kolmým



Obr. 3.2. OK s přepadem přímým šikmým



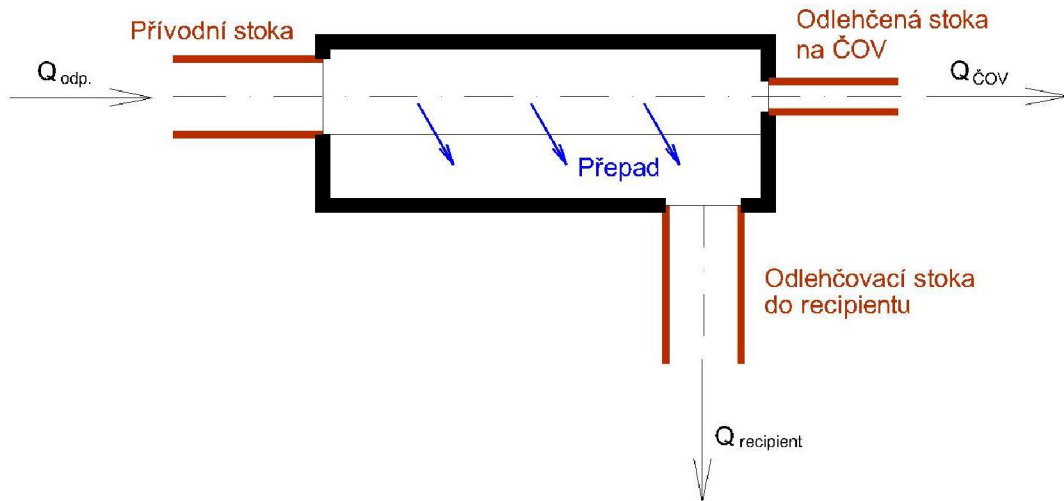
Obr. 3.3. OK s přepadem přímým obloukovým



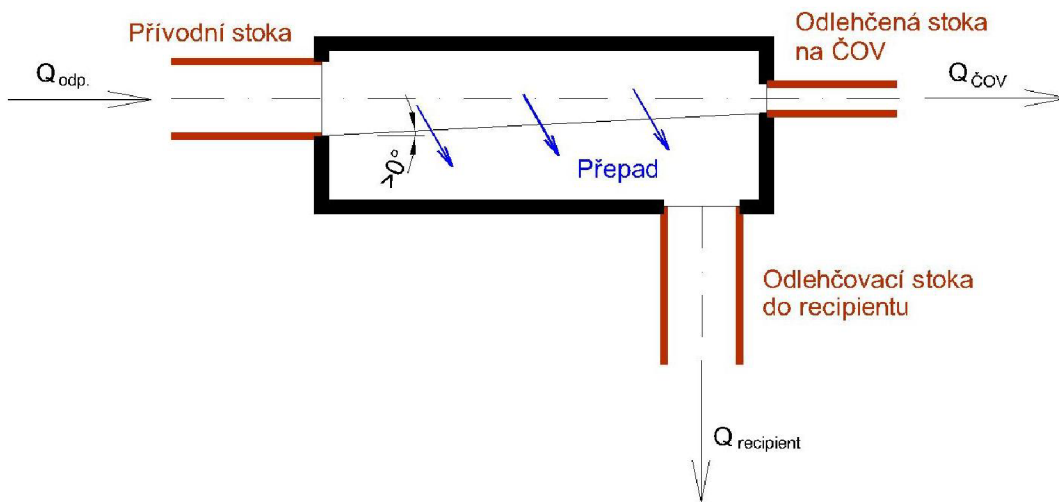
Obr. 3.4. OK s přepadem přímým lomeným

3.1.2 Odlehčovací komory s přepadem bočním

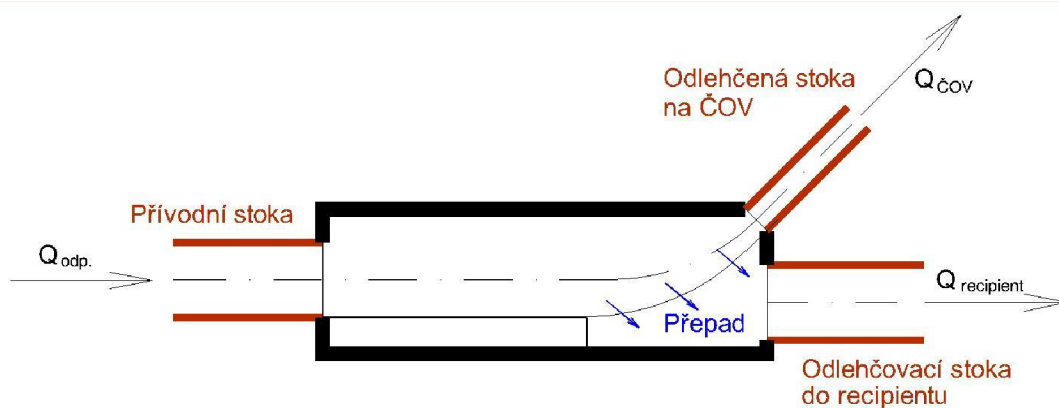
Odlehčení je v případě bočního přepadu odkloněno od směru přívodní stoky. Pro zvýšení účinnosti přepadu byly navrženy komory s bočním přepadem v oblouku, při kterém je využita odstředivá síla v oblouku a pro zkrácení délka přelivné hrany a tím i délky celé odlehčovací komory byly navrženy odlehčovací komory s oboustranným přepadem. Základní rozdělení tohoto typu odlehčovacích komor je na jednostranný s přímoúhelníkem, se šikmou hranou a jednostranný v oblouku, oboustranný se šikmými hranami.



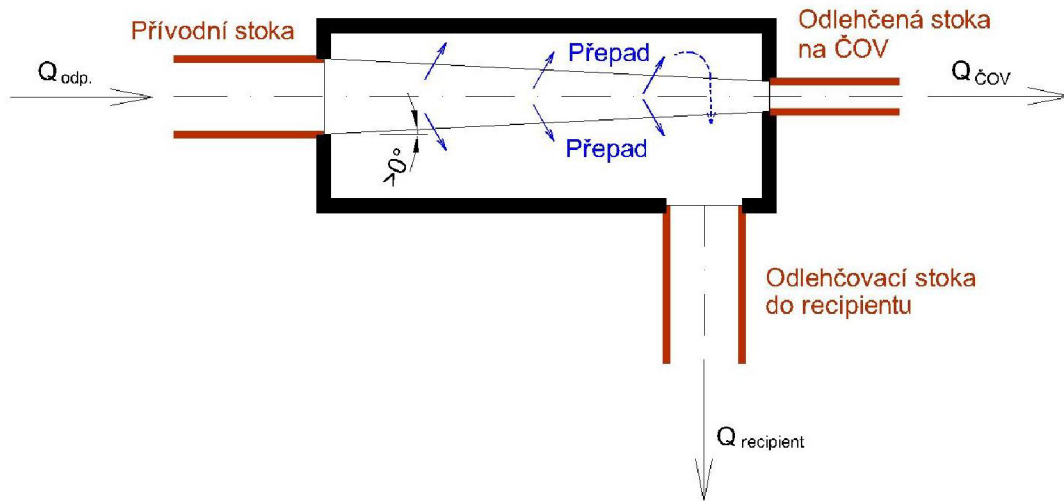
Obr. 3.5. OK s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou



Obr. 3.6. OK s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou



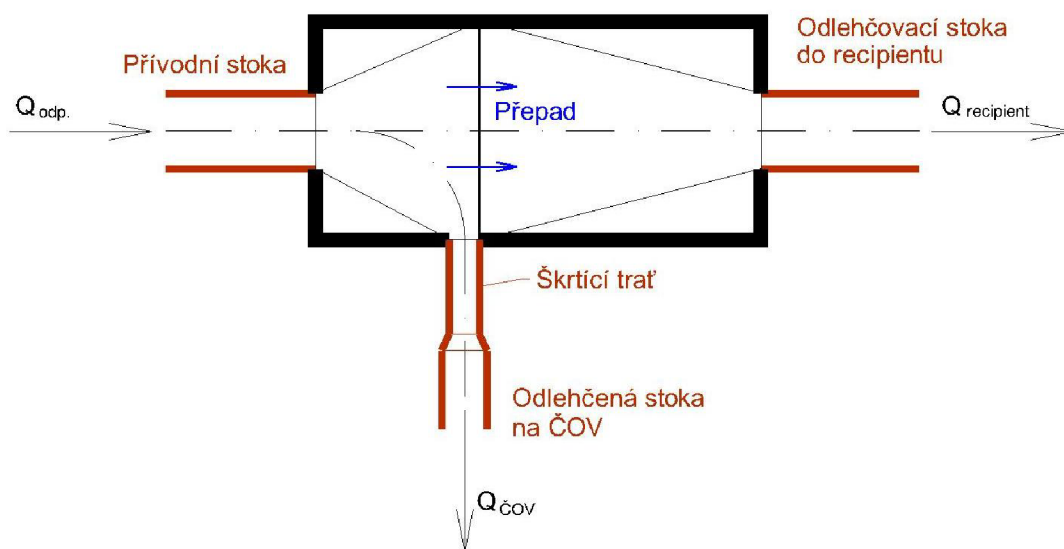
Obr. 3.7. OK s přepadem jednostranným bočním v oblouku



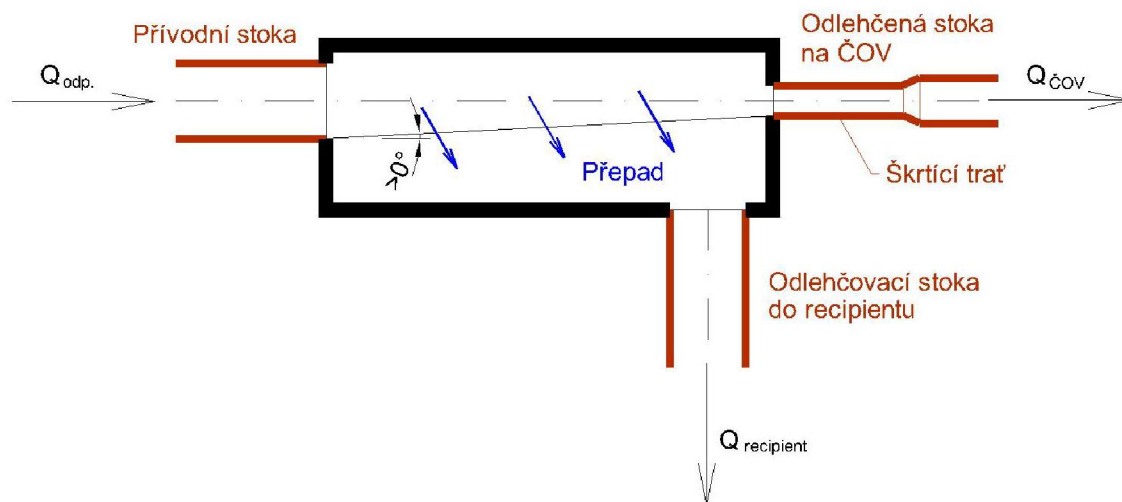
Obr. 3.8. OK s přepadem oboustranným bočním se šikmými hranami

3.1.3 Odlehčovací komory se škrťící tratí

Škrťící trať je úsek potrubí na odtoku z odlehčovací komory na čistírnu odpadních vod. Zde je potrubí menší dimenze, aby docházelo k jeho plnému zatopení a proudění tak probíhalo v tlakovém režimu, přičemž jeho průtočná kapacita se mění jen nepatrně a odvisí od maximální hladiny na přepadu v odlehčovací komoře.



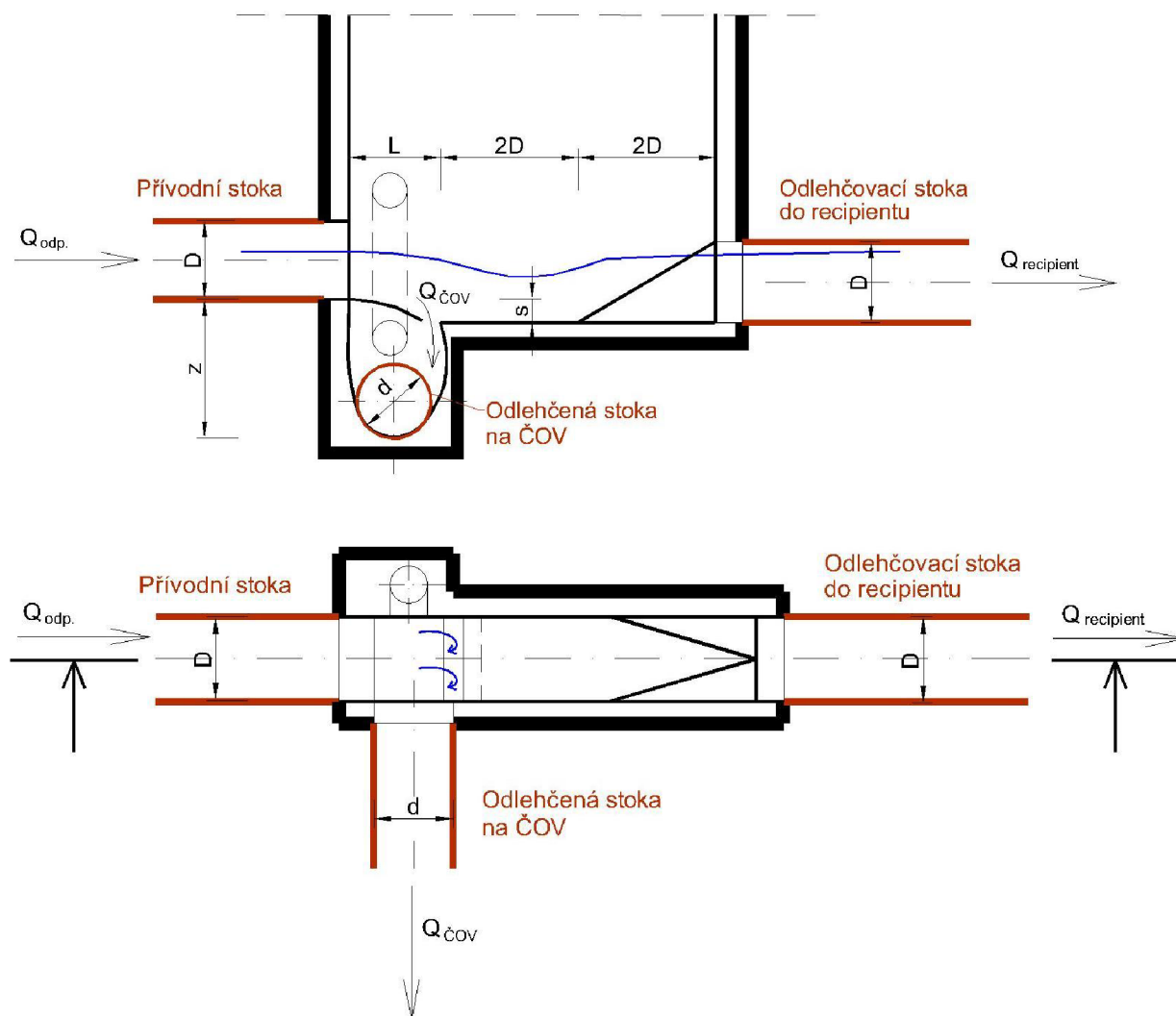
Obr. 3.9. OK s přepadem přímým kolmým se škrťící tratí



Obr. 3.10. OK s přepadem bočním se šikmou hranou a se škrticí trať

3.1.4 Odlehčovací komory s přepadajícím paprskem

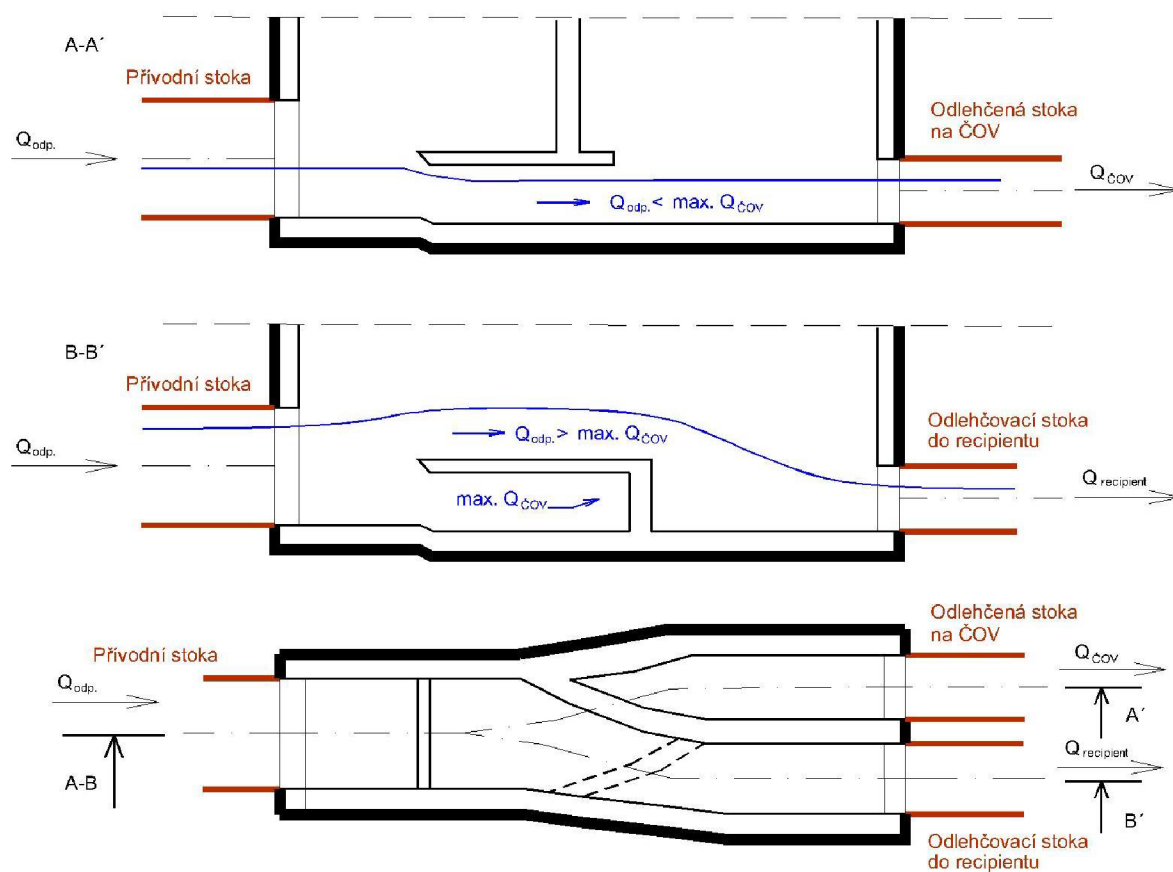
Tento typ odlehčovací komory pracuje na principu rozdělení odpadních vod pomocí štěrbin, kdy bezdeštné průtoky a zředěné množství splašků propadá právě štěrbinou, odkud pokračuje odtok dále na čistírnu odpadních vod. Při průtocích za deště se odpadní vody rozdělí a množství vody nad navrženou kapacitu štěrbinou odtéká dále do recipientu.



Obr. 3.11. OK s přepadajícím paprskem

3.1.5 Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou

Tyto odlehčovací komory jsou založeny na horizontálním dělení odpadních vod pomocí osazené stěny v navržené úrovni. Při malých bezdeštných průtocích protéká odpadní voda pouze spodní částí na čistírnu odpadních vod a při zvýšených průtocích již dojde k rozdělení těchto vod horizontální stěnou a tyto oddělené vody pokračují dále do recipientu.

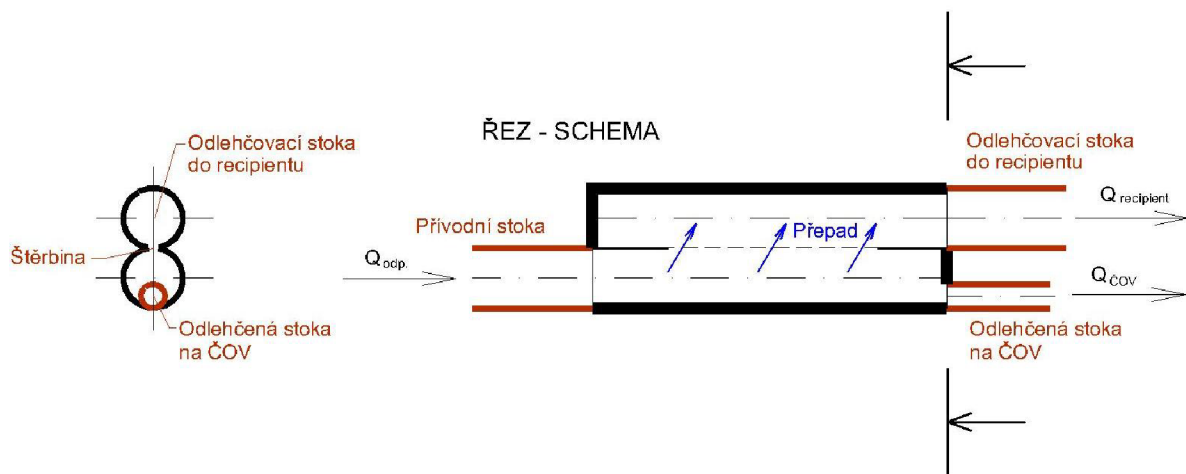


Obr. 3.12. OK s horizontální dělicí stěnou

3.1.6 Ostatní odlehčovací komory

Mezi další typy odlehčovacích komor lze zařadit komory, které jsou na odtoku na čistírnu odpadních vod opatřeny stavítkem, kterým lze plynule mechanicky regulovat odtok, aniž bychom museli nějak zásadně zasahovat do konstrukčních prvků odlehčovací komory.

Dalším typem lze označit trubní odlehčovací komoru, která se v principu sestává ze dvou na sobě ležících trub, které jsou vzájemně propojeny štěrbinou. Při zvýšeném průtoku, který nestačí škrťací trasa odvádět, dojde ke zvýšení hladiny ve spodní trubě a po dosažení úrovně propojovací štěrbině je přebytečná a minimálně znečištěná voda odváděna do odlehčovací stoky a dále do recipientu.



Obr. 3.13. Trubní odlehčovací komora

3.2 HYDRAULICKÁ ŘEŠENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR

Prvními a nejdůležitějšími vstupními údaji je stanovení množství přitékajících odpadních vod, dále množství, které bude pokračovat v odtoku na čistírnu odpadních vod a z toho nám vyplyne množství, které je nutno oddělit a zaústit do recipientu. Množství vod, které odteče dále na čistírnu odpadních vod, nejčastěji stanovujeme jako n-násobek množství přitékajících splaškových vod oproštěných o dešťové a případně i balastní vody.

$$Q_{\text{čov}} = Q_h \times m = Q_h \times (1 + n) \quad (3.1.)$$

- kde $Q_{\check{C}OV}$ - maximální průtok, který bude odtékat dále na čistírnu [l/s]
 Q_h - bezdeštný odtok splašků [l/s]
 m - násobek ředění
 $1 + n$ - poměr ředění

Dále je možno stanovit množství vod odtékajících na čistírnu odpadních vod pomocí výpočtů dle intenzity mezního deště.

$$Q_{\check{C}OV} = F_{RED} \times q_m \quad (3.2.)$$

$$q_m = 4,32 \times \ln \alpha + 12 \quad (3.3.)$$

Kde q_m závisí na následujících empirických vztazích:

$$\alpha = \frac{K \times Q_{deště}}{Q_{270}}; \quad K = \frac{PO}{F}; \quad Q_{deště} = F_{RED} \times i_n \quad (3.4.)$$

- kde F_{RED} - redukováná plocha území náležícího k odlehčovací komoře [ha]
 F - plocha území náležícího k odlehčovací komoře [ha]
 K - součinitel vyjadřující kvalitu odpadních vod [-]
 $Q_{deště}$ - současný přítok dešťových vod do odlehčovací komory [m³/s]
 Q_{270} - průtok vody v recipientu dosažený či překročený min. 270 dní v roce [m³/s]
 PO - průměrný počet obyvatel na hektar [PO/ha]
 i_n - nejnižší intenzita blokového deště, použitá při dimenzi stoky před OK [l/s/ha]

Na základě těchto prvotních výpočtů je možno zvolit typ odlehčovací komory a také provést posouzení z hlediska předpokládaného vypouštění znečištění a jeho předpokládaný vliv na vodní tok.

3.2.1 Přímý přepad

Při dokonalém kolmém přímém přepadu (*obr. 3.1.*), neuvažujeme-li přítokovou rychlost, platí:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2 h g} \quad (3.5.)$$

Pokud přihlížíme k přítokové rychlosti, použijeme obdobného vztahu:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2 g} \left[(h + k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] \quad (3.6.)$$

Kdy pro přítokovou rychlost v a Coriolisovo číslo α je rychlostní výška

$$k = \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (3.7.)$$

kde Q - přepadající množství vod [m^3/s]

h - přepadová výška [m]

b - délka přelivné hrany [m]

μ - součinitel přepadu [-]

v - přítoková rychlost [m/s]

Z těchto vztahů odvodíme délku přelivné hrany pro přímý přepad a následně stanovíme vlastní délkové rozměry odlehčovací komory.

3.2.2 Boční přepad

Boční přepad bývá v praxi velmi často používán. Ovšem stanovení délky přelivné hrany u odlehčovací komory s bočním přelivem je velmi obtížné. Existuje několik způsobů výpočtu (podle Lutzeho, Judta, De Marchiho, Kumštátského).

Podle Lutze je teoretický tvar přepadové křivky

$$x = \frac{3 d v}{\mu \sqrt{2g}} \left(\frac{1}{\sqrt{y+k}} - \frac{1}{\sqrt{h+k}} \right) \quad (3.8.)$$

kde $k = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

- x - vzdálenost od počátku přepadu [m]
y - výška přepadající vody ve vzdálenosti x [m]
h - výška hladiny přitékající vody nad přelivem [m]
d - průměrná šířka přitékající vody nad přelivem; je dána poměrem $d = \frac{Q}{h_v}$ [m]
v - přítoková rychlost vody [m. s⁻¹]
Q - přepadající množství vody [m³.s⁻¹]
α - úhel mezi směrem přitékající vody a přelivem
μ - součinitel [0,61]

Při tangenciálním připojení přelivu v boční stěně by byly hodnoty α=0 a pro y=0 by bylo x rovno nekonečnu, proto v praxi uvažujeme s nenulovou hodnotou na konci přepadu (např. přepadovou výšku snížíme na 1/20 původní přepadové výšky kdy y=h/n a n=20). Délka přelivné hrany odlehčovací komory je pak

$$b = \frac{Q_p}{0,91 h^{\frac{2}{3}}} (\sqrt{n} - 1) \quad (3.9.)$$

Podle Judta má přepadová křivky přibližně tvar semikubické paraboly a délka přelivné hrany je

$$b = \frac{Q_p}{0,48 h^{\frac{2}{3}}} \quad (3.10.)$$

kde Q - přepadající množství vody [m³.s⁻¹]

h - výška hladiny přitékající vody nad přelivem [m]

Inovativní řešení bočního přepadu podává Kumštátský, který zpřesnil úvahu De Marchiho o průběhu hladiny podél přelivu. Čára energie podél přepadové hrany totiž není rovnoběžná se dnem, jak předpokládal De Marchi, ale vykazuje změny. A tak zavedl do výpočtu nejen ztráty třením, ale i ztráty způsobené šikmým proudem vody přepadající přes boční přeliv. Vycházel z toho, že střední průřezová rychlost je proměnlivá a tudíž má přepadající voda složku rychlosti (ηv), kde η se mění podél přelivné hrany. Potom přepadající objem ΔQ_x po délce Δx podle Kumštátského „odnáší v jednotce času z koryta kinetickou energii“. [11]

$$E_k = \frac{1}{2} \rho \Delta Q_x (\eta v)^2 \quad (3.11.)$$

kde E_k - kinetické energie [J]

ρ - hustota kapaliny [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

ΔQ_x - přepadající objem vody ve vzdálenosti x [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]

ηv - podélná složka rychlosti v hraně přelivu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

Z tohoto můžeme odvodit, že na úseku Δx nám čára energie klesne o hodnotu ztráty třením a ztráty kinetické energie a zvýší se pouze o hodnotu případného sklonu přelivu. Hodnotu úbytku energetické výšky na úseku Δx můžeme zapsat vztahem

$$\Delta E = \sum \Delta z - I \Delta x \quad (3.12.)$$

kde ΔE - úbytek energetické výšky [m]

Δz - součet uvažovaných ztrát [m]

I - podélný sklon přelivné hrany

Dále podle vztahu pro dokonalý přepad stanovíme přepadající množství na délce úseku Δx

$$\Delta Q_x = m \Delta x h \sqrt{2gh} \quad (3.13.)$$

Kde m - přepadový součinitel [-]

Detailní energetické řešení vychází z předpokladu konstantní mechanické energie proudu, kdy pro daný profil můžeme stanovit energetickou výšku pomocí vztahu:

$$E = z + y + \frac{\alpha v^2}{2g} = z + y + \frac{\alpha Q^2}{2g S^2} \quad (3.14.)$$

kde z - polohová výška nad srovnávací rovinou [m]

y - hloubka vody nade dnem [m]

$\frac{\alpha Q}{2g S^2}$ - člen charakterizující rychlostní výšku [m]

Z uvedených možností řešení vyplývá, že se již mnoho autorů snažilo popsat průběh bočního přelivu s různými výsledky, které se vzájemně odlišují. Průběh hladiny na přelivné hraně je rovněž ovlivněn typem proudění, pokud je podél přelivné hrany bystřinné proudění, hladina ve směru toku klesá, při říčním proudění hladina stoupá. Pokud je proudění před přelivem již říční a podél přelivné hrany bystřinné, tak hladina na začátku přelivné hrany přechází přes kritickou hloubku. Je-li už před přelivnou hranou proudění bystřinné, uvažuje se už na začátku přelivu hloubka z rovnoměrného bystřinného proudění.

Dále bylo na modelových výzkumech zjištěno, že oboustranný přeliv, který má dvojnásobnou přelivnou hranu, nenahradí plně jednostranný přeliv se srovnatelnou délkou přelivné hrany, ale že délka přelivu může být zkrácena maximálně o 30%.

3.2.3 Odlehčovací komora se škrťící tratí

Škrťící trať se počítá jako hydraulicky krátké potrubí pomocí nomogramů. Délka škrťící tratě vyplývá z vyjádření z Bernouliho rovnice v profilu na vtoku a na konci tratě.

$$L = \frac{h_s - D - \frac{v^2}{2g} - \xi \frac{v^2}{2g}}{I_p - I_s} \quad (3.15.)$$

kde D - profil škrťící tratě [m]

I_s - sklon dna škrťící tratě

I_p - sklon tlakové čáry

v - rychlost ve škrťící trati [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

L - délka škrťící tratě [m]

Škrťící trať je úsek potrubí, kdy za současného oddělování vod v odlehčovací komoře je proudění v tomto úseku tlakové a navrhujeme jej na množství vod $Q_{\text{čov}}$ (dle 3.1.). Jelikož je tento úsek pevná stavební konstrukce, kterou nelze upravit při změně vstupních parametrů za provozu, používá se v současnosti, jako náhrada za škrťící trať, stavítka na odtoku z odlehčovací komory, kterým lze regulovat množství odváděných vod na čistírnu dle potřeb provozovatele a tím i upravovat množství vod, které budou následně vypuštěny do recipientu.

4 TECHNICKÁ HLEDISKA

Jelikož nelze pomocí dešťového oddělovače fyzicky oddělit na jednotné kanalizaci vody dešťové od vod splaškových, případně balastních, je současně při přívalových průtocích na stokové síti oddělena nejen srážková voda, ale i splašková a balastní, která je zaústěna do vodního recipientu bez úpravy. Dle ČSN 75 6101 dle kap. 5.10 se uvádí, že „*veškeré objekty na stokové síti musí být umístěny a provedeny tak, aby byla zajištěna správná funkce stokové sítě a aby mohli být bezpečně vykonávány všechny práce potřebné při provozu, čištění a údržbě stok*“. [4] Toto ustanovení platí i pro dešťové oddělovače, jejichž hlavní použití je právě při přívalových průtocích, mimo tyto přívalové průtoky jsou veškeré odpadní vody tímto objektem na stokové síti odváděny bez oddělení, tudíž nedochází ke snížení průtoku mezi vtokem a odtokem z oddělovače dále do stokové sítě případně na čistírnu a průtok vod zaústěných přímo do recipientu je v tomto případě nulový.

Tyto kapitoly se soustředí na situaci za deště, nejsou tak předmětem těchto kapitol situace, kdy dochází k oddělování odpadních vod přes přepad za bezdeštného období v důsledku jejich špatného technického stavu nebo pokud jsou odlehčovací komory provozovány v jiných průtocích, než byly původně určeny.

Nařízením vlády č.23/2011 Sb. jsou v příloze č. 1 stanoveny hodnoty emisní limitů, které je nutno splňovat v rámci vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Emisní limity jsou stanoveny pro přípustné, průměrné a maximální možné znečištění, v tomto případě, na výústním objektu z odlehčovací komory. Emisní limity právě nezohledňují stav znečištění daného recipientu.

Naproti tomu imisní kritérium zohledňuje celkové znečištění po vnosu oddělených vod do toku, čímž má větší vypovídající hodnotu ohledně aktuálního stavu daného recipientu a jeho znečištění. Imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod jsou dány v příloze č. 3 nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č.61/2003 Sb. Tyto imisní standardy platí pro užívání vody pro vodárenské účely, koupání osob, pro lososové a kaprové vody, pro místa odběru sloužícímu pro daný účel a dále jsou zde stanoveny průměrné a nejvyšší přípustné hodnoty normy environmentální kvality.

Prostřednictvím oddělovacích komor se do vodních toků za deště dostává značné množství vody a znečištění. Toto hydraulické a látkové zatížení ohrožuje jak chemický a ekologický

stav toků, tak nároky na jejich užívání. Negativní účinky mohou být krátkodobé, opožděné nebo dlouhodobé (*Krejčí a kol., 2002*). [8]

4.1 AKUTNÍ KRÁTKODOBÉ VLIVY

Akutní krátkodobé vlivy působí během vlastního přepadu až několik hodin po něm. Kromě hydraulického (hydrobiologického) stresu, ohrožujícího vodní organizmy při zvýšených průtocích a zejména při erozi dna, sem patří i působení zvýšených koncentrací toxických látek (především amoniaku), rozpuštěných organických látek, při jejichž rozkladu dochází k deficitu kyslíku a zákalu v důsledku vnosu nerozpuštěných látek. Míra narušení ekologického stavu toku závisí především na intenzitě akutního zatížení, jeho trvání a četnosti.

Abychom mohli vyloučit akutní toxicitu amoniakálního dusíku, nesmí být podle imisních kritérií překročena koncentrace ve vodním toku N-NH_4^+ nad 0,16 mg/l u kaprových vod a četnost nesmí překročit jedenkrát ročně, u lososových vod je přípustná koncentrace 0,03 mg/l. Norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota (stanovena aritmetickým průměrem koncentrací v různých časech v průběhu roku) připouští průměrnou hodnotu NEK-RP pro amoniakální dusík 0,23 mg/l. [2]. Podle emisních limitů jsou stanoveny hodnoty vypouštění pro 500-2000 EO průměrně 20 mg/l a maximálně 40 mg/l a pro 2000 – 10000 jsou to průměrné hodnoty 15 mg/l a maximální 30 mg/l.

Jelikož drtivá většina odlehčovacích komor je umístěna právě nad čistírnou odpadních vod, a tudíž i odlehčené vody jsou zaústěny do recipientu nad odtokem z čistírny ve směru toku vodoteče, lze předpokládat, že i při splnění emisních hodnot dojde k překročení hodnot imisních, pokud současně probíhá oddělování na přepadu odlehčovací komory. Nejkritičtější obdobím je právě průtok, který je již v odlehčovací komoře oddělován do recipientu, ale nedochází ještě ke zvýšenému průtoku ve vodoteči vlivem odtoku srážkových vod z povodí.

Návrh opatření ke snížení akutní toxicity amoniaku uvádí metodická příručka [7], kde doporučuje zvýšenou retenci splaškových vod, zvýšení škrceného odtoku v odlehčovací komoře, předčištění oddělené vody nebo zastínění toku přirozenou vegetací.

Průběh NH_4 v podélném profilu toku je vyznačen na obr. 4.1 [9]

4.2 OPOŽDĚNÉ ÚČINKY

Opožděné účinky se projevují několik dní až týdnů po přepadu a řadí se k nim zejména deficit kyslíku ve vodě a v sedimentu vyvolaný rozkladem nerozpuštěných organických látek a narušení hygienického stavu toku patogenními organizmy.

Za kritickou hranici koncentrace kyslíku se považuje 5 mg/l, pod kterou nesmí klesnout. Pod touto hranicí se předpokládá, že již nastávají anaerobní procesy ve vrchní vrstvě sedimentu [7]. Nejvíce jsou deficitem kyslíku ohroženy toky s říčním prouděním oproti tokům s bystřinným prouděním, dále pak jsou významně ohroženy rybníky a nádrže. Nejnižší koncentrace kyslíku bývají v tocích převážně v noci a v brzkých ranních hodinách, kde ještě nedochází k fotosyntéze a není produkován kyslík.

Mezi opatření ke snížení kyslíkového deficitu v toku lze navrhnout redukci počtu přepadů a vnosu znečištění z odlehčovacích komor, dále redukcí ostatních jiných zdrojů látkového znečištění a dalšími opatřeními přímo ve vodním toku (zastínění toku vegetací, zlepšení morfologie toku). Redukce počtu přepadů a vnosu znečištění je vhodné opatření i při narušení hygienického stavu toku.

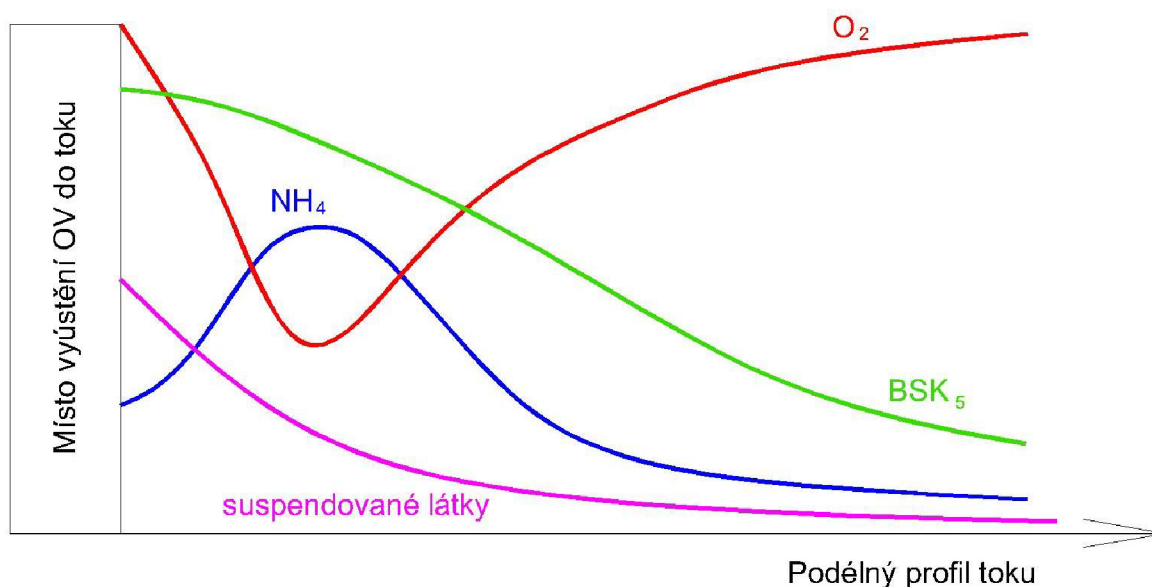
4.3 DLOUHODOBÉ ÚČINKY

Dlouhodobé účinky oddělovacích komor (měsíce až roky) jsou výsledkem kumulativních fyzikálních, chemických a biologických procesů probíhajících ve vodním toku. Patří k nim kolmatace dna nerozpuštěnými látkami, dlouhodobý deficit kyslíku v sedimentu, toxicita těžkých kovů a organického znečištění, obohacování až přesycení stojatých vod živinami, zejména dusíkem a fosforem, změny morfologické struktury toku v důsledku eroze.

Ohrožení v podobě změny struktury v důsledku eroze a další hydraulická narušení jsou typická pro menší vodní toky ve středních polohách, kde jsou větší podélné sklony vodotečí a při zvýšeném průtoku může snadno dojít ke zvýšené erozi a tím i k odnosu uvedeného znečištění do nižších poloh toku, dále teplota vody je v těchto výše položených tocích nižší, tudíž jsou i nižší účinky organického znečištění, které jsou podmíněny teplotou. Oproti tomu regulované a nížinné toky jsou více ohroženy látkovým znečištěním než hydraulickými vlivy, jelikož mají větší profil koryta a vyšší hladinu, ale daleko nižší rychlost proudění.

Z následujícího obrázku je zřejmé, že pod místy zaústění odpadních vod dochází ke snížení koncentrace kyslíku ve vodě, které se dále po toku přirozeně zvyšuje a navrací k původní koncentraci, díky tomu pod místy zaústění do toku vzrůstá biologická spotřeba kyslíku. Pokud bychom uvažovali s několika zdroji znečištění za sebou po směru toku např. dvě odlehčovací komory anebo zaústění přepadu z čistírny odpadních vod, byla by koncentrace kyslíku dále snížena z navazujícího vyústění odpadních vod a kyslíkový deficit by se dále prohloubil až ke hranici, při které již začínají probíhat anaerobní procesy, a v toku by vznikalo prostředí nevhodné pro danou biotu.

Dále je z obrázku patrné, že nejvíc suspendovaných látek do recipientu zůstává právě v korytě toku pod místem zaústění odpadních vod.



Obr. 4.1. Podélný profil fyzikálních a chemických faktorů pod zaústěním odpadních vod do recipientu (podle Hynese, 1960) [9]

4.4 NARUŠENÍ EKOLOGICKÉHO STAVU TOKU

Narušení ekologického stavu vodních toků má výrazný vliv na jejich ekosystém, ale i na celkové systémy ekologické stability. V prostředí, které je výrazně zatíženo znečištěním z odpadních vod, přežívají jen odolné organizmy nebo rychle se množící organizmy s krátkým životním cyklem. Dochází tak k výrazné změně a snížení bioty a zhoršení biologického stavu vodního toku. Ohrožení vodních toků se liší v závislosti na velikosti

povodí, typu toku a na již provedených zásazích do jeho uspořádání. Mnohem více jsou ohroženy menší vodní toky, kde je poměr zaústěné vody z dešťových oddělovačů k průtoku v toku podstatně větší než u toků velkých. U menších toků ve středních polohách jsou hydraulická zatížení proto závažnější než látková, protože vzhledem k většímu sklonu dna toku může již při malém zvýšení průtoku nastat eroze a odsun bioty. Naopak nížinné a vzduté či jinak regulované toky, které mají malou rychlost proudění, tam převládá větší ohrožení látkovým zatížením než hydraulickým zatížením s následným poškozením. Nížinné toky a zejména jejich úseky s nízkou obnovou koncentrace kyslíku jsou značně ohroženy účinky organického zatížení a s ním spojeného deficitu kyslíku, protože látky jsou jednoduše transportovány a jednoduše provzdušňování a doplňování kyslíku přes vodní hladinu probíhá pomalu. V pomalu tekoucích úsecích větších toků dochází rovněž k významnému usazování drobných částic a organických nerozpuštěných látek z dešťových oddělovačů, což může mít za následek opět deficit kyslíku vedoucí až k anaerobním poměrům ve dně, které jsou spojené s uvolňováním živin a eutrofizací. Toky s vápenatým podložím nebo úseky níže položených toků se zvýšenou teplotou v důsledku chybějícího zastínění či pomalu tekoucí eutrofizované úseky toků v nížinách se zvýšeným pH jsou ohroženy toxicitou amoniaku, návrhy opatření ke snížení těchto ohrožení jsou uvedeny v kap.4.1.

4.5 KLÍČOVÉ UKAZATELE EMISNÍ OCHRANY RECIPIENTU

Při emisní ochraně recipientu je omezeno látkové zatížení z oddělovacích komor jednotnými emisními kritérii dle přílohy 1 nařízení vlády č. 12/2011 [2]. Klíčovými ukazateli emisí pro jednotlivé odlehčovací komory jsou poměr ředění a intenzita mezního deště viz. kap. 3. Poměr ředění 1 : m je m-násobkem maximálního hodinového bezdeštného průtoku Q_h dle (3.1), při němž by začala deštěm ředěná odpadní voda přepadat přes přelivnou hranu oddělovací komory do recipientu. Podle doporučení EN 752 [4] je poměr ředění předepsán v závislosti na míře ochrany recipientu zpravidla v rozmezí min. 1: 5 až 1 : 8. Intenzita mezního deště, při níž nastává odlehčení, se pohybuje zpravidla v rozmezí 10 až 30 $l \cdot s^{-1} \cdot ha_{red}$ (doporučení EN 752 [4])

Dalšími důležitými ukazateli, pro něž u nás nejsou zatím předepsány cílové nebo požadované hodnoty, jsou celkový roční odlehčený objem vody či celkový vnos znečištění (zejména CHSK, BSK₅, NL, N_{celk} a P_{celk}), četnost a doba trvání přepadů a případně Q_{max}

přepadu [7]. Tyto ukazatele by nám mohly dát zřetelnější představu o nejvýznamnějších bodových zdrojích znečištění při vypouštění odpadních vod do vod povrchových a také o množství vnosu znečištění. Rovněž by napomohly při zpracování sestav vlivu těchto zdrojů znečištění v celém úseku daného toku a jeho povodí jako celku.

4.6 EKOLOGICKÝ STAV TOKU

Oddělené naředené vody z odlehčovacích komor jsou významným narušením vodních toků a ohrožují jak biologický stav, tak snižují jejich možnost užívání ať už k rekreačním účelům nebo pro povrchový odběr vody. Ekologický stav toku, jeho přirozená biota, je ohrožena především v důsledku látkového a fyzikálního narušení, které velmi často působí současně. Látková porušení jsou zapříčiněna celou řadou směsí různého původu, jelikož oddělená voda odtékající do recipientu je suspenzí znečištěného povrchového odtoku, splaškových i průmyslových odpadních vod, případně i vod balastních.

Snadno rozložitelné organické látky jsou rozkládány bakteriemi, přičemž spotřebovávají ve vodě rozpuštěný kyslík a dochází tak k jeho výraznému úbytku (obr. 4.1.). Koncentrace volného kyslíku klesá nejen ve vodě, ale u menších toků právě i ve dnovém sedimentu. Toto snížení kyslíku ohrožuje především citlivé druhy ryb. Při opakovaných vnosech organického znečištění dochází k výrazným rozkládajícím procesům, a tím i k dalšímu úbytku kyslíku. Při dlouhodobém narušení vlivem snížené hladiny kyslíku dochází k narušení potravního řetězce ve stávajícím biotopu, a tím i k následné redukci počtu druhů bioty.

Živiny, především dusík a fosfor, vnášené do toků při oddělení v odlehčovací komoře, přispívají k nepřirozené eutrofizaci převážně ve stojatých vodách, a tím i k deficitu kyslíku v nočních a brzkých ranních hodinách. V celkové bilanci živin v povodí jsou správně fungující oddělovací komory sice zatím méně významným zdrojem než stávající okolní plošné zdroje (eroze z polí nebo mnohočetné zaústění splaškových vod z menších obcí bez kanalizace) a odtoky ze stávajících čistíren odpadních vod. V současnosti vzrůstá právě množství obcí, které již mají vlastní čistírnu odpadních vod, jelikož jsou tyto aktivity podporovány dotačními tituly a rovněž zemědělská družstva hospodařící na polnostech využívají nových typů hnojiv a snižují jejich množství, to zvyšuje právě význam odlehčovacích komor jako zdroje živin, především ve větších sídelních útvarech, kde je provozován jednotný kanalizační systém.

Závažná narušení způsobují formy dusíku v odpadních vodách, především amonné ionty (NH_4^+), které v recipientu při vyšší teplotě a pH disociují na toxický amoniak (NH_3), čímž ohrožující zejména ryby v nižších vývojových stádiích [7].



Dále je v oddělených vodách, které jsou zaústěny do vodotečí, z odlehčovacích komor obsaženo značné množství nerozpuštěných látek jak organického, tak i minerálního původu, které mají rovněž řadu různých negativních účinků [7]. Suspendované látky působí zákal vody, snižují tím prostupnost světla pro rostliny a vyvíjejí stres pro ryby. Sedimentující látky vedou k zabahnění a zanášení dna, které omezuje následné procesy mezi tekoucí vodou a vodou v pórech sedimentu, což se negativně projevuje snížením zásobování říčního dna kyslíkem. Rozklad organických nerozpuštěných látek u dna je příčinou dalšího úbytku kyslíku a může přejít až k anaerobním poměrům.

Na nerozpuštěné látky jsou navázány těžké kovy a organická znečištění, která se usazují a hromadí právě ve stojatých vodách a působí pak negativně na biotu, která je s nimi v kontaktu, a tím se navrácí do potravního řetězce. Nejvíce ohroženy jsou organizmy žijící při dně, u nichž dochází k výraznému snižování rozmanitosti druhů i jejich počtu.

Dalším projevem narušení, které má významný vliv na vodní tok, je fyzikální narušení vedoucí ke změně životního prostoru ve vodním toku, které může mít za důsledek až vymizení některého vodního společenstva. Důležitými fyzikálními narušeními jsou hydraulický stres a krátkodobá změna teplotního režimu. Nárazové zaústění oddělených vod z odlehčovacích komor změni zejména u malých vodních toků v krátkém časovém úseku hydraulické poměry. Značná rychlost proudění u těchto toků vede k odnosu stávající bioty z jejího prostředí. Právě nárůst množství vod zaústěných do recipientů v urbanizovaných územích je značně navýšena oproti dřívějším odtokům z přirozeného neupraveného povodí, na něž byly vodní organizmy přivyklé. Časté populační ztráty pak vedou k významnému snížení rozmanitosti akvatické fauny.

Faktorem narušení ekologického stavu toku je i krátkodobé zvýšení teploty v důsledku zaústění odděleného odtoku, jehož teplota je zvýšená oproti vodoteči a to převážně v letním období a projevuje se u menších vodních toků s nižšími průtoky, kde může způsobit snížení rozpustnosti kyslíku ve vodě a urychlení mikrobiálních procesů vedoucí k dalšímu úbytku kyslíku.

Výše uvedenými narušeními může rovněž dojít ke znemožnění užívání vodního toku, které právě souvisí s narušením jeho ekologického stavu, protože právě kvalita vody a jeho ekologický stav podmiňuje jeho užívání (např. rybníkářství, rekreační účely). Těž dochází často k narušení estetického stavu toku, a to předměty obsaženými v odpadní vodě (např. hygienické potřeby apod.) a k hygienickému narušení patogenními organizmy, která ohrožují užití toku jako zdroje vody a k rekreačním účelům.

Metodická příručka na posuzování dešťových oddělovačů [7] uvádí jaký význam má právě morfologický stav koryta na vypouštění znečištění a jeho znovuosídlení biotou. *„Významnou roli v souvislosti s narušeními vodního toku přepadů z dešťových oddělovačů hraje jeho morfologický stav a dlouhodobá jakost vody, na nichž závisí průběh transportních a transformačních procesů. Vzdálenost působení hydraulického narušení je dána transformací povodňové vlny způsobené přepadem a její event. superpozicí s povodňovou vlnou z přirozeného povodí či výše ležícího zaústění. Vzdálenost působení látkového narušení je rozdílná pro různé složky znečištění a záleží na transportu látek advekcí a disperzí a na samočisticích procesech v toku. Morfologicky kvalitní tok má velký potenciál znovuosídlení narušených úseků organizmy z výše ležících nepoškozených úseků toku či z ochranných prostor v místě narušení, a je proto schopen vlivy přepadů z oddělovačů poměrně rychle kompenzovat. Se ztrátou propojení s nepostiženými úseky toku nebo dalšími vodními toky a se ztrátou heterogenních habitatů, sloužících jako ochranné prostory, se potenciál znovuosídlení snižuje (Krejčí a kol., 2002).“* [7]

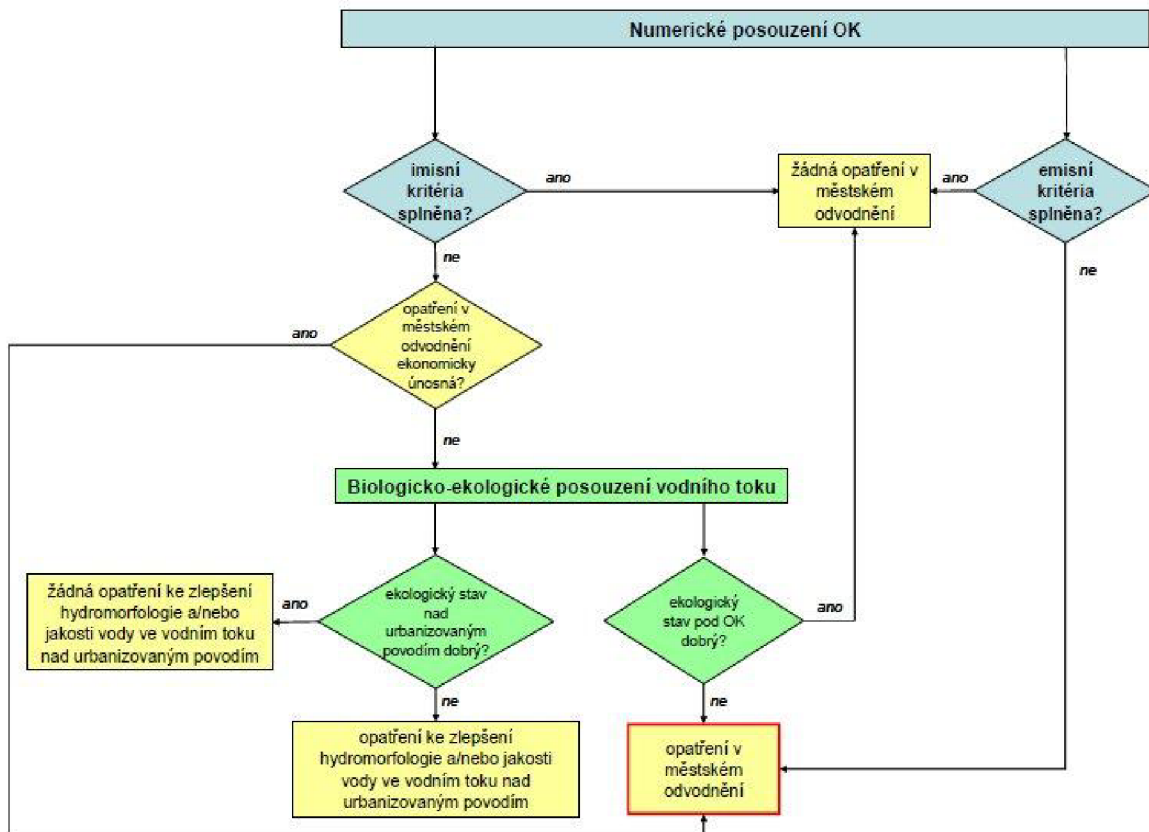
5 DOPORUČENÍ PRO POSTUP PRACÍ A STANOVENÍ PRIORITY OPATŘENÍ

Nejprve se v místech zaústění do recipientu posuzuje splnění emisních kritérií. Pokud ta již nejsou splněna, pak se jedná dle zákona č. 254/2001 Sb. [1] o vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Návrh opatření při případném nedodržení předepsaných hodnot rozpuštěného a nerozpuštěného znečištění výtoku z odlehčovací komory se však provádí až po posouzení imisí ve vodním toku, aby následná opatření byla již posuzována v širším kontextu daného zájmového území tak, aby bylo v budoucnu dosaženo splnění hlavně imisních kritérií v uvažovaném recipientu.

Podle metodické příručky [7] se „opatření navržená pro splnění imisních kritérií jen na základě numerického posouzení však vzhledem k obsaženým bezpečnostem posouzení nemusejí být i při použití podrobnějších úrovní výpočtu ekonomicky únosná, a proto se doporučuje provést biologicko-ekologické posouzení vodního toku, které umožní je cíleněji orientovat (Obr. 5.1). S biologicko-ekologickým průzkumem a s kontinuálním měřením na objektech identifikovaných jako kritických se doporučuje začít po zjištění skutečného stavu ještě před realizací navržených opatření.“

Uvedeným posouzením se zmapuje jednak ekologický stav vodního toku v referenčních profilech nad daným povodím nebo uvažovaným zaústěním, jednak se konkrétněji specifikují příčiny a rozsahy narušení. Pokud je ekologický stav vodního toku pod oddělovací komorou dobrý (střední stav) dle Směrnice 2000/60/ES [3] a není ani při mírném narušení oproti referenci nutno přistupovat k žádným opatřením.

Postup prací při posuzování vlivů oddělených vod zaústěných do recipientů a návrh následných opatření jak byl prezentován v metodické příručce [7], je uveden na obrázku 5.1.



Obr. 5.1: Schéma postupu prací při posuzování vlivu dešťových oddělovačů a návrhu opatření [7]

Konkrétní návrh navržených opatření je nutno provést až po zjištění příčin vzniklých problémů a zároveň s ohledem na místní podmínky. Opatření se mohou týkat celého urbanizovaného povodí nebo jen na vlastní stokové síti či v přirozeném povodí vodního toku a musí být zacílena na konkrétní problém (Tab. 5.1) Uvedená metodická příručka preferuje, aby „prioritu před nápravnými opatřeními, která pouze potlačují důsledky, mají opatření u zdroje čili v urbanizovaném povodí, směřující k odstranění příčiny problému. K opatřením preferovaným v české legislativě patří hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném povodí (jejich retence a zasakování co nejbližší místa vzniku), případně jejich regulované odvádění oddílnou kanalizací do recipientu. Při identifikaci jednoho druhu narušení se volí opatření z úzkého spektra (např. česle při estetickém narušení), zatímco při komplexním narušení jsou nejvhodnější opatření s širokým spektrem účinnosti (např. retenční nádrž či zemní filtr). V případě zvýšení odtoku směrem na ČOV je nutno prokázat dostatečnou kapacitu ČOV.“ [7]

Tab.5.1: Příklady opatření zaměřených na specifické problémy související s dešťovými oddělovači [7]

| MÍSTO PROJEVU | PROBLÉM A MOŽNÉ PŮSOBNÍ | MOŽNÉ PŘÍČINY | PŘÍKLADY MOŽNÝCH OPATŘENÍ | | |
|---------------|--|--|--|--|--|
| | | | V URBANIZOVANÉM POVODÍ | VE STOKOVÉ SÍTI | V PŘÍROZENÉM POVODÍ A TOKU |
| VODNÍ TOK | <i>Hydraulické zatížení:</i> Odnos a úhyn organismů | Velké přepadající průtoky s vysokou četností, četná eroze dna toku | Redukce nepropustných ploch; Hospodaření se srážkovou vodou (zasakování, retence atd.) | Retence, Řízení odtoku, Přeložení zaústění | Úprava profilu, zlepšení dnového podkladu (zvýšení potenciálu znovuosídlení) |
| | <i>Akutní problémy (toxicita, amoniak, kyslík):</i> Poškození nebo úhyn organismů | Vnos toxických a lehce rozložitelných látek, nepřírozeně nízký průtok, vysoké pH a vysoká teplota v toku | Retence splaškových vod | Retence, Zvýšení škrceného odtoku, Řízení odtoku, Předčištění přepadů, Přeložení zaústění | Zastínění toku vegetací, Zlepšení hydrologického režimu, Snížení zatížení živinami a organickými látkami z plošných a difúzních zdrojů (hnojení, odpadní vody) |
| | <i>Chronická toxicita:</i> Poškození organismů | Vnos těžkých kovů, pesticidů, látek s hormonálním účinkem atd. | Prevence vniku do stokového systému | Předčištění přepadů (zemní filtr, fyz.-chem. metody) | |
| | <i>Eutrofizace vodních toků:</i> Poškození organismů | Vnos živin | Snížení používání fosforu (detergenty) | Retence, Řízení odtoku | Zastínění toku vegetací, Snížení zatížení živinami z plošných a difúzních zdrojů |
| | <i>Kolmatace dna:</i> Deficit kyslíku ve dně | Vnos NL, Vnos rozložitelných organických látek | Prevence vniku do stokového systému (čištění ulic atd.) | Redukce usazování NL v kanalizaci, čištění stok Předčištění přepadů (průtočná nádrž, vírový separátor), Optimalizace provozu | |
| | <i>Hygienická narušení:</i> Infekční onemocnění | Vnos bakterií | | Přeložení zaústění | Varování, dočasný zákaz koupání |
| | <i>Estetická narušení:</i> Lidé se necítí dobře | Vnos hrubých látek a odpadků, zápach, zbarvení | Retence splaškových vod | Předčištění přepadů (česle nebo síta, průtočná nádrž, vírový separátor) | |

6 ZHODNOCENÍ

6.1 MONITORING A ODBĚR VZORKŮ

Monitoring lze zajistit v rámci režijních a provozních nákladů provozovatele stokové sítě na základě rozhodnutí vodoprávního úřadu pro konkrétní stokovou síť a daný vodní tok. Rozbor a vyhodnocení vzorků odebraných vzorků je nutné provést v akreditovaných laboratořích a to v ukazatelích dle nařízení vlády č.23/2011 Sb. [2] a dle jakosti vody podle ČSN 75 7221 [5].

Cílem monitoringu kvality vod v recipientech je především:

- Zjištění aktuálního stavu jakosti vody v měřeném profilu
- Stanovení trendů v jakosti vody
- Lokalizace míst s překročenými limity
- Sledování normy environmentální kvality NEK-RP, NEK-NPH

Na základě provedených odběrů a rozborů je nutné provádět analýzu pomocí vhodných databázových produktů s ohledem na statistické vyhodnocení v rámci urbanizovaného povodí. Výsledky pak lze prezentovat a používat i orgány státní správy při dalším povolování vypouštění vod a na zjišťování ekologické stability daného území. Takto zpracovaná data slouží i k postupu prací dle kap.5 a návrhu opatření s následnou realizací.

6.2 NÁVRH OPATŘENÍ A NÁSLEDNÁ REALIZACE

Návrh opatření se liší podle zjištěných problémů dle tab. 5.1. a lze je rozdělit do tří základních skupin, které je možno i vzájemně kombinovat viz doporučení metodické příručky [7] citované v kap. 5.

Prvním možným řešením ze skupin opatření je provést úpravu v urbanizovaném povodí (snížením odvodňovaných ploch, snížením množství znečištění u jejich producentů, retencí splaškových vod apod.), dalším skupinou opatření jsou úpravy na stávající stokové síti (zvýšení retence, řízené odtoky, redukce zdrojů znečištění apod.) a též lze navrhovat i úpravy v přirozeném povodí a toku (úprava průtočného profilu, zastínění toků).

Navržená možná řešení, jak bylo popsáno výše, znamenají již výraznější zásah do celého urbanizovaného území, ale i daného povodí včetně stávající stokové sítě. Proto i návrhy úprav představují komplexní soubor nutných stavebních, krajinářských příp. ekologických objektů, které mají i svůj nezanedbatelný ekonomický rámeček.

Vlastní návrh souboru komplexních opatření (dle tab.5.1) je velmi různorodý a nelze říci, že vždy navržená řešení nebudou mít významný dopad na hospodaření vlastníka nebo provozovatele stokové sítě resp. odlehčovacích komor jako bodového zdroje znečištění. Například při návrhu úpravy odtoku pouze na jednom zdroji znečištění se může jednat pouze o nepatrné investiční náklady, tak při zlepšení hospodaření se srážkovou vodou v celém povodí může jít o částky mnohonásobně vyšší, které budou mít samozřejmě přímou vazbu na hospodaření vlastníka nebo provozovatele stokové sítě, který tyto investiční náklady musí zohlednit ve vlastním hospodaření. I podle metodické příručky [7] jsou preferována opatření především v rámci celého daného povodí než pouze u jednotlivých dešťových oddělovačů, a to i z důvodu možnosti čerpaní finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí (www.sfzp.cz) nebo dalších dotačních titulů v rámci strukturálních fondů EU, což by následně přispělo ke snížení finanční zátěže přenášené na subjekty napojené na stokovou síť, obzvláště v nynější době finanční krize, kdy další finanční zátěž pro obyvatelstvo a firmy nepřispívá k potřebnému hospodářskému růstu.

6.3 ZAHRANIČNÍ PŘÍSTUPY K HODNOCENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR

V rámci finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR vznikla rešerše zahraničních přístupů k hodnocení vlivů odlehčovacích komor na vodní toky [14], která hodnotí přístupy vybraných zemí k problematice vypouštění těchto vod do recipientů a jak jednotlivé státy sledují splnění kvality vody a jaký způsob hodnotících kritérií pro tento účel využívají, jak emisní, tak imisní kritéria.

Přístup vybraných států obsažených v rešerši [14] byl následně tabelárně zpracován do následující tabulky, ze které je patrné, že v USA, Slovensku, v Polsku se při návrhu a posuzování stále ještě používá emisních kritérií, tak oproti tomu ve Velké Británii, v Německu, v Rakousku a ve Švýcarsku se již přistupuje k aplikaci imisního a kombinovaného přístupu i za deště.

Tab.6.1: Návrhová, emisní a imisní kritéria pro návrh odlehčovacích komor ve vybraných zemích [14]

| Stát | Kritérium návrhu | Emisní kritéria | Imisní kritéria |
|----------------|---|--|---|
| Slovensko | Poměr ředění (1:4 až 1:8) | U rozlehlejších stokových sítí s více než 10 oddělovači je emisním kritériem i průměrný roční počet přeпадů (15, resp. 20 v závislosti na době dotoku k OK). | - |
| Polsko | Poměr ředění (1+2) až (1+4) Q _d | Emise z odlehčovacích komor jsou v první řadě omezeny počtem přeпадů (max 10/rok), případně návrhem podle mezního deště (15 l/s.ha pro běžné městské nepropustné plochy, resp. 77 l/s.ha pro významně znečištěné plochy) nebo poměru ředění (1+3) Q _d . | - |
| USA | národní systém omezení vypouštění polutantů „National Pollutant Discharge Elimination System“ (NPDES) | Emisní limity v povolení pro vypouštění vod z OK jsou založeny na nejlepší dostupné technologii jak pro konvenční polutanty, tak pro toxické látky | Bylo předepsáno splnit 9 minimálních požadavků a požadováno vypracovat dlouhodobý kontrolní plán plnění opatření v souladu s NPDES |
| Velká Británie | Pro regulaci znečištění z urbanizovaných území slouží manuál „Urban Pollution Management Manual“ (Foundation of Water Research, 1998), manuál předepisuje | Emise z odlehčovacích komor jsou omezeny počty přeпадů za rok a požadavky na zachycení částic od určité velikosti v určitém objemu vypouštěných vod. Emisní standardy jsou diferencovány podle kategorie stavu | Imisní kritéria pro přeпадové události jsou definována dvěma způsoby. 1. mezní koncentrace O ₂ a N-NH ₃ pro určitou dobu trvání a opakování, zohledňující synergické působení O ₂ a N-NH ₃ , a to diferencovaně pro lososové vody, kaprové vody a vody s nepodstatným výskytem kaprových ryb |

| | podmínky správného inženýrského návrhu a poskytuje i návrhové údaje | povrchových vod. | 2. mezní hodnoty s vysokou pravděpodobností nepřekročení (např. 99%) pro ukazatele BSK ₅ , N-NH ₃ , N-(NH ₄ ⁺ + NH ₃) a různé třídy čistoty vody |
|-----------|---|--|---|
| Německo | Min. poměr ředění (1:7) a intenzita mezního deště při přepadu 7,5-15 l/s.ha | Nejčastěji používanými emisními kritérii omezujícími látková množství z celého urbanizovaného povodí jsou specifické roční množství odlehčeného CHSKCr, četnost a doba trvání odlehčení. | Imisním kritériem hydraulického zatížení je, že potenciálně přirozená jednoletá povodeň nesmí být v důsledku dešťového odtoku z urbanizovaného povodí zvýšena o více než 10 %. Je-li nutná retence dešťové vody, je nutno její objem a přípustnou četnost přepadů dimenzovat v závislosti na citlivosti vodního toku a místním potenciálu znovuosídlení a konstruovat pro cílené zachycení nerozpuštěných látek. Pro vyloučení akutního látkového zatížení nesmí docházet k žádným kritickým koncentracím O ₂ (pod 5 mg/l) nebo NH ₃ (nad 0,1 N mg/l). Imisní kritéria pro nerozpuštěné látky nejsou stanovena, ale cílem je minimalizovat jejich vnos. |
| Rakousko | v celém urbanizovaném povodí, nikoliv pro jednotlivé odlehčovací objekty (tam musí být splněn minimální poměr ředění 1:8) | Emisní standardy jsou formulovány jako minimální podíly rozpuštěných a nerozpuštěných látek ve směsné vodě, které musí být v ročním průměru za deště odváděny na biologický stupeň čistírny odpadních vod. | Imisní kritéria jsou obdobná jako v německém metod. pokynu BWK-M3 a jsou zaměřena opět na hydraulicko-mechanické narušení toku v důsledku zvýšených průtoků ze systému městského odvodnění za deště a na akutní látkové působení amoniaku a deficitu kyslíku. |
| Švýcarsko | směrnice švýcarského svazu odborníků na odpadní vodu (VSA) „Zaústění odpadní vody z kanalizace za deště“ (STORM) (VSA, 2007). | Směrodatným kritériem je specifické množství přepadlé vody, orientačními kritérii roční doba trvání přepadů a počet přepadů | Imisní kritéria jsou orientována především na hydraulicko-mechanické narušení toku v důsledku zvýšených průtoků ze systému městského odvodnění za deště (četnost eroze dna) a na akutní látkové působení (četnost překročení kritických dávek amoniaku, kyslíku a zákalu). |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>Směrnice klade důraz na souvislost přípustného hydraulického zatížení a morfologického stavu toku, jímž je podmíněn potenciál znovuosídlení narušených úseků. Nerozpuštěné látky jsou dále z důvodů chronického působení (kolmatace dna, akumulace toxických obtížně rozložitelných látek a úbytku kyslíku ve dně) ohraničeny max. rychlostmi akumulace těchto látek na dně a max. procentem roční doby, kdy limity mohou být překročeny. Sleduje se též teplota pod výústí a u vod pro koupání hygienické zatížení patogenními organizmy.</p> |
|--|--|--|---|

7 POSOUZENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR A JEJICH Vliv NA RECIPIENT

7.1 VÝBĚR LOKALITY

Pro posouzení vlivu stávajících odlehčovacích komor na recipient jsem zvolil horní tok řeky Jihlavy v intravilánu města po soutok s řekou Jihlávku. V tomto úseku se nachází celkem 7 odlehčovacích komor, jejichž přepady jsou zaústěny do řeky Jihlavy. Tuto lokalitu jsem zvolil s ohledem na místo svého bydliště a též s ohledem na skutečnost, že město zde již částečně realizovalo a připravuje další projekty pro volnočasové aktivity po obou březích toku řeky Jihlavy (sportoviště, koupaliště apod.).

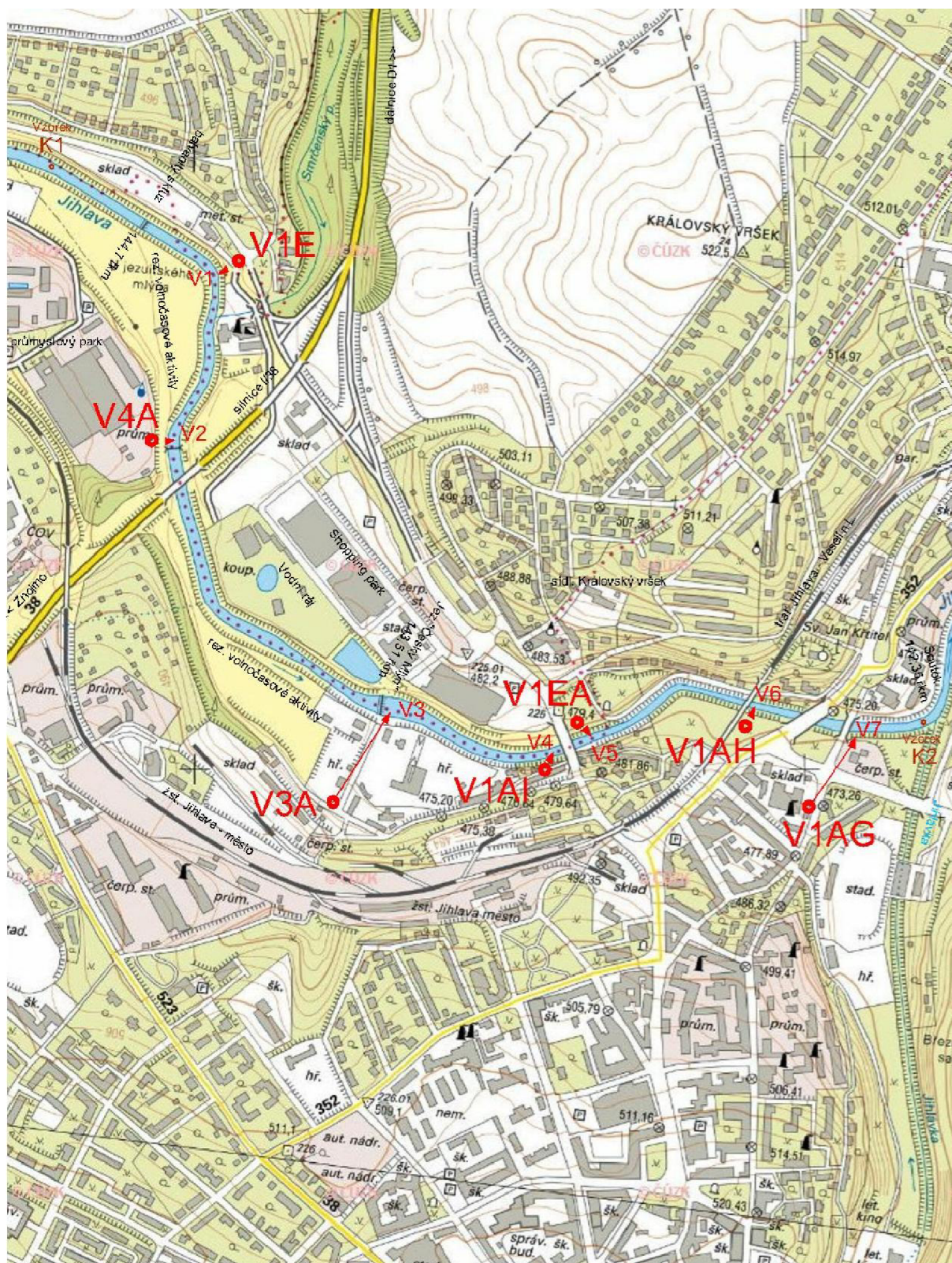
Posouzení je provedeno z hlediska dodržení emisních a imisních limitů dle metodické příručky pro posuzování dešťových oddělovačů [7].

Jako podklad jsem použil generel odvodnění pro město Jihlava [15] a dále údaje poskytnuté správcem povodí, v tomto případě Povodí Moravy s. p., závod Jihlava.

Město Jihlava je odvodňováno jednotnou kanalizační soustavou s 5 hlavními sběrači. Vzdálenost mezi prvním a posledním zaústěním přepadu z odlehčovacích komor v řešeném úseku je 1,7 km (*Obr. 7.1.*), dále je uvedena tabulka řešených komor včetně schémat OK (*Tab. 7.2.*).

Tab. 7.1. Základní charakteristiky povodí jednotlivých odlehčovacích komor (převzato z generelu odvodnění pro město Jihlava [15])

| | Jednotky | V1E | V4A | V3A | V1AI | V1EA | V1AH | V1AG |
|--|----------|-------|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| Plocha povodí A_{red} | [ha] | 30,87 | 103,51 | 211,07 | 6,40 | 20,70 | 12,10 | 22,10 |
| Součinitel odtoku ψ | - | 0,34 | 0,23 | 0,36 | 0,25 | 0,27 | 0,32 | 0,35 |
| Redukovaná plocha povodí A_{red} | [ha] | 10,50 | 23,86 | 62,58 | 1,60 | 7,45 | 3,87 | 7,74 |
| Počet EO | - | 1807 | 8077 | 12064 | 130 | 2013 | 718 | 1967 |



Obr. 7.1. Situace zájmového území

Tab. 7.2. Seznam odlehčovacích komor v řešeném území

| Označení | Název OK | Schéma |
|--|--|--------|
| <p>V1E Typ OK čelní přepad Rozměr komory 2.2 x 2.4 m</p> <p>Sběrač/ stoka kmenová stoka E</p> <p>Přepad Výška [m] 0.30</p> | <p>Romana Havelky recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 1.70</p> | |
| <p>V4A Typ OK čelní přepad Rozměr komory 2.1 x 2.9 m</p> <p>Sběrač/ stoka kmenová stoka A</p> <p>Přepad Výška [m] 0.20</p> | <p>Pod mlékárnou recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 3.45</p> | |

| | | |
|--|--|----------------------|
| <p>Označení V3A</p> <p>Typ OK šikmý boční přepad</p> <p>Rozměr komory 3.25 x 4.35 m</p> <p>Sběrač/ stoka kmenová stoka A</p> <p>Přepad Výška [m] 0.61</p> | <p>Název OK Za tunelem</p> <p>recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 4.40</p> | <p>Schéma</p> |
| <p>Označení V1A1</p> <p>Typ OK čelní přepad</p> <p>Rozměr komory 1.5 x 1.1 m</p> <p>Sběrač/ stoka stoka A1</p> <p>Přepad Výška [m] 0.40</p> | <p>Název OK U Pražského mostu</p> <p>recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 1.50</p> | <p>Schéma</p> |
| <p>Označení V1EA</p> <p>Typ OK čelní přepad</p> <p>Rozměr komory 1.85 x 2.45 m</p> <p>Sběrač/ stoka stoka EA</p> <p>Přepad Výška [m] 0.28</p> | <p>Název OK ul. Sokolovská</p> <p>recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 1.85</p> | <p>Schéma</p> |

| | | |
|--|---|----------------------|
| <p>Označení V1AH</p> <p>Typ OK šikmý boční přepad</p> <p>Rozměr komory 2.20 x 3.20 m</p> <p>Sběrač/ stoka stoka AH město</p> <p>Přepad Výška [m] 0.14</p> | <p>Název OK U viaduktu</p> <p>recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 3.30</p> | <p>Schéma</p> |
| <p>Označení V1AG</p> <p>Typ OK šikmý boční přepad</p> <p>Rozměr komory 2.35 x 3.00 m</p> <p>Sběrač/ stoka stoka AG město</p> <p>Přepad Výška [m] 0.24</p> | <p>Název OK Úvoz u SMJ</p> <p>recipient Jhlava</p> <p>délka hrany [m] 3.10</p> | <p>Schéma</p> |

Vodní tok

Řeka Jhlava, do které jsou zaústěny oddělené vody z odlehčovacích komor, je vodohospodářsky významným tokem, dotčený úsek řeky je tvořen především kvartérními sedimenty (fluviálními a deluviálními), skalní podloží je tvořeno dvojslídňou žulou. Koryto řeky je upraveno (opevnění břehů) a regulováno (jezy, balvanité skluzy). Řeka v současnosti neslouží ke koupání. Průtokové charakteristiky byly převzaty z monitorovací stanice LG Dvorce.

Tab. 7.3. N-leté průtoky – stanice Dvorce

| N-leté průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] | | | | | | |
|---|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Q ₁ | Q ₂ | Q ₅ | Q ₁₀ | Q ₂₀ | Q ₅₀ | Q ₁₀₀ |
| 16 | 22 | 30 | 37 | 44 | 54 | 62 |

Tab. 7.4. M-denní průtoky – stanice Dvorce

| M-denní průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] | | | | | | |
|--|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Q ₃₀ | Q ₉₀ | Q ₁₈₀ | Q ₂₇₀ | Q ₃₃₀ | Q ₃₅₅ | Q ₃₆₄ |
| 4,20 | 2,55 | 1,57 | 0,96 | 0,56 | 0,34 | 0,14 |

Příčné uspořádání řeky Jihlavy protékající tímto řešeným úsekem je tvořeno složeným lichoběžníkovým profilem s bermami. Břehy jsou oboustranně porostlé udržovanou vegetací. V těsné blízkosti nad řešeným územím se nachází balvanitý skluz výšky 2m. Nad výústí V3 je stávající kamenný jez „Český mlýn“. Konec řešeného území je v místě soutoku řeky Jihlavy a Jihlávky.

7.2 POSOUZENÍ SPLNĚNÍ EMISNÍCH KRITÉRIÍ

Dle metodické příručky [7] podle kategorie ČOV a počtu EO pro město Jihlavu stanoví min. 55% dešťového odtoku a v něm obsažených rozpuštěných látek a 70% nerozpuštěných látek.

Tab. 7.5. Emise vody z dešťových oddělovačů dle generelu [15]

| Jednotky | | V1E | V4A | V3A | V1AI | V1EA | V1AH | V1AG | Součet |
|--|----------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|--------|
| Prům. roční počet přepadů | ks | 86 | 28 | 58 | 0 | 89 | 70 | 116 | - |
| Prům. roční objem přepadů V _{ok} | m ³ | 16438 | 5197 | 62680 | 0 | 11957 | 8710 | 29928 | 134910 |
| Průměrný roční objem dešťového přítoku do kanalizace V _{dest} [m ³] | | | | | | | | | 705600 |

Skutečné účinnosti odváděných látek na čistírnu odpadních vod dle předchozí tabulky jsou pro:

Rozpuštěné látky:

$$\eta_{dest} = \frac{V_{dest} - V_{OK}}{V_{dest}} \times 100\% = \frac{705600 - 134910}{705600} \times 100\% = 80,9\% \quad (7.1.)$$

η_{dest} účinnost odváděných látek na ČOV [%]

V_{dest} roční množství dešťového odtoku přitékající do jednotné kanalizace [m³/rok]

V_{OK} roční množství vody odtékající z OK do recipientu [m³/rok]

Nerozpuštěné látky:

Na stávající jednotné stokové síti nejsou žádné objekty pro předčištění oddělených vod z odlehčovacích komor, tudíž množství odváděných nerozpuštěných látek je shodné s podílem odváděné dešťové vody.

$$\eta_{NL} = \eta_{dest} + \frac{\sum_j V_{OK,DN,j} \times \eta_{sed,j}}{V_{dest}} = 80,9 + 0 = 80,9\% \quad (7.2.)$$

η_{NL} účinnost odváděných nerozpuštěných látek na ČOV [%]

$V_{OK,DN,j}$ roční množství vody odváděné do recipientu přes průtočnou nádrž j [m³/rok]

Vyhodnocení:

Pro stávající stav v řešeném území města Jihlavy jsou splněny předeepsané minimální účinnosti pro rozpuštěné i nerozpuštěné látky odváděné na ČOV, jelikož podíl těchto látek je vyšší než 80%. Tudíž dle (*obr. 5.1*) jsou splněna emisní kritéria a nejsou tedy potřeba žádná opatření v městském odvodnění jako celku. Největší hydraulické zatížení v toku představuje komora V3a, kde roční objem přepadající vody je 62 680 m³. Další komorou s výrazným objemem zaústěných vod do recipientu je komora V1AG, kde objem dosahuje téměř 30 000 m³/rok. Odlehčovací komory s největším počtem přepadů za rok jsou komory V1AG, V1EA a V1E.

Další kapitola bude řešit emisní vlivy pro jednotlivé komory samostatně a splnění požadovaných poměrů ředění splaškových vod.

Emisní kritéria pro jednotlivé oddělovače

Dle požadavků vodoprávních orgánů a běžně užívaných hodnot pro poměr ředění nemá minimální poměr ředění pro každou odlehčovací komoru klesnout pod hodnotu 1:5 vztaženo k návrhové hodnotě $Q_{h,max}$.

Poměr ředění je vypočten ze vztahu dle TNV 75 6262 Odlehčovací komory a separátory [16] a výsledky jsou obsaženy v následující tabulce:

$$Q_{\check{c}OV} = m \times Q_{h,max} = (1 + n) \times Q_{h,max} \quad (7.3.)$$

$Q_{\check{c}OV}$ odtok z odlehčovací komory dále na ČOV [l/s]

m poměr ředění

$Q_{h,max}$ maximální hodinový průtok splaškových vod na přítoku do OK [l/s]

Tab. 7.6. Poměry ředění pro jednotlivé odlehčovací komory

| Jednotky | | V1E | V4A | V3A | V1AI | V1EA | V1AH | V1AG |
|--|-----|------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Prům. bezdeštný průtok k OK $Q_{bez d}$ | l/s | 3,62 | 7,94 | 21,47 | 0,22 | 2,73 | 1,31 | 3,24 |
| Max. bezdeštný průtok vč. balastních vod $Q_{h,max}$ | l/s | 9,41 | 20,37 | 52,95 | 0,58 | 7,10 | 3,41 | 7,46 |
| Odtok z OK $Q_{\check{c}OV}$ | l/s | 28.23 | 285.18 | 423.60 | 245.34 | 71.00 | 51.15 | 44.76 |
| $Ke Q_{h,max}$ | - | 3.0 | 14.0 | 8.0 | 423.0 | 10.0 | 15.0 | 6.0 |
| Poměr ředění m $K Q_{bez d}$ | - | 6.8 | 34.9 | 18.7 | 1114.2 | 25.0 | 38.0 | 12.8 |

Vyhodnocení:

Uvažovanému poměru ředění 1:5 nevyhovuje pouze odlehčovací komora V1E, kde je poměr ředění vztažený k $Q_{h,max}$ pouze 1:3. Naopak jako naddimenzovaná se jeví odlehčovací

komora V1AI, kde poměr ředění dosahuje hodnot, které nelze ve stokové síti dosáhnout, proto je zde uvažováno s nulovou hodnotou množství přepadající vody. Tato komora neplní tudíž svůj účel a jeví se jako nadbytečná. Příčinou je nejspíše dodatečné navýšení přelivné hrany v této odlehčovací komoře, jak je zřejmé ze schématu z tab.7.2. Ostatní odlehčovací komory vyhovují požadovaným emisním kritériím.

Látkové zatížení recipientu

Následující tabulka (tab.7.7) ukazuje předpokládaná roční množství znečištění, které je vnášeno do řeky Jihlavy v předmětném úseku. Pro výpočet znečištění byly převzaty hodnoty koncentrací z tabulky složení splaškových vod [9] pro zředěné odpadní vody následovně: pro ChSK je uvažované koncentrace 250 mg/l, pro NL je 100 mg/l, pro rozpuštěné látky uvažují s koncentrací 250 mg/l, pro celkový dusík je uvažováno s hodnotou 20 mg/l a celkový fosfor 4 mg/l odpadní vody zaústěné do recipientu.

Tab. 7.7. Látkové zatížení recipientu z odlehčovacích komor

| Jednotky | | V1E | V4A | V3A | V1AI | V1EA | V1AH | V1AG |
|-----------------------------|---------------------|--------|-------|--------|------|--------|-------|--------|
| Počet přepadů | rok ⁻¹ | 86 | 28 | 58 | 0 | 89 | 70 | 116 |
| Celková doba trvání přepadů | hod | 29,9 | 6,2 | 19,7 | 0 | 44,9 | 19,5 | 79,2 |
| Objem přepadů | m ³ /rok | 16 438 | 5 197 | 62 680 | 0 | 11 957 | 8 710 | 29 928 |
| ChSK | kg | 4 110 | 1 299 | 15 670 | 0 | 2 989 | 2 178 | 7 482 |
| NL | kg | 1 644 | 520 | 6 268 | 0 | 1 196 | 871 | 2 993 |
| RL | kg | 4 110 | 1 299 | 15 670 | 0 | 2 989 | 2 178 | 7 482 |
| N _{tot} | kg | 329 | 104 | 1 254 | 0 | 239 | 174 | 599 |
| P _{tot} | kg | 66 | 21 | 251 | 0 | 48 | 35 | 120 |

Vyhodnocení:

Z uvedených hodnot vyplývá, že v řešeném úseku toku řeky Jihlavy činí celkové množství CHSK 33,7 t/rok, rovněž stejné množství rozpuštěných látek, dále pak 13,5 t/rok NL, množství celkového dusíku činí 2,7 t/rok a více jak fosforu 0,5 t/rok.

7.3 POSOUZENÍ SPLNĚNÍ IMISNÍCH KRITÉRIÍ

7.3.1 Výpočet hydraulického narušení

Jelikož je posuzováno více odlehčovacích komor na délce zhruba 2 km, dochází zde ke vzájemnému spolupůsobení těchto vlivů mezi jednotlivými komorami. Posouzení bylo provedeno na součet všech $Q_{přep,1}$ ze stávajících výustí. Přípustný faktor zvýšení Q_1 byl stanoven z poměru Q_2/Q_1 (dle Tab. 7.3) na hodnotu 1,375.

Maximální srážkový odtok ze všech výustí odlehčovacích komor nemá překročit 10-50% přirozeného neovlivněného jednoletého průtoku.

$$Q_{přep,1} \leq xQ_1 \quad (7.4.)$$

$Q_{přep,1}$ jednoletý průtok ze všech vyústí OK [m^3/s]

x 0,1-0,5 nebo maximálně (Q_2/Q_1-1)

Maximální hodnota navýšení průtoku x je v tomto případě rovna 0,375 a tudíž suma průtoků by neměla překročit 1,6 m^3/s a maximálně 6 m^3/s . Tak by tedy nemělo docházet k navýšení průtoku při jednoletém průtoku nad hodnoty 17,6 m^3/s a maximálně hodnoty Q_2 tj. 22 m^3/s . Jelikož stávající dno řeky je tvořeno převážně jílovitými a písčitými naplaveninami s malou variabilitou šířky koryta a tudíž i s nízkým potenciálem znovuosídlení je v některých úsecích doporučena nižší hodnota násobku x pro splnění imisních kritérií. Výpočet hydraulického zatížení a vyhodnocení je obsaženo v následující tabulce (Tab. 7.8). Kulminační přepadající průtoky $Q_{přep,1}$ z jednotlivých odlehčovacích komor byly převzaty z generelu odvodnění [15].

Tab. 7.8. Imisní kritéria a posouzení hydraulického zatížení toku

| Jednotky | | V1E | V4A | V3A | V1AI | V1EA | V1AH | V1AG |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Charakter dna pod výustí | | přírozené, bahnité | přírozené, bahnité | zpevněné, písek, štěrky | přírozené, štěrky | přírozené, štěrky | přírozené, písek, bahno | přírozené, štěrky |
| Variabilita šířky vodní hladiny | | omezená | omezená | žádná | omezená | omezená | omezená | omezená |
| Potenciál znovuosídlení | | střední | střední | nízký | nízký | nízký | střední | střední |
| Přípustný faktor zvýšení Q_1 | | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| Přípustné zatížení | Q_1 | m ³ /s | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | max $Q_{přep,1}$ | m ³ /s | 4.8 | 4.8 | 1.6 | 3.2 | 3.2 | 4.8 |
| | max Q_{tok} | m ³ /s | 20.8 | 20.8 | 17.6 | 19.2 | 19.2 | 20.8 |
| Skutečné zatížení stávající stav | $Q_{přep,1}$ | m ³ /s | 0.38 | 0.31 | 1.44 | 0.00 | 0.69 | 0.37 |
| | $\Sigma Q_{přep,1}$ | m ³ /s | 0.38 | 0.69 | 2.13 | 2.13 | 2.82 | 3.19 |
| | Q_{tok} | m ³ /s | 16.38 | 16.69 | 18.13 | 18.13 | 18.82 | 19.19 |
| | Q_{tok}/Q_1 | - | 1.02 | 1.04 | 1.13 | 1.13 | 1.18 | 1.20 |
| | Vyhodnocení | N/V | V | V | N | V | V | V |

Jako nevyhovující z hlediska hydraulického zatížení toku je pouze vyústění z odlehčovacích komory V3A, které se nachází v prostoru pod stávajícím jezem, kde je zpevněné dno, šířka hladiny je konstantní vzhledem k opevnění břehů a potenciál znovuosídlení je zde díky stavebním úpravám nízký. Vhodným řešením pro odstranění nevyhovujícího stavu v místě zaústění V3A by bylo provést úpravu stávajících zpevněných břehů, doplnění břehových porostů a tím zvýšení potenciálu znovuosídlení, jelikož úprava dna vzhledem ke stávajícímu jezu není možná z důvodu vymílání dna. Ostatní zaústění nepřekročí přípustný faktor zvýšení jednoletého průtoku na řece v rozsahu zájmového území. Další posouzení imisních kritérií nebylo v rámci této práce prováděno a to i s ohledem na absenci vstupních dat pro imisní posouzení.

7.4 ROZBORY KVALITY VODY V RECIPIENTU

V rámci řešeného generelu odvodnění [15] byla provedena i monitorovací kampaň kvality vody v recipientech. Zájmového území řešeného v rámci této práce se dotýkaly dva vzorky, které byly odebrány 17. 9. 2003. Vzorek K1 byl odebrán nad zájmovým územím, které ještě nebylo ovlivněno zaústěním přepadových vod z odlehčovacích komor a vzorek K2 byl

odebrán v rámci stejné kampaně nad soutokem řeky Jihlavy a Jihlávky, tudíž hned pod řešeným územím. Zjištěné hodnoty rozbohem jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 7.9).

Tab. 7.9. Zjištěné hodnoty znečištění v recipientu

| Vzorek | jednotka | K1 | K2 |
|--------------------|----------------------|----------------|--------------|
| Lokalita | | Romana Havelky | Nad soutokem |
| CHSK _{Cr} | mg O ₂ /l | 20 | 37 |
| NL | mg/l | 16 | 26 |
| P celk. | mg/l | 0.38 | 0.47 |
| BSK | mg O ₂ /l | 4.9 | 5.5 |
| Amoniakální dusík | mg/l | <0.5 | <0.5 |
| Dusičnanový dusík | mg/l | 3.2 | 2.4 |
| Dusitanový dusík | mg/l | 0.11 | 0.04 |
| Anorganický dusík | mg/l | 3.8 | 2.9 |

Z uváděných měření je vidět nárůst CHSK_{Cr}, NL, P_{celk} a BSK, což lze určitě přičíst na vrub právě zaústěním vod z přepadů odlehčovacích komor, naopak uvedené formy dusíku zde vykazují pokles pod zájmovým územím oproti toku nad uvažovanými zaústěními z odlehčovacích komor.

8 ZÁVĚR

Ve zpracované bakalářské práci jsem se věnoval problematice odlehčovacích komor a jejich vlivu na recipient. Nejprve jsem vymezil z uvedených podkladů legislativní rámec pro tyto objekty na stokových sítích a poté jsem se zabýval výčtem typů odlehčovacích komor a postupem při jejich navrhování na jednotné stokové síti. Další kapitoly jsem věnoval problémům, které vznikají při zaústění přepadajících vod z odlehčovacích komor do vodního toku a jaká rizika to pro recipient obnáší. V rámci této problematiky odlehčovacích komor jsem provedl i tabelární seřídění způsobu hodnocení vlivu komor na recipient v okolních zemích, ze kterého je patrné, že „rozvinutější“ země chrání své vodní toky a zdroje více a to nejen, že předepisují hodnoty emisních limitů, ale více je soustředí na hodnoty imisní, které lépe dokumentují ekologický stav daného toku.

Na základě tohoto shrnutí jsem si následně vybral lokalitu na řece Jihlavě, do které jsou zaústěny právě přepady z dešťových oddělovačů, a hodnotil jsem jejich vliv na konkrétní vodní tok. Z dostupných podkladů jsem provedl nejprve posouzení splnění emisních kritérií (kap. 7.2), z těchto výsledků lze konstatovat, že pro posuzovaný celek jsou splněny předepsané minimální účinnosti pro rozpuštěné a nerozpuštěné látky, které jsou odváděny na čistírnu odpadních vod ve městě.

Ovšem nejsou splněny požadavky na minimální poměr ředění u jedné z odlehčovacích komor, konkrétně u V1E, kde by vhodným řešením k nápravě bylo dodatečné navýšení stávající přelivné hrany nebo osazení výškově nastavitelné přelivné hrany, dalším potřebným krokem je navýšení dimenze na odtoku (stávající je DN200) z této odlehčovací komory a její doplnění o stavítko pro regulaci odtoku dále do stokové sítě. Ostatní odlehčovací komory splňují minimální požadované hodnoty poměru ředění. V obráceném úhlu pohledu se jeví komora V1AI, kde nedochází k žádnému odtoku do recipientu, tudíž se jeví jako nadbytečná na stávající stokové síti.

Dále jsem provedl porovnání vnosu hydraulického zatížení a látkového zatížení, kde bylo zjištěno, že nejvíce negativně přispívají do toku odlehčovací komory V3A a V1AG, která má navíc i nejvyšší počet předpokládaných přepadů za rok. Řešením pro komoru V3A by byl dodatečný návrh dešťové nádrže pro zachycení přelivných vod, což by vedlo ke snížení vnosu nerozpuštěných látek do toku, které v současné době činí 6,3 t/rok. U odlehčovací komory V1AG bych doporučoval nejprve provést úpravu stávající přelivné hrany s následným doplněním rovněž o dešťovou nádrž. Obě tyto komory jsou vzdáleny od vodoteče tak, aby

případné dešťové nádrže mohly být výškově osazeny nad hladinu Q_{100} , což nelze provést u ostatních vyústění, jelikož zde jsou odlehčovací komory situovány v těsné blízkosti vodního toku.

Jako poslední posouzení jsem provedl hydraulické narušení toku s imisního hlediska, kde jsem dospěl k závěru, že pouze vyústění od komory V3A překračuje přípustný faktor zvýšení Q_1 podle metodické příručky [7]. Jako řešení se zde nabízí provést úpravu břehových hran a doplnění doprovodné vegetace.

Z uvedených hodnocení se jeví jako nejvíce problémová odlehčovací komora V3A, která se v řešeném úseku podílí nejvyšším vnosem hydraulického a látkového znečištění do toku, rovněž tak překračuje i hydraulické zatížení s imisního hlediska.

Závěrem lze konstatovat, že doporučená řešení pro snížení množství přepadů, a s tím související hydraulické a látkové zatížení toku, je vhodné provést na řešených odlehčovacích komorách jako celku a nikoliv řešit pouze dílčí úpravy na jedné komoře v zájmovém území, která pak následně splní emisní limity, ale při posouzení v rámci celé oblasti nemusí být dosaženo požadovaných standardů.

Pro zjištění skutečného stavu vodního toku jsem ještě doplnil část, kde jsou uvedeny výsledky monitorovací kampaně v zájmovém území, ze kterých je patrné, že sice dochází k navýšení hodnot $CHSK_{Cr}$, NL , P_{celk} a BSK , ale naopak porovnávané formy dusíku zde vykazují pokles pod zájmovým územím oproti toku nad řešeným územím.

A jelikož jsou okolní plochy podél řeky určeny k zainvestování pro volnočasové aktivity, měla by být navržená opatření na stokové síti a odlehčovacích komorách provedena před uvedením volnočasových areálů do provozu.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČR. ZÁKON č. 254/2001 Sb.: o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 76/2002 Sb., zákonem č. 320/2002 Sb., zákonem č. 274/2003 Sb., zákonem č. 20/2004 Sb., zákonem č. 413/2005 Sb., zákonem č. 444/2005 Sb., zákonem č. 186/2006 Sb., zákonem č. 222/2006 Sb., zákonem č. 342/2006 Sb., zákonem č. 25/2008 Sb., zákonem č. 167/2008 Sb., zákonem č. 181/2008 Sb. zákonem č. 157/2009 Sb., zákonem č. 227/2009 Sb., zákonem č. 281/2009 Sb. a zákonem č. 150/2010 Sb. In: *150/2010*. 2010, 53. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/>
- [2] ČR. NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 23/2011 Sb. ze dne 22. prosince 2010: kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 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, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. In: *23/2011*. 2010, 8. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/105217/sb0008_2011_23_2011.pdf.
- [3] 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.
- [4] ČSN EN 752 (75 6110). *Odvodňovací systémy vně budov*. ČR: Český normalizační institut, 2008. Dostupné z: www.cni.cz
- [5] ČSN 75 7221. *Jakost vod: Klasifikace jakosti povrchových vod*. ČR: Český normalizační institut, 1998. Dostupné z: www.cni.cz
- [6] ASOCIACE ČISTÍRENSKÝCH EXPERTŮ ČESKÉ REPUBLIKY. *POSOUZENÍ STOKOVÝCH SYSTÉMŮ URBANIZOVANÝCH POVODÍ*. 2009, 83 s. Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf
- [7] ČESKÁ VĚDECKOTECHNICKÁ VODOHOSPODÁŘSKÁ SPOLEČNOST. *METODICKÁ PŘÍRUČKA POSUZOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH ODDĚLOVAČŮ JEDNOTNÝCH STOKOVÝCH SYSTÉMŮ V URBANIZOVANÝCH ÚZEMÍCH*. 2010, 73 s. Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/40/12023-Metodicka%20prirucka_verze_24.pdf
- [8] KREJČÍ a kol. (2002): *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup* (Eds. P. Hlavínek a E. Zeman), NOEL 2000, Brno.
- [9] HLAVÍNEK, Petr a Jaromír ŘÍHA. *Jakost vody v povodí*. Brno: VUT Brno, FAST, 2006. Dostupné z: <https://intranet.study.fce.vutbr.cz/>
- [10] MIČÍN, Jan. *Stokování a čištění odpadních vod I.: Stokování*. první. Brno: SNTL Praha, 1980. ISBN 413 - 33095.
- [11] MIČÍN, Jan. *Stokování a čištění odpadních vod: Návody do cvičení I - stokování*. první. Brno: Moravské tiskařské závody, n.p., 1982.
- [12] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 253 s. ISBN 80-214-2535-0.
- [13] HODOVSKÝ, Jan. ODBOR OCHRANY VOD MŽP. *Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP: k nařízení vlády č.229/2007 Sb*. Praha, 2007, 55 s. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/>

- [14] KABELKOVÁ, Ivana, HAVLÍK a Radovan HALOUN. *ZAHRANIČNÍ PŘÍSTUPY K HODNOCENÍ VLIVU DEŠŤOVÝCH ODDĚLOVAČŮ NA RECIPIENTY: REŠERŠE A DOPORUČENÍ PRO PODMÍNKY ČR*. Brno: ARDEC s.r.o., 2008, s. 173-180. ISBN 80-86020-59-2.
- [15] HYDROPROJEKT CZ A.S. *Generel odvodnění pro město Jihlava*. 2004.
- [16] TNV 75 6262. *Odlehčovací komory a separátory*. ČR: Český normalizační institut, 2003.

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|-------|
| Tab. 5.1: Příklady opatření zaměřených na specifické problémy související s dešťovými oddělovači | 32 |
| Tab. 6.1: Návrhová, emisní a imisní kritéria pro návrh odlehčovacích komor ve vybraných zemích | 35-37 |
| Tab. 7.1. Základní charakteristiky povodí jednotlivých odlehčovacích komor | 38 |
| Tab. 7.2. Seznam odlehčovacích komor v řešeném území | 40-42 |
| Tab. 7.3. N-leté průtoky – stanice Dvorce | 43 |
| Tab. 7.4. M-denní průtoky – stanice Dvorce | 43 |
| Tab. 7.5. Emise vody z dešťových oddělovačů dle generelu | 43 |
| Tab. 7.6. Poměry ředění pro jednotlivé odlehčovací komory | 45 |
| Tab. 7.7. Látkové zatížení recipientu z odlehčovacích komor | 46 |
| Tab. 7.8. Imisní kritéria a posouzení hydraulického zatížení toku | 48 |
| Tab. 7.9. Zjištěné hodnoty znečištění v recipientu | 49 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. 3.1. OK s přepadem přímým kolmým | 9 |
| Obr. 3.2. OK s přepadem přímým šikmým | 9 |
| Obr. 3.3. OK s přepadem přímým obloukovým | 10 |
| Obr. 3.4. OK s přepadem přímým lomeným | 10 |
| Obr. 3.5. OK s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou | 11 |
| Obr. 3.6. OK s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou | 11 |
| Obr. 3.7. OK s přepadem jednostranným bočním v oblouku | 11 |
| Obr. 3.8. OK s přepadem oboustranným bočním se šikmými hranami | 12 |
| Obr. 3.9. OK s přepadem přímým kolmým se škrťící tratí | 12 |
| Obr. 3.10. OK s přepadem bočním se šikmou hranou a se škrťící tratí | 13 |
| Obr. 3.11. OK s přepadajícím paprskem | 14 |
| Obr. 3.12. OK s horizontální dělicí stěnou | 15 |
| Obr. 3.13. Trubní odlehčovací komora | 16 |
| Obr. 4.1. Podélný profil fyzikálních a chemických faktorů pod zaústěním odpadních vod do recipientu (podle Hynese, 1960) [9] | 25 |
| Obr. 5.1: Schéma postupu prací při posuzování vlivu dešťových oddělovačů a návrhu opatření [7] | 31 |
| Obr. 7.1. Situace zájmového území | 39 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- Q_{COV} - maximální průtok, který bude odtékat dále na čistírnu [l/s]
- Q_h - bezdeštný odtok splašků [l/s]
- m - násobek ředění [-]
- $1 + n$ - poměr ředění [-]
- F_{RED} - redukováná plocha území náležícího k odlehčovací komoře [ha]
- F - plocha území náležícího k odlehčovací komoře [ha]
- K - součinitel vyjadřující kvalitu odpadních vod [-]
- $Q_{\text{deště}}$ - současný přítok dešťových vod do odlehčovací komory [m^3/s]
- Q_{270} - průtok vody v recipientu dosažený či překročený min. 270 dní v roce [m^3/s]
- PO - průměrný počet obyvatel na hektar [PO/ha]
- i_n - nejnižší intenzita blokového deště, použitá při dimenzi stoky před OK [l/s/ha]
- Q - přepadající množství vod [m^3/s]
- h - přepadová výška [m]
- b - délka přelivné hrany [m]
- μ - součinitel přepadu [-]
- v - přítoková rychlost [m/s]
- x - vzdálenost od počátku přepadu [m]
- y - výška přepadající vody ve vzdálenosti x [m]
- h - výška hladiny přitékající vody nad přelivem [m]
- d - průměrná šířka přitékající vody nad přelivem; je dána poměrem $d = \frac{Q}{h_v}$ [m]
- v - přítoková rychlost vody [m/s]
- Q - přepadající množství vody [m^3/s]
- α - úhel mezi směrem přitékající vody a přelivem
- μ - součinitel [0,61]

- E_k - kinetické energie [J]
- ρ - hustota kapaliny [kg/m^3]
- ΔQ_x - přepadající objem vody ve vzdálenosti x [m^3/s]
- η_v - podélná složka rychlosti v hraně přelivu [m/s]
- ΔE - úbytek energetické výšky [m]
- Δz - součet uvažovaných ztrát [m]
- I - podélný sklon přelivné hrany
- m - přepadový součinitel [-]
- z - polohová výška nad srovnávací rovinou [m]
- y - hloubka vody nade dnem [m]
- $\frac{\alpha Q}{2g S^2}$ - člen charakterizující rychlostní výšku [m]
- D - profil škrťící tratě [m]
- I_s - sklon dna škrťící tratě
- I_p - sklon tlakové čáry
- v - rychlost ve škrťící trati [m/s]
- L - délka škrťící tratě [m]
- η_{dest} - účinnost odváděných látek na ČOV [%]
- V_{dest} - roční množství dešťového odtoku přitékající do jednotné kanalizace [m^3/rok]
- V_{OK} - roční množství vody odtékající z OK do recipientu [m^3/rok]
- η_{NL} - účinnost odváděných nerozpuštěných látek na ČOV [%]
- $V_{\text{OK, DN}, j}$ - roční množství vody odváděné do recipientu přes průtočnou nádrž j [m^3/rok]
- $Q_{h, \text{max}}$ - maximální hodinový průtok splaškových vod na přítoku do OK [l/s]
- $Q_{\text{přep}, 1}$ - jednoletý průtok ze všech vyústí OK [m^3/s]
- x - 0,1-0,5 nebo maximálně (Q_2/Q_1-1)

SEZNAM PŘÍLOH

- nejsou

SUMMARY

In this Bachelor thesis I discuss the issue of sewer overflow chambers and their impact on the receiving watercourse. First I present the legislative framework for chambers on the sewage network. Next I list the types of overflow chambers and the procedures for their design in a combined sewage network. In the following chapters, I consider the problems that surround the discharge of the effluent from the overflow chambers into a watercourse and the risks that arise from this process for the recipient.

Following the initial overview, I evaluate the impact of combined sewer overflow on an actual watercourse. I select one location on the River Jihlava, which is used to absorb the combined sewer overflow.

First, I assess the compliance with emission limits on the basis of accessible data. The assessment shows that the system met the emission limits in terms of minimal prescribed operability in handling soluble and insoluble materials, which are carried away to the municipal treatment plant. It, however, does not satisfy the requirement of minimal dilution ratio in one of the overflow chambers.

This shortcoming can be easily rectified by raising the current overflow edge or supplying it with a height-adjustable overflow edge.

Second, I compare the effect of hydraulic and pollutant stress on individual chambers. The comparison reveals that the combined stresses most negatively impacted the overflow chamber V3A and VIAG, which as a result had the highest number of expected spill-overs per annum. In light of these findings, I suggest measures to decrease this impact.

Finally, I claim that the design measures proposed to decrease the overflow volume, and associated hydraulic and pollutant stress, must be carried out on an entire sewerage system instead of individual overflow chambers. Solutions applied to a single overflow chamber in an area of interest may place that particular area within the emission limits, but the entire regional system may upon appraisal still fall beneath the required standard.