



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ÚČINNOST ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

THE EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Veronika Singrová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVISŤE	Ústav vodního hospodářství obcí

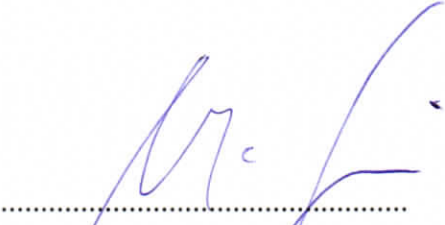
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT	Veronika Singrová
NÁZEV	Účinnost čistíren odpadních vod
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016


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




.....
prof. Ing. Restislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Úplné znění nařízení vlády č. 23/2011 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. Česká republika, 2011.
- [2] HLAVÍNEK, Petr. Intenzifikace čistíren odpadních vod. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 235 s. ISBN 80-860-2001-0.
- [3] LIN, Shundar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, xi, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [4] PYTL, Vladimír. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 1. vyd. Líbeznice u Prahy: Medim pro SOVAK ČR, 2004, x, 209 s. ISBN 80-239-2528-8.
- [5] MALÝ, Josef; Malá, Jitka. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [7] Periodika Vodní stavitelství, Sovak.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Student v rámci práce provede srovnání získaných dat z několika ČOV. Koncentrační hodnoty na přítoku a odtoku z ČOV porovná s platnými legislativními předpisy. Cílem bakalářské práce je statistické srovnání celkových účinností s požadovanými povolenými limity na odtoku, BAT limity, projektovanými hodnotami ale také statistické vyčíslení překračovaných hodnot pro jednotlivé ukazatele při vypouštění odpadních vod.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....
Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem této práce je porovnání účinností několika čistíren odpadních vod z Jihomoravského kraje, které spadají do kategorie 500 - 2000 EO. Jsou zpracovány reálné koncentrace základních ukazatelů kvality vody na přítoku i na odtoku z čistírny odpadních vod za jedenáct let a je vyhodnocen počet překročení emisních standardů stanovených příslušnými městskými úřady. Dále je uvedeno srovnání účinností čištění odpadních vod pro jednotlivé ukazatele znečištění a jejich procentuální hodnoty jsou porovnány s nejnovějšími dostupnými technologiemi.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírna odpadních vod, ukazatele znečištění odpadních vod, emisní limity vypouštěných odpadních vod, účinnost čistírny odpadních vod.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to compare the efficiency of several South - Moravian wastewater treatment plants, which fall into the category 500 - 2000 equivalent inhabitants. Real concentrations of the basic water quality indicators on the inflow and outflow from the wastewater treatment for eleven years are processed and the number of exceeded emission standards set by the relevant city authorities is evaluated. The comparison of the efficiency of waste water treatment for individual indicators of pollution is presented and their percentage is compared with the newest available technologies.

KEYWORDS

Wastewater treatment plant, indicators of waste water pollution, emission limits for discharged waste water, the efficiency of wastewater treatment plants.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Veronika Singrová *Účinnost čistíren odpadních vod*. Brno, 2017. 80 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2017

Veronika Singrová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Petru Hlušíkovi, Ph.D. za odborné vedení, připomínky a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat pracovníkům Vodovodů a kanalizací Hodonín, a.s. za jejich ochotnou spolupráci, poskytnuté podklady a informace. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za veškerou podporu během celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	8
1.1	Cíl práce	8
1.2	Legislativa a normalizace	9
1.2.1	Česká republika	9
1.2.2	Evropská unie	10
2	UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ VYPOUŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD	11
2.1	Organické látky	11
2.1.1	Chemická spotřeba kyslíku	11
2.1.2	Biochemická spotřeba kyslíku	12
2.1.3	Vztah mezi biochemickou a chemickou spotřebou kyslíku	13
2.2	Nerozpuštěné látky	13
2.3	Fosfor	14
2.4	Dusík	15
3	VÝVOJ UKAZATELŮ PŘÍPUSTNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ	17
3.1	Zákony	17
3.1.1	Zákon 11/1955 Sb.....	17
3.1.2	Zákon 138/1973 Sb.....	17
3.1.3	Zákon 254/2001 Sb.....	18
3.2	Nařízení vlády	18
3.2.1	Nařízení vlády 25/1975 Sb.	18
3.2.2	Nařízení vlády 171/1992 Sb.....	19
3.2.3	Nařízení vlády 82/1999 Sb.	21
3.2.4	Nařízení vlády 61/2003 Sb.	22
3.2.5	Nařízení vlády 401/2015 Sb.....	26
4	VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	27
4.1	Složení odpadních vod	27
4.2	Kanalizační řád	28
4.3	Odběr vzorků	28
4.4	Poplatky za vypouštění odpadních vod	30
4.4.1	Poplatky za vypouštění odpadních vod do vod povrchových	30
4.4.2	Poplatky za vypouštění odpadních vod do vod podzemních	30

4.5	Dokument nakládání s vodami	31
5	ÚČINNOST ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	32
5.1	Přítok na čistírnu odpadních vod	32
5.2	Látkové zatížení	33
5.3	Koncentrace odpadních vod.....	34
5.4	Počet EO	34
5.5	Účinnost	35
6	PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE.....	37
6.1	Obecné informace o čistírnách.....	37
6.1.1	Povolení k vypouštění OV	38
6.1.2	Zpracovaná data.....	38
6.2	Vybrané čistírny odpadních vod.....	38
6.2.1	Čistírna odpadních vod v obci A	39
6.2.2	Čistírna odpadních vod v obci B.....	42
6.2.3	Čistírna odpadních vod v obci C.....	45
6.2.4	Čistírna odpadních vod v obci D	48
6.2.5	Čistírna odpadních vod v obci E.....	51
6.2.6	Čistírna odpadních vod v obci F.....	54
6.2.7	Čistírna odpadních vod v obci G	57
6.2.8	Čistírna odpadních vod v obci H	60
6.3	Srovnání účinností čistíren	63
6.3.1	Překročené emisní standardy	63
6.3.2	Poměry ukazatelů znečištění odpadní vody	64
6.3.3	Vyhodnocení účinností	64
6.3.4	Porovnání počtu EO.....	67
6.3.5	Shrnutí	68
7	ZÁVĚR.....	70
	SEZNAM TABULEK	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
	SEZNAM GRAFŮ.....	77
	SUMMARY.....	80

1 ÚVOD

Začátky odvodňování na území České republiky sahají do první poloviny devatenáctého století. Budování stokových sítí sice vedlo ke zvýšení životní úrovně obyvatel ve městech, ale došlo tím pouze k přesunutí znečištění do recipientů. Postupně se tak kvalita vody v tocích stávala nevyhovující pro pitné i průmyslové účely a byla zdrojem velkého množství bakterií a původcem různých nemocí. Na základě toho docházelo k výstavbám prvních čistíren odpadních vod. [3]

K odvedení odpadních vod z domácností, průmyslových a dalších podniků slouží kanalizace, jejíž technický stav má také vliv na kvalitu vody. Kvůli netěsnostem a prasklinám je totiž umožněn vnik podzemní vody do stokového systému. Těmito balastními vodami je odpadní voda naředěna. To může mít negativní dopad na celkovou účinnost čištění nebo může dojít k hydraulickému přetížení čistírny odpadních vod.

Každé město či obec má specifické složení odpadních vod, které ovlivňuje samotný čistící proces, což je dáno především poměry koncentrací znečišťujících látek v této vodě a odkanalizováním průmyslových a zemědělských podniků, ve kterých by mělo být v případě nutnosti zajištěno předčištění procesních vod. Do kanalizace je zapotřebí vypouštět vody, které nejsou v rozporu s kanalizačním řádem. Jestliže tomu tak není, pak může docházet k poškození samotné kanalizace nebo k naprostému selhání čistících procesů na čistírnách odpadních vod.

V závislosti na způsobu kontroly jakosti vypouštěné vody do povrchových vod existuje emisní a imisní strategie. Imisní hledisko na rozdíl od emisního klade důraz na kvalitu vody v recipientu, do kterého jsou tyto vody vypouštěny. Jakékoliv vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních by mělo podléhat určitým pravidlům, podmínkám a povolením. Díky pravidelnému odebírání vzorků a měření množství vypouštěné vody pak dochází ke kontrole těchto vod.

Čištění odpadních vod je důležitým faktorem přispívajícím k ochraně životní prostředí. Silně znečištěné odpadní vody při vypouštění do vod povrchových nebo podzemních negativně ovlivňují kvalitu vody, faunu a flóru i estetické hledisko. Nehledě na to, že znečišťováním toků na území našeho státu je nepříznivě ovlivněna kvalita vody přítékající do sousedních zemí. Voda odtékající z čistíren odpadních vod naopak může svými vlastnostmi zlepšovat kvalitu vody v recipientu a v letních měsících pozitivně ovlivňovat i vodnatost toků. [18]

1.1 CÍL PRÁCE

Teoretická část je zaměřena na základní ukazatele odpadních vod, vývoj zákonů a nařízení vlády v čase, odběr vzorků, poplatky za vypouštění odpadních vod a na jejich složení. Dále jsou uvedeny výpočty účinností čištění odpadních vod, látkového zatížení a ekvivalentních obyvatel. Cílem praktické části práce je vyhodnocení účinností čistíren v osmi obcích ležících v Jihomoravském kraji. Dále jsou porovnány hodnoty koncentrací základních ukazatelů znečištění na přítoku a odtoku z čistíren odpadních vod. V závislosti na povolení k vypouštění odpadních vod jsou uvedeny počty překročení emisních standardů jednotlivých ukazatelů.

1.2 LEGISLATIVA A NORMALIZACE

Problematika zabývající se čištěním odpadních vod v České republice je řízena jednotlivými zákony, normami, nařízeními a vyhláškami, které jsou vydávány v rámci ČR i EU. V kapitolách 1.2.1 a 1.2.2 je uveden výčet nejdůležitějších dokumentů.

1.2.1 Česká republika

Na území České republiky byly vydány následující právní předpisy:

Zákony

- Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (zákon o vodách)
- Zákon č. 274/2001 Sb., zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- Zákon č. 17/1992 Sb., zákon o životním prostředí
- Zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Narízení vlády

- 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

Normy

- ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500
- ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
- ČSN ISO 5667-10 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod
- ČSN ISO 5667-14 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků - Část 14: Pokyny k zabezpečování jakosti odběru vzorků vod a manipulace s nimi

Vyhlášky

- Vyhláška č. 123/2012 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

1.2.2 Evropská unie

Od 1. května 2004 je Česká republika členem EU, čímž se zavazuje k plnění směrnic, které jsou unií vydávány.

- Směrnice Rady č. 91/271/EHS, ze dne 21. května 1991, o čištění městských odpadních vod
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

2 UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ VYPOUŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD

Existuje několik základních ukazatelů znečištění, jejichž množství je pro určité druhy odpadních vod charakteristické. Jejich měření provádíme ze vzorků vody na přítoku i odtoku z ČOV. Pomocí těchto indikátorů získáváme jasnou představu o koncentraci znečištění.

2.1 ORGANICKÉ LÁTKY

Organické látky, vyskytující se v odpadních vodách ve značném množství, jsou důležitým aspektem kyslíkového režimu těchto vod. Kyslík potřebný k oxidaci je totiž závislý na jejich koncentraci. Oxidační reakce pak probíhá pomocí oxidačního činidla, nebo působením aerobních bakterií. Podle tohoto kritéria dochází k následujícímu dělení: [6]

2.1.1 Chemická spotřeba kyslíku

Koncentrace organických látek je určena dle množství spotřebovaného oxidačního činidla, které je potřebné k jejich oxidaci. Dále jsou tyto výsledky přepočítány na kyslíkové ekvivalenty, jejichž jednotkou je $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [6]

Používané oxidující sloučeniny jsou manganistan draselný (KMnO_4) a dichroman draselný ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). V dnešní době je převážně upřednostňována druhá možnost. Oxidace manganistanem draselným se při analýze odpadních vod zásadně nepoužívá. [6]

V závislosti na struktuře organické látky a zvolení oxidačního činidla může docházet k oxidaci do různého stupně, který je následně porovnáván s teoretickou spotřebou kyslíku a je vyčíslen v procentech této spotřeby. Teoretická spotřeba kyslíku - TSK nám udává, kolik je na úplnou oxidaci (až na CO_2 a H_2O) 1 g organické látky potřeba kyslíku. [6]

CHSK je dále přepočítáno na obsah organických látek pomocí převodního koeficientu, který je závislý na jejich elementárním složení. Pro odpadní vody tedy existují různé převodní koeficienty, pohybující se od hodnoty 0,3 až do několika jednotek. Nižší hodnoty těchto koeficientů souvisí s nízkým obsahem kyslíku v molekule sloučeniny. [6]

Při stanovování CHSK je vždy nutné uvádět metodu, která byla použita - CHSK_{Cr} , CHSK_{Mn} . Díky větší síle oxidačního činidla $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bývají hodnoty CHSK_{Cr} oproti použití manganistanu draselného vyšší. Výhodou této sloučeniny je také její použitelnost u všech druhů odpadních vod. [2]

Stanovení CHSK_{Cr}

Za použití dichromanu draselného a katalyzátoru (síran stříbrný) dochází v 50 % kyselině sírové, při 150 °C k oxidaci organické látky po dobu 2 hodin. Silnější koncentrace kyseliny sírové by způsobila autoredukci dichromanu. Stejný výsledek by nastal i při prodloužení doby varu, což by ale bylo žádoucí s ohledem na to, že ne všechny látky jsou schopné úplné oxidace do 120 minut. [6]

Kvůli přítomnosti halogenů pak dochází k nežádoucímu účinku na výslednou hodnotu CHSK_{Cr} . Například chloridy mohou přímo zvyšovat spotřebu dichromanu draselného nebo reagují s organickými látkami a tím ovlivňují výsledek. Tyto negativní vlivy jsou odstraněny za pomoci síranu stříbrného a rtuťnatého. [6]

Obvyklé hodnoty

Odpadní vody mají hodnotu CHSK_{Cr} značně proměnnou. U splaškových vod se řádově jedná o stovky $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. V případě menších sídlišť se hodnota může vyšplhat až na $800 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Tisíce $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se pak objevují u vod z potravinářských průmyslů. U pitných vod z povrchových zdrojů se průměrné hodnoty CHSK_{Mn} pohybují v rozmezí $1,8 - 3,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, u podzemních zdrojů pak od $0,75 - 1,62 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž u CHSK_{Cr} jsou asi čtyřnásobně větší. [6]

U anorganicky oxidovatelných látek dochází během reakce také k jejich oxidaci. Je tedy nutné tyto látky eliminovat, protože tento fakt ve výsledku ovlivňuje hodnotu CHSK jako míru obsahu organických sloučenin. [2]

2.1.2 Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku probíhá pomocí aerobních bakterií oxidujících organické látky molekulárním (vzdušným) kyslíkem. Za standardních podmínek se předpokládá, že spotřeba kyslíku ve vzorku je ukazatelem obsahu organických (částečně i některých anorganických), biologicky rozložitelných látek, na rozdíl od CHSK, kde dochází i k oxidaci látek biologicky nerozložitelných. [2;6]

Jedná se o hlavní ukazatel kvality povrchových a odpadních vod, ve kterých jsou tyto bakterie přítomny. Potřeba naočkování těchto bakterií se objevuje jen u některých typů průmyslových odpadních vod. V takových případech nejlépe slouží aktivovaný kal. [2]

Úplná biochemická spotřeba kyslíku (BSK_u příp. BSK_{20}) ve splaškových vodách trvá obvykle 20 dní. Častěji je však spotřeba měřena po dobu pěti dní (BSK_5). V některých zemích se BSK stanovuje po sedmi dnech (BSK_7). [4]

Stanovení BSK_5

Při tzv. standardní zředovací metodě, kdy musí z důvodu malé rozpustnosti kyslíku ve vodě dojít ke zředění příliš znečištěného vzorku, se v lahvičce při 20°C měří úbytek kyslíku po pěti dnech. Celý děj probíhá bez přístupu vzduchu v uzavřených, zcela naplněných lahvích zkoumaným vzorkem vody. [2]

Ve tmě nedochází k nežádoucímu rozmnožení řas a vhodným inhibitorem zabráníme mikrobiální oxidaci amoniaku. Kvůli zředění však dochází ke snížení koncentrace potřebných bakterií a jejich substrátu. Navíc metoda probíhá při statických podmínkách (bez míchání), čímž se odlišuje od skutečnosti. Z tohoto důvodu může být reálná hodnota BSK odlišná od laboratorních výsledků. [2;6]

Další používané metody jsou metody respirometrické, které vycházejí z principu plynoměrné analýzy. Voda nemusí být ředěna a lze sledovat úplný průběh BSK, případně vliv toxických látek a další. Proto se využívá především v souvislosti s čištěním odpadních vod biologickou metodou. Zředovací metoda nemůže být touto metodou nahrazena, protože probíhá za úplně jiných podmínek. [6]

Při stanovování BSK na odtoku z čistění je třeba potlačit nitrifikaci. Dochází totiž k oxidaci jak organických uhlíkatých látek, tak k amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany. Spotřeba kyslíku pak vytváří dojem menší účinnosti biologické čistírny, což znevýhodňuje provozovatele. Tento jev zvyšuje hodnoty BSK, a proto není žádoucí. Při určování účinnosti čistění a kvality vody na odtoku z nich, je tedy potřeba od sebe oddělit oxidaci organického uhlíku a oxidaci anorganického dusíku. Nitrifikace bývá nejčastěji potlačena pomocí allylthiomočoviny, jejíž dávka je zvyšována se zvyšujícím se obsahem mikroorganismů potřebných k oxidaci. Dále je používán například chlorid amonný (inhibice vlastním substrátem). [6]

Obvyklé hodnoty

Hodnoty BSK₅ ve splaškových vodách se pohybují okolo 400 mg·l⁻¹. To odpovídá asi 60 g BSK₅ na obyvatele za den, což je považováno za specifickou produkci organického znečištění. Tisíce mg·l⁻¹ BSK₅ se objevují u některých průmyslových odpadních vod (především z potravinářských průmyslů). U pitných, užitkových a podzemních vod bývají hodnoty řádově nižší než 1 mg·l⁻¹, a proto se u nich BSK₅ nestanovuje. Povrchové vody běžného znečištění mají BSK₅ obvykle v jednotkách mg·l⁻¹. [6]

2.1.3 Vztah mezi biochemickou a chemickou spotřebou kyslíku

Neúplné rozložení veškeré biologicky rozložitelné organické hmoty způsobuje, že hodnoty BSK₅ jsou menší oproti hodnotám CHSK. Některé organické sloučeniny jsou dokonce oxidovány jen při podmínkách odpovídajících stanovení CHSK. [2]

$$TSK \geq CHSK \geq BSK_u \geq BSK_5 \quad (2.1-1)$$

Z poměru BSK₅ : CHSK vyplývá zastoupení látek ve vodě, které jsou za aerobních podmínek biologicky rozložitelné. Hodnota podílu roste s rostoucím množstvím těchto látek. Poměr dále souvisí s biologickou čistitelností odpadních vod, u kterých se pohybuje od 0,5 - 0,75. Biologicky vyčištěné vody jsou charakteristické rozmezím 0,1 - 0,2. [6]

2.2 NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY

Nerozpuštěné látky jsou významným ukazatelem kvality vod. Přírodní a užitkové vody obsahují nerozpuštěné látky ve formě hlinitokřemičitanů, hydratovaných oxidů kovů (mangan, železo, ...), fytoplanktonů, zooplanktonů, olejů, tuků a dalších. Nerozpuštěné látky se dále dělí na usaditelné, neusaditelné a vzplývavé. O suspenzích se hovoří tehdy, je-li ve vodách disperzní usaditelná tuhá fáze. Emulze naopak obsahují disperzní podíl kapalné

fáze. Podstatné jsou především koloidní disperze, jejichž částice mají velikost menší než $0,5 \mu\text{m}$ (resp. $1,0 \mu\text{m}$). [6]

Dělení na plaveniny, splaveniny a sedimenty se týká především povrchových vod. Plaveniny jsou označovány jako vznášivé tuhé částice, organické nebo anorganické. Po jejich usazení jsou označovány jako sedimenty. Nerozpuštěné látky unášené vodou se dále označují jako splaveniny. [6]

U nerozpuštěných látek je snaha alespoň o přibližný odhad obsahu organických a anorganických látek, což vychází ze ztráty žiháním sušiny. Je však třeba brát ohled na chemické složení NL, protože obsah organických látek nemusí být vždy úměrný ztrátě žiháním. [2]

Stanovení NL

Nerozpuštěné látky se z vod odstraňují filtrací nebo odstředěním. Druh filtru musí být vždy uveden. Nejčastěji se jedná o filtr membránový, jehož póry mají velikost okolo $1 \mu\text{m}$. Po zachycení látek se provede jejich vysušení při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ a následné zvážení. Látky na filtru nezachycené jsou označovány jako látky rozpuštěné, i když se může jednat i o látky koloidní. [2]

Žiháním při $550 \text{ }^\circ\text{C}$ dochází ke spálení organických látek odpadku (sušiny) na oxid uhličitý a vodu. Anorganické sloučeniny představují zbytek po žihání. Ztráta hmotnosti je tedy přisuzována organickým látkám. Je třeba zdůraznit, že část úbytku hmotnosti souvisí také s úbytkem vody vázané v anorganických sloučeninách. Pro odpadní vody (především u čistírenských kalů) je toto stanovení na rozdíl od vod s nízkým obsahem organických látek vhodné. [2]

Vzplývavé nerozpuštěné látky se dají stanovit hmotnostně ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), případně změřením jejich objemu po usazení ($\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$). [6]

Obvyklé hodnoty

U vod povrchových se množství NL pohybuje ve velkém rozmezí (př. Labe: $8 - 134 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Je však nutno zmínit, že zde hraje roli značný vliv např. povodní. Ve vodách minerálních a podzemních se většinou tyto látky nesledují. Při vypouštění odpadních vod hrají důležitou roli. Je zde sledováno množství těchto látek a překročení jejich požadovaných hodnot. Nerozpuštěné látky také slouží jako kritérium pro posouzení účinnosti ČOV. [6]

2.3 FOSFOR

Fosfor se dostává do vnějšího prostředí při úhynu nižších i vyšších organismů, které za svého života přeměnily fosfor na fosfor organicky vázaný. Jeho množství je ve vodách kontrolováno hlavně z důvodu eutrofizace povrchových vod. Minimální hodnoty jsou měřeny převážně v letním období, kdy je spotřebováván vodními rostlinami. [3]

Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor představuje celkový fosfor ve vodách. Organicky a anorganicky vázané jsou obě formy. Orthofosforečnany (soli kyseliny fosforečné) a polyfosforečnany (soli polyfosforečných kyselin) dále patří pod skupinu anorganický rozpuštěného fosforu. [3]

Největším zdrojem fosforu ve vodách jsou především fosforečná hnojiva ze zemědělsky obdělávaných půd a velkochovy hospodářských zvířat. Odpadní vody obsahující prací, mycí, čistící a lešticí prostředky a splaškové OV také přispívají ke zvyšování koncentrace fosforu. Organický fosfor se do vod dostává rozkladem biomasy fytoplanktonu a zooplanktonu, která je usazována na dně nádrží, jezer a toků. [3;6]

Stanovení P_{celk}

Ke stanovení fosforu se používá velké množství metod. K nejznámějším patří metody spektrofotometrické. V závislosti na množství celkového znečištění se používají dva druhy látek, díky kterým dochází k minerální oxidaci. Jedná se především o peroxidosíran draselný, kyselinu sírovou a kyselinu dusičnou. Metoda průtokové injekční analýzy (FIA) a kontinuální průtokové analýzy (CFA) využívají soustavu trubiček, kde dochází k reakci s činidly. Reakční produkt je následně měřen v průtočném detektoru. [36;37]

Obvyklé hodnoty

V mořské vodě je celková průměrná koncentrace fosforu $70 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Velmi nízkou koncentraci fosforu vykazují vody minerální, průměrně okolo $0,09 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. U pitných vod byla zjištěna průměrná hodnota orthofosforečnanového fosforu $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Splaškové vody mají mnohem vyšší koncentrace. Obvykle se ale jedná o jednotky $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž průměrná celková hodnota je $5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Podniky využívající velké množství pracích prostředků pak mají hodnoty v desítkách, a někdy dokonce i stovkách $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Průměrná produkce většinou odpovídá 2 - 3 g fosforu na osobu za den, přičemž 1,5 g z toho je vyloučeno člověkem. [6]

2.4 DUSÍK

Součet organicky a anorganicky vázaného dusíku představuje dusík celkový, který je podstatný pro základní charakteristiku vod. Amoniakální dusík, dusitany a dusičnany jsou anorganicky vázané formy dusíku a mají důležitou roli ukazatelů znečištění OV. Celková koncentrace organického a anorganického amoniakálního dusíku je pak označována jako Kjehldalův dusík. [2;3]

Součet koncentrací N-NH_3 (amoniakový dusík) a N-NH_4^+ tvoří celkový amoniakální dusík, který představuje hlavní produkt organických dusíkatých látek rostlinného i živočišného původu. Nedisociovaná forma - NH_3 je na rozdíl i od poměrně vysokých koncentrací disociované formy - NH_4^+ toxická. Při analýze vody se pak používá v hmotnostních koncentracích označení NH_3 nebo NH_4^+ . [2;3]

Podstatná část dusíku se ve vodách nachází kvůli jeho obsahu v atmosférických srážkách a v zemědělských půdách, které jsou následně splachovány. Jeho koncentraci také mírně zvyšují splaškové odpadní vody a průmysl. [2;3]

Nitrifikace (oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany) a denitrifikace (redukce dusičnanů a dusitanů na elementární dusík a oxid dusný) jsou základními přeměnami anorganických forem dusíku a představují podstatnou součást biologického čištění. [6]

Stanovení N_{celk}

Při stanovování celkového dusíku můžeme použít sumační metodu, která je založena na určení jednotlivých forem a následném součtu těchto hodnot. Celkový vázaný dusík se dá dále stanovit metodou přímou. Sloučeniny dusíku se za působení katalyzátoru oxidují na oxidy dusíku. Reakce probíhá v přítomnosti chemiluminiscenčního detektoru analyzátoru. Jiné přímé stanovení spočívá v oxidaci všech forem dusíku na dusičnany. [6]

Obvyklé hodnoty

Důležitým zdrojem sloučenin dusíku jsou splaškové odpadní vody. Specifická produkce závisí na vybavenosti domácností a obvykle se uvažuje hodnota 12 g na obyvatele za den. Hlavním zdrojem amoniakálního dusíku jsou odpadní vody ze zemědělství a živočišné výroby. Dusík se do vod dostává také z obdělávané půdy, na které jsou využívána dusíkatá hnojiva a z průmyslových podniků. [6]

Koncentrace amoniakálního dusíku je ve splaškových odpadních vodách značná (desítky $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). U průmyslových a zemědělských odpadních vod se koncentrace pohybují ve stovkách až tisících $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Podzemní vody za běžných podmínek nejsou na amoniakální dusík bohaté. Průměrné hodnoty se pohybují okolo $0,09 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. U vod pitných obvykle nedochází k překročení $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a průměr odpovídá $0,12 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [6]

3 VÝVOJ UKAZATELŮ PŘÍPUSTNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

V kapitole jsou zpracovány zákony týkající se vypouštění odpadních vod a sledovaných ukazatelů od roku 1955, které později nahradily jednotlivé nařízení vlády (od roku 1975), až do současnosti.

3.1 ZÁKONY

Od roku 1955 byly vydány tři zákony zabývající se touto problematikou. Vydáním nového zákona došlo zároveň ke zrušení předchozího.

3.1.1 Zákon 11/1955 Sb.

Zákon 11/1955 Sb., zákon o vodním hospodářství.

- o účinné znění od 1. 1. 1955 - 31. 3. 1975

Obsahuje zmínku o vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních. Jestliže existuje vyhovující čistící zařízení, případně je jinak postaráno o zneškodnění OV, vodohospodářský orgán vydá povolení o vypouštění těchto vod. Za vypouštění odpadních vod, dle jejich množství a obsahu znečišťujících látek, může vláda také stanovit poplatky. [7]

V zákoně nebyly jasně stanovené limitní hodnoty a nebylo ani upřesněno vypouštění odpadních vod do kanalizace.

3.1.2 Zákon 138/1973 Sb.

Zákon 138/1973 Sb., zákon o vodách (vodní zákon).

- o účinné znění od 1. 4. 1975 - 31. 12. 2001

Zabývá se vypouštěním odpadních a zvláštních vod do povrchových a podzemních nebo do kanalizace. Poplatky za nedovolené vypouštění určuje vodohospodářský orgán. [8]

Vypouštění do vod povrchových a podzemních

Vodohospodářský orgán stanoví podmínky měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních a množství jejich znečištění. Dále může stanovit místo a způsob měření včetně četnosti odevzdávání výsledků, které musí být tomuto orgánu předávány. Ten, kdo odpadní vody vypouští do vod povrchových či podzemních, je povinen zajistit jejich zneškodnění odpovídajícím technickým způsobem, jdoucím s vývojem těchto zařízení. Jakost povrchových či podzemních vod nesmí být tímto jednáním zhoršena nebo ohrožena. [8]

Ukazatele přípustného znečištění a jejich hodnoty jsou stanoveny vládou. Vodohospodářský orgán dále povoluje ve výjimečných případech určených vládou překročení těchto limitů a vypouštění většího množství znečištění v časově omezené době. Na základě jeho rozhodnutí je možné při náhlé nutnosti ochrany vody přípustné hodnoty snížit či stanovit další ukazatele včetně jejich hodnot. [8]

Vypouštění do veřejné kanalizace

Množství vypouštěných odpadních vod a jejich nejvyšší přípustná míra znečištění jsou stanoveny kanalizačním řádem, který schvaluje vodohospodářský orgán. Dále zákon jasně stanovuje látky, které za odpadní vody nejsou považovány. Jejich vypouštění do veřejné kanalizace je zakázáno. [8]

Některé vody vyžadují před jejich vypouštěním čištění. To je následně povoleno vodohospodářským orgánem, jestliže splňují požadavky dané kanalizačním řádem. [8]

3.1.3 Zákon 254/2001 Sb.

Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

- účinné znění od 1. 1. 2002

Obsahuje informace o poplatcích za vypouštění odpadních vod včetně jejich výše, s čímž souvisí sledování, měření a následná evidence vypouštěných vod. [9]

Popisuje povolení k vypouštění odpadních vod, které zahrnují zvláště nebezpečné závadné látky. Vodoprávní úřad na základě emisních limitů povoluje vypouštění takových vod do kanalizace. [9]

Zákon dále definuje vody, které jsou za odpadní považovány, a které nikoliv. Specifikuje vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních. [9]

3.2 NAŘÍZENÍ VLÁDY

Od roku 1975 byly pomocí nařízení vlády více specifikovány základní ukazatele znečištění vypouštěných odpadních vod a jejich kontrola. Vláda vydala celkem pět nařízení, které byly často doplňovány příslušnými novelami.

3.2.1 Nařízení vlády 25/1975 Sb.

Nařízení vlády České socialistické republiky 25/1975 Sb., pro stanovení ukazatele přípustného znečištění vod.

- účinné znění od 1. 4. 1975 - 15. 4. 1992

Vypouštění do vod povrchových a podzemních

Povolení k vypouštění odpadních a zvláštních vod do vod povrchových vydávají vodohospodářské orgány na základě tohoto nařízení. V některých případech mohou stanovit hodnoty přísnější, maximálně však do výše hodnot stanovených pro vodárenské toky. [10]

Vypouštění do podzemních vod je povolováno výjimečně. Vody nesmí ohrozit nebo zhoršit jakost podzemních vod, a proto musí dojít před vypouštěním k jejich čištění. [10]

Množství látek v recipientu po smíšení s odpadními vodami

Dochází k přepočtu vypouštěných vod s ohledem na místní poměry v recipientu, při kterém je využíváno Q_{355} denního průtoku. Ukazatele tedy charakterizují množství látek po smíšení. Tyto limity jsou nazývány jako imisní. [10]

Rozborem vod dle technických norem zjišťujeme jakost vody v recipientu. Nejpodstatnější jsou výsledky z rozboru provedeného při Q_{355} . [10]

U vodárenských toků musí být jejich stanovené ukazatele vyhovující v kterémkoliv místě. V závislosti na nakládání s vodami určuje vodohospodářský orgán místa pro ostatní povrchové vody, ve kterých musí ukazatele vyhovět. [10]

Jestliže jsou ukazatele jakosti povrchových vod již horší než povolené, pak je zakázáno tento ukazatel vypouštěním ještě zhoršovat. [10]

Tab. 3.2-1 Vybrané ukazatele přípustného množství látek v povrchových vodách [10]

Ukazatel	Hodnoty platné ve vodárenských tocích	Hodnoty platné v ostatních povrchových vodách	Poznámka
BSK₅ [mg O₂·l⁻¹]	max. 4	max. 8	
Dusičnanové ionty (NO₃) [mg·l⁻¹]	max. 15	max. 50	
Amoniak a amonné ionty (NH₄⁺) [mg·l⁻¹]	max. 0,5	max. 3	Ve vodárenských tocích nesmí být volný amoniak vůbec
Rozpuštěný kyslík [nasyčení v %]	min. 70	min. 50	Vylučují se rozboru nočních a ranní vzorků

Dále se v tabulce objevovaly limity pro prvky jako je vápník, hořčík, železo, mangan. Z těžkých kovů potom olovo, rtuť, arsen, měď, stříbro a další. [10]

3.2.2 Nařízení vlády 171/1992 Sb.

Nařízení vlády České republiky 171/1992 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod.

- účinné znění od 16. 4. 1992 - 31. 5. 1999

Které bylo následně upraveno novelou:

Nařízení vlády č. 185/1996 Sb.

Nařízení vlády, kterým se mění a doplňuje nařízení vlády č. 171/1992 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod

- účinné znění od 1. 9. 1996 - 31. 5. 1999

Vypouštění do vod povrchových a podzemních

Povrchové vody by vypouštěním odpadních vod měly být co nejméně negativně ovlivněny. Vodohospodářský orgán se řídí ukazateli přípustného stupně znečištění, které jsou závazné. Vypouštění odpadních vod do vod podzemních je povoleno ve výjimečných případech. Takové vody musí být předem vyčištěny nebo upraveny. [11]

Ukazatele jsou vztaženy k vypouštěným vodám (jedná se tedy o limity emisní) a je dána jejich nejvyšší přípustná míra znečištění (Tab. 3.2-2). Hodnoty může zpřísnit vodohospodářský orgán. Většinou tak koná tehdy, je-li v zájmu ochrana vod. [11]

Na základě technicky podložené žádosti může vodohospodářský orgán, pro předem stanovenou dobu, míru požadavků na vypouštění snížit. Například při havárii zařízení, rekonstrukcích nebo uvedení čistíren do provozu. [11]

Tab. 3.2-2 Ukazatele stanovující nejvyšší přípustnou míru znečištění ve vypouštěných splaškových a městských odpadních vodách [11]

Počet ekvivalentních obyvatel ¹⁾ (EO) (kg BSK ₅ na přítoku za den)	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]		BSK ₅ ²⁾ [mg·l ⁻¹]		NL [mg·l ⁻¹]		N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]		P _{celk} [mg·l ⁻¹]	
	do 31.12. 2004	Od 1.1. 2005	do 31.12. 2004	od 1.1. 2005	do 31.12. 2004	od 1.1. 2005	do 31.12. 2004	od 1.1. 2005	do 31.12. 2004	od 1.1. 2005
do 50 EO³⁾ (do 3 kg BSK₅)	-	-	80	60	65	50	-	-	-	-
do 500 EO³⁾ (do 30 kg BSK₅)	-	-	60	50	55	40	-	-	-	-
Od 500 do 5000 EO (od 30 do 300 kg BSK₅)	170	135	50	40	45	35	-	20	-	-
Do 25 000 EO (do 1 500 kg BSK₅)	150	120	45	35	35	30	25	15	-	5
Do 100 000 EO (do 6 000 kg BSK₅)	125	105	35	30	30	25	15	10	5	3
Nad 100 000 EO (nad 6 000 kg BSK₅)	110	90	30	25	25	20	10	5	3	1,5

Kde:

- ¹⁾ - Ekvivalentní obyvatel - specifické znečištění v BSK₅, které vyprodukuje jeden obyvatel za den (odpovídá 60 g na obyvatele za den)
- ²⁾ - S potlačením nitrifikace

- ³⁾ - Hodnoty byly stanoveny pouze do roku 1996. V následující novele č. 185/1996 nebyly hodnoty ukazatelů zpřesněny.

Nařízení vlády dále obsahuje tabulky s ukazateli pro průmyslové a zvláštní odpadní vody. Tabulka je dělena dle jednotlivých průmyslů produkujících specifické odpadní vody. [11]

3.2.3 Nařízení vlády 82/1999 Sb.

Nařízení vlády 82/1999 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod.

- účinné znění od 1. 6. 1999 - 28. 2. 2003

Tab. 3.2-3 Ukazatele a jejich přípustné hodnoty znečištění ve vypouštěných odpadních splaškových a městských vodách [12]

Velikost zdroje znečištění (EO)	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]		BSK ₅ [mg·l ⁻¹]		NL [mg·l ⁻¹]		N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]		N _{anorg} [mg·l ⁻¹]		P _{celk} [mg·l ⁻¹]	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
do 500 *)												
501 - 5 000	120	170	30	70	30	70	20	40	-	-	-	-
5 001 - 25 000	100	150	25	50	25	50	15	30	25	40	-	-
25 001 - 100 000	90	130	20	40	20	40	10	20	20	30	3	6
							15(z)	30(z)	25(z)	40(z)		
nad 100 000	75	125	15	30	20	40	5	10	15	20	1,5	3
							15(z)	30(z)	25(z)	40(z)		

Kde:

- *) - Vodohospodářský orgán stanoví jednotlivé ukazatele přípustného stupně znečištění včetně jejich hodnot, a to do maximální výše odpovídající hodnotám pro následující velikost zdroje znečištění (501 - 5 000 EO).
- p - Přípustná hodnota koncentrací vypouštěných odpadních vod. Jedná se o směsné vzorky.
- m - Maximální přípustná hodnota koncentrací vypouštěných odpadních vod. Jedná se o prosté vzorky.
- N_{anorg} - Součet N-NH₄⁺ + N-NO₂⁻ + N-NO₃⁻
- (z) - Hodnoty platí tehdy, je-li na odtoku z biologického stupně teplota OV menší než 12 °C (z pěti měření teploty v průběhu dne musí být alespoň u dvou měření nižší teplota než 12 °C).
- EO - Ekvivalentní obyvatel - specifické znečištění v BSK₅, které vyprodukuje jeden obyvatel za den (odpovídá 60 g na obyvatele za den)

V nařízení vlády najdeme také přípustné hodnoty koncentrací pro průmyslové a zvláštní OV, které jsou podrobně rozepsány pro jednotlivé druhy průmyslových odvětví. [12]

3.2.4 Nařízení vlády 61/2003 Sb.

Nařízení vlády 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.

- o účinné znění od 1. 3. 2003 - 31. 12. 2015

Obsahuje přípustné a maximální hodnoty jednotlivých ukazatelů splaškové a městské odpadní vody a přípustné hodnoty vod průmyslových. [13]

Nařízení vlády upravovaly dvě následující novely:

Nařízení vlády 229/2007 Sb.

Nařízení vlády 229/2007 Sb., 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.

- o účinné znění od 1. 10. 2007 - 3. 3. 2011

Nařízení vlády 23/2011 Sb.

Nařízení vlády 23/2011 Sb., 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.

- o účinné znění od 4. 3. 2011 - 31. 12. 2015

V tomto nařízení přibyly údaje týkající se BAT limitů - nejlepších dostupných technologií (Tab. 3.2-7) a objevuje se zde problematika zabývající se domovními čistírnami odpadních vod (Tab. 3.2-6). V tabulce 3.2-5 jsou uvedeny minimální účinnosti čištění OV.

Tab. 3.2-4 Emisní standardy - hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěných OV [13]

Kategorie ČOV (EO) ¹⁾	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]		BSK ₅ [mg·l ⁻¹]		NL [mg·l ⁻¹]		N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]		N _{celk} ^{3) 4)} [mg·l ⁻¹]		P _{celk} ³⁾ [mg·l ⁻¹]	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m ²⁾	průměr	m ²⁾	průměr	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
>100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Kde:

- ¹⁾ - Počet EO vychází z výpočtu z maximálního průměrného týdenního zatížení, které je měřeno za běžných podmínek na přítoku do čistírny odpadních vod.
- p - Přípustná hodnota: Hodnota, která může být v povolené míře překročena. Nejedná se o aritmetické průměry. Typ vzorku je stanoven vodoprávním úřadem.
- m - Maximální hodnota: Hodnota, k jejímuž překročení nesmí dojít. Typ vzorku je stanoven vodoprávním úřadem.
- průměr - Hodnota aritmetického průměru koncentrací za kalendářní rok. Nesmí dojít k jejímu překročení. Vodoprávní úřad stanovuje počet vzorků (odpovídá ročnímu počtu vzorků) a typ vzorku.
- ²⁾ - Platí tehdy, je-li teplota vody na odtoku z biologického stupně větší než 12 °C (z pěti měření v průběhu dne musí být minimálně třikrát naměřeno více než 12 °C).
- ³⁾ - Pro čistírnu odpadních vod s technologickým stupněm odstraňování fosforu je tento limit stanovený vodoprávním úřadem. Limit dále stanoví u ostatních čistíren odpadních vod, a to v některých případech kombinovaného přístupu emisních limitů.
- ⁴⁾ - Dusík je možno kontrolovat i pomocí denních průměrů. Musí však být zajištěna stejná ochrana vod. Při teplotě vody na odtoku nad 12 °C (včetně) pak nesmí denní průměr N_{celk} pro všechny vzorky překročit 20 mg·l⁻¹. Při nižších teplotách mohou být stanoveny (pro časově omezenou dobu) nižší požadavky na odstranění P_{celk} .

Tab. 3.2-5 Emisní standardy- přípustná minimální účinnost čištění OV v procentech [13]

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
<500	70	80	-	-	-
500 - 2 000	70	80	50	-	-
2 001 - 10 000	75	85	60	-	70
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80
>100 000	75	85	-	70	80

Domovní čistírna odpadních vod

V nařízení je dále zmíněna možnost použití domovní čistírny odpadních vod do 50 EO. Dle jednotlivých kategorií je dána jejich minimální přípustná účinnost čištění. [13]

Tab. 3.2-6 Minimální přípustná účinnost čištění DČOV v procentech [13]

Třída DČOV	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
I	70	80	90	-	-
II	75	85	90	75	-
III	75	85	95	80	80

Kde:

- Třída I – Jde o běžné řešení pro většinu lokalit, kde se použití domovní čistírny předpokládá. Je určena pro obvyklé vypouštění.
- Třída II - Je užívána tam, kde je zapotřebí odstranění většího stupně uhlíkatého znečištění. Důležitá je také stabilní nitrifikace, a to především v lokalitách se zvýšenou ochranou recipientu nebo v tocích s malou vodnatostí. Oproti první třídě má větší objem aktivace, případně obsahuje jiný konstrukční prvek, který zajišťuje zvýšené množství potřebných mikroorganismů.
- Třída III - Je využívána z důvodu přísnějších požadavků. Ty nastávají například při vypouštění vod do vod povrchových, které jsou následně užívány pro vodárenské účely. Nutností je vyšší účinnost nitrifikace a odstranění fosforu. Jedná se konstrukčně o DČOV II. třídy vybavené dalším stupněm čištění (filtrace, sorpce, chemické srážení) a obsahující zvláštní prostor pro akumulaci kalu.

Hygienické zabezpečení (UV, membránová filtrace) je nutné zřizovat v případě dalšího použití vyčištěné vody (koupání, zalévání). [13]

Tab. 3.2-7 Hodnoty dosažitelné použitím nejlepších dostupných technologií při čištění městských odpadních vod v mg·l⁻¹ a v procentech [13]

Kategorie ČOV (EO)	Nejlepší dostupná technologie	CHSK _{Cr}			BSK ₅			NL		N-NH ₄ ⁺			N _{celk}		P _{celk}			
		Koncentrace		účinnost	Koncentrace		účinnost	Koncentrace		Koncentrace		účinnost	Koncentrace		účinnost	Koncentrace		účinnost
		p	m		p	m		p	m	prům.	m		prům.	m		prům.	m	
< 500	Nízko až středně zatěžovaná aktivace nebo biofilmové reaktory	110	170	75	30	50	85	40	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	Nízko-zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací	75	140	75	22	30	85	25	30	12	20	75	-	-	-	-	-	-
2 001 - 10 000	Nízko-zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací a se simultánním srážením fosforu + mikrosíta či jiná filtrace	70	120	80	18	25	90	20	30	8	15	80	-	-	-	2	5	75
10 001 - 100 000	Nízko-zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutrientů + terciární stupeň včetně srážení fosforu eventuelně dávkování externího substrátu	60	100	80	14	20	90	18	25	-	-	-	14	25	70	1,5	3	80
> 100 000	Nízko-zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutrientů + terciární stupeň včetně srážení fosforu, dávkování externího substrátu	55	90	85	10	15	95	14	20	-	-	-	10	16	75	0,7	2	85

3.2.5 Nařízení vlády 401/2015 Sb.

Nařízení vlády 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

- o účinné znění od 1. 1. 2016

Emisní standardy jsou stejné jako v tabulkách 3.2-4, 3.2-5 a 3.2-7.

Dále nařízení obsahuje přípustné hodnoty pro průmyslové odpadní vody a odpadní vody s obsahem zvláště nebezpečných látek. [1]

Tab. 3.2-8 Minimální účinnost DČOV v procentech [1]

Třída DČOV	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
I	70	80	-	-	-
II	75	85	75	-	-
III	75	85	80	50	80

4 VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Po jakékoliv změně původních fyzikálních nebo chemických vlastností je voda označována jako odpadní. Mezi základní druhy patří vody: [3]

- splaškové
- průmyslové
- infekční
- ze zemědělství
- dešťové
- ostatní

4.1 SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD

Složení odpadních vod včetně jejich množství je kolísající v průběhu dne, týdne i roku. Především u splaškových vod dochází během jejich přesouvání v kanalizaci k chemickým a dalším změnám. Největším problémem se pak stávají anaerobní procesy, pomocí kterých dochází k sulfanové korozi cementových materiálů a vzniku zápachu. Městské odpadní vody jsou ovlivněny vodou z průmyslových oblastí. V závislosti na jejich znečištění je pak složení odpadní vody rozdílné a dochází i k navýšení specifické spotřeby vody na obyvatele. Maximálnímu průtoků bez deště téměř vždy odpovídá maximální znečištění. [3;6]

Tab. 4.1-1 Obvyklé složení městských odpadních vod [15]

Ukazatel	Prům. hodnota	Rozptyl
pH [-]	7,0	6,5 - 8,0
Teplota [°C]	15	5 - 30
Pevné látky celkem [mg·l ⁻¹]	1200	400 - 2000
Nerozpuštěné látky [mg·l ⁻¹]	400	100 - 800
Rozpuštěné látky [mg·l ⁻¹]	800	300 - 1200
CHSK [mg·l ⁻¹]	750	200 - 1300
BSK ₅ [mg·l ⁻¹]	350	100 - 600
N _{celk} [mg·l ⁻¹]	60	20 - 110
N _{Kjeldahl} [mg·l ⁻¹]	60	20 - 110
N _{org} [mg·l ⁻¹]	25	-
N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]	35	-
N-NO ₂ ⁻ [mg·l ⁻¹]	0	0 - 2
N-NO ₃ ⁻ [mg·l ⁻¹]	0	0 - 2
P _{celk} [mg·l ⁻¹]	20	5 - 30
P _{org} [mg·l ⁻¹]	5	-
P _{anorg} [mg·l ⁻¹]	15	-

4.2 KANALIZAČNÍ ŘÁD

K odvedení odpadní vody slouží kanalizace. Jestliže je kanalizací odváděna zároveň i voda dešťová, jedná se o kanalizaci jednotnou. Opačným případem je kanalizace oddílná. Odpadní voda je systémem odváděna gravitačně, tlakově, případně podtlakově. [6]

Provoz kanalizace je závislý na kanalizačním řádu, který vydává příslušný vodohospodářský orgán. Vlastník stokové sítě je povinen zajistit zpracování tohoto dokumentu. Dokument obsahuje informace o odkanalizovaném území, technickém stavu stokové sítě i čistírně odpadních vod. Kanalizační řád dále udává provozní podmínky, nejvyšší přípustnou koncentraci znečištění a největší přípustné množství odpadních vod. Zahrnuje i seznam látek, které se do veřejné kanalizace vypouštět nesmí (např. hořlavé, radioaktivní, látky narušující materiál potrubí, kyselé vody a další). Důležitou součástí je i způsob kontroly kanalizace a četnost měření OV. [3;5;6]

4.3 ODBĚR VZORKŮ

Vzorky jsou odebírány za účelem získání reprezentativní části, u které je následně zjišťováno chemické, biologické a mikrobiologické složení, včetně fyzikálních vlastností. V reprezentativním vzorku by měly jednotlivé podíly sledovaných složek a ukazatelů odpovídat reálným poměrům kontrolované látky. Většinou se jedná o vzorky kapalného skupenství, dále se ale mohou zkoumat i pastovité a pevné látky, případně plyny. [4]

Při projektování čistírny je zapotřebí uvažovat o umístění odběrného místa na přítoku a odtoku z ČOV (eventuálně návrhem odběr umožnit). Vodoprávní úřad (případně Česká inspekce životního prostředí) pak stanoví místo odběru v povolení k vypouštění odpadních vod. O odběrech vzorků a kontrole programu vzorkování a pracovních postupů je vedena dokumentace a písemný záznam. Veškeré vzniklé související náklady uhradí Státní fond životního prostředí České republiky. [9;14;18]

Pověřeným osobám musí být umožněn přístup ke všem výustím s vypouštěnou odpadní vodou. Dále je znečišťovatel povinen předložit odpovídající podklady. [9;14]

Oprávněná kontrolní laboratoř zajišťuje odběr, při kterém umožní účast znečišťovateli a následně provede rozbor vzorků vody. Bezprostředně před zahájením odběru informuje znečišťovatele a po provedení kontroly mu vystaví protokol. Mezi odebráním vzorků a jejich rozborem by měly být minimalizovány možnosti jejich znehodnocení. Po dokončení rozborů má laboratoř povinnost znečišťovatele o výsledcích ihned informovat. [14;18]

V průběhu celého roku musí být odebírání vzorku rovnoměrně rozloženo. Dokonce i tehdy, jedná-li se o odběry, které jsou nad rámec minimálního počtu odebíraných vzorků stanovených nařízením. Výjimku pak tvoří řízené nebo nepravdivé vypouštění odpadních vod, kde v závislosti na místních podmínkách stanoví způsob kontroly vodoprávní úřad. Odběry by dále neměly být prováděny během mimořádných situací (povodně, přívalové deště). [1]

Tab. 4.3-1 Minimální počet odběrů vzorků městských odpadních vod [1]

Velikost zdroje znečištění (EO)	Typ vzorku	Četnost
<500 ¹⁾	A ²⁾	4
500 - 2 000	A ²⁾	12
2 001 - 10 000	B ²⁾	12
10 001 - 100 000	C	26
>100 000	C	52

Kde:

- Typ vzorku A - V intervalech patnácti minut je sléváno 8 dílčích vzorků o stejném objemu. Jedná se o dvouhodinový směsný vzorek.
- Typ vzorku B - V intervalech 2 hodin je odebíráno 12 dílčích vzorků o stejném objemu. Jedná se o 24 hodinový směsný vzorek.
- Typ vzorku C - V intervalu 2 hodin je odebíráno 12 dílčích vzorků o objemu, který závisí na aktuální hodnotě průtoku. Jedná se o 24 hodinový směsný vzorek.
- ¹⁾ - Je možný i menší počet odběrů vzorků, a to v případě, jedná-li se o kategorii do 50 EO. Pokud je možnost hydraulické doby zdržení vyčištěné vody trvající alespoň 2 hodiny, potom je povoleno odebírat vzorek „prostý, jednorázově odebraný“.
- ²⁾ - Jestliže se nejedná o kontinuální vypouštění, pak vodoprávní úřad upřesní způsob odběru vzorků.

Zároveň je také stanoven počet vzorků (Tab. 4.3-2), které nemusí během kalendářního roku splňovat přípustné hodnoty v jednotlivých ukazatelích.

Tab. 4.3-2 Přípustný počet vzorků nesplňujících přípustné („p”) limity [18]

Celkový počet vzorků	Přípustný počet nevyhovujících vzorků	Celkový počet vzorků	Přípustný počet nevyhovujících vzorků
4-7	1	172-187	14
8-16	2	188-203	15
17-28	3	204-219	16
29-40	4	220-235	17
41 -53	5	236-251	18
54-67	6	252 - 268	19
68-81	7	269 - 284	20
82-95	8	285 - 300	21
96-110	9	301 -317	22
111 -125	10	318-334	23
126-140	11	335-350	24
141 -155	12	351 - 366	25
156-171	13		

4.4 POPLATKY ZA VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Zákon č. 254/2001 (vodní zákon) obsahuje informace o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových a podzemních.

4.4.1 Poplatky za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Jestliže fyzická nebo právnická osoba vypouští do povrchových vod znečištěné odpadní vody, u kterých dojde zároveň k překročení hmotnostního a koncentračního limitu zpoplatnění, je povinna za každý zdroj vypouštění uhradit poplatek. Poplatek tvoří složka za objem vypouštěných vod a složka za znečištění těchto vod. [9]

Pokud objem vypouštěných odpadních vod od znečišťovatele překročí ročně 100 000 m³, pak je povinen uhradit poplatek z objemu. Výše poplatku je určena jako 0,1 Kč za 1 m³ vypouštěné odpadní vody za kalendářní rok. [9]

Vynásobením sazby poplatku a množství znečištění vypouštěného za kalendářní rok dojde k vypočtení jednotlivých částek určitých ukazatelů. Následným součtem je pak určen výsledný poplatek. Jestliže dojde v následujícím roce k poklesu vypouštěné znečišťující látky o více než polovinu, pak je od poplatku upuštěno. K určitému snížení poplatku pak dochází i v případě úbytku vypouštěné znečišťující látky v následujícím roce o 20-50 %. Koncentrace znečištění je za rok pro jednotlivé ukazatele průměrována a v součinu s ročním objemem vypouštěných odpadních vod je pak získáno celkové množství znečištění. [9]

Vypouštění některých vod tvoří výjimku z povinnosti placení poplatků. Jedná se o průtočné chladicí vody parních turbín, vody ze sanačních vrtů, minerální vody vzniklé v přírodě (bez jejich použití při výrobě minerálních vod balených) a minerální vody, které jsou označovány za přírodní léčivý zdroj (jestliže nebyly použity v lázeňských komplexech). [9]

4.4.2 Poplatky za vypouštění odpadních vod do vod podzemních

Vypouštění odpadních vod ze staveb, které slouží k bydlení nebo pro rekreaci se poplatek neplatí. V dalších případech se podle kapacity zařízení k čištění odpadních vod za každého jednoho ekvivalentního obyvatele hradí poplatek ve výši 350 Kč za kalendářní rok. Poplatek zůstává v katastrálním území, na kterém dochází k vypouštění těchto vod. Pomocí správního úřadu pak tato obec stanovuje jeho výši. Obci jsou dále poskytnuty potřebné údaje od vodoprávního úřadu vydávajícího povolení k vypouštění. [9]

Výjimku placení poplatků tvoří obě skupiny minerálních vod zmíněné v kapitole 4.4.1. Dále k nim přibývá vypouštění vod použitých k výrobě tepelné energie a znečištěných vod, u kterých došlo vlivem přečerpání z podzemí k odstranění části znečištění. [9]

Tab. 4.4-1 Koncentrační limity zpoplatnění a sazby pro výpočet poplatku a hmotností [9]

Ukazatel	Sazba [Kč·kg ⁻¹]	Limit zpoplatnění	
		Hmotnostní [kg·rok ⁻¹]	Koncentrační [mg.l ⁻¹]
1. CHSK			
a) Nečistěné OV	16	8 000	40
b) Čistěné OV	8	10 000	40
c) Pro OV čišťené z výroby buničiny a ze zušlechtování bavlnářských a lnářských textilií	3	10 000	40
2. RAS	0,5	20 000	1 200
3. NL¹⁾	2	10 000	30
4. P_{celk}	70	3 000	3
6. N_{anorg}	30	20 000	20
7. AOX	300	15	0,2
8. Rtut'	20 000	0,4	0,002
9. Kadmium	4 000	2	0,01

Kde:

- ¹⁾ - Poplatek platí:
 - Jestliže není placen poplatek za CHSK a zároveň je přesažen limit znečištění pro zpoplatnění ukazatele NL.
 - Jestliže je vypouštěno více NL, než činí trojnásobek množství zpoplatněné CHSK.

4.5 DOKUMENT NAKLÁDÁNÍ S VODAMI

Jedná se o dokument, který je vydáván většinou na 5 - 10 let příslušným městským úřadem, za účelem upřesnění podmínek a limitů pro vypouštění odpadních vod z konkrétní čistírny. Objevují se zde informace o provozovateli a vlastníkovi ČOV, druhu přiváděné vody, recipientu, který slouží k vypouštění vyčištěných vod a o samotné čistírně. Tento dokument má vždy omezenou platnost.

Pro veškeré výusti odpadní vody do recipientu je tedy určeno maximální množství vypouštěných vod včetně jejich jakosti. Maximální a přípustné limity jsou upřesněny a je stanoven i typ a četnost odběru vzorků, včetně místa odběru.

5 ÚČINNOST ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Tato kapitola se zabývá návrhovými parametry ČOV, množstvím přitékajících vod, včetně látkového zatížení, koncentrací znečišťujících látek ve vodě obsažených a výpočtovými vztahy pro účinnosti čištění.

5.1 PŘÍTOK NA ČISTÍRNU ODPADNÍCH VOD

Průměrný denní přítok Q_{24} se počítá jako součet průměrného denního průtoku od obyvatelstva, balastních vod a průměrného denního průtoku od průmyslu a zemědělských podniků. Průměrný denní průtok od obyvatelstva závisí na počtu obyvatel pro danou lokalitu a na specifické potřebě vody. Minimální hygienické minimum představuje $80 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Obvykle se udávají čísla v rozmezí $120 - 150 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$, v závislosti na velikosti spotřebiště a občanské vybavenosti. [16;17]

$$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_{24,p} + Q_B \quad [\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5.1-1)$$

Kde:

- Q_{24} - Průměrný bezdeštný denní přítok
- $Q_{24,m}$ - Průměrný denní průtok od obyvatelstva $[\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}]$
- $Q_{24,p}$ - Průměrný denní průtok od průmyslu a zemědělských podniků (vody procesní a komunální) $[\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}]$
- Q_B - Balastní vody (většinou 5 - 15 % ze součtu ostatních složek ve vzorci) $[\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}]$

Maximální bezdeštný denní přítok na čistírnu odpadních vod je ovlivněn součiniteli denní nerovnoměrnosti: [17]

$$Q_d = Q_{24,m} \cdot k_d + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} + Q_B \quad [\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5.1-2)$$

Kde:

- Q_d - Maximální bezdeštný denní přítok na ČOV
- k_d - Součinitel denní nerovnoměrnosti [-]
- $k_{d,p}$ - Součinitel denní nerovnoměrnosti pro průmyslové a zemědělské OV [-]

Přenásobením průtoku a jemu odpovídajícímu koeficientu denní nerovnoměrnosti i koeficientem pro hodinovou nerovnoměrnost dostáváme jednotlivé kombinace pro maximální hodinový průtok na ČOV, z kterých následně vybíráme tu největší: [17]

$$Q_h = (Q_{24,m} \cdot k_d \cdot k_h + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} + Q_B) : 24 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (5.1-3)$$

$$Q_h = (Q_{24,m} \cdot k_d + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} \cdot k_{h,p} + Q_B) : 24 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (5.1-4)$$

Kde:

- Q_h - Maximální bezdeštný hodinový přítok
- k_h - Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti [-]
- $k_{h,p}$ - Součinitel hodinové nerovnoměrnosti pro průmyslové a zemědělské OV [-]

Minimální přítok na ČOV vychází pouze z průměrného denního průtoku od obyvatelstva: [39]

$$Q_{\min} = Q_{24,m} \cdot k_{\min} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (5.1-5)$$

Kde:

- Q_{\min} - Minimální bezdeštný hodinový přítok na ČOV
- k_{\min} - Koeficient minimální hodinové nerovnoměrnosti pro průtok od obyvatelstva [-]

Pro splaškovou kanalizaci je maximální průtok roven maximálnímu hodinovému průtoku.

U kanalizace jednotné je maximální hodinový přítok vynásoben číslem 1,5 - 1,9. Pokud je před čistírnou umístěna odlehčovací komora, pak je za maximální hodinový přítok považován přítok zředěných OV po odlehčení za poslední odlehčovací komorou před čistírnou. [17]

$$Q_{\text{zřed}} = (1 + m) \cdot Q_h \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (5.1-6)$$

Kde:

- $Q_{\text{zřed}}$ - Přítok zředěných OV z odlehčovací komory
- m - ředící poměr [-]

Na biologickou část by tedy nemělo přitékat větší množství než $1,2 \cdot Q_h$ (pro ČOV do 5 000 EO) a než $2 \cdot Q_d - Q_B$ (pro ČOV nad 5 000 EO). [17]

5.2 LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ

Specifická produkce znečištění vztažená na obyvatele za den (Tab. 5.2.-1) tvoří podstatnou složku pro výpočet množství znečištění od obyvatelstva: [15]

$$S_{\text{dpo}} = PO \cdot s_0 \quad [\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5.2-1)$$

Kde:

- S_{dpo} - Látkové zatížení od obyvatelstva
- PO - Počet obyvatel [-]
- s_0 - Specifická produkce znečištění [$\text{g} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]

Tab. 5.2-1 Specifická produkce znečištění [17]

Ukazatel	s_0 [$\text{g} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]
BSK₅	60
CHSK	120
N_c	11
P_c	2,5
NL	55

Hodnoty uvedené v tabulce 5.2-1 odpovídají hodnotám produkovaným v místě sídel s vyšší vybaveností. V určitých případech je tedy možné jejich snížení o maximálně 30%, což je vhodné zejména u ČOV do 5 000 EO. [17]

Látkové zatížení od průmyslových a zemědělských podniků je zjištěno na základě rozborů vypouštěných konkrétních odpadních vod.

Celkový součet látkového zatížení od obyvatelstva, průmyslu a zemědělství dává výslednou hodnotu, která dále slouží pro výpočet koncentrace jednotlivých znečišťujících látek v odpadní vodě (viz kapitola 5.3).

$$\sum S_{dp} = S_{dpo} + S_{dpp} \quad [\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (5.2-2)$$

Kde:

- $\sum S_{dp}$ - Celkové látkové zatížení
- S_{dpp} - Látkové zatížení od průmyslu a zemědělství $[\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}]$

5.3 KONCENTRACE ODPADNÍCH VOD

Vstupní koncentrace c_0 znečišťujících látek se počítá z následujícího vztahu: [15]

$$c_0 = \frac{\sum S_{dp}}{Q_{24}} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}; \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}] \quad (5.3-1)$$

Procesní vody v zemědělských a průmyslových podnicích obsahují několikanásobně vyšší koncentrace znečišťujících látek než běžné odpadní vody od obyvatelstva. Tyto vody ve většině případů nemohou být vypouštěny do kanalizace přímo. Před jejich vypuštěním by mělo dojít k předčištění nebo čištění v místní ČOV, pomocí které by nadbytek těchto koncentrací měl být odstraněn na hodnotu určenou kanalizačním řádem.

V nařízení vlády 401/2015 Sb. se objevují emisní hodnoty vypouštěné OV pro jednotlivá odvětví průmyslové a zemědělské výroby. [1]

5.4 POČET EO

Specifické množství znečištění na obyvatele za den je rozhodující při projektování ČOV. Pro zahrnutí průmyslových a zemědělských vod byl zaveden ekvivalentní obyvatel. [15]

Vztah pro přepočet EO: [17]

$$EO = \frac{\sum S_{dp}}{s_0} \quad [-] \quad (5.4-1)$$

Kde:

- EO - Ekvivalentní obyvatele
- $\sum S_{dp}$ - Součet znečištění od obyvatelstva a od průmyslových podniků $[\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}]$
- s_0 - Specifická produkce znečištění $[\text{g} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}]$

Hodnotu EO lze dle vztahu 5.4-1 stanovit pro všechny ukazatele v závislosti na odpovídající specifické produkci znečištění. Většinou se ale při výpočtu využívá hodnoty pro ukazatel BSK₅. [17]

5.5 ÚČINNOST

Účinnost čistíren může být hodnocena z koncentrací vzorků na vstupu a výstupu z ČOV nebo na odtoku z některého jejího stupně. Jedná se o odstranění procenta podílu sledované látky. Účinnosti se stanovují dle následujících vzorců: [15]

$$E_{\text{celk}} = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5.5-1)$$

Kde:

- E_{celk} - Celková účinnost ČOV
- c_0 - Koncentrace sledované látky na přítoku [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
- c_1 - Koncentrace sledované látky na odtoku, nefiltrovaný vzorek [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]

$$E_{\text{biol}} = \frac{c_0 - c_1^*}{c_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5.5-2)$$

Kde:

- E_{biol} - Biologická účinnost ČOV
- c_0 - Koncentrace sledované látky na přítoku [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
- c_1^* - Koncentrace sledované látky na odtoku, filtrovaný vzorek [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]

Následující faktory ovlivňují čistící účinnost aktivace: [3]

- pH - Bakterie jsou schopny přežít a pracovat jen v určitém rozmezí pH. Za ideální prostředí se považuje voda s pH 6,0 - 7,5.
- Nutrienty - V čištěné vodě musí být zajištěn dostatek makrobiogenních prvků (fosfor, dusík), jelikož jsou významné pro zajištění funkce bakterií. V ideálním případě zde musí existovat vyváženost, která je daná následujícím poměrem:

$$\text{BSK}_5 : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1 \quad (5.5-3)$$

- Doba zdržení v aktivaci
- Koncentrace a kvalita aktivovaného kalu
- Koncentrace organického znečištění
- Teplota

Tab. 5.5-1 Orientační hodnoty odstranění znečištění MČOV [15]

Ukazatel	I. stupeň [%]	II. stupeň [%]
BSK₅	3 - 5	90 - 95
CHSK	2 x BSK ₅	7 x BSK ₅
N_c	1	80 - 90
P_c	1	80 - 85
NL	20	80 - 90

Hodnoty uvedené v tabulce 5.5-1 jsou pouze orientační. Procenta odstraněného znečištění vždy závisí na konkrétním případě. Mezi aspekty ovlivňující tyto čísla patří například velikost zvolené technologie a kvalita odpadní vody na přítoku.

Tab. 5.5-2 Aktivační procesy [3]

Aktivační proces	Zatížení kalu dle BSK ₅ a organického podílu kalu [kg·kg ⁻¹ ·den ⁻¹]	Objemové zatížení kalu dle BSK ₅ a organického podílu kalu [kg·m ⁻³ ·den ⁻¹]	Stáří kalu Θ _x [d]	Účinnost odstranění BSK ₅ [%]
Nízko-zatížený	B _x < 0,15 B _x < 0,05 (aerobní stabilizace)	B _v < 0,40	10 - 30	E ≥ 90 možná nitrifikace
Středně-zatížený	0,15 < B _x < 0,40	0,50 < B _v < 1,5	4 - 10	E ≈ 80 - 90 nitrifikace za vyšších teplot
Vysoko-zatížený	B _x > 0,40-1	1,5 < B _v < 3,0	1,5 - 4	E < 80

Na zatížení aktivace závisí množství BSK₅, které odpovídá jednomu miligramu nerozpuštěných látek: [15]

- Nízko-zatížená aktivace - 1 mg NL obsahuje cca 0,2 mg BSK₅
- Středně-zatížená aktivace - 1 mg NL obsahuje cca 0,5 mg BSK₅
- Vysoko-zatížená aktivace - 1 mg NL obsahuje cca 0,7 mg BSK₅

6 PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

Na základě poskytnutých údajů od Vodovodů a kanalizací Hodonín, a.s., provozující čistírny odpadních vod v Jihomoravském kraji, bude v následujících kapitolách uveden přehled osmi vybraných čistíren, které spadají do kategorie 500 - 2 000 EO. Jedná se o následující ČOV: Blatnička, Čejč, Hrubá Vrbka, Ježov, Lučina, Nová Lhota, Sudoměřice a Tvarožná Lhota. V žádné z obcí nejsou průmyslové podniky, které by ovlivňovaly přitékající vody. Jedná se tedy pouze o vody komunální.

6.1 OBECNÉ INFORMACE O ČISTÍRNÁCH

Jedná se o mechanicky-biologické čistírny s nízko-zatěžovaným systémem a s aerobní stabilizací kalu v aktivační nádrži. Nádrže jsou využívány k nitrifikaci i denitrifikaci (výjimku tvoří ČOV D, kde je oddělená předřazená denitrifikace).

V aktivaci jsou osazeny převážně provzdušňovací systémy Kessener (Obr. 6.2-19) a provzdušňovací a míchací systémy Triton (Obr. 6.2-2). V ostatních případech je využito dmychadel napojených na provzdušňovací elementy a míchadel.

Systém Triton je výhodný především v nízkých požadavcích na množství rozpuštěného kyslíku. Jeho účinnost je zajištěna dokonce i při nižších teplotách aktivace. Tyto klady jsou způsobeny zřejmě odlišnou dráhou vzduchové bubliny vycházející z tohoto zařízení a vznikem jiného tvaru vloček. Nevýhoda by pak mohla nastat při jednorázovém látkovém přetížení čistírny, kdy systém není schopný zajistit dostatečně velké množství rozpuštěného kyslíku - kyslíkovou rezervu. S tím však nemá problém systém Kessener. Ten využívá hřebenového bubnu v horizontální ose, kterým je provzdušňována aktivace. Odpadní voda je shromažďována za dělicí stěnou, kde dochází k oddělení aktivovaného kalu a voda dále odtéká přes přepadové hrany.

Tab. 6.1-1 Základní přehled vybraných čistíren odpadních vod

Název obce	Počet EO	Rok dokončení výstavby	Rok rekonstrukce	Materiál jednotné stokové sítě
A	600	1989	2016	Beton
B	1550	2005	-	Beton, PVC
C	1345	2007	-	Beton, KT, PP
D	850	2005	-	Beton, KT,PVC
E	1815	1978	1993, 2009	Beton, KT
F	600	1989	2015	Beton, PP, PVC
G	1210	1988	2010	Beton, PVC, PP
H	605	1989	2011	Beton, PVC

6.1.1 Povolení k vypouštění OV

Městské úřady určily emisní limity ukazatelů na odtoku, bilanční hodnoty a maximální roční povolené množství odpadní vody na odtoku z čistíren. Dále bylo upřesněno odebrání vzorků. U všech čistíren platí následující informace:

- Odpadní voda je vypouštěna po dobu 365 dnů v roce
- Místo odběru se nachází na výpustním objektu vyčištěné OV do recipientu.
- Četnost odběru je 12x ročně.
- Typ vzorku odpovídá dvouhodinovému směsnému vzorku (typ A).
- Kontinuální měření množství OV.

ČOV D dále sleduje ukazatele N_{celk} (4x ročně) a P_{celk} (12x ročně). Tyto ukazatele nejsou na odtoku limitovány. Měření probíhá pouze z důvodu kontroly jakosti vypouštěné OV. [26]

6.1.2 Zpracovaná data

Hodnoty v tabulkách s průměrným znečištěním a s účinnostmi jsou vždy vztaženy na období jedenácti let (2005 - 2015), není-li uvedeno jinak. Pokud do tohoto sledovaného období zasáhl rok výstavby/rekonstrukce, pak tyto hodnoty nebyly uvažovány, ale objevují se v grafech znázorňujících jednotlivé ukazatele na přítoku a odtoku čistírny.

Jestliže se v tabulkách u ukazatele $N\text{-NH}_4^+$ objevují hodnoty $0,00 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, pak bylo množství amoniakálního dusíku v odebraném vzorku pod hranicí stanovitelnosti. Stává se tak především z důvodu naředění OV kvůli tání sněhu, případně je v některých místech vysoká hladina podzemní vody a kvůli netěsnostem pak dochází k jejímu průniku do stokové sítě (vznik balastních vod). Od roku 2014 je po dohodě s Odborem životního prostředí a České inspekce životního prostředí ve výstupech uváděna alespoň polovina minimální hranice stanovitelnosti - $0,081 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ u $N\text{-NH}_4^+$. Nulové hodnoty koncentrace na odtoku pak také objasňují stoprocentní účinnost čištění.

Ukazatel $N\text{-NH}_4^+$ musí splňovat na odtoku průměrnou roční hodnotu. Vzorky, které jsou odebrány na odtoku z biologického stupně při teplotě pod $12 \text{ }^\circ\text{C}$ (podrobněji uvedeno v kapitole 3.2.4) by neměly být do průměru započítávány. V poskytnutých podkladech však byly průměrovány veškeré odebrané vzorky bez ohledu na teplotu odpadní vody. Následující údaje tedy odpovídají úplnému aritmetickému průměru ze všech vzorků. Pokud se jednalo o vzorek odebraný pod limitující teplotou (a vyskytovaly se v datech informace o teplotě), pak je to ve výčtu překročených limitů uvedeno.

Charakteristické údaje stokové sítě odpovídají údajům uvedených v nejnovějších verzích PRVKÚK dané obce. Je tedy možná určitá odchylka od původních plánovaných hodnot.

6.2 VYBRANÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

V následujících kapitolách jsou shrnuty údaje jednotlivých čistíren odpadních vod. Jedná se o informace z posledního rozhodnutí o povolení vypouštění OV do vod povrchových, přehled údajů na odtoku a přítoku, účinností a shrnutí překročených limitů na odtoku.

6.2.1 Čistírna odpadních vod v obci A

Čistírna o kapacitě 600 EO pracuje na principu nízko-zatěžované aktivace. Biologická linka je kruhového tvaru s vnitřním mezikruží, které funguje jako dosazovací nádrž. Pro vzdušňování i míchání je zajištěno systémem Triton.

Nejnovější povolení o vypouštění odpadních vod do vod povrchových bylo vydáno v roce 2014 a má platnost do konce roku 2019. Emisní hodnoty ukazatelů se během jedenácti let nezměnily. Městský úřad stanovil hodnoty uvedené v tabulce 6.2-1. [19]

Tab. 6.2-1 ČOV A - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [19]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	1,8	6,0	2,0	1,0

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 80 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 49 485 m³·rok⁻¹, což představuje 61,9 %. [19]

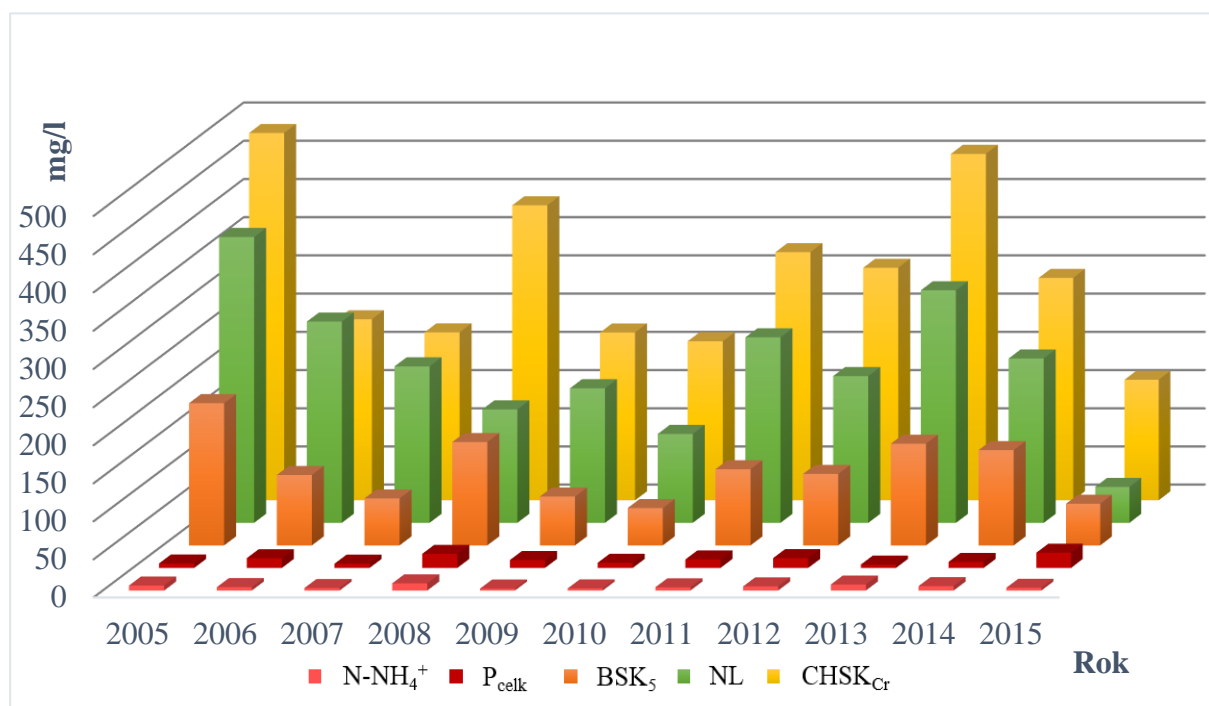
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Na stokovou síť o celkové délce 3,4 km je napojeno celkem 181 kanalizačních přípojek. Hlavní stoka je v rozmezí dimenzí DN 300 - 600. V obci se nevyskytují čerpací stanice ani výtlačné řady. [21]

Tab. 6.2-2 ČOV A - Průměrné znečištění OV [20]

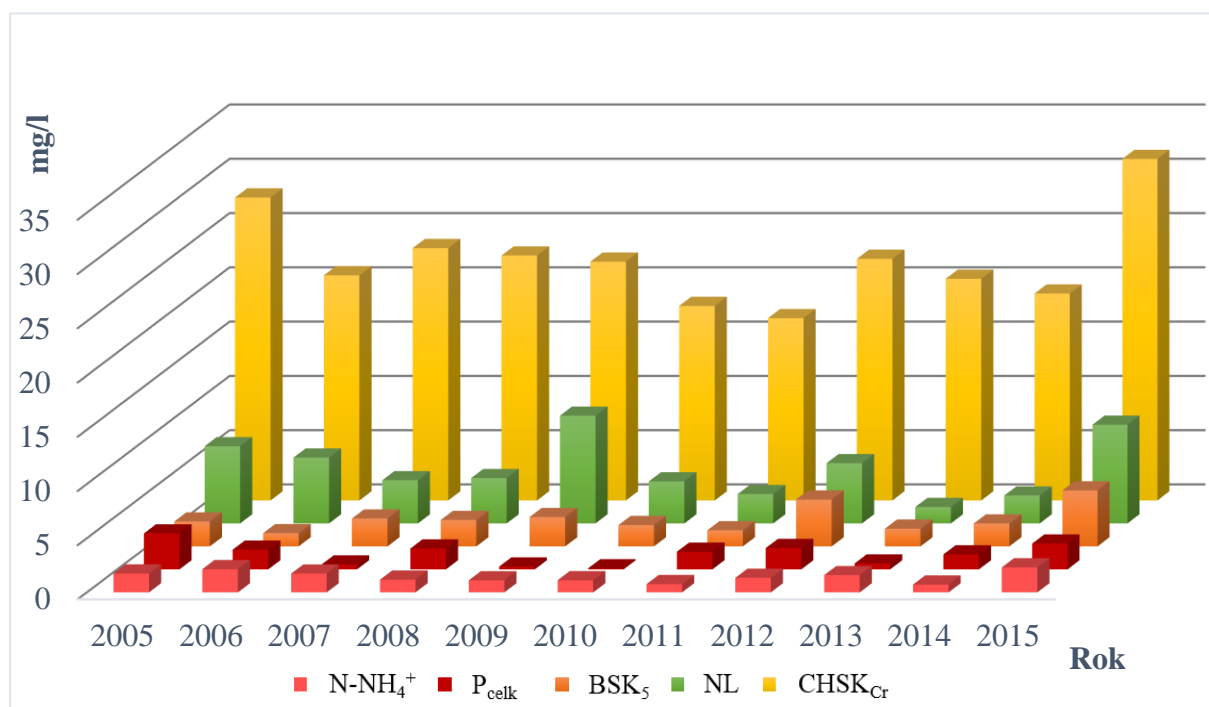
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	49,2 - 186,8	158,1 - 480,8	47,3 - 374,5	4,5 - 20,1	2,6 - 9,5
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	99,9	298,7	208,2	10,7	5,1
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	1,2 - 5,2	16,8 - 31,5	1,5 - 9,9	0,1 - 3,3	0,7 - 2,3
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,5	22,2	5,2	1,4	1,4
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,12	1,10	0,25	0,07	0,07
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	6,8	18,3	12,5	7,2	-

Graf 6.2-1 ČOV A - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



V roce 2015 byly na přítoku nižší hodnoty koncentrací všech ukazatelů (kromě N-NH₄⁺). Vyšší hodnoty byly naopak v roce 2005 a 2013. V obci se vyskytuje několik vinařství, které mohou mít občasný vliv na přítékající znečištění.

Graf 6.2-2 ČOV A - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



V roce 2015 lze na rozdíl od ostatních let pozorovat mírně zvýšené hodnoty koncentrací na odtoku. Nerozpuštěné látky v roce 2009 nabývaly na odtoku také vyšších hodnot.

Účinnost ČOV

Nižší z hodnot v rozptylu průměrných účinností v tabulce 6.2-3 (kromě ukazatele $N-NH_4^+$) připadají na rok 2015, kdy na čistírnu přitékaly poměrně nízké koncentrace znečištění. Podíl balastních vod v této obci často vystoupal až na 80 %. Z tohoto důvodu mohlo docházet ke snížené účinnosti čištění. Projektovaná hodnota je 600 EO, přitékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK_5) nabývá hodnot v rozmezí 105 - 476 EO. [20]

Tab. 6.2-3 ČOV A - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK_5	$CHSK_{Cr}$	NL	$N-NH_4^+$	P_{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	90,7 - 98,8	80,3 - 95,5	81,0 - 99,5	44,0 - 98,6	37,3 - 87,7
Průměrná účinnost [%]	96,8	91,6	96,1	85,2	67,2

Shrnutí: Na této čistírně došlo k překročení emisní standardů celkem pětkrát. Poprvé se jednalo o ukazatele NL v červenci roku 2005, které nabyly vyšších hodnot o $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. V říjnu roku 2012 byla přípustná hodnota BSK_5 překročena o celých $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Největší problém nastal v už dříve zmíněném roce 2015, kdy nevyhověly 3 vzorky. V srpnu se jednalo o nerozpuštěné látky navýšené o $11 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ nad povolenou hodnotou. V listopadu o $24 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ nevyhověly koncentrace ukazatele $CHSK_{Cr}$ a o $9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ koncentrace ukazatele BSK_5 . [20]



Obr. 6.2-1 ČOV A - Provozní budova



Obr. 6.2-2 ČOV A - Systém Triton



Obr. 6.2-3 ČOV A - Suchá ČS na přítoku



Obr. 6.2-4 ČOV A - Biologická linka

6.2.2 Čistírna odpadních vod v obci B

Kapacita čistírny odpovídá 1 550 EO a je vybavena nízko-zatěžovanou aktivací. V aktivační nádrži je provzdušnění zajištěno jemnobublinnými aeračními elementy a míchání pomaloběžným míchadlem. Dosazovací nádrž je vestavěná uvnitř aktivace.

Během posuzovaných jedenácti let byly emisní limity měněny rozhodnutím o vypouštění odpadních vod pouze jednou. Nejnovější rozhodnutí je platné od roku 2015 a jeho platnost končí na konci roku 2019. Obsahuje hodnoty uvedené v tabulce 6.2-4. [22]

Tab. 6.2-4 ČOV B - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [22]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	3,30	11,25	3,75	1,80

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 150 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 107 494 m³·rok⁻¹, což představuje 71,7 %. [22]

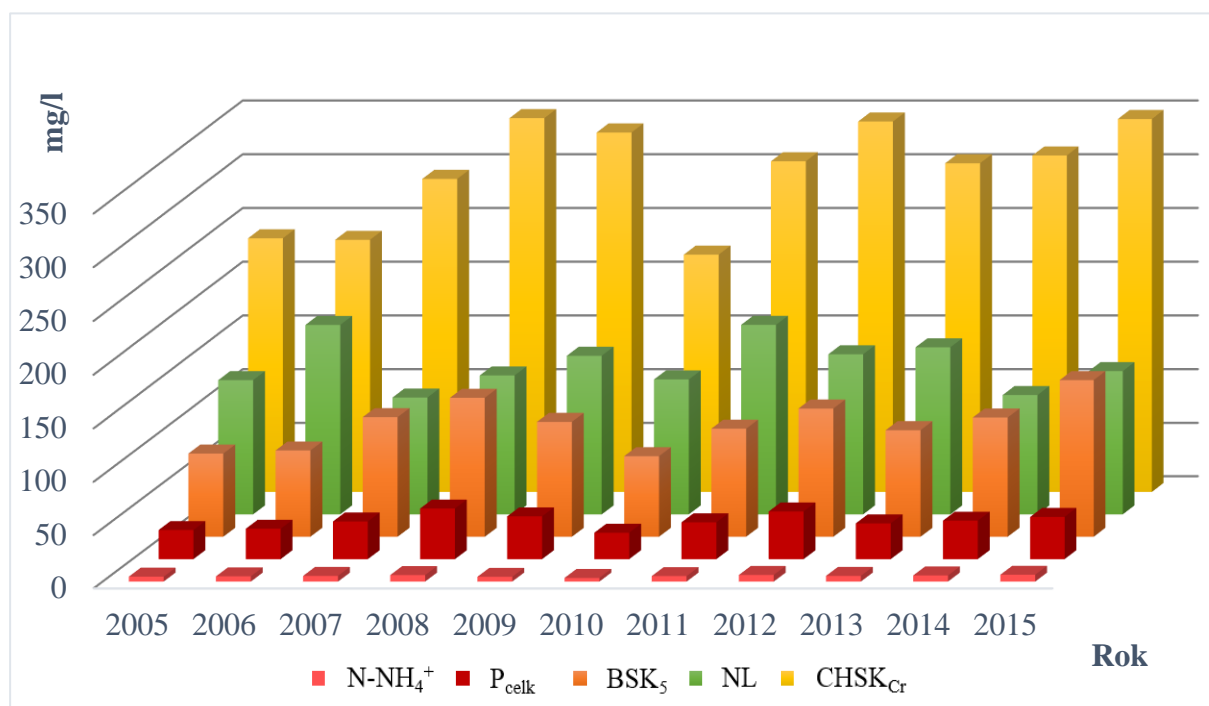
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Celkem 495 přípojek je napojeno na 9,9 km dlouhou stokou sítí, jejíž dimenze odpovídá DN 300 - 1 200. V obci jsou umístěny 3 čerpací stanice, které navazují na výtlačné řady dlouhé 0,9 km s DN 150. [23]

Tab. 6.2-5 ČOV B - Průměrné znečištění OV [20]

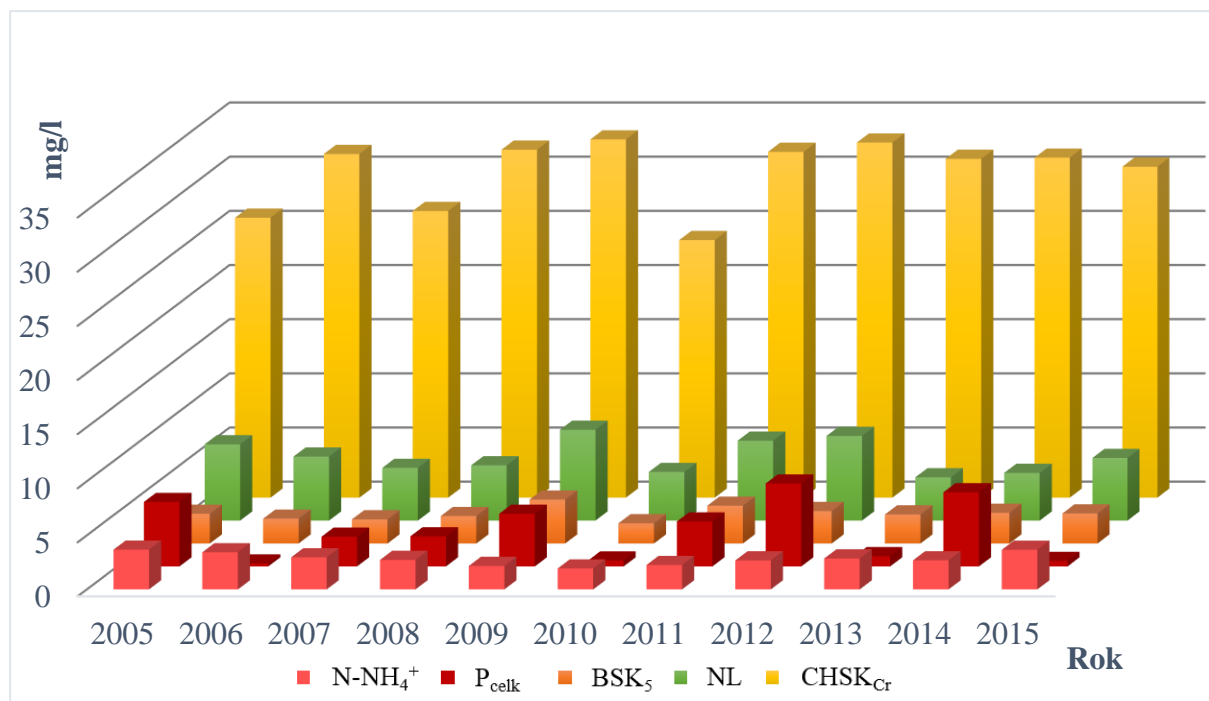
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	75,6 - 146,5	221,3 - 348,3	109,3 - 176,9	24,8 - 47,5	3,4 - 6,4
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	108,6	305,2	141,8	36,5	5,3
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	1,9 - 4,1	23,8 - 33,1	4,0 - 8,4	0,3 - 7,7	1,9 - 3,7
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,8	30,5	5,8	3,1	2,7
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,29	3,24	0,62	0,31	0,29
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	8,9	28,8	16,4	17,3	-

Graf 6.2-3 ČOV B - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



Nejnižších hodnoty téměř všech ukazatelů se na přítoku objevily v roce 2010. Obecně se jedná o téměř vyrovnaný přítok koncentrací znečištění OV.

Graf 6.2-4 ČOV B - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



Jedny z nejvyšších hodnot amoniakálního dusíku se na odtoku vyskytly v roce 2012. Nejnižší hodnota CHSK_{Cr} byla naměřena v roce 2010. Až na rozkolísanost amoniakálního dusíku jsou koncentrace ostatních ukazatelů poměrně vyrovnané.

Účinnost ČOV

Průměrná účinnost čištění u ukazatele $CHSK_{Cr}$ za uvažovaných jedenáct let nepřekračuje 90 %. Projektovaná hodnota je 1 550 EO, přítékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK_5) nabývá hodnot v rozmezí 379 - 643 EO. [20]

Tab. 6.2-6 ČOV B - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK_5	$CHSK_{Cr}$	NL	$N-NH_4^+$	P_{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	96,2 - 98,1	86,6 - 91,2	94,4 - 97,5	81,1 - 99,0	31,3 - 57,3
Průměrná účinnost [%]	97,4	89,9	95,9	90,7	48,4

Shrnutí: V rozmezí let 2005 - 2015 nedošlo ani jednou k překročení přípustných hodnot ukazatelů. [20]



Obr. 6.2-5 ČOV B - Provozní budova



Obr. 6.2-6 ČOV B - Pohled na mechanické předčištění



Obr. 6.2-7 ČOV B - Vestavěná dozovací nádrž



Obr. 6.2-8 ČOV B - Provozní zkouška systému Triton

6.2.3 Čistírna odpadních vod v obci C

Čistírna, která disponuje s kapacitou 1 345 EO má nízko-zatěžovanou aktivaci kruhového tvaru. Vnitřní mezikruží slouží jako dosazovací nádrž. Kyslík je do aktivace dodáván přes provzdušňovací elementy a míchání je zajištěno míchadlem.

V roce 2007 byla ukončena výstavba a následoval zkušební provoz, po jehož ukončení byly vydány celkem dvě rozhodnutí o povolení vypouštěných OV. Druhé rozhodnutí je platné od roku 2012 až do konce roku 2017 a obsahuje limity uvedené v tabulce 6.2-7. [24]

Tab. 6.2-7 ČOV C - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [24]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	4,62	15,75	5,25	2,52

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 210 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 156 453 m³·rok⁻¹, což představuje 74,5 %. [24]

Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

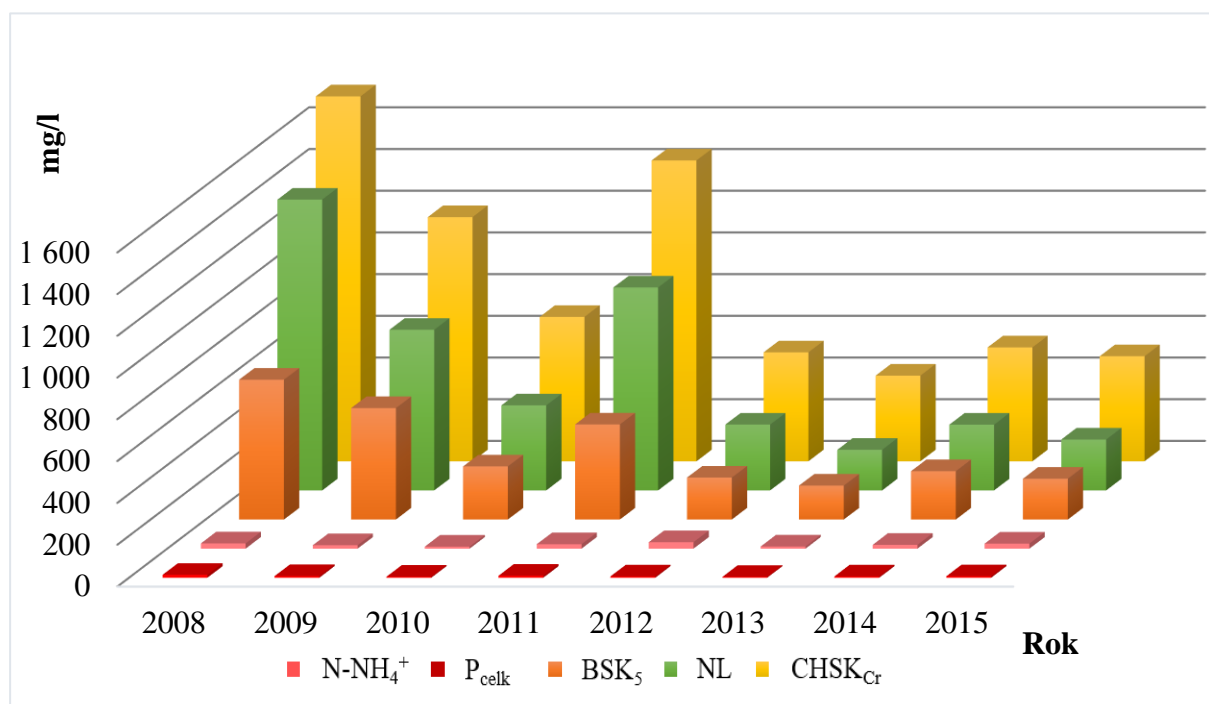
Celková délka 3,2 km o DN 300 - 700 tvoří v obci stokovou síť. Výtlačný řad (DN 100) za jedinou ČS je dlouhý 0,6 km. Na kanalizaci je napojeno 292 přípojek. [25]

Tab. 6.2-8 ČOV C - Průměrné znečištění OV [20]

Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	162,1 - 669,1	410,4 - 1750,7	194,2 - 1393,9	9,6 - 30,9	4,3 - 14,1
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	337,4	879,7	576,1	19,4	7,6
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	1,5 - 8,6	15,6 - 38,2	1,5 - 9,8	0,0 - 7,2	0,9 - 2,4
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,8	22,1	4,1	1,5	1,7
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,43	3,42	0,64	0,98	0,26
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	9,3	21,7	12,2	38,7	-

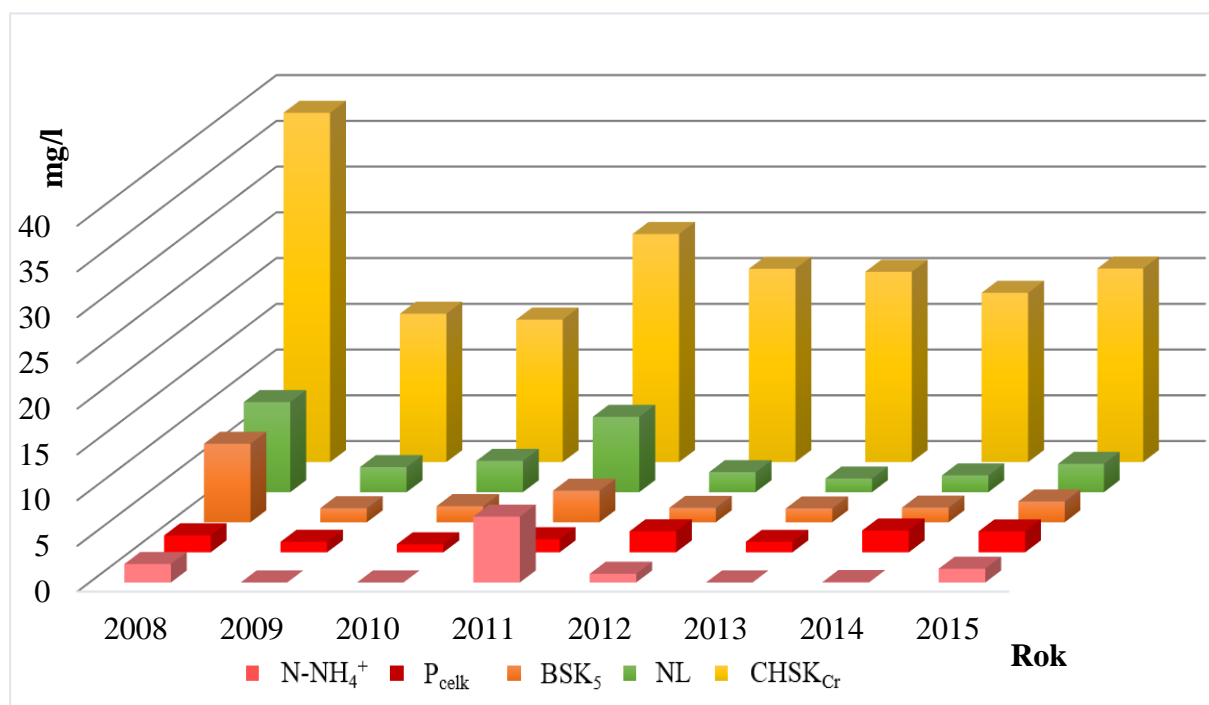
Pozn. Kvůli pozdější výstavbě ČOV jsou uvedené údaje pouze v rozmezí let 2008 - 2015. Rok 2007 nebyl z důvodu nízkého počtu odebraných vzorků zařazen ani do následujících grafů.

Graf 6.2-5 ČOV C - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



Mírně zvýšené hodnoty se na přítoku objevovaly v roce 2008, 2009 a 2011, což je přisuzováno potravinářskému průmyslu, který se v té době v obci nacházel. Naopak nejnižší koncentrace znečištění jsou viditelné v roce 2013.

Graf 6.2-6 ČOV C - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



Ve zkušebním provozu (rok 2008) se na odtoku objevily mírně zvýšené hodnoty ukazatele CHSK_{Cr}, NL a BSK₅. V roce 2011 totéž nastalo u ukazatele N-NH₄⁺.

Účinnost ČOV

Účinnosti čistírny dosahují vysokých hodnot. Za uvažované období u ukazatelů BSK₅, CHSK_{Cr} a NL neklesla průměrná účinnost pod 97 %. Velmi dobré výsledky se objevují i u ukazatele P_{celk}. Projektovaná hodnota je 1 345 EO, přitékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK₅) nabývá hodnot v rozmezí 775 - 4 461 EO. [20]

Tab. 6.2-9 ČOV C - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	98,7 - 99,7	95,0 - 98,6	98,7 - 99,6	66,3 - 100,0	62,2 - 86,8
Průměrná účinnost [%]	99,2	97,0	99,2	93,6	76,2

Shrnutí: Ve zkušebním provozu nevyhověly snížené přípustné hodnotě celkem čtyři vzorky. V lednu došlo k překročení ukazatele CHSK_{Cr} o 13 mg·l⁻¹ a NL o téměř 3 mg·l⁻¹. V únoru se situace opakovala. Hodnota CHSK_{Cr} nevyhověla o 41 mg·l⁻¹ a NL o 8 mg·l⁻¹. Za běžného provozu byly hodnoty na odtoku v pořádku. [20]



Obr. 6.2-9 ČOV C - Pohled na čistírnu



Obr. 6.2-10 ČOV C - Ukázka dmychadla



Obr. 6.2-11 ČOV C - Část biologické linky



Obr. 6.2-12 ČOV C - Bezpečnostní přeliv dešťové nádrže

6.2.4 Čistírna odpadních vod v obci D

Čistírna pro 850 EO má nízko-zatěžovanou aktivaci, denitrifikace je oddělena a předřazena před nitrifikací. V nitrifikační části zajišťují přívod vzduchu provzdušňovací elementy, do kterých je vzduch přiváděn pomocí dmychadel. Míchání v denitrifikaci zabezpečuje pomaloběžné míchadlo. Veškerá technologie čistírny je umístěna uvnitř zastřešené budovy.

Od roku 2005 bylo vydáno několik rozhodnutí o povolení vypouštění OV do vod povrchových. Emisní limity byly změněny celkem třikrát. Nejnovější rozhodnutí je platné od roku 2013 - 2018 a obsahuje hodnoty uvedené v tabulce 6.2-10. [26]

Tab. 6.2-10 ČOV D - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [26]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	1,76	6,00	2,00	0,96

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 80 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 44 126 m³·rok⁻¹, což představuje 55,2 %. [26]

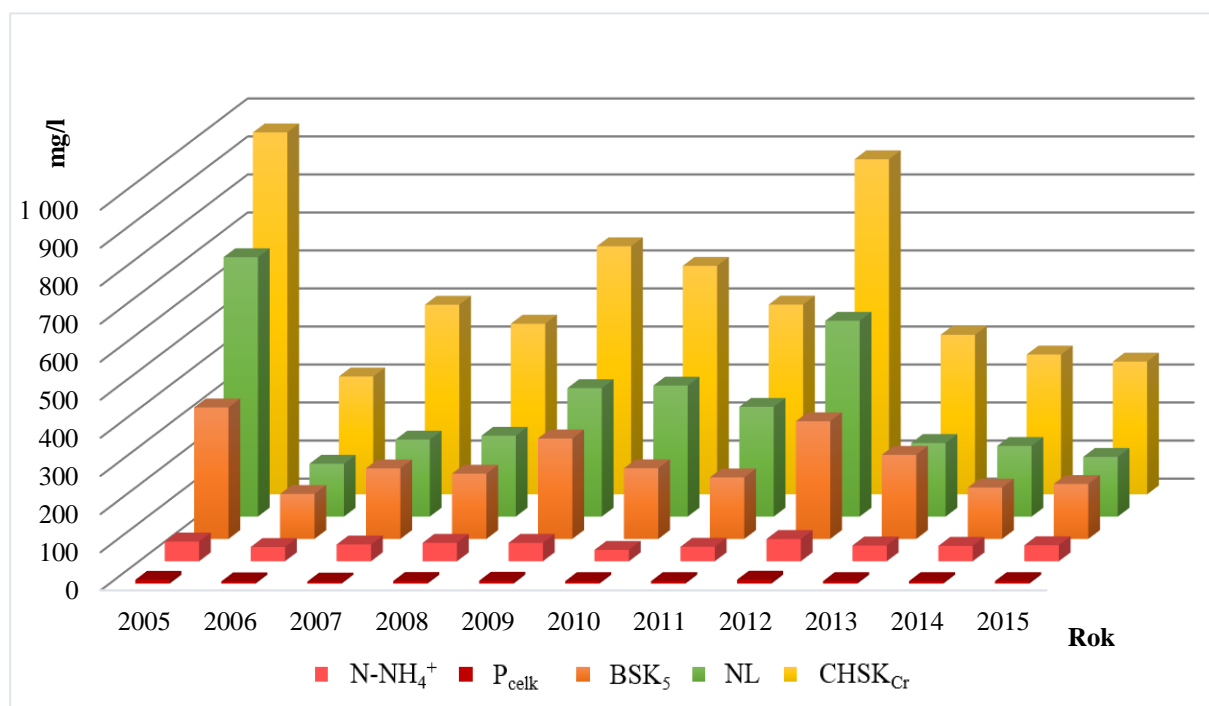
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Na 5,5 km dlouhou stokovou síť s dimenzí DN 300 - 1 000 je napojeno 308 přípojek. Celkem 5 čerpací stanice čerpají odpadní vody výtlačným řadem dlouhým 0,09 profilem DN 200. [27]

Tab. 6.2-11 ČOV D - Průměrné znečištění OV [20]

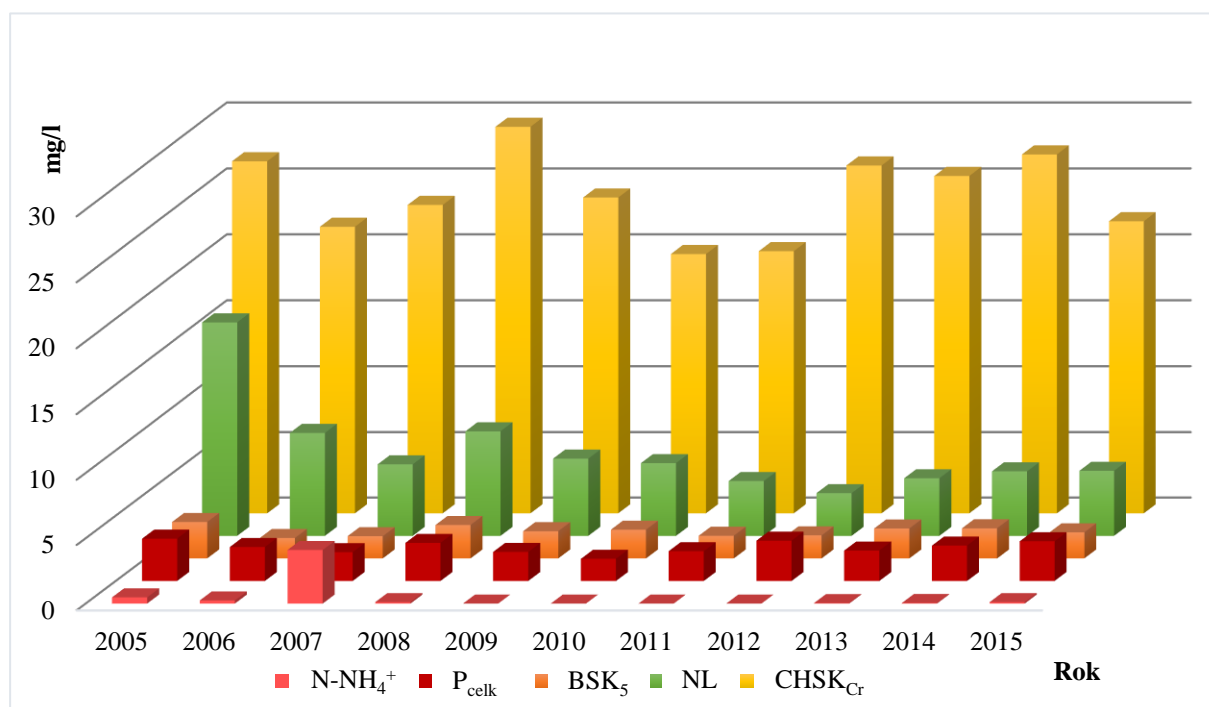
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	177,8 - 308,6	309,3 - 881,0	138,5 - 514,3	29,7 - 58,3	5,1 - 10,1
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	183,2	502,2	257,0	42,7	6,8
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	1,6 - 2,6	19,7 - 29,4	3,3 - 8,0	0,0 - 4,1	1,7 - 3,1
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,0	24,0	5,5	0,5	2,5
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,10	1,11	0,26	0,02	0,11
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	5,4	18,5	12,8	2,4	-

Graf 6.2-7 ČOV D - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



Z grafu je viditelné, že v roce 2005 (rok výstavby) byly všechny hodnoty koncentrací na přítoku vyšší. Podobně na tom byl i rok 2012, kdy došlo k napojení jednoho z významných vinařství.

Graf 6.2-8 ČOV D - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



V grafu nelze přehlédnout hodnotu N-NH₄⁺ v roce 2007, která z neznámých příčin stoupla na hodnotu asi čtyřicetkrát vyšší, než jsou běžné hodnoty.

Účinnost ČOV

U všech ukazatelů je dosahováno vysoké účinnosti čištění OV. Především u ukazatele BSK₅ a N-NH₄⁺. Hodnoty účinností čištění jsou značně stabilní. Projektovaná hodnota je 850 EO, přítékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK₅) nabývá hodnot v rozmezí 224 - 602 EO. [20]

Tab. 6.2-12 ČOV D - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	98,3 - 99,4	92,6 - 97,0	94,3 - 99,4	90,8 - 100,0	54,2 - 73,3
Průměrná účinnost [%]	98,9	94,8	97,4	98,9	62,7

Shrnutí: Mezi roky 2005 - 2015 došlo na této čistírně k překročení přípustné hodnoty ukazatele na odtoku pouze dvakrát. V květnu roku 2005 (rok výstavby) se jednalo o ukazatele nerozpuštěných látek, jehož koncentrace byla překročena o 57 mg·l⁻¹. V roce 2008 nevyhověla hodnota stejného ukazatele o 1 mg·l⁻¹. [20]



Obr. 6.2-13 ČOV D - Pohled na čistírnu



Obr. 6.2-14 ČOV D - Nitrifikační a dosazovací nádrže



Obr. 6.2-15 ČOV D - Dmyhadla



Obr. 6.2-16 ČOV D - Válcové síto na shrabky

6.2.5 Čistírna odpadních vod v obci E

Čistírna s nízko-zatěžovanou aktivací pro 1 815 EO je vybavena systémem Kessener, který je osazený ve všech třech nádržích.

Od roku 2005 nebyly měněny hodnoty přípustných a maximálních koncentrací znečištění na odtoku z ČOV. Nynější rozhodnutí je platné od roku 2015 do roku 2020 a obsahuje údaje uvedené v tabulce 6.2-13. [28]

Tab. 6.2-13 ČOV E - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [28]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	2,2	7,5	2,5	1,2

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 100 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 63 068 m³·rok⁻¹, což představuje 63,1 %. [28]

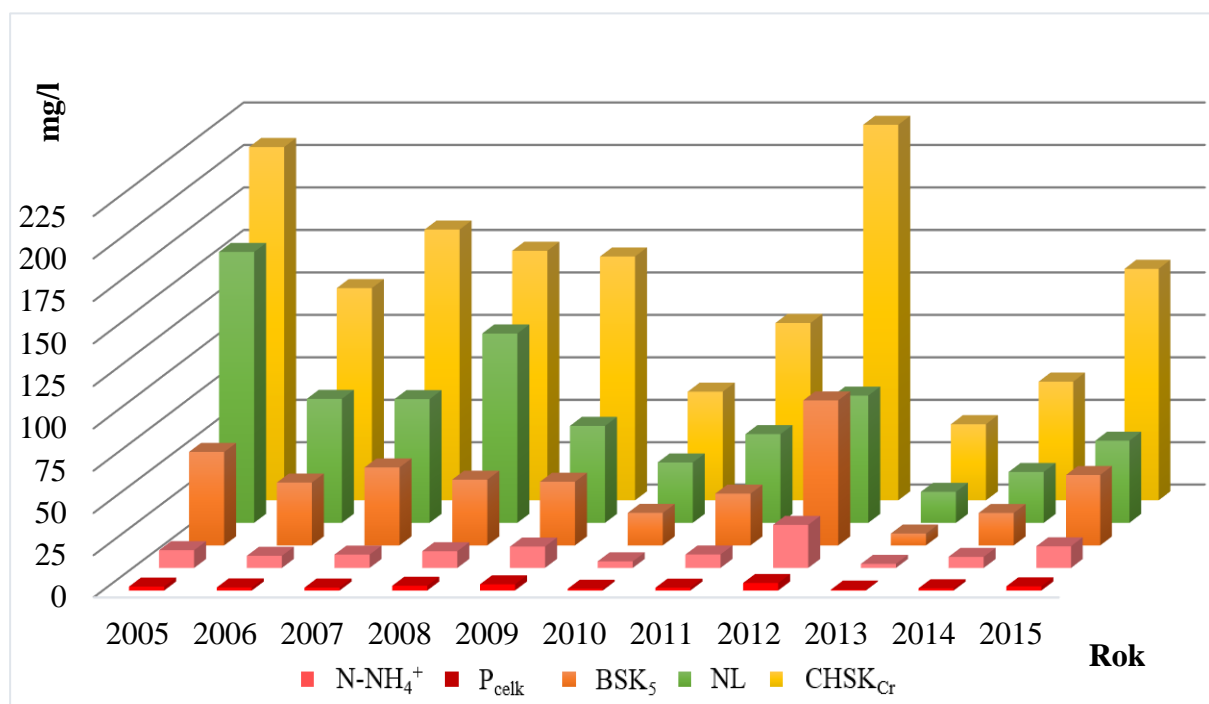
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Délka stokové sítě o dimenzi DN 300 - 1 000 měří 7,6 km. Celkový počet přípojek je 839. V obci není vybudována čerpací stanice ani výtlačné potrubí. (tyto informace popisují obec E a H dohromady). [29]

Tab. 6.2-14 ČOV E - Průměrné znečištění OV [20]

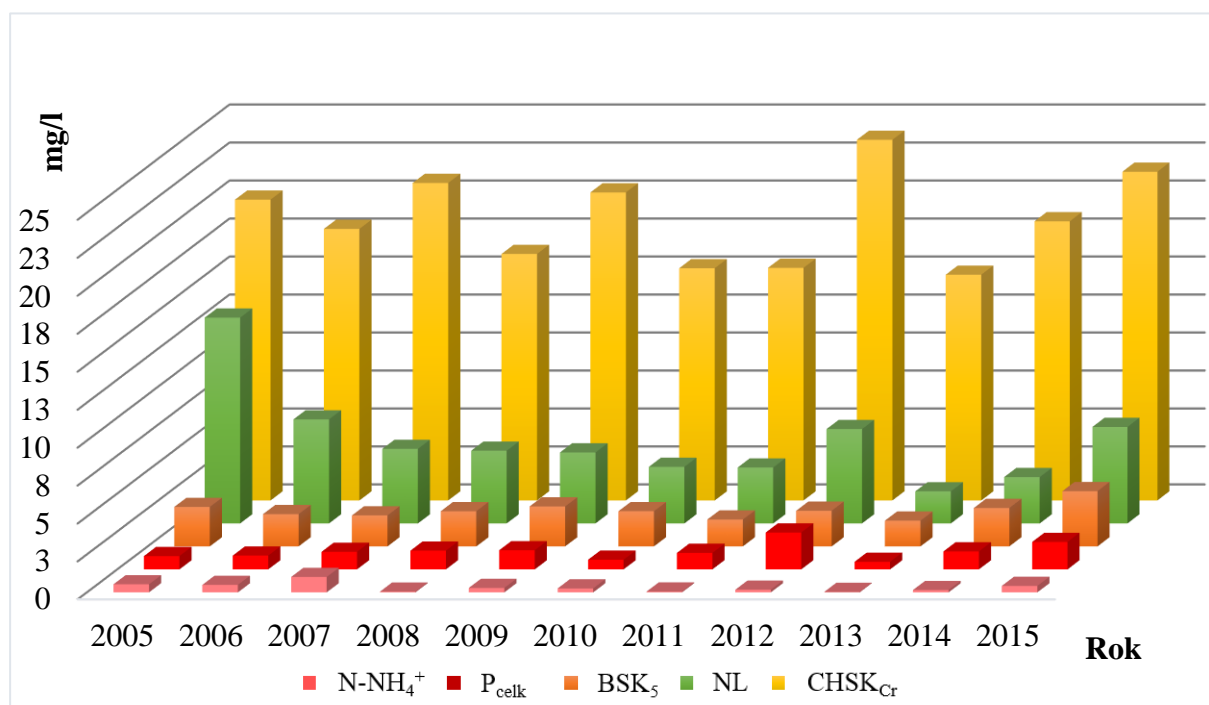
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	7,0 - 85,7	45,0 - 221,2	18,4 - 159,7	2,4 - 25,5	0,6 - 4,5
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	33,9	128,1	67,8	9,5	2,0
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	1,7 - 3,6	14,9 - 23,7	2,1 - 13,6	0,0 - 1,0	0,5 - 2,4
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,3	18,4	5,5	0,3	1,2
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,15	1,15	0,34	0,02	0,07
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	6,6	15,3	13,6	1,7	-

Graf 6.2-9 ČOV E - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



Zvýšené hodnoty koncentrací ukazatelů BSK₅ a CHSK_{Cr} byly charakteristické pro rok 2005 a 2012. V roce 2012 lze pozorovat maximální průměrnou hodnotu amoniakálního dusíku. Extrémně nízké hodnoty všech ukazatelů na přítoku jsou viditelné v roce 2013.

Graf 6.2-10 ČOV E - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



V roce 2005 bylo na odtoku větší množství nerozpuštěných látek. Mírně zvýšená hodnota fosforu se pak objevila v roce 2007.

Účinnost ČOV

V roce 2013 byly veškeré ukazatele na přítoku extrémně nízké, což se negativně projevilo na účinnosti čištění. Díky tomu klesla i celková průměrná účinnost. Všechny nižší hodnoty účinností u rozptylu v tabulce 6.2-15 (kromě ukazatele $N-NH_4^+$) jsou právě z tohoto roku. Projektovaná hodnota je 1 850 EO, přítékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK_5) nabývá hodnot v rozmezí 26 - 176 EO. [20]

Tab. 6.2-15 ČOV E - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK_5	$CHSK_{Cr}$	NL	$N-NH_4^+$	P_{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	75,7 - 97,3	67,0 - 90,6	87,0 - 95,7	87,3 - 99,5	8,9 - 63,1
Průměrná účinnost [%]	91,3	82,8	91,1	96,0	37,3

Shrnutí: V červnu roku 2012 došlo na odtoku k překročení přípustné hodnoty nerozpuštěných látek. Hodnota byla překročena o $12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. [20]



Obr. 6.2-17 ČOV E - Pohled na čistírnu



Obr. 6.2-18 ČOV E - Přítok na čistírnu s odlehčením



Obr. 6.2-19 ČOV E - Systém Kessener



Obr. 6.2-20 ČOV E - Odtok z čistírny přes Parshallův žlab

6.2.6 Čistírna odpadních vod v obci F

Částečně zapuštěná nádrž s obdélníkovým půdorysem zvládá látkové a hydraulické zatížení pro 600 EO. Rozšiřující se kužel uvnitř aktivace tvoří dosazovací prostor nádrže. Provozdušnění je zajištěno systémem Triton.

Emisní limity se od roku 2005 změnilly pouze jednou. Nejnovější rozhodnutí je platné od roku 2014 - 2019. V roce 2015 proběhla rekonstrukce, během které byly tyto hodnoty mírnější. Od ukončení zkušebního provozu jsou platné emisní standardy uvedené v tabulce 6.2-16. [30]

Tab. 6.2-16 ČOV F - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [30]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	1,32	4,50	1,50	0,72

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 60 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 41 825 m³·rok⁻¹, což představuje 69,7 %. [30]

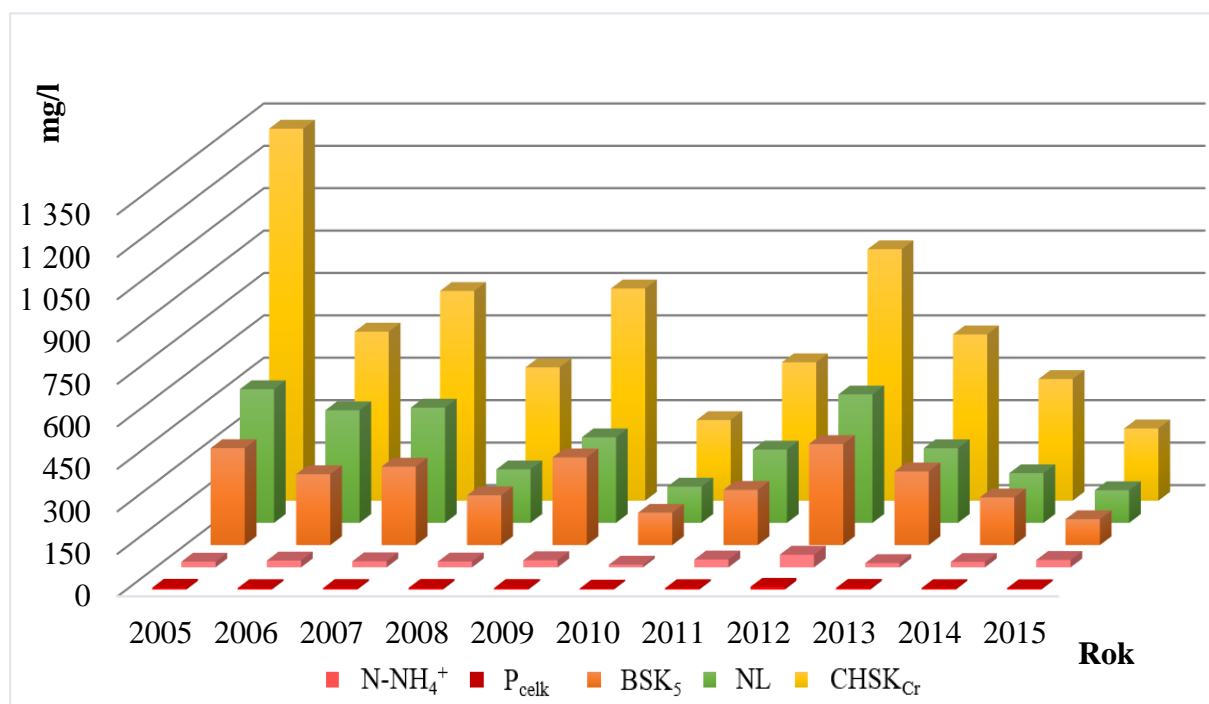
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Kanalizační síť složená z potrubí DN 300 - 900 má celkovou délku 5,4 km a napojuje se na ni 361 přípojek. Za jedinou čerpací stanicí se nachází výtlak o délce 0,16 km. [31]

Tab. 6.2-17 ČOV F - Průměrné znečištění OV [20]

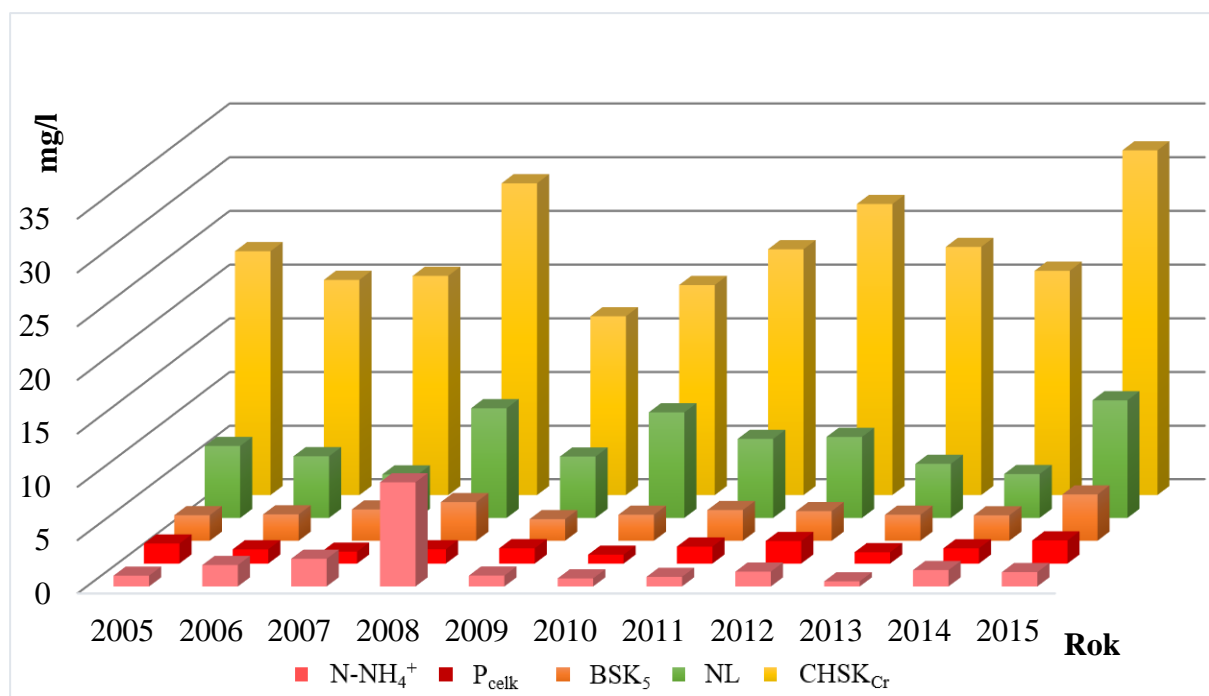
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	114,0 - 356,4	284,3 - 1315,6	127,7 - 471,9	9,3 - 44,6	3,6 - 10,0
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	244,6	655,4	304,4	22,7	5,9
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,0 - 3,6	16,7 - 29,1	4,1 - 10,3	0,5 - 9,8	0,8 - 2,1
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,6	22,3	6,7	2,1	1,4
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,11	0,93	0,29	0,09	0,06
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	8,4	20,8	19,0	13,1	-

Graf 6.2-11 ČOV F - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



Nejvyšší hodnota koncentrace CHSK_{Cr} byla na přítoku v roce 2005. Naopak v roce 2010 a 2015 byly koncentrace sledovaných ukazatelů na přítoku nejnižší.

Graf 6.2-12 ČOV F - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



Průměrná hodnota amoniakálního dusíku v roce 2008 stoupla téměř k 10 mg·l⁻¹. Rok 2015 vykazuje na odtoku mírně zvýšené hodnoty téměř všech ukazatelů.

Účinnost ČOV

Nižší koncentrace ukazatelů na přítoku se mírně projevily v účinnosti čištění odpadní vody. Téměř u všech ukazatelů se jednalo o nejnižší účinnost za vyhodnocované období. Bylo zde také dosaženo poměrně vysokého procenta odstranění znečištění pro ukazatel P_{celk} . Projektovaná hodnota je 600 EO, přítékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK_5) nabývá hodnot v rozmezí 158 - 738 EO. [20]

Tab. 6.2-18 ČOV F - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK_5	$CHSK_{Cr}$	NL	$N-NH_4^+$	P_{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	97,9 - 99,3	93,1 - 98,3	92,3 - 99,0	52,5 - 96,9	70,0 - 82,0
Průměrná účinnost [%]	98,8	96,1	97,2	89,7	76,0

Shrnutí: V listopadu roku 2010 vystoupala koncentrace ukazatele NL na hodnotu o $30 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ více, než byla tehdejší přípustná povolená hodnota. V lednu následujícího roku tento ukazatel opět nevyhověl. Na odtoku byla naměřena hodnota $49 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a dle tehdejšího upraveného rozhodnutí byla přípustná hodnota stanovena pouze na $25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [20]



Obr. 6.2-21 ČOV F - Pohled na čistírnu



Obr. 6.2-22 ČOV F - Přítok na čistírnu



Obr. 6.2-23 ČOV F - Část aktivace



Obr. 6.2-24 ČOV F - Systém Triton

6.2.7 Čistírna odpadních vod v obci G

Projektovaná kapacita této čistírny odpovídá 1 210 EO. Je zde instalovaná nízko-zatěžovaná aktivace, která je rozložena do dvou nádrží. V jedné nádrži je využito systému Kessener. Druhá nádrž je provzdušňovaná pomocí Tritonů.

Emisní limity se od roku 2005 změnilly pouze jednou. Platné rozhodnutí o vypouštění odpadních vod bylo vydáno v roce 2014 a platí až do konce roku 2019. Obsahuje emisní standardy uvedené v tabulce 6.2-19. [32]

Tab. 6.2-19 ČOV G - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [32]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	20	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	1,500	5,625	1,875	0,900

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 75 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 56 212 m³·rok⁻¹, což představuje 75,0 %. [32]

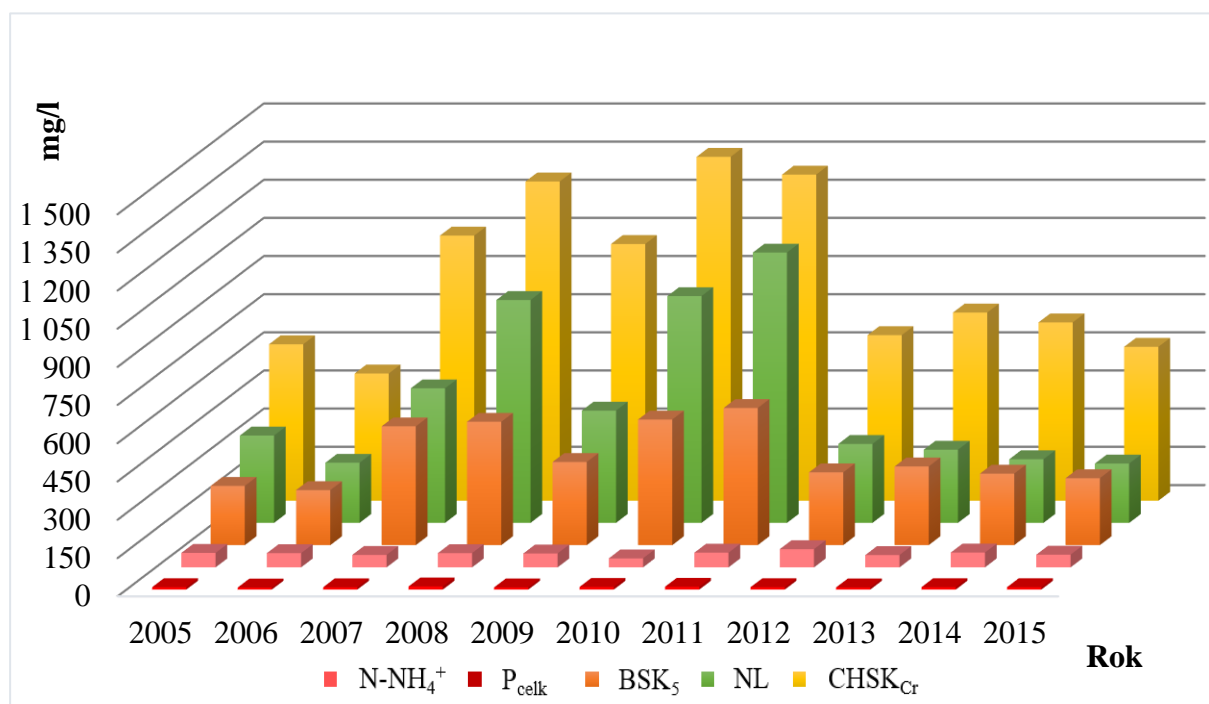
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Kanalizační síť o délce 4,5 km slouží k napojení 460 přípojek. Dimenze sítě se pohybuje v rozmezí DN 300 - 500. V obci se nenachází žádná čerpací stanice ani výtlačný řad. [33]

Tab. 6.2-20 ČOV G - Průměrné znečištění OV [20]

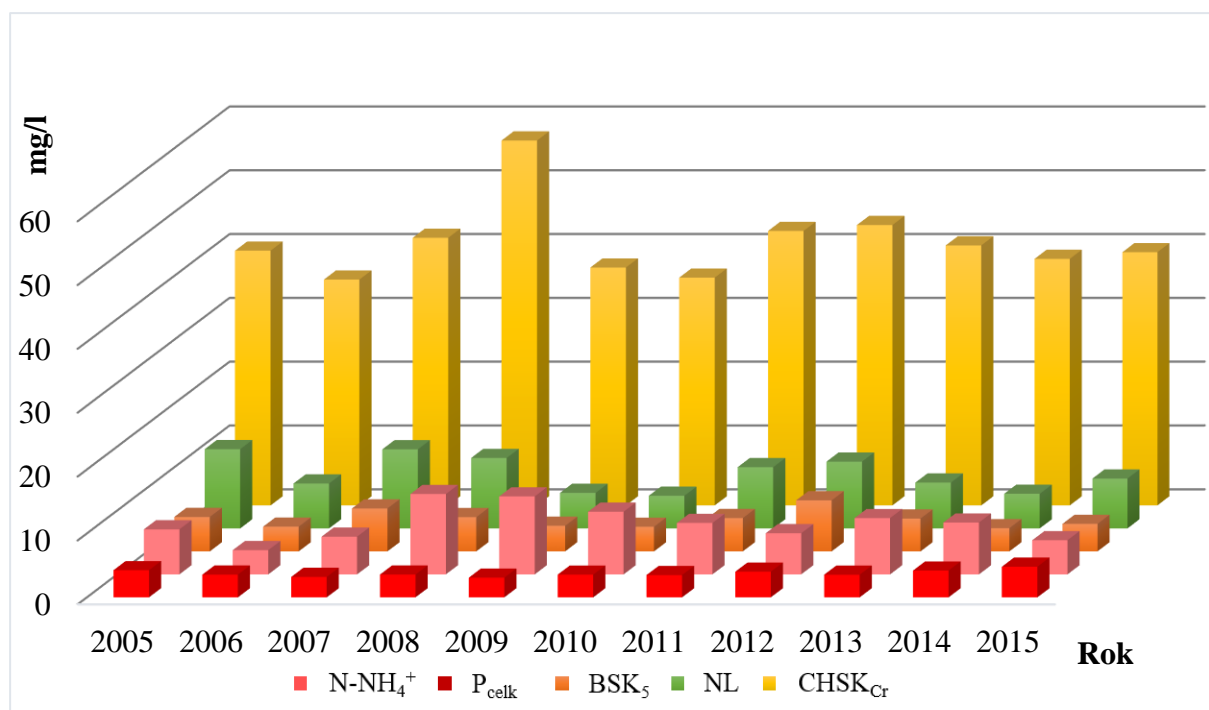
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	215,5 - 537,5	499,1 - 1281,2	232,3 - 1061,6	48,2 - 71,4	8,0 - 12,2
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	339,5	839,1	456,0	55,6	9,6
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	3,6 - 8,0	35,4 - 57,2	5,4 - 12,4	3,8 - 12,6	3,1 - 4,8
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	5,2	41,8	8,9	7,8	3,8
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,28	2,30	0,49	0,43	0,21
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	18,8	40,8	25,9	47,9	-

Graf 6.2-13 ČOV G - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



Mírně zvýšené hodnoty jsou viditelné od roku 2007 po rok 2011. Obecně se jedná o poměrně vyrovnaný přítok koncentrací znečištění.

Graf 6.2-14 ČOV G - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



V roce 2008 a 2009 bylo na odtoku naměřeno největší množství amoniakálního dusíku. V roce 2008 nabyla hodnota ukazatele CHSK_{Cr} na odtoku nejvyšších hodnot.

Účinnost ČOV

Účinnosti čištění jsou u všech ukazatelů poměrně vyrovnané. Vysoké hodnoty se objevují dokonce i u ukazatele NL. Projektovaná hodnota je 1 210 EO, přítékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK₅) nabývá hodnot v rozmezí 618 - 1 496 EO. [20]

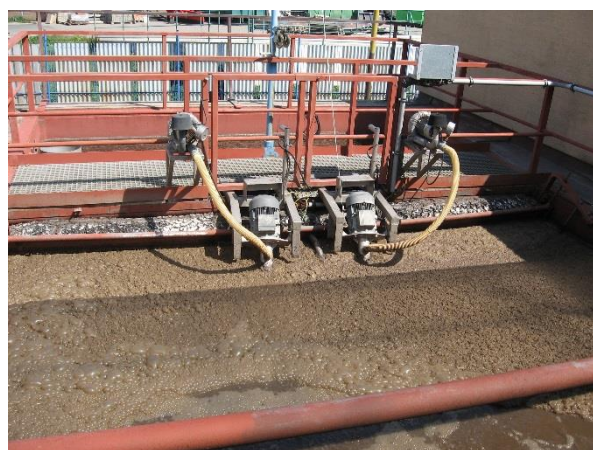
Tab. 6.2-21 ČOV G - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	97,2 - 99,1	93,0 - 96,7	96,5 - 99,1	78,0 - 93,3	50,4 - 71,5
Průměrná účinnost [%]	98,4	94,8	97,7	86,1	60,8

Shrnutí: V červnu 2008 nevyhověly hodnoty u ukazatele CHSK_{Cr} o 6 mg·l⁻¹. V srpnu roku 2011 nevyhověly hodnoty nerozpuštěných látek na odtoku o 1 mg·l⁻¹. V následujícím měsíci téhož roku převyšovaly koncentrace ukazatele BSK₅ přípustné hodnoty o 2 mg·l⁻¹. V roce 2012 bylo v lednu na odtoku o 15 mg·l⁻¹ větší množství BSK₅ a o 10 mg·l⁻¹ nerozpuštěných látek. V dubnu téhož roku opět nevyhověl ukazatel BSK₅ o necelé 3 mg·l⁻¹. [20]



Obr. 6.2-25 ČOV G - Pohled na čistírnu



Obr. 6.2-26 ČOV G - Systém Triton



Obr. 6.2-27 ČOV G - Pohled na nádrž se systémem Kessener v pozadí



Obr. 6.2-28 ČOV G - Ponořený odtok z dosazovací nádrže

6.2.8 Čistírna odpadních vod v obci H

Čistírna s nízko-zatěžovanou nitrifikací je dimenzovaná pro 605 EO. V aktivaci zajišťuje míchání i provzdušnění systém Triton.

Emisní limity byly během zkoumaného období změněny pouze jednou. Od roku 2012 se dále neměnily. Třetím vydaným povolením došlo pouze k prodloužení platnosti (do roku 2021) a obsahuje údaje uvedené v tabulce 6.2-22. [34]

Tab. 6.2-22 ČOV H - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [34]

Emisní standardy	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺
Hodnota p [mg·l ⁻¹]	22	75	25	prům. 12
Hodnota m [mg·l ⁻¹]	30	140	30	20
Bilanční hodnoty [t·rok ⁻¹]	2,20	7,50	2,50	1,20

Roční povolené množství vypouštěných odpadních vod bylo stanoveno na 100 000 m³·rok⁻¹. Průměrné vypouštěné množství za posledních jedenáct let je 62 192 m³·rok⁻¹, což představuje 62,2 %. [34]

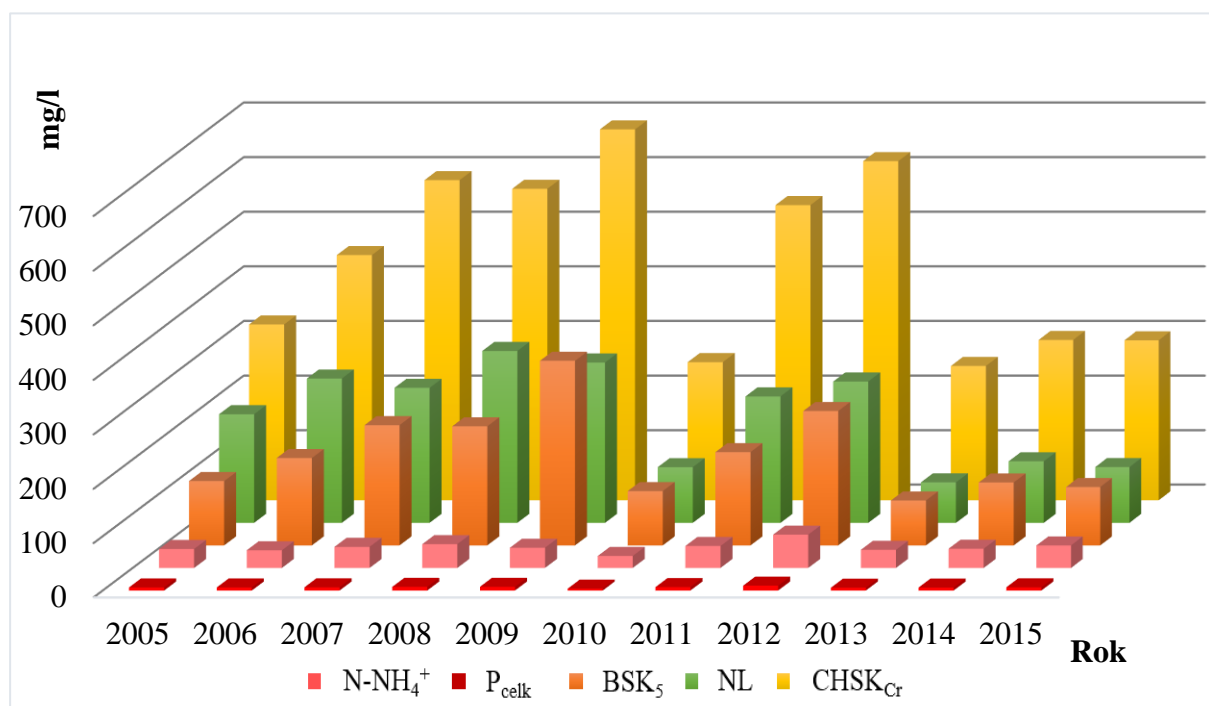
Průměrné znečištění na přítoku a odtoku

Délka stokové sítě o dimenzi DN 300 - 1 000 měří 7,6 km. Celkový počet přípojek je 839. V obci není vybudována čerpací stanice ani výtlačné potrubí. (tyto informace popisují obec E a H dohromady). [29]

Tab. 6.2-23 ČOV H - Průměrné znečištění OV [20]

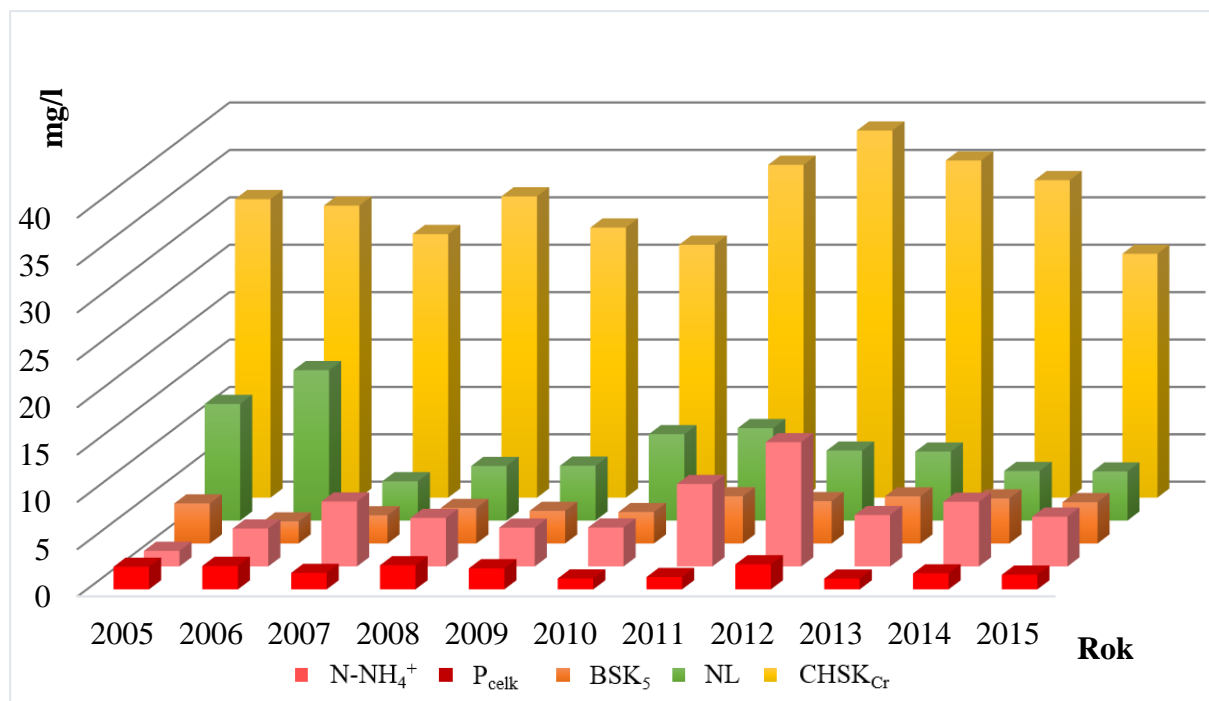
Reálné hodnoty	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl hodnot na přítoku [mg·l ⁻¹]	82,7 - 339,2	246,6 - 679,8	74,6 - 315,6	22,1 - 61,3	3,6 - 8,9
Průměrná hodnota na přítoku [mg·l ⁻¹]	171,2	432,0	197,6	38,1	6,0
Rozptyl hodnot na odtoku [mg·l ⁻¹]	2,3 - 5,0	25,7 - 38,7	4,2 - 15,9	1,6 - 13,1	1,1 - 2,6
Průměrná hodnota na odtoku [mg·l ⁻¹]	3,9	31,1	7,8	5,7	2,0
Průměrné bilanční hodnoty na odtoku [t·rok ⁻¹]	0,24	1,19	0,50	0,33	0,12
Procento bilančních hodnot na odtoku [%]	10,7	25,5	19,9	32,9	-

Graf 6.2-15 ČOV H - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]



V roce 2010 a 2013 byly koncentrace znečištění na přítoku velmi nízké. Naopak vyšší hodnoty se objevily v roce 2009 a 2012.

Graf 6.2-16 ČOV H - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]



V prvních dvou letech bylo vypouštěno mírně zvýšené množství NL oproti dalším rokům. V roce 2012 se na odtoku vyskytly vyšší hodnoty koncentrací ukazatelů CHSK_{Cr}, N-NH₄⁺ a P_{celk}.

Účinnost ČOV

V roce 2009 přitékalo na čistírnu poměrně velké znečištění. S tím zřejmě úzce souvisí fakt, že během této doby dosáhla účinnost téměř všech ukazatelů nejvyšších hodnot. Nízké koncentrace znečištění na přítoku se na účinnosti projevilo v roce 2013. Hodnoty byly většinou nejnižší z celého posuzované období. Během rekonstrukce byla v provozu náhradní mobilní čistírna, a proto nebylo možné pravidelné čištění kanalizační sítě, což ve zkušebním provozu způsobilo problémy na odtoku z ČOV. Projektovaná hodnota je 605 EO, přitékající znečištění (přepočteno pomocí ukazatele BSK₅) nabývá hodnot v rozmezí 214 - 1 089 EO. [20]

Tab. 6.2-24 ČOV H - Účinnost čistírny odpadních vod [20]

Účinnosti čištění OV	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Rozptyl průměrných účinností [%]	94,0 - 99,0	85,7 - 95,9	90,3 - 98,3	79,0 - 95,3	57,4 - 78,2
Průměrná účinnost [%]	97,2	91,8	95,2	85,6	67,8

Shrnutí: V červnu roku 2005 nevyhověl ukazatel nerozpuštěných látek o 3 mg·l⁻¹. Stejná situace se opakovala i v březnu následujícího roku. Přípustná hodnota nebyla dodržena o 56,5 mg·l⁻¹ a zároveň tedy došlo i k překročení maximální hodnoty, a to o 16,5 mg·l⁻¹. V roce 2011 (rok rekonstrukce) byl překročen přípustný limit o 4 mg·l⁻¹ u ukazatele CHSK_{Cr} a o 5 mg·l⁻¹ u BSK₅. V únoru 2014 byla naměřena hodnota 88 mg·l⁻¹ CHSK_{Cr}, což je o 13 mg·l⁻¹ nad přípustnou hodnotu. O téměř 15 mg·l⁻¹ nevyhověl v témže měsíci ani ukazatel BSK₅. V posledním ze zkoumaných let byly překročeny hned tři přípustné limity. U ukazatelů CHSK_{Cr} a NL o 4 mg·l⁻¹ a u BSK₅ o 5 mg·l⁻¹. [20]

V roce 2012 (zkušební provoz) byl problém s amoniakálním dusíkem. V prvních čtyřech měsících daného roku byly naměřeny hodnoty 46 mg·l⁻¹, 42 mg·l⁻¹, 24 mg·l⁻¹ a 29 mg·l⁻¹ (při těchto odběrech nepřesáhla teplota v aktivaci 12 °C). V srpnu byla u téhož ukazatele naměřena hodnota 13,3 mg·l⁻¹ a v listopadu pak 14,8 mg·l⁻¹ (teplota aktivace není známá). Všechny tyto hodnoty zapříčinily překročení hranice průměrné hodnoty 12 mg·l⁻¹, a to o 3,1 mg·l⁻¹. [20]



Obr. 6.2-29 ČOV H - Pohled na čistírnu



Obr. 6.2-30 ČOV H - Gravitační přítok

6.3 SROVNÁNÍ ÚČINNOSTÍ ČISTÍREN

V této kapitole jsou srovnány všechny zmíněné čistírny z hlediska účinnosti čištění odpadních vod a počtu překročení povolených limitů k vypouštění OV. Dále jsou uvedeny důležité poměry koncentrací ukazatelů na přítoku a je porovnán projektovaný a reálný počet EO.

6.3.1 Překročené emisní standardy

V následující tabulce 6.3-1 je u každé ČOV uvedený počet překročení emisních standardů za uvažované období 2005 – 2015.

Tab. 6.3-1 Počet překročených emisních standardů jednotlivých čistíren [20]

ČOV	BSK ₅		CHSK _{Cr}		NL		N-NH ₄ ⁺		Součet		Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	
ČOV A	2/0	-	1/0	-	2/0	-	-	-	5/0	-	Vyhovělo
ČOV B	-	-	-	-	-	-	-	-	0/0	-	Vyhovělo
ČOV C	-	-	0/2	-	0/2	-	-	-	0/4	-	Vyhovělo
ČOV D	-	-	-	-	1/1	-	-	-	1/1	-	Vyhovělo
ČOV E	-	-	-	-	1/0	-	-	-	1/0	-	Vyhovělo
ČOV F	-	-	-	-	2/0	-	-	-	2/0	-	Vyhovělo
ČOV G	2/1	-	1/0	-	1/1	-	-	-	4/2	-	Vyhovělo
ČOV H	2/1	-	2/1	-	2/0	1/0	0/1	-	6/3	1/0	Vyhovělo

Kde:

- číslo X / číslo Y
 - číslo X - Počet překročení hodnoty ukazatele při běžném provozu.
 - číslo Y - Počet překročení hodnoty ukazatele při rekonstrukci nebo zkušebním provozu

Přípustné hodnoty vyhověly dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kde je stanoven maximální počet vzorků za kalendářní rok, u kterých mohou být překročeny „p“ limity (viz Tab. 4.3-2).

Maximální hodnota na odtoku byla překročena pouze v jednom případě. Jednalo se o ČOV H, která v březnu roku 2006 nesplnila požadavky stanovené povolením k vypouštění maximálního množství nerozpuštěných látek. Tato maximální hodnota byla překročena o 16,5 mg·l⁻¹. Všechny ostatní ukazatele stanovené ze stejného vzorku neměly nijak rozdílné hodnoty od hodnot běžných. U této ČOV byla rekonstrukce provedena až v roce 2011. [20]

Z tabulky 6.3-1 je viditelné, že v počtu překročení přípustných a maximálních limitních hodnot nejlépe vyhověla čistírna B, kde tento stav za posuzovaných 10 let nenastal ani jednou. Čistírna nebyla do roku výstavby (2005) prozatím ani jednou rekonstruována. Naopak nejvyšší počet překročení měla čistírna H, u které se navíc objevilo překročení maximální hodnoty. Je také zřejmé, že největším problémem pro čistírny z hlediska dodržování hodnot

v povolení k vypouštění OV jsou nerozpuštěné látky, které představují překročení emisních standardů téměř ve 47 %. Tento ukazatel je závislý na velikosti plochy dosazovací nádrže.

6.3.2 Poměry ukazatelů znečištění odpadní vody

Složení odpadní vody a poměry koncentrací jednotlivých ukazatelů mohou mít vliv na odstraňování znečištění.

Jak už bylo uvedeno v kapitole 2.1.3, poměr $CHSK_{Cr} : BSK_5$ je pro čištění OV velmi důležitý. Ideální poměr odpovídá poměru 2:1 a podmiňuje biologickou čistitelnost. Kritická hodnota $CHSK_{Cr} : P_{celk}$ odpovídá poměru 40 - 30 : 1. V těchto případech už se uvažuje o chemickém srážení fosforu (jako jediného způsobu). Existuje i ideální poměr ukazatelů $BSK_5 : P_{celk}$, který je zmíněn již v kapitole 5.5 a odpovídá hodnotám 100:1. V tabulce 6.3-2 jsou uvedeny rozptyly poměrů na přítoku konkrétních ČOV. Každé uvedené číslo je vyjádřením podílu daných ukazatelů. [35]

Tab. 6.3-2 Poměry ukazatelů odpadní vody [20;35]

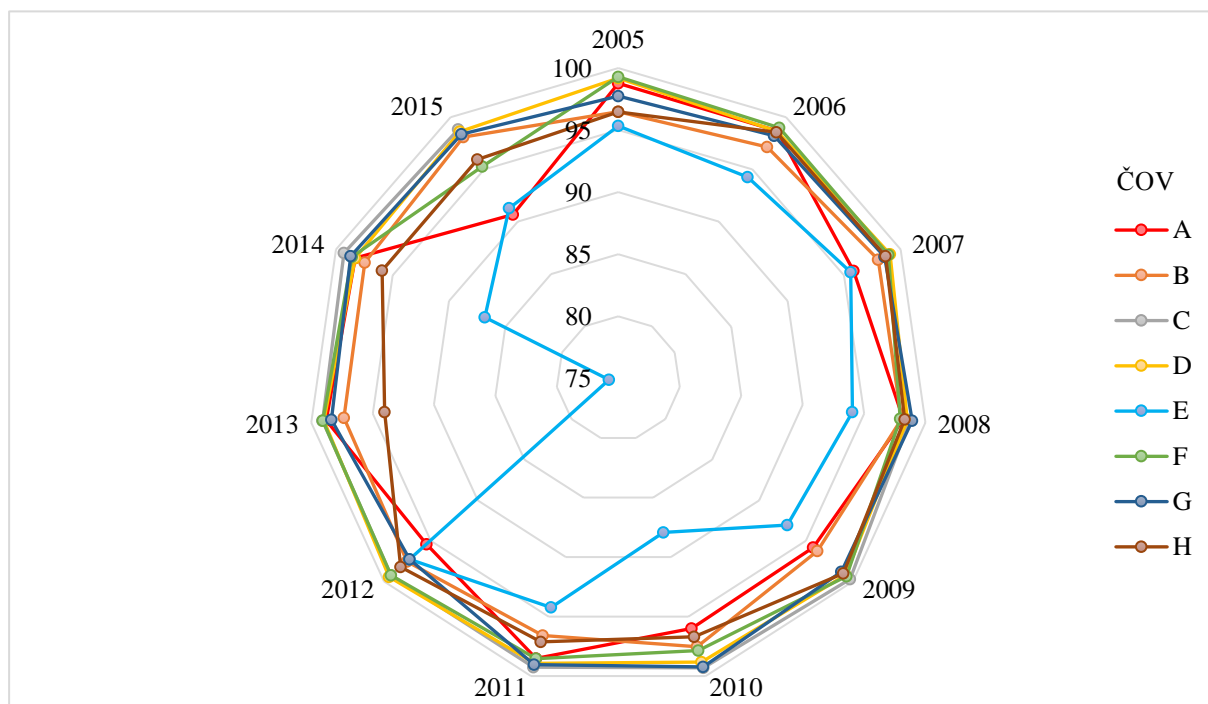
Poměr, ČOV	$CHSK_{Cr} : BSK_5$	$BSK_5 : P_{celk}$	$CHSK_{Cr} : P_{celk}$
Ideální rozptyl poměrů	2,0 - 1,3	100,0	30,0 - 40,0
ČOV A	2,6 - 3,2	18,9 - 19,7	50,6 - 60,8
ČOV B	2,9 - 2,4	22,2 - 22,9	54,4 - 65,1
ČOV C	2,6 - 2,5	37,7 - 47,5	95,4 - 124,2
ČOV D	2,9 - 1,7	34,9 - 30,6	60,6 - 87,2
ČOV E	6,4 - 2,6	11,7 - 19,0	49,2 - 75,0
ČOV F	3,8 - 2,5	31,7 - 35,6	79,0 - 135,2
ČOV G	2,4 - 2,3	26,9 - 44,1	62,4 - 105,0
ČOV H	3,0 - 2,0	23,0 - 38,1	68,5 - 76,4

Vyšší hodnoty koncentrací ukazatele BSK_5 a nižší hodnoty ukazatele $CHSK_{Cr}$ na přítoku by přiblížily reálné poměry k poměrům ideálním. Tím by došlo k zajištění lepší biologické čistitelnosti odpadních vod. Při nižších poměrech totiž dochází i k horšímu odstranění dusíku. Poměr $CHSK_{Cr} : BSK_5$ nabývá mírně vyšší hodnot oproti hodnotám ideálním. Podobně je na tom i poměr $CHSK_{Cr} : P_{celk}$, který je u některých čistíren dvojnásobný až trojnásobný. U poměru $BSK_5 : P_{celk}$ jsou reálné hodnoty oproti ideální hodnotě velmi nízké, dokonce nedosahují ani její poloviny. [35]

6.3.3 Vyhodnocení účinností

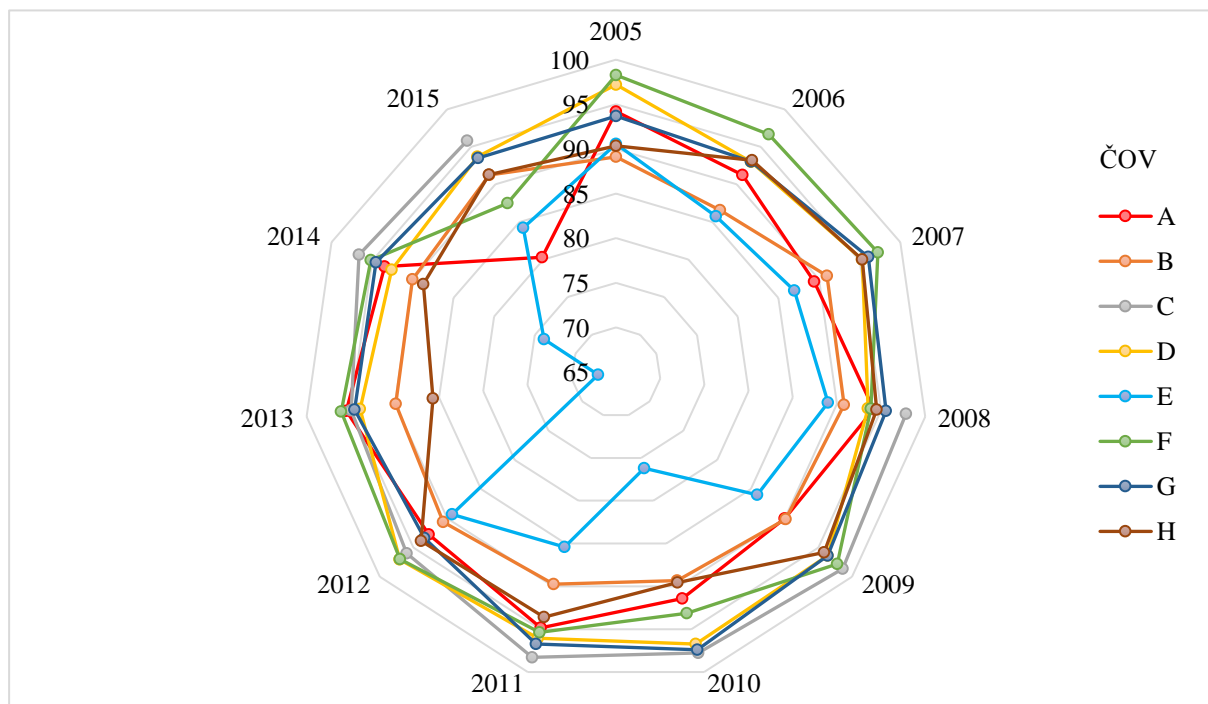
Na následujících stranách se nachází grafy 6.3-1 - 6.3-5, ve kterých jsou znázorněny účinnosti čištění pro jednotlivé ukazatele zvlášť. V každém grafu jsou barevně odlišeny čistírny a jejich účinnost je vyjádřena za celé uvažované období. Čím větší je plocha v grafu, tím vyšších účinností čištění čistírna dosahovala.

Graf 6.3-1 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele BSK₅ [20]



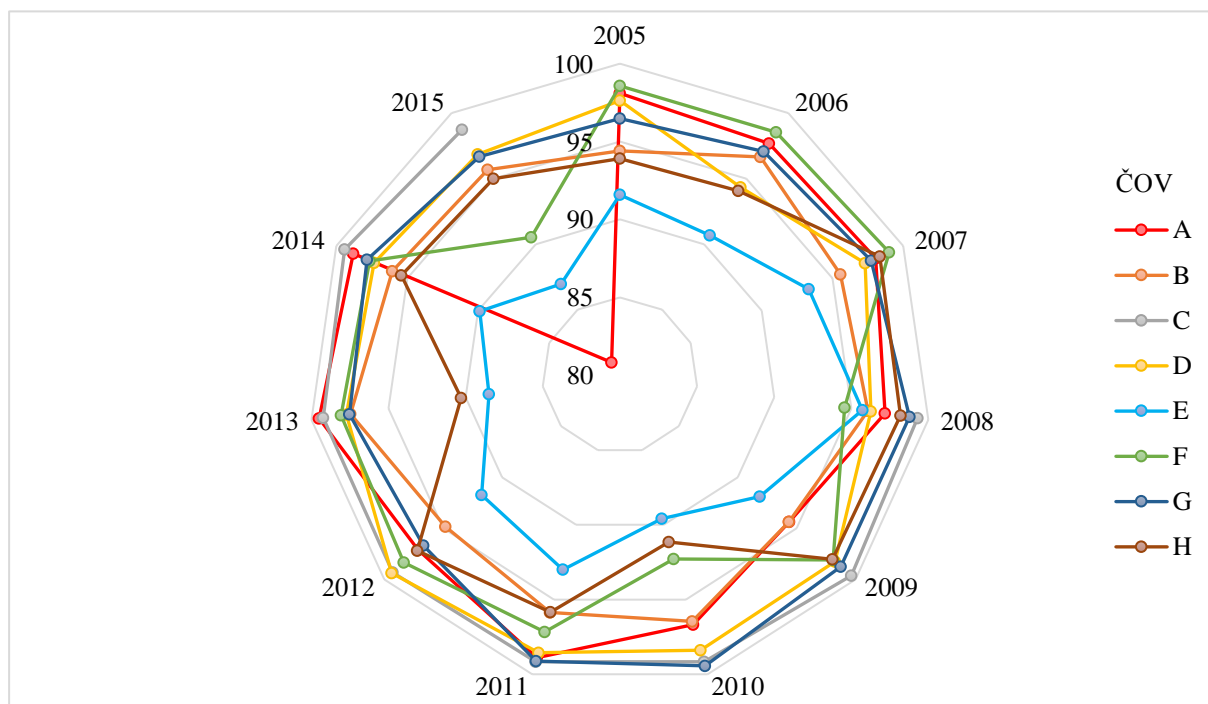
Účinnosti odstranění koncentrací ukazatele BSK₅ jsou nejvíce vyrovnané. Nejvyšších hodnot dosáhly čistírny C, D a F. U čistírny E jsou účinnosti viditelně nejnižší. Ostatní čistírny si udržují účinnost čištění nad 90 %.

Graf 6.3-2 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele CHSK_{Cr} [20]



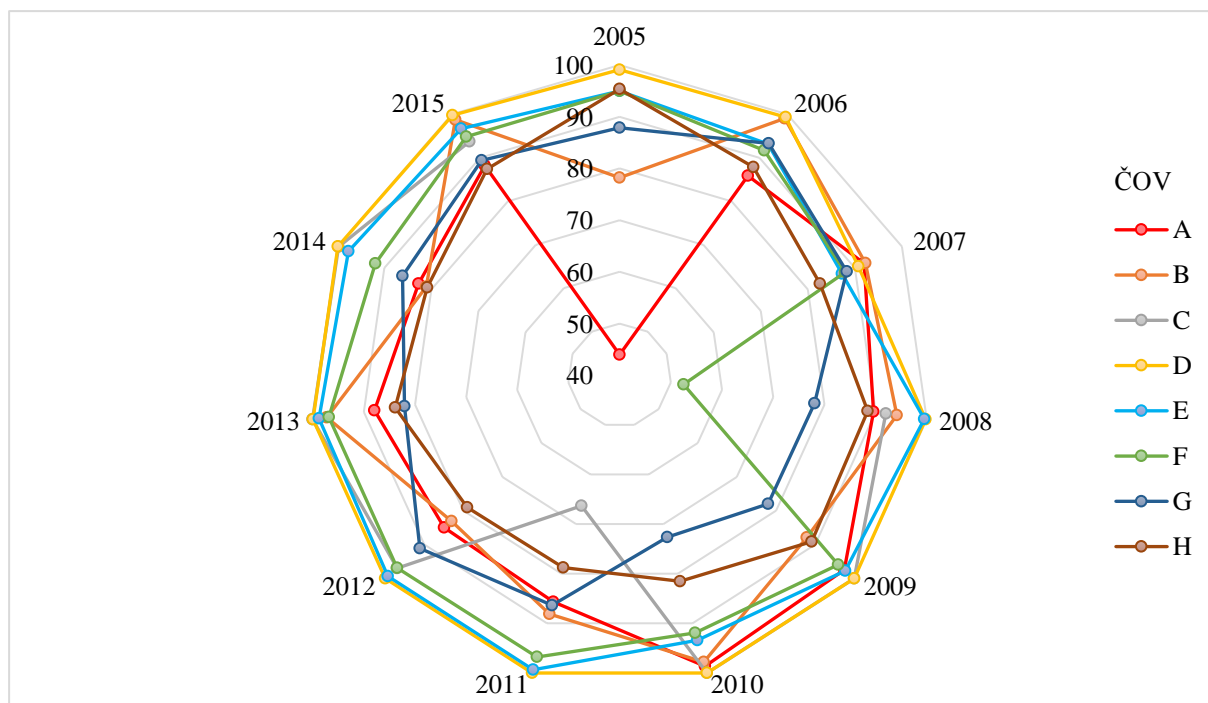
Nejvyšších účinností při odstranění koncentrací ukazatele CHSK_{Cr} dosáhly čistírny C a F. Pod hranicí účinnosti 90 % se čistírna E držela téměř ve všech letech.

Graf 6.3-3 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele NL [20]



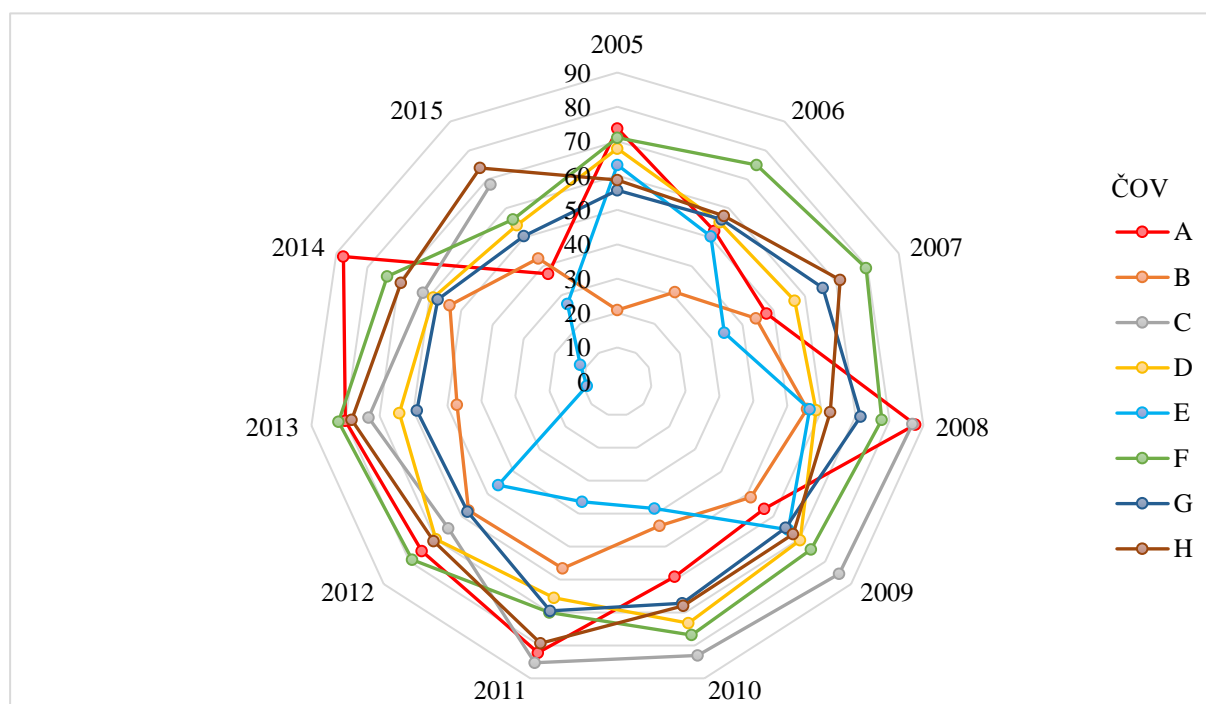
Kromě čistírny E si všechny ČOV udržely účinnosti odstranění nerozpuštěných látek nad 90%. Výjimku tvořil rok 2015 u čistírny A.

Graf 6.3-4 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele N-NH₄⁺ [20]



U čistírny D bylo nejčastěji dosaženo stoprocentní účinnosti, což bylo způsobeno hodnotou 0,00 mg·l⁻¹ na odtoku. Většina účinností přesahuje hodnotu 75 %.

Graf 6.3-5 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele P_{celk} [20]



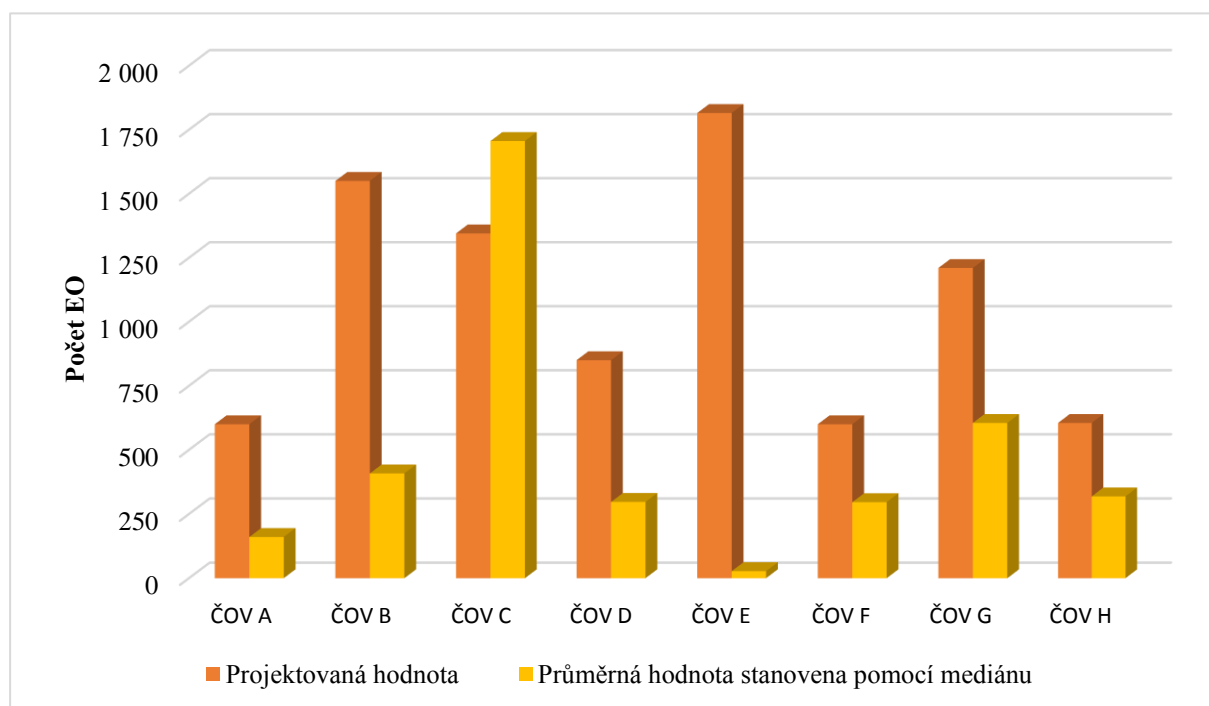
Vypouštění koncentrací P_{celk} není nijak limitováno. Hodnoty těchto účinností jsou na většině čistírnách rozkolísané. Nejhorší hodnoty se objevovaly u čistíren B a E. Naopak nejlepší odstranění koncentrací tohoto znečištění proběhlo u čistíren C a F. Necelých 9 % bylo dosaženo u čistírny E v roce 2013. Je však nutné dodat, že koncentrace P_{celk} na přítoku byly v tomto případě velmi nízké.

Z grafů je jasně viditelný pokles účinnosti u čistírny A v roce 2015 u většiny ukazatelů, což bylo způsobeno nižšími koncentracemi na přítoku. Podobně na tom byla i čistírna F v roce 2010 a 2015. Nejnižších účinností bylo za uvažovaných jedenáct let dosahováno u ČOV E (kromě ukazatele amoniakálního dusíku). Z tohoto důvodu by bylo vhodné posouzení stávající technologie a veškerého zařízení a případný návrh intenzifikace nebo rekonstrukce stavebních objektů ČOV. V ostatních případech se obecně jedná o vysoká procenta účinnosti čištění OV.

6.3.4 Porovnání počtu EO

Projektovaná hodnota počtu ekvivalentních obyvatel je odlišná od reálného látkového zatížení přitékající na čistírnu, které je vyjádřeno v přepočtu na EO pomocí ukazatele BSK_5 . V grafu 6.3-6 je uvedeno porovnání projektované hodnoty a průměrné reálné hodnoty počtu EO na přítoku jednotlivých ČOV. Tento průměr byl vypočten pomocí mediánu za každý uvažovaný rok, a to z důvodu omezení vlivu vyskytujících se extrémních hodnot.

Graf 6.3-6 Srovnání projektované a reálné hodnoty počtu EO [20]



V grafu nelze přehlédnout ČOV C, u které reálné hodnoty počtu EO dosti převyšují hodnotu projektovanou. Opačný extrém je viditelný u ČOV E. V ostatních případech jsou viditelné přiměřené rezervy, které souvisí s předpokládaným budoucím rozvojem obcí.

ČOV E byla záměrně naprojektována s vyššími hodnotami. Jedná se o rekreační oblast a s tím souvisí i nárazové zatížení čistírny. Z tohoto důvodu je v areálu více nádrží, které jsou v provozu dle potřeby. K odebrání vzorků navíc dochází pouze jednou měsíčně a vždy během pracovní části týdne. Je tedy poměrně těžké odebrat reprezentativní vzorek.

U ČOV C se momentálně uvažuje o rekonstrukci a navýšení kapacity ke 2 000 EO. Přitéká-li na čistírnu zvýšené látkové zatížení, pak je možno při nedostatečném množství kyslíku v aktivační nádrži prodloužit nitrifikaci. Díky tomuto není problém překonávat i nárazové zvýšené znečištění na přítoku.

6.3.5 Shrnutí

Nízko-zatěžovaná aktivace s aerobní stabilizací kalu v aktivační nádrži je výhodná ve vyrovnávací schopnosti aktivačního systému. Toho je využito především při nárazových (látkových i hydraulických) přetížení ČOV. Účinnosti čištění jsou poměrně vyrovnané, kal je stabilizován jednoduchým způsobem a je zajištěna vysoká provozní bezpečnost. Tento proces je vhodný právě pro malé čistírny, protože vyžaduje poměrně velké objemy aktivačních a dosazovacích nádrží. Nízké specifické zatížení kalu je charakteristické pro čistírny s touto technologií. [3]

Za předpokladu budoucího rozvíjení uvažovaných obcí v rámci územního plánu byla většina čistíren navržena s mírně předdimenzovanými hodnotami. Proto není problém s dosahováním

již dříve zmíněných vysokých účinností čištění. Zaškolená obsluha a dobrý řídicí systém představují další aspekty související se správným provozem čistíren.

Účinnost čištění může být dále ovlivněna technickým stavem stokového systému. S tím souvisí množství balastních vod, případně hydraulické přetížení, které nastává například i při přivalových deštích. Odpadní voda pak přitéká na čistírnu s nařazenými koncentracemi znečištění. Důležité také je, aby látky vypouštěné do kanalizace byly v souladu s kanalizačním řádem.

V porovnání s BAT limity jsou všechny přípustné a maximální hodnoty stejné. Výjimku tvoří ČOV G, kde je na odtoku u ukazatele BSK_5 požadována přísnější přípustná hodnota o $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Z hlediska účinností nejlepších dostupných technologií se vždy našlo pár čistíren, které s účinností čištění klesly pod minimální hodnotu. U ukazatele $CHSK_{Cr}$ (minimální účinnost 75 %) nevyhověla dvakrát čistírna E. Podobně tomu bylo u ukazatele BSK_5 , kde nebyla předepsaná hodnota (85 %) u stejné čistírny dosažena jednou. U ukazatele amoniakálního dusíku čistírny A, C, F a G nedosáhly vždy jen v jednom roce hraniční hodnoty minimální účinnosti čištění (75 %). [1;20]

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na porovnání účinností osmi čistíren odpadních vod v Jihomoravském kraji. Všechny čistírny spadají do kategorie 500 - 2 000 EO a jsou provozovány jednou společností - Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s.

Cílem práce je porovnání koncentrací znečištění základních ukazatelů kvality vody na přítoku i odtoku z čistíren. Vyhodnocení účinností čištění, stanovení celkového počtu překročení povolení k vypouštění odpadních vod, které je upřesněno konkrétními městskými úřady.

V teoretické části jsou uvedeny základní parametry určující kvalitu vody, jejich definice, stanovení a běžné hodnoty koncentrací ve vodách. Jednalo se o biochemickou a chemickou spotřebu kyslíku, nerozpuštěné látky, dusík a fosfor. Následující část zahrnovala vývoj zákonů a nařízení vlády, které se postupem času rozšiřovaly a zdokonalovaly, a to za účelem ochrany a zvýšení kvality podzemních a povrchových vod. S časem přibývaly limitující hodnoty koncentrací ukazatelů vypouštěných OV, které byly dále zpříšňovány. Tento vývoj se dá předpokládat i v budoucnu a je podporován také Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, za účelem snižování vypouštěných emisí a využívání nejlepších dostupných technologií. [38]

Následující část práce obsahuje informace o složení odpadních vod, kanalizačním řádu, odběru vzorků vypouštěných odpadních vod a s tím souvisejících poplatků za nedodržení kanalizačního řádu a povolení k vypouštění těchto vod. V práci jsou uvedeny také vztahy pro výpočet přítoku odpadní vody na ČOV, látkového zatížení, koncentrací, EO a účinností čištění.

Na začátku praktické části se nachází stručný přehled všech čistíren a obecné informace ke zpracovávaným datům. U každé čistírny jsou základní informace, počet vydaných povolení k vypouštění OV za uvažované období a nynější platné emisní standardy. Pro stručný popis stokové sítě byl použit PRVKÚK. Pod těmito údaji se nachází dva grafy vycházející z poskytnutých dat. V tabulkách jsou shrnuty průměrné hodnoty koncentrací ukazatelů znečištění na přítoku a na odtoku a rozptyl hodnot, mezi kterými se koncentrace pohybovaly. Dále je uvedena reálná bilanční hodnota ukazatelů, která je pomocí přepočtu na procenta vztažena k bilančním hodnotám z platných povolení k vypouštění OV. Objevuje se zde i rozpětí přítékajícího znečištění přepočteného na EO pomocí ukazatele BSK₅ a jeho porovnání s projektovanou hodnotou. Tabulka účinností čištění udává průměrnou hodnotu odstranění znečištění za uvažované období. Poslední část charakteristiky ČOV je zaměřena na překročení přípustných a maximálních hodnot za celé posuzované období. Je tedy vždy zmíněn konkrétní ukazatel a konkrétní rok, ve kterém koncentrace vzorku na odtoku nevyhověla a jak velkému překročení na odtoku došlo.

Poslední kapitola porovnává čistírny vzájemně mezi sebou. Na začátku je uveden přehled počtu překročení přípustných a maximálních hodnot. V každém roce bylo na odtoku odebráno vždy minimálně dvanáct vzorků. Za uvažované období jedenácti let (u jedné čistírny jen 8 let) byla tedy na odtoku odebráno celkem 1 020 vzorků, ze kterých bylo stanoveno 4 080 rozborů pro vybrané sledované ukazatele (BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺). K překročení emisních

standardů došlo celkem třicetkrát. Z toho lze usoudit, že čistírny nemají větší problémy s dodržением požadovaných koncentrací znečištění OV na odtoku. Nejvíce překročení však nastalo u ukazatele nerozpuštěných látek. Téměř 47 % překročených limitních hodnot z povolení k vypouštění OV se týkalo tohoto ukazatele. Tento problém nastává především u malých ploch dosazovacích nádrží. Je možné mu částečně předcházet zapuštěnými odtoky vody v dosazovacích nádržích, které jsou na některých čistírnách již osazeny.

Rozbory vzorků provádí vždy vlastní laboratoř, která je dále kontrolována nadřazenými orgány. Povodí Moravy provádí další odběry vzorků. ČOV jsou kontrolovány i Českou inspekcí životního prostředí a Ministerstvem zemědělství.

Při porovnání poměrů koncentrací ukazatelů přitékající odpadní vody s ideálními hodnotami poměru vyšlo jasně najevo, že zvýšením koncentrací ukazatele BSK₅ na přítoku (nebo naopak snížením koncentrací ukazatele CHSK_{Cr}) by došlo k přiblížení k ideálnímu poměru a byla by lépe zajištěna biologická čistitelnost těchto odpadních vod. Poměry reálných koncentrací přitékajících OV jsou totiž v porovnání s ideálními hodnotami koncentrací značně odlišné.

V následující části práce se nachází pět grafů, přičemž každý graf je charakteristický pro jeden z porovnávaných základních ukazatelů kvality vody. Nejvyrovnanější hodnoty jsou u ukazatele BSK₅. Naopak nejvíce rozkolísané hodnoty jsou u ukazatele P_{celk}, který ale pro tuto kategorii čistíren není limitován koncentracemi na odtoku. Dále je v grafu viditelný pokles účinnosti čištění v závislosti na nízkých koncentracích ukazatelů na přítoku.

V práci se objevuje i porovnání návrhového počtu ekvivalentních obyvatel s průměrnou hodnotou EO (stanovenou pomocí mediánu), která je v každém roce získána přepočtem pomocí ukazatele BSK₅. Přitékající látkové zatížení v přepočtu na EO je většinou mírně nižší než navrhovaná hodnota. Výjimku tvoří dvě čistírny.

Jestliže se na přítoku začínají objevovat vyšší koncentrace než 95 % projektované hodnoty (buď u jediného ukazatele znečištění), pak je nutností plánování intenzifikace, případně rekonstrukce stavebních objektů. Podobné návrhy na úpravy by měly nastat i v případě, když se nynější technologie (případně strojní zařízení) stává nevyhovující, a proto není schopna zajistit požadovanou vysokou účinnost čištění. Výhledově je většinou uvažováno s intenzifikací nebo rekonstrukcí po patnácti letech provozu technologie a zařízení.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: *Nařízení vlády 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*, In: . ročník 2015, číslo 401.
- [2] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody: Studijní opora, modul 1, 2, 3, 4.*
- [3] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Studijní opora, modul 1, 2.* Brno, 2006.
- [4] PYTL, Vladimír. *Průručka provozovatele čistírny odpadních vod. 2. vyd. Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR, c2012. ISBN 978-80-87140-26-0.*
- [5] Zákon č. 274/2001 Sb.: *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*, In: . ročník 2001, číslo 274.
- [6] PITTER, Pavel. *Hydrochemie. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.*
- [7] Zákon 11/1955 Sb.: *Zákon o vodním hospodářství*, In: . ročník 1955, číslo 11.
- [8] Zákon 138/1973 Sb.: *Zákon o vodách*, In: . ročník 1973, číslo 138.
- [9] Zákon 254/2001 Sb.: *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*, In: . ročník 2001, číslo 254.
- [10] Nařízení vlády 25/1975 Sb.: *Nařízení vlády České socialistické republiky, jímž se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod*, In: . ročník 1975, číslo 25.
- [11] Nařízení vlády 171/1992 Sb.: *Nařízení vlády České republiky, kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod*, In: . ročník 1992, číslo 171.
- [12] Nařízení vlády 82/1999 Sb.: *Nařízení vlády, kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod*, In: . ročník 1999, číslo 82.
- [13] Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.: *Nařízení vlády 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.*, In: . ročník 2003, číslo 61.
- [14] Nařízení vlády č. 143/2012 Sb.: *Nařízení vlády o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu*, In: . ročník 2012, číslo 143.
- [15] HLAVÍNEK, Petr. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*, Brno: Noel 2000, 1996. ISBN 80-86020-00-2.
- [16] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství*, Brno, 2006.
- [17] ČSN 75 6401. *Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500*, In: . Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [18] *Council Directive 91/271/EEC, concerning urban waste-water treatment*, In: . ročník 1991, číslo 271.
- [19] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV A. Veselí nad Moravou*, 2015.
- [20] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Data z rozborů vzorků a dalších měření prováděných na čistírnách.*

- [21] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec A.*
- [22] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV B.* Hodonín, 2014.
- [23] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec B.*
- [24] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV C.* Veselí nad Moravou, 2012.
- [25] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec C.*
- [26] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV D.* Kyjov, 2013.
- [27] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec D.*
- [28] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV E.* Veselí nad Moravou, 2015.
- [29] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec E, Obec H.*
- [30] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV F.* Veselí nad Moravou, 2014.
- [31] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec F.*
- [32] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV G.* Hodonín, 2014.
- [33] KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje: Územní celek Hodonín, Obec G.*
- [34] VODOVODY A KANALIZACE HODONÍN, a.s. *Povolení k nakládání s vodami, které spočívá ve vypouštění odpadních vod z ČOV H.* Veselí nad Moravou, 2017.
- [35] HLAVÍNEK, Petr a Dušan NOVOTNÝ. *Intenzifikace čistíren odpadních vod.* Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-01-0.
- [36] ČSN EN ISO 15681. *Stanovení orthofosforečnanů a celkového fosforu průtokovou analýzou (FIA a CFA),* In: . Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [37] ČSN EN ISO 6878. *Stanovení fosforu - Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným,* In: . Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [38] *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.* In: . ročník 2000, číslo 60.
- [39] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky,* In: . Praha: Český normalizační institut, 2012.

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.2-1 Vybrané ukazatele přípustného množství látek v povrchových vodách [10].....	19
Tab. 3.2-2 Ukazatele stanovující nejvyšší přípustnou míru znečištění ve vypouštěných splaškových a městských odpadních vodách [11].....	20
Tab. 3.2-3 Ukazatele a jejich přípustné hodnoty znečištění ve vypouštěných odpadních splaškových a městských vodách [12]	21
Tab. 3.2-4 Emisní standardy - hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěných OV [13].....	22
Tab. 3.2-5 Emisní standardy- přípustná minimální účinnost čištění OV v procentech [13]....	23
Tab. 3.2-6 Minimální přípustná účinnost čištění DČOV v procentech [13]	23
Tab. 3.2-7 Hodnoty dosažitelné použitím nejlepších dostupných technologií při čištění městských odpadních vod v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a v procentech [13].....	25
Tab. 3.2-8 Minimální účinnost DČOV v procentech [1]	26
Tab. 4.1-1 Obvyklé složení městských odpadních vod [15].....	27
Tab. 4.3-1 Minimální počet odběrů vzorků městských odpadních vod [1]	29
Tab. 4.3-2 Přípustný počet vzorků nesplňujících přípustné („p“) limity [18].....	29
Tab. 4.4-1 Koncentrační limity zpoplatnění a sazby pro výpočet poplatku a hmotností [9] ...	31
Tab. 5.2-1 Specifická produkce znečištění [17].....	33
Tab. 5.5-1 Orientační hodnoty odstranění znečištění MČOV [15]	35
Tab. 5.5-2 Aktivační procesy [3]	36
Tab. 6.1-1 Základní přehled vybraných čistíren odpadních vod.....	37
Tab. 6.2-1 ČOV A - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [19]	39
Tab. 6.2-2 ČOV A - Průměrné znečištění OV [20].....	39
Tab. 6.2-3 ČOV A - Účinnost čistírny odpadních vod [20].....	41
Tab. 6.2-4 ČOV B - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [22]	42
Tab. 6.2-5 ČOV B - Průměrné znečištění OV [20].....	42
Tab. 6.2-6 ČOV B - Účinnost čistírny odpadních vod [20]	44
Tab. 6.2-7 ČOV C - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [24]	45
Tab. 6.2-8 ČOV C - Průměrné znečištění OV [20].....	45
Tab. 6.2-9 ČOV C - Účinnost čistírny odpadních vod [20]	47
Tab. 6.2-10 ČOV D - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [26]	48
Tab. 6.2-11 ČOV D - Průměrné znečištění OV [20].....	48
Tab. 6.2-12 ČOV D - Účinnost čistírny odpadních vod [20].....	50

Tab. 6.2-13 ČOV E - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [28]	51
Tab. 6.2-14 ČOV E - Průměrné znečištění OV [20]	51
Tab. 6.2-15 ČOV E - Účinnost čistírny odpadních vod [20]	53
Tab. 6.2-16 ČOV F - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [30].....	54
Tab. 6.2-17 ČOV F - Průměrné znečištění OV [20]	54
Tab. 6.2-18 ČOV F - Účinnost čistírny odpadních vod [20].....	56
Tab. 6.2-19 ČOV G - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [32]	57
Tab. 6.2-20 ČOV G - Průměrné znečištění OV [20].....	57
Tab. 6.2-21 ČOV G - Účinnost čistírny odpadních vod [20].....	59
Tab. 6.2-22 ČOV H - Emisní limity ukazatelů a bilanční hodnoty vypouštěných OV [34]	60
Tab. 6.2-23 ČOV H - Průměrné znečištění OV [20].....	60
Tab. 6.2-24 ČOV H - Účinnost čistírny odpadních vod [20].....	62
Tab. 6.3-1 Počet překročených emisních standardů jednotlivých čistíren [20]	63
Tab. 6.3-2 Poměry ukazatelů odpadní vody [20;35].....	64

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 6.2-1 ČOV A - Provozní budova	41
Obr. 6.2-2 ČOV A - Systém Triton.....	41
Obr. 6.2-3 ČOV A - Suchá ČS na přítoku.....	41
Obr. 6.2-4 ČOV A - Biologická linka	41
Obr. 6.2-5 ČOV B - Provozní budova.....	44
Obr. 6.2-6 ČOV B - Pohled na mechanické předčištění	44
Obr. 6.2-7 ČOV B - Vestavěná dosazovací nádrž.....	44
Obr. 6.2-8 ČOV B - Provozní zkouška systému Triton	44
Obr. 6.2-9 ČOV C - Pohled na čistírnu	47
Obr. 6.2-10 ČOV C - Ukázka dmyhadla	47
Obr. 6.2-11 ČOV C - Část biologické linky.....	47
Obr. 6.2-12 ČOV C - Bezpečnostní přeliv dešťové nádrže.....	47
Obr. 6.2-13 ČOV D - Pohled na čistírnu.....	50
Obr. 6.2-14 ČOV D - Nitrifikační a dosazovací nádrže.....	50
Obr. 6.2-15 ČOV D - Dmyhadla	50
Obr. 6.2-16 ČOV D - Válcové síto na shrabky	50
Obr. 6.2-17 ČOV E - Pohled na čistírnu	53
Obr. 6.2-18 ČOV E - Přítok na čistírnu s odlehčením	53
Obr. 6.2-19 ČOV E - Systém Kessener.....	53
Obr. 6.2-20 ČOV E - Odtok z čistírny přes Parshallův žlab	53
Obr. 6.2-21 ČOV F - Pohled na čistírnu	56
Obr. 6.2-22 ČOV F - Přítok na čistírnu.....	56
Obr. 6.2-23 ČOV F - Část aktivace.....	56
Obr. 6.2-24 ČOV F - Systém Triton.....	56
Obr. 6.2-25 ČOV G - Pohled na čistírnu.....	59
Obr. 6.2-26 ČOV G - Systém Triton.....	59
Obr. 6.2-27 ČOV G - Pohled na nádrž se systémem Kessener v pozadí	59
Obr. 6.2-28 ČOV G - Ponořený odtok z dosazovací nádrže	59
Obr. 6.2-29 ČOV H - Pohled na čistírnu.....	62
Obr. 6.2-30 ČOV H - Gravitační přítok	62

SEZNAM GRAFŮ

Graf 6.2-1 ČOV A - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	40
Graf 6.2-2 ČOV A - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]	40
Graf 6.2-3 ČOV B - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	43
Graf 6.2-4 ČOV B - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20].....	43
Graf 6.2-5 ČOV C - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	46
Graf 6.2-6 ČOV C - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20].....	46
Graf 6.2-7 ČOV D - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	49
Graf 6.2-8 ČOV D - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]	49
Graf 6.2-9 ČOV E - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	52
Graf 6.2-10 ČOV E - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20].....	52
Graf 6.2-11 ČOV F - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20].....	55
Graf 6.2-12 ČOV F - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]	55
Graf 6.2-13 ČOV G - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	58
Graf 6.2-14 ČOV G - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]	58
Graf 6.2-15 ČOV H - Průměrné hodnoty ukazatelů na přítoku v jednotlivých letech [20]	61
Graf 6.2-16 ČOV H - Průměrné hodnoty ukazatelů na odtoku v jednotlivých letech [20]	61
Graf 6.3-1 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele BSK ₅ [20].....	65
Graf 6.3-2 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele CHSK _{Cr} [20]	65
Graf 6.3-3 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele NL [20]	66
Graf 6.3-4 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele N-NH ₄ ⁺ [20].....	66
Graf 6.3-5 Účinnosti čištění všech čistíren za jedenáct let pro ukazatele P _{celk} [20].....	67
Graf 6.3-6 Srovnání projektované a reálné hodnoty počtu EO [20]	68

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR...	Česká republika
EU...	Evropská unie
ČOV...	Čistírna odpadních vod
OV...	Odpadní voda
KMnO ₄ ...	Manganistan draselný
K ₂ Cr ₂ O ₇ ...	Dichroman draselný
CO ₂ ...	Oxid uhličitý
H ₂ O...	Voda
EO...	Ekvivalentní obyvatel
p...	Přípustná hodnota
m...	Maximální hodnota
CHSK...	Chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Cr} ...	Chemická spotřeba kyslíku stanovena dichromanem draselným
CHSK _{Mn} ...	Chemická spotřeba kyslíku stanovena manganistanem draselným
BSK...	Biochemická spotřeba kyslíku
BSK _u ...	Úplná biochemická spotřeba kyslíku
BSK ₂₀ ...	Dvacetidenní biochemická spotřeba kyslíku
BSK ₅ ...	Pětidenní biochemická spotřeba kyslíku
BSK ₇ ...	Sedmidenní biochemická spotřeba kyslíku
TSK...	Teoretická spotřeba kyslíku
NL...	Nerозpuštěné látky
FIA...	Metoda průtokové injekční analýzy
CFA...	Metoda kontinuální průtokové analýzy
N-NH ₃ ...	Amoniakový dusík
N-NH ₄ ⁺ ...	Amoniakální dusík
N-NO ₂ ⁻ ...	Dusitanový aniont
N-NO ₃ ⁻ ...	Dusičnanový aniont
N _{Kjeldahl} ...	Kjeldahlův dusík
NH ₄ ⁺ ...	Amoniak a amonné ionty
N _{celk} ...	Celkový dusík

N _{anorg...}	Anorganický dusík
P _{anorg...}	Anorganický fosfor
P _{org...}	Organický fosfor
BAT...	Nejlepší dostupné technologie
UV...	Ultrafialové záření
DČOV...	Domovní čistírna odpadních vod
MČOV...	Malá čistírna odpadních vod (do 5 000 EO)
P _{celk...}	Celkový fosfor
AOX...	Halogenované organické sloučeniny
RAS...	Rozpuštěné anorganické soli
Q _{355...}	Průměrný denní průtok, který je dosažen nebo překročen po 355 dní v roce
PVC...	Polyvinylchlorid
KT...	Kamenina
PP...	Polypropylen
PRVKÚK...	Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území krajů
DN...	Dimenze potrubí (přibližný vnitřní průměr)
ČS...	Čerpací stanice

SUMMARY

The bachelor's thesis is focused on comparing the efficiency of eight wastewater treatment plants in the South Moravian Region. All wastewater treatment plants fall into the category 500 - 2 000 equivalent inhabitants and are operated by one company - Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s.

The aim of the thesis was to compare the concentration of pollution of the basic water quality indicators on the inflow and outflow from the wastewater treatment plants. Evaluation of the cleaning efficiency, determination of the total number of exceeding of emission standards set by the relevant city authorities.

For each wastewater treatment plant, basic information, valid emission standards and a table with inflow and outflow values from the WWTP are set. The two graphs show an overview of the average values of the basic indicators on the inflow and outflow from WWTPs in eleven years. In addition, the number of exceedances of the valid emission standards for a specific indicator and year is always mentioned.

The thesis also contains a comparison of the wastewater treatment plants. The total number of emission standards exceeded over the period considered. Each year, at least twelve samples were taken at the outflow. For the eleven years (for one WWTP only 8 years), a total of 1 020 samples were taken out of which 4 080 analyzes were determined for selected monitored basic parameters. Emissions standards were exceeded thirty times. From this it can be concluded that the treatment plants do not have any bigger problems with respecting the required concentrations of waste water pollution on the inflow.

Wastewater treatment plants achieve a high percentage of cleaning efficiency, which is visible in the last five charts. Compared to BAT, most of the efficiencies were met over the period considered. For this reason, it would be appropriate to assess the existing technology and all equipment and, if appropriate, to propose an intensification or reconstruction of wastewater treatment plants.

If more than 95 % of the projected value (even for a single pollution indicator) starts to appear, then it is necessary to plan the intensification or reconstruction of the building objects. Similar suggestions for editing/adjustment should occur even if the current technology (or machinery) becomes inadequate and therefore unable to provide the required high cleaning efficiency. It is usually considered with intensification or reconstruction after fifteen years of operation of technology and equipment.