

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

Intenzifikace čištění odpadních vod v povodí
Hrádeckého potoka na Karlovarsku
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Diplomant: Bc. Alice Josefiková

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Alice Josefíková

Regionální environmentální správa

Název práce

Intenzifikace čištění odpadních vod v povodí Hrádeckého potoka na Karlovarsku

Název anglicky

Intensification of wastewater treatment in the watershed of Hrádecký Creek in the Karlovarsko region

Cíle práce

1. Charakterizovat principy čištění odpadních vod.
2. Shrnout související legislativní předpisy.
3. Popsat tři čistírny v povodí Hrádeckého potoka včetně jejich intenzifikace.
4. Vyhodnotit efekt intenzifikace z hlediska účinnosti čištění odpadních vod.

Metodika

V první části budou popsány metody čištění odpadních vod a shnuta legislativa, která se týká dané problematiky. Ve druhé části budou popsány tři čistírny odpadních vod v povodí Hrádeckého potoka na Karlovarsku včetně intenzifikačních technologií čištění odpadních vod. Dále budou porovnány účinnosti daných čistíren pro vybrané parametry v období před a po intenzifikaci.

Doporučený rozsah práce

60 stran včetně příloh

Klíčová slova

odpadní vody, čištění odpadních vod, Karlovarsko, intenzifikace

Doporučené zdroje informací

Dohányos, M., Chudoba, J., Wanner, J., 1991. Biologické čištění odpadních vod. SNTL Praha.

Drinan, J.E., Spellman, F., 2012. Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Nonengineering Professional. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Hlavínek, P., Mičín, J., Prax, P., 2021. Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, Brno.

Wanner, J., 2017. Čištění odpadních vod v ČR, vývoj a současná situace. Vodní hospodářství 67, 20-25.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2023

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou/závěrečnou práci na téma: Intenzifikace čištění odpadních vod v povodí Hrádeckého potoka na Karlovarsku vypracoval/a samostatně a citoval/a jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil/a, a které jsem rovněž uvedl/a na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědom/a, že odevzdáním diplomové/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 29.3.2023

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala zejména vedoucímu mé diplomové práce, panu profesoru Vymazalovi, za cenné rady, připomínky a možnost konzultací v průběhu psaní. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a.s. za poskytnutá data a informace. V neposlední řadě bych také ráda vyjádřila velké poděkování mojí mamince Petře za podporu.

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je vyhodnocení intenzifikace z hlediska účinnosti čištění odpadních vod. Pro vyhodnocení efektivity intenzifikace byly vybrány technologie čištění odpadních vod ve třech obcích, a to Pšov, Močidlec a Novosedly. Všechny obce se nacházejí v Karlovarském kraji a recipientem, do něhož je odpadní voda po vyčištění vypouštěna, je Hrádecký potok. Práce je členěna do čtyř částí. V rámci první části, byla provedena literární rešerše odborné literatury, která shrnuje základní principy čištění odpadních vod. Zároveň jsou v této části představeny také hlavní ukazatele znečištění odpadních vod a související legislativní předpisy. Druhá část práce je zaměřena na charakteristiku zájmového území a zhodnocení technologie čištění odpadních vod před a po intenzifikaci v jednotlivých obcích. Ve třetí části je popsána metodika, tedy způsob vyhodnocení intenzifikace čištění odpadních vod, po které následuje poslední část a to samotné vyhodnocení dat, diskuze a závěr.

Výsledkem práce je vyhodnocení účinnosti provedené intenzifikace čištění odpadních vod v obcích Pšov, Močidlec a Novosedly v povodí Hrádeckého potoka. Zároveň je výsledkem také shrnutí, zda jsou splněny požadavky, které v současné době kladou legislativní předpisy a zhodnocení, zda byla intenzifikace provedena úspěšně.

Klíčová slova

Intenzifikace, odpadní vody, Karlovarský kraj

Abstract

The subject of this thesis is the evaluation of intensification in terms of wastewater treatment efficiency. To evaluate the effectiveness of intensification, wastewater treatment technologies were selected in three municipalities, namely Pšov, Močidlec and Novosedly. All municipalities are located in the Karlovy Vary Region and the recipient into which the wastewater is discharged after treatment is the Hrádecký Brook. The thesis is divided into four parts. In the first part, a literature search was conducted to summarize the basic principles of wastewater treatment. At the same time, the main indicators of wastewater pollution and related legislation are also presented in this section. The second part of the thesis focuses on the characteristics of the area of interest and the evaluation of wastewater treatment technology before and after intensification in individual municipalities. The third part describes the methodology, i.e. the method of evaluation of wastewater treatment intensification, followed by the last part, i.e. the data evaluation, discussion and conclusion.

The result of the work is an evaluation of the effectiveness of the implemented intensification of wastewater treatment in the municipalities of Pšov, Močidlec and Novosedly in the Hrádecký Brook basin. At the same time, the result is also a summary of whether the requirements currently imposed by legislative regulations have been met and an assessment of whether the intensification has been carried out successfully.

Keywords

Intensification, wastewater, Karlovy Vary Region

Obsah

1. Úvod	11
2. Cíle práce	11
ČÁST A - Literární rešerše	12
3. Obecné principy čištění odpadních vod	12
3.1 Množství odpadních vod a charakter znečišťujících látek	13
3.2 Hlavní ukazatele znečištění odpadních vod	14
3.2.1 Stanovení nerozpuštěných látek.....	14
3.2.2 Biochemická spotřeba kyslíku	14
3.2.3 Chemická spotřeba kyslíku	15
3.2.4 Amoniakální a celkový dusík	15
3.2.5 Celkový fosfor	16
3.3 Způsob dopravy odpadních vod do ČOV	16
3.4 Čistírna odpadních vod.....	17
3.4.1 Hrubé předčištění odpadní vody	18
3.4.2 Mechanický stupeň čištění	20
3.4.3 Biologický stupeň čištění	20
3.4.4 Terciální čištění.....	21
3.4.5 Kalové hospodářství	21
3.5 Biologické čištění odpadní vody v aerobních podmínkách.....	22
3.5.1 Stabilizační nádrže	22
3.5.2 Aktivace	23
3.5.3 Skrápěné biologické kolony.....	24
3.5.4 Rotační biofilmové reaktory	24
3.5.5 Zemní filtry	25
3.5.6 Vegetační kořenové čistírny	25
3.6 Biologické čištění odpadní vody v anaerobních podmínkách.....	26
3.7 Porovnání čištění odpadních vod v aerobních a anaerobních podmínkách	27
4. Současná legislativa	28
4.1 Stanovení emisních limitů dle NV 401/2015 Sb.	29
4.2 Stanovení počtu odběru vzorků dle NV 401/2015 Sb.	30
ČÁST B – Charakteristika zájmového území a současný stav řešené problematiky.....	31
5. Intenzifikace čištění odpadních vod v lokalitě Hrádeckého potoka na Karlovarsku	31
5.1 Úvod	31

5.2	Obec Pšov	32
5.2.1	Obecné údaje.....	32
5.2.2	Čištění odpadních vod ŠN Pšov – historie 1975 – 2017	33
5.2.2.1	Kapacitní údaje ŠN Pšov	33
5.2.2.2	Popis technologie ŠN Pšov.....	33
5.2.2.3	Povolené limity vypouštěných odpadních vod.....	33
5.2.3	Čištění odpadních vod ČOV Pšov – současnost.....	34
5.2.3.1	Kapacitní údaje ČOV Pšov.....	35
5.2.3.2	Popis technologie ČOV Pšov	36
5.2.3.3	Povolené limity vypouštěných odpadních vod.....	37
5.3	Obec Močidlec	38
5.3.1	Obecné údaje.....	38
5.3.2	Čištění odpadních vod septik SM8 Močidlec – historie 1983 – 2017	38
5.3.2.1	Technologické údaje septiku SM8	39
5.3.2.2	Popis technologie septiku SM8 Močidlec	39
5.3.2.3	Povolené limity vypouštěných odpadních vod.....	40
5.3.3	Čištění odpadních vod ČOV Močidlec - současnost	41
5.3.3.1	Kapacitní údaje ČOV Močidlec	42
5.3.3.2	Popis technologie ČOV Močidlec	42
5.3.3.3	Povolené limity vypouštěných odpadních vod.....	43
5.4	Obec Novosedly	44
5.4.1	Obecné údaje.....	44
5.4.2	Čištění odpadních vod ŠN Novosedly – historie 1976 – 2013	45
5.4.2.1	Kapacitní údaje ŠN Novosedly	45
5.4.2.2	Popis technologie ŠN Novosedly	46
5.4.2.3	Povolené limity vypouštěných odpadních vod.....	46
5.4.3	Čištění odpadních vod ČOV Novosedly – současnost	47
5.4.3.1	Kapacitní údaje ČOV Novosedly	48
5.4.3.2	Popis technologie ČOV Novosedly.....	49
5.4.3.3	Povolené limity vypouštěných odpadních vod.....	49
	ČÁST C - Metodika	51
	6. Metodika vyhodnocení intenzifikace čištění odpadních vod.....	51
	ČÁST D – Výsledky	51
6.1	Obec Pšov	51
6.1.1	Obec Pšov - koncentrační hodnoty na odtoku z čistících zařízení	51
6.1.1.1	Nerozpuštěné látky - NL	51
6.1.1.2	Chemická spotřeba kyslíku – CHSK _{Cr}	52
6.1.1.3	Biochemická spotřeba kyslíku – BSK ₅	53
6.1.2	Obec Pšov – účinnost čištění odpadních vod	54
6.1.3	Obec Pšov – bilanční zatížení toku z čistících zařízení	55
6.2	Obec Močidlec	56

6.2.1	Obec Močidlec - koncentrační hodnoty na odtoku z čistících zařízení ...	56
6.2.1.1	Nerozpuštěné látky - NL	57
6.2.1.2	Chemická spotřeba kyslíku – CHSK _{Cr}	57
6.2.1.3	Biochemická spotřeba kyslíku – BSK ₅	58
6.2.2	Obec Močidlec – účinnost čištění odpadních vod	59
6.2.3	Obec Močidlec – bilanční zatížení toku z čistících zařízení.....	60
6.3	Obec Novosedly	61
6.3.1	Obec Novosedly - koncentrační hodnoty na odtoku z čistících zařízení .	61
6.3.1.1	Nerozpuštěné látky - NL	61
6.3.1.2	Chemická spotřeba kyslíku – CHSK _{Cr}	63
6.3.1.3	Biochemická spotřeba kyslíku – BSK ₅	63
6.3.2	Obec Novosedly – účinnost čištění odpadních vod.....	64
6.3.3	Obec Novosedly – bilanční zatížení toku z čistících zařízení	65
7.	Diskuze.....	66
8.	Závěr	68
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	69
10.	Přílohy	73

1. Úvod

Voda je velmi důležitou komoditou a má zásadní význam nejen pro lidi, ale pro všechny živé organismy na Zemi. Vodu spotřebováváme, plýtváme, znečišťujeme a neúnavně upravujeme hydrologické cykly. I když je 70 % Země pokryto vodou, pouze 3 % jsou vhodná pro lidskou spotřebu, z nichž dvě třetiny jsou součástí ledovců, tudíž je ke spotřebě k dispozici pouze 1 % vody. Zbývajících 97 % tvoří slaná voda, kterou nelze využít k zemědělství ani k pití. S růstem lidské populace roste i poptávka po vodě. Země má však pouze omezené množství vody a dnes jí tedy nemáme o nic víc. Pokud chceme udržet život tak, jak jej známe, musíme naše zásoby vody chránit a zachovat. S tímto se pojí také čištění odpadních vod, které nám umožňuje vodu znovu využívat a navracet do životního prostředí (Drinan & Spellman, 2012). V současné době je každý, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, povinen měřit objem vypouštěných odpadních vod a míru jejich znečištění. Je povinen také dodržet emisní limity, které v České republice stanovuje vláda nařízením č. 401/2015 Sb. Pokud nejsou tyto požadavky ze strany legislativy splněny a technologie čištění OV je nedostačující, je nutné provést intenzifikaci. Intenzifikací je tedy myšleno zvýšení účinnosti čištění odpadních vod.

2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit způsob čištění odpadní vody před a po provedení intenzifikace v obcích Pšov, Močidlec a Novosedly, představit, jakým způsobem byla intenzifikace čištění OV provedena a posoudit, zda jsou splněné požadavky a emisní standardy, které stanovuje legislativa České republiky. Těchto cílů bude dosaženo prostřednictvím následujících kroků. Nejprve bude provedena literární rešerše odborné literatury, která bude zaměřena na obecné principy čištění odpadních vod a související legislativní předpisy. Poté bude následovat studium zájmového území a technologií, které v lokalitách byly a jsou využívány pro čištění OV. Následně bude provedeno vyhodnocení intenzifikace, pro které budou použity rozborů odpadních vod na odtoku z jednotlivých čistících zařízení.

ČÁST A - Literární rešerše

3. Obecné principy čištění odpadních vod

Odpadní vodou se stává každá voda, u které jsou změněny její fyzikální, chemické a biologické vlastnosti (Chudoba et al. 1991), a to použitím nebo odvedením do systému stokových sítí a kanalizačních přípojek (SOVAK, 2018). Dle původu a druhu znečištění můžeme odpadní vody rozdělit do následujících skupin (Hlavínek et al. 2001):

- splaškové odpadní vody,
- průmyslové odpadní vody,
- odpadní vody ze zemědělství a zemědělské výroby,
- infekční odpadní vody,
- znečištěné dešťové vody,
- ostatní odpadní vody.

Splaškové odpadní vody (splašky) pocházejí z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování nebo ubytování (Pitter, 2015). Množství splaškových odpadních vod se odvíjí od potřeby pitné vody a je také závislé na vybavení daného objektu (SOVAK, 2018). Tento typ odpadních vod obsahuje typicky čisticí prostředky, toaletní papír, saponáty, fekálie, odpadky a jakékoliv další látky, které může člověk nalít nebo spláchnout do kanalizačního systému (Drinan & Spellman, 2012). Splaškové vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené (Chudoba et al. 1991).

Průmyslové odpadní vody a odpadní vody ze zemědělství mají velmi podobný charakter. Jedná se o kapalné zbytky produkované při výrobě v daném oboru (SOVAK, 2018). Zde závisí složení odpadních vod především na tom, o jaké průmyslové odvětví se jedná a také na používaném výrobním procesu (Drinan & Spellman, 2012). Vzhledem k rozmanitosti výrobních procesů mají produkované odpadní vody i velmi rozmanité složení. Pro představu průmyslové odpadní vody ze zemědělství typicky obsahují vysokou koncentraci pesticidů a herbicidů. Odpadní vody z chemického průmyslu mohou obsahovat různé heterogenní sloučeniny, jako jsou PCB, PBCE, fenoly, alifatické či heterocyklické sloučeniny (Mahapatra et al. 2022). Odpadní voda z výroby papíru obsahuje až 700 organických a anorganických sloučenin, mezi které patří například adsorbovatelné organicky vázané halogeny, hydroxidy nebo fenoláty (Keprtová & Bindzar, 2021). Podle charakteru znečištění můžeme průmyslové odpadní vody rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinu tvoří převážně organicky znečištěné OV, zde jsou typickými představiteli odpadní vody z potravinářského průmyslu, farmaceutického průmyslu či textilního průmyslu. Druhou skupinou jsou převážně anorganicky znečištěné OV, které pochází například z těžby a úpravy uhlí a rud, hutního průmyslu či sklářského průmyslu. Množství průmyslových odpadních vod a odpadních vod ze zemědělství je závislé na schopnosti dané technologie výroby „šetřit“ s vodou a recirkulovat ji (SOVAK, 2018).

Srážkové OV pocházejí z atmosférických srážek a do kanalizace se dostávají pomocí uličních, popřípadě chodníkových vpustí. Míra jejich znečištění závisí jak na složení ovzduší (vypírání plynných, kapalných i pevných komponentů), tak na charakteru terénu v dané lokalitě (SOVAK, 2018). Tento typ odpadních vod může obsahovat také větší množství písku, šterku či posypové soli, a to zejména po vydatných deštích (Drinan & Spellman, 2012).

Do kanalizačního systému může proniknout také podzemní voda, zvláště pokud jsou v potrubním systému trhliny, praskliny nebo neutěsněné spoje. Tímto způsobem se také může dostat do systému i další písek (Drinan & Spellman, 2012).

3.1 Množství odpadních vod a charakter znečišťujících látek

Množství odpadních vod, které přiteče do čistírny, kolísá během dne, týdne i roku. Stejně tak je proměnlivé i její složení. Obvykle je kolísání u menších měst větší než u měst velikých. Maxima a minima závisí na způsobu života obyvatelstva, na počtu průmyslových závodů nebo například na počtu pracovních směn. Ve střeoevropských poměrech se hlavního maxima dosahuje obvykle v odpoledních hodinách (Chudoba et al. 1991). Množství i kvalitu přitékajících odpadních vod také ovlivňuje charakter oblasti, uživatelé vody a stav stokového systému (Hlavínek et al. 2001). Pojem specifické množství odpadních vod představuje množství odpadní vody připadající na jednoho obyvatele nebo na jednotku charakterizující určitý výrobní proces, vztažené na jednotku času. Populační ekvivalent je míra znečištění vyprodukovaná jedním obyvatelem zpravidla za 1 den. Nejčastěji se používá populační ekvivalent 60 g BSK₅ na 1 obyvatele za 1 den. Ekvivalentní počet obyvatel (EO) je fiktivní počet obyvatel, který by produkoval dané znečištění a vypočítá se na základě populačního ekvivalentu (Pitter, 2015).

Charakter znečišťujících látek je velice rozmanitý. Látky obsažené ve vodách se z chemického hlediska dělí na anorganické a organické. Z fyzikálního hlediska mohou být přítomné buď v pravých roztocích jako iontově rozpuštěné látky (elektrolyty), nebo jako neiontově rozpuštěné látky (neelektrolyty), případně jako látky nerozpuštěné (Pitter, 2015). U nerozpuštěných látek nás s ohledem na jejich transport a samočisticí procesy zajímá zejména jejich schopnost sedimentace, z tohoto pohledu poté dělíme látky na neusaditelné, usaditelné a plovoucí (Hlavínek et al. 2001).

Z hlediska biologické rozložitelnosti a toxicity můžeme organické látky v odpadních vodách rozdělit do těchto skupin (Chudoba et al. 1991):

- a) látky rozložitelné a netoxické (cukry, mastné kyseliny, aminokyseliny aj.),
- b) látky rozložitelné a ve vyšších koncentracích toxické (fenol, formaldehyd aj.),
- c) látky obtížně rozložitelné a netoxické (humínové kyseliny, ligninsulfonové kyseliny, azobarviva aj.),
- d) látky obtížně rozložitelné a toxické (některé pesticidy, chlorované uhlovodíky aj.).

3.2 Hlavní ukazatele znečištění odpadních vod

Minimální rozsah rozborů odpadních vod přitékajících a odtékajících z čistírny odpadních vod je následující. Mezi hlavní požadavky patří stanovení BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, amoniakálního a celkového dusíku a celkového fosforu. Stanovení TOC (stanovení organického uhlíku) se požaduje jen u kategorie ČOV nad 100 000 EO. Podle místních podmínek mohou být vybrány ještě další ukazatele, jako například stanovení Hg, Cd, RAS (rozpuštěné anorganické soli) a další (Pitter, 2015).

Při projektování čistíren odpadních vod se v ČR vychází obvykle z produkce specifického znečištění v gramech za 1 den na 1 obyvatele, tedy z populačního ekvivalentu. Vychází-li se z potřeby vody 150 litrů na 1 obyvatele za 1 den, lze splaškové odpadní vody charakterizovat takto: BSK₅ 400 mg l⁻¹, CHSK_{Cr} 800 mg l⁻¹, N_{celk} 70 mg l⁻¹, P_{celk} 15 mg l⁻¹, celkové látky 1 200 mg l⁻¹, rozpuštěné látky 830 mg l⁻¹, nerozpuštěné látky 370 mg l⁻¹. Poměr CHSK_{Cr}:BSK₅ mívá obvykle hodnotu 2 (Pitter, 2015).

3.2.1 Stanovení nerozpuštěných látek

Nerozpuštěné látky jsou významným ukazatelem jakosti jak surových, tak i vyčištěných odpadních vod. V zahraniční literatuře se často vyskytuje slovní spojení „stanovení suspendovaných látek“. Pod pojmem suspendované látky se obvykle rozumí látky, které volně sedimentují, a tím nezahrnují koloidní disperze. Nerozpuštěné látky jsou širším pojmem, protože zahrnují i látky koloidně dispergované. Diferenciace závisí na velikosti pórů použitého filtru. Hranice mezi suspendovanými a nerozpuštěnými látkami není přesně dána. Obvykle se uvádí velikost částic 0,5 μm a 1,0 μm. Nerozpuštěné látky se stanovují filtrací vody přes filtry z borosilikátových skelných vláken předepsané jakosti. Filtr se vysuší při 105°C a hmotnost látek zadržovaných na filtru se stanoví vážením. Druh filtru musí být vždy uveden. V České republice se podle zákona o poplatcích za vypouštění odpadních vod požaduje stanovení NL při použití filtrů o střední velikosti pórů 1,0 μm ± 0,3 μm (SOVAK, 2018).

3.2.2 Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických, popřípadě anorganických látek ve vodě (vliv na anorganické látky se obvykle eliminuje). Hodnota BSK se vyjadřuje v mg l⁻¹ a závisí na době inkubace, BSK za n dní se označuje BSK_n (Pitter, 2015). Oxidace nově vzniklých zásobních látek a bílkovin v buňkách probíhá 10 až 20 dní. Tato doba je však pro praktickou upotřebitelnost výsledků příliš dlouhá. Proto se používá kratších dob, nejčastěji 5 dní (Chudoba et al. 1991). Při standardní zředovací metodě se měří úbytek rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody v lahvičce (buď chemicky Winklerovou metodou, nebo kyslíkovou elektrodou) na začátku a na konci inkubace. Teplota inkubace byla v celém světě sjednocena na 20°C. Protože rozpustnost kyslíku ve vodě

je poměrně malá, musí se vzorky vody v případě jejího většího znečištění dostatečně zředit (odtud název zředovací metoda), jinak by mohlo dojít až k úplnému vyčerpání rozpuštěného kyslíku (koncentrace kyslíku v médiu po inkubaci nemá klesnout pod 3 mg l⁻¹). Během inkubace musí být vzorek vody ve tmě, aby nedocházelo k fotosyntetické asimilaci přítomných řas, při níž se produkuje kyslík. Kyslík by totiž snižoval hodnotu BSK (Pitter, 2015).

3.2.3 Chemická spotřeba kyslíku

Při stanovení chemické spotřeby kyslíku se koncentrace organických látek ve vodě posuzuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se v mg/l. Jako oxidační činidlo se v současnosti používá zásadně dichroman draselný, výjimečně manganistan draselný. Druh použitého oxidačního činidla se udává obvykle značkou u zkratky CHSK, tedy například CHSK_{Cr} nebo CHSK_{Mn} (Pitter, 2015). Oxidace organických látek při stanovení CHSK_{Cr} probíhá za vyšší teploty a za katalýzy síranem stříbrným. Vliv chloridů se eliminuje přidávkem rtuťnatých solí. Doba zahřívání je obvykle 2 hodiny. Organické látky mohou být za podmínek stanovení oxidovány do různého stupně. Stupeň a rychlost oxidace závisí na chemické struktuře organické látky (SOVAK, 2018). Stupeň chemické oxidace se porovnává s teoretickou spotřebou kyslíku, značka TSK, která se udává v gramech (molech) kyslíku potřebného pro úplnou oxidaci 1 g (molu) organické látky podle stechiometrie až na CO₂ a H₂O (Pitter, 2015). Ideální metodou CHSK by byla taková metoda, při které by se všechny organické látky oxidovaly na 100 %, takže by platilo CHSK=TSK. Tomuto požadavku je nejbližší již zmíněná standardní dichromanová metoda. Za podmínek předepsaných touto metodou a s použitím Ag₂SO₄ jako katalyzátoru se většina organických látek oxiduje na 90 % až 100 % (Chudoba et al. 1991).

3.2.4 Amoniakální a celkový dusík

Sloučeniny dusíku spolu se sloučeninami fosforu patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky, ze skupiny tzv. nutrientů. Uplatňují se při všech biologických procesech probíhajících při čištění odpadních vod. Celkový dusík (N_C, N_{celk}) je součtem dusíku anorganicky a organicky vázaného. Mezi hlavní formy dusíku anorganicky vázaného patří dusík amoniakální, dusík dusitanový a dusík dusičnanový. Dusitany a dusičnany patří k tzv. oxidovaným formám dusíku. Jejich suma se obvykle nazývá celkový oxidovaný dusík. Tzv. Kjeldahlovou metodou se stanoví suma dusíku amoniakálního a organického. Po odečtení hodnoty samostatně stanoveného amoniakálního dusíku se získá údaj o dusíku organicky vázaném (SOVAK, 2018). Celkový dusík se zjišťuje buď sumační metodou z dílčích stanovení jednotlivých forem, nebo přímým instrumentálním stanovením tzv. celkového vázaného dusíku, které je založeno na vysokoteplotní katalytické oxidaci sloučenin dusíku a na oxidaci dusíku v analyzátoru vybaveném chemiluminiscenčním detektorem (Pitter, 2015).

3.2.5 Celkový fosfor

Celkový fosfor (P_C , P_{celk}) je součtem rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu. Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky a organicky vázaný. Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se dále dělí na orthofosforečnanový a polyfosforečnanový. Polyfosforečnany se dosud používají v některých pracích, čistících a protikorozních prostředcích. Protože při analytickém stanovení orthofosforečnanů se do výsledku zahrnují i některé další labilní sloučeniny fosforu, hovoří se někdy o stanovení reaktivního fosforu s molybdenem. Protože fytoplankton a bakterie jsou schopné využívat nejenom rozpuštěný orthofosforečnanový fosfor, ale rovněž orthofosforečnany adsorbované na povrchu nerozpuštěných látek a i některé málo rozpustné fosforečnany, zavedl se ještě další termín, tzv. biologicky dostupný fosfor. Z hlediska čištění odpadních vod je rozhodující koncentrace celkového fosforu, který se stanovuje ve vodách po rozkladu. Hygienický význam sloučenin fosforu je malý, mají však klíčový význam při eutrofizaci vod. Proto se na čistírnách odpadních vod chemicky nebo biologicky odstraňují. Při provozování čistírny lze pro sledování koncentrace fosforu využívat i mobilní analytiku a provádět orientační stanovení přímo na čistírně. Je však potřeba si vždy ověřit, která forma je stanovována a jak jsou definovány výsledky (SOVAK, 2018).

3.3 Způsob dopravy odpadních vod do ČOV

Jedním ze tří nejdůležitějších komponentů integrovaného kanalizačního systému je stoková síť, dalším je čistírna odpadních vod a recipient. Způsob dopravy odpadní vody je závislý na mnoha faktorech, zejména však na morfologii terénu a použité soustavě odkanalizování (Hlavínek et al. 2001). Stokovou sítí se rozumí síť kanalizačních stok a souvisejících objektů odvádějící odpadní nebo srážkové vody přímo z kanalizačních přípojek do čistíren odpadních vod (Pitter, 2015). Rozlišují se tři základní systémy stokových sítí (SOVAK, 2018):

- stoková síť jednotné soustavy, která společně odvádí odpadní a dešťové vody,
- stoková síť oddílné soustavy, která je tvořena dvěma systémy stok, z nichž jeden odvádí odpadní a druhý dešťové vody,
- stoková síť modifikované soustavy tvořená systémem stok, obvykle dvou, z nichž jedna odvádí splaškové a průmyslové odpadní vody i znečištěné dešťové vody a druhá zbylý podíl neznečištěných dešťových vod.

Pokud jde o způsob odkanalizování, používá se především běžná klasická gravitační kanalizace (Pitter, 2015), u které se, jak název napovídá, využívá přirozené gravitace a odtoku, který daná oblast poskytuje, aby se snížily náklady na instalaci čerpadel či vakuových stanic. I z tohoto důvodu jsou čistírny obvykle budovány na nízko položených místech, na okrajích obcí nebo v jejich blízkosti a zároveň jsou často umístěny podél přirozeného okraje vodního toku (Drinan & Spellman, 2012). Při nepříznivých geologických podmínkách, v rozptýlené zástavbě, rovinném terénu

nebo při vysoké hladině podzemní vody se však místo obvyklé gravitační kanalizace může vybudovat kanalizace podtlaková (vakuová) či tlaková (SOVAK, 2018).

Podmínky pro řízení provozu veřejné kanalizace jsou shrnuty v kanalizačním řádu, který schvaluje příslušný vodohospodářský orgán. Dokument obsahuje například popis odkanalizovaného území, technický popis stokové sítě, údaje o příslušné čistírně odpadních vod a seznam látek, které nesmějí vniknout do kanalizace (Pitter, 2015).

3.4 Čistírna odpadních vod

Jak bylo již v předchozích kapitolách zmíněno, odpadní vody obsahují velice pestrý charakter znečišťujících látek. Neexistuje tedy jediný ekonomicky přijatelný univerzální proces, kterým by bylo možné odstranit všechny formy znečištění (Chudoba et al. 1991). Čistírny odpadních vod jsou také velice často jak látkově, tak hydraulicky nerovnoměrně zatěžovány. Tyto skutečnosti musí technologický návrh ČOV respektovat, aby se zajistila relativně neměnná jakost vyčištěné vody (SOVAK, 2018). Chceme-li odpadní vodu zbavit všech znečišťujících látek nebo alespoň převážné většiny, musíme obvykle za sebou zařadit několik zcela rozdílných procesů. Jednotlivé procesy čištění tvoří takzvanou technologickou linku čištění (Chudoba et al. 1991), která se obecně skládá z několika částí, a to hrubého předčištění, mechanického stupně čištění (primární sedimentace), biologického stupně čištění, terciálního čištění a kalového hospodářství (SOVAK, 2018). V České republice je dominantním způsobem biologického čištění odpadních vod aktivační proces. Ten byl poprvé objeven v Manchesteru, UK, chemiky Ardermem a Lockettem (Wanner, 2017).

Volba a zařazení jednotlivých procesů do technologické linky záleží na charakteru znečištění a na splnění následujících požadavků (Chudoba et al. 1991):

1. proces musí být účinný,
2. proces by měl být ekonomicky přijatelný,
3. proces by neměl být příliš náročný na spotřebu energie,
4. při procesu by se neměly vnášet do čištění odpadní vody další znečišťující látky (například chloridy, sírany, organické chlorderiváty aj.).

V tabulce č. 1 jsou shrnuty nejběžnější procesy používané v technologii čištění odpadních vod (Chudoba et al. 1991).

Tabulka č. 1 - Nejběžnější procesy používané v technologii čištění odpadních vod (Chudoba et al. 1991).

Mechanické procesy	Čezení (česle), usazování (usazovací nádrže), centrifugace (centrifugy), flotace (flotační nádrže), filtrace (pískové filtry, síta)
Chemické a fyzikálně chemické procesy	Čiření (koagulace a srážení), neutralizace, oxidace a redukce, sorpční procesy (aktivní uhlí aj.), procesy založené na výměně iontů, extrakce (např. fenol), odpařování, spalování (silně koncentrované odpadní vody)
Biologické procesy aerobní	Biologické filtry, aktivační proces, stabilizační nádrže
Biologické procesy anaerobní	Metanizace (kyselé a methanové kvašení)

3.4.1 Hrubé předčištění odpadní vody

V první fázi čištění, kterému se říká hrubé předčištění, se surová voda zbavuje hrubých nerozpustitelných předmětů a látek, jejichž přítomnost je nežádoucí v dalších procesech čištění (Chudoba et al. 1991). Předčištění může zahrnovat několik procesů, každý proces je určen k odstranění specifického materiálu. O tom, jaké procesy jsou do předčištění zahrnuty, rozhoduje především povaha a složení odpadních vod (Drinan & Spellman, 2012), dále je třeba také zohlednit druh, charakter a stav stokové sítě, stupeň technického zabezpečení stokové sítě před průnikem hrubých nečistot, písku, šterku, úroveň provozu stokové sítě z hlediska ochrany stokového systému a řešení následujících stupňů čištění odpadních vod, jako např. druh a technologické vybavení biologického stupně, sestava a technologické zařízení kalového hospodářství (Hlavínek et al. 2001). Předčištění však obvykle zahrnuje lapáky šterku, česle a lapáky písku (Chudoba et al. 1991).

Soustava hrubého předčištění plní také ochrannou funkci čistírny. Surová voda totiž obsahuje hadry, vlákna, fekálie, různé domovní a jiné odpadky, plastické hmoty, kusy dřeva a jiné unášené splaveniny. Tyto splaveniny se musí odstranit před všemi dalšími jednotkami čistírny odpadních vod, protože jinak by mohly ucpat potrubí, žlaby, trysky nebo poškodit čerpadla (SOVAK, 2018). Lapáky šterku se obvykle zařazují tam, kde se používají strojně stírané jemné česle. Jsou to v podstatě jímky, ve kterých se zachytí hrubé a těžké předměty, které sune odpadní voda po dně stokové sítě, například se může jednat o kameny nebo kusy cihel. Minimální rychlost vody ve stokové síti je kolem $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tudíž by se tyto těžké předměty mohly dostat až do

čistírny (Chudoba et al. 1991). Lapáky se proto konstruují tak, aby rychlost průtoku nebyla vyšší než $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (SOVAK, 2018).

Česle zachycují větší předměty unášené vodou nebo plovoucí na hladině, například již zmíněné hadry, papír, zbytky obalů, dřevo a tak dále (Chudoba et al. 1991). Nečistotám, zachyceným na česlích, se říká shrabky. Podle účelu rozeznáváme česle hrubé, jemné a velmi jemné. Hrubé česle se používají hlavně na velkých čistírnách odpadních vod při jednotné kanalizaci a mají průliny široké 6 cm i více. Jemné česle mají průliny zpravidla 2 až 4 cm široké. Osazují se za hrubými česlemi a před lapákem písku. Velmi jemné česle mají velikost průlin 3 až 6 mm (SOVAK, 2018). Odklizení shrabků může probíhat buď ručně nebo strojně.

Dalším zařízením v rámci hrubého předčištění jsou lapáky písku. Jedná se o zařízení, které slouží k zachytávání písku a minerálních částic (Hlavínek et al. 2001). Důvod pro odstraňování písku odděleně od ostatních nerozpuštěných organických látek, které se odstraňují v sedimentační nádrži, je následující. Písek má přibližně dvojnásobnou hustotu než organické nerozpuštěné látky. Kdyby se takto rozdílné nečistoty zachytily spolu v usazovacích nádržích, dostal by se písek společně se smíchaným kalem až do nádrží vyhnívacích, kde by se vzhledem k relativně vysoké hustotě sedimentoval u dna a nevyplavil by se. Hromadění písku by zmenšovalo účinný objem vyhnívací nádrže, až by se nakonec musela nádrž odstavit a písek pracně vyklidit (Chudoba et al. 1991). Lapáky písku můžeme dle způsobu odstraňování písku rozdělit na ručně nebo strojně stírané a dle směru průtoku písku na horizontální lapáky písku a vertikální lapáky písku. Mezi lapáky s horizontálním průtokem řadíme komorový lapák, štěrbínový lapák a lapák písku komorový s kontrolovanou rychlostí. Mezi lapáky s vertikálním průtokem poté řadíme vírový lapák, provzdušňovaný lapák a odstředivý lapák s příčnou cirkulací (Hlavínek et al. 2001).

Dále je možné do technologické linky zařadit také lapáky tuků. Tuky patří k látkám, které mají menší hustotu, než je hustota vody. Stejně jako například ropné látky. Využívají se gravitační separátory tuků a olejů, kdy jako gravitační odlučovač působí každá nádrž, v níž se zpomalí průtok, uklidní hladina a částice s hustotou menší než je hustota vody stoupají k hladině, kde se hromadí, pokud vhodnou úpravou nádrže zabráníme jejich vyplavování do odtoku. Pro čištění málo stabilních emulzí je možné použít koalescenční filtr. Ten funguje na následujícím principu. Voda protéká vrstvou materiálu s ostrými hranami – střepey, při čemž na jejich hranách se shlukují emulgované částice do větších kapének, které lze již separovat gravitací. Za touto vrstvou je pak vlastní lapač oleje (Hlavínek et al. 2001). Lapáky tuků se však do technologické linky čištění městských odpadních vod zařazují pouze tam, kde jsou k tomu závažné důvody, známé již v projektové přípravě čistírny. Technologicky a ekonomicky je totiž výhodnější odstraňovat tuky a oleje z průmyslových odpadních vod vypouštěných do veřejné kanalizace přímo v průmyslových závodech, kde je jejich koncentrace vysoká a lze je tudíž z odpadních vod účinněji odstranit. Na městských čistírnách odpadních vod se tuky zachycují v primárních usazovacích nádržích jako plovoucí nečistoty (Chudoba et al. 1991).

3.4.2 Mechanický stupeň čištění

V rámci mechanického stupně čištění probíhá takzvaná primární sedimentace v usazovacích nádržích. Mechanické čištění odpadních vod usazováním patří k nejrozšířenějším separačním procesům (SOVAK, 2018) a běžně se používá na středních a velkých čistírnách odpadních vod (Gori et al. 2013). Odstranění usaditelných a plovoucích látek, včetně tuků a pěn, chrání další čistírenské procesy, snižuje zbytkové znečištění a v neposlední řadě zlepšuje estetické vlastnosti odtoku čistírny (SOVAK, 2018). Primární sedimentací lze odstranit 50 až 70 % nerozpuštěných látek (Burton et al. 2003).

Primární usazovací nádrže dělíme dle tvaru a průtoku na (SOVAK, 2018):

- pravoúhlé s horizontálním nebo vertikálním průtokem,
- kruhové s horizontálním nebo vertikálním průtokem,
- štěrbinové nádrže,
- lamelové usazovací nádrže.

3.4.3 Biologický stupeň čištění

Biologický stupeň čištění zajišťuje odstranění převážně rozpuštěného organického znečištění, popřípadě i nutrientů biologickou cestou s následným oddělením biomasy od vyčištěné vody v dosazovací nádrži. Pod pojmem biologické čištění odpadních vod rozumíme všechny děje, kdy jsou odpadní vody čištěny s využitím biologických procesů (SOVAK, 2018). Základním principem těchto biologických čistírenských procesů jsou biochemické oxidačně redukční reakce. Rozhodujícím faktorem pro rozdělení těchto reakcí je konečný akceptor elektronů a s tím související hladiny oxidačně-redukčních potenciálů (Hlavínek et al. 2001). Čistírenské procesy podle hladiny oxidačně-redukčních potenciálů dělíme na oxickou (kyslíkatou) oblast. V té probíhají pochody oxidace organických látek a nitrifikace. Rozpuštěný kyslík je konečným akceptorem elektronů. Oxická oblast je při hodnotách oxidačně-redukčních (redoxních) potenciálů nad 50 mV. Oblast v níž se hodnoty redoxních potenciálů pohybují v rozmezí od -50 do 50 mV nazýváme oblastí anoxickou (bez kyslíkatou) a probíhá v ní denitrifikace. Rozpuštěný kyslík zde není přítomen, v roztoku jsou však dusičnany a dusitany. Dusičnanový a dusitanový dusík slouží jako konečný akceptor elektronů. Není-li přítomen rozpuštěný kyslík ani dusičnany či dusitany, dostáváme se do oblasti zvané anaerobní, pro kterou jsou charakteristické hodnoty redoxních potenciálů pod -50 mV. Probíhá zde depolymerace polyfosfátů (při biologickém odstraňování fosforu), desulfurace, anaerobní acidogenese, acetogenese a methanogenese (Chudoba et al. 1991). Biologické čištění odpadních vod tedy probíhá buď v aerobních podmínkách, za přítomnosti kyslíku, nebo v anaerobních podmínkách, bez přítomnosti kyslíku (SOVAK, 2018).

Odpadní voda zbavená hrubých nečistot předčištěním a většiny usaditelných látek a tuků mechanickým čištěním se přivádí na biologické aerobní čištění. Biologické aerobní čištění se skládá z vlastní biologické jednotky (reaktory s kulturou ve vznosu

– aktivační nádrže nebo biofilmové reaktory s kulturou přisedlou na náplni – biofiltry, resp. kolony) a z dosazovací nádrže, kde probíhá takzvaná sekundární sedimentace. V biologické jednotce se odstraňují především biologicky rozložitelné organické látky biochemickými oxidačními a syntézními pochody. Syntézou nové biomasy se odstraňuje z odpadních vod i část dusíku a fosforu. Suspenze biomasy se od vyčištěné vody separuje v dosazovací nádrži a vrací se (recykluje) potrubím zpět do aktivační nádrže. V systémech s biofilmovými reaktory se v dosazovací nádrži separuje stržený biofilm, který se již nereguluje zpět do biologického reaktoru (Chudoba et al. 1991).

3.4.4 Terciální čištění

Za takzvané terciální čištění odpadní vody se obecně považují všechny technologie, které navazují na základní linku biologického čištění. Nejčastěji se jedná o všechny technologie umístěné za dosazovacími nádržemi (SOVAK, 2018). Terciální čištění se zařazuje ve chvíli, kdy odtoky mohou vykazovat zbylý dusík a fosfor a někdy i vyšší hodnoty CHSK způsobené biologicky rezistentními látkami, které jsou obsaženy v surové vodě a biologickým čištěním procházejí nedotčeny. Takové odtoky jsou v některých případech nevyhovující, zvláště při jejich vypouštění do vodárenských toků nebo při dalším technologickém použití v průmyslových závodech, například v chladicích okruzích. Terciální čištění tedy můžeme definovat jako jakékoliv zpracování odtoků z mechanicko-biologických čistíren za účelem snížení zbylého chemického a mikrobiologického znečištění. V terciálním čištění se nejčastěji využívá těchto procesů: chlorace, biologické dočišťování ve stabilizačních nádržích, filtrace a absorpce na aktivním uhlí (Chudoba et al. 1991).

3.4.5 Kalové hospodářství

Hlavním odpadním produktem vznikajícím při čištění odpadních vod je čistírenský kal (Chudoba et al. 1991). Městské ČOV v USA a Číně ročně vyprodukují zhruba 7,2 až 6,2 milionů tun suchého kalu. Kanada a většina evropských zemí ročně vyprodukuje okolo 0,66 až 0,2 milionu tun suchého kalu (Kor-Bicakci & Eskicioglu, 2019). Kaly tvoří cca 1 – 2 % objemu čištěných odpadních vod, obsahují však 50 - 80 % původního znečištění. Kal, který ještě nebyl stabilizován, se nazývá surový kal. Podle toho, odkud je ze systému odebírán, rozlišujeme kal primární, sekundární a terciální, přičemž terciální kal je kal z chemického srážení. Primární kal se odděluje ze surové odpadní vody v usazovacích nádržích, tedy v objektech primární sedimentace. Sekundární kal se odděluje v rámci biologického stupně čištění v dosazovací nádrži (Hlavínek et al. 2001).

Důležitou charakteristikou kalů je jejich hygienické hledisko. Jak bylo již zmíněno, kal je odpadním produktem čistírny a jako takový podléhá zákonu o odpadech č. 541/2020 Sb. Většina surových kalů produkovaných na ČOV má alespoň jednu nebezpečnou vlastnost, a to infekčnost. Ta je způsobena patogenními mikroorganismy. Mezi nejčastější patogenní mikroorganismy, které se mohou vyskytovat v odpadních vodách a kálech na ČOV, patří zejména viry, bakterie (*Salmonella*, *Escheria coli*), protozoa a parazitičtí červi. Kal může být zařazen mezi

nebezpečný odpad také kvůli obsahu toxických chemických látek. Mezi hlavní cíle zpracování kalu patří zejména redukce objemu, redukce zápachu a zajištění možnosti dalšího využití. Zpracování zahrnuje zahušťování, stabilizaci, odvodňování a finální likvidaci (Hlavínek et al. 2001). Tato úprava kalů, a případně jejich transport, představuje 45 – 75 % provozních nákladů konvenční čistírny odpadních vod (Rosso et al. 2008).

3.5 Biologické čištění odpadní vody v aerobních podmínkách

Při biologickém čištění odpadních vod v aerobních podmínkách se uplatňují biochemické procesy podmíněné činností aerobních mikroorganismů. Tyto organismy rozkládají organické látky obsažené ve vodě oxidačními procesy za přítomnosti molekulárního kyslíku. Konečnými produkty tohoto procesu, kterým mikroorganismy získávají energii, jsou oxid uhličitý a voda. K syntéze své buněčné hmoty potřebují mikroorganismy biogenní prvky, které získávají z vnějšího prostředí, mimo jiné i z rozloženého organického substrátu. Mezi potřebné biogenní prvky patří například uhlík, vodík, kyslík, dusík, fosfor nebo síra. Při čištění odpadních vod s výrazným podílem průmyslových vod je často deficitní dusík a fosfor, tyto prvky se pak musí do substrátu dodat. Základní podmínkou pro zdárný chod aerobního procesu je zajištění dostatečného množství kyslíku. Mikroorganismy se musí v biologické jednotce v potřebném množství vypěstovat jejím zpracováním, přičemž se vychází z jejich přítomnosti v odpadní splaškové vodě. Při čištění průmyslových odpadních vod je obvykle nutné naočkování biologické jednotky kalem z jednotky již provozované. Zaočkování kalem z již provozované biologické čistírny se používá také při zprovoznění nových městských čistíren odpadních vod. Způsoby aerobního čištění odpadních vod dělíme na přirozené, napodobující přírodní podmínky a umělé, probíhající v reaktorech (SOVAK, 2018). Nejčastěji používanými technologickými variantami biologického čištění OV jsou aktivační systémy, biofilmové reaktory a stabilizační nádrže (Hlavínek et al. 2001).

3.5.1 Stabilizační nádrže

Stabilizační nádrže, dříve nazývané také jako biologické rybníky (Sperling, 2007), patří svou podstatou do širokého spektra přírodních způsobů čištění a dočišťování odpadních vod (SOVAK, 2018). Jedná se o zemní nádrže, v nichž probíhá biologické čištění odpadní vody analogickým způsobem jako při samočisticích procesech v přirozených nebo umělých vodních nádržích (Hlavínek et al. 2001). Uplatňují se zde tedy procesy mechanické, chemické i biologické, jako sedimentace, adsorpce, oxidace, redukce, srážení nebo bakteriální a rostlinný metabolismus (Mlejnská & Rozkošný, 2014).

Podle funkce lze rozdělit stabilizační nádrže následovně (Hlavínek et al. 2001):

- pro biologické čištění odpadních vod po předchozím hrubém a mechanickém čištění,
- pro dočišťování odpadních vod,

- kombinované pro biologické čištění a dočišťování odpadních vod zpravidla jako intenzifikační prvek přetížených ČOV, u nichž není část odpadních vod čištěna vůbec nebo je čištěna jen mechanicky.

Stabilizační nádrže se podle přítomnosti molekulárního kyslíku v čistícím procesu dělí na nádrže aerobní, anaerobní a fakultativní (Mahapatra et al. 2022). Ve fakultativních nádržích probíhají po určitou dobu procesy anaerobní a následně procesy aerobní (případně naopak) nebo oba děje probíhají současně v různých částech nádrže, na dně v sedimentech procesy anaerobní a v horních, prokysličených vrstvách nádrže procesy aerobní. Poněvadž anaerobní procesy neposkytují tak dobrou kvalitu odtoku, je nutno, aby alespoň poslední stupeň čištění před vypuštěním odpadní vody do vodního recipientu, probíhal v prostředí aerobním (Hlavínek et al. 2001). Zdrojem kyslíku pro aerobní biologickou nádrž je produkce řas a jiných zelených vodních rostlin, přitékající povrchová voda ze soustředěného i nesoustředěného odtoku, balastní podíl odpadních vod a atmosférický kyslík získaný přestupem na styku s vodní hladinou (Rozkošný & Sedláček, 2013 ex Štencel et al. 2004). Doba zdržení odpadní vody v nádrži by měla být alespoň 5 dní, nejlépe 8 až 12 dní (Mlejnská & Rozkošný, 2014).

Hlavní výhodou stabilizačních nádrží je, že patří mezi nízkonákladové systémy (Mara & Horan, 2003), jelikož v porovnání s konvenčními systémy čištění odpadních vod jsou zde nižší konstrukční i provozní náklady. Vynikají také například svou minimální spotřebou energie (Rozkošný & Sedláček, 2013). Dalším kladem je schopnost poradit si s výrazně zředěnými odpadními vodami a s nerovnoměrným hydraulickým i látkovým zatížením. Mezi nevýhody patří především potřeba plochy cca 9 až 11 m² na 1 EO a závislost účinnosti čištění na klimatických podmínkách (Mlejnská & Rozkošný, 2014).

3.5.2 Aktivace

Nejpoužívanějším procesem čištění v aerobních podmínkách je proces s aktivovaným kalem, kdy je biomasa aktivovaného kalu v suspenzi s čištěnou vodou v aktivačních nádržích (Kepřtová & Bindzar, 2021). Aktivovaný kal je shlukem mikroorganismů, většinou bakterií, agregovaných tzv. bioflokulací. K bioflokulaci dochází při provzdušňování odpadní vody obsahující aerobní bakterie. V základním uspořádání sestává aktivace z aerované nádrže (reaktoru), v níž dochází k procesu čištění odpadní vody za současné produkce aktivovaného kalu. Z aktivační nádrže odtéká směs odpadní vody a aktivovaného kalu do dosazovací nádrže, v níž se obě tyto složky oddělí sedimentací. Vyčištěná odpadní voda odtéká z biologické čistírny, kdežto sedimentací zahuštěný aktivovaný kal je vracen do aktivační nádrže, v níž je udržována jeho dostatečná koncentrace, neboť je nositelem čistícího procesu a základním předpokladem pro jeho uspokojivou rychlost. Objemový podíl recirkulovaného kalu bývá 30 až 50 %, někdy je však i podstatně větší. Přebytek aktivovaného kalu, neboť tento se průběžně stále tvoří, je odváděn ze systému jako kal přebytečný, neboli sekundární (Hlavínek et al. 2001).

Konvenční procesy s aktivovaným kalem se často potýkají s řadou problémů. Například nemusí být dostatečně účinné v případě obsahu obtížně rozložitelných organických látek vyžadujících vysoké hodnoty stáří kalu či vysoké hydraulické doby zdržení. Dalším problémem může být nedostatek nutrientů, fosforu a dusíku, které musí být do vody dávkovány, nebo špatná sedimentace a bytnění aktivovaného kalu zapříčiněné extenzivním růstem nežádoucích vláknitých mikroorganismů (Keprtová & Bindzar, 2021).

3.5.3 Skrápěné biologické kolony

Skrápěné biologické kolony, tzv. biofiltry, představují v kombinaci se šterbinovou nádrží provozně jednoduchou mechanicko-biologickou ČOV. Odpadní voda musí být mechanicky předčištěna, aby nedocházelo k příliš častému zanášení a následně ucpání biofiltru, které by znamenalo vyřazení z provozu. Jedná se o otevřenou nádrž, ve které je na nepravém dně (roštu) uložena vrstva materiálu jako nosiče biofilmu. Původně byly biofiltry vyráběny z železobetonové konstrukce, která byla postupně nahrazena dřevěným pláštěm s železnou konstrukcí. Jako nosič se nejčastěji používá náplň z plastických hmot. Mechanicky předčištěná odpadní voda je rozstříkována na povrch náplně otáčivými skrápěči, založenými na principu Segnerova kola (SOVAK, 2018). Následně čištěná voda stéká dolů na dno filtru a poté teče do usazovací nádrže (Mara & Horan, 2003). Dosazovací nádrž je zde umístěna proto, že v průběhu procesu čištění dochází k obnově povrchu biofilmu, odumřelá biomasa se odděluje z povrchu náplně a následně je z reaktoru vyplavována vyčištěnou vodou. K dodávce kyslíku se zde využívá tzv. komínového tahu (SOVAK, 2018), který je důsledkem teplotních rozdílů mezi okolním a vnitřním vzduchem (Mara & Horan, 2003).

Mezi výhody biologických skrápěných kolon patří jejich snadná obsluha, nízké náklady na údržbu a energii, schopnost čistit i průmyslové odpadní vody a také fakt, že oddělená biomasa z povrchu náplně je snadno odstranitelná sedimentací. Nevýhodou je zanášení filtru, pokud je v odpadní vodě vyšší organické znečištění, potencionální problémy se zápachem a nutnost předčištění odpadní vody (Mara & Horan, 2003).

3.5.4 Rotační biofilmové reaktory

Rotační biofilmové reaktory, tzv. biodisky, se používají pro čištění odpadních vod především u malých lokalit, ve většině případů se jedná o ČOV s kapacitou do 50 EO. Princip čištění je založen, obdobně jako u skrápěných biofiltrů, na působení směsné kultury mikroorganismů tvořící biologický povlak (biofilm tloušťky od 0,3 do 3 mm) na členité ploše pomaloběžných rotačních disků (SOVAK, 2018). Čistící jednotka se tedy skládá ze série kruhových plastových disků, umístěných na horizontální hřídeli. Jednotlivé disky jsou od sebe vzdáleny 1,5 – 2,5 cm. Disky jsou do odpadní vody ponořeny pouze z části a dochází k jejich rotaci (Mara & Horan, 2003). Biofilm je otáčením disků střídavě vystaven působení odpadní vody, která je zdrojem živin pro biomasu, a vzduchu, který mikroorganismům slouží jako zdroj kyslíku. Přebytečná a

odumřelá biomasa se z disků vlivem rotace uvolňuje a odtéká s vyčištěnou vodou do dosazovací nádrže, kde sedimentuje (SOVAK, 2018).

3.5.5 Zemní filtry

Zemní filtr je nejčastěji založen v izolované zemní jámě. Zařízení se skládá z horní rozváděcí drenáže, filtračního lože (jedna nebo více vrstev) a dolní sběrné drenáže. V zemní jámě je také uložena filtrační náplň, na jejímž povrchu žijí aerobní bakterie odpovědné právě za proces biologického čištění odpadní vody (Švehla et al. 2007). Principem je schopnost zrnitého materiálu podpořit fyzikální, chemické a biologické procesy probíhající při odstraňování znečištění obsaženého v protékající odpadní vodě (Mlejnská & Rozkošný, 2016). Povaha náplně určuje nejen hlavní procesy, podílející se na čištění, ale i náchylnost filtru k ucpaní. Jako náplň zemního filtru se používá písek či štěrk, nověji se však vyskytují i zvláštní náplně, například vybrané druhy elektrárenských popelů, které mají velikou schopnost chemické sorpce (Švehla et al. 2007). Pro správnou funkci a vyhovující účinnost odbourávání organického znečištění je žádoucí převaha mikroorganismů žijících v prostředí s volným kyslíkem. Proto musí být filtrační náplň co nejlépe provzdušňována. Toto je zajištěno vlastním konstrukčním uspořádáním, tedy nezatopenou filtrační náplní a také větráním tělesa zemního filtru (Mlejnská & Rozkošný, 2016).

Zemní filtry lze využívat v různých situacích. Úsporněji dimenzované filtry spíše s jemnější náplní se uplatní jako dočišťovací zařízení za mechanicko-biologickými čistírnami. Běžnější je však použití zemního filtru jako hlavního zařízení k biologickému čištění. Velké zemní filtry slouží jako biologické stupně čištění v centralizovaných čistírnách odpadních vod malých obcí. V této aplikaci vyžadují spolehlivé hrubé předčištění a mechanické čištění, nejčastěji ve šterbinové nádrži (Švehla et al. 2007).

3.5.6 Vegetační kořenové čistírny

Mokřady jsou v různých částech světa využívány k čištění odpadní vody již od poloviny 20. století (Mlejnská & Rozkošný, 2016). Představují zčásti přírodní způsob čištění, založený na mechanických, fyzikálně-chemických a biologických pochodech, probíhajících v porézním půdním prostředí, ve vodě a za spolupůsobení mokřadních rostlin (Švehla et al. 2007). Umělé mokřady pro čištění odpadních vod lze rozdělit dle typu použité vegetace do 4 skupin, a to na mokřady s volně plovoucími rostlinami, s rostlinami, které mají volně plovoucí listy, s emerzními (vynořenými) rostlinami a nebo se submerzními (ponořenými) rostlinami (Mlejnská & Rozkošný, 2016). Umělé mokřady s emerzními rostlinami mohou být konstruovány s povrchovým nebo podpovrchovým průtokem. Kromě toho lze mokřady s podpovrchovým průtokem rozdělit na další dvě podskupiny, a to na mokřady s vertikálním nebo horizontálním tokem (Verduzo Garibay et al. 2021). Využívají se také kombinace výše zmíněných typů, takzvané hybridní systémy (Parde et al. 2021).

Kořenovou čistírnu tvoří obvykle zemní jímka obdélníkového tvaru těsněná například jílovým těsněním nebo těsníciemi fóliemi z plastů. Jímka je vyplněna vhodnou šterkopískovou náplní, osázenou rostlinami, jejichž výběr závisí na klimatických podmínkách, hloubce filtračního lože, druhu a znečištění odpadní vody (Švehla et al. 2007). Velmi důležitou roli hraje v procesu použitý substrát. Ten funguje jednak jako nosič pro rostliny a mikroorganismy (Yang et al. 2018), ale také může odstraňovat znečišťující látky pomocí řady fyzikálních a chemických procesů, jako je filtrace a adsorpce (Yang et al. 2022).

Umělé mokřady dosahují zpravidla velmi vysokých účinností při odstraňování organického a mikrobiálního znečištění. Účinnost čištění pro nutrienty (dusík a fosfor) jsou většinou nižší a značně rozkolísané (Mlejnská & Rozkošný, 2016). Pro dosažení vyšší kvality vody však lze využít hybridní systémy, které kombinací vytvoří aerobní i anaerobní podmínky a společně lépe odstraňují dusík a další znečišťující látky. Nejčastěji používaným hybridním systémem je pravděpodobně kombinace kořenové čistírny s vertikálním a horizontálním průtokem (Vymazal, 2013).

3.6 Biologické čištění odpadní vody v anaerobních podmínkách

Rozklad organických látek za anaerobních podmínek je výslednicí součinnosti několika mikrobiálních skupin, jejichž metabolické procesy na sebe navazují. Produkty metabolismu jedné skupiny jsou substrátem pro skupinu další (Hlavínek et al. 2001). Celý proces probíhá prostřednictvím čtyř biochemických reakcí, mezi které patří hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a methanogeneze (Mishra et al. 2023). Mikrobiální rozklad organické hmoty za anaerobních podmínek probíhá v přírodě samovolně, zejména na dně rybníků, v močálech apod., a svými konečnými produkty metanem a oxidem uhličitým se podstatnou měrou účastní atmosférického uhlíkového cyklu (Dohányos et al. 1998). Počátek rozkladu biopolymerů probíhá procesem hydrolýzy. Fermentační stupeň rozkladu nazýváme acidogenezí. Významné postavení v procesu methanizace má kyselina octová. Procesy, které vedou k její produkci metabolismem fakultativně aerobních bakterií, se nazývají acetogeneze (Hlavínek et al. 2001). Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S) a nerozložitelný zbytek organické hmoty, který je již z hlediska hygienického a senzorického nezávadný pro prostředí, tj. je již stabilizován (Dohányos et al. 1998).

Z hlediska způsobu kultivace lze anaerobní reaktory pro čištění odpadních vod rozdělit do dvou hlavních skupin (Hlavínek et al. 2001):

- a) S kultivací biomasy v suspenzi: Tyto reaktory jsou realizovány nádržemi, míchanou cirkulovaným bioplynem (kompresorem) nebo mechanickým míchadlem. Jedná se tedy o systémy směšovací. Rozlišují se reaktory bez recirkulace a s recirkulací biomasy.
- b) S kultivací imobilizované biomasy: Tyto reaktory jsou charakterizovány tím, že biomasa tvoří film, fixovaný (imobilizovaný) na pevném nosiči, který je realizován buď pevnými, nebo pohyblivými vestavbami, případně vhodnou náplní v reaktoru.

Volba typu anaerobního reaktoru pro čištění odpadních vod závisí především na druhu a složení odpadní vody, koncentraci organického znečištění i dalších látek, zejména suspendovaných a inhibujících a také na teplotě odpadní vody. Důležitým kritériem je biologická rozložitelnost organických látek. Obecně platí, že látky rozložitelné v aerobních podmínkách jsou rozložitelné i v podmínkách anaerobních. Dalším významným kritériem jsou také místní a ekonomické podmínky (Hlavínek et al. 2001).

Z technologického hlediska lze anaerobní reaktory rozdělit do dvou základních skupin (Dohányos et al. 1998):

- 1) reaktory pro anaerobní čištění a předčištění odpadních vod,
- 2) reaktory pro stabilizaci čistírenských kalů a jiných organických suspenzí – metanizační nádrže.

Nejstarším typem metanizační nádrže v České republice jsou dvouúčelové nádrže zavedené Imhoffem, správně nazývané šterbinové nádrže (Dohányos et al. 1998). Tento typ nádrže se skládá z usazovacího prostoru, kde dochází k sedimentaci kalu a poté ze spodní části, metanizačního prostoru, kam kal propadá a dochází k jeho vyhnívání (Drinan & Spellman, 2012). Poměr sedimentačního a metanizačního prostoru se pohybuje od 1:3 do 1:5 podle velikosti nádrže. Bioplyn je jímán v jímacím zvonu nebo odpouštěn do atmosféry. S jeho využitím se nepočítá. Stabilizovaný kal se v určitých časových intervalech (zpravidla několikrát ročně) odčerpává. Tyto nádrže jsou nevytápěné a jsou vhodné pro použití na malých čistírnách (Dohányos et al. 1998).

3.7 Porovnání čištění odpadních vod v aerobních a anaerobních podmínkách

Hlavní předností anaerobní technologie před aerobní je transformace a zušlechťování odpadních organických látek do energeticky bohatého bioplynu. Tento poznatek jednoznačně vyplývá z porovnání bilance energie a uhlíku při aerobních a anaerobních procesech (Dohányos et al. 1998).

Z bilance energie vyplývá (Dohányos et al. 1998):

1. Při aerobních procesech je přibližně 60 % energie spotřebováno na syntézu nové biomasy a 40 % se ztrácí ve formě reakčního tepla.
2. Při anaerobních procesech je téměř 90 % energie původně obsažené v substrátu zachováno ve vzniklém bioplynu, 5 až 7 % je spotřebováno na růst nové biomasy a 3 až 5 % se ztrácí ve formě reakčního tepla.

Z bilance uhlíku vyplývá (Dohányos et al. 1998):

1. Při aerobních procesech je asi 50 % uhlíku ze substrátu přeměněno na biomasu a 50 % na oxid uhličitý.
2. Při anaerobních procesech přechází 95 % uhlíku do bioplynu (metan, oxid uhličitý) a 5 % do biomasy.

Z technologického hlediska představují anaerobní procesy energeticky málo náročné metody anaerobní stabilizace kalů a anaerobního čištění odpadních vod. Odstranění jednotkového množství znečištění anaerobním způsobem je vždy ekonomicky výhodnější než aerobním způsobem (Dohányos et al. 1998). Metan může být využit k výrobě energie, kterou lze poté uplatnit v provozu čistírny, například pro vytápění nebo osvětlení (Mara & Horan, 2003). Další výhodou anaerobních reaktorů je také to, že jsou velmi účinné pro zpracování substrátů s vysokou koncentrací organických látek. Mezi výhody patří také minimální produkce kalu (Álvarez et al. 2008). Odpadní vody z anaerobních reaktorů ale často obsahují vysokou koncentraci rozpuštěné organické hmoty, živin a sirovodíku, a proto je často vyžadována další jednotka následného čištění (Gray, 2017). Oproti tomu aerobní procesy produkují kvalitní odpadní vody, ale jsou náročné na energetické požadavky a vysokou produkci kalu, což se promítá do dalších nákladů na zpracování a likvidaci (Leitao et al. 2006).

4. Současná legislativa

Na základě údajů z Modré zprávy MŽP a MZe za rok 2020 bylo na kanalizaci napojeno 9,211 mil. obyvatel ČR, což je 86,1 % z celkového počtu obyvatel. Do kanalizace bylo vypuštěno celkem 450,5 mil. m³ odpadních vod a z tohoto množství bylo čištěno 97,5 % odpadních vod. Z krajů je co do počtu odkanalizovaných obyvatel na tom nejlépe Karlovarský kraj, kde je napojeno na kanalizaci 100 % obyvatel a 99,9 % vypouštěných odpadních vod do kanalizace je čištěno.

Vypouštění odpadních vod se řídí platnou legislativou, což je zákon č. 254/2001 Sb. O vodách, který v §38 odstavci 6 říká: „*Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění. Vodoprávní úřad tímto rozhodnutím stanoví místo a způsob měření objemu a znečištění vypouštěných odpadních vod a četnost předkládání výsledků těchto měření.*“ Dále je v §38 odstavec 10 uvedeno: „*Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních stanoví vodoprávní úřad nejvýše přípustné hodnoty množství a koncentrace vypouštěného znečištění (emisní limity) a objemu vypouštěných vod. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových je vázán ukazateli vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, normami environmentální kvality, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, ukazateli a nejvýše přípustnými hodnotami ukazatelů znečištění odpadních vod (emisní standardy) stanovenými nařízením vlády a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod, včetně specifikací nejlepších dostupných technologií v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínek jejich použití, které stanoví vláda nařízením a nejlepšími dostupnými technikami v oblasti zneškodňování odpadních vod*“.

4.1 Stanovení emisních limitů dle NV 401/2015 Sb.

Emisní limity stanovuje vláda nařízením č. 401/2015 Sb. V tabulce č. 2 jsou uvedeny emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l s rozdělením dle kategorie ČOV. Jednotlivé kategorie ČOV jsou definovány počtem ekvivalentních obyvatel (EO) dle skutečného zatížení na přítoku. Ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den a vypočítává se z průměrného týdenního zatížení na přítoku do ČOV.

Tabulka č. 2 - Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l (NV č. 401/2015 Sb.).

Kategorie ČOV	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N- NH ₄		Ncelk.		Pcelk.	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	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
10 000 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

p - přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l.

m - maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l. Tato hodnota je nepřekročitelná.

Jak již bylo zmíněno, dle §38 odstavec 10 zákona o vodách, je vodoprávní úřad při stanovení koncentračních limitů pro vypouštěné odpadní vody vázán mimo jiné nejlepšími dostupnými technologiemi v oblasti zneškodňování odpadních vod. Stanovené emisní limity nesmí být přísnější než hodnoty stanovené při použití čistícího zařízení využívajícího nejlepší dostupnou technologii. Tyto hodnoty, včetně specifikace nejlepší dostupné technologie pro jednotlivé kategorie, jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 - Dosažitelné hodnoty koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod dle NV 401/2015.

Kategorie COV [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 mg/l	m mg/l		p mg/l	m mg/l		p mg/l	m mg/l	prům mg/l	m mg/l		prům mg/l	m mg/l		prům mg/l	m mg/l	
<500	Nízko až středně zatěžovaná aktivace nebo biofilmové reaktory	110	170	75	30	50	85	40	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-2000	Nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací	75	140	75	22	30	85	25	30	12	20	75	-	-	-	-	-	-
2001-10000	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
10001-100000	Nízko zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutričních +terciární stupeň včetně srážení fosforu eventuelně dávkování externího substrátu	60	100	80	14	20	90	18	25	-	-	-	14	25	70	1,5	3	80
> 100000	Nízko zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutričních + terciární stupeň včetně srážení fosforu, dávkování externího substrátu	55	90	85	10	15	95	14	20	-	-	-	10	16	75	0,7	2	85

p - přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

m - maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l. Tato hodnota je nepřekročitelná.

4.2 Stanovení počtu odběru vzorků dle NV 401/2015 Sb.

Nařízení vlády 401/2015 v příloze č. 4 rovněž stanovuje minimální roční četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění a typ vzorků (tab. č. 4).

Tabulka č. 4 – Minimální roční četnosti odběrů vypouštěných městských odpadních vod dle NV 401/2015.

Velikost zdroje znečišťování	Typ vzorku	četnost
< 500 EO	A	4
500 – 2 000 EO	A	12
2001 – 10 000 EO	B	12
10 001 – 100 000 EO	C	26
> 100 000 EO	C	52

Typ vzorku A - dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.

Typ vzorku B - 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin.

Typ vzorku C - 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku.

A dále v příloze č. 5 stanovuje přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění statisticky formulované limity („p“) ve vypouštěných odpadních vodách v období kalendářního roku (tab. č. 5).

Tabulka č. 5 – Přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění statisticky formulované limity („p“) ve vypouštěných odpadních vodách v období kalendářního roku dle NV 401/2015.

Celkový počet vzorků	Přípustný počet nevyhovujících vzorků
4-7	1
8-16	2
17-28	3
29-40	4

V příloze č. 5 jsou stanovené hodnoty až do počtu vzorků 366, kde je stanoven přípustný počet překročení nevyhovujících vzorků 25.

ČÁST B – Charakteristika zájmového území a současný stav řešené problematiky

5. Intenzifikace čištění odpadních vod v lokalitě Hrádeckého potoka na Karlovarsku

5.1 Úvod

Předmětná lokalita se nachází v Karlovarském kraji nedaleko města Žlutice. Tvoří ji tři obce, kterými jsou Pšov, Močidlec a Novosedly (obr. č. 1). Všechny obce spadají do správního obvodu obce Pšov. Ve všech třech obcích proběhla v minulých letech intenzifikace čištění odpadních vod a recipientem, do něhož jsou odpadní vody vypouštěny je Hrádecký potok, číslo hydrologického pořadí 1-11-02-0490-0-00, hydrogeologický rajon 623. Číselný identifikátor vodního toku (IDVT) je 10256534, správcem vodního toku i povodí je státní podnik Povodí Vltavy. Čistírny odpadních vod ve všech obcích jsou součástí majetku Vodohospodářského sdružení obcí západních Čech, provozovatelem je společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

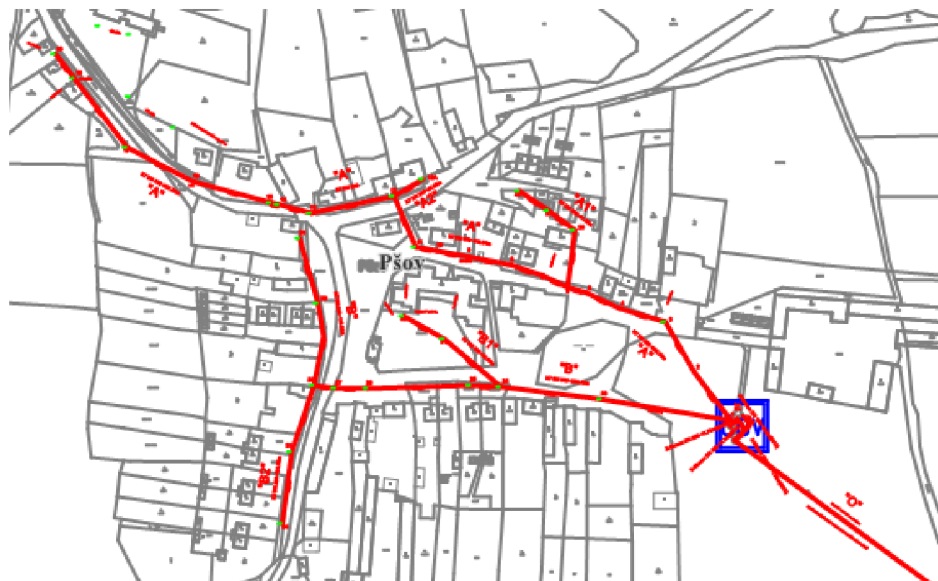


Obrázek č. 1 – Zájmová lokalita v povodí vodního toku Hrádecký potok – Pšov, Močidlec, Novosedly (MZe & MŽP, 2023).

5.2 Obec Pšov

5.2.1 Obecné údaje

V obci Pšov žije v současné době 160 obyvatel. Zástavba je tvořena převážně rodinnými domy, jsou zde ale i dva bytové domy. Kanalizace v obci byla vybudována v roce 1975, právě při výstavbě 14 bytových jednotek. Odpadní vody byly až do roku 2017 čištěny ve šterbinové nádrži ŠN7. V roce 2017 byla na místě stávající ŠN vybudována nová mechanicko-biologická čistírna odpadních vod. Recipientem, do něhož jsou vypouštěny odpadní vody, je levobřežní přítok Hrádeckého potoka, IDVT 10258317. Na obrázku č. 2 je zakreslena kanalizační síť v obci Pšov, včetně umístění ČOV (VODAKVA, 2022).



Obrázek č. 2 – Celková situace kanalizace a ČOV v obci Pšov (VODAKVA, 2022).

5.2.2 Čištění odpadních vod ŠN Pšov – historie 1975 – 2017

V roce 1975 byla v obci Pšov vybudována štěrbínová nádrž ŠN7. Uvedení do trvalého provozu proběhlo v dubnu roku 1976, a to na základě rozhodnutí ze dne 9. 4. 1976, č. j. Vod. 405/230/76. Rozhodnutí vydal Okresní národní výbor Karlovy Vary. Projektovaná kapacita ŠN je uvedena v tabulce č. 6.

5.2.2.1 Kapacitní údaje ŠN Pšov

Tabulka č. 6 – Projektová kapacita ŠN Pšov (VODAKVA, 2015).

	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Q ₂₄	41	1,7	0,47
Parametr	kg/d		
BSK ₅	12,4		

5.2.2.2 Popis technologie ŠN Pšov

Dle kanalizačního řádu pro obec Pšov byly odpadní vody nejdříve zbaveny hrubých nečistot na česlích. Poté odpadní voda vtékala do usazovacího žlabu, kde docházelo k sedimentaci látek. Sklon stěn žlabu byl zvolen tak, aby usazený kal propadával štěrbínou do vyhnívacího prostoru. Šikmé stěny usazovacího prostoru se překrývaly, aby nedocházelo k úniku kalového plynu a nebyl narušován sedimentační proces. Norná stěna na odtoku sloužila k zachycení plovoucích nečistot. Vyhnívání kalu probíhalo cca 100 dní. Při odvozu kalu se nesměl vyvézt všechny kal, alespoň ¼ kalu musela v nádrži zůstat pro zaočkování čerstvého surového kalu. Vznikající kalový plyn unikal nad hladinou vyhnívacího procesu volně do ovzduší. Likvidace kalů byla prováděna na ČOV Karlovy Vary, kam se kal odvážel fekálním vozem (VODAKVA, 2015).

Štěrbínová nádrž byla složena z těchto objektů:

- hrubé předčištění – česle,
- usazovací žlab se štěrbínou,
- vyhnívací prostor pod usazovacím žlabem,
- norná stěna na odtoku z usazovacího žlabu.

5.2.2.3 Povolené limity vypouštěných odpadních vod

V době výstavby nové ČOV v roce 2017 bylo v platnosti povolení k vypouštění odpadních vod, které vydal Magistrát města Karlovy Vary ze dne 24. 2. 2015, spis. zn. 15974/SÚ/14/Sz v tomto rozsahu (tab. č. 7, 8):

Tabulka č. 7 – Povolené množství vypouštěných odpadních vod ze ŠN Pšov.

Q_{rok}	7 000 m ³
$Q_{\text{měs.}}$	583 m ³
$Q_{\text{prům.}}$	0,2 l/s
$Q_{\text{max.}}$	0,7 l/s

Tabulka č. 8 - Povolené limity vypouštěných odpadních vod ze ŠN. p = přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, m = maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, tato hodnota je nepřekročitelná, bilance = množství vypouštěného znečištění – bilanční hodnota je vypočítána jako součin aritmetického průměru naměřených koncentrací a celkového množství odpadních vod za rok.

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	m (mg/l)
BSK ₅	0,33	150	250
NL _{suš}	0,43	150	250
CHSK _{Cr}	1,58	300	450

Tyto povolené limity nebyly v souladu s platnou legislativou.



Obrázek č. 3 – Štěrbínová nádrž ŠN7 v obci Pšov (Foto: VODAKVA 04/2017).

5.2.3 Čištění odpadních vod ČOV Pšov – současnost

Vzhledem k tomu, že kvalita odpadních vod na odtoku nebyla v souladu s platnou legislativou (viz kapitola 4.1.), bylo nutné v obci vybudovat novou čistírnu odpadních vod, která by splňovala limity pro nejlepší dostupné technologie.

Dne 16. 6. 2016 pod spis. zn. 5906/SÚ/16/Sz vydal Magistrát města Karlovy Vary, úřad územního plánování a stavební úřad, povolení ke stavbě vodního díla „ČOV Pšov“. Navržena byla mechanicko-biologická kontejnerová ČOV AČB Fortex pro 250 EO. Projektovou dokumentaci zpracovala firma ALFA – projekt, projektová a inženýrská kancelář spol., s.r.o.

ČOV byla navržena a postavena v místě stávající ŠN na p. p. č. 90/1, 90/3, 90/4 k.ú. Pšov u Žlutic. Investorem stavby byla obec Pšov. Zhotovitelem stavební části byla firma VIDEŠT s.r.o., technologické vybavení zabezpečila společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Celkové náklady na výstavbu činily 2 756 495,- bez DPH. Na financování stavby byla získána dotace od Krajského úřadu Karlovarského kraje ve výši 45 %, 55 % z celkových nákladů financovala obec Pšov.

Zkušební provoz byl povolen rozhodnutím Magistrátu města Karlovy Vary ze dne 27. 9. 2017, spis. zn. 10035/SÚ/17/Sz v délce 18 měsíců, tj. 10/2017 – 04/2019. Vyhodnocení zkušebního provozu provedl provozovatel ČOV Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a. s. Na obrázcích č. 4 a č. 5 vidíme výstavbu ČOV Pšov.



Obrázek č. 4, č. 5 – Výstavba nové ČOV v obci Pšov (Foto: VODAKVA 04/2017).

5.2.3.1 Kapacitní údaje ČOV Pšov

ČOV Pšov je dimenzovaná pro 250 EO. Projektové kapacitní hodnoty ČOV jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9 – Projektová kapacita ČOV Pšov (VODAKVA, 2019b).

Množství OV	m ³ /den	m ³ /hod	l/s
Q ₂₄	25	1,04	0,289
Q _d	37,5	1,56	0,43
Q _{max}		6,8	1,9
k _h	4,8		
	mg/l	kg/den	
BSK ₅ - přítok	600	15	

CHSK _{Cr} - přítok	1200	30
NL _{suš} - přítok	550	13,75
N-NH ₄ - přítok	52	1,3
P _{celk} – přítok	20	0,5

5.2.3.2 Popis technologie ČOV Pšov

Dle provozního řádu (VODAKVA, 2019b) se jedná o kontinuální mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod využívající k čištění odpadní vody biomasu ve vznosu v aktivační nádrži.

Mechanický stupeň tvoří hrubé česle, lapák písku a čerpací stanice. Biologický stupeň je rozdělen na sekci denitrifikace a nitrifikace. K uskladnění kalu slouží kalojem. K výstavbě kalojemu se využil prostor ŠN.

Odpadní vody nejprve procházejí hrubým předčištěním, které je tvořeno hrubými ručně stíranými česlemi s průlinou 30 mm. Dále je instalován lapák písku. Po hrubém předčištění je odpadní voda zbavena hrubých a plovoucích nečistot a usaditelných látek.

Takto předčištěná odpadní voda je v čerpací stanici čerpána do biologické části ČOV. V čerpací stanici jsou umístěna dvě čerpadla, přičemž jedno čerpadlo je osazeno jako náhradní, v případě neseptnutí prvního čerpadla.

Biologickou část čistírny tvoří kontejnerová ČOV, výrobce Fortex, typ AČB 250. Čištění obsahuje denitrifikační a nitrifikační zónu a dosazovací nádrž. V denitrifikační zóně je odpadní voda promíchávána pomocí středobublinných aeračních elementů, v nitrifikační zóně dochází k provzdušňování celoplošně rozmístěnými elementy AME-260. Na odtoku z aktivace je umístěna odplyňovací komora, ze které aktivační směs samostatně odtéká do středového válce dosazovací nádrže, která je součástí kontejneru.

Dosazovací nádrž je vybavena odtokovým žlabem s nornými stěnami, odkud vyčištěná odpadní voda odtéká do měrné šachty, osazené indukčním průtokoměrem.

Přebytečný kal je odčerpáván mamutkami do kalojemu. Likvidace kalů se provádí na ČOV Karlovy Vary, kam se kaly odváží fekálním vozem.

ČOV je složena z těchto objektů:

- hrubé předčištění – hrubé česle, lapák písku,
- čerpací stanice,
- biologický stupeň – denitrifikace, nitrifikace,
- kalojem.

5.2.3.3 Povolené limity vypouštěných odpadních vod

V současné době platí povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Pšov pro trvalý provoz, které vydal Magistrát města Karlovy Vary dne 16. 6. 2016, spis. zn. 5906/SÚ/16/Sz. Platnost povolení je stanovena do 30. 6. 2026. Množství a kvalita vypouštěných odpadních vod jsou uvedeny v tabulce č. 10 a č. 11.

Tabulka č. 10 – Povolené množství vypouštěných odpadních vod z ČOV Pšov.

Q_{rok}	15 000 m ³
$Q_{\text{měs}}$	1 600 m ³
$Q_{\text{prům}}$	0,5 l/s
Q_{max}	1,9 l/s

Tabulka č. 11 - Povolené limity vypouštěných odpadních vod z ČOV. p = přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, m = maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, tato hodnota je nepřekročitelná, bilance = množství vypouštěného znečištění – bilanční hodnota je vypočítána jako součin aritmetického průměru naměřených koncentrací a celkového množství odpadních vod za rok.

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	m (mg/l)
BSK ₅	0,33	30	50
NL _{suš}	0,43	40	60
CHSK _{Cr}	1,58	110	170

Povolené limity jsou v souladu s platnou legislativou.

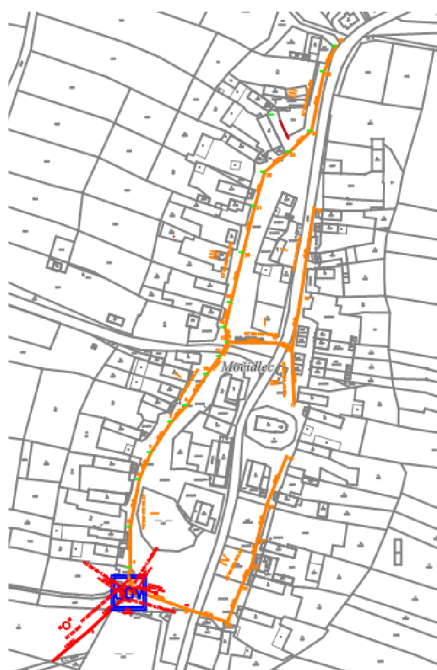


Obrázek č. 6 - ČOV v obci Pšov 10/2022 (Foto: A. Josefíková 10/2022).

5.3 Obec Močidlec

5.3.1 Obecné údaje

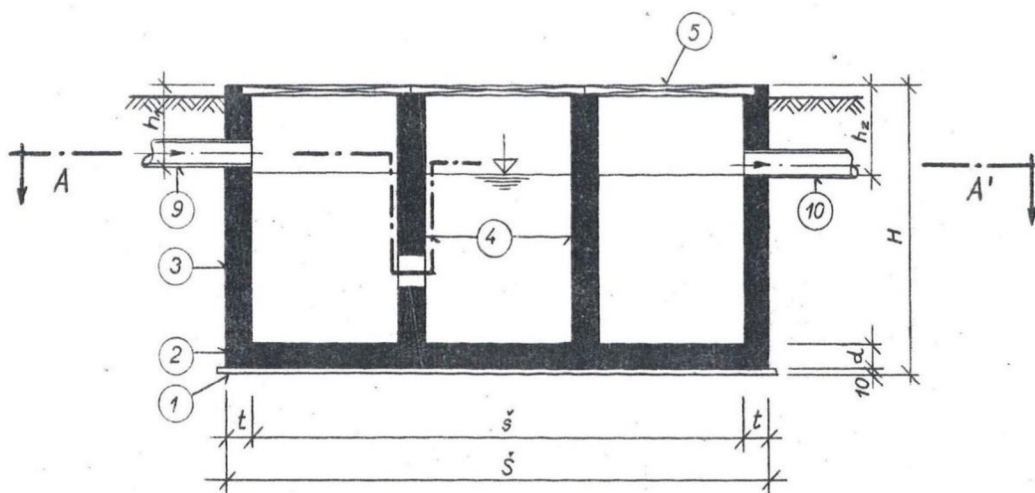
V obci Močidlec trvale žije 63 obyvatel. Zástavbu zde tvoří pouze rodinné domy. Kanalizace v obci, včetně septiku SM8, byla vybudována v roce 1983. V roce 2018 byla provedena intenzifikace čištění odpadních vod a v místě stávajícího septiku byla vybudována nová mechanicko-biologická čistírna odpadních vod. Recipientem, do něhož jsou vypouštěny odpadní vody, je levobřežní přítok Hrádeckého potoka, IDVT 10241557. Na obrázku č. 7 je zakreslena kanalizační síť v obci Močidlec, včetně umístění ČOV (VODAKVA, 2022).



Obrázek č. 7 – Celková situace kanalizace a ČOV v obci Močidlec (VODAKVA, 2022).

5.3.2 Čištění odpadních vod septik SM8 Močidlec – historie 1983 – 2017

V roce 1983 byl v obci Močidlec vybudovaný monolitický septik typu SM8. Povolení k vypouštění odpadních vod vydal Okresní národní výbor Karlovy Vary dne 9. 3. 1983, č.j. VLHZ/286/83-235. Dle Sborníku typizačních prací pro vodohospodářskou výstavbu 2 – KANALIZACE jsou monolitické septiky SM1 – SM11 jednoduchá zařízení, sloužící k čištění odpadních vod z objektů, nebo ze skupin objektů o menším počtu připojených obyvatel (obr. č. 8). Do septiku je možno přivádět vody z domácností nebo vody obdobného charakteru. Nesmí do něj být přivedeny vody dešťové. Účinnost čištění je u parametru BSK₅ 55 % a u parametru NL až 60 %. Kal by měl být ze septiku odebrán vždy, když jeho výška dosáhne 1/3 užitečné výšky. Po vybrání by měla v septiku zůstat 10 až 15 cm vrstva kalu k naočkování (Hydroprojekt, 1978).



Obrázek č. 8 – Podélný řez septikem SM8. 1 – podkladní beton, 2 – dno, 3 – stěny obvodové, 4 – stěny vnitřní, 5 – strop, 9 – přítokové potrubí, 10 – odtokové potrubí (Hydroprojekt, 1978).

5.3.2.1 Technologické údaje septiku SM8

Technologické údaje septiku SM8 jsou uvedeny v tabulce č. 12.

Tabulka č. 12 – Projektové technologické údaje septiku SM8 (Hydroprojekt, 1978).

Užitečná plocha	29,16 m ²
Užitečný obsah	49,57 m ³
Maximální počet připojených obyvatel	160

5.3.2.2 Popis technologie septiku SM8 Močidlec

Konstrukce septiku byla provedena z železobetonových prefabrikátů, zakrytí bylo provedeno pomocí stropních desek PZD. Vnitřní stěny nádrže byly vyspárované cementovou maltou a opatřeny izolační vrstvou o síle 3 mm. Septik byl složený ze 3 komor, které byly navzájem odděleny příčkami opatřenými otvory. Otvory byly umístěny cca v 1/3 výšky dělicí přepážky. Těmito ponořenými otvory a nornou stěnou na odtoku bylo zabráněno, aby plovoucí nečistoty protékaly do následující komory nebo do recipientu. V průběhu čistícího procesu se v septiku usazuje kal, který byl pravidelně vyvážen, jakmile výška kalu dosáhla jedné třetiny užitečné výšky. Při vyklízení septiku se nechávala 15 cm vrstva vyhnílého kalu k naočkování (VODAKVA, 2014).



Obrázek č. 9 – Pohled na septik před výstavbou nové ČOV (Foto: VODAKVA 05/2017).



Obrázek č. 10 – Konstrukce septiku při zahájení přestavby na ČOV (Foto: VODAKVA 08/2018).

5.3.2.3 Povolené limity vypouštěných odpadních vod

Poslední platné povolení k vypouštění odpadních vod ze septiku bylo vydáno Magistrátem města Karlovy Vary dne 29. 8. 2017, spis. zn. 8756/SÚ/17/Sz a jsou v něm povoleny tyto limity vypouštění:

Tabulka č. 13 – Povolené množství vypouštěných odpadních vod ze septiku Močidlec.

Q_{rok}	6 300 m ³
$Q_{\text{měs}}$	750 m ³
$Q_{\text{prům}}$	0,2 l/s
Q_{max}	2,0 l/s

Tabulka č. 14 - Povolené limity vypouštěných odpadních vod ze septiku. p = přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, m = maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, tato hodnota je nepřekročitelná, bilance = množství vypouštěného znečištění – bilanční hodnota je vypočítána jako součin aritmetického průměru naměřených koncentrací a celkového množství odpadních vod za rok.

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	m (mg/l)
BSK ₅	0,15	40	80
NL _{suš}	0,15	50	80
CHSK _{Cr}	0,45	120	180

Povolené limity jsou v souladu s přílohou č. 1 NV 401/2015, která stanovuje emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod, nesplňují však dosažitelné hodnoty koncentrací znečištění při použití nejlepší dostupné technologie.

5.3.3 Čištění odpadních vod ČOV Močidlec - současnost

Vzhledem k tomu, že kvalita odpadních vod na odtoku nesplňovala požadavky na nejlepší dostupné technologie, byla v obci navržena a vybudována nová mechanicko-biologická čistírna odpadních vod s nízkou zátěžovou aktivací a kapacitou 100 EO.

Dne 7. 2. 2018 spis. zn. 120/SÚ/18/Sz vydal Magistrát města Karlovy Vary, úřad územního plánování a stavební úřad povolení ke stavbě vodního díla „Močidlec – intenzifikace ČOV“. Projektovou dokumentaci zpracovala společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

ČOV byla navržena a postavena v místě stávajícího septiku na p. p. č. 2312/34 k. ú. Močidlec. Investorem stavby byla obec Pšov.

Zhotovitelem stavební části byla firma VIDEST s.r.o., technologické vyzbrojení zabezpečila společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Celkové náklady na výstavbu činily 3 264 822,- bez DPH. Na financování stavby byla získána dotace od Krajského úřadu Karlovarského kraje ve výši 45 %, 55 % z celkových nákladů financovala obec Pšov.

Zkušební provoz byl povolen rozhodnutím Magistrátu města Karlovy Vary ze dne 7. 11. 2018, spis. zn. 12479/SÚ/18/Sz v délce 18 měsíců, tj. 11/2018 – 05/2020. Vyhodnocení zkušebního provozu provedl provozovatel ČOV Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. Na obrázcích č. 11 – č. 14 vidíme postupnou výstavbu ČOV.



Obrázek č. 11, č. 12, č. 13, č. 14 – Výstavba ČOV Močidlec (Foto: VODAKVA 08 - 10/2018).

5.3.3.1 Kapacitní údaje ČOV Močidlec

ČOV Močidlec je dimenzovaná pro 100 EO. Projektované kapacitní hodnoty ČOV jsou uvedeny v tabulce č. 15.

Tabulka č. 15 – Projektovaná kapacita ČOV Močidlec (VODAKVA, 2019a).

Množství OV	m ³ /den	m ³ /hod	l/s
Q ₂₄	42	1,75	0,49
Q _d	48	2	0,56
Q _{max}			3,0
k _h	5,9		
	mg/l	kg/den	
BSK ₅ - přítok	143	6	
CHSK _{Cr} - přítok	286	12	
NL _{sus} - přítok	131	5,5	

5.3.3.2 Popis technologie ČOV Močidlec

Dle provozního řádu (VODAKVA, 2020) se jedná o kontinuální mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod využívající k čištění odpadní vody biomasu ve vznosu v aktivační nádrži.

Mechanický stupeň tvoří hrubé česle, lapák písku a čerpací jímka s řezacími noži. Splaškové vody přitékají nejprve do společného objektu, ve kterém se nachází hrubé ručně stírané česle s průlinou 45 mm a lapák písku. Dále jsou odpadní vody svedeny do čerpací jímky, ve které se nachází dvě čerpadla s mělníci noži, která se střídají v hodinových cyklech. Následuje biologický stupeň, který se skládá z provzdušňovací aktivační nádrže, dosazovací nádrže a kalové jímky.

V aktivační nádrži je umístěn jemnobublinný aerační rošt a střídá se zde v pravidelných časových intervalech proces nitrifikace a denitrifikace. Tato kombinace je zajištěna přerušovaným provzdušňováním nádrže. V aktivační nádrži dochází k odstraňování biologického znečištění. Dále jsou odpadní vody svedeny do dosazovací nádrže, kde dochází k sedimentaci vloček aktivovaného kalu, který se pak mamutkovým čerpadlem vrací do aktivační nádrže. Vyčištěná odpadní voda odtéká pomocí perforovaného sběrného potrubí do přepadového žlabu a následně do měrné šachty.

Přebytečný kal je z dosazovací nádrže odváděn do kalové jímky, kde dochází k jeho uskladnění, anaerobní stabilizaci a odvodnění. Odsazená kalová voda je podle potřeby pomocí ponorného kalového čerpadla čerpána do aktivační nádrže. Likvidace přebytečného kalu se provádí na ČOV Karlovy Vary, kam se kaly odváží fekálním vozem.

ČOV je složena z těchto objektů:

- hrubé předčištění – hrubé česle, lapák písku,
- čerpací jímka,
- aktivační nádrž,
- dosazovací nádrž,
- kalová jímka.

5.3.3.3 Povolené limity vypouštěných odpadních vod

V současné době platí povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Močidlec pro trvalý provoz, které vydal Magistrát města Karlovy Vary dne 7. 2. 2018, spis. zn. 120/SÚ/18/Sz. Platnost povolení je stanovena do 28. 2. 2028. Množství a kvalita vypouštěných odpadních vod jsou uvedeny v tabulce č. 16 a č. 17.

Tabulka č. 16 - Povolené množství vypouštěných odpadních vod z ČOV Močidlec.

Q_{rok}	21 000 m ³
$Q_{\text{měs}}$	2 600 m ³
$Q_{\text{prům}}$	0,49 l/s
Q_{max}	3,6 l/s

Tabulka č. 17 - Povolené limity vypouštěných odpadních vod z ČOV. p = přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, m = maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, tato hodnota je nepřekročitelná, bilance = množství vypouštěného znečištění – bilanční hodnota je vypočítána jako součin aritmetického průměru naměřených koncentrací a celkového množství odpadních vod za rok.

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	m (mg/l)
BSK ₅	0,366	30	50
NL _{suš}	0,488	40	60
CHSK _{Cr}	1,629	110	170

Povolené limity jsou v souladu s platnou legislativou.



Obrázek č. 15 - ČOV v obci Močidlec 10/2022 (Foto: A. Josefíková 10/2022).

5.4 Obec Novosedly

5.4.1 Obecné údaje

Obec Novosedly se nachází mezi Pšovem a Močidlecem. V současné době zde žije 196 obyvatel. Zástavbu tvoří rodinné domky a bytové domy, ve kterých je celkem 45 bytových jednotek. Veřejná kanalizace byla v obci vystavěna v rámci stavby bytových domů. V roce 2002 byla provedena dostavba kanalizace a ještě neodkanalizované části obce byly odkanalizovány v rámci další dostavby kanalizace v roce 2009. V roce 2013 proběhla v obci intenzifikace čištění odpadních vod, v rámci které byla vybudována mechanicko-biologická ČOV s kapacitou 250 EO. Recipientem, do něhož jsou vypouštěny odpadní vody, je Hrádecký potok IDVT 111030000100. Na obrázku č. 16 je zakreslena kanalizační síť v obci Novosedly, včetně umístění ČOV (VODAKVA, 2022).



Obrázek č. 16 - Celková situace kanalizace a ČOV v obci Novosedly (VODAKVA, 2022).

5.4.2 Čištění odpadních vod ŠN Novosedly – historie 1976 – 2013

V roce 1976 byla v obci Novosedly vybudovaná štěrbinová nádrž ŠN7. Povolení k vypouštění odpadních vod vydal Okresní národní výbor Karlovy Vary dne 9. 4. 1976, č. j. ŽP/2945/93-231/2. Dle Sborníku typizačních prací pro vodohospodářskou výstavbu 2 – KANALIZACE jsou štěrbinové nádrže určeny pro mechanické čištění městských odpadních vod. Umísťují se za hrubé předčištění, tj. za česle, lapák písku, popřípadě lapák tuků a olejů. U nádrží ŠN7 jsou jemné česle umístěny v usazovacím žlabu (Hydroprojekt, 1978).

5.4.2.1 Kapacitní údaje ŠN Novosedly

Kapacitní údaje ŠN Novosedly jsou uvedeny v tabulce č. 18.

Tabulka č. 18 - Projektovaná kapacita ŠN Novosedly (VODAKVA, 2003).

	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Q _d	46,6	1,9	0,5
Q _{max}	250,6	10,4	2,9
Parametr	mg/l	kg/d	
BSK ₅	188	8,8	
NL	230	10,7	

5.4.2.2 Popis technologie ŠN Novosedly

Vzhledem k tomu, že v obci Novosedly byla vybudována stejná ŠN jako v obci Pšov, je popis technologie v podstatě shodný. Z odpadní vody byly nejprve na česlích odstraněny hrubé nečistoty. Dále odpadní vody natékaly do usazovacího žlabu, kde docházelo k sedimentaci usaditelných látek. Sklon stěn žlabu byl zvolen tak, aby usazený kal propadával štěrbinou do vyhnívacího prostoru. Šikmé stěny usazovacího prostoru se překrývaly, aby nedocházelo k úniku kalového plynu a nebyl narušován sedimentační proces. Norná stěna na odtoku sloužila k zachycení plovoucích nečistot. Vyhnívání kalu probíhalo cca 100 dní. Při odvozu kalu nesměl být vyvezen všechny kal. V nádrži musela zůstat alespoň $\frac{1}{4}$ kalu k zaočkování čerstvého surového kalu. Vznikající kalový plyn unikal nad hladinou vyhnívacího prostoru volně do ovzduší. Likvidace kalů se prováděla na ČOV Karlovy Vary, kam se kaly odvážely fekálním vozem (VODAKVA, 2013).



Obrázek č. 17 - ŠN Novosedly před výstavbou nové ČOV (Foto: VODAKVA 09/2013).

5.4.2.3 Povolené limity vypouštěných odpadních vod

Poslední platné povolení k vypouštění odpadních vod ze ŠN bylo vydáno Magistrátem města Karlovy Vary dne 1. 2. 2013, spis. zn. 15377/SÚ/12/Sz a jsou v něm povoleny tyto limity vypouštění:

Tabulka č. 19 - Povolené množství vypouštěných odpadních vod ze ŠN Novosedly.

Q_{rok}	10 000 m ³
$Q_{\text{měs}}$	1 250 m ³
$Q_{\text{prům}}$	0,3 l/s
Q_{max}	2,9 l/s

Tabulka č. 20 - Povolené limity vypouštěných odpadních vod ze ŠN. p = přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, m = maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, tato hodnota je nepřekročitelná, bilance = množství vypouštěného znečištění – bilanční hodnota je vypočítána jako součin aritmetického průměru naměřených koncentrací a celkového množství odpadních vod za rok.

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	m (mg/l)
BSK ₅	1,5	150	200
NL _{suš}	1,0	100	150
CHSK _{Cr}	3,0	300	400

Povolené limity nebyly v souladu s platnou legislativou.

5.4.3 Čištění odpadních vod ČOV Novosedly – současnost

Vzhledem k tomu, že kvalita odpadních vod na odtoku nespĺňovala požadavky na nejlepší dostupné technologie a povolené limity byly dokonce vysoko nad emisními standardy ukazatelů přípustného znečištění, byla v obci navržena a vybudována nová mechanicko-biologická čistírna odpadních vod s hrubým předčištěním, aktivací, dosazovací nádrží a kalovým silem na přebytečný aktivovaný kal s kapacitou 250 EO.

Stavební povolení pro stavbu vodního díla „ČOV Novosedly“ vydal dne 16. 10. 2012 Magistrát města Karlovy Vary, úřad územního plánování a stavební úřad pod spis. zn. 12420/SÚ/12/Sz. Projektovou dokumentaci zpracovala společnost ALFA-projekt, projektová a inženýrská kancelář spol. s r. o.

ČOV byla navržena a postavena v místě stávající ŠN na st. p. 105, p. p. č. 569/11 a 615/11 k. ú. Novosedly u Žlutic. Investorem stavby byla obec Pšov.

Zhotovitelem stavební části byla firma EKO-KV s. r. o., Karlovy Vary, technologické vybavení zabezpečila společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Celkové náklady na výstavbu byly 2 512 846,- bez DPH. Na financování stavby byla získána dotace od Krajského úřadu Karlovarského kraje ve výši 45 %, 55 % z celkových nákladů financovala obec Pšov.

Zkušební provoz byl povolen rozhodnutím Magistrátu města Karlovy Vary ze dne 22. 10. 2013, spis. zn. 13607/SÚ/13/Sz v délce 12 měsíců, tj. 10/2013 – 10/2014. Vyhodnocení zkušebního provozu provedl provozovatel ČOV Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. Na obrázcích č. 18 – č. 21 vidíme postupnou výstavbu ČOV.



Obrázek č. 18, č. 19, č. 20, č. 21 – Výstavba ČOV Novosedly (Foto: VODAKVA 08 - 10/2018).

5.4.3.1 Kapacitní údaje ČOV Novosedly

ČOV Novosedly je dimenzovaná pro 250 EO. V tabulce č. 21 je uvedena její projektová kapacita.

Tabulka č. 21 - Projektovaná kapacita ČOV Novosedly (VODAKVA, 2018).

Množství OV	m ³ /den	m ³ /hod	l/s
Q ₂₄	25	1,04	0,289
Q _d	37,5	1,56	0,434
Q _{max}		7,5	2,083
Parametr	mg/l	kg/den	
BSK ₅ přítok	600	15	
CHSK _{Cr} přítok	1200	30	
NL _{sus} přítok	550	13,75	

5.4.3.2 Popis technologie ČOV Novosedly

Dle provozního řádu (VODAKVA, 2018) se jedná o kontinuální mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod využívající k čištění odpadní vody biomasu ve vznosu v aktivační nádrži. Mechanický stupeň čištění tvoří hrubé česle, lapák písku a čerpací stanice. Biologickou část čistírny tvoří kontejnerová ČOV, výrobce Fortex, typ AČB 250. Čištění zahrnuje denitrifikační zónu, nitrifikační zónu a dosazovací nádrž. Denitrifikační zóna je promíchávána pomocí středobublinných aeračních elementů, nitrifikační prostory jsou provzdušňovány celoplošně rozmístěnými elementy AME-260. K uskladnění kalu slouží kalojem, který byl vybudovaný v prostoru bývalé ŠN.

Po průchodu hrubým předčištěním je odpadní voda načerpána do ČOV, kde ve směsi s aktivovaným kalem prochází postupně denitrifikační a nitrifikační zónou. V prostoru denitrifikace dochází k odbourání části organického uhlíku a k přeměně dusíku z podoby dusitanů a dusičnanů na plynný dusík. V nitrifikačním prostoru probíhá odbourání zbytkového množství organického uhlíku a nitrifikace, při které se amoniakální dusík oxiduje na dusičnany a dusitany. Na odtoku z aktivačních nádrží je umístěno odplynění, dále aktivační směs odtéká do středového válce dosazovací nádrže, která je součástí kontejneru. Dosazovací nádrž je vybavena odtokovým žlabem s nornými stěnami, odkud vyčištěná odpadní voda odtéká do měrné šachty, osazené indukčním průtokoměrem. Vyflotovaný kal je mamutkou odtahován zpět do aktivační nádrže. Usazený aktivovaný kal je z kónické vertikální části dosazovací nádrže odtahován mamutkou do denitrifikace nebo druhou mamutkou jako kal přebytečný do kalojemu. Na zabezpečení dodávky vzduchu jsou použita dmychadla v uspořádání 1 + 1. Dmychadla zásobují vzduchem míchací aerátory, aerační sekci a mamutky. Dmychadla jsou umístěna v obslužném domku společně s technologickým rozvaděčem (VODAKVA, 2018).

ČOV je složená z těchto objektů:

- hrubé předčištění – hrubé česle, lapák písku,
- čerpací jímka,
- aktivační nádrž,
- dosazovací nádrž,
- revizní a manipulační šachty,
- kalová jímka,
- obslužný domek.

5.4.3.3 Povolené limity vypouštěných odpadních vod

V současné době platí povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Novosedly pro trvalý provoz, které vydal Magistrát města Karlovy Vary dne 24. 10. 2014, spis. zn. 13234/SÚ/14/Sz. Platnost povolení je stanovena do 31. 10. 2024. Množství a kvalita vypouštěných odpadních vod jsou uvedeny v tabulce č. 22 a č. 23.

Tabulka č. 22 - Povolené množství vypouštěných odpadních vod z ČOV Novosedly.

Q_{rok}	18 000 m ³
$Q_{\text{měs}}$	2 200 m ³
$Q_{\text{prům}}$	0,57 l/s
Q_{max}	2,4 l/s

Tabulka č. 23 - Povolené limity vypouštěných odpadních vod z ČOV. p = přípustná hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, m = maximální hodnota koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod, tato hodnota je nepřekročitelná, bilance = množství vypouštěného znečištění – bilanční hodnota je vypočítána jako součin aritmetického průměru naměřených koncentrací a celkového množství odpadních vod za rok.

Ukazatel	bilance (t/rok)	p (mg/l)	M (mg/l)
BSK ₅	0,35	30	50
NL	0,43	40	60
CHSK _{Cr}	1,5	110	170

Povolené limity jsou v souladu s platnou legislativou.



Obrázek č. 22 - ČOV v obci Novosedly 10/2022 (Foto: A. Josefíková 10/2022).

ČÁST C - Metodika

6. Metodika vyhodnocení intenzifikace čištění odpadních vod

Pro vyhodnocení intenzifikace čištění byly použity rozborů odpadních vod na přítoku a odtoku z jednotlivých čistících zařízení. Jednotlivé roky se u čistících zařízení liší v návaznosti na to, kdy byla intenzifikace provedena. Akreditovaný odběr vzorků prováděl provozovatel Vodárny a kanalizace Karlovy Vary. Jedná se ve všech případech o typ vzorku A – tj. dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut. Vyhodnoceny jsou parametry stanovené ve vodohospodářském povolení, tj. NL, CHSK_{Cr}, BSK₅.

V následujících kapitolách se budu věnovat zhodnocení výsledků s ohledem na plnění limitů povolených ve vodoprávním rozhodnutí, průměrným ročním hodnotám dle jednotlivých parametrů, provedu zhodnocení účinnosti čištění a v neposlední řadě vyhodnocení bilančního znečištění vypouštěného do recipientu.

Kompletní výsledky na přítoku a odtoku z jednotlivých zařízení jsou uvedeny v příloze č. 1. V příloze č. 2 jsou uvedeny jednotlivé průměrné hodnoty za rok na přítoku a odtoku z čistících zařízení, včetně účinnosti čištění. V příloze č. 3 jsou vypočítány bilanční hodnoty vypouštěného znečištění do recipientu, včetně celkového množství vypouštěných odpadních vod z čistících zařízení za rok.

ČÁST D – Výsledky

6.1 Obec Pšov

V obci Pšov je pro ŠN sledovaným obdobím 2012 – 2016, pro novou ČOV pak 2018 – 2022. Rok 2017 není ve sledovaném období zahrnutý, a to z důvodu, že v měsících 01-09/2017 byla v provozu ŠN a v měsících 10-12/2017 již ČOV. Nejedná se tedy o ucelený rok.

6.1.1 Obec Pšov - koncentrační hodnoty na odtoku z čistících zařízení

Vzorky na odtoku ze ŠN byly dle povolení k vypouštění odpadních vod odebírány 4x ročně, vzorky na odtoku z ČOV po dobu zkušebního provozu, který byl stanoven na 18 měsíců (10/2017 – 4/2019) 12x ročně, během trvalého provozu je odběr vzorků prováděn 4x ročně.

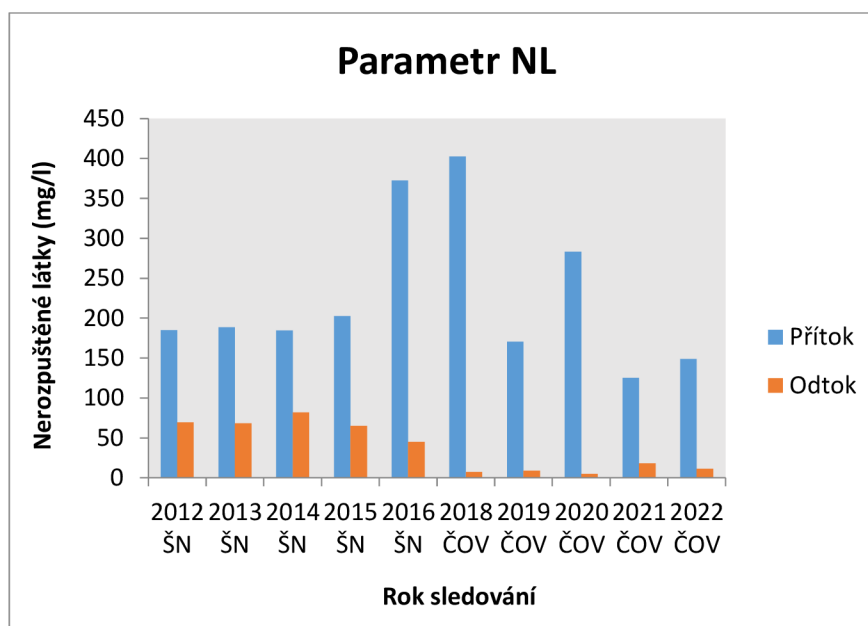
6.1.1.1 Nerozpuštěné látky - NL

Z jednotlivých výsledků na odtoku ze ŠN je patrné, že se hodnoty pohybovaly v poměrně velkém rozmezí, a to 21 mg/l – 120 mg/l (příloha č. 1). Pokud porovnáme výsledky s limitem z vodoprávního povolení, vidíme, že k překročení limitu „p“ (přípustné hodnoty), která byla stanovena na 100 mg/l, došlo 1x v roce 2014, kdy byla naměřena hodnota 120 mg/l. Šlo ale pouze o jedno překročení přípustné hodnoty, což je v legislativě povoleno. K překročení nepřekročitelného limitu „m“ nedošlo.

Hodnoty na odtoku z nové ČOV jsou již mnohem stabilnější a pohybovaly se za 5 let provozu od 2 mg/l – 48,6 mg/l, přičemž hodnota 48,6 mg/l je za sledované období ojedinělá a pokud bychom ji ze statistického zpracování vyjmuli jako statistickou odchylku, byla by pak maximální naměřená hodnota 16,17 mg/l. Hodnota 48,6 mg/l je rovněž jediné překročení přípustné hodnoty „p“, která byla stanovena na 40 mg/l.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění v průměru o 84 % za sledované období (obr. č. 23).

Hodnoty na přítoku u nerozpuštěných látek jsou za 10 let sledování poměrně stabilní (cca 200 mg/l) s výjimkou roku 2016, kdy byla naměřena průměrná hodnota 372,5 mg/l a v roce 2018, kdy průměrná koncentrace nerozpuštěných látek na přítoku vystoupala až na hodnotu 402,6 mg/l.



Obrázek č. 23 - Průměrné roční koncentrace NL na přítoku a odtoku ze ŠN Pšov a ČOV Pšov za období 5 let. ŠN 2012 – 2016, ČOV 2018 - 2022 (v mg/l).

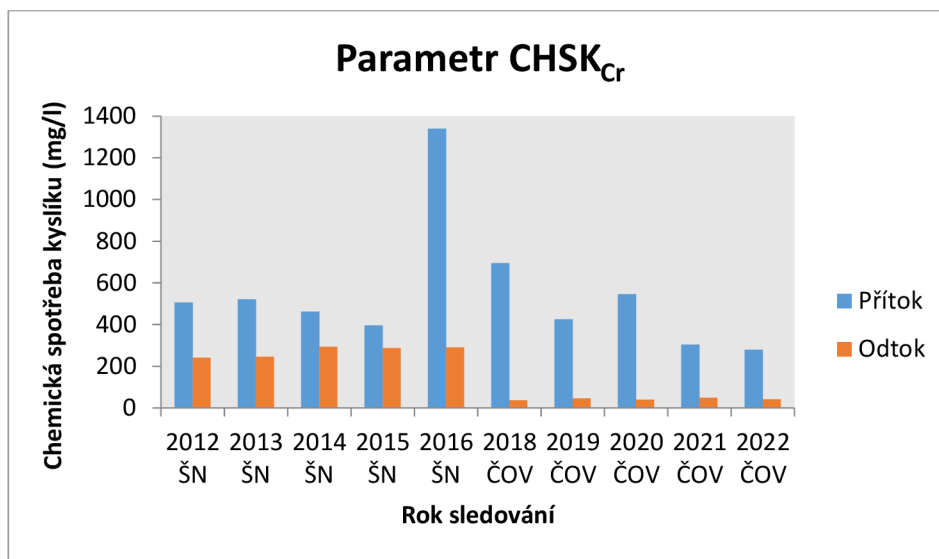
6.1.1.2 Chemická spotřeba kyslíku – CHSK_{Cr}

Limity stanovené vodohospodářským povolením pro parametr CHSK_{Cr} ze ŠN byly – přípustná hodnota „p“ 300 mg/l a nepřekročitelná hodnota „m“ 450 mg/l. Hodnoty na odtoku ze ŠN jsou za celou dobu sledování poměrně vysoké a k překročení limitu „p“ došlo v každém roce sledování – rok 2012 - 345 mg/l, rok 2013 - 370 mg/l, rok 2014 - 426 mg/l, rok 2015 - 449 mg/l a v roce 2016 - 384 mg/l (příloha č. 1).

Hodnoty u parametru CHSK_{Cr} na odtoku z ČOV jsou za 5 let provozu zcela v souladu s limity z vodohospodářského povolení („p“ = 110 mg/l, „m“ = 170 mg/l) a pohybuje se v rozmezí 22 mg/l – 107 mg/l.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění shodně jako u parametru NL v průměru o 84 % za sledované období (obr. č. 24).

Pokud porovnáme hodnoty na přítoku, pohybují se průměrné roční koncentrace mezi 500 – 700 mg/l, vyjma roku 2016, kdy průměrná roční koncentrace byla 1 340 mg/l.



Obrázek č. 24 - Průměrné roční koncentrace CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku ze ŠN Pšov a ČOV Pšov za období 5 let. ŠN 2012 – 2016, ČOV 2018 - 2022 (v mg/l).

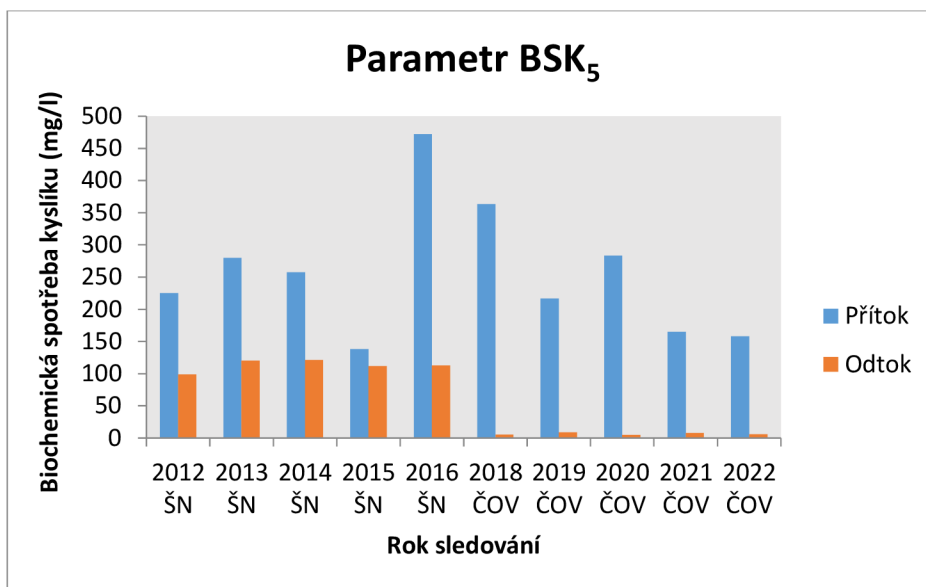
6.1.1.3 Biochemická spotřeba kyslíku – BSK₅

U tohoto parametru jsou stanovené limity „p“ 150 mg/l a „m“ 250 mg/l a stejně jako u chemické spotřeby kyslíku vidíme, že docházelo k překračování hodnoty „p“ - rok 2012 - 180 mg/l, rok 2013 - 190 mg/l, rok 2014 - 190 mg/l, rok 2015 - 170 mg/l a v roce 2016 - 180 mg/l. Opět se jedná o jedno možné překročení za rok. Z podrobných výsledků uvedených v příloze č. 1 je patrné, že se jedná o překročení vždy ve stejném vzorku u parametru BSK₅ a CHSK_{Cr}.

Kvalita vyčištěné odpadních vody na odtoku z nové ČOV v parametru BSK₅ je v rozmezí hodnot 2,9 mg/l – 25 mg/l. Limity z vodohospodářského povolení jsou stanoveny „p“ = 30 mg/l, „m“ = 50 mg/l, takže za sledované období nedošlo k žádnému překročení stanovených hodnot.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění u parametru BSK₅ v průměru o 94 % za sledované období (obr. č. 25).

Koncentrační hodnoty na přítoku se stabilně pohybují do 300 mg/l, opět kromě roku 2016 a 2018, kdy byly naměřeny průměrné hodnoty 472 mg/l a 363 mg/l.



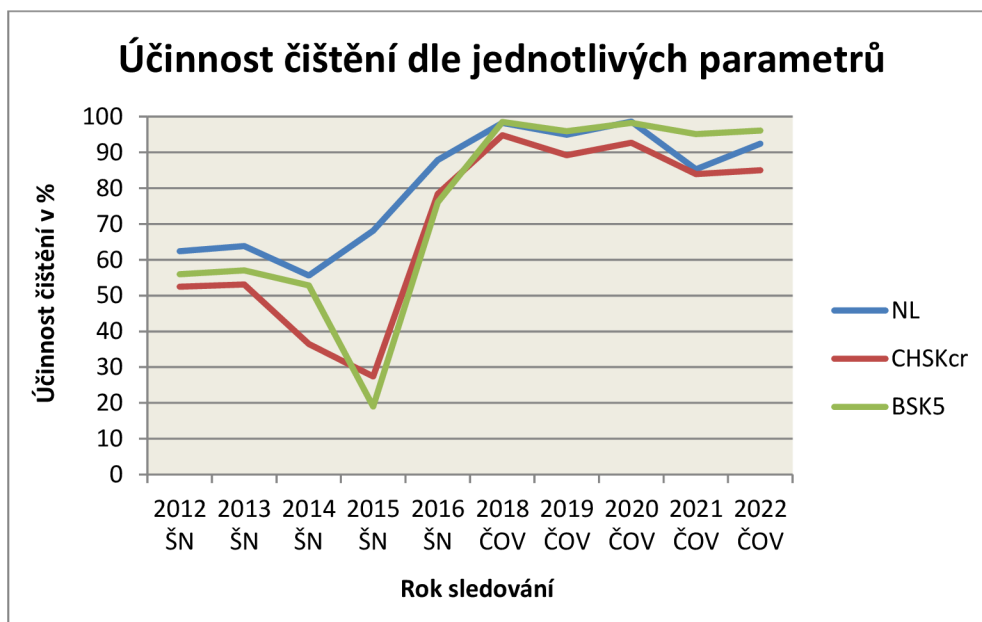
Obrázek č. 25 - Průměrné roční koncentrace BSK₅ na odtoku ze ŠN Pšov a ČOV Pšov za období 5 let. ŠN 2012 – 2016, ČOV 2018 - 2022 (v mg/l).

6.1.2 Obec Pšov – účinnost čištění odpadních vod

Pro vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod za sledované období byly použity průměrné koncentrační hodnoty v mg/l za rok na přítoku a na odtoku z čistícího zařízení. Účinnost čištění je vyhodnocována v %.

Účinnost čištění byla vypočítána dle vzorce:

$$100 * [(přítok - odtok) / přítok] (\%)$$



Obrázek č. 26 - Účinnost čištění v % dle jednotlivých parametrů za 5 let sledování u ŠN a za 5 let sledování u ČOV.

Z vypočítaných hodnot u parametru NL je patrné, že účinnost čištění šterbinové nádrže byla cca 65 %. V roce 2014 klesla až na hodnotu 55,6 %, naopak v posledním roce provozu byla 87,9 %. Účinnost čištění odpadních vod u ČOV se pohybuje na cca 95 %, pouze v roce 2021 klesla na 85,3 % (obr. č. 26).

Při vyhodnocení parametrů organického znečištění $CHSK_{Cr}$ a BSK_5 vidíme, že účinnost čištění u ŠN dosahovala hodnot okolo 50 %, zatímco u nové ČOV je organické znečištění velmi dobře odstraňováno. U parametru $CHSK_{Cr}$ je průměrná roční hodnota účinnosti čištění 89 % a u parametru BSK_5 dokonce 97 % (obr. č. 26).

6.1.3 Obec Pšov – bilanční zatížení toku z čistících zařízení

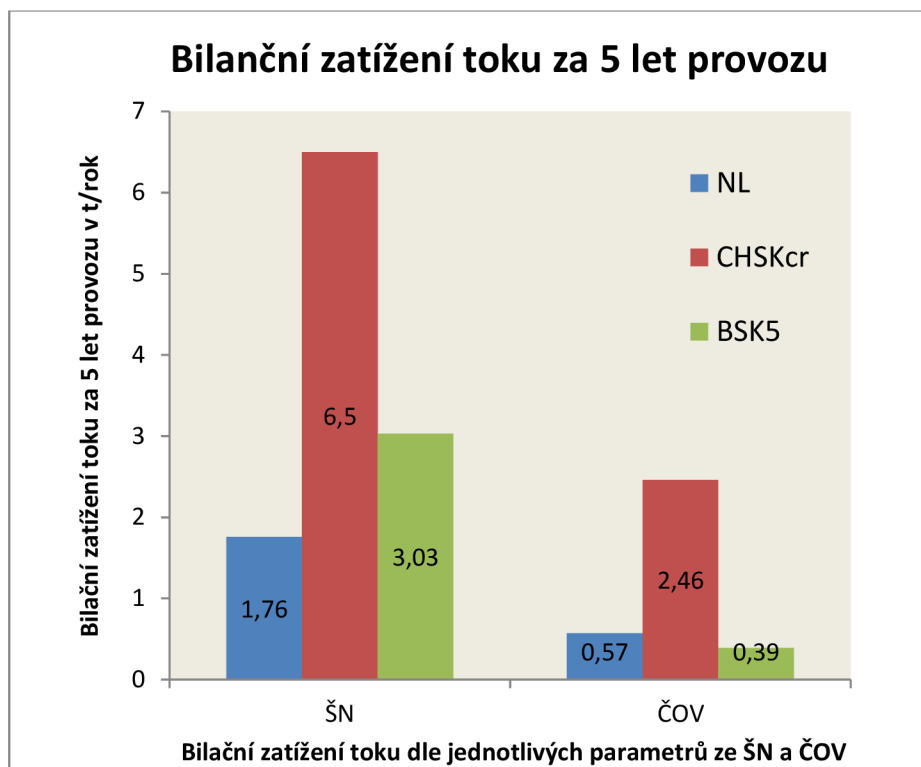
Pro vyhodnocení vypouštěného bilančního zatížení do toku byly použity roční bilanční hodnoty v t/rok za 5 let sledování provozu. Jednotlivé roční hodnoty, včetně vypouštěného množství odpadních vod, jsou uvedeny v příloze č. 3.

Vypouštěné bilanční znečištění u ŠN může být ovlivněno nepřesnými daty o množství vypouštěných odpadních vod. Na ŠN nebylo instalováno žádné měřící zařízení. Množství vypouštěné odpadní vody bylo odhadováno proporcionálně k měřenému průtoku na ČOV Žlutice, která je od ČOV Pšov vzdálena cca 6 km.

Roční bilanční zatížení bylo vypočítáno dle vzorce:

*roční množství odpadních vod * průměrná hodnota na odtoku v mg/l / 1 000 000 (t/rok)*

Z vyhodnocení bilančního zatížení vyplývá, že došlo k výraznému snížení vypouštěného znečištění do toku, a to ve všech parametrech. K nejvýraznějšímu snížení došlo u parametru BSK_5 , a to až o 87 %. U parametru NL to je o 68 % a u $CHSK_{Cr}$ o 62 % (obr. č. 27).



Obrázek č. 27 - Bilanční zatížení toku za 5 let provozu ŠN Pšov a 5 let provozu ČOV Pšov v t/rok. ŠN 2012 – 2016, ČOV 2018 - 2022 (v t/rok).

6.2 Obec Močidlec

V obci Močidlec je sledovaným obdobím pro septik SM8 období 2014 – 2017, pro novou ČOV pak 2019 – 2022. Rok 2018 není ve sledovaném období zahrnutý, a to z důvodu, že v měsících 01-10/2018 byl v provozu septik SM8 a v měsících 11-12/2018 již ČOV. Nejednalo by se tedy o ucelený rok.

V tomto případě bylo zvoleno pro vyhodnocení provozu období 4 let, což je zatím celková doba provozu ČOV.

6.2.1 Obec Močidlec - koncentrační hodnoty na odtoku z čistících zařízení

Dle vodoprávního rozhodnutí byla četnost odběru vzorků na odtoku ze septiku stanovena 4x ročně, na odtoku z ČOV během zkušebního provozu, který probíhal od listopadu 2019 do března února 2020, byly odebírány vzorky v četnosti 1x za měsíc, po uvedení do trvalého provozu byla četnost stanovena na 4x ročně.

V obci Močidlec nebyla za celou dobu provozování septiku SM8 sledovaná kvalita odpadní vody na přítoku, a to z důvodu, že nebylo technicky možné odebírat kontrolní vzorky. Z tohoto důvodu není kvalita odpadní vody na přítoku do septiku vyhodnocena.

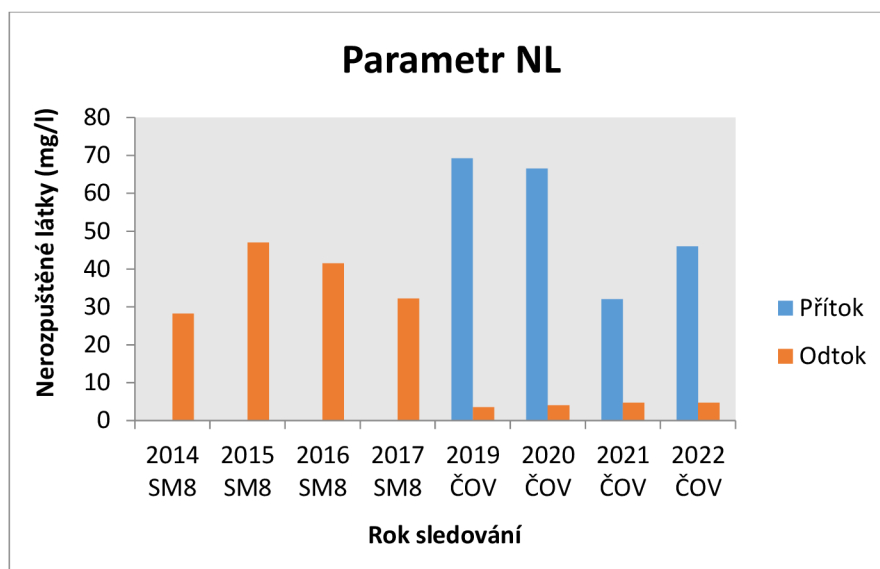
6.2.1.1 Nerozpuštěné látky - NL

Z jednotlivých výsledků na odtoku ze septiku SM8 vidíme, že výsledky v tomto parametru jsou celkem stabilní a pohybují se mezi 20 mg/l – 30 mg/l. K překročení limitu z vodoprávního povolení, kde je stanovena hodnota „p“ na 40 mg/l a hodnota „m“ na 80 mg/l, došlo v roce 2015, 2016 i 2017, a to naměřenými hodnotami 79 mg/l, 68 mg/l a 73 mg/l. Ve všech případech se jednalo o jedno povolené překročení přípustné hodnoty „p“ za rok.

Hodnoty na odtoku z nové ČOV jsou velmi dobré, nejčastěji se pohybují okolo 2 mg/l. Maximální naměřená hodnota za 4 roky sledování je 8,9 mg/l a i tato hodnota je hluboko pod stanoveným limitem z vodoprávního povolení, který je 40 mg/l.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění v průměru o 89 % za sledované období (obr. č. 28).

Hodnoty na přítoku do ČOV u nerozpuštěných látek se za 4 roky sledování pohybují v rozmezí 32 mg/l – 69 mg/l.



Obrázek č. 28 - Průměrné roční koncentrace NL na odtoku ze septiku SM8 Močidlec a průměrné roční koncentrace na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec za období 4 let. SM8 2014 – 2017, ČOV 2019 - 2022 (v mg/l).

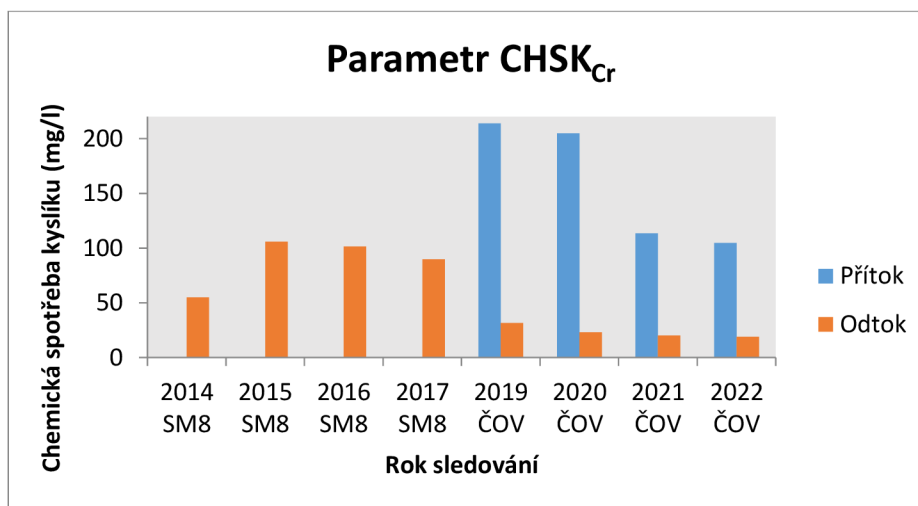
6.2.1.2 Chemická spotřeba kyslíku – CHSK_{Cr}

Hodnoty u parametru CHSK_{Cr} se na odtoku ze septiku SM8 pohybují v poměrně velkém rozmezí 54 mg/l až 174 mg/l. I u tohoto parametru došlo k překročení přípustné hodnoty „p“, která byla stanovena 120 mg/l. V roce 2015 bylo naměřeno 174 mg/l, v roce 2016 136 mg/l a v roce 2017 141 mg/l. V tomto roce byla druhá nejvyšší hodnota naměřena 120 mg/l, což je úplně na hraně s daným limitem.

Hodnoty u parametru CHSK_{Cr} na odtoku z ČOV jsou poměrně stabilní, nevyšší naměřená hodnota byla 76 mg/l, což je plně v souladu se stanovenou přípustnou hodnotou „p“ 110 mg/l.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění v průměru o 74 % za sledované období (obr. č. 29).

Hodnoty na přítoku do ČOV byly naměřeny za první dva roky sledování mírně nad 200 mg/l. Za druhé dva roky sledování byly na splaškové vody poměrně nízké, pouze mírně nad 100 mg/l.



Obrázek č. 29 - Průměrné roční koncentrace CHSK_{Cr} na odtoku ze septiku SM8 Močidlec a průměrné roční koncentrace na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec za období 4 let. SM8 2014 – 2017, ČOV 2019 - 2022 (v mg/l).

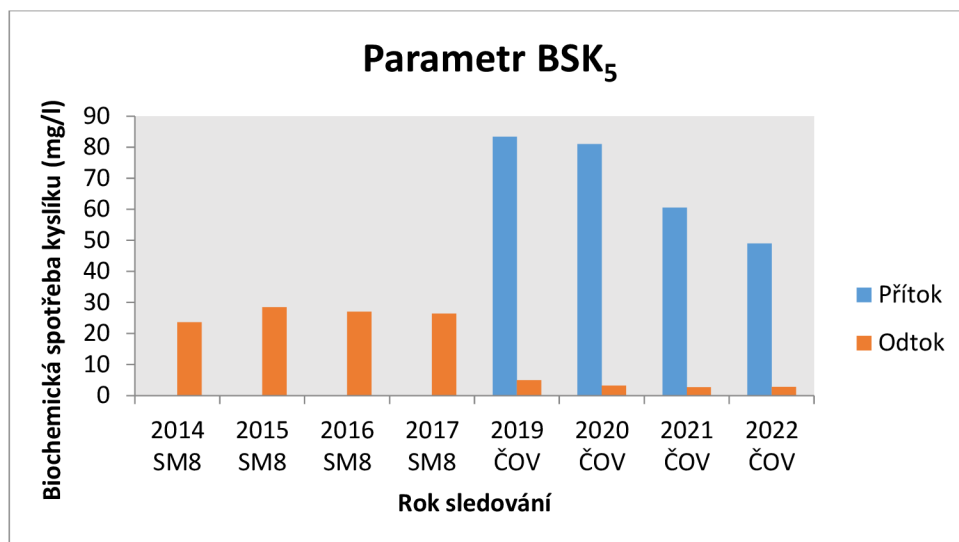
6.2.1.3 Biochemická spotřeba kyslíku – BSK₅

U tohoto parametru byla zjištěna nevyšší stabilita výsledků na odtoku jak ze septiku SM8, tak i u nové ČOV. Hodnoty na odtoku ze septiku se pohybují nejčastěji okolo 20 mg/l a k překročení limitu „p“, který je stanoven 40 mg/l došlo pouze 2x, a to v roce 2015 hodnotou 56 mg/l a v roce 2017, kdy byla naměřena hodnota 51 mg/l.

Hodnoty na odtoku z ČOV jsou velmi stabilní a pohybují se do 5 mg/l. Pouze první rok provozu ČOV byly naměřeny zvýšené koncentrace, a to 14 mg/l a 22 mg/l. Limity stanovené pro tento parametr jsou „p“ 30 mg/l a „m“ 50 mg/l.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění u parametru BSK₅ v průměru o 88 % za sledované období (obr. č. 30).

Průměrné roční koncentrační hodnoty na přítoku do ČOV byly v rozmezí hodnot 49 mg/l až 83 mg/l.



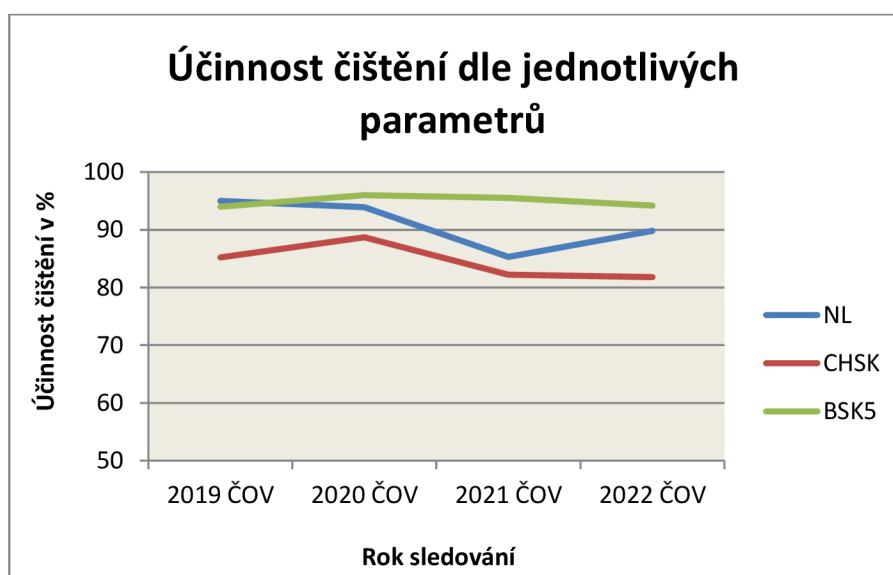
Obrázek č. 30 - Průměrné roční koncentrace BSK₅ na odtoku ze septiku SM8 Močidlec a průměrné roční koncentrace na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec za období 4 let. SM8 2014 – 2017, ČOV 2019 - 2022 (v mg/l).

6.2.2 Obec Močidlec – účinnost čištění odpadních vod

Pro vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod za sledované období byly použity průměrné koncentrační hodnoty v mg/l za rok na přítoku a na odtoku z čistícího zařízení. Účinnost čištění je vyhodnocována v %. Jak již bylo uvedeno v kapitole 6.2.1., nebyla kvalita odpadní vody na přítoku do septiku SM8 sledována, a proto je zde vyhodnocena pouze účinnost čištění nové ČOV.

Účinnost čištění byla vypočítána dle vzorce:

$$100 * [(přítok - odtok) / přítok] (\%)$$



Obrázek č. 31 - Účinnost čištění ČOV Močidlec v % dle jednotlivých parametrů za 4 roky sledování.

Z vypočítaných hodnot vidíme, že nevyšší účinnost čištění je u parametru BSK₅ cca 95 %, což odpovídá i velmi stabilním koncentračním hodnotám dosahovaných na odtoku z ČOV. U parametru CHSK_{Cr} je průměrná roční účinnost čištění nejnižší a dosahuje cca 84 %, což může být způsobené velmi nízkými koncentračními hodnotami na přítoku do ČOV (v průměru 159 mg/l). U parametru NL je průměrná roční účinnost čištění 91 % (obr. č. 31).

6.2.3 Obec Močidlec – bilanční zatížení toku z čistících zařízení

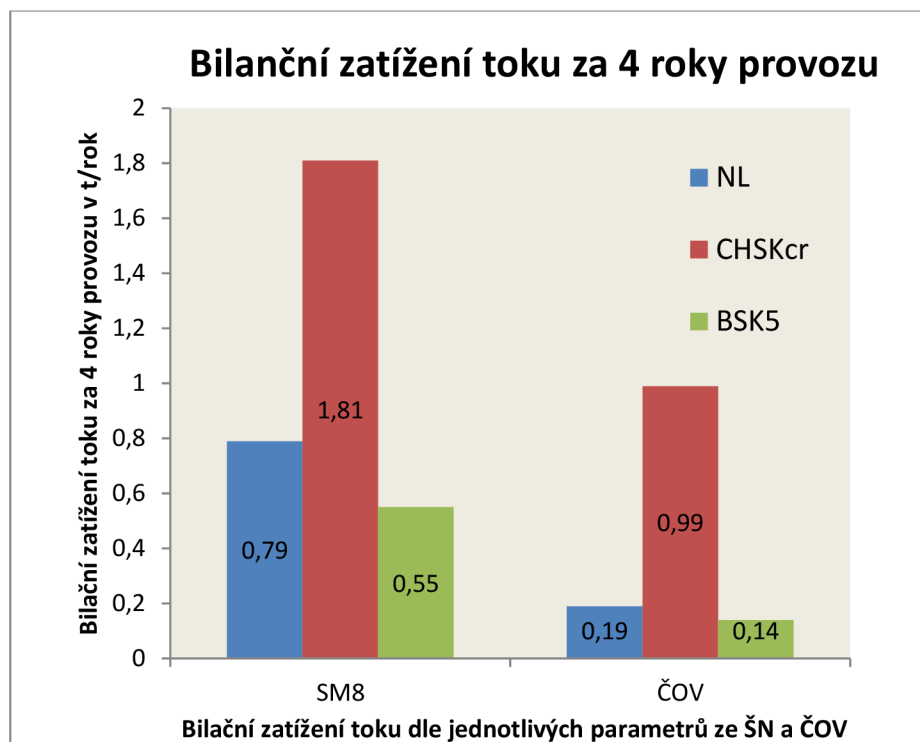
Pro vyhodnocení vypouštěného bilančního zatížení do toku byly použity roční bilanční hodnoty v t/rok za 4 roky sledování provozu. Jednotlivé roční hodnoty, včetně vypouštěného množství odpadních vod, jsou uvedeny v příloze č. 3.

Množství vypouštěných odpadních vod ze septiku SM8 nebylo měřeno. Množství odpadních vod bylo dle vodoprávního rozhodnutí stanovováno odečtem vodoměrů. Takto stanovené množství ale mohlo být nepřesné, protože ne všichni producenti odpadních vod napojení na veřejnou kanalizaci, byli napojeni rovněž i na veřejný vodovod a měli tedy instalovaný certifikovaný vodoměr. Uvedené hodnoty v příloze č. 3 tuto skutečnost potvrzují, protože po vybudování nové ČOV, kde je množství odpadních vod měřeno indukčním průtokoměrem, vzrostlo vypouštěné množství o více jak 50 %.

Roční bilanční zatížení bylo vypočítáno dle vzorce:

*roční množství odpadních vod * průměrná hodnota na odtoku v mg/l / 1 000 000 (t/rok)*

Vyhodnocení bilančního zatížení v podstatě kopíruje předešlá zjištění koncentračních hodnot a účinnosti čištění. Zatímco u parametrů NL a BSK₅ došlo ke snížení vypouštěného znečištění do toku o cca 76 %, u parametru CHSK_{Cr} to je 45 % (obr. č. 32).



Obrázek č. 32 - Bilanční zatížení toku za 4 roky provozu septiku SM8 Močidlec a 4 roky provozu ČOV Močidlec v t/rok. SM8 2014 – 2017, ČOV 2019 - 2022 (v t/rok).

6.3 Obec Novosedly

Obec Novosedly je obcí s nejdelším sledovaným obdobím, protože nová ČOV zde byla vybudovaná již v roce 2013. Sledovaným obdobím pro ŠN je období 2004 – 2012, pro novou ČOV 2014 – 2022. Rok 2013 není ve sledovaném období zahrnutý, a to z důvodu, že v měsících 01-09/2013 byla v provozu ŠN a v měsících 10-12/2013 již ČOV. Nejednalo by se tedy o ucelený rok.

6.3.1 Obec Novosedly - koncentrační hodnoty na odtoku z čistících zařízení

Dle vodoprávního rozhodnutí byla četnost odběru vzorků na odtoku ze ŠN stanovena 4x ročně, na odtoku z ČOV během zkušební provozu 12x ročně. Zkušební provoz byl stanoven na 12 měsíců a probíhal od 10/2013 do 10/2014. Po uvedení ČOV do trvalého provozu je stanoveno vzorkování odtoku 4x ročně.

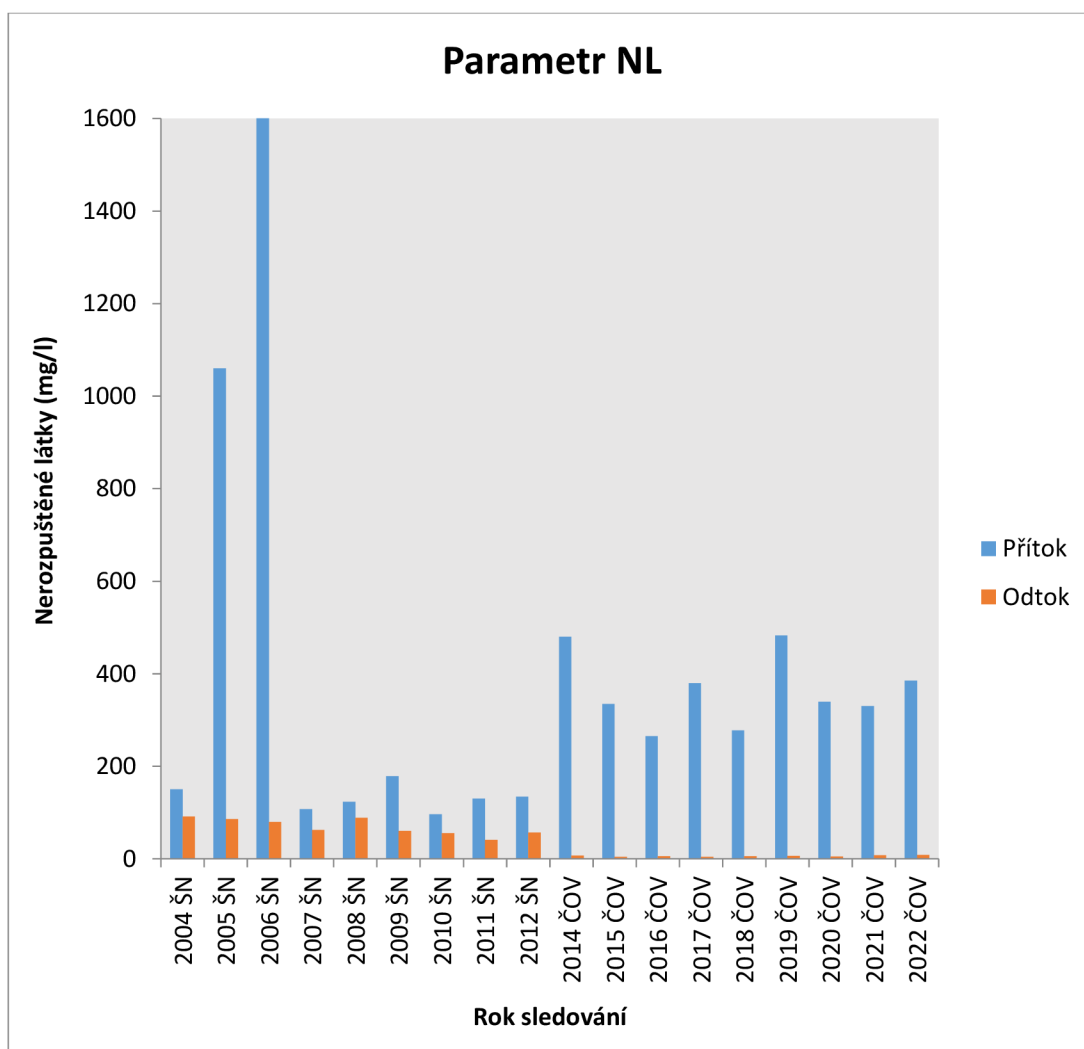
6.3.1.1 Nerozpuštěné látky - NL

Z jednotlivých výsledků na odtoku ze ŠN vidíme, že výsledky v tomto parametru jsou velmi rozkolísané a pohybují se v rozmezí 21 mg/l až 140 mg/l. Přípustná hodnota „p“ ve vodohospodářském povolení byla stanovena na 100 mg/l. K jejímu překročení došlo v roce 2004, kdy byla naměřena hodnota na odtoku 120 mg/l, a to dokonce 2x, což je v rozporu s legislativou. K dalšímu překročení došlo v roce 2005, a to naměřenou hodnotou 110 mg/l a v roce 2008, kdy byla naměřena nejvyšší hodnota za celou dobu sledování 140 mg/l. K překročení maximální hodnoty „m“ 150 mg/l nedošlo ani v jednom případě.

Jednotlivé hodnoty na odtoku z ČOV jsou mnohem stabilnější a za sledované období se pohybovaly v rozmezí 2 mg/l až 15 mg/l. Pokud tyto hodnoty porovnáme s limitem „p“ 40 mg/l, nedošlo za 9 let provozu ČOV k ani jednomu překročení.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění v průměru o 91,4 % za sledované období (obr. č. 33).

Průměrné roční hodnoty na přítoku v parametru NL u ŠN se pohybují okolo 150 mg/l. Výjimkou je rok 2005, kdy průměrná hodnota na přítoku byla 1 060 mg/l. V tomto roce byla v listopadu naměřena hodnota 3 500 mg/l. Podobně tomu bylo i v roce 2006, kdy se průměrná hodnota vyšplhala na 1 600 mg/l, a to díky naměřené hodnotě 6 100 mg/l v únoru 2006. Zajímavostí je, že průměrné roční hodnoty na přítoku do ČOV jsou celkem stabilní a pohybují se nejčastěji mezi 300 – 400 mg/l. Dle sdělení provozovatele mohou být takto rozdílné hodnoty způsobeny nepřesným odběrem vzorků na přítoku do ŠN, zatímco odběr vzorků na přítoku do ČOV je již přístupnější a výsledky jsou tedy mnohem přesnější.



Obrázek č. 33 - Průměrné roční koncentrace NL na přítoku a na odtoku ze ŠN Novosedly a průměrné roční koncentrace na přítoku a odtoku z ČOV Novosedly za období 9 let. ŠN 2004 – 2012, ČOV 2014 - 2022 (v mg/l).

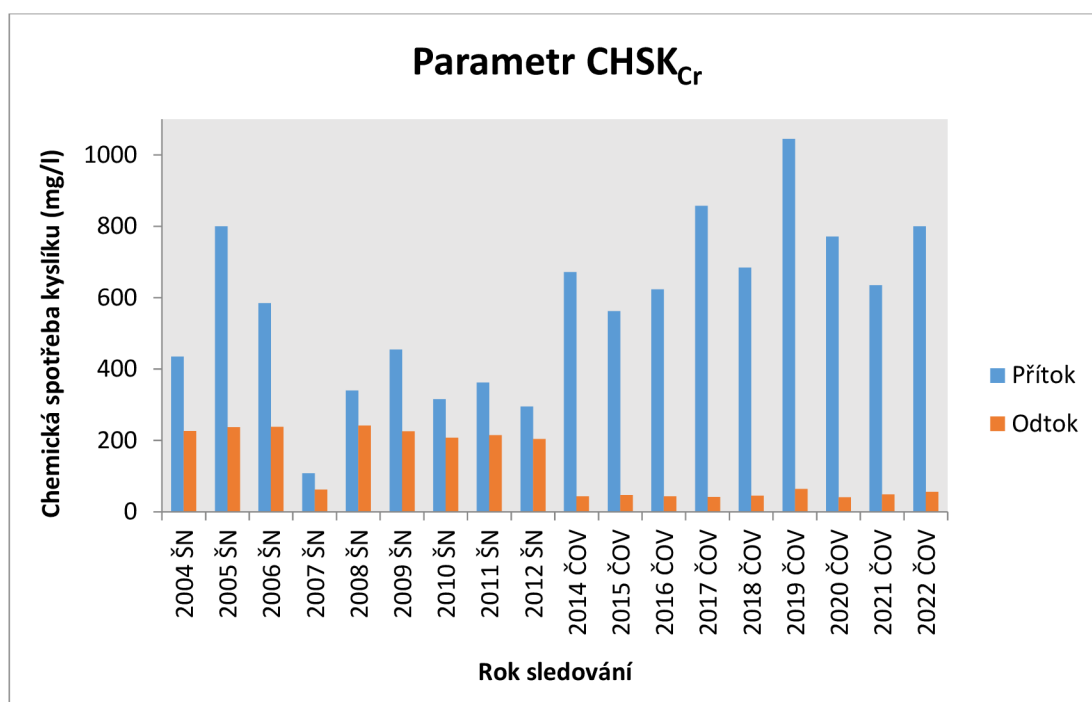
6.3.1.2 Chemická spotřeba kyslíku – CHSK_{Cr}

Za 9 let provozu ŠN byla u parametru CHSK_{Cr} na odtoku naměřena nejnižší hodnota 99 mg/l, naopak nejvyšší 365 mg/l. K překročení přípustné hodnoty „p“ 300 mg/l došlo 2x, a to v roce 2004 hodnotou 331 mg/l a v roce 2008, kdy byla naměřena hodnota 365 mg/l. Maximální hodnota „m“ 400 mg/l překročena nebyla.

Průměrné roční koncentrační hodnoty na odtoku z ČOV jsou opět poměrně stabilní a pohybují se v rozmezí 40 - 50 mg/l, vyjma roku 2019, kdy byla průměrná roční hodnota 63,5 mg/l a roku 2022 55,5 mg/l. Přípustná hodnota „p“ 110 mg/l překročena nebyla.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění v průměru o 79 % za sledované období (obr. č. 34).

Průměrné roční koncentrace na přítoku se pohybují v rozmezí 107,5 mg/l až 1 045 mg/l. Nejvyšší hodnota byla naměřena v roce 2022, a to 1 940 mg/l.



Obrázek č. 34 - Průměrné roční koncentrace CHSK_{Cr} na přítoku a na odtoku ze ŠN Novosedly a průměrné roční koncentrace na přítoku a odtoku z ČOV Novosedly za období 9 let. ŠN 2004 – 2012, ČOV 2014 - 2022 (v mg/l).

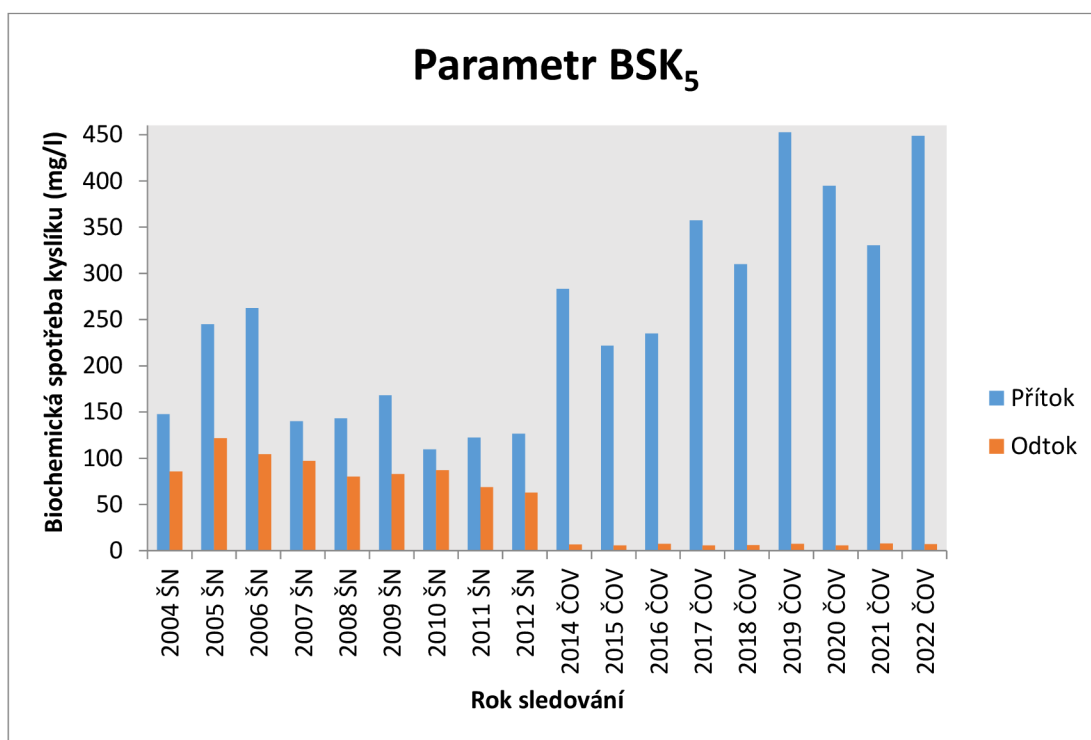
6.3.1.3 Biochemická spotřeba kyslíku – BSK₅

U parametru BSK₅ byla stanovena přípustná hodnota „p“ na odtoku ze ŠN na 150 mg/l a za 9 let provozu nedošlo k jejímu překročení. Nejhorší výsledky byly zaznamenány v roce 2005, kdy byly naměřeny hodnoty 2x 130 mg/l a 1x 150 mg/l. Průměrná hodnota v tomto roce byla 121,5 mg/l, zatímco ostatní sledované roky byla průměrná hodnota pod 100 mg/l.

Průměrné roční hodnoty na odtoku z ČOV se pohybují v rozmezí 5,65 mg/l až 8 mg/l. Maximální naměřená hodnota za sledované období byla na odtoku z ČOV 13 mg/l, což je v souladu s platným povolením, kde jsou stanoveny limity „p“ 30 mg/l a „m“ 50mg/l.

Při porovnání průměrných ročních hodnot došlo ke snížení vypouštěného koncentračního znečištění u parametru BSK₅ v průměru o 92 % za sledované období (obr. č. 35).

Průměrné roční koncentrační hodnoty na přítoku za 9 let sledování se pohybovaly v rozmezí 109,5 mg/l až 452,5 mg/l.



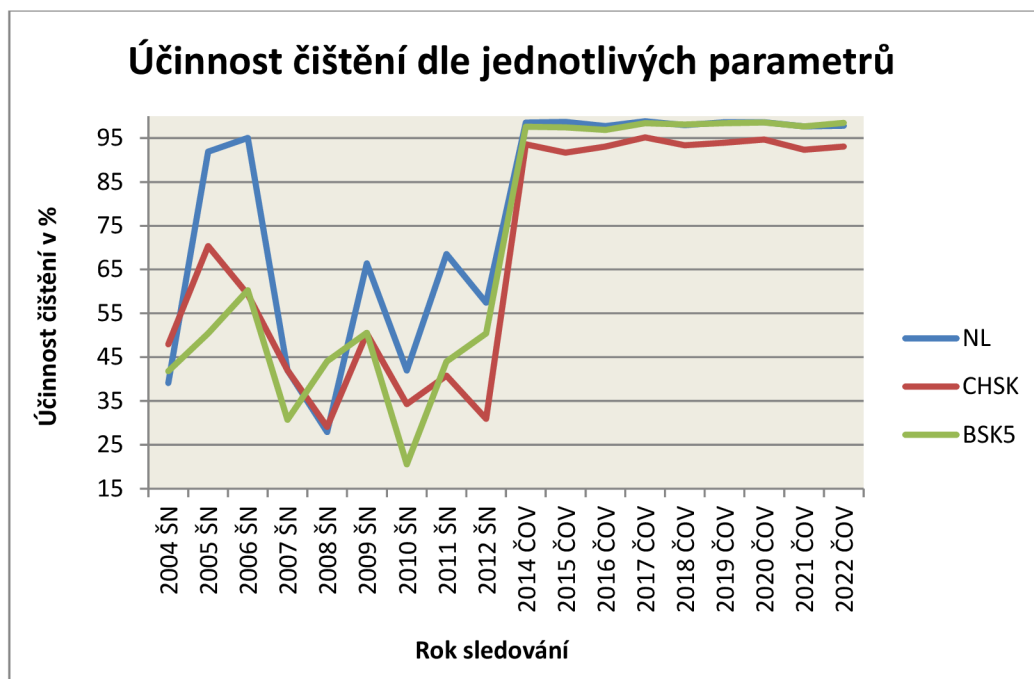
Obrázek č. 35 - Průměrné roční koncentrace BSK₅ na přítoku a na odtoku ze ŠN Novosedly a průměrné roční koncentrace na přítoku a odtoku z ČOV Novosedly za období 9 let. ŠN 2004 – 2012, ČOV 2014 - 2022 (v mg/l).

6.3.2 Obec Novosedly – účinnost čištění odpadních vod

Pro vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod za sledované období byly použity průměrné koncentrační hodnoty v mg/l za rok na přítoku a na odtoku z čistícího zařízení. Účinnost čištění je vyhodnocována v %.

Účinnost čištění byla vypočítána dle vzorce:

$$100 \cdot [(přítok - odtok) / přítok] (\%)$$



Obrázek č. 36 - Účinnost čištění v % dle jednotlivých parametrů za 9 let sledování u ŠN a za 9 let sledování u ČOV.

Z vypočítaných hodnot vidíme velkou rozkolísanost účinnosti čištění u ŠN a naopak velmi stabilní účinnost čištění odpadních vod u ČOV. Například u parametru NL u ŠN byla maximální účinnost čištění v roce 2006 95 % a nejnižší v roce 2008 27,9 %. Nejstabilnější účinnost čištění u ŠN byla u parametru BSK₅, kde se pohybovala v rozmezí 20,5 % - 60,3 %. Účinnost čištění u ČOV za 9 let sledování je velmi stabilní ve všech parametrech. U parametrů NL a BSK₅ neklesla po celou dobu sledování pod 96,8 % (obr. č. 36).

6.3.3 Obec Novosedly – bilanční zatížení toku z čistících zařízení

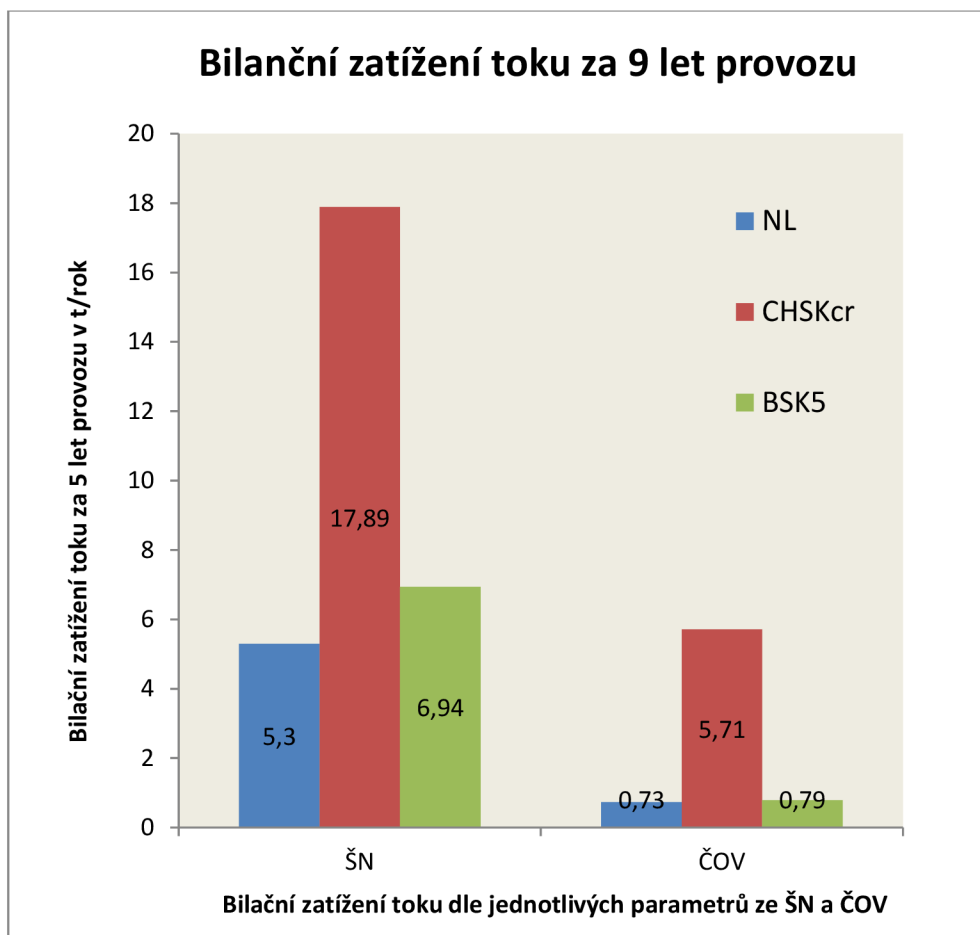
Pro vyhodnocení vypouštěného bilančního zatížení do toku byly použity roční bilanční hodnoty v t/rok za 9 let sledování provozu. Jednotlivé roční hodnoty, včetně vypouštěného množství odpadních vod jsou uvedeny v příloze č. 3.

Vypouštěné bilanční znečištění u ŠN může být, stejně jako u ŠN Pšov, ovlivněno nepřesnými daty o množství vypouštěných odpadních vod. Na ŠN nebylo instalováno žádné měřicí zařízení. Množství vypouštěné odpadní vody bylo odhadováno proporcionalně k měřenému průtoku na ČOV Žlutice, která je od ČOV Novosedly vzdálena cca 10 km.

Roční bilanční zatížení bylo vypočítáno dle vzorce:

$$\text{roční množství odpadních vod} * \text{průměrná hodnota na odtoku v mg/l / 1 000 000 (t/rok)}$$

K největšímu snížení zatížení toku za 9 let provozu došlo u parametru BSK₅, a to až o 89 %, u parametru NL je to 86 % a u parametru CHSK_{Cr} 68 % (obr. č. 37).



Obrázek č. 37 - Bilanční zatížení toku za 9 let provozu ŠN Novosedly a 9 let provozu ČOV Novosedly v t/rok. ŠN 2004 – 2012, ČOV 2014 - 2022 (t/rok).

7. Diskuze

Nároky na kvalitu vyčištěných odpadních vod vypouštěných do vodních toků se neustále zvyšují. Platná legislativa stanovuje kvalitu vypouštěných odpadních vod na základě velikosti zdroje znečištění.

Vývoj a aplikace čistírenských technologií v České republice za posledních 25 let umožnily i velký progres v plnění požadavků na kvalitu odtoků z městských ČOV. Dosahovaná úroveň čištění odpadních vod řadí ČR k předním zemím EU. Úroveň čištění odpadních vod není ovšem jen záležitostí vývoje moderních technologií a jejich aplikací při navrhování ČOV, ale její nedílnou součástí je i umění tyto technologie správně provozovat (Wanner, 2021).

V prosinci 2012 proběhl seminář „Alternativní čištění odpadních vod pro malé a střední obce“. Ve sborníku k semináři jsou uvedeny hlavní požadavky na ČOV pro kategorii do 500 obyvatel:

- tzv. balené čistírny, typové řady, eliminace BSK/CHSK, NL
- rychlá instalace, kompaktní rozměry
- inovativní technologie – vysoká účinnost (Lederer et al. 2012).

Tyto obecné požadavky všechny tři sledované ČOV splňují. V obci Pšov a Novosedly byly použity kontejnerové ČOV AČB Fortex, v obci Močidlec typová řada s nízkozátěžovou aktivací. Je dosahováno velmi dobrých výsledků při eliminaci ukazatelů BSK₅, CHSK_{Cr} a NL. Výstavba všech ČOV byla poměrně rychlá, cca 4 měsíce.

V tabulce č. 24 vidíme, že účinnost čištění všech intenzifikovaných čistících zařízení je velmi dobrá. Intenzifikací čištění rovněž došlo k výraznému snížení vypouštěného znečištění do vodního toku Hrádecký (tab. č. 25). U parametru NL došlo ke snížení průměrného ročního množství vypouštěného ze všech tří zařízení o 890 kg, u parametru CHSK_{Cr} o 2 360 kg a u parametru BSK₅ o 1 320 kg.

Tabulka č. 24 - Průměrná roční účinnost čištění dle jednotlivých parametrů a čistících zařízení (%).

parametr	Průměrná účinnost čištění za rok (%)					
	Pšov		Močidlec		Novosedly	
	ŠN	ČOV	SM8	ČOV	ŠN	ČOV
NL	68%	94%	--	91%	59%	98%
CHSK _{Cr}	50%	89%	--	85%	45%	93%
BSK ₅	52%	97%	--	95%	43%	98%

Tabulka č. 25 - Průměrné bilanční zatížení toku dle jednotlivých parametrů a čistících zařízení (%).

parametr	Průměrné bilanční zatížení toku za rok (kg)					
	Pšov		Močidlec		Novosedly	
	ŠN	ČOV	SM8	ČOV	ŠN	ČOV
NL	350 kg	120 kg	200 kg	50 kg	590 kg	80 kg
CHSK _{Cr}	1 300 kg	490 kg	450 kg	250 kg	1 980 kg	630 kg
BSK ₅	610 kg	80 kg	140 kg	30 kg	770 kg	90 kg

Při diskuzi s provozovatelem intenzifikovaných ČOV vyvstala otázka možnosti optimalizace dodávky vzduchu z důvodu nerovnoměrného zatížení zejména v zimním období. Vzhledem k tomu, že na ČOV nejsou k dispozici kyslíkové sondy, řeší to v současné době obsluha ČOV cyklickým/střídavým provzdušňováním aktivační nádrže, tak aby při nízkém zatížení nedošlo k dodávce velkého množství vzduchu, což by mohlo způsobit rozpad kalu na mikrovločky a následné zhoršení kvality odpadní

vody na odtoku z ČOV. Tento problém by mohl být vyřešen instalací stálé kyslíkové sondy.

8. Závěr

V rámci intenzifikace čištění odpadních vod v obci Pšov, Močidlec a Novosedly byly v daných lokalitách navrženy a vybudovány nové mechanicko-biologické čistírny odpadních vod. U všech čistíren byla za sledované období zjištěna velmi vysoká účinnost čištění v parametrech NL, CHSK_{Cr}, BSK₅.

Na základě vyhodnocení výsledků kvality odpadních vod na odtoku z předmětných ČOV nebyl zjištěn žádný rozpor se stanovenými limity ve vodohospodářských povoleních a současný stav zcela odpovídá platné legislativě. Povolené limity „p“ a „m“ jsou v souladu s hodnotami dosažitelnými nejlepší dostupnou technologií.

Při posouzení vypouštěného bilančního znečištění do vodního toku bylo zjištěno, že došlo k jeho výraznému snížení, a to v průměru o 77 % u parametru NL, o 58 % u parametru CHSK_{Cr} a o 84 % u parametru BSK₅ ze všech tří čistíren odpadních vod.

Závěrem lze tedy konstatovat, že intenzifikace čištění odpadních vod byla navržena a provedena správně, ČOV jsou provozovány tak, aby plnily projektované hodnoty, a razantním snížením vypouštěného znečištění v odpadních vodách dochází ke zlepšování kvality povrchových vod ve vodním toku Hrádecký potok.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace

Álvarez J. A., Ruíz I., Soto M., 2008: Anaerobic digesters as a pretreatment for wetlands. *Ecological Engineering* 33/1, 54-67.

Burton F. L., Stensel H. D., Tchobanoglous G., 2003: *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA.

Dohányos M., Zábranská J., Jeníček P., Fialka P., Kajan M., 1998: *Anaerobní čistírenské technologie*. NOEL 2000, Brno.

Drinan J. E., Spellman F., 2012: *Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Nonengineering Professional*. CRC Press, Boca Raton.

Gori R., Giaccherini F. Jiang L., Sobhani R., Rosso D., 2013: Role of primary sedimentation on plant-wide energy recovery and carbon footprint. *Water Science & Technology* 68/4, 870 – 878.

Gray N., 2017: *Water technology*. CRC Press, London.

Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001: *Příručka stokování a čištění*. NOEL 2000 s.r.o., Brno.

Hydroprojekt, 1978: *Sborník typizačních prací pro vodohospodářskou výstavbu 2 – KANALIZACE*, 2. vydání. Hydroprojekt, Praha.

Chudoba J., Dohányos M. Wanner J., 1991: *Biologické čištění odpadních vod*. Nakladatelství technické literatury, Praha.

Keprtová K., Bindzar J., 2021: Čištění odpadních vod z výroby recyklovaného papíru. *Chemické listy* 115/8, 430 – 435.

Kor – Bicakci G., Eskicioglu C., 2019: Recent developments on thermal municipal sludge pretreatment technologies for enhanced anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 110, 423 – 443.

Lederer T., Dvořák L., Polách L., 2012: Alternativní čištění odpadních vod pro malé a střední obce. In: Lederer T., Dvořák L., Polách L.: *Sborník semináře alternativní čištění odpadních vod pro malé a střední obce*. AQUATEST a.s., Praha, 3-8.

Leitão C. R., Cornelius van Haandel A., Zeeman G., Lettinga G., 2006: The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. *Bioresource Technology* 97/9, 1105 – 1118.

Mahapatra S., Samal K., Dash R. R. 2022: Waste Stabilization Pond (WSP) for wastewater treatment: A review on factors, modelling and cost analysis. *Journal of Environmental Management* 308, 114668.

Mara D., Horan N., 2003: *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*. Academic Press, London.

Mishra S., Singh V., Ormeci B., Hussain A., Cheng L., Venkiteshwaran K., 2023: Anaerobic-aerobic treatment of wastewater and leachate: A review of process integration, system design, performance and associated energy revenue. *Journal of Environmental Management* 327, 116898.

Ministerstvo zemědělství, ministerstvo životního prostředí, 2021: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020 - Modrá zpráva. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Mlejnská E., Rozkošný M., 2014: Možnosti intenzifikace biologických nádrží určených k čištění a dočišťování odpadních vod. *VTEI* 56/6, 12 – 15.

Mlejnská E., Rozkošný M., 2016: Návrhové parametry, provozní zkušenosti a možnosti intenzifikace umělých mokřadů. *VTEI* 58/2, 11–19.

Parde D., Patwa A., Shukla A., Vijay R., Killedar J. D., Kumar R., 2021: A review of constructed wetland on type, treatment and technology of wastewater. *Environmental Technology & Innovation* 21, 101261.

Pitter P., 2015: *Hydrochemie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, s 792.

Rosso D., Larson E. L., Stenstrom K., 2008: Aeration of large-scale municipal wastewater treatment plants: state of the art. *Water Science & Technology* 57/7, 973–978.

Rozkošný M., Sedláček P., 2013: Dočištění odtoků z kořenových čistíren odpadních vod stabilizačními nádržemi. *VTEI* 55/1, 7 – 12.

Sperling M., 2007: *Biological Wastewater Treatment Series - Waste Stabilization Ponds*. IWA Publishing, London.

Švehla P., Tlustoš P., Balík J., 2007: *Odpadní vody*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Wanner J., 2017: Čištění odpadní vod v ČR: vývoj a současná situace. *Vodní hospodářství* 67/3, 20-25.

Verduzo Garibay M., Fernández del Castillo A., de Anda J., Senés-Guerrero C., Gradilla-Hernández M. S., 2021: Structure and activity of microbial communities in response to environmental, operational, and design factors in constructed wetlands. *International Journal of Environmental Science and Technology* 19, 11587–11612.

Vymazal J., 2013: The use of hybrid constructed wetlands for wastewater treatment with special attention to nitrogen removal: A review of a recent development. *Water Research* Volume 47/14, 4795-4811.

Wanner J., 2021: Technologie odstraňování nutrientů z odpadních vod – Přehled a doporučení pro ČR. In: Wanner J.: 25. ročník odborného semináře s názvem *Nové metody a postupy při provozování ČOV*. VHOS a.s., Moravská Třebová, S. 15-21.

Yang Ch., Zhang X., Tang Y., Jiang Y., Xie S., Zhang Y. Qin Y., 2022: Selection and optimization of the substrate in constructed wetland: A review. Journal of Water Process Engineering 49, 103140.

Yang Y., Zhao Y., Liu R., Morgan D., 2018: Global development of various emerged substrates utilized in constructed wetlands. Bioresource Technology 261, 441 – 452.

Legislativní zdroje

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění.

Internetové zdroje

MZe, MŽP, ©2023: Vodohospodářský informační portál VODA (online) cit. [14.11.2022]., dostupné z ISVS Voda (gov.cz).

Ostatní zdroje

Magistrát města Karlovy Vary, 2012: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami a ke stavbě vodního díla „ČOV Novosedly“ ze dne 16. 10. 2012, spis. zn. 12420/SÚ/12/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (7).

Magistrát města Karlovy Vary, 2013: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami „Veřejná kanalizace Novosedly“ ze dne 1. 2. 2013, spis. zn. 15377/SÚ/12/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (6).

Magistrát města Karlovy Vary, 2014: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami „ČOV Novosedly – trvalý provoz“ ze dne 24. 10. 2014, spis. zn. 13234/SÚ/14/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (4).

Magistrát města Karlovy Vary, 2015: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami „Veřejná kanalizace Pšov“ ze dne 24. 2. 2015, spis. zn. 1597/SÚ/14/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (6).

Magistrát města Karlovy Vary, 2016: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami a ke stavbě vodního díla „ČOV Pšov“ ze dne 16. 6. 2016, spis. zn. 5906/SÚ/16/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (8).

Magistrát města Karlovy Vary, 2017: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami „Veřejná kanalizace Močidlec“ ze dne 29. 8. 2017, spis. zn. 8756/SÚ/17/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (3).

Magistrát města Karlovy Vary, 2018: Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami a ke stavbě vodního díla „Močidlec – intenzifikace ČOV“ ze dne 7. 2. 2018, spis. zn. 120/SÚ/18/Sz. Magistrát města Karlovy Vary, Karlovy Vary, (7).

Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR (SOVAK), 2018: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. Medim, spol. s.r.o., Libeznice, 280 s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2013: Kanalizační řád obce Novosedly. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, 20. “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2014: Kanalizační řád obce Močidlec. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, 20. “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2015: Kanalizační řád obce Pšov. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, 20. “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2018: Provozní řád ČOV Novosedly. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, (48). “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2019a: Provozní řád ČOV Močidlec. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, (47). “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2019b: Provozní řád ČOV Pšov. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, (48). “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA), 2022: Technická dokumentace. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, (135). “nepublikováno“. Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.

10. Přílohy

Seznam příloh:

Příloha č. 1 Kompletní výsledky na přítoku a odtoku z ŠN Pšov (2012 – 2016), ČOV Pšov (2018 - 2022), na odtoku ze septiku SM8 Močidlec (2014 – 2017), na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec (2019 – 2022), na přítoku a odtoku z ŠN Novosedly (2012 – 2016), ČOV Novosedly (2018 - 2022).

Příloha č. 2 Průměrné hodnoty za rok na přítoku a odtoku, včetně účinnosti čištění dle jednotlivých parametrů z ŠN Pšov (2012 – 2016), ČOV Pšov (2018 - 2022), na odtoku ze septiku SM8 Močidlec (2014 – 2017), na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec (2019 – 2022), na přítoku a odtoku z ŠN Novosedly (2012 – 2016), na přítoku a odtoku ČOV Novosedly (2018 - 2022).

Příloha č. 3 Průměrné roční hodnoty bilančního znečištění vypouštěného do recipientu, včetně celkového množství vypouštěných odpadních vod za rok z ŠN Pšov (2012 – 2016), ČOV Pšov (2018 - 2022), septiku SM8 Močidlec (2014 – 2017), z ČOV Močidlec (2019 – 2022), z ŠN Novosedly (2012 – 2016), ČOV Novosedly (2018 - 2022).

Příloha č. 1 Kompletní výsledky na přítoku a odtoku z ŠN Pšov (2012 – 2016), ČOV Pšov (2018 - 2022), na odtoku ze septiku SM8 Močidlec (2014 – 2017), na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec (2019 – 2022), na přítoku a odtoku z ŠN Novosedly (2012 – 2016), ČOV Novosedly (2018 - 2022).

ŠN Pšov – přítok, odtok za sledované období 2012 – 2016

datum odběru	profil	NLsuš	CHSK _{Cr}	BSK ₅
		mg/l	mg/l	mg/l
25.01.2012	přítok	130	503	260
25.01.2012	odtok	38	158	34
23.04.2012	přítok	110	457	150
23.04.2012	odtok	65	234	87
25.07.2012	přítok	200	318	150
25.07.2012	odtok	89	225	95
23.10.2012	přítok	300	746	340
23.10.2012	odtok	86	345	180
23.01.2013	přítok	250	917	520
23.01.2013	odtok	80	370	190
22.04.2013	přítok	250	395	170
22.04.2013	odtok	49	139	62
29.07.2013	přítok	170	400	240
29.07.2013	odtok	72	205	90
22.10.2013	přítok	84	378	190
22.10.2013	odtok	72	266	140
25.02.2014	přítok	170	295	270
25.02.2014	odtok	60	236	100
02.06.2014	přítok	78	311	120
02.06.2014	odtok	78	426	190
24.07.2014	přítok	320	640	390
24.07.2014	odtok	120	299	110
21.10.2014	přítok	170	604	250
21.10.2014	odtok	70	214	86
21.01.2015	přítok	120	263	120
21.01.2015	odtok	55	275	140
27.05.2015	přítok	210	368	83

27.05.2015	odtok	54	253	75
23.07.2015	přítok	310	656	210
23.07.2015	odtok	100	449	170
26.11.2015	přítok	170	297	140
26.11.2015	odtok	49	173	63
10.03.2016	přítok	110	312	110
10.03.2016	odtok	28	293	93
02.06.2016	přítok	160	449	170
02.06.2016	odtok	62	234	78
16.08.2016	přítok	120	479	210
16.08.2016	odtok	69	384	180
15.12.2016	přítok	1100	4120	1400
15.12.2016	odtok	21	248	100

ČOV Pšov – přítok, odtok za sledované období 2018 - 2022

datum odběru	profil	NLsuš	CHSK _{Cr}	BSK ₅
		mg/l	mg/l	mg/l
08.01.2018	přítok	130	358	170
08.01.2018	odtok	16	28	5
06.02.2018	přítok	72	252	130
06.02.2018	odtok	8,6	30	4,9
12.03.2018	přítok	190	303	130
12.03.2018	odtok	7,8	31	5,9
17.04.2018	přítok	2400	2560	1080
17.04.2018	odtok	14	33	5,1
16.05.2018	přítok	130	455	270
16.05.2018	odtok	5,2	54	5,4
21.06.2018	přítok	230	723	410
21.06.2018	odtok	2,8	22	4,3
17.07.2018	přítok	290	601	320
17.07.2018	odtok	4,3	32	4,2
21.08.2018	přítok	150	721	420
21.08.2018	odtok	4,3	45	5,4
19.09.2018	přítok	510	1010	720

19.09.2018	odtok	7,6	48	3,1
16.10.2018	přítok	330	474	290
16.10.2018	odtok	8,6	40	9
20.11.2018	přítok	340	722	370
20.11.2018	odtok	3,7	32	7
11.12.2018	přítok	60	157	52
11.12.2018	odtok	6,4	37	5,6
11.02.2019	přítok	93	228	110
11.02.2019	odtok	26	107	25
28.02.2019	přítok	100	360	130
28.02.2019	odtok	2,8	39	7
11.03.2019	přítok	210	349	130
11.03.2019	odtok	7,1	35	6
16.04.2019	přítok	110	459	320
16.04.2019	odtok	4,8	33	4,7
16.07.2019	přítok	360	778	380
16.07.2019	odtok	5,6	28	6,8
19.11.2019	přítok	150	381	230
19.11.2019	odtok	6,2	35	4,1
04.02.2020	přítok	34	153	43
04.02.2020	odtok	2,4	48	4,1
07.04.2020	přítok	240	625	330
07.04.2020	odtok	2	41	3,7
14.07.2020	přítok	400	891	490
14.07.2020	odtok	5,2	23	4,7
19.11.2020	přítok	190	516	270
19.11.2020	odtok	2,9	47	7,9
9.2.2021	přítok	47,14	224	110
9.2.2021	odtok	15,2	56	7,80
19.4.2021	přítok	176	402	220
19.4.2021	odtok	5,4	33	5,40
20.7.2021	přítok	153,3	334	190
20.7.2021	odtok	4,2	23	3,40
24.11.2021	přítok	124	257	140

24.11.2021	odtok	48,6	84	16,0
8.2.2022	přítok	89	240	110
8.2.2022	odtok	16,17	54	11,0
26.4.2022	přítok	29,75	61	46,0
26.4.2022	odtok	12,6	38	6,30
19.7.2022	přítok	288,6	413	260
19.7.2022	odtok	3,4	38	2,90
23.11.2022	přítok	187,1	407	214
23.11.2022	odtok	12,86	37	4,21

Septik SM8 Močidlec – odtok za sledované období 2014 - 2017

datum odběru	profil	NLsuš	CHSK _{Cr}	BSK ₅
		mg/l	mg/l	mg/l
11.02.2014	odtok ze septiku	34	55	38
22.04.2014	odtok ze septiku	26	56	36
13.10.2014	odtok ze septiku	34	59	11
11.12.2014	odtok ze septiku	19	50	9,5
26.03.2015	odtok ze septiku	79	174	56
21.04.2015	odtok ze septiku	36	65	17
08.10.2015	odtok ze septiku	35	97	17
03.12.2015	odtok ze septiku	38	87	24
16.06.2016	odtok ze septiku	68	96	38
29.06.2016	odtok ze septiku	33	136	22
20.07.2016	odtok ze septiku	36	109	31
24.11.2016	odtok ze septiku	29	65	17
18.04.2017	odtok ze septiku	73	120	51
04.05.2017	odtok ze septiku	19	54	17
26.07.2017	odtok ze septiku	24	141	26
10.10.2017	odtok ze septiku	19	79	23

ČOV Močidlec – přítok, odtok za sledované období (2019 – 2022)

datum odběru	profil	NLsuš	CHSK _{Cr}	BSK ₅
		mg/l	mg/l	mg/l
17.01.2019	přítok	36	106	42
17.01.2019	odtok	8,9	31	14
13.02.2019	přítok	85	225	110
13.02.2019	odtok	2	27	2,8
19.03.2019	přítok	160	300	140
19.03.2019	odtok	2,8	19	3,4
15.04.2019	přítok	60	184	100
15.04.2019	odtok	2	18	4,1
22.05.2019	přítok	36	248	130
22.05.2019	odtok	5	76	22
18.06.2019	přítok	8	63	17
18.06.2019	odtok	2	31	3,4
15.07.2019	přítok	190	356	67
15.07.2019	odtok	2	53	1,9
13.08.2019	přítok	100	355	200
13.08.2019	odtok	2	15	1,5
12.09.2019	přítok	33	204	42
12.09.2019	odtok	2,6	26	1,4
15.10.2019	přítok	21	98	37
15.10.2019	odtok	8	41	1,6
21.11.2019	přítok	37	177	63
21.11.2019	odtok	2	20	2,3
16.12.2019	přítok	65	252	53
16.12.2019	odtok	2,5	22	1,3
13.01.2020	přítok	180	356	130
13.01.2020	odtok	2,3	27	2,9
12.02.2020	přítok	40	194	51
12.02.2020	odtok	6,6	38	4,5
16.03.2020	přítok	52	169	92
16.03.2020	odtok	4	21	3,5
22.04.2020	přítok	71	205	68

22.04.2020	odtok	2,5	16	2,3
13.07.2020	přítok	27	130	45
13.07.2020	odtok	4	15	1,9
12.10.2020	přítok	29	176	100
12.10.2020	odtok	4,8	22	4,2
21.1.2021	přítok	38,18	144	62,0
21.1.2021	odtok	7,3	23	2,10
20.5.2021	přítok	38	142	75,0
20.5.2021	odtok	2,7	18	1,90
16.8.2021	přítok	32	120	81,0
16.8.2021	odtok	6,2	25	5,50
20.10.2021	přítok	20	48	24,0
20.10.2021	odtok	2,7	15	1,40
20.1.2022	přítok	62,8	95	63,0
20.1.2022	odtok	3,8	15	3,10
23.5.2022	přítok	31,33	92	38,0
23.5.2022	odtok	8	25	3,20
28.7.2022	přítok	24	54	23,0
28.7.2022	odtok	4,8	16	3,40
19.10.2022	přítok	65,71	177	72,0
19.10.2022	odtok	2,1	20	1,60

ŠN Novosedly – přítok, odtok za sledované období 2004 – 2012

datum odběru	profil	NLsuš	CHSK _{Cr}	BSK ₅
		mg/l	mg/l	mg/l
29.03.2004	přítok	110	214	110
29.03.2004	odtok	120	331	110
07.06.2004	přítok	--	319	110
07.06.2004	odtok	59	194	65
24.11.2004	přítok	130	704	150
24.11.2004	odtok	120	208	88
06.12.2004	přítok	210	502	220
06.12.2004	odtok	66	172	80
30.03.2005	přítok	470	1212	110

30.03.2005	odtok	60	178	76
14.06.2005	přítok	150	432	210
14.06.2005	odtok	87	283	130
31.08.2005	přítok	120	372	230
31.08.2005	odtok	86	258	150
23.11.2005	přítok	3500	1184	430
23.11.2005	odtok	110	228	130
27.02.2007	přítok	62	362	140
27.02.2007	odtok	23	271	95
26.06.2007	přítok	110	262	80
26.06.2007	odtok	75	253	90
13.09.2007	přítok	180	513	200
13.09.2007	odtok	93	251	130
28.11.2007	přítok	78	268	140
28.11.2007	odtok	58	186	73
25.03.2008	přítok	69	248	130
25.03.2008	odtok	60	197	75
18.06.2008	přítok	67	187	110
18.06.2008	odtok	87	268	78
18.08.2008	přítok	140	369	85
18.08.2008	odtok	140	365	110
08.09.2008	přítok	110	228	120
08.09.2008	odtok	68	188	68
29.09.2008	přítok	230	669	270
29.09.2008	odtok	46	188	69
03.03.2009	přítok	99	345	150
03.03.2009	odtok	52	190	110
24.06.2009	přítok	25	174	92
24.06.2009	odtok	21	172	37
23.07.2009	přítok	140	328	110
23.07.2009	odtok	95	270	90
19.10.2009	přítok	450	972	320
19.10.2009	odtok	72	270	95
25.01.2010	přítok	77	264	110

25.01.2010	odtok	40	158	83
27.04.2010	přítok	73	270	100
27.04.2010	odtok	33	178	70
22.07.2010	přítok	84	440	150
22.07.2010	odtok	55	221	120
09.11.2010	přítok	150	290	78
09.11.2010	odtok	95	274	75
20.01.2011	přítok	210	613	140
20.01.2011	odtok	41	171	3,4
11.04.2011	přítok	130	316	130
11.04.2011	odtok	20	251	110
27.07.2011	přítok	71	212	110
27.07.2011	odtok	41	249	95
24.10.2011	přítok	110	309	110
24.10.2011	odtok	62	187	66
25.01.2012	přítok	86	156	66
25.01.2012	odtok	30	99	30
23.04.2012	přítok	130	262	100
23.04.2012	odtok	79	199	66
25.07.2012	přítok	190	324	180
25.07.2012	odtok	48	212	70
23.10.2012	přítok	130	440	160
23.10.2012	odtok	71	306	85

ČOV Novosedly – přítok, odtok za sledované období 2014 – 2022

datum odběru	profil	NLsuš	CHSK _{Cr}	BSK ₅
		mg/l	mg/l	mg/l
20.01.2014	přítok	1300	607	320
20.01.2014	odtok	12	42	9,7
17.02.2014	přítok	780	894	350
17.02.2014	odtok	11	52	9,5
12.03.2014	přítok	260	545	240
12.03.2014	odtok	11	56	11
31.03.2014	přítok	540	887	420

31.03.2014	odtok	8	71	11
26.05.2014	přítok	170	815	310
26.05.2014	odtok	7,1	44	8,4
02.07.2014	přítok	1400	1570	650
02.07.2014	odtok	2	29	7,2
23.07.2014	přítok	310	588	220
23.07.2014	odtok	4,8	38	5,7
13.08.2014	přítok	150	410	150
13.08.2014	odtok	11	37	4,6
02.09.2014	přítok	160	541	220
02.09.2014	odtok	4,2	36	2,4
22.09.2014	přítok	98	275	140
22.09.2014	odtok	2,4	32	2,8
23.10.2014	přítok	110	260	98
23.10.2014	odtok	4,3	35	2,8
19.01.2015	přítok	200	497	160
19.01.2015	odtok	6	47	6
30.03.2015	přítok	130	239	87
30.03.2015	odtok	4,4	58	8,5
01.07.2015	přítok	240	632	270
01.07.2015	odtok	3,5	38	2,9
03.11.2015	přítok	770	883	370
03.11.2015	odtok	3,4	44	5,5
18.01.2016	přítok	150	579	230
18.01.2016	odtok	5,8	54	10
25.04.2016	přítok	130	867	270
25.04.2016	odtok	4,6	37	9,6
28.07.2016	přítok	650	712	320
28.07.2016	odtok	2,4	34	2
25.10.2016	přítok	130	335	120
25.10.2016	odtok	11	47	8,1
13.02.2017	přítok	570	1340	580
13.02.2017	odtok	6,6	71	12
24.04.2017	přítok	420	838	310

24.04.2017	odtok	4,7	31	5,2
27.07.2017	přítok	190	587	250
27.07.2017	odtok	2	34	2,9
24.10.2017	přítok	340	667	290
24.10.2017	odtok	4,3	30	2,6
12.02.2018	přítok	260	465	200
12.02.2018	odtok	11	45	7
23.04.2018	přítok	340	564	320
23.04.2018	odtok	7,3	49	10
26.07.2018	přítok	330	1010	380
26.07.2018	odtok	2,4	38	3,5
23.10.2018	přítok	180	698	340
23.10.2018	odtok	2,1	50	3,2
07.01.2019	přítok	480	1660	700
07.01.2019	odtok	15	92	12
25.04.2019	přítok	510	803	360
25.04.2019	odtok	2,9	74	7,5
16.07.2019	přítok	280	811	360
16.07.2019	odtok	4,3	53	5,9
22.10.2019	přítok	660	909	390
22.10.2019	odtok	4	35	4
10.02.2020	přítok	340	291	79
10.02.2020	odtok	6,4	55	5,2
20.04.2020	přítok	650	1280	680
20.04.2020	odtok	6,2	43	5,7
23.07.2020	přítok	220	820	460
23.07.2020	odtok	3	28	6,3
12.10.2020	přítok	150	693	360
12.10.2020	odtok	3,3	38	5,4
16.2.2021	přítok	388	678	390
16.2.2021	odtok	10,76	65	11,0
26.4.2021	přítok	487,1	709	470
26.4.2021	odtok	11	56	13,0
29.7.2021	přítok	152	484	260

29.7.2021	odtok	3	39	3,50
20.10.2021	přítok	294	669	460
20.10.2021	odtok	5,8	35	2,80
14.2.2022	přítok	250	509	260
14.2.2022	odtok	2	48	4,70
25.4.2022	přítok	178,6	232	85,0
25.4.2022	odtok	14,13	58	7,30
4.8.2022	přítok	870	1940	1210
4.8.2022	odtok	11,4	65	10,0
19.10.2022	přítok	241,4	520	240
19.10.2022	odtok	6,2	51	5,60

Příloha č. 2 Průměrné hodnoty za rok na přítoku a odtoku, včetně účinnosti čištění dle jednotlivých parametrů z ŠN Pšov (2012 – 2016), ČOV Pšov (2018 - 2022), na odtoku ze septiku SM8 Močidlec (2014 – 2017), na přítoku a odtoku z ČOV Močidlec (2019 – 2022), na přítoku a odtoku z ŠN Novosedly (2012 – 2016), na přítoku a odtoku ČOV Novosedly (2018 - 2022).

Pšov

NL							
ŠN				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2012	185	69,5	62,4	2018	402,6	7,4	98,2
2013	188,5	68,3	63,8	2019	170,5	8,8	94,9
2014	184,4	82,0	55,6	2020	283,2	5,1	98,6
2015	202,5	65,0	68,1	2021	125,1	18,4	85,3
2016	372,5	45,0	87,9	2022	149	11,3	92,4

CHSK _{Cr}							
ŠN				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2012	506	240,5	52,5	2018	694,6	36	94,8
2013	522,5	245	53,1	2019	425,8	46,16	89,2
2014	462,5	293,7	36,5	2020	546,2	39,75	92,7
2015	396	287,5	27,4	2021	304,2	49	83,9
2016	1340	289,7	78,4	2022	280	42	85

BSK ₅							
ŠN				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2012	225	99	56	2018	363,5	5,408	98,5
2013	280	120,5	57	2019	216,6	8,933	95,9
2014	257,5	121,5	52,8	2020	283,2	5,1	98,2
2015	138,2	112	19	2021	165	8,15	95,1
2016	472,2	112,7	76,1	2022	158	6,1	96,1

Močidlec (u septiku SM8 nebyla měřena kvalita odpadních vod na přítoku)

NL							
SM8				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2014		28,3		2019	69,3	3,5	95,0
2014		47,0		2020	66,5	4,0	93,9
2016		41,5		2021	32,1	4,7	85,3
2017		32,2		2022	46,0	4,7	89,8

CHSK _{Cr}							
SM8				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2014		55		2019	214	31,58	85,2
2015		105,75		2020	205	23,16	88,7
2016		101,5		2021	113,5	20,25	82,2
2017		89,6		2022	104,5	19	81,8

BSK₅							
SM8				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2014		23,63		2019	83,41	4,975	94,0
2015		28,5		2020	81	3,216	96,0
2016		27		2021	60,5	2,725	95,5
2017		26,4		2022	49	2,825	94,2

Novosedly

NL							
ŠN				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2004	150	91,3	39,1	2014	479,8	7,1	98,5
2005	1060	85,8	91,9	2015	335,0	4,3	98,7
2006	1600,3	79,5	95,0	2016	265,0	6,0	97,8
2007	107,5	62,3	42,0	2017	380,0	4,4	98,8
2008	123,2	88,8	27,9	2018	277,5	5,7	97,9
2009	178,5	60,0	66,4	2019	482,5	6,6	98,6
2010	96	55,8	41,9	2020	340	4,7	98,6
2011	130,2	41,0	68,5	2021	330,3	7,6	97,7
2012	134	57,0	57,5	2022	385	8,4	97,8

CHSK_{Cr}							
ŠN				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2004	434,8	226,3	48,0	2014	671,9	42,9	93,6
2005	800	236,8	70,4	2015	562,7	46,75	91,7
2006	585	237,8	59,4	2016	623,2	43	93,1
2007	107,5	62,3	42,0	2017	857,7	41,5	95,2
2008	340,2	241,2	29,1	2018	684,2	45,5	93,3
2009	454,7	225,5	50,4	2019	1045	63,5	93,9
2010	316	207,7	34,3	2020	771	41	94,7

2011	362,5	214,5	40,8	2021	635	48,75	92,3
2012	295,5	204	31,0	2022	800,2	55,5	93,1

BSK₅							
ŠN				ČOV			
rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %	rok	přítok mg/l	odtok mg/l	účinnost %
2004	147,5	85,8	41,8	2014	283,4	6,827	97,6
2005	245	121,5	50,4	2015	221,7	5,725	97,4
2006	262,5	104,3	60,3	2016	235	7,425	96,8
2007	140	97	30,7	2017	357,5	5,675	98,4
2008	143	80	44,1	2018	310	5,925	98,1
2009	168	83	50,6	2019	452,5	7,35	98,4
2010	109,5	87	20,5	2020	394,7	5,65	98,6
2011	122,5	68,6	44,0	2021	330,275	7,64	97,7
2012	126,5	62,75	50,4	2022	448,75	6,9	98,5

Příloha č. 3 Průměrné roční hodnoty bilančního znečištění vypouštěného do recipientu, včetně celkového množství vypouštěných odpadních vod za rok z ŠN Pšov (2012 – 2016), ČOV Pšov (2018 - 2022), septiku SM8 Močidlec (2014 – 2017), z ČOV Močidlec (2019 – 2022), z ŠN Novosedly (2012 – 2016), ČOV Novosedly (2018 - 2022).

Pšov

NL							
ŠN				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2012	6 728	69,5	0,47	2018	11 396	7,441	0,08
2013	7 133	68,25	0,49	2019	11 969	8,75	0,10
2014	3 798	82	0,31	2020	10 279	3,125	0,03
2015	4 059	64,5	0,26	2021	12 592	18,35	0,23
2016	5 181	45	0,23	2022	11 252	11,26	0,13

CHSK _{Cr}							
ŠN				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2012	6 728	240,5	1,62	2018	11 396	36	0,41
2013	7 133	245	1,75	2019	11 969	46,16	0,55
2014	3 798	121,5	0,46	2020	10 279	39,75	0,41
2015	4 059	287,5	1,17	2021	12 592	49	0,62
2016	5 181	289,7	1,50	2022	11 252	42	0,47

BSK ₅							
ŠN				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2012	6 728	99	0,67	2018	11 396	5,408	0,06
2013	7 133	120,5	0,86	2019	11 969	8,933	0,11
2014	3 798	121,5	0,46	2020	10 279	5,1	0,05
2015	4 059	112	0,45	2021	12 592	8,15	0,10
2016	5 181	112,7	0,58	2022	11 252	6,1	0,07

Močidlec

NL							
septik SM8				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2014	6 307	28,25	0,18	2019	7 735	3,483	0,03
2015	7 358	47	0,35	2020	11 360	4,033	0,05
2016	3 154	41,5	0,13	2021	13 663	4,725	0,06
2017	4 100	32,2	0,13	2022	10 941	4,675	0,05

CHSK _{Cr}							
septik SM8				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2014	6 307	55	0,35	2019	7 735	31,58	0,24
2015	7 358	105,75	0,78	2020	11 360	23,16	0,26
2016	3 154	101,5	0,32	2021	13 663	20,25	0,28
2017	4 100	89,6	0,37	2022	10 941	19	0,21

BSK ₅							
septik SM8				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2014	6 307	23,63	0,15	2019	7 735	4,975	0,04
2015	7 358	28,5	0,21	2020	11 360	3,216	0,04
2016	3 154	27	0,09	2021	13 663	2,725	0,04
2017	4 100	26,4	0,11	2022	10 941	2,825	0,03

Novosedly

NL							
ŠN				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2004	6 021	91,3	0,55	2014	15 012	7,072	0,11
2005	8 549	85,8	0,73	2015	13 115	4,325	0,06
2006	8 591	79,5	0,68	2016	14 178	5,95	0,08
2007	10 224	62,3	0,64	2017	13 269	4,4	0,06
2008	9 953	80,2	0,80	2018	13 027	5,7	0,07
2009	9 871	60	0,59	2019	13 349	6,55	0,09
2010	9 285	55,75	0,52	2020	12 501	4,725	0,06
2011	8 877	41	0,36	2021	13 545	7,64	0,10
2012	7 415	57	0,42	2022	12 179	8,433	0,10

CHSK _{Cr}							
ŠN				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2004	6 021	226,3	1,36	2014	15 012	42,9	0,64
2005	8 549	236,8	2,02	2015	13 115	46,75	0,61
2006	8 591	237,8	2,04	2016	14 178	43	0,61
2007	10 224	240,3	2,46	2017	13 269	41,5	0,55
2008	9 953	241,2	2,40	2018	13 027	45,5	0,59
2009	9 871	225,5	2,23	2019	13 349	63,5	0,85
2010	9 285	207,7	1,93	2020	12 501	41	0,51
2011	8 877	214,5	1,90	2021	13 545	48,75	0,66
2012	7 415	204	1,51	2022	12 179	55,5	0,68

BSK ₅							
ŠN				ČOV			
rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok	rok	množství m ³ /rok	odtok mg/l	bilance t/rok
2004	6 021	85,8	0,52	2014	15 012	6,827	0,10
2005	8 549	121,5	1,04	2015	13 115	5,725	0,08
2006	8 591	104,3	0,90	2016	14 178	7,425	0,11
2007	10 224	97	0,99	2017	13 269	5,675	0,08
2008	9 953	80	0,80	2018	13 027	5,925	0,08
2009	9 871	83	0,82	2019	13 349	7,35	0,10
2010	9 285	87	0,81	2020	12 501	5,65	0,07
2011	8 877	68,6	0,61	2021	13 545	7,575	0,10
2012	7 415	62,75	0,47	2022	12 179	6,9	0,08