

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



Vyhodnocení provozu BČOV v elektrárně Ledvice

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Jiří Královec

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Královec

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

**Vyhodnocení provozu BČOV v elektrárně Ledvice**

Název anglicky

**Evaluation of WWTP operation at the Ledvice power plant**

## Cíle práce

Předmětem bakalářské práce je problematika čištění odpadních vod produkovaných v areálu elektrárny Ledvice, v Ústeckém kraji. Práce je zaměřena na procesy čištění splaškových odpadních vod ze sociálních zařízení a závodní kuchyně s jídelnou.

Cílem práce je posouzení účinnosti čistírenských procesů na základě vyhodnocení dat z období let 2019 – 2022.

Efektivní provoz procesu čištění odpadních vod je založen na odpovídající volbě technologické linky ČOV a stálého objemu přitékajících odpadních vod, nicméně, vlivem různých okolností může dojít k situaci, kdy se objem přitékajících odpadních vod změní. Dílčím cílem práce proto tedy je, zhodnocení vlivu změn, které v průběhu sledovaného období nastaly. Jedním z faktorů ovlivňujících množství produkovaných odpadních vod je pandemie Covid 19, která významným způsobem do provozu zasáhla. Druhým faktorem pak je změna provozovatele jídelny, kdy naopak došlo k navýšení produkce odpadních vod.

## Metodika

- vypracování literární rešerše studované problematiky
- charakteristika procesu čištění odpadních vod v konkrétním provozu ČOV
- vyhodnocení poskytnutých dat
- shrnutí zjištěných informací

**Doporučený rozsah práce**

Dle metodických pokynů

**Klíčová slova**

aerobní procesy, biologické čištění, BSK5, odpadní vody, stokování

---

**Doporučené zdroje informací**

HENZE, M., LOOSDRECHT, M., EKAMA, G., BRDIANOVIC, D., 2008: Biological wastewater treatment: Principles, Modelling and Design. London: IWA Publishing. 496 p.

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P. 2001. Příručka stokování a čištění. Brno: NOEL 2000, 251 s.

NYPL, V., SYNÁČKOVÁ M. 1998. Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování. Praha: České vysoké učení technické, 149 s.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F.L., STENSEL, H.D. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. New York: McGraw-Hill, 1819 p.

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2024

**prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2024

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2024

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Vyhodnocení provozu BČOV v elektrárně Ledvice“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Praze dne 26. 03. 2024

---

### **Poděkování**

Velké poděkování je věnováno vedoucímu práce Ing. Petře Sychové, Ph.D., za její neocenitelné rady a trpělivost při utváření této bakalářské práce. Dále děkuji kolegům z odboru chemické režimy ČEZ, a. s., elektrárny Ledvice, kteří mě zasvětili do problematiky BČOV. Také děkuji své rodině za podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

# Vyhodnocení provozu BČOV v elektrárně Ledvice

## Abstrakt

Tato bakalářská práce předkládá praktický souhrn vyhodnocení provozu biologické čistírny, která je součástí elektrárny v Ledvicích. Expertíza byla zaměřena na množství vyčištěných vod, analýzy odpadních vod na přítoku a odtoku, měření a analýzy aktivovaného kalu a informace o množství dávkovaného externího substrátu, který se již několik let dávkuje z důvodu udržení potřebné kvality aktivovaného kalu. Vyhodnocení provozu vycházelo ze stanovení průměrných ročních koncentrací a průměrného průtoku v daném roce. Konkrétně byla použita data a informace získané mezi lety 2019 – 2022, poskytnuté provozovatelem elektrárnou Ledvice. Zjištěné informace potvrdily pozitivní vliv nového provozovatele jídelny na kvalitu aktivovaného kalu, což vedlo k výraznému snížení dávky externího substrátu.

**Klíčová slova:** aerobní procesy, biologické čištění, BSK<sub>5</sub>, odpadní vody, stokování

# **Evaluation of WWTP operation at the Ledvice power plant**

## **Abstract**

This bachelor thesis gives the practical summary of the evaluation of the biological wastewater treatment plant (WWTP), which is part of the power plant in Ledvice. The expertise was focused on the amount of wastewater, influent and effluent analysis, activated sludge analysis and measurements, and the amount of external carbon substrate, which has been dosed for several years to ensure the preservation of quality of the activated sludge. The evaluation of the operation was based on annual average concentration and annual average flow rate. Specifically, data and information from the years 2019 – 2022, provided by the power plant Ledvice, were used. The acquired information verified the positive impact of the new operator of the staff canteen on the quality of the activated sludge which resulted in substantial decrease of the external carbon substrate dose.

**Keywords:** aerobic process, biological treatment, BOD<sub>5</sub>, wastewater, sewer system

# Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce.....	2
3.	Literární rešerše .....	3
3.1	Legislativa ochrany vod na úrovni EU.....	3
3.2	Legislativa ochrany vod na úrovni ČR.....	4
3.3	Odpadní vody .....	5
3.3.1	Druhy odpadních vod .....	6
3.3.2	Kvalita odpadních vod.....	7
3.3.3	Emise do vody .....	7
3.4	Veřejná kanalizace a stokování .....	8
3.4.1	Soustavy stokových sítí .....	8
3.4.2	Objekty na stokové síti .....	9
3.4.3	Systémy stokových sítí.....	10
3.4.4	Metody odvádění odpadních vod .....	11
3.5	Čištění odpadních vod.....	11
3.5.1	Charakter znečišťujících látek.....	12
3.5.2	Procesy a zařízení čištění odpadních vod.....	12
3.5.3	Mechanické čištění odpadních vod .....	13
3.5.4	Biologické čištění odpadních vod .....	15
3.5.5	Terciární stupeň čištění.....	18
3.5.6	Kalové hospodářství .....	18
3.5.7	Emisní standardy .....	19
4.	Metodika .....	21
4.1	Odběr a analýza vzorků.....	21
4.2	Postup vyhodnocení a výpočty.....	22
4.2.1	Priváděné znečištění .....	22
4.2.2	Vypouštěné a odstraněné znečištění .....	23
4.2.3	Účinnost čištění a zatížení BČOV.....	23
4.2.4	Kalový index .....	24
4.2.5	Spotřeba externího substrátu .....	24
5.	Elektrárna Ledvice .....	25
5.1	Historie a současnost elektrárny.....	25
5.2	Potřeba vody v elektrárně.....	26



5.2.1	Surová voda .....	26
5.2.2	Odpadní vody .....	27
6.	BČOV elektrárny Ledvice .....	29
6.1	Čerpací stanice surové splaškové vody .....	30
6.2	Mechanické předčištění .....	30
6.3	Biologické linky ČOV .....	32
6.4	Čerpací stanice vyčištěné splaškové vody .....	34
6.5	Likvidace odpadních vod – recipient .....	34
6.6	Dmychárna .....	35
6.7	Kalujem .....	36
6.8	Dávkování externího substrátu .....	37
7.	Vyhodnocení provozu BČOV elektrárny Ledvice .....	38
7.1	Množství odpadní vody .....	38
7.2	Vyhodnocení dle ukazatele BSK <sub>5</sub> .....	39
7.3	Vyhodnocení dle ukazatele CHSK <sub>Cr</sub> .....	40
7.4	Vyhodnocení dle ukazatele NL .....	42
7.5	Vyhodnocení dle ukazatele N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	43
7.6	Vyhodnocení dle ukazatele N <sub>celk</sub> .....	44
7.7	Vyhodnocení dle ukazatele P <sub>celk</sub> .....	46
7.8	Vyhodnocení kalového indexu .....	47
7.9	Vyhodnocení dávkování externího substrátu .....	48
8.	Diskuse .....	49
9.	Závěr .....	51
10.	Seznam použitých zdrojů .....	52
11.	Seznam obrázků, tabulek a zkratk .....	59

# 1. Úvod

Voda je látka, která pokrývá většinu povrchu naší planety. Její výskyt, ať už ve formě pevné, plynné, nebo kapalné, je podstatný pro život na Zemi. Degradace zemědělské půdy, zastavěná plocha, ale také klimatické změny přispívají k tomu, že se zmenšují zásoby podzemní vody a povrchová voda je stále více kontaminovaná toxickými látkami.

S přibývajícím počtem obyvatel roste i spotřeba vody, a to jak v průmyslu, dopravě, zemědělství, tak i v domácnostech. Z těchto sektorů vzniká obrovské množství odpadní vody obsahující organický uhlík, dusíkaté organické látky, anorganické látky, suspendované látky a těžké kovy. Tyto látky jsou velice nebezpečné pro životní prostředí a také pro lidskou populaci. V rozvojových zemích takto znečištěná voda způsobuje řadu vážných, život ohrožujících onemocnění. Znečištěné vody představují problém i pro vyspělé země včetně České republiky.

Voda je nenahraditelný zdroj, a proto je nutné, abychom se k ní chovali zodpovědně. V prosinci roku 2015 v Paříži, byl na konferenci OSN o změně klimatu přijat program SDGs, obsahující sedmnáct cílů, které by měly přispět k ochraně naší planety před změnou klimatu. Program je v platnosti do roku 2030. Akčním plánem této dohody je omezení globálního oteplování na intenzitu výrazně pod 2° C. Šestý z celkem sedmnácti cílů se zabývá pitnou vodou a kanalizací, kde se příslušné útvary podílejí na řešení problémů s pitnou vodou a nakládáním s odpadními vodami. Účelem je zabezpečit dostupnost pitné vody pro všechny lidi na zemi, zajistit přístup k hygieně, snížit podíl odpadních vod, vybudovat kanalizace a čistírny odpadních vod (dále též ČOV) i v rozvojových zemích.

ČOV jsou zařízení nezbytná pro funkci celého ekosystému, jelikož snižují kontaminaci odpadních vod, a tím umožňují jejich vypouštění zpět do přírody. Proces, kterým projde znečištěná odpadní voda v ČOV, je však velmi nákladný. Každý by se tak měl zamyslet nad tím, jak s vodou nakládá. Např. ve firmách a organizacích byl zaveden dobrovolný závazek, společenská odpovědnost firem (CSR), který si klade za cíl odpovědně chovat k prostředí a společnosti, ve které podnikají. V environmentální oblasti jde zejména o ochranu využívaných přírodních zdrojů, tedy i ochranu vod. Firemní stakeholders tak přenáší tyto praktiky nejen na osoby ve firmě pracující, ale také na všechny osoby, které s firmou spolupracují.

## 2. Cíl práce

Předmětem bakalářské práce je problematika čištění odpadních vod produkovaných v areálu elektrárny Ledvice, v Ústeckém kraji. Práce je zaměřena na procesy čištění splaškových odpadních vod ze sociálních zařízení a závodní kuchyně s jídelnou.

Cílem práce je posouzení účinnosti čistírenských procesů na základě vyhodnocení dat z období let 2019 – 2022.

Efektivní provoz procesu čištění odpadních vod je založen na odpovídající volbě technologické linky ČOV a stálého objemu přitékajících odpadních vod, nicméně, vlivem různých okolností může dojít k situaci, kdy se objem přitékajících odpadních vod změní. Dílčím cílem práce proto tedy je, zhodnocení vlivu změn, které v průběhu sledovaného období nastaly. Jedním z faktorů ovlivňující množství produkovaných odpadních vod je pandemie Covid 19, která významným způsobem do provozu zasáhla. Druhým faktorem pak je změna provozovatele jídelny, kdy naopak došlo k navýšení produkce odpadních vod.

## **3. Literární rešerše**

### **3.1 Legislativa ochrany vod na úrovni EU**

Vodní politika EU se skládá z několika forem právních aktů. Některé jsou právně závazné, některé nezávazné, jiné zase stanovují konkrétní cíl. Všeobecně však lze konstatovat, že mají jedno společné, a to je ochrana vod a ekosystémů, včetně životního prostředí. V této kapitole jsou heslovitě popsány vybrané směrnice a nařízení týkající se vod povrchových, podzemních a odpadních.

#### **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky**

Tento ústřední právní akt EU, ochraňuje ekosystémy, dosažitelné vodní zdroje, podzemní vody a životní prostředí. Směrnice je závazná pro všechny její členské státy. Účelem je vymezení okruhů ochrany povrchových vod, které se nacházejí na kontinentech, dále pak vod brakických, pobřežních a podzemních. Významným závazkem směrnice je zmírnění důsledků v obdobích sucha a při povodních (Ešipa, 2000).

#### **Směrnice Rady č. 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod**

Tato směrnice se vztahuje k čištění městských a průmyslových odpadních vod, jejich neškodné odvedení, následné vyčištění a opětovné vypouštění zpět do přírody a je stěžejním právním aktem v problematice čištění odpadních vod v EU. Směrnice je orientována na citlivé oblasti, sekundární, resp. terciární stupeň čištění a eutrofizaci vod (EUR-Lex, 2017).

#### **Směrnice 2006/118/ES o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu**

Smyslem této směrnice je zajistit předcházení chemické kontaminace podzemních vod, což je velice důležité z hlediska zabezpečení pitné vody pro obyvatelstvo EU a k uchování ekosystémů, které jsou na podzemní vody vázané. Cílem je zamezit degradaci podzemních vod a všech jejich sektorů (ENVI profi.cz, 2006).

## **Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) 2020/741, o minimálních požadavcích na opětovné využívání vody**

Vzhledem ke změně klimatu a navyšování počtu obyvatel přichází komplikace v dosažitelnosti sladké vody. Toto nařízení EU má za úkol vylepšit opětovné využívání odpadních vod, které byly vyčištěny a celkově začít šetřit s vodou povrchovou i podzemní (Ešipa, 2000).

### **3.2 Legislativa ochrany vod na úrovni ČR**

Udržitelnost vodního bohatství v ČR řeší několik právních nástrojů, mezi něž patří zákony, nařízení vlády a vyhlášky. Stejně jako v právních aktech v EU je stěžejní ochrana vod a vodních ekosystémů, včetně životního prostředí. Legislativa EU je transponována do české legislativy, ale také do legislativních nástrojů jednotlivých členských států. Tato část se týká nejen vodního zákona, který je nejvýznamnější legislativou ochrany vod v ČR, ale také heslovitě pojednává o právních aktech týkající se zejména vod odpadních.

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

V úvodním ustanovení zákona č. 254/2001 o vodách a o změně některých zákonů v platném znění je v § 1 vymezen účel zákona následovně:

*„Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, jako ohrožené a nenahraditelné složky životního prostředí a přírodní zdroje, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, pro zachování vodních zdrojů a předejití stavu nedostatku vody a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo záviselých suchozemských ekosystémů.“ (Zákon č. 254/2001 Sb.).*

**Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).**

Účelem právního aktu je korekce vztahů týkající se vodovodů a kanalizací. Zákon nařizuje, jak postupovat při výstavbě nebo rozvoji kanalizace, vodovodů, či jejich přípojek, které jsou realizovány v rámci veřejného prostranství. Korekce vztahů se rovněž zaměřuje na správu, vztahující se na tyto odvětví (TZB-info, 2001).

**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 „ve znění pozdějších předpisů“.**

Toto vládní nařízení udává mezní hodnoty dílčích ukazatelů, jež musí být dodržovány v povrchových a odpadních vodách. Předmět úpravy tohoto nařízení je uveden v § 1 a mimo hodnoty dílčích ukazatelů pojednává o normách jakosti látek k životnímu prostředí, seznamu prioritních látek a prioritních nebezpečných látek aj. (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

**Vyhláška č. 328/2018 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových.**

Významem této vyhlášky je úprava stanovení znečištění, které je součástí odpadních vod, metoda, jak určit jejich průměrné koncentrace a také vykonávání odečtu kvantity kontaminace odpadních vod a jejich měření včetně jejich evidence (ENVI profi.cz, 2006).

### **3.3 Odpadní vody**

Odpadní vody lze formulovat jako vody mající změněné fyzikální, chemické a biologické vlastnosti, které omezují nebo znemožňují jejich další přímé použití (Chudoba, et al., 1991). Pro jejich odvádění se používá kanalizace/stoková síť, jejíž účelem je spolehlivá, ekonomická a zdravotně nezávadná doprava odpadních vod z místa vzniku do ČOV a recipientu (Junga et al., 2015).

### 3.3.1 Druhy odpadních vod

Odpadní průmyslové vody pochází z provozů průmyslových podniků. Postupy používané ve výrobě v těchto zařízeních mají značný vliv na kvalitu odpadních vod. Odpadní voda je natolik ovlivněna, že zásadně mění svoji skladbu a rysy. ČOV se musí s proměnlivostí odpadních průmyslových vod vypořádat (Dohányos et al., 1998). V současnosti je běžným standardem vlastní ČOV, kterou průmyslové podniky disponují. Dle druhu podniku se pak k čištění odpadních vod využívají odpovídající technologie (Richter, 2014).

Mezi splaškové odpadní vody se řadí odpadní vody, které přitékají do kanalizace z rodinných domů a bytů, toalet, sprch, z kuchyní a také ty, které nezahrnují odpadní vody průmyslové. Z velké části mají splaškové vody zašedlé, až šedohnědé zbarvení, které obsahuje velké množství kalu (Chudoba et al., 1991).

Původ odpadních městských vod pochází z obcí, městysů, měst a sídlišť. Složení těchto odpadních vod je velmi pestré a zahrnuje v sobě strukturu různorodých látek v podobě rostlinných olejů, tuků, cukrů, celulózy, zbytky léčiv nebo pracích prostředků a mnoho dalších. Městské odpadní vody obsahují také zvláště nebezpečné látky s bakteriálním a parazitním znečištěním (Zavadil, 2008).

Odpadní vody ze zdravotního zařízení mají svůj původ v mikrobiologických výzkumných pracovnách, v nemocnicích zejména na infekčních odděleních, v produkci očkovacích látek a sér, v centrech dlouhodobě nemocných pacientů a léčebnách, nebo v podnicích, které odstraňují odpady živočišného původu. Je důležité tyto odpadní vody odvádět odděleně, protože jsou původcem infekčních nemocí (Chejnovský, 2007).

Největším zdrojem zemědělské odpadní vody je živočišná a rostlinná výroba. Dalším zdrojem znečištění jsou odpadní vody z omývání zemědělské techniky (Groda et al., 2007). Zemědělské odpadní vody představují silné riziko pro znečištění životního prostředí. Vyznačují se vysokou chemickou spotřebou kyslíku, biologickou spotřebou kyslíku, suspendovanými pevnými látkami, těžkými kovy, patogeny, antibiotiky a dalšími kontaminanty. Tyto kontaminanty mají negativní dopad na kvalitu půdy, podzemní vody a ovzduší (Gu et al., 2019).

Odpadní vody srážkové jsou v největší míře tvořeny nerozpuštěnými látkami, ropnými látkami a mikroorganismy, které sebou dešťová voda přináší. Srážkové vody lze rozdělit na dvě části. První část s nízkým obsahem znečišťujících látek, které jsou přinášeny před

dopadem na pevný povrch a druhou část se zvýšeným obsahem znečišťujících látek po dopadu na pevný povrch (Langhammer, 2002).

Vody balastní se dostávají do kanalizace skrze její netěsnosti. Mezi balastní vody řadíme vody podzemní i povrchové. Množství a složení balastních vod bývá proměnlivé a je závislé na stavu kanalizace (Rozkošný et al., 2014).

### **3.3.2 Kvalita odpadních vod**

Pro určení míry znečištění odpadní vody je použito jako základní měřítko ekvivalentní obyvatel (dále též EO). Měřítko představuje rozsah znečištění, který vznikl během jednoho dne přičiněním jednoho obyvatele (Sojka, 2013). Ukazatel EO je zásadní při projektování čistíren odpadních vod a určuje přesnou produkci znečišťování, která činí 60 g BSK<sub>5</sub> za den. Jestliže je znám objem produkovaného znečištění, lze provést výpočet pro EO vydělením celkové produkce BSK<sub>5</sub> za den hodnotou 60 g BSK<sub>5</sub> (Junga et al., 2015).

### **3.3.3 Emise do vody**

Zdroje znečišťujících látek mohou být buď původu antropogenního, anebo původu abiotického. S ohledem na zaměření práce je pozornost věnována pouze ukazatelům antropogenního původu. Látky, které nejčastěji ovlivňují vlastnosti vod, jsou fosfor, dusík a jeho formy a kovy (Vyskoč et al., 2014).

Brinkmann et al., (2016) definuje zdroj emisí u jednotlivých znečišťujících látek následovně:

Organické sloučeniny uvedené jako TOC, se do povrchových vod dostávají zejména z městských čistíren odpadních vod, z papírenského a dřevozpracujícího průmyslu a z intenzivních akvakultur. V menším množství pak pronikají z chemického průmyslu, potravin a nápojů aj.

Halogenované organické sloučeniny uvedené jako AOX, se do povrchových vod dostávají především z papírenského a dřevařského průmyslu a z městských čistíren odpadních vod. V menší míře pak z nakládání s pevnými odpady (např. spalování) a odpadními vodami z chemického průmyslu apod.



Těžké kovy jsou látky, které jsou především součástí antropogenních zdrojů. V odpadních vodách jsou těžké kovy převládající zdroj znečištění a do kanalizací se dostávají nejčastěji z chemického a kožedělného průmyslu, dobývání rud a korekce kovů.

Největší množství emisí dusíku se dostává do odpadní vody z městských čistíren odpadních vod, z intenzivní akvakultury a chemického průmyslu.

Největším zdrojem emisí fosforu jsou městské čistírny odpadních vod. Mezi další znečišťovatele spadá chemický průmysl a intenzivní akvakultury.

### **3.4 Veřejná kanalizace a stokování**

Aby mohla být odpadní voda hygienicky odvedena z obydlených míst, je zapotřebí veřejných kanalizací a stok. Veřejné kanalizace se musí provozovat v souladu se zákonem č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, v platném znění. K používání kanalizace, pak musí být schválený kanalizační řád. Do kanalizace je zakázáno vypouštět látky, které by jakkoliv mohly ohrozit funkčnost celé stokové sítě a ČOV (Synáčková, 2014).

Smysl stokování spočívá v tom, že s pomocí kanalizace a ČOV, bude dodrženo udržované čistoty bydlení a nebude ohroženo životní prostředí (Hlavínek et al., 2006).

#### **3.4.1 Soustavy stokových sítí**

Pro jednotnou kanalizaci se aplikuje samostatné potrubí, jehož úmyslem je hromadné odvádění znečištěné odpadní vody na ČOV. Jedná se o odpadní vody splaškové, průmyslové a srážkové (Synáčková, 2014).

Účelem oddílné kanalizace je odloučení znečištěných odpadních vod z důvodu zamezení jejich mísení. Jedna část kanalizace odvádí dešťové vody přímo do recipientu či dešťových nádrží a druhá část kanalizace odvádí znečištěné vody splaškové a průmyslové na čistírnu odpadních vod (Chejnovský, 2007).

Sdružením jednotné a oddílné kanalizace je kanalizace kombinovaná (modifikovaná). Kombinovaná kanalizace odvádí na ČOV splašky spolu s dešťovou vodou. V případě většího přítoku dešťové vody např. při průtrži mračen, dochází k naplnění kanalizace, odkud je dešťová voda odváděna do toku nebo záchytných nádrží (Hlavínek et al., 2006).

### 3.4.2 Objekty na stokové síti

Vstupní a revizní šachty se na stokové síti používají z důvodů větrání, revize, čištění a vstupu do nich. Rozdělujeme je na průlezné a neprůlezné. (Chejnovský, 2007).

Spojné a lomové šachty mají ve vstupní šachtě dvě připojené stoky, které jsou funkčně rovnocenné a tvoří jejich soutok. Mezi nejběžnější typy patří průběžná stoka v přímce a stoka ve stejnohlém oblouku (Mlynář et Holub, 2019).

Dešťové vpusti odvádějí z uličních komunikací dešťové vody a dají se rozdělit do tří kategorií:

- uliční vpust – je užívána v nejnižším bodě příčného řezu vozovky
- chodníková (obrubníková) vpust – používá se tam, kde nelze aplikovat uliční vpust, má boční nátok opatřený nádobou zachycující hrubé nečistoty
- horská vpust – tato dvojnásobná dešťová vpust se používá při sklonech větších jak 8 %

Spadiště je zařízení, jehož účelem je zdolání velkého sklonu, při kterém by byla ve stoce překročena maximální povolená rychlost průtoku (Hlavínek et al., 2001).

Skluzy se používají tam, kde je strmý sklon dna a z ekonomických důvodů by kompozice spadiště byla velmi nákladná. Skluzy jsou opatřeny zařízením, které dokáže utlumit rychlost proudění (Čížek et al., 1970).

Shybky jsou určeny k přesunu odpadních vod tam, kde jsou vystaveny překážkám. Překážkami se rozumí shodná výška stok, vozovky nebo vodoteče apod. (Nypl et Synáčková, 1998).

Lapáky splavenin zabraňují zanášení kanalizace sedimenty, hrubšími nečistotami a předměty, které přitékají při dešti z nezpevněných ploch, silnic a příkopů (Chejnovský, 2007).

Proplachovací šachty se uplatňují v případě usazování splavenin vzhledem k malému sklonu stoky (Synáčková, 2014).

Přípojka je odbočení od stoky spojené se zemí pevným základem, které vede až po vyústění kanalizace v prostoru odvodňovaného pozemku nebo stavby (Mlynář et Holub, 2019).

Výpustní objekty mají využití u odpouštění odpadních vod do nádrží a vodních toků. Jejich vyústění je zavedeno na břeh toku s dostatečnou hloubkou a velkým proudem vody, aby nedocházelo k zanášení stoky. Někdy bývá výpust opatřena uzávěrovým zařízením (Hlavínek et al., 2006).

Měrné objekty se používají k měření průtoku, nebo odběru vzorků kvality odpadních vod (Synáčková, 2014).

Odlehčovací komory odvádějí přepadem přes přeliv množství vody vyšší než průměrný průtok při deštích a oddělují dovolené kvantum odpadní vody ze stokové sítě do recipientu (Čížek et al., 1970).

Dešťové nádrže se používají k zachycení dešťové vody pro zmírnění přívalových vln, aby nedocházelo k zředění splaškových vod a zamezilo se vnosu znečištěných dešťových vod. Do ČOV pak tyto vody přicházejí stokovou sítí rovnoměrně (Synáčková, 2014).

Separátory jsou specifické odlehčovací objekty, ve kterých se oddělují nerozpuštěné látky z odpadních vod. Separátory rozdělujeme na vířivé a vírové (Chejnovský, 2007).

### **3.4.3 Systémy stokových sítí**

Konstrukce stokových sítí je dána rozložením krajiny, zastavěnou plochou a polohou, kudy se dopravuje odpadní voda do recipientu. Nejpoužívanější doprava odpadních vod je doprava gravitační (Hlavínek et al., 2006).

Radiální systém lze nejvhodněji využívat v místech uzavřených kotlin, které jsou níže než recipient, nebo neexistuje bezprostřední sklon k němu. Stoky se sbíhají ve formě paprsku v místě, které je nejnižší položeno. Z těchto míst je pomocí čerpadla odpadní voda dopravována přes rozvodí, nebo gravitačním způsobem přes štolu na ČOV (Čížek et al., 1970).

Členitost terénu znemožňuje výstavbu pravidelných uspořádaných stok. Pro tento účel je optimální aplikovat větevný systém. Základem větevného systému je kmenová stoka umístěna ve středu obývaného území. Do kmenové stoky jsou pak napojeny stoky hlavní (Nypl et Synáčková, 1998).

Pro odvodnění rozlehlého území s velkým převýšením se používá pásmový systém. Vzhledem k různým nadmořským výškám obývaného území je systém rozvržen na několik

výškových pásem. Z nížin se odpadní voda musí přečerpávat, kdežto z míst výše položených, odtéká odpadní voda pomocí gravitace (Hlavínek et al., 2006).

V obývaných územích podél vodoteče je využíváno úchytného systému. Systém využívá mírného sklonu, ve kterém je umístěna kmenová stoka. Do kmenové stoky jsou sběrače přivedeny z údolí (Chejnovský, 2007).

#### **3.4.4 Metody odvádění odpadních vod**

Nejkomplexnější metodou je gravitační doprava, která se rozděluje na soustavy jednotné a oddílné. Nastanou však situace, kdy nelze odpadní vody dopravit pomocí gravitace. V tomto případě je potřeba využít přečerpávací stanice a tlakové úseky (Hlavínek et al., 2006).

Tlaková kanalizace je založena na zásadě gravitačního přívodu odpadní vody do čerpacích šachet. Z čerpací šachty se pomocí čerpadla dopraví odpadní voda tlakovým potrubím do stokové sítě nebo přímo do ČOV. Ponorné čerpadlo z pravidla bývá opatřeno drtičem nečistot. Tlaková síť se ukládá do nezamrzé hloubky a může být větvená nebo okružová (Synáčková, 2014).

Kanalizace podtlaková (vakuová), je specifická dopravní rychlostí odpadní vody, která činí 6 – 8 m/s, přičemž nezáleží na sklonu ani průměru potrubí. Odpadní voda je dopravována po dávkách k vakuové stanici do podtlakových nádob. Odtud je odtok odpadních vod zajištěn skrze konvekční čerpadla, popřípadě gravitačně na čistírnu odpadních vod (Hlavínek et al., 2006).

Na velké vzdálenosti se využívá pneumatické dopravy. Metoda pracuje na cyklu plnění a vyprazdňování, kdy vzduch vyvozený z kompresoru vytvoří přetlak, který pak dopraví odpadní vodu na potřebnou vzdálenost. Vzhledem k vyšším nákladům na realizaci je tento způsob používán pouze jako záložní (Chejnovský, 2007).

### **3.5 Čištění odpadních vod**

Čištění odpadních vod zahrnuje různé procesy k odstranění znečištění a jejich bezpečnou likvidaci. Účelem je navrácení vyčištěné odpadní vody zpět do vodního cyklu. V posledních třiceti letech byly vyvíjeny různé fyzikální, chemické a biologické metody

čištění, jako jsou např. sedimentace, flotace a filtrace či různé mikroorganismy k rozkladu organické hmoty v odpadní vodě (Ahmed et al., 2021).

Odpadní vody se v ČOV čistí ve třech fázích v závislosti na druhu znečištění, které má být odstraněno. Primární fáze je odstraňování hrubých nerozpuštěných látek filtrací, sedimentací a cezením. Sekundární fáze se týká biologického čištění, které zahrnuje degradaci či biotransformaci organického znečištění. V terciární fázi se používají různé metody pro odstranění zbytkového znečištění např. odstraňování fosforu, patogenů aj. (Daniels, 2017).

### 3.5.1 Charakter znečišťujících látek

Chudoba et al., (1991) rozděluje znečišťující látky v odpadních vodách do skupin dle jejich charakteru (tabulka 1).

Tabulka 1 - Charakter znečišťujících látek v odpadních vodách (Chudoba et al., 1991)

Znečišťující látky	Příklady
<b>Rozpuštěné</b>	ve filtrátu za filtrem, 4 $\mu$ m
- organické	
- biologicky rozložitelné	cukry, mastné kyseliny
- biologicky nerozložitelné	azobarviva aj.
- anorganické	těžké kovy, sulfidy
<b>Nerozpuštěné</b>	
- organické	
- biologicky rozložitelné	škrob, bakterie
- biologicky nerozložitelné	papír, plasty
- usaditelné	celulosová vlákna
- neusaditelné	bakterie, papír
- koloidní	bakterie
- plovoucí	papír
- anorganické	
- usaditelné	písek, hlína
- neusaditelné	brusný prach

### 3.5.2 Procesy a zařízení čištění odpadních vod

Nejdůležitější na celém procesu je jeho účinnost, dostupnost a energetická nenáročnost. Vždy záleží, jaký typ odpadních vod bude přiváděn a dle těchto regulí se také

vybírání nejvhodnějších technologických linek a zařízení (Dohányos et al., 1998). V tabulce 2 jsou prezentovány jednotlivé procesy čištění na čistírně odpadních vod.

Tabulka 2 - Procesy čištění na ČOV (Dohányos et al., 1998)

Mechanické procesy	Chemické a fyzikálně chemické procesy	Biologické procesy aerobní	Biologické procesy anaerobní
cezení (česle)	čiření (koagulace a srážení)	biologické filtry	metanizace
usazování (usazovací nádrže)	neutralizace, oxidace a redukce	aktivační proces	
centrifugace (centrifugy)	sorpční procesy (aktivní uhlí aj.)	stabilizační nádrže a laguny	
flotace (flotační nádrže)	procesy založené na výměně filtrů		
filtrace (pískové filtry, síta)	extrakce (např. fenol)		
	odpařování, spalování (silně koncentrované odpadní vody)		
	vyvážení (např. NH <sub>3</sub> )		

### 3.5.3 Mechanické čištění odpadních vod

Důležitou součástí každé čistírny odpadních vod je mechanický stupeň čištění odpadních vod, kde dochází k odseparování přítékajících pevných látek např. kusů dřeva, domovní odpadků, zbytků potravin, plastových výrobků, tuků, vláken, vlasů a řady dalších, které by mohly poškodit a přetížít další části ČOV. K odseparování dochází pomocí cezení, sedimentace a flotace (Mlejnská et al., 2015).

Cezení je mechanický proces, při kterém jsou zadržovány nerozpuštěné látky větších průměrů, než je mezera, skrze kterou proudí cezené médium. K tomuto účelu se používají síta či mřížky, resp. česle (Pošta et al., 2005).

Při sedimentaci se pevné částice pohybují v kapalině příčinou tíhového zrychlení. Sedimentaci lze rozčlenit na prostou (bez ovlivnění částic, které klesají rovnoměrně), na rušené usazování (částice se navzájem ruší a klesají nerovnoměrně) a zahušťování suspenze. Při narůstající objemové koncentraci, je vymezena hranice mezi kapalnou fází a suspenzí, načež se postupně pohybem mezi nimi objevuje zahušťovací suspenze (Tuček et al., 1988).

Flotace je využívání rozdílné hustoty mezi malými bublinami vzduchu, na které se přichytí malé pevné částice a vznikne aglomerát. Protože aglomeráty mají nižší hustotu než médium, ve kterém jsou ponořeny, stoupají na povrch, kde jsou odstraněny. Tento proces je

používán zejména k odstranění řas, rozpuštěných plynů, zápachu a suspendovaných látek, které mají nízkou hmotnost (Wang et al., 2010).

Pro mechanické čištění odpadních vod se používají lapáky šterku, lapáky písku a česle.

Lapáky šterku se nachází na konci stoky a jsou ještě její součástí. Smyslem je zamezit vstupu objemným a těžkým předmětům na ČOV (Chudoba, 1991).

Prvotním vybavením každé ČOV jsou česle. Jejich úloha je odstranit hrubé látky, které unášejí po hladině odpadní voda a tím ochránit čerpadla před případnými poruchami. Česle se rozčleňují dle druhu na hrubé, jemné, ručně stírané, strojně stírané a rozměňovací (Hlavínek et Hlaváček, 1996).

Lapáky písku mají za úkol rozčlenit suspendované těžké anorganické látky a jiné nečistoty s maximální velikostí zrn 0,1 – 0,2 mm (Dohányos et al., 1998). Jakmile odpadní voda ztratí v lapáku rychlost proudění, začnou se unášené nečistoty usazovat na dně jímky. Lapáky se dělí na horizontální, vertikální, vírové, odstředivé a s příčnou regulací (Liu et Lipták, 1999).

Lapáky olejů a tuků se používají k tomu, aby nedocházelo k zatěžování biologického stupně čištění a také, aby nedocházelo ucpávání zařízení, odlučují se veškeré organické látky nemísitelné s vodou, které mají nižší hustotu, než je voda (Richter, 2014).

Odpadní voda zbavena od hrubých nečistot vtéká do usazovacích nádrží, ve kterých je utvářen průběh mechanického čištění a je zadržena převážná část usaditelných látek. Tento způsob se uplatňuje pro velké ČOV. Pro malé biologické čistírny odpadních vod (dále též BČOV) je využita biologická část. V mechanické části čistíren odpadních vod se dokáže odstranit 40 – 70 % tuhých emulgovaných látek a BSK<sub>5</sub> klesne o 35 – 45 % (Kalač et al., 2010).

Usazovací nádrže rozdělujeme na průtočné nebo dekantální. U průtočných nádrží se odlučuje pevná fáze od tekutiny ve třech pracovních oblastech. Na vrchu usazovací nádrže probíhá sedimentace. Zhruba v polovině nádrže dochází k rušenému usazování. U dna nádrže se pak nachází zahušťovací oblast. Oproti usazovacím nádržím využívají dekantální nádrže přerušovaného provozu. Průběh přerušovaného provozu spočívá v tom, že napuštěná nádrž suspenzí je ponechána v klidovém režimu, dokud nedojde k usazení a zahuštění.

Následně se dopustí čerstvá suspenze. Celý cyklus se takto opakuje vícekrát (Dohányos et al., 1998). Usazovací nádrže spadají z mechanického hlediska mezi nejdůležitější technologická zařízení (Richter, 2014).

#### 3.5.4 Biologické čištění odpadních vod

Smyslem biologického čištění je likvidace organických látek ze znečištěných odpadních vod. V těchto odpadních vodách se nachází mnoho rozpuštěných organických látek (Dohányos, 1994). Biologické čištění odpadních vod, je založeno na přirozené funkci bakterií uzavírat elementární cykly prvků, jako jsou např. uhlík, dusík nebo fosfor. Mezi mikroorganismy, které se vyskytují v ČOV, náleží především viry, bakterie a prvoci, ale také některé vyšší organismy, jako jsou např. řasy (Henze et al., 2008). Biologické čištění odpadních vod, probíhá zásadně vlivem biologických mechanismů. To znamená, že do jisté míry je napodoben přirozený vývoj, který se uskutečňuje ve volné přírodě s čistě přírodními mechanismy (Sperling, 2007a).

Odbourávání neusaditelných koloidních látek, které se nepodařilo zlikvidovat mechanickým čištěním, probíhá pomocí procesu koagulace na vločkách aktivovaného kalu (Čížek et al., 1970).

Hlavínek et Hlaváček (1996), definují aktivovaný kal jako směsnou kulturu mikroorganismů. V aktivovaném kalu se vyskytují bakterie (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, *Acinetobacter*, *Nocardia*), houby, plísňe (přítomné v menším množství), kvasinky, nitrifikační bakterie (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*), vláknité mikroorganismy (*Sphaerotilus*, *Nocardia Spirulina albida*) a vyšší organismy (prvoci, vířníci, hlístice).

V aktivačních nádržích je smíchávána odpadní voda spolu s aktivovaným kalem. Je nezbytné, aby byly aktivační nádrže permanentně provzdušňovány. Kromě klasických aktivačních nádrží je možné použití biofiltrů (Richter, 2014).

Dosazovací nádrže jsou vždy situovány až za stavbou biologického čištění. V nádržích je aktivovaný kal separován a z části dochází i k jeho zahušťování. Jak uvádí Hlavínek et Hlaváček (1996), u dosazovací nádrže jsou potřebné tyto tři hlavní funkce:

- odloučení vyčištěné odpadní vody od vloček aktivovaného kalu



- nahromadění a zahuštění usazeného kalu
- zabezpečení okamžité akumulace aktivního kalu

Při anaerobním čištění, probíhají procesy bez přítomnosti kyslíku. Anaerobním rozkladem vznikají jak organické kyseliny, tak i plyn. Proces probíhá relativně pomalu a je citlivý na teplotu. Toxiny jsou snadno rozrušitelné, a proto vyžadují značné promíchávání (Russell, 2006). Oproti tomu Junga et al., (2015) popisuje anaerobní procesy jako mikrobiální rozklady organických hmot samovolně probíhajících v přírodě, které lze využívat při čištění velmi znečištěných vod, a to především vod průmyslových.

Na činnosti aerobních procesů se podílejí aerobní bakterie a probíhají za přítomnosti kyslíku. Díky uvolnění více energie aerobními reakcemi se aerobní organismy samy rozmnožují a stabilizují organickou hmotu rychleji než anaerobní, proto také dochází k větší tvorbě kalu (Sperling, 2007a).

Odpadní vody mají pH dáno kyselostí či zásaditostí přitékající vody, které jsou způsobeny sloučeninami buď organickými nebo anorganickými. Pro velkou část bakterií je ideální pH odpadní vody mezi 6,0 – 7,5. Anorganické látky mají rozmezí pH 6,0 – 8,0. V případě organických látek je rozmezí pH velmi široké 5,0 – 11,0 (Dohányos et al., 1998).

Biologická spotřeba kyslíku (BSK) ukazuje biologicky rozložitelné organické látky obsažené ve vodách, které využívají aerobní organismy jako zdroj energie uhlíku, k budování nových buněk a k syntéze zásobních látek. Rozloží je a zároveň spotřebují kyslík, který je rozpuštěný ve vodě. Obvykle probíhá úplná biochemická oxidace v buňkách mikroorganismů 10 – 20 dnů, avšak záleží na teplotě. Parametr BSK<sub>5</sub> je používán k vyjádření míry znečištění odpadní vody organickými látkami (Richter, 2014).

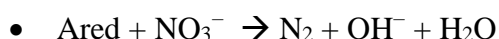
Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) reprezentuje celkový ukazatel veškerého organického znečištění, ať už jde o látky biologicky rozložitelné nebo biologicky nerozložitelné. Hodnoty často bývají vyšší, než je tomu u BSK a k vyjádření míry znečištění se u odpadních vod používá metody s dichromanem draselným (Kalač et al., 2010).

Účinnost čištění je závislá na nutričním kolísání v odpadní vodě. U městských odpadních vod je makrobiogenních prvků fosforu a dusíku přebytek, naopak v průmyslových odpadních vodách jich je nedostatek (Dohányos et al., 1998).

Rozklad  $N_{org}$  je první fází dusíkového cyklu a tvoří rozklad organických dusíkatých látek. Výsledek rozkladu je amoniakální dusík, který se stává pro organismy opětovným zdrojem pro syntézu nové biomasy (Langhammer, 2002).

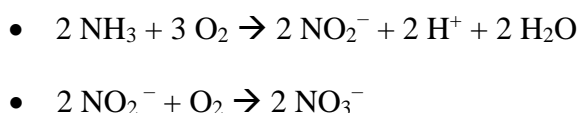
Anoxická denitrifikace má za úkol přeměnu dusičnanů a dusitanů na elementární dusík nebo oxid dusný. Tuto přeměnu zajišťují četné organotrofní bakterie jako např. rody *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Denitrobacillus*, *Chromobacterium* aj. Zvyšující se teplota zajišťuje větší rychlost denitrifikace a je pokaždé vyšší s exogenním než s endogenním substrátem. Technologické uspořádání dusíku probíhá v systému jednokalovém nebo dvoukalovém (Dohányos et al., 1998).

Průběh denitrifikace dle rovnice:



Protikladem cyklu denitrifikace je nitrifikace. Jedná se o nejdůležitější stupeň dusíkového cyklu. V tomto cyklu probíhá oxidace amoniaku na dusičnany biologickou cestou. Než začne probíhat proces nitrifikace, je zapotřebí heterotrofní hydrolýzy. V praxi to znamená, že musí proběhnou transformace obsaženého dusíku v celkový dusík a amoniak. Dvoustupňový oxidační proces pak zahrnuje oxidaci amoniaku na dusitany a oxidace dusitanů na dusičnany (Syed et Guang, 2018).

Průběh nitrifikace dle rovnic:



Amoniakální dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ ) se vyskytuje téměř ve všech povrchových vodách. Jeho koncentrace je velmi proměnlivá, protože podléhá nitrifikaci. V přírodních vodách je výskyt amoniaku většinou ve velmi malých koncentracích (Horáková et al., 2003).

Celkový dusík ( $N_{celk}$ ) se posuzuje jako indikátor pro záměry bilance zátěže za celistvou periodu. Z hlediska analytické analýzy se obtížně vyjadřuje, neboť v sobě slučuje podoby s odlišným původem znečištění, různý proces transportu do toku i různý způsob výskytu ve vodách (Langhammer, 2002).

Fosfor (P) je nepostradatelná živina nižších i vyšších organismů. V odpadních vodách existuje ve třech hlavních formách:

- orthofosforečnany
- polyfosforečnany
- organicky vázaný fosfor

Obsah fosforu ve vodě je nutné sledovat, protože spolu s dusíkem vyvoluje eutrofizaci. Ke snížení obsahu fosforu v čistírnách odpadních vod dochází působením biomasy a adsorpcí na vločkách aktivovaného kalu. Fosfor se poté odvádí s přebytečným kalem (Hlavínek et al., 2001).

### 3.5.5 Terciární stupeň čištění

Pro stupeň terciárního čištění se využívá chemických a fyzikálně-chemických metod, aby se minimalizovala rizika eutrofizace toků a následuje za mechanickým a biologickým stupněm ČOV (Richter, 2014).

Filtrace je proces, při kterém se vyčištěná odpadní voda nechá protékat přes filtrační lože, které může být z různých materiálů např. umělohmotný materiál, aktivní uhlí nebo písek. S průtokem odpadní vody se suspendované látky neustále hromadí ve filtračním loži, čímž dochází k jejich zachytávání (Spellman, 2009).

Biologické dočišťování ve stabilizačních nádržích je nejstarší proces terciárního čištění, díky němuž se docílí dalšího úbytku BSK<sub>5</sub>, anorganického dusíku a fosforu, tedy nerozpustných látek (Chudoba, 1991).

### 3.5.6 Kalové hospodářství

Čistírenské kaly lze rozdělit do dvou základních typů, které jsou utvářeny v procesu čištění odpadních vod.

- primární kal (usazené pevné látky oddělené při primárním čištění)
- sekundární kal (kal vytvořený z biologického čištění)

Primární a sekundární kaly se v závislosti na velikosti zařízení zpracovávají samostatně, nebo jsou použity jako směsný surový kal (Anderson et al., 2021).

Během procesu čištění odpadních vod je vyprodukováno značné množství kalu, které obsahuje látky koloidní, ale také suspendované. Jeden ze základních ukazatelů jakosti kalu je obsah sušiny (Malý et Malá, 1996).

Na větších čistírnách odpadních vod se využívá mechanického odvodňování kalu. V tomto případě je možno zvolit z několika zařízení (centrifugy, kalolisy, vakuové bubnové filtry anebo filtrační pásové lisy) (Chudoba, 1991).

V biologických čistírnách odpadních vod se kal oddělený od odpadní vody využívá jako vratný aktivovaný kal a je zpátky recirkulován do denitrifikační nádrže, anebo je jako přebytečný kal odčerpán do kalojemu (Chára, 2022).

### 3.5.7 Emisní standardy

V tabulce 3 jsou uvedeny dle přílohy 1 A, Tabulky 1a 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, emisní standardy s přípustnými (p) a maximálními (m) hodnotami a hodnotami průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l pro ČOV kategorie 500 – 2 000 EO. Dále dle přílohy 7 k Nařízení vlády 401/2015 Sb., dosažitelné hodnoty koncentrací nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod ČOV kategorie 500 – 2 000 EO nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací.

Tabulka 3 - Emisní standardy koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod a dosažitelné hodnoty koncentrací BAT pro kategorie ČOV 500 – 2 000 EO. Zdroj: (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. příloha č. 1A, příloha č. 7)

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace		CHSK <sub>Cr</sub> mg/l		BSK <sub>5</sub> mg/l		NL mg/l		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	
		p	m	p	m	p	m	prům	m
Koncentrace ukazatelů znečištění	500 – 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40
Dosažitelné hodnoty koncentrací BAT	500 – 2 000	75	140	22	30	25	30	12	20

V tabulce 4 jsou uvedeny dle přílohy 1 A, Tabulky 1b 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, emisní standardy účinnosti vypouštěných vod v procentech pro ČOV kategorie 500 – 2 000 EO a dále dle přílohy 7 k Nařízení vlády 401/2015 Sb., dosažitelné hodnoty účinností v procentech nejlepší dostupné technologie

v oblasti zneškodňování městských odpadních vod ČOV kategorie 500 – 2 000 EO nízkou zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací.

Tabulka 4 - Emisní standardy: přípustná minimální účinnost vypouštěných odpadních vod. Zdroj: (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. příloha č. 1A, příloha č. 7)

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace		CHSK <sub>cr</sub> %	BSK <sub>5</sub> %	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> %
<b>Příloha 1 A, tabulka 1b</b>	500 – 2 000	70	80	50
<b>Příloha 7, BAT</b>	500 – 2 000	75	85	75

## 4. Metodika

Úvodním krokem k vyhotovení této práce, bylo shromažďování informací z odborné literatury, internetových zdrojů a platné legislativy. Získané informace z těchto zdrojů byly základem k porozumění dané problematice.

Způsob čištění odpadních vod BČOV v elektrárně Ledvice je na principu mechanicky-biologického čištění. Nejprve projde splašková odpadní voda procesem mechanickým, zbaví se hrubých částic a následně vtéká do části biologické, kde se vlivem biologických postupů odstraní zbytek nečistot.

V této kapitole jsou popsány postupy vedoucí k samotnému vyhodnocení jednotlivých ukazatelů znečištění, odběry vzorků a použité výpočty mezi lety 2019 – 2022.

### 4.1 Odběr a analýza vzorků

Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách 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, odebírá obsluha 1 x za 4 h při pravidelné pochůzce dílčí vzorky na vstupu a výstupu z BČOV a těchto 6 dílčích vzorků slije. Odběr prostých vzorků z aktivační nádrže pro stanovení NL je prováděno 1 x týdně a 3 x týdně se provádí odběr objemu sedimentu ( $OS_{30}$ ). Odběr zajišťuje obsluha. Měření množství (objemu) vyčištěných splaškových vod je online přenášeno do řídicího systému. Při dávkování externího substrátu se 1 x týdně ověřuje dávka (ml/min) se zápisem do formuláře na velínu chemické úpravy vody. Odběr vzorků vstupu i výstupu z BČOV je prováděno jedenkrát za měsíc.

Chemická analýza vzorků je realizována ve zkušební laboratoři ČEZ, a.s. Elektrárna Ledvice v ukazatelích  $CHSK_{Cr}$ ,  $BSK_5$ , NL,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N_{anorg}$ ,  $P_{celk}$ , pH a teploty. Dodavatelská zkušební laboratoř provádí analýzu  $N_{celk}$ .

Předložené vyhodnocení bylo směřováno na měření průtoku a sledování ukazatelů  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ , NL,  $N-NH_4^+$ ,  $N_{celk}$ ,  $P_{celk}$ , KI a dávky externího substrátu za období mezi lety 2019 – 2022. Dle výsledků, které byly zaznamenány v grafech a tabulkách, byl vyhodnocen provoz BČOV a následně vliv nového provozovatele jídelny na funkci biologické čistírny.

## 4.2 Postup vyhodnocení a výpočty

Výsledky analýz prováděných v letech 2019 – 2022 byly vyhodnoceny pomocí vyloučení odlehlých hodnot (období svátků, poruch či chyb obsluhy) a výpočtu průměru. Vyhodnocení v podobě průměrných ročních koncentrací na vstupu a výstupu z BČOV je uvedeno v tabulkách u jednotlivých ukazatelů. Z těchto dat a hodnot průměrných průtoků v jednotlivých letech bylo vypočteno přiváděné, vypouštěné a odstraněné znečištění, dále účinnost čištění a zatížení jedné linky, taktéž uvedeno v tabulkách u jednotlivých ukazatelů.

S ohledem na skutečnost, že vyčištěné odpadní vody nejsou z BČOV vypouštěny přímo do toku, ale jsou zaústěny do pojistných nádrží čistírny likvidace odpadních vod, nebyly pro BČOV předepsány žádné limity v integrovaném povolení. Z tohoto důvodu je vyhodnocení kvality vyčištěných odpadních vod, pro potřeby této práce, porovnáno s emisními standardy dle přílohy 1 A, Tabulky 1a a 1b Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. pro kategorie ČOV 500 – 2 000 EO.

### 4.2.1 Přiváděné znečištění

Pro výpočet přiváděného znečištění v kg/den byl pro jednotlivé ukazatele použit vztah:

$$\text{přiváděné znečištění (kg/den)} = \frac{\varnothing \text{ koncentrace vstup} \times \varnothing \text{ průtok}}{1000}$$

přiváděné znečištění.....kg/den

$\varnothing$  koncentrace vstup – průměrná koncentrace na vstupu.....mg/l

$\varnothing$  průtok – průměrný denní průtok.....m<sup>3</sup>/den

1000 – přepočítávací koeficient na převod jednotek

Pro výpočet přiváděného znečištění v EO byl pro jednotlivé ukazatele použit vztah:

$$\text{přiváděné znečištění (EO)} = \frac{\text{přiváděné znečištění} \times 1000}{\varnothing \text{ produkce 1 EO}}$$

přiváděné znečištění.....EO

přiváděné znečištění.....kg/den

$\varnothing$  produkce 1 EO – hodnoty uvedeny v tabulce 5.....m<sup>3</sup>/den

1000 – přepočítávací koeficient na převod jednotek

Tabulka 5 - Hodnoty průměrné produkce 1 EO dle ČSN 75 6402

	CHSK <sub>cr</sub> g	BSK <sub>5</sub> g	NL g	N <sub>celk</sub> g	P <sub>celk</sub> g
1 EO	120	60	55	11	2,5

#### 4.2.2 Vypouštění a odstranění znečištění

Pro výpočet vypouštěného znečištění byl pro jednotlivé ukazatele použit vztah:

$$\text{vypouštěné znečištění} = \frac{\varnothing \text{ koncentrace výstup} \times \varnothing \text{ průtok}}{1000}$$

vypouštěné znečištění.....kg/den

∅ koncentrace výstup – průměrná koncentrace na výstupu.....mg/l

∅ průtok – průměrný denní průtok.....m<sup>3</sup>/den

1000 – přepočítávací koeficient na převod jednotek

Odstranění znečištění bylo určeno rozdílem hodnot přiváděného a vypouštěného znečištění jednotlivých ukazatelů.

#### 4.2.3 Účinnost čištění a zatížení BČOV

Pro výpočet účinnosti čištění byl pro jednotlivé ukazatele použit vztah:

$$\text{účinnost čištění} = \frac{\text{odstraněné znečištění}}{\text{přiváděné znečištění}} \times 100$$

účinnost čištění.....%

odstraněné znečištění.....kg/den

přiváděné znečištění.....kg/den

100 – přepočítávací koeficient na %

Pro výpočet zatížení 1 linky BČOV byl pro jednotlivé ukazatele použit vztah:

$$\text{zatížení 1 linky} = \frac{\text{přiváděné znečištění}}{(\text{kapacita BČOV}/2)} \times 100$$

zatížení 1 linky.....%

přiváděné znečištění.....EO

kapacita BČOV.....EO

100 – přepočítávací koeficient na %



#### 4.2.4 Kalový index

Kalový index (dále též KI) je jedním z nejdůležitějších parametrů, který popisuje sedimentační vlastnosti aktivovaného kalu. Je obtížné jej předpovědět kvůli nelinearitě dat a variabilitě provozních podmínek. KI lze popsat jako objem měřený v ml, který zaujímá 1 g aktivovaného kalu po usazení provzdušňované kapaliny po dobu 30 minut (Najy M. et al., 2020).

Podle naměřené hodnoty se KI rozděluje na normální, lehký a zbytnělý (tabulka 6).

Tabulka 6 - Rozdělení KI

Normální	KI < 100 ml/g
Lehký	KI = 100–200 ml/g
Zbytnělý	KI > 200 ml/g

Pro výpočet hodnoty KI byl použit vztah:

$$KI = \frac{OS_{30}}{X}$$

KI.....ml/g

OS<sub>30</sub> – objem sedimentu po 30 minutách.....ml/l

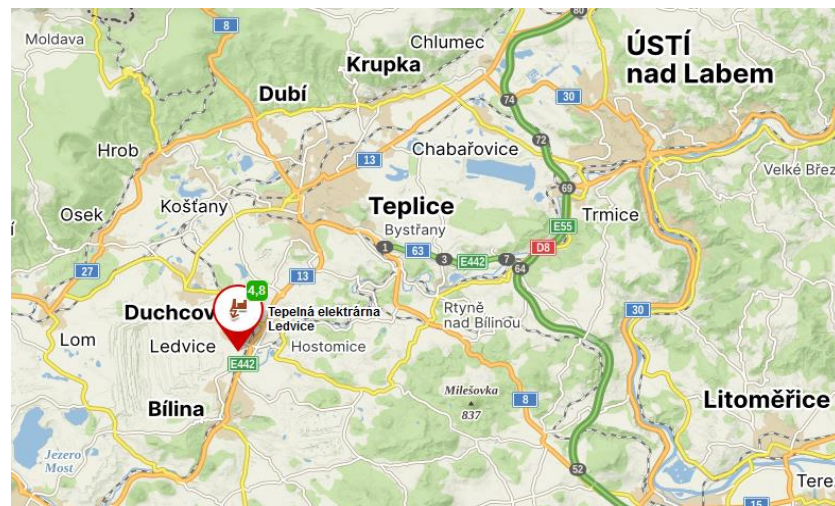
X – koncentrace NL.....g/l

#### 4.2.5 Spotřeba externího substrátu

Spotřeba externího substrátu byla vypočtena vynásobením roční průměrné dávky (ml/min) a počtu týdnů dávkování externího substrátu.

## 5. Elektrárna Ledvice

Elektrárna Ledvice (dále též ELE) se nachází v Ústeckém kraji v okrese Teplice necelé 3 km od města Bíliny (obrázek 1). Dle geomorfologického rozčlenění, náleží území ELE k celku Mostecká pánev v Podkrušnohorské oblasti. Z ekonomického pohledu je umístění ELE velmi výhodné, jelikož uhelná sloj se nachází v blízkosti ELE a tím odpadají vysoké náklady na dopravu uhlí. Na skládku paliva je uhlí dopravováno pásovými dopravníky z nedaleké úpravny. V současné době je v ELE provozován blok 4 o výkonu 110 MWe a blok 6 o výkonu 660 MWe, což činí celkový výkon ELE 770 MWe. Kromě výroby elektrického proudu, dodávají oba bloky také teplo do měst Ledvice, Duchcov, Bílina, Teplice a okolních průmyslových podniků v průměru 1 000 TJ za rok.



Obrázek 1 - Poloha ELE (mapy.cz)

### 5.1 Historie a současnost elektrárny

Historie ELE se datuje až do roku 1966, kdy začala její výstavba, která byla rozdělena do dvou etap a skončila roku 1969. Celkový výkon po dokončení druhé etapy, činil 640 MWe a obstarávalo ho pět energetických bloků, blok 1 – 5. Největší z výrobních energetických bloků blok 1 dosahoval výkonu 200 MWe a ve své době se jednalo o nejvýkonnější blok elektrizační soustavy v Čechách. Bloky 2, 3, 4 a 5 pak shodně dosahovaly výkonu 110 MWe.

V 90. letech minulého století byl v rámci útlumového programu odstaven blok 5 a následně také blok 1. Souběžně probíhala výměna turbín bloku 2 a 3 pro potřebu větší dodávky tepla. Rovněž byla zahájena výstavba odsíření bloku 2 a 3 z důvodu snížení dopadu

výroby elektřiny na životní prostředí. V této dekádě taktéž probíhala přestavba bloku 4, kdy se provedla generální oprava turbíny a byl postaven nový fluidní kotel.

V roce 2006 byl schválen záměr výstavby nového bloku 6 (původní označení Nový zdroj). O rok později získal blok 6 státní autorizaci a začala jeho výstavba. V roce 2013 během výstavby bloku 6, byl plánovaně odstaven z provozu blok 2 a o dva roky později také blok 3. Oficiální spuštění bloku 6 proběhlo v roce 2017 (ČEZ, a.s., 2017). Blok 6 je první nadkritický vysoce účinný zdroj u nás, ale také ve střední Evropě s kondenzačním výkonem 660 MWe. Tepelný výkon kotle činí 1 286 MWt, množství vyrobené páry je zhruba 1 678 t/h a účinnost vlastního kotle dosahuje 91,93 %. Jmenovitá teplota admisní páry se přibližuje k teplotě 600 °C a pára kterou vyrobí parní generátor dociluje jmenovitého tlaku 29,7 MPa. U přehřáté páry jsou pak tyto hodnoty 610 °C a 6,5 MPa. Hrubá účinnost tohoto zdroje činí až 42,5 %, díky čemuž se dokázalo snížit emise o 20 % v porovnání s běžnými uhelnými elektrárnami. Díky kogeneraci je zase šetřeno životní prostředí, protože je mnohem menší spotřeba paliva na vyrobenou jednotku energie. Blok 6 tak splňuje požadavky nejlepší dostupné techniky (BAT). V důsledku výstavby bloku 6 proběhla v objektu kompletní přestavba kanalizační sítě, vznikla nová BČOV a čerpací stanice dešťových vod (Hlahůlek et al., 2021).

## **5.2 Potřeba vody v elektrárně**

K chodu ELE je zapotřebí značné množství vody, které je zajištěno především přívodem surové vody z řeky Labe. Není-li možnost přivádět vodu z Labe např. z důvodu poruchy či údržby, je k dispozici jako záložní zdroj surové vody vodní nádrž Všechlapy. ELE je vybavena moderní chemickou úpravnou vody, kde se přivedená surová voda dokáže upravit na potřebnou kvalitu dle druhu technologického využití.

### **5.2.1 Surová voda**

Řeka Labe je primárním zdrojem surové vody pro ELE. Tato voda je využívána především pro chlazení kondenzátorů. Menší podíl surové vody se dále upravuje dle potřeby výrobních bloků.

Surová voda je odebírána z řeky Labe v obci Dolní Zálezly. Čerpadla umístěná v budově čerpací stanice čerpají vodu na Dubický kopec, kde jsou umístěny dvě podzemní

nádrže propojené s přelivnou věží. Z nádrží surová voda gravitačně odtéká 20 km dlouhým potrubím až do ELE. Vstupní tlak surové vody na vstupu do ELE dosahuje 1 MPa (Chára, 2022). V tabulce 6 je uveden povolený limit odběru surové vody z Labe (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2022). Průměrné odebírané množství povrchové vody z řeky Labe je 8 500 000 m<sup>3</sup>/rok.

Tabulka 6 - Povolený odběr surové vody z Labe (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2022)

Maximální množství l/s	Průměrné množství m <sup>3</sup> /h	Maximální množství m <sup>3</sup> /h	Maximální množství m <sup>3</sup> /rok
5 000	1 600	2 600	16 000 000

Jako záložní zdroj vody při výpadku primárního zdroje je k dispozici všechlapský přivaděč, který odebírá surovou vodu z vodní nádrže Všechlapy. Tento zdroj je schopen zajistit dodávku surové vody po dobu 4 dnů nepřetržitě, a to v případě kratší poruchy nebo odstávky Labského přivaděče. Celková délka přivaděče je 4,5 km a na vstupu do elektrárny dosahuje tlaku 0,16 MPa (Chára, 2022). V tabulce 7 je uvedený povolený limit odběru surové vody z vodní nádrže Všechlapy (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2022). Průměrné odebírané množství povrchové vody z vodní nádrže Všechlapy je 600 000 m<sup>3</sup>/rok.

Tabulka 7 - Povolený odběr z vodní nádrže Všechlapy (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2022)

Průměrné množství l/s	Maximální množství l/s	Maximální množství m <sup>3</sup> /den	Maximální množství m <sup>3</sup> /rok
45	486	35 000	1 600 000

## 5.2.2 Odpadní vody

ELE je významným producentem odpadní vody. Tyto odpadní vody mají různé složení a vždy záleží, v jakém výrobním postupu vznikají.

Odpadní vody technologické, pocházejí v největší míře z chladících okruhů výrobních bloků, které se musí odluhovat mimo chladicí systém z důvodu zvyšování koncentrace nežádoucích látek v chladicí vodě. K technologickým odpadním vodám přísluší také přepady z jímek chemické úpravy vody, jímky oteplených vod a odpadních vod z praní pískových filtrů.

Odpadní vody s obsahem chemikálií, které vznikají regenerací ionexových hmot demilinek na chemické úpravně vody, anebo v průběhu ionexové úpravy vody parovodního okruhu na blokové úpravně kondenzátu se upravují chemickou cestou. Vzhledem k využití

těchto vod jako surovina pro výrobu stabilizátů, se v pravém slova smyslu nejedná o odpadní vody.

Zaolejované odpadní vody jsou zachytávány především v jímkách a dle charakteru je s nimi nakládáno. Vzhledem k obrovskému množství maziv, zejména na strojovných bloků, jsou úkapy z technologických zařízení upravovány na gravitačním odlučovači oleje, který pracuje na principu nemísitelnosti kontaminovaných olejových látek s vodou a jejich rozdílné hustotě. Zachycené ropné látky se shromažďují v rezervoáru, kde se zreformují. Odloučená voda je dále pak dále využívána.

Zdrojem splaškové odpadní vody jsou sociální zařízení a závodní kuchyň s jídelnou. Splaškové vody jsou napojeny na samostatnou splaškovou kanalizační síť, která je tvořena jak částí gravitační, tak částí tlakovou. Přes lapák olejů a tuků odtéká splašková odpadní voda do BČOV, kde je zajištěna její úprava. Vyčištěné splaškové vody se odvádí na pojistné nádrže čistírny likvidace odpadních vod.

Dešťovou kanalizační sítí, přitéká srážková odpadní voda do záchytné jímky v čerpací stanici dešťových vod. Po naplnění jímky je dešťová odpadní voda přečerpána do usazovacích, resp. pojistných nádrží na čistírnu likvidace odpadních vod (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2022).

## 6. BČOV elektrárny Ledvice

Když byl v roce 2006 schválen záměr výstavby bloku 6, tak bylo zřejmé, že z důvodu vyššího počtu externích pracovníků nebude dostatečná kapacita staré ČOV. Bylo tedy rozhodnuto o výstavbě nové BČOV se dvěma linkami. Po ukončení stavby BČOV se začala čistírna uvádět do provozu. Reálné zatížení čistírny bylo daleko nižší, než se předpokládalo. Z tohoto důvodu je v provozu pouze jedna linka a druhá linka je používána jako záložní.

Úlohou BČOV (obrázek 2) je vyčištění odpadních splaškových vod, které jsou produkovány v zařízeních pro osobní hygienu a v závodní kuchyni s jídelnou. BČOV je mechanicko-biologická s nitrifikací a předřazenou denitrifikací a vestavěnou dosazovací nádrží. Mechanická část čistírny se nachází v provozní budově. Zde se odpadní voda mechanicky předčišťuje od hrubých nečistot. Biologický stupeň čistírny je umístěn před budovou na volném prostranství. Předřazená denitrifikace, je prvním komponentem biologického stupně. V denitrifikaci se redukuje dusičnanový dusík na dusík elementární bez použití kyslíku, odpadní voda je pouze promíchávána. Dalším komponentem je část nitrifikace. V této části dochází za přítomnosti kyslíku k redukci amoniakálního dusíku na dusitanový a poté na dusičnanový dusík. Následně odpadní voda vtéká do vestavěné dosazovací nádrže, která je vsazena do nitrifikace. V dosazovací nádrži se odloučí vyčištěné odpadní vody od kalu. Biologický stupeň je rozčleněn na 2 nezávislé paralelní linky (Projekt: Nový zdroj 660MWe v elektrárně Ledvice, 2008b). Projektovaná kapacita celé BČOV činí 700 EO.



Obrázek 2 - Celkový pohled na BČOV (vlastní zdroj)

## 6.1 Čerpací stanice surové splaškové vody

Účelem čerpací stanice surové splaškové vody je jímání a následné plynulé přečerpávání přitékající splaškové vody do další části čistírny. Čerpací stanice se stává ze železobetonové monolitické konstrukce o hloubce 6,5 m. Její půdorysné rozměry činí 2,6 x 2,2 m a jedná se o první část čistírny (obrázek 3). Přečerpání do mechanické části zajišťují tři čerpadla, která jsou součástí jímky. Ochranu čerpadel zajišťuje česlicový koš, který je umístěn na nátoku čerpací stanice. Česlicový koš zachycuje nečistoty větší jak 50 mm. Četnost čištění česlicového koše závisí na množství nečistot, které sebou odpadní voda přináší a je prováděna obsluhou BČOV. Stanice je vybavena měřením hladiny, díky kterému čerpadla najíždějí automaticky dle výšky hladiny v jímce a udržují tím rovnoměrný přítok do nátokového kanálu mechanického předčištění. Důvodem zařazení čerpací stanice splaškové vody byl ten, že BČOV se nenachází v nejnižším bodě elektrárny (Chára, 2022).



Obrázek 3 - Čerpací stanice s jeřábem na vyjmutí česlicového koše (vlastní zdroj)

## 6.2 Mechanické předčištění

Druhou částí čistírny je mechanické předčištění, které má za úkol oddělit mechanické částice nesené odpadní vodou, které by nebylo možné odstranit v následujícím stupni BČOV. Mechanické předčištění se skládá z ručních česlí, rotačního síta a vertikálního lapáku písku. Odpadní voda přitéká z čerpací stanice do nátokového kanálu, který přechází z venkovního prostoru do provozní budovy BČOV. Pomocí hradítek (4 ks) v nátokovém kanálu můžeme určit, přes jaké zařízení bude odpadní voda čištěna od hrubých nečistot. Téměř vždy

je používána trasa přes rotační síto (šnek), jen výjimečně se volí trasa skrze ruční česle. Provoz obou tras zároveň je možný (Chára, 2022).

Rotační šnek (obrázek 4) sestává z děrovaného síta, tubusu, vyhrnovacího šneku a motoru s převodovkou. Jeho účelem je odstranit z odpadních vod pevné částice a dopravit je vylisované a odvodněné do přistavěného kontejneru. Celé zařízení je uloženo pod úhlem cca 45°. Skrze síto (průlina 3 mm) protéká odpadní voda, která sebou unáší hrubé nečistoty. Při zvýšení hladiny odpadní vody z důvodu zanešení síta, se rotační šnek uvede do chodu. Hřídel rotačního šneku je v místě síta vybaven kartáčem, který dokáže vyčistit zanesené síto a zároveň odvádí zachycené nečistoty skrze tubus rotačního šneku až do místa lisovací zóny. V místě lisovací zóny se shrabky nahromadí, slisují a zároveň odvodní. Slisované a odvodněné shrabky přepadávají do přistavěné nádoby (Projekt: Nový zdroj 660MWe v elektrárně Ledvice, 2008a).



Obrázek 4 - Rotační šnek s detailem stíracích kartáčů na shrabky (vlastní zdroj)

Ruční česle (obrázek 5) jsou vyrobené z nerezové oceli a jejich součástí je i odkapový žlábek. Česle mají rozměr 400 x 600 mm a šířka průliny činí 30 mm. Shrabky zachycené na česlích jsou pomocí ručního hrabla obsluhou vyhrnovány na odkapový žlábek. Po jejich odkapání se ručně přemístí do přistaveného kontejneru (Chára, 2022).





Obrázek 5 - Ruční česle (vlastní zdroj)

Vertikální lapák písku (obrázek 6) je umístěn za rotačním sítem, resp. česly a je navržen tak, aby se skrze něj zachytil písek, který sebou přináší odpadní voda. Funkce lapáku písku funguje na principu ztráty rychlosti tekoucí odpadní vody. Usazování drobných částic písku vlivem ztráty rychlosti vody probíhá v uklidňovacím válci lapáku. Mezikružím uklidňovacího válce se odpadní voda zbavená zrnkem písku přelévá do nátokového kanálu denitrifikační části. Z prostoru usazovací části lapáku, se zrnka písku odčerpávají do sběrného kontejneru (Projekt: Nový zdroj 660MWe v elektrárně Ledvice, 2008a).



Obrázek 6 - Vertikální lapák písku s kontejnerem (vlastní zdroj)

### 6.3 Biologické linky ČOV

Třetí částí čistírny jsou dvě biologické linky (obrázek 7), které sestávají z aktivační nádrže a vestavěné dosazovací nádrže. Aktivační nádrže se dělí na dvě části, a to na část

denitrifikace a část nitrifikace. Zprvu je přítok odpadní vody veden do celku předřazené denitrifikace, poté odpadní voda vtéká do části nitrifikace, a nakonec do vestavěné dosazovací nádrže. Biologické linky jsou situovány na volném prostranství před provozní budovou. V provozu je výhradně jedna linka. Druhá linka je přiřazována pouze během poruchy nebo čištění první linky. Linky jsou technicky vyzbrojeny aeračními elementy, míchadly denitrifikace, mamutími čerpadly interní recirkulace, ponornými, resp. mamutími čerpadly vratného kalu a mamutími čerpadly přebytečného kalu dosazovacích nádrží (Chára, 2022).

Obsah kyslíku v aktivaci se udržuje mezi hodnotami 2,5 - 3,5 mg/l. K tomuto účelu je nitrifikační i denitrifikační část vybavena sondami na měření koncentrace kyslíku a teploty s online přenosem do řídicího systému. V zimním období, kdy teplota odpadní vody poklesne pod 12 °C na více než 5 dní, je nutné odstavit míchadla denitrifikace a otevřít provzdušnění denitrifikace (Technická zpráva, 2008). Aktivační směs z aktivace dále odtéká do vestavěných dosazovaných nádrží.

Ve vestavěných dosazovacích nádržích se odděluje vyčištěná voda od kalu. Aktivační směs přitéká tangenciálně do středového uklidňovacího a odplyňovacího válce. Kal se začne pomalu usazovat, aby mohl být následně navrácen zpět do procesu jako vratný kal do části denitrifikace, anebo jako přebytečný kal do kalojemu. Zbytky látek plující po hladině přepadávají do nádoby zanořené těsně pod hladinou a za pomoci mamutího čerpadla jsou navraceny zpátky do oblasti aktivace. Přes pilové hrany přepadových žlabů přetéká vyčištěná odpadní voda do jímky, kde jsou umístěny čerpadla vyčištěných splaškových vod (Technická zpráva, 2008).



Obrázek 7 - Celkový pohled na biologické linky (vlastní zdroj)

## 6.4 Čerpací stanice vyčištěné splaškové vody

Z dosazovací nádrže BČOV přitéká vyčištěná odpadní voda do čerpací stanice vyčištěné splaškové vody (obrázek 8). V jímcce čerpací stanice se udržuje neměnná hladina 1,2 m. Odčerpávání zajišťují tři ponorná kalová čerpadla přivádějící vyčištěnou odpadní vodu do potrubí odtoku, které je vybaveno indukčním průtokoměrem, na pojistné nádrže čistírny likvidace odpadních vod (Chára, 2022).



Obrázek 8 - Čerpací stanice vyčištěné splaškové vody (vlastní zdroj)

## 6.5 Likvidace odpadních vod – recipient

Odpadní voda, která je zbavena nežádoucích látek, se z BČOV neodvádí přímo do recipientu. Jelikož je ELE vybavena čistírnou likvidace odpadních vod (obrázek 9), kam odchází veškeré technologické a dešťové vody z celého areálu ELE, využívá se možnost čerpat vyčištěnou odpadní vodu z BČOV do uklidňovacích komor před jejich pojistné nádrže (Chára, 2022). V tabulce 8 jsou zobrazeny hodnoty průměrných (p) a maximálních (m) ukazatelů znečištění v odpadních vodách na výstupu z čistírny likvidace odpadních vod povolené integrovaným povolením č. j. 8774/04/42512/05/ŽPZ/IP-43/Rc z dne 8. 8. 2005 včetně všech později vydaných změn. Dále je vyobrazen hmotnostní tok. V tabulce 9 je uvedeno povolené množství vypouštění odpadních vod z čistírny likvidace odpadních vod.

Tabulka 8 - Povolené vypouštěné znečištění odpadních vod z ELE do vod povrchových dle integrovaného povolení

Ukazatel	Hodnota „p“ mg/l	Hodnota „m“ mg/l	Hmotnostní tok t/rok
pH	7-9	7-9	-
CHSK <sub>Cr</sub>	60	70	280
BSK <sub>5</sub>	10	12	50
NL	40	44	200
P <sub>celk</sub>	0,7	0,8	2
RAS	1200	1400	3200
C10 – C40	0,5	0,6	3
Hg	Nestanovuje se	0,01	0,075



Obrázek 9 - Čistírna likvidace odpadních vod (vlastní zdroj)

Tabulka 9 - Povolené množství vypouštění odpadních vod z čistírny likvidace odpadních vod

Průměrné množství l/s	Maximální množství l/s	Maximální množství m <sup>3</sup> /měsíc	Maximální množství m <sup>3</sup> /rok
238	540	650 000	7 500 000

Veškeré vyčištěné odpadní vody jsou z LOV odváděny do recipientu Bílina. Správcem vodního toku je Povodí Ohře, státní podnik.

## 6.6 Dmychárna

Umístění dmychadel je v samostatné místnosti budovy BČOV (obrázek 10). Tři jednotky (2 x GM 3S-5G/DN50 Aerzen a 1 x BAH 6/10 Lutos), produkují nízkotlaký vzduch pro provoz linek BČOV. Dmychadla č. 1 Aerzen a č. 3 Lutos, jsou určeny na provzdušnění aktivačních nádrží a odtah plovoucích nečistot s průtokem vzduchu 42 až 126 m<sup>3</sup>/h, kdy

dmyhadla pracují v režimu 1 + 1 a jejich regulaci zajišťuje frekvenční měnič. Dmyhadlo č. 2 Aerzen se používá na provzdušnění kalojemů s průtokem vzduchu 38 až 126 m<sup>3</sup>/h. Součástí dmychárny je také dvoupístový kompresor SKS 9/100 Orlík, který se používá jako zdroj vzduchu pro mamutku vertikálního lapáku písku (Chára, 2022).



Obrázek 10 - Dmyhadle s kompresorem (vlastní zdroj)

## 6.7 Kalojem

Součástí BČOV je také kalojem (obrázek 11), který je rozdělen na dvě části. Přebytečný kal z vestavěné dosazovací nádrže je čerpán do první části kalojemu, kde dochází k procesu gravitačního zahušťování. Odsazená kalová voda přetéká přepadem do druhé části kalojemu a po nastoupení hladiny je ručně přečerpána do čerpací stanice surové splaškové vody. Kalojem je opatřen sondou na měření rozhraní vody a kalu. Indikace sondy oznamuje zajištění likvidace kalu, kterou provádí externí firma (Chára, 2022).



Obrázek 11 - Kalojem (vlastní zdroj)



## 6.8 Dávkování externího substrátu

BČOV je vybavena zařízením na dávkování externího substrátu (obrázek 12), které bylo doplněno cca 3 roky po uvedení provozu. Tato technologie byla doplněna z důvodu toho, že přiváděné znečištění na BČOV bylo tak nízké a tím docházelo k rozpadu vloček aktivovaného kalu, což vedlo ke zhoršeným výsledkům na odtoku. Jako externí substrát byl zvolen připraven Brenntaplus VP 1, který je směsí alkoholu, cukru a proteinu. Dávkování je zavedeno do denitrifikační části BČOV pomocí elektromagnetického čerpadla z 1 m<sup>3</sup> IBC kontejneru (Chára, 2022).



Obrázek 12 - Dávkování externího substrátu (vlastní zdroj)

## 7. Vyhodnocení provozu BČOV elektrárny Ledvice

Tato část se věnuje zpracování a vyhodnocení údajů mezi lety 2019 – 2022. Konkrétně se jedná o měření průtoku a sledování ukazatelů BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, NL, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N<sub>celk</sub>, P<sub>celk</sub>, KI a dávky externího substrátu. Vyhodnocení sledovaných ukazatelů je konfrontováno s hodnotami danými Nařízením 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 pro kategorie ČOV 500 – 2000 EO.

### 7.1 Množství odpadní vody

Mezi lety 2019 – 2022 byly zaznamenány průtoky odpadní vody, které jsou znázorněny v tabulce 10. Měření množství přitékající odpadní vody probíhalo na přítoku do BČOV. Linky byly naprojektovány v průměru na průtok 107 m<sup>3</sup>/d. Z důvodu velké kapacity linek, byla po celou dobu sledovaného období v provozu výhradně jedna linka, tudíž jsou projektované hodnoty uvedené v tabulce 10 poloviční.

V roce 2020 byl ze sledovaného období naměřen nejnižší průměrný průtok, a to 12,3 m<sup>3</sup>/d, což je 23 % projektované hodnoty. Oproti tomu nejvyšší naměřený průtok v roce 2023 dosahoval průměrný průtok 15,4 m<sup>3</sup>/d, což je 29 % projektované hodnoty. Rozdíl mezi rokem 2020 a 2023 činí 3,1 m<sup>3</sup>/d.

Tabulka 10 - Množství odpadní vody v letech 2019-2022

období	celkem m <sup>3</sup> /rok	průtok m <sup>3</sup> /d	průtok m <sup>3</sup> /h	průtok l/s
2019	4 579	12,5	0,52	0,145
2020	4 499	12,3	0,51	0,143
2021	4 998	13,7	0,57	0,158
2022	5 606	15,4	0,64	0,178
Projekt	-	53,5	2,23	0,619

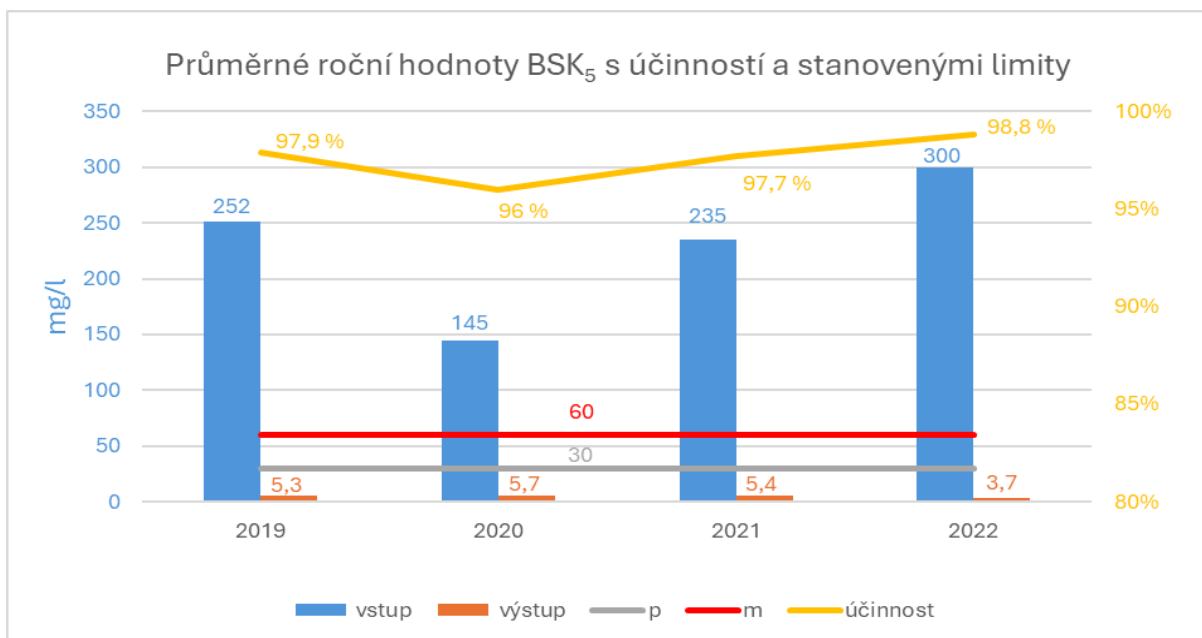
## 7.2 Vyhodnocení dle ukazatele BSK<sub>5</sub>

Výpočty a vyhodnocení ukazatele BSK<sub>5</sub> je uvedeno v tabulce 11. Během sledované periody mezi lety 2019 – 2022, nebyla ani v jednom z naměřených vzorků překročena přípustná, ani maximální hodnota vyčištěných odpadních vod (obrázek 13).

Tabulka 11 - Vyhodnocení hodnot BSK<sub>5</sub> na vstupu a výstupu v letech 2019 – 2022

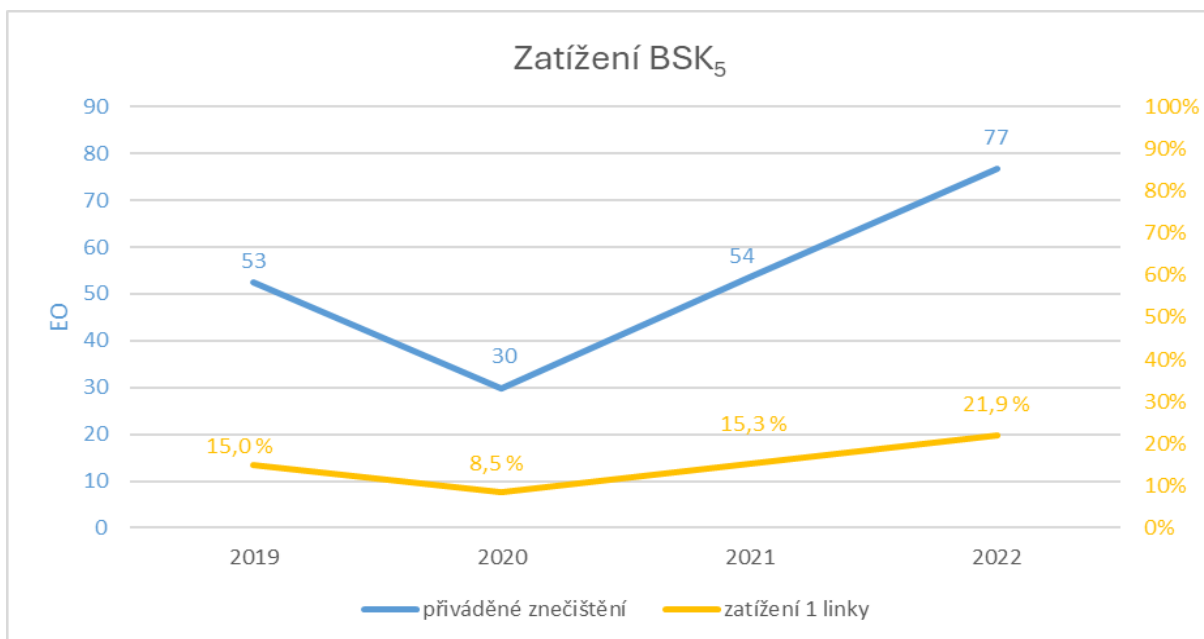
parametry	jednotka	2019	2020	2021	2022
průměrná koncentrace vstup	mg/l	252	145	235	300
průměrná koncentrace výstup	mg/l	5,3	5,7	5,4	3,7
přiváděné znečištění	kg/d	3,16	1,79	3,22	4,60
	EO	53	30	54	77
vypouštěné znečištění	kg/d	0,066	0,071	0,075	0,057
odstraněné znečištění	kg/d	3,09	1,72	3,15	4,55
účinnost čištění	%	97,9	96,0	97,7	98,8
zatížení 1 linky	%	15,0	8,5	15,3	21,9

Na obrázku 13 a 14 jsou graficky znázorněny výsledky vyhodnocení uvedené v tabulce 11 z let 2019 – 2022.



Obrázek 13 - Průměrné roční hodnoty BSK<sub>5</sub> v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny





Obrázek 14 - Zatížení BČOV dle ukazatele BSK<sub>5</sub> z let 2019 – 2022

Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že v roce 2020 bylo přiváděné znečištění ve srovnání s ostatními lety nejnižší (30 EO). Nejvyšší přiváděné znečištění (77 EO) bylo v roce 2022, což odpovídá 21,9 % projektované kapacity jedné linky.

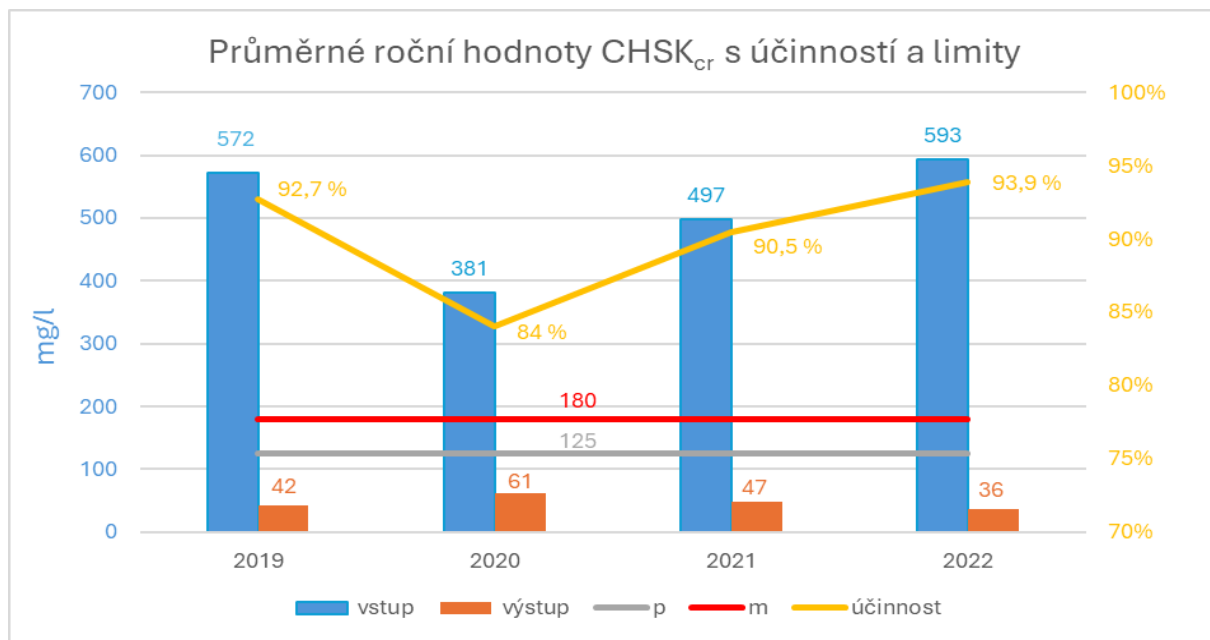
### 7.3 Vyhodnocení dle ukazatele CHSK<sub>Cr</sub>

Výpočty a vyhodnocení ukazatele CHSK<sub>Cr</sub> je uvedeno v tabulce 12. Během sledované periody mezi lety 2019 – 2022, nebyla ani v jednom z naměřených vzorků překročena přípustná ani maximální hodnota (obrázek 15).

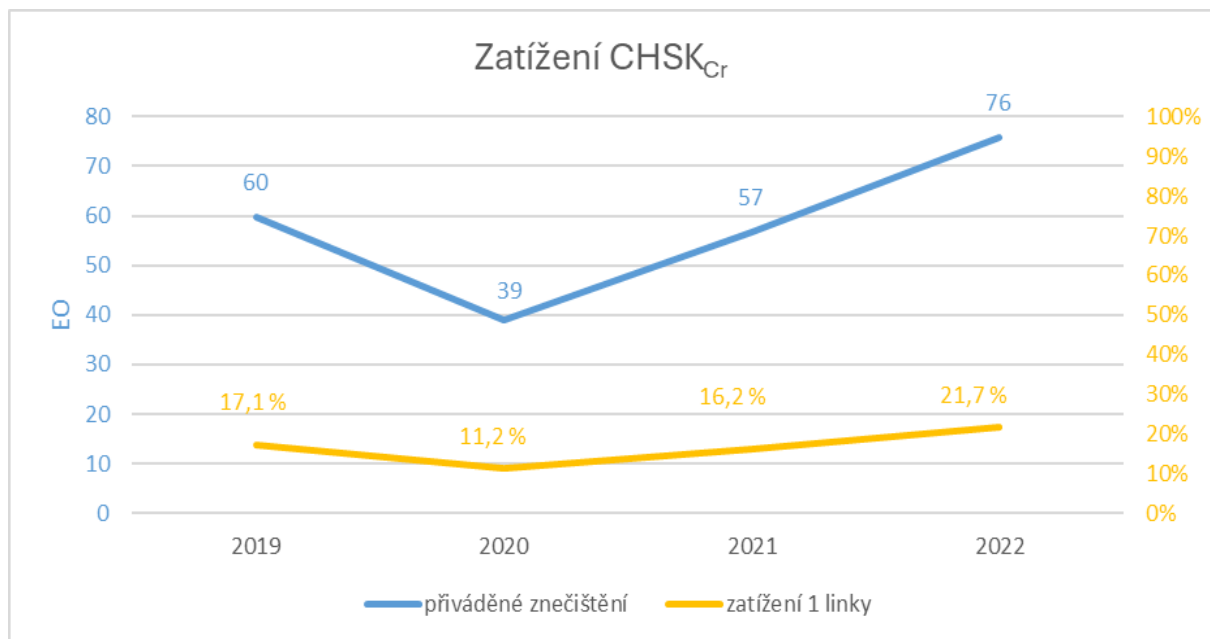
Tabulka 12 - Vyhodnocení hodnot CHSK<sub>Cr</sub> na vstupu a výstupu v letech 2019 – 2022

parametry	jednotka	2019	2020	2021	2022
průměrná koncentrace vstup	mg/l	572	381	497	593
průměrná koncentrace výstup	mg/l	42	61	47	36
přiváděné znečištění	kg/d	7,18	4,69	6,81	9,11
	EO	60	39	57	76
vypouštěné znečištění	kg/d	0,526	0,749	0,647	0,559
odstraněné znečištění	kg/d	6,66	3,94	6,16	8,55
účinnost čištění	%	92,7	84,0	90,5	93,9
zatížení 1 linky	%	17,1	11,2	16,2	21,7

Na obrázku 15 a 16 jsou graficky znázorněny výsledky vyhodnocení uvedené v tabulce 12 z let 2019 – 2022.



Obrázek 15 - Průměrné roční hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinnostmi čistírny



Obrázek 16 - Zatížení BČOV dle ukazatele CHSK<sub>Cr</sub> z let 2019 – 2022

Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že v roce 2020 bylo přiváděné znečištění ve srovnání s ostatními lety nejnižší (39 EO). Nejvyšší přiváděné znečištění (76 EO) bylo v roce 2022, což odpovídá 21,7 % projektované kapacity jedné linky.

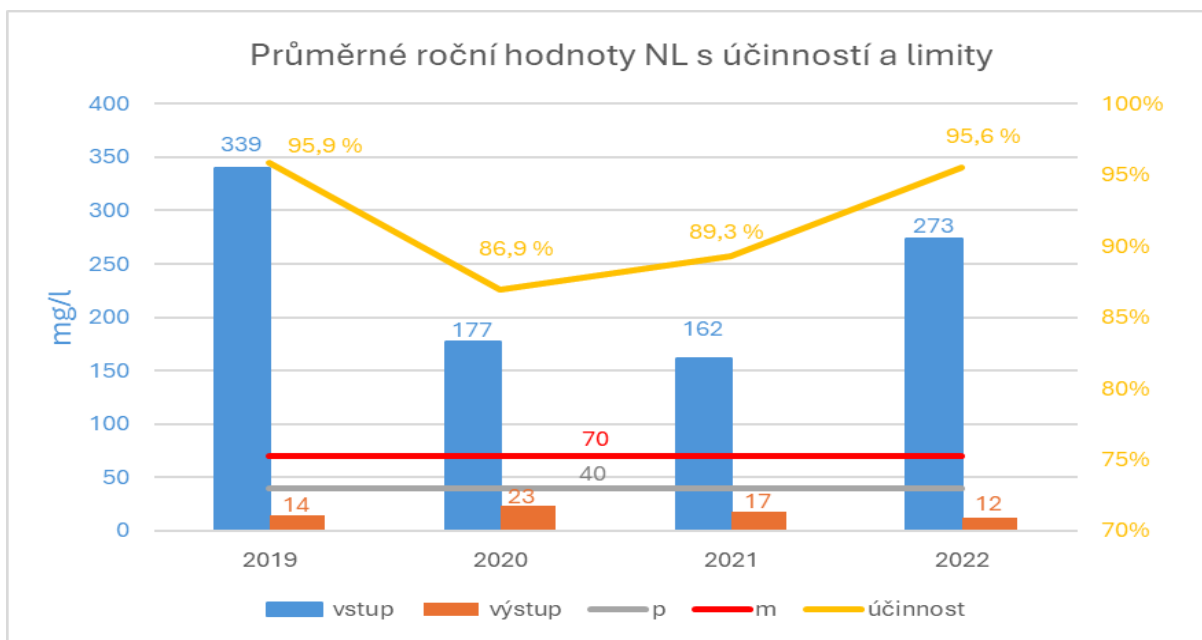
## 7.4 Vyhodnocení dle ukazatele NL

Výpočty a vyhodnocení ukazatele NL je uvedeno v tabulce 13. Během sledované periody mezi lety 2019 – 2022, nebyla ani v jednom z naměřených vzorků překročena přípustná ani maximální hodnota (obrázek 17).

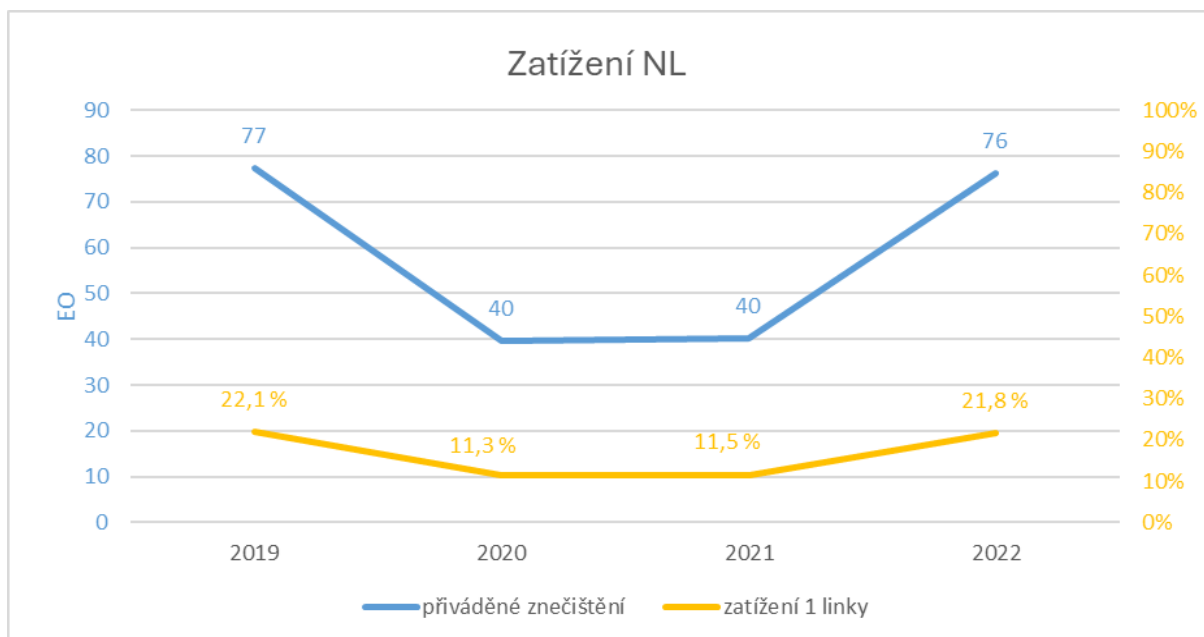
Tabulka 13 - Vyhodnocení hodnot NL na vstupu a výstupu v roce 2019 – 2022

parametry	jednotka	2019	2020	2021	2022
průměrná koncentrace vstup	mg/l	339	177	162	273
průměrná koncentrace výstup	mg/l	14	23	17	12
přiváděné znečištění	kg/d	4,26	2,18	2,21	4,19
	EO	77	40	40	76
vypouštěné znečištění	kg/d	0,174	0,286	0,236	0,186
odstraněné znečištění	kg/d	4,08	1,90	1,98	4,01
zatížení 1 linky	%	22,1	11,3	11,5	21,8

Na obrázku 17 a 18 jsou graficky znázorněny výsledky vyhodnocení uvedené v tabulce 13 z let 2019 – 2022.



Obrázek 17 - Průměrné roční hodnoty NL v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny



Obrázek 18 - Zatížení BČOV dle ukazatele NL z let 2019 – 2022

Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že rok 2020 bylo přiváděné znečištění ve srovnání s ostatními lety nejnižší (40 EO). Nejvyšší přiváděné znečištění (76 EO) bylo v roce 2022, což odpovídá 21,8 % projektované kapacity jedné linky.

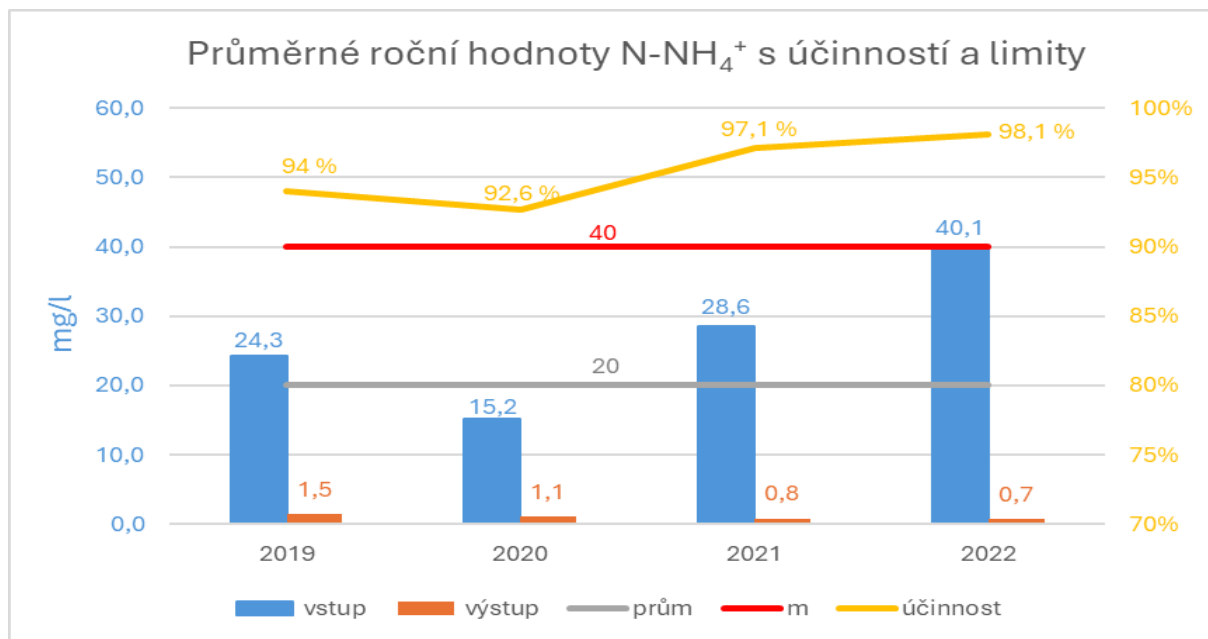
## 7.5 Vyhodnocení dle ukazatele N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Výpočty a vyhodnocení ukazatele N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> je uvedeno v tabulce 14. Během sledované periody mezi lety 2019 – 2022, nebyla ani v jednom z naměřených vzorků překročena průměrná (aritmetický průměr koncentrací za kalendářní rok) ani maximální hodnota (obrázek 19).

Tabulka 14 - Vyhodnocení hodnot N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na vstupu a výstupu v roce 2019 – 2022

parametry	jednotka	2019	2020	2021	2022
průměrná koncentrace vstup	mg/l	24,3	15,2	28,6	40,1
průměrná koncentrace výstup	mg/l	1,5	1,1	0,8	0,7
přiváděné znečištění	kg/d	0,31	0,19	0,39	0,62
vypouštěné znečištění	kg/d	0,018	0,014	0,011	0,011
odstraněné znečištění	kg/d	0,29	0,17	0,38	0,60
účinnost čištění	%	94,0	92,6	97,1	98,1

Na obrázku 19 jsou graficky znázorněny výsledky vyhodnocení uvedené v tabulce 14 z let 2019 – 2022.



Obrázek 19 - Průměrné roční hodnoty N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny

Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že v roce 2020 byly koncentrace N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve srovnání s ostatními lety nejnižší. Nejvyšší průměrná koncentrace na vstupu 40,1 mg/l byla v roce 2022.

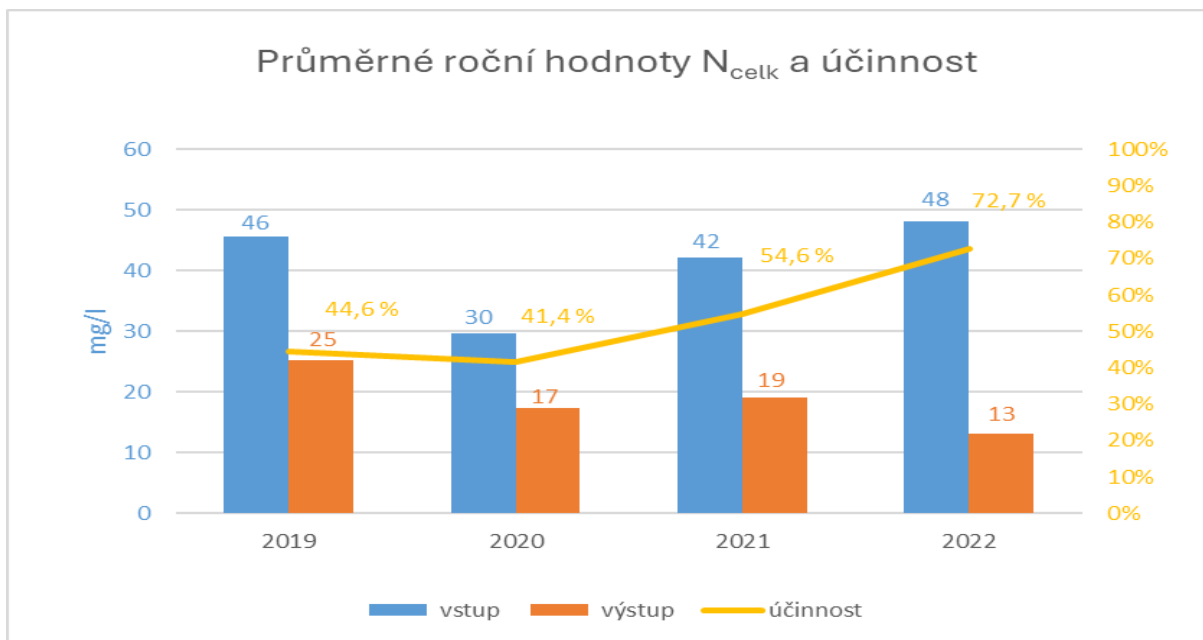
## 7.6 Vyhodnocení dle ukazatele N<sub>celk</sub>

Výpočty a vyhodnocení ukazatele N<sub>celk</sub> je uvedeno v tabulce 15. Emisní standardy nejsou pro ČOV kategorie 500 – 2 000 EO stanoveny.

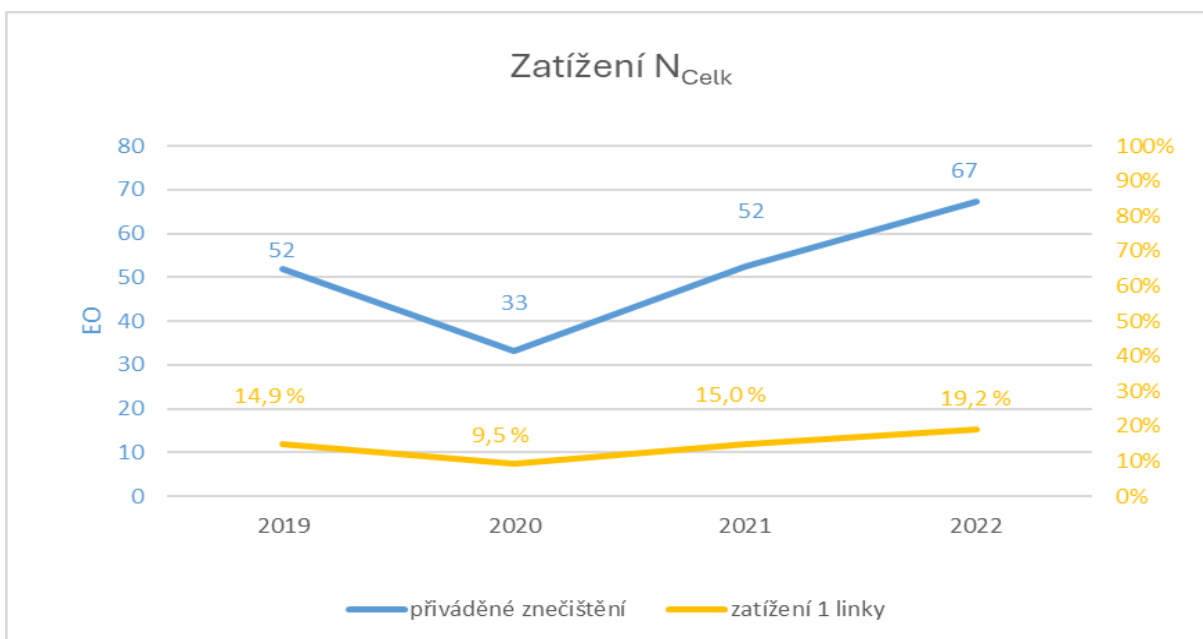
Tabulka 15 - Vyhodnocení hodnot N<sub>celk</sub> na vstupu a výstupu v roce 2019 – 2022

parametry	jednotka	2019	2020	2021	2022
průměrná koncentrace vstup	mg/l	46	30	42	48
průměrná koncentrace výstup	mg/l	25	17	19	13
přiváděné znečištění	kg/d	0,57	0,36	0,58	0,74
	EO	52	33	52	67
vypouštěné znečištění	kg/d	0,317	0,213	0,262	0,202
odstraněné znečištění	kg/d	0,26	0,15	0,31	0,54
účinnost čištění	%	44,6	41,4	54,6	72,7
zatížení 1 linky	%	14,9	9,5	15,0	19,2

Na obrázku 20 a 21 jsou graficky znázorněny výsledky vyhodnocení uvedené v tabulce 15 z let 2019 – 2022.



Obrázek 20 - Průměrné roční hodnoty  $N_{\text{celk}}$  v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV s účinností čistírny



Obrázek 21 - Zatížení BČOV dle ukazatele  $N_{\text{celk}}$  z let 2019 – 2022

Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že v roce 2020 bylo přiváděné znečištění ve srovnání s ostatními lety (33 EO) nejnižší. Nejvyšší přiváděné znečištění (67 EO) bylo v roce 2022, což odpovídá 19,2 % projektované kapacity jedné linky.

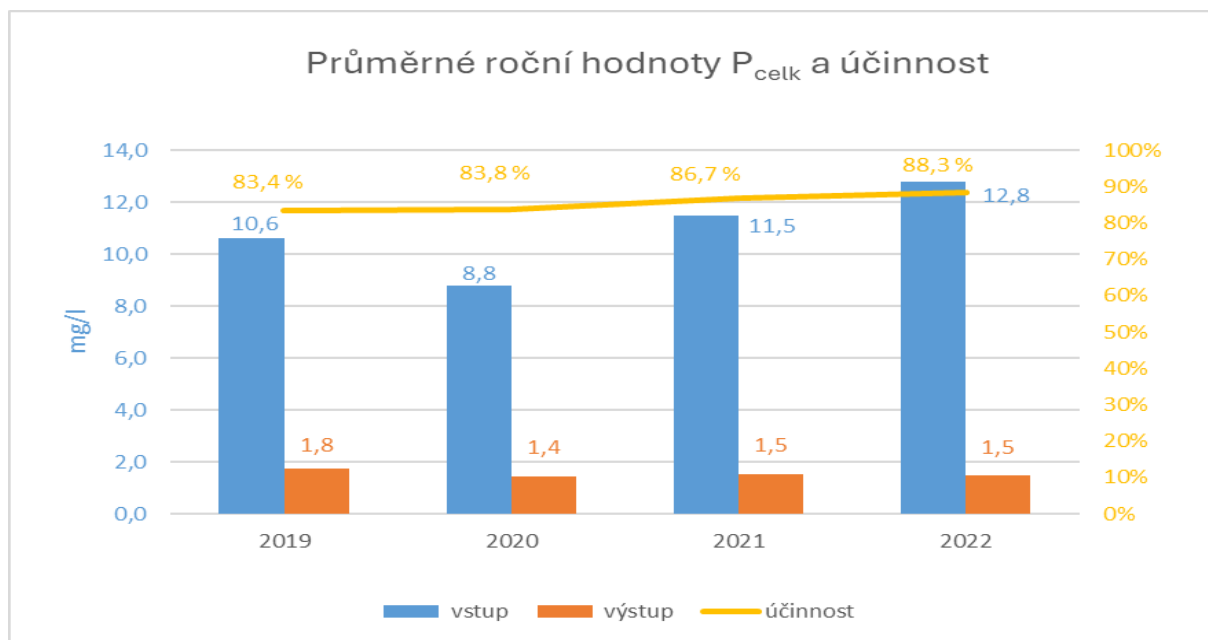
## 7.7 Vyhodnocení dle ukazatele $P_{\text{celk}}$

Výpočty a vyhodnocení ukazatele  $P_{\text{celk}}$  je uvedeno v tabulce 16. Emisní standardy nejsou pro ČOV kategorie 500 – 2 000 EO stanoveny.

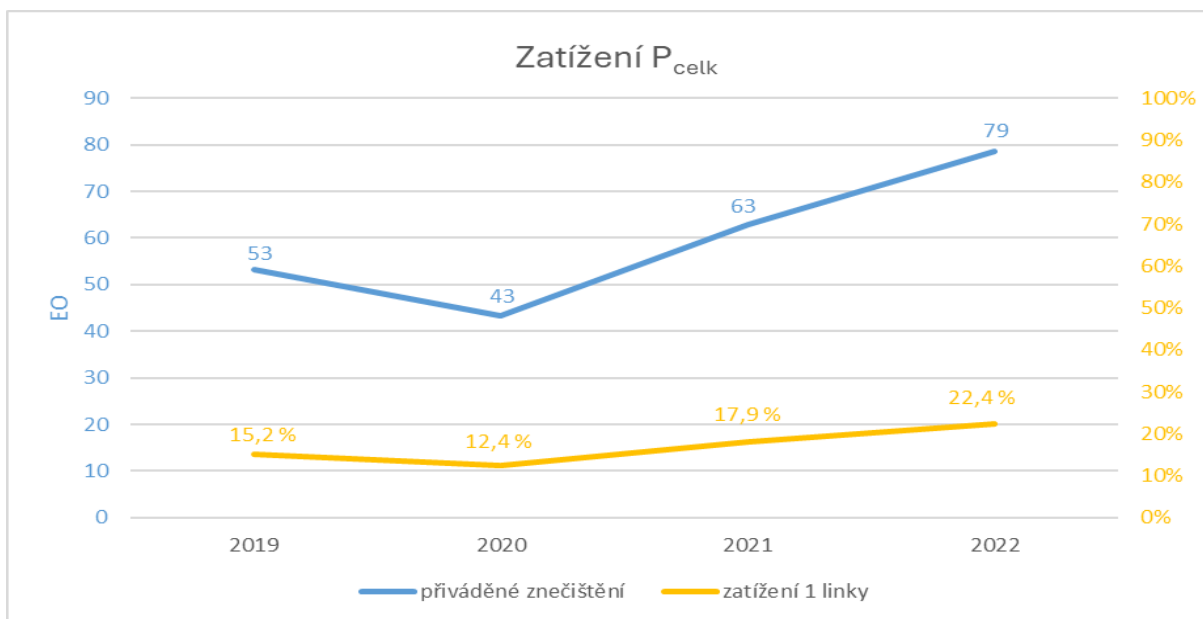
Tabulka 16 - Vyhodnocení hodnot  $P_{\text{celk}}$  na vstupu a výstupu v letech 2019 – 2022

parametry	jednotka	2019	2020	2021	2022
průměrná koncentrace vstup	mg/l	10,6	8,8	11,5	12,8
průměrná koncentrace výstup	mg/l	1,8	1,4	1,5	1,5
přiváděné znečištění	kg/d	0,13	0,11	0,16	0,20
	EO	53	43	63	79
vypouštěné znečištění	kg/d	0,022	0,017	0,021	0,023
odstraněné znečištění	kg/d	0,11	0,09	0,14	0,17
účinnost čištění	%	83,4	83,8	86,7	88,3
zatížení 1 linky	%	15,2	12,4	17,9	22,4

Na obrázku 22 a 23 jsou graficky znázorněny výsledky vyhodnocení uvedené v tabulce 16 z let 2019 – 2022.



Obrázek 22 - Průměrné roční hodnoty  $P_{\text{celk}}$  v letech 2019–2022 na vstupu a výstupu z BČOV s účinností čistírny

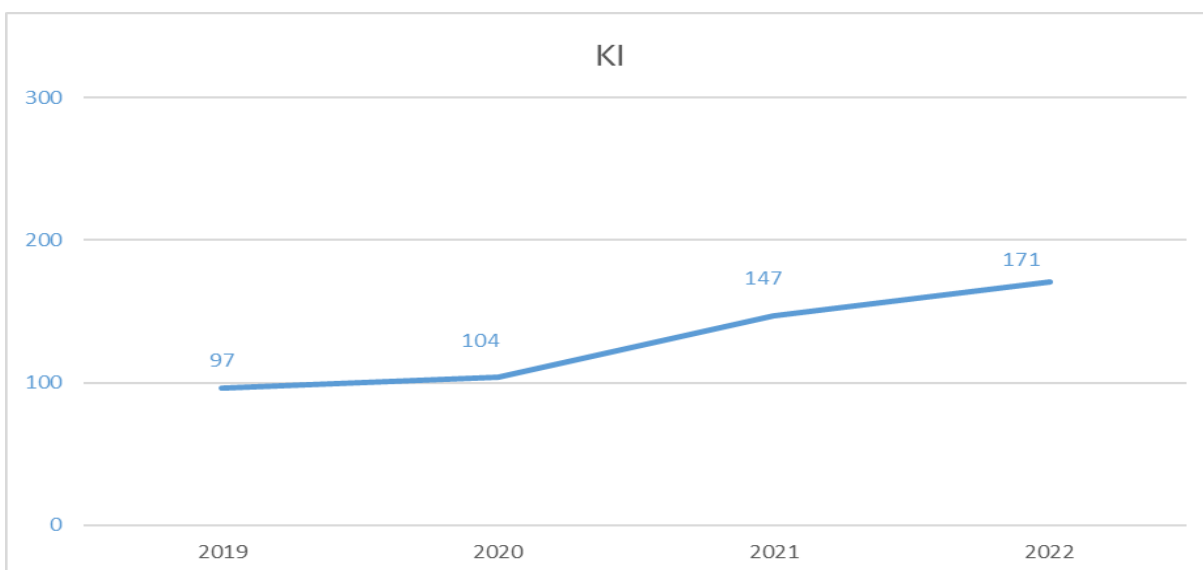


Obrázek 23 - Zatížení BČOV dle ukazatele  $P_{celk}$  z let 2019–2022

Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že v roce 2020 bylo přiváděné znečištění ve srovnání s ostatními lety (43 EO) nejnižší. Nejvyšší přiváděné znečištění (79 EO) bylo v roce 2022, což odpovídá 22,4 % projektované kapacity jedné linky.

## 7.8 Vyhodnocení kalového indexu

Mezi lety 2019 – 2022 se hodnoty KI pohybovaly v průměru od 97 do 171 g/ml (obrázek 24). Od roku 2020 je patrný stoupající trend průměrného kalového indexu.



Obrázek 24 - Průměrné hodnoty KI v mg/l v letech 2019 – 2022



## 7.9 Vyhodnocení dávkování externího substrátu

V tabulce 17 je uvedeno vyhodnocení dávkování externího substrátu. Rok 2021 je rozdělen na dobu provozu před a po změně provozovatele jídelny.

Tabulka 17 - Vyhodnocení dávkování externího substrátu v roce 2019 – 2022

parametry	jednotka	2019	2020	2021 do 30.6.	2021 od 1.7.	2022
průměrná dávka	ml/min	6,3	7,0	8,2	7,8	6,5
průměrná spotřeba	l/týden	64	71	83	78	65
týdny provozu	týden	36	35	18	11	21
spotřeba	l/rok	2 286	2 475	1 488	859	1 369

Z tabulky je patrné, že v roce 2020 byla nejvyšší spotřeba externího substrátu. Od druhé poloviny roku 2021, po změně provozovatele jídelny, je patrný pokles spotřeby externího substrátu. Data z roku 2022 tento pokles potvrzují.

## 8. Diskuse

BČOV byla realizována spolu s výstavbou bloku 6 z důvodu zvýšeného množství externích zaměstnanců s tím, že po dostavbě bloku bude využívána pouze jedna linka a druhá bude sloužit jako záložní. Předpoklady se ale nevyplnily, jelikož externí firmy v té době začaly využívat pro své zaměstnance mobilní toalety. Z tohoto důvodu bylo na přítoku do BČOV výrazně nižší reálné zatížení, než byl předpoklad. Následkem nízkého zatížení bylo kolísání CHSK a tvoření velmi jemných vloček kalu, s kterými si nedokázala BČOV poradit. Tím docházelo k úniku nerozpuštěných látek do odtoku. U CHSK tvoří zásadní skupinu organické látky, které jsou přiváděny spolu s odpadní vodou, což potvrzuje Horáková (2003). Těchto organických látek byl nedostatek, a proto musela být krátce po spuštění zkušebního provozu oslovena firma Brenntag CR, s. r. o., aby provedla zkoušku s dávkováním externího substrátu VP1. Dávkování substrátu mělo zajistit efektivitu procesu čištění a problémy s nedostatkem organických látek vyřešit. Ukázalo se, že dávkování substrátu mělo velmi příznivý vliv na kvalitu vyčištěné vody, hodnoty CHSK se začaly stabilizovat a BČOV začala bez problémů splňovat limity pro svůj provoz. Zajímavé je, že Hlouček et al., (2019) popisuje dávkování externího substrátu se souvislostí s plněním limitu Ncelk a teplotou odpadní vody v denitrifikaci, ne však ve spojení s organickými látkami.

Z naměřených průtoků sledovaného období lze vyčíst pokles průtoku v roce 2020, kdy vypukla pandemie COVID-19. Vzhledem k opatřením, které firma vydala, byla zredukována obsazenost směnových a administrativních pracovníků na nezbytné minimum. Nárůst zaměstnanců pracujících z domova, a to v celé EU, který se odehrával zejména v první vlně epidemie na jaře 2020, potvrzuje Llave et al., (2022) ve svém článku „Telework has changed the world of work“

Zajímavé je, že pokles průtoku oproti roku 2019, nebyl nijak významný, což by mohlo souviset s tím, že na pracovišti bylo sice v roce 2020 přítomno méně pracovníků, ale byla zvýšená spotřeba vody v důsledku vyšších nároků na hygienická opatření související s pandemií, tj. odpadní vody byly více naředěné. Teorii o naředěné odpadní vodě na ČOV vlivem pandemie COVID-19 potvrzuje článek v odborném časopisu „Vodohospodářské technickoekonomické informace“, kde na základě monitoringu odpadních vod, prováděné v jarní vlně epidemie nemoci COVID-19 v roce 2020, je naředěná voda v ČOV jedním z faktorů, při zjištění absence viru COVID-19 (Mlejnková et al., 2021). Od poloviny roku

2021 se pak průtok začal navyšovat z důvodu změny provozovatele jídelny a nejvyšší průtok byl naměřen v roce 2022. Oproti roku 2019 se průtok v roce 2022 navýšil o 23,2 %.

Podobný závěr vyplývá i z vyhodnocení přiváděného znečištění, které se pohybovalo mezi 30 až 79 EO. Nejnižší přiváděné znečištění bylo zaznamenáno podobně jako u průtoku v roce 2020, v tomto případě byl ale pokles oproti roku 2019 výrazně vyšší, což je dáno tím, že na BČOV přitékaly odpadní vody s výrazně nižšími koncentracemi u jednotlivých ukazatelů, tj. více naředěné. Pokles přiváděného znečištění v roce 2020 oproti roku 2019 činil 43,4 % dle BSK<sub>5</sub>, 35,0 % dle CHSK<sub>Cr</sub>, 48,1 % dle NL, 36,5 % dle N<sub>celk</sub> a 18,9 % dle P<sub>celk</sub>. Nejvyšší přiváděné znečištění bylo zaznamenáno v roce 2022 a oproti roku 2019 se navýšilo o 45,3 % dle BSK<sub>5</sub>, 26,7 % dle CHSK<sub>Cr</sub>, 28,8 % dle N<sub>celk</sub> a 49,1 % dle P<sub>celk</sub>. U ukazatele NL bylo přiváděné znečištění v letech 2019 a 2022 shodné.

Díky změně provozovatele v polovině roku 2021 došlo nárůstu objemu produkované odpadní vody, v důsledku čehož klesla spotřeba externího substrátu cirká o 40 % oproti stavu před změnou provozovatele jídelny. Příčina, proč tomu tak bylo je skutečnost, že externí substrát byl dávkován v závislosti na koncentraci aktivovaného kalu v biologickém stupni, tj. v závislosti na produkci aktivovaného kalu.

Z výše uvedeného porovnání let 2019 a 2022 tedy vyplývá, že od poloviny roku 2021 začalo přitékat nejenom větší množství vod, ale přiváděné odpadní vody byly současně koncentrovanější.

Z celkového vyhodnocení provozu BČOV v ELE vyplývá, že čistírna splňuje veškeré standardy nařízené legislativou České republiky a Evropskou unií pro kvalitu vyčištěných odpadních vod, včetně předepsaných limitních hodnot účinnosti.

## 9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat nashromážděná data a z nich posoudit dopad pandemie COVID-19 a nového provozovatele jídelny na chod BČOV. Z poznatků a pozorování, získaných při vypracování této bakalářské práce lze potvrdit nepříznivý vliv pandemie COVID-19 na chod BČOV, kdy byla z hygienických důvodů zvýšená spotřeba vody, což vedlo k nařazení odpadních vod. Naopak větší zatíženost čistírny z důvodu vyšší produkce splaškové odpadní vody z jídelny působila velmi příznivě na chod BČOV, protože s sebou začala přinášet více organických látek.

Výsledky bakalářské práce budou sloužit pro optimalizaci BČOV ELE. Při zpracovávání dat se ukázalo, že odběr vzorků měl v určitých dnech značný rozptyl. Na základě komunikace s provozem chemie autor navrhuje, aby byl proveden výzkum, který stanoví prostor s nejvyšší koncentrací znečištění v biologické části čistírny, pro zajištění standardizovaného postupu odběru vzorků.

Protože se v důsledku změny provozovatele jídelny navýšilo zatížení BČOV již na 22 % projektované hodnoty BSK<sub>5</sub>, předpokládá se, že bude nutné externí substrát dávkovat pouze na překlenutí období, kdy je v elektrárně přítomno výrazně méně zaměstnanců a jídelna není v provozu. Tím dojde k výraznému snížení provozních nákladů BČOV.

Dle názoru autora, které je podpořeno zpracováním dat, by pro potřeby ELE dostačovala čistírna s EO do 500 obyvatel, která by daleko ekonomičtěji dokázala vyčistit splaškové odpadní vody.

## 10. Seznam použitých zdrojů

### Použitá literatura

ČÍŽEK, Pavel; KONÍČEK, Zdeněk a HEREL, František, 1970. *Stokování a čištění odpadních vod: celostátní učebnice pro vysoké školy*. Řada stavební literatury. Praha: SNTL.

DOHÁNYOS, Michal; KOLLER, Jan a STRNADOVÁ, Nina, 1998. *Čištění odpadních vod*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 80-7080-316-9.

GRODA, Bořivoj; VÍTĚZ, Tomáš; MACHALA, Martin; FOLLER, Jan; SURÝNEK, David a MUSIL, Jaromír, 2007. *Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.

HLAVÍNEK, Petr a HLAVÁČEK, Jiří, 1996. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Brno: Noel 2000. ISBN 8086020002.

HLAVÍNEK, Petr; MIČÍN, Jan a PRAX, Petr, 2001. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000. ISBN 80-86020-30-4.

HLAVÍNEK, Petr; MIČÍN, Jan; PRAX, Petr; MIFEK, Radim a HLUŠTÍK, Petr, 2006. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: VUT v Brně.

HORÁKOVÁ, Marta; JANDA, Václav; KOLEROVÁ, Lubica; PALATÝ, Jiří; KOUBÍKOVÁ, Jana; POKORNÁ, Dana; PTÁKOVÁ, Hana; SCHEJBAL, Petr; SMRČKOVÁ, Štěpánka; STRNADOVÁ, Nina; SÝKORA, Vladimír, 2003. *Analytika vody*. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-520-6.

CHEJNOVSKÝ, Pavel, 2007. *Osoba oprávněná k provozování vodovodů a kanalizací*. Líbeznice: Pro Vyšší odbornou školu stavební a Střední školu stavební Vysoké Mýto vydalo vydavatelství Medim. ISBN 978-80-87140-04-8.

CHUDOBA, Jan; WANNER, Jiří a DOHÁNYOS, Michal, 1991. *Biologické čištění odpadních vod: vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemicko-technologické*. Praha: SNTL. ISBN 80-03-00611-2.

CHUDOBA, Jan, 1991. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: Koneko. ISBN 80-85122-09-X.

- JUNGA, Petr; VÍTĚZ, Tomáš; VÍTĚZOVÁ, Monika; TRÁVNÍČEK, Petr a GERŠL, Milan, 2015. *Technika pro zpracování odpadů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.
- KALACH, Pavel; TRÍSKA, Jan; KOLÁŘ, Ladislav a JÍROVCOVÁ, Eva, 2010. *Chemie životního prostředí*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 978-80-7394-232-8.
- LANGHAMMER, Jakub, 2002. *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- MALÝ, Josef a MALÁ, Jitka, 1996. *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL.
- MLEJNSKÁ, Eva; ROZKOŠNÝ, Miloš a BAUDIŠOVÁ, Dana, 2015. *Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. ISBN 978-80-87402-44-3.
- MLYNÁŘ, Martin a HOLUB, Tomáš, 2019. *Standardy vodárenských a kanalizačních zařízení města Kolína pro období 2019–2024*. Kolín: VODOS.
- NYPL, Vladimír; Synáčková, Marcela, 1998. *Zdravotně inženýrské stavby 30: Stokování*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-01729-X
- POŠTA, Josef et al., 2005. *Čistírny odpadních vod*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta. ISBN 80-213-1366-8.
- RICHTER, Miroslav, 2014. *Technologie ochrany životního prostředí. Část I. Ochrana čistoty vod*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí.
- SOJKA, Jan, 2013. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy*. Profi & hobby. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4504-6.
- SYNÁČKOVÁ, Marcela, 2014. *Vodárenství a stokování*. Praha: ČZÚ.
- TUČEK, Ferdinand; CHUDOBA, Jan a KONÍČEK, Zdeněk, 1988. *Základní procesy a výpočty v technologii vody*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- VYSKOČ, Petr; PICEK, Jiří; FILIPPI, Renata a SEMERÁDOVÁ, Silvie, 2014. *Metodika hodnocení dopadu emisí na vodní prostředí. Certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Veřejná výzkumná instituce.

ZAVADIL, Josef, 2008. *Kritéria využití městských odpadních vod k závlaze zemědělských plodin: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-904027-5-1.

### **Použitá zahraniční literatura**

ANDERSON, Natalia; SNAITH, Rob; MADZHAROVA, Gratsiela; BONFAIT, Julie; DOYLE, Lauren et al., 2021. *Sewage sludge and the circular economy*. Denmark: European Environment Agency.

DANIELS, Justin A. (ed.), 2017. *Advances in Environmental Research. Volume 55*. New York: Nova publishers. ISBN 978-1-53610-904-7.

HENZE, Mogens; LOOSDRECHT, Mark CM van; EKAMA, George a BRDJANOVIC, Damir, 2008. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*. IWA Publishing. ISBN 9781780401867.

LIU, David H.F. a LIPTÁK, Béla G., 1999. *Wastewater Treatment*. Taylor & Francis. ISBN 1-56670-515-0

QASIM, Syed R. a ZHU, Guang, 2018. *Wastewater Treatment and Reuse, Theory and Design Examples. Volume 1.: Principles and Basic Treatment*. Taylor & Francis. ISBN 9781138300897.

ROZKOŠNÝ, Miloš; KRIŠKA, Michal; ŠÁLEK, Jan; BODÍK, Igor a ISTENIČ, Darja, 2014. *Natural technologies of wastewater treatment*. Praha: Global Water Partnership Central and Eastern Europe. ISBN 978-80-214-4831-5.

RUSSELL, David L., 2006. *Practical wastewater treatment*. New Jersey: John Wiley. ISBN 978-0-471-78044-1.

SPELLMAN, Frank R., 2009. *Handbook of water and wastewater treatment plant operations*. CRC Press. ISBN 978-1-4200-7530-4.

SPERLING, Marcos von, 2007a. *Basic principles of wastewater treatment*. Biological wastewater treatment series. London: IWA Publishing. ISBN 9781843391623.

SPERLING, Marcos Von, 2007b. *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. London: IWA Publishing. ISBN 9781780402086.

WANG, Lawrence K.; SHAMMAS, Nazih K.; SELKE, William A. a AULENBACH, Donald B. (ed.), 2010. *Flotation Technology*. Totowa, NJ: Humana Press. ISBN 978-1-58829-494-4.

### Seznam internetových zdrojů

BRINKMANN, Thomas; SANTONJA, Germán Giner; YÜKSELER, Hande; ROUDIER, Serge a SANCHO, Luis Delgado, 2016. *Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách (BAT) pro společné systémy čištění odpadních vod a odpadních plynů a nakládání s nimi v odvětví chemického průmyslu*. Online. Lucemburk: Úřad pro publikace Evropské unie. EUR 28112 EN. Dostupné z: <https://doi.org/10.2791/37535>. [cit. 2024-02-22].

ENVI PROFÍ.CZ, 2006. *Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2006/118/ES o ochraně podzemních vod*. Online. ENVI profi.cz. Dostupné z: <https://www.enviprofi.cz/33/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2006-118-es-o-ochrane-podzemnich-vod-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Em4nFNDRd4wD3a0ax6X6ePhPpA5B5rrwHw/>. [cit. 2024-02-22].

ENVI PROFÍ.CZ, 2018. *č.328/2018 Sb., Vyhláška o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových*. Online. ENVI profi.cz. Dostupné z: [https://www.enviprofi.cz/33/328-2018-sb-vyhlaska-o-postupu-pro-urcovani-znecisteni-odpadnich-vod-provadeni-odectu-mnozstvi-znecisteni-a-mereni-objemu-vypoustenych-odpadnich-vod-do-vod-povrchovych-uniqueidOhwOuzC33qe\\_hFd\\_-jrpTjg6P35xqZySEEfEQD3qIpQCD-vMUnwPlw/?query=Vyhl%E1%B9ka%20%E8.%20328%2F2018%20Sb&serp=1](https://www.enviprofi.cz/33/328-2018-sb-vyhlaska-o-postupu-pro-urcovani-znecisteni-odpadnich-vod-provadeni-odectu-mnozstvi-znecisteni-a-mereni-objemu-vypoustenych-odpadnich-vod-do-vod-povrchovych-uniqueidOhwOuzC33qe_hFd_-jrpTjg6P35xqZySEEfEQD3qIpQCD-vMUnwPlw/?query=Vyhl%E1%B9ka%20%E8.%20328%2F2018%20Sb&serp=1). [cit. 2024-02-22].

EUR-LEX, 2017. *Směrnice 91/271/EHS – čištění městských odpadních vod*. Online. EUR-Lex. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/urban-waste-water-treatment.html>. [cit. 2024-02-22].

EŠIPA, 2000. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky*. Online. Ešipa. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=AZ&CP=02000L0060-20141120>. [cit. 2024-02-22].



EŠIPA, 2020. *Narizení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/741 ze dne 25. května 2020 o minimálních požadavcích na opětovné využívání vody (Text s významem pro EHP)*. Online. Ešipa. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32020R0741>. [cit. 2024-02-22].

KRAJSKÝ ÚŘAD ÚSTECKÉHO KRAJE, 2022. *INTEGROVANÉ POVOLENÍ pro zařízení „Elektrárna Ledvice, zařízení pro výrobu elektrické energie a tepla“*. Online. Krajský úřad Ústeckého kraje, Odbor životního prostředí a zemědělství. Dostupné z: [https://ippc.mzp.cz/ippc/ippc.nsf/\\$pid/MZPPRHT3EF05](https://ippc.mzp.cz/ippc/ippc.nsf/$pid/MZPPRHT3EF05). [cit. 2024-02-27].

*Narizení 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*, 2015. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>. [cit. 2024-02-22].

TZB-INFO, 2001. *Zákon č. 274/2001 Sb. Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. Online. TZB-info. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-274-2001-sb-o-vodovodech-a-kanalizacich-pro-verejnou-potrebu-a-o-zmene-nekterych-zakonu-zakon-o-vodovodech-a-kanalizacich>. [cit. 2024-02-22].

*Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*, 2001. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>. [cit. 2024-02-22].

## Články

AHMED, S.F.; MOFIJUR, M.; NUZHAT, Samiha; CHOWDHURY, Anika Tasnim; RAFA, Nazifa; UDDIN, Md. Alhaz; INAYAT, Abrar; MAHLIA, T.M.I; ONG, Hwai Chyuan; CHIA, Wen Yi; SHOW, Pau Loke, 2021. Recent developments in physical, biological, chemical, and hybrid treatment techniques for removing emerging contaminants from wastewater. Online. *Journal of Hazardous Materials*. Roč. 416. ISSN 03043894. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125912>. [cit. 2024-02-22].

GU, Deming; FENG, Qiyang; GUO, Changsheng; HOU, Song; LV, Jiawei; ZHANG, Yan; YUAN, Sheng; ZHAO, Xin, 2019. Occurrence and Risk Assessment of Antibiotics in Manure, Soil, Wastewater, Groundwater from Livestock and Poultry Farms in Xuzhou, China. Online. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Roč. 103, č. 4, s. 590-596. ISSN 0007-4861. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02692-0>. [cit. 2024-02-22].

HLOUŠEK, Tomáš; DRAGOUN, Vladimír; PROCHÁZKA, Vít; MARTÍNEK, František; 2019. ČOV Kladno – Vrapice, rekonstrukce a zkušební provoz. Online. *Sovak*. Roč. 28, č. 1, s. 2 – 5 [cit. 2024-02-22]. ISSN1210 – 3039. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/2020-01/Sovak011972.pdf>

MLEJNKOVÁ, Hana; SOVOVÁ, Kateřina; OČENÁŠKOVÁ, Věra; JURANOVÁ Eva; JAŠÍKOVÁ, Lucie; VAŠÍČKOVÁ, Petra; FIALOVÁ, Alena; 2021. Monitoring koronaviru sars-cov-2 v odpadních vodách – co nám dosud ukázal a kam směřuje. Online. *VTEI: Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. Roč. 1/2021, s. 50-52. ISSN 1805-6555. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2021/02/6306-casopis-VTEI-1-21.pdf>. [cit. 2024-03-15].

NAJY, M.; TALBI, F. Z.; ECH-CHAFAY, H.; LACHHAB, M.; EL QRYEFY, M.; BELGHYTI, D., 2020. Exploitation of the Domestic Wastewater Treatment Plant by Activated Sludge in the Airport area of the City Ben Slimane (morocco). Online. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Roč. XLIV-4/W3-2020, s. 303-308. ISSN 2194-9034. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W3-2020-303-2020>. [cit. 2024-02-22].

LLAVE, Vargas, Oscar; HURLEY, John; PERUFFO, Eleonora; RODRÍGUEZ, Ricardo; ADASCALITEI, Dragos; GAUDE, Botey, Laura; STAFFA, Elisa; SORIANO, Vacas, Carlos., 2022. Telework has changed the world of work. Online. *Working conditions and sustainable work: The rise in telework: Impact on working conditions and regulations* s. 45-57 ISBN 978-92-897-2297-1 Dostupné z: <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2022/rise-telework-impact-working-conditions-and-regulations>. [cit. 2024-02-22].

## **Jiné zdroje**

ČEZ, A.S., 2017. *Krajinou skupiny ČEZ*. Nepublikovaný zdroj ČEZ, a.s. TOP Partners s.r.o.

HLAHŮLEK, Tomáš; HARAS, Martin; KOSTKA, Oldřich; KRÁL, Martin; KRAUSOVÁ, Aneta; LEBEDINSKÝ, Martin; LUKAČKA, David; POLÁK, Tomáš; PRAJSNER, Petr; SCHEJBAL, Miloš a ŠLENC, Zbyněk, 2021. *Příručka topiče a strojníka*. Nepublikovaný zdroj ČEZ, a.s. Praha: Grada Publishing.

CHÁRA, Jan, 2022. *Likvidace odpadních vod*. Místní provozní předpis, ČEZ, a. s.

PROJEKT: NOVÝ ZDROJ 660MWE V ELEKTRÁRNĚ LEDVICE, 2008a. *Projekt „Nový zdroj 660MWe v elektrárně Ledvice“: Technická specifikace zařízení PS26: biologická čistírna odpadních vod*. Nepublikovaný zdroj. ŠKODA PRAHA Invest; Královopolská RIA.

PROJEKT: NOVÝ ZDROJ 660MWE V ELEKTRÁRNĚ LEDVICE, 2008b. *Projekt „Nový zdroj 660MWe v elektrárně Ledvice“: Technická zpráva PS 26 – biologická čistírna odpadních vod: DPS 26.01 – strojní vybavení*. Nepublikovaný zdroj. ŠKODA PRAHA Invest, Královopolská RIA.

# 11. Seznam obrázků, tabulek a zkratk

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Poloha ELE .....	25
Obrázek 2 - Celkový pohled na BČOV .....	29
Obrázek 3 - Čerpací stanice s jeřábem na vyjmutí česlicového koše .....	30
Obrázek 4 - Rotační šnek s detailem stíracích kartáčů na shrabky .....	31
Obrázek 5 - Ruční česle .....	32
Obrázek 6 - Vertikální lapák písku s kontejnerem .....	32
Obrázek 7 - Celkový pohled na biologické linky .....	33
Obrázek 8 - Čerpací stanice vyčištěné splaškové vody .....	34
Obrázek 9 - Čistírna likvidace odpadních vod.....	35
Obrázek 10 - Dmychadla s kompresorem.....	36
Obrázek 11 - Kalojem.....	36
Obrázek 12 - Dávkování externího substrátu .....	37
Obrázek 13 - Průměrné roční hodnoty BSK <sub>5</sub> v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny.....	39
Obrázek 14 - Zatížení BČOV dle ukazatele BSK <sub>5</sub> z let 2019 – 2022 .....	40
Obrázek 15 - Průměrné roční hodnoty CHSK <sub>Cr</sub> v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny.....	41
Obrázek 16 - Zatížení BČOV dle ukazatele CHSK <sub>Cr</sub> z let 2019 – 2022 .....	41
Obrázek 17 - Průměrné roční hodnoty NL v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny.....	42
Obrázek 18 - Zatížení BČOV dle ukazatele NL z let 2019 – 2022 .....	43
Obrázek 19 - Průměrné roční hodnoty N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV se stanovenými limity a účinností čistírny.....	44

Obrázek 20 - Průměrné roční hodnoty $N_{\text{celk}}$ v letech 2019 – 2022 na vstupu a výstupu z BČOV s účinností čistírny .....	45
Obrázek 21 - Zatížení BČOV dle ukazatele $N_{\text{celk}}$ z let 2019 – 2022 .....	45
Obrázek 22 - Průměrné roční hodnoty $P_{\text{celk}}$ v letech 2019–2022 na vstupu a výstupu z BČOV s účinností čistírny .....	46
Obrázek 23 - Zatížení BČOV dle ukazatele $P_{\text{celk}}$ z let 2019–2022 .....	47
Obrázek 24 - Průměrné hodnoty KI v mg/l v letech 2019 – 2022 .....	47

### **Seznam tabulek**

Tabulka 1 - Charakter znečišťujících látek v odpadních vodách.....	12
Tabulka 2 - Procesy čištění na ČOV .....	13
Tabulka 3 - Emisní standardy koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod a dosažitelné hodnoty koncentrací BAT pro kategorie ČOV 500 – 2 000 EO .....	19
Tabulka 4 - Emisní standardy: přípustná minimální účinnost vypouštěných odpadních vod ..	20
Tabulka 5 - Hodnoty průměrné produkce 1 EO dle ČSN 75 6402 .....	23
Tabulka 6 - Povolený odběr surové vody z Labe .....	27
Tabulka 7 - Povolený odběr z vodní nádrže .....	27
Tabulka 8 - Povolené vypouštěné znečištění odpadních vod z ELE do vod povrchových dle integrovaného povolení.....	35
Tabulka 9 - Povolené množství vypouštění odpadních vod z čistírny likvidace odpadních vod .....	35
Tabulka 10 - Množství odpadní vody v letech 2019-2022 .....	38
Tabulka 11 - Vyhodnocení hodnot $BSK_5$ na vstupu a výstupu v letech 2019 – 2022.....	39
Tabulka 12 - Vyhodnocení hodnot $CHSK_{Cr}$ na vstupu a výstupu v letech 2019 – 2022.....	40
Tabulka 13 - Vyhodnocení hodnot NL na vstupu a výstupu v roce 2019 – 2022 .....	42
Tabulka 14 - Vyhodnocení hodnot $N-NH_4^+$ na vstupu a výstupu v roce 2019 – 2022 .....	43
Tabulka 15 - Vyhodnocení hodnot $N_{\text{celk}}$ na vstupu a výstupu v roce 2019 – 2022 .....	44

Tabulka 16 - Vyhodnocení hodnot  $P_{\text{celk}}$  na vstupu a výstupu v letech 2019 – 2022 .....46

Tabulka 17 - Vyhodnocení dávkování externího substrátu v roce 2019 – 2022 .....48

### **Seznam použitých zkratek**

AOX – Halogenové organické sloučeniny

Ared – Organický substrát v redukované formě

BAT – Best Available Technique (Nejlepší dostupná technika)

BČOV – Biologická čistírna odpadních vod

BSK – Biochemická spotřeba kyslíku

BSK<sub>5</sub> – Biochemická spotřeba kyslíku pětidenní s potlačením nitrifikace

COVID19 – Infekce koronaviru SARS-CoV-2

CSR – Corporate Social Responsibility (Společenská odpovědnost firem)

ČOV – Čistírna odpadních vod

ČEZ – České energetické závody

ČR – Česká republika

ELE – Elektrárna Ledvice

EO – Ekvivalentní obyvatel

EU – Evropská unie

H<sup>+</sup> – Vodíkový kationt

H<sub>2</sub>O – Oxidan (Voda)

CHSK – Chemická spotřeba kyslíku

CHSK<sub>cr</sub> – Chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou

IBC – Intermediate Bulk Container (Středně velký kontejner)

KI – Kalový index

LOV – Likvidace odpadních vod

MPP – Místní provozní předpis

N – Nitrifikace

$N_{org}$  – Organický dusík

$N_2$  – Dusík

$N_{celk.}$  – Celkový Dusík

$NH_3$  – Amoniak

NL – Nerozpuštěné látky

$N-NH_4^+$  – Amoniakální dusík

$NO_2^-$  – Oxid dusičitý

$NO_3^-$  – Dusičnan

$O_2$  – Kyslík

$OH^-$  – Hydroxid

$OS_{30}$  – Objem sedimentu za 30 minut

OSN – Organizace spojených národů

pH – Vodíkový exponent

P – fosfor

$P_{celk.}$  – Celkový fosfor

SDGs – Sustainable Development Goals (Cíle udržitelného rozvoje)

TOC – Organické sloučeniny (Celkový organický uhlík)