

aqua4you s.r.o.

Petrovická 214, 403 40 Ústí nad Labem
zapsaná v OR KS Ústí n. L., odd. C, vl. 37251

IČ: 04912977, DIČ: CZ04912977

Tel: 602 251 670, 474 720 540

e-mail: info@aqua4you.cz, www.aqua4you.cz

**Vodohospodářské sdružení Turnov**

Antonína Dvořáka 287
511 01 Turnov

IČ: 49295934

DIČ: CZ49295934

ČOV Rokytnice nad Jizerou**Technologické výpočty maximální kapacity**

Technická zpráva

KRYCÍ LIST

Značka:	2025_05_28	
V Ústí nad Labem dne:	28. 5. 2025	
Vypracoval:	Dr. Ing. Libor Novák	
	tel. 602251670	libor.novak@aqua4you.cz

OBSAH

1.	ÚVOD	6
1.1	ZPRACOVÁNÍ DAT	6
1.2	ODTOKOVÉ LIMITY	7
1.2.1	AKTUÁLNĚ PLATNÉ LIMITY PRO VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	7
2.	ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU	8
2.1	POPIS TECHNOLOGICKÉ LINKY ČOV	8
3.	VYHODNOCENÍ TRENDŮ KVANTITY A KVALITY PŘÍTOKŮ NA ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU	13
3.1	MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD	13
3.2	KONCENTRAČNÍ UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ V PŘÍTOKU A LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ – CELKOVÝ PŘÍTOK	16
3.3	KONCENTRAČNÍ UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ V PŘÍTOKU A LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ – MĚSTO A EMBA	20
3.4	KVALITA ODTOKU	22
3.5	PROVOZNÍ PARAMETRY AKTIVACE	24
3.5.1	STANOVENÍ VÝPOČTOVÉ TEPLoty AKTIVACE	25
3.5.2	KALOVÁ VODA	26
3.5.3	DÁVKOVÁNÍ ŽELEZITÉ SOLI	27
3.5.4	VÝPOČET ZÁKLADNÍCH TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ AKTIVACE A PRODUKCE KALŮ	27
4.	VÝPOČTOVÉ PARAMETRY ZATÍŽENÍ	29
4.1	STAV OBDOBÍ LET 2020 - 2024	30
4.2	STÁVAJÍCÍ STAV OBDOBÍ ROKU 2024	32
5.	TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY AKTIVAČNÍHO PROCESU – KALIBRACE MODELU	33
5.1	KALIBRACE MATEMATICKÉHO MODELU	33
5.1.1	KALIBRACE MODELU PRO OBDOBÍ 2020 - 2024	33
5.1.2	VERIFIKACE MODELU PRO OBDOBÍ 2024	35
6.	TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY AKTIVAČNÍHO PROCESU – STÁVAJÍCÍ STAV	37
6.1	VÝPOČET TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ AKTIVAČNÍHO SYSTÉMU	37
6.2	VÝPOČTY ODSTRAŇOVÁNÍ FOSFORU V AKTIVAČNÍM PROCESU	38
6.3	VÝPOČET POTŘEBY KYSLÍKU A VZDUCHU – STÁVAJÍCÍ STAV	39

7.	VÝPOČET MAXIMÁLNÍ A DISPONIBILNÍ KAPACITY ČOV	40
7.1	VÝPOČET DOSAZOVACÍCH NÁDRŽÍ	40
7.2	VÝPOČET MAXIMÁLNÍ KAPACITY ČOV	44
7.2.1	KVALITA A MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	45
7.2.2	VÝPOČTY ODSTRAŇOVÁNÍ FOSFORU V AKTIVAČNÍM PROCESU – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	46
7.2.3	VÝPOČET POTŘEBY KYSLÍKU A VZDUCHU – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	47
7.2.4	VÝPOČET TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ AKTIVAČNÍHO SYSTÉMU – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	48
7.3	POSOUZENÍ KAPACITY KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ PRO MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	49
8.	ZÁVĚR	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1 ORTHOFOTO ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU (ZDROJ: MAPY.CZ).	9
OBR. 2: ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU – FUNKČNÍ CELKY BIOLOGICKÉ LINKY.	10
OBR. 3: ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU – TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA BIOLOGICKÉHO STUPNĚ.	12
OBR. 4 VÝVOJ MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD 2020 - 2024 – DENNÍ HODNOTY.	13
OBR. 5 VÝVOJ MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD V LETECH 2020 - 2024 – MĚSÍČNÍ HODNOTY.	15
OBR. 6 VÝVOJ MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD 2020 - 2024 – MĚSÍČNÍ HODNOTY A SRÁŽKOVÉ ÚHRNY.	15
OBR. 7 VÝVOJ MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD – ROČNÍ SOUHRNY, DENNÍ MNOŽSTVÍ A ROČNÍ SRÁŽKOVÝ ÚHRN.	16
OBR. 8 SRÁŽKOVÉ ÚHRNY V LETECH 2020 - 2024.	16
OBR. 9 ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU KONCENTRACÍ JEDNOTLIVÝCH UKAZATELŮ ZNEČIŠTĚNÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU.	17
OBR. 10 ZNÁZORNĚNÍ LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ JEDNOTLIVÝCH UKAZATELŮ ZNEČIŠTĚNÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU.	18
OBR. 11 ZNÁZORNĚNÍ LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ V EO DLE CHSK Z MĚSTA A PAPÍRNY EMBA.	21
OBR. 12 ZNÁZORNĚNÍ LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ V EO DLE BSK ₅ Z MĚSTA A PAPÍRNY EMBA.	21
OBR. 13 ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU KONCENTRACÍ V CELKOVÉM ODTOKU (2020 - 2024).	23
OBR. 14 ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU KONCENTRACÍ NORG A ROZPUŠTĚNÉHO SNORG V CELKOVÉM ODTOKU.	24
OBR. 15 ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU KONCENTRACÍ NL A KI (2020 - 2024) V NITRIFIKACÍCH.	25
OBR. 16 PRŮBĚH TEPLOT V AKTIVACI – 2020 – 2024 A ROK 2024.	25
OBR. 17: GRAF RELATIVNÍ ČETNOSTI VÝSKYTU TEPLOT POD DANOU HODNOTOU.	26
OBR. 18: KVALITA KALOVÉ VODY Z ODVODNĚNÍ KALU.	27
OBR. 19 MĚŘENÁ PRODUKCE KALŮ (2020 - 2024).	29
OBR. 20 ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU POMĚRU CHSK K DUSÍKATÉMU ZNEČIŠTĚNÍ.	30
OBR. 21 HYDRAULICKÝ LAYOUT STÁVAJÍCÍ KONFIGURACE ČOV.	33
OBR. 22 VÝSTUP KALIBRACE MATEMATICKÉHO MODELU SW GPS-X - 2020 - 2024.	34
OBR. 23 VÝSTUP VERIFIKACE MATEMATICKÉHO MODELU SW GPS-X - 2024.	35
OBR. 24 POSOUZENÍ SEPARAČNÍHO STUPNĚ DLE ZATÍŽENÍ PLOCHY NL PRO $X = 4,5 \text{ kg m}^{-3}$ A MAXIMUM DLE ČSN 75 6401.	42
OBR. 25 VÝPOČET HODNOTY KI PRO $X = 4,5 \text{ kg m}^{-3}$ A $H = 3,1 \text{ m}$.	42
OBR. 26 POSOUZENÍ SEPARAČNÍHO STUPNĚ DLE TEORIE HMOTNOSTNÍHO TOKU ČÁSTIC PRO $X = 4,5 \text{ kg m}^{-3}$.	43
OBR. 27 VÝPOČET MAXIMÁLNÍ KAPACITY ČOV – MIN. $T = 7^\circ \text{C}$.	44
OBR. 28 VÝPOČTENÁ KVALITA ODTOKU – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ, $T = 12^\circ \text{C}$.	49
OBR. 29 VÝVOJ ZATÍŽENÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU V JEDNOTLIVÝCH LETECH.	52

SEZNAM TABULEK

TAB. 1: PROJEKTOVANÉ ZATÍŽENÍ ČOV DLE PROVOZNÍHO ŘÁDU - PRŮTOKY.....	8
TAB. 2: PROJEKTOVANÉ ZATÍŽENÍ ČOV DLE PROVOZNÍHO ŘÁDU – LÁTKOVÁ ZATÍŽENÍ.....	8
TAB. 3: HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY AKTIVAČNÍHO SYSTÉMU ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU.....	11
TAB. 4: VYHODNOCENÉ KOEFICIENTY HYDRAULICKÉ NEROVNOMĚRNOSTI PŘÍTOKU.....	13
TAB. 5: UKAZATELE STATISTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ DAT DENNÍCH PŘÍTOKŮ V LETECH 2020 - 2024.....	14
TAB. 6: UKAZATELE STATISTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ DAT PŘÍTOKŮ NA ČOV.....	15
TAB. 7 DATA KONCENTRAČNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU V LETECH 2020 - 2024.....	16
TAB. 8: SOUHRN UKAZATELŮ ZNEČIŠTĚNÍ A LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ V OBDOBÍ 2024.....	17
TAB. 9: SOUHRN UKAZATELŮ ZNEČIŠTĚNÍ A LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU V LETECH 2020 - 2024.....	18
TAB. 10: VYTÍŽENÍ ČOV V LETECH 2020 - 2024.....	19
TAB. 11: VYTÍŽENÍ ČOV V OBDOBÍ 2024.....	19
TAB. 12 DATA KONCENTRAČNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU Z MĚSTA V LETECH 2020 - 2024.....	20
TAB. 13 DATA KONCENTRAČNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ V CELKOVÉM PŘÍTOKU Z EMBA V LETECH 2020 - 2024.....	20
TAB. 14: SOUHRN UKAZATELŮ LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ V PŘÍTOKU Z MĚSTA A PAPÍRNY EMBA V LETECH 2020 - 2024.....	21
TAB. 15 VYHODNOCENÍ KVALITY ODTOKU V LETECH 2020 - 2024.....	22
TAB. 16 VYHODNOCENÍ KVALITY ODTOKU V OBDOBÍ 2024.....	22
TAB. 17 VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	24
TAB. 18 PROVOZNÍ PARAMETRY AKTIVACE.....	24
TAB. 19 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ TEPLOT V AKTIVACI.....	25
TAB. 20 RELATIVNÍ ČETNOST HODNOT POD DANOU TEPLOTOU 2020 - 2024.....	26
TAB. 21 TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY ČOV ROKYTNICE NAD JIZEROU DLE VÝPOČTU Z ČSN.....	27
TAB. 22 VÝPOČET BILANCE PŘEBYTEČNÉHO KALU ZE ZATÍŽENÍ.....	28
TAB. 23 VÝPOČET BILANCE PŘEBYTEČNÉHO KALU Z MĚŘENÝCH PROVOZNÍCH HODNOT.....	29
TAB. 24 ZATÍŽENÍ ČOV – (2020 - 2024).....	31
TAB. 25 VÝPOČTOVÉ PRŮTOKY – (2020 - 2024).....	31
TAB. 26 ZATÍŽENÍ ČOV – (2024).....	32
TAB. 27 VÝPOČTOVÉ PRŮTOKY – (2024).....	32
TAB. 28 KVALITA SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY NA PŘÍTOKU DO AKTIVACE – 2020 - 2024.....	33
TAB. 29 PARAMETRY PRŮTOKU A AKTIVOVANÉHO KALU - 2020 - 2024.....	34
TAB. 30 SROVNÁNÍ REÁLNÝCH A MODELOVANÝCH HODNOT KVALITY ODTOKU - 2020 - 2024.....	34
TAB. 31 KVALITA SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY NA PŘÍTOKU DO AKTIVACE - 2024.....	35
TAB. 32 PARAMETRY PRŮTOKU A AKTIVOVANÉHO KALU - 2024.....	35
TAB. 33 SROVNÁNÍ REÁLNÝCH A MODELOVANÝCH HODNOT KVALITY ODTOKU - 2024.....	35
TAB. 34: VÝPOČET TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ.....	37
TAB. 35: VÝPOČET PROCESU CHEMICKÉ ELIMINACE SLOUČENIN FOSFORU.....	38
TAB. 36: VÝPOČET POTŘEBY KYSLÍKU A VZDUCHU PRO STÁVAJÍCÍ ZATÍŽENÍ AKTIVACE.....	39
TAB. 37: VÝPOČET DOSAZOVACÍCH NÁDRŽÍ.....	40
TAB. 38: PARAMETRY DOSAZOVACÍCH NÁDRŽÍ.....	41
TAB. 39: VÝPOČET MAXIMÁLNÍ KAPACITY ČOV.....	45
TAB. 40 ZATÍŽENÍ ČOV – MAXIMÁLNÍ KAPACITA.....	45
TAB. 41 VÝPOČTOVÉ PRŮTOKY – MAXIMÁLNÍ KAPACITA.....	45
TAB. 42: VÝPOČET PROCESU CHEMICKÉ ELIMINACE SLOUČENIN FOSFORU – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ.....	46
TAB. 43: VÝPOČET POTŘEBY KYSLÍKU A VZDUCHU PRO STÁVAJÍCÍ ZATÍŽENÍ AKTIVACE PŘI Q_v A Q_d	47
TAB. 44: VÝPOČET TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ.....	48
TAB. 45: DOVÁŽENÉ ODPADNÍ VODY.....	49

TAB. 46 VÝPOČET OBJEMU KALOJEMU.....	50
TAB. 47 VÝPOČET STROJNÍHO ZAHUŠTĚNÍ KALU.	50
TAB. 48 VÝPOČET KAPACITY ODVODNĚNÍ KALU.....	51
TAB. 49: POČET OBYVATEL V OBCÍCH ČESKÉ REPUBLIKY K 1. 1. 2024. ZDROJ: ČSÚ	52

1. Úvod

Tato technická zpráva se zabývá prověřením aktuálního stavu zatížení, stanovením maximální kapacity biologické linky a technologickými výpočty s ohledem na identifikaci limitujících profilů technologie a výpočet volné kapacity zatížení za účelem možnosti připojení dalších zdrojů znečištění. Jsou vyhodnocena provozní data za účelem kalkulace zatížení ČOV v dlouhodobém časovém horizontu 5ti let pro jednotlivé ukazatele znečištění, determinovány návrhové parametry pro výpočty na matematickém modelu, kalibrován matematický model biologické části ČOV umožňující simulace aktivačního procesu v „steady-state“, případně „dynamic-state“, za účelem posouzení aktuálních provozních parametrů ČOV a realizovány technologické výpočty aktivačního procesu s cílem stanovení maximální kapacity ČOV a identifikace potenciálních limitujících profilů ČOV. Jsou provedeny technologické výpočty satelitních technologických celků a zařízení.

Pro účely zpracování technické zprávy a technologických výpočtů je vycházeno z aktuálního zatížení ČOV a z její funkce za období 2020 – 2024. Projektovaná kapacita ČOV je brána dle provozního řádu podle projektového zatížení BSK₅ na úrovni 6000 EO₆₀. Jsou zpracována a vyhodnocena provozní data z ČOV za účelem determinace aktuálních zatěžovacích parametrů pro technologické výpočty. Je realizován technologický výpočet stávajícího stavu na matematickém modelu za účelem kalibrace modelu a porovnán se současností. Obdobně je provedeno ověření kapacity dalších satelitních celků a zařízení, zejm. dosazovacích nádrží a výpočet potřeb vzduchu. Výpočty jsou provedeny s ohledem na splnění odtokových parametrů v souladu se stávajícím platným vodoprávním rozhodnutím.

1.1 Zpracování dat

Základními podkladovými materiály jsou provozní data získaná z databáze provozovatele. Při zpracovávání dat je aplikován postup, kdy jsou z databáze provozovatele extrahována data kvality a množství odpadních vod. Všechna data jsou podrobena kontrole. Problematická data jsou konfrontována s původcem databáze, a případně provedena jejich korektura a vyloučeny nereálné či odlehlé výsledky. Následně jsou tato data podrobena statistické analýze a grafickému znázornění. Protože je nezbytné posuzovat změny zatížení v dlouhodobé časové posloupnosti, jsou vyhodnocena data i z minulých let. Komplexní vyhodnocení je provedeno za období 2020 – 2024. Kalibrace matematického modelu je provedena na výsledky středního zatížení ČOV v dlouhodobém horizontu 5 let a verifikována na aktuální data za rok 2024.

1.2 Odtokové limity

1.2.1 Aktuálně platné limity pro vypouštění odpadních vod

Pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových platí limity dle rozhodnutí MÚ Jilemnice – odboru životního prostředí ze dne 25. 1. 2023 pod č.j. PDMUII 19467/2022 R 8, s platností 5 let od nabytí oprávnění moci.

Povolené množství vypouštěných odpadních vod

Ukazatel	Jednotka	Hodnota
$Q_{\text{prům}}$	l.s^{-1}	29
Q_{max}	l.s^{-1}	40
$Q_{\text{měsíc}}$	$\text{m}^3.\text{měs.}^{-1}$	75 000
Q_{rok}	$\text{m}^3.\text{rok}^{-1}$	900 000

Požadovaná kvalita vypouštěných odpadních vod

Ukazatel	Hodnota „p“ (mg.l^{-1})	Hodnota „m“ (mg.l^{-1})	Bilance (t.rok^{-1})
CHSK_{Cr}	70	120	30
BSK_5	18	25	10
NL	20	30	10
N-NH_4	5 *	10 **	3,5
P_{celk}	2 *	5	2,0
N_{celk}	sledovat		

*aritmetický průměr koncentrací za kalendářní rok, nesmí být překročen

**hodnota platí pro období, ve kterém je teplota odpadní vody na odtoku z biologického stupně vyšší než 12 °C

hodnota „p“ přípustná hodnota koncentrací jednotlivých ukazatelů, která může být v povolené míře překročena
 hodnota „m“ maximální přípustná hodnota koncentrací jednotlivých, která je nepřekročitelná

Množství vypouštěné vody na odtoku z ČOV je zjišťováno v měrném objektu na odtoku. Kvalita v profilu na odtoku z ČOV.

Typ vzorku: vzorek typ B, 24 hod. směsný, tj. 12 dílčích vzorků
 odebíraných v intervalu 2 hod. o stejném objemu
 Četnost: 12 × za rok

2. ČOV Rokytnice nad Jizerou

ČOV Rokytnice nad Jizerou byla podle projektových podkladů a provozního řádu (PŘ) dimenzována na kapacitu 6 000 EO₆₀ s průtokem Q_p na úrovni 2506 m³ d⁻¹, resp. 29 l s⁻¹ (Tab. 1, Tab. 2). Maximum je uváděno na úrovni 9 500 EO₆₀, nicméně údaje látkového zatížení (Tab. 2) vztažené k projektované kapacitě udávají 360 kg d⁻¹ BSK₅, což je ekvivalent 6 000 EO₆₀.

Tab. 1: Projektované zatížení ČOV dle provozního řádu - průtoky.

ČOV je navržena na maximální kapacitu 9 500 EO.

Kvalita odtoku bude splňovat limity pro nejlepší dostupné technologie ve velikostní kategorii nad 500 EO.

Množství odpadních vod na přítoku na ČOV:

Průměrný denní přítok	Q_d = 29 l/s
Maximální přítok na biologii	Q_{max BIO} = 40 l/s
Maximální měsíční přítok	Q = 75 000 m³/měsíc
Maximální roční přítok	Q = 900 000 m³/rok

Tab. 2: Projektované zatížení ČOV dle provozního řádu – látková zatížení.

Projektovaná kapacita ČOV (dle BSK₅): **6 000 EO**

BSK ₅	143,7 mg/l	360 kg/den
CHSK _{Cr}	347,6 mg/l	871 kg/den
NL	186,5 mg/l	467 kg/den

2.1 Popis technologické linky ČOV

Odpadní vody jsou na ČOV Rokytnice nad Jizerou přiváděny gravitačním sběračem DN500. Město má vybudovanou oddílnou kanalizační soustavu, nicméně problémem je velké množství balastních vod, které do kanalizace pronikají. ČOV je umístěna ve zcela uzavřeném železobetonovém podzemním objektu o rozměrech 40 x 24 m a výšce 9 m. Nad nádržemi ČOV je zbudováno parkoviště a vjezd do nadzemní provozní části.

Dle PŘ je ČOV navržena tak, „aby umožnila čištění odpadních vod v různých ročních obdobích v rozsahu zatížení od 1750 EO do 9500 EO v závislosti na počtu přechodných obyvatel v sezóně a přítoku odpadních vod z papírný EMBA“.

ČOV Rokytnice nad Jizerou je mechanicko-biologická ČOV s pneumatickou aerací, ve dvojlinkovém provedení aktivačních nádrží a dosazovacích nádrží, chemickou eliminací fosforu a s kalovým hospodářstvím. ČOV je provozovaná s regulovanou aerací, dmychadla jsou řízena pomocí frekvenčních měničů od kyslíkových sond. Na přítoku do ČOV je vypínací komora, která by měla zajistit maximální přítok v množství Q_{max} = 40 l s⁻¹ při provozu obou linek biologického stupně. V objektu hrubého předčištění jsou na přítoku strojně stírané jemné česle s odvodněním

shrabků. Dále odpadní vody natékají do provzdušňovaného vertikálního lapáku písku kombinovaného s lapákem tuků. Usazený písek je těžen mamutkou do zařízení odvodnění shrabků, vyflotovaný tuk je stírán z hladiny a dopravován do zařízení na zpracování tuků – Biomaster. Jedná se o provzdušňovaný a míchaný bioreaktor s užitečným objemem 44 m³, určený k rozkladu zachycených tuků na principu beta-oxidace. Mechanicky předčištěná voda se dopravuje do rozdělovacího žlabu mezi aktivačními nádržemi, kde se míchá společně s vratným kalem. Každá aktivační nádrž (celkový objem cca 1960 m³) je rozdělena příčkou na dvě vzájemně průtočné části s nitrifikací a jemnobublinnou aerací. Fosfor je případně odstraňován srážením železitou solí, dávkovanou před aktivační nádrže (aktuálně se nedávkuje). Z aktivačních nádrží odtéká aktivační směs do dvojice podélných příčně protékaných dosazovacích nádrží o celkové ploše 193,2 m². Dosazovací nádrže jsou vystrojeny pojezdovými mosty se stíráním hladiny, odběrem plovoucích nečistot a kalovým čerpadlem pro externí recirkulaci umístěném na konci konstrukce pojezdového mostu.



Obr. 1 Orthofoto ČOV Rokytnice nad Jizerou (Zdroj: mapy.cz).

Přebytečný kal je odváděn a čerpán do předzahušťovacího zařízení GDE s dávkováním flokulantu a vápna. Zahuštěný kal je akumulován v kalojemu, kde probíhá jeho homogenizace mícháním ponorným míchadlem a následně je odvodňován na šnekolisu ANDRITZ. Odtok z ČOV je umístěn pod nátokem, je osazen měrným žlabem a vzorkovačem. Recipientem je Huťský potok, který se za ČOV vlévá do Jizery.



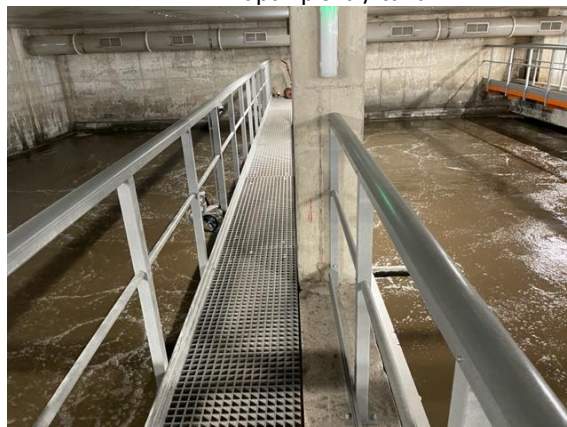
Přítok město + EMBA



Lapák písku / tuku



RO na aktivace



Aktivace



Dosazovací nádrže



Dmychárna



GDE – zahuštění kalu



Odvodnění kalu

Obr. 2: ČOV Rokytnice nad Jizerou – funkční celky biologické linky.

Základní popis aktivačních nádrží a rozměry:

Odpadní vody z města přitékají gravitačním přivaděčem, separátním výtlačkem jsou přiváděny odpadní vody z papírny EMBA. Oba proudy odpadních vod se smíchávají před hrubým předčištěním odpadních vod a lapákem písku a tuku. Následně se spojují s proudem vratných kalů z dosazovacích nádrží a jsou rozdělovány na dvojici biologických linek, každá v sérii dvou provzdušňovaných reaktorů vybavených jemnobublinným aeračním systémem. Tlakový vzduch je dodáván čtveřicí instalovaných dmychadel AERZEN GM 10S v sestavě 2 × (2+0) o kapacitě jednoho stroje $450 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, v součtu pak $1800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Dmychadla jsou vybavena frekvenčními měniči a řízena na základě on-line měření koncentrace kyslíku z kyslíkových sond umístěných v druhé sekci aktivačních nádrží.

Tab. 3: Hlavní technické parametry aktivačního systému ČOV Rokytnice nad Jizerou.

Parametr	jednotka	hodnota
Aktivace 1. část	ks	2
šířka	m	7,1
délka	m	14,1
hloubka vody	m	5,0
objem jedné nádrže	m^3	500
objem CELKEM	m^3	1000
Aktivace 2. část	ks	2
šířka	m	6,9
délka	m	14
hloubka vody	m	5,0
objem jedné nádrže	m^3	480
objem CELKEM	m^3	960
Objem aktivačních nádrží CELKEM	m^3	1960

Systém není vybaven anoxickými zónami pro biologickou denitrifikaci ani interní recirkulací kalu. Přerušování aerace je možné pouze na krátkou dobu, protože v nádržích nejsou ponorná míchadla, která by kal udržovala ve vznosu během fáze bez aerace. V Tab. 3 jsou uvedeny rozměry biologických nádrží aktivačního procesu.

Dosazovací nádrže

Vyčištěná odpadní voda je od aktivovaného kalu separována ve dvojici pravoúhlých příčně protékaných dosazovacích nádrží. Vyčištěná odpadní voda odtéká z každé dosazovací nádrže prostřednictvím odtokového žlabu s přepadovou hranou. Hloubka vody je v podkladech uváděna 3,1 m. Usazený aktivovaný kal je ze dna dosazovacích nádrží odsáván čerpadly na pojezdovém mostě a vrácen před rozdělovací objekt, případně odváděn jako přebytečný kal na GDE předzahušťovač a do uskladňovací nádrže o objemu 70 m^3 . Kapacita čerpadel vratného kalu je $2 \times 20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Dosazovací nádrže jsou vybaveny stahováním plovoucích nečistot z hladiny. Odtah plovoucích nečistot je zaveden do žlabu vratného kalu.

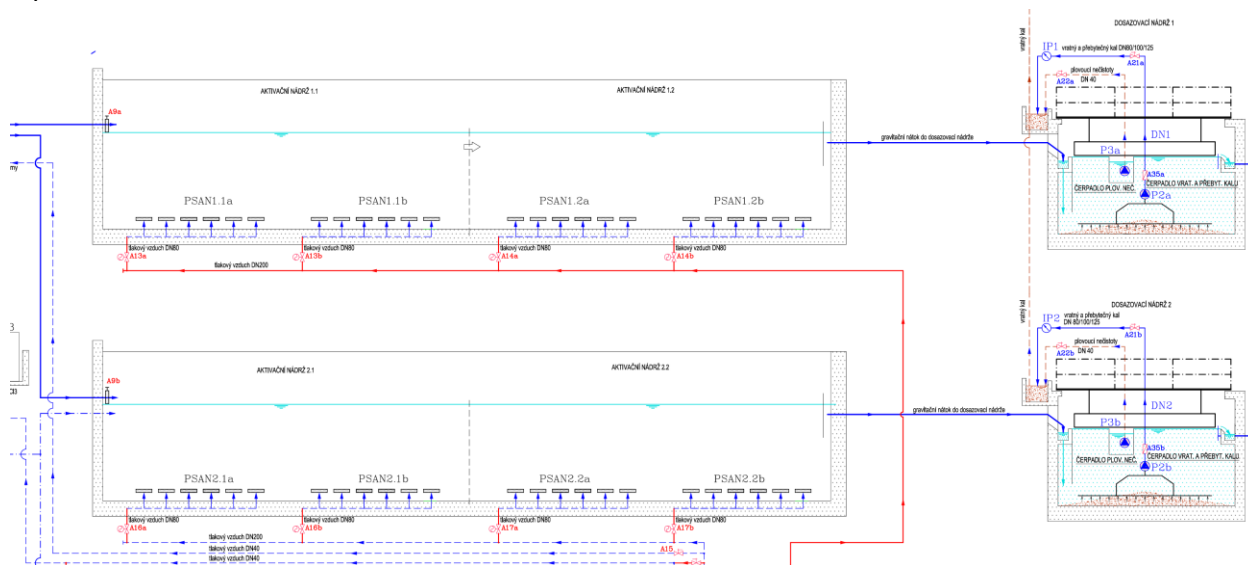
Parametr	jednotka	hodnota
Dosazovací nádrže	ks	2
šířka	m	14
délka	m	6,9
hloubka vody	m	3,1
účinná plocha CELKEM	m ²	2 × 96,6 = 193,2
účinný objem CELKEM	m ³	2 × 300 = 600

Kalové hospodářství

Kalové hospodářství je založeno na koncepci pouhého uskladnění kalu, resp. lze považovat za anaerobní studenou stabilizaci kalu s krátkou dobou zdržení. V nádrži je uskladňován strojně předzahuštěný kal na cca 4 % sušiny. Zahušťování je realizováno na zahušťovači GDE 1000 s kapacitou až 18 m³ h⁻¹ dle výkonu podávacího vřetenového čerpadla. Kal je v UN homogenizován ponorným míchadlem a čerpán na odvodnění na šnekolisu ANDRITZ typu CONTIPRESS C-5427 V2 s kapacitou 4 – 5 m³ h⁻¹, resp. 200 kg h⁻¹ sušiny kalu. Kalová voda odtéká do vnitřní kanalizace ČOV.

Parametr	jednotka	hodnota
Uskladňovací nádrže	ks	1
šířka	m	3,4
délka	m	7,25
už. hloubka	m	2,9
Užitný objem nádrže CELKEM	m ³	70

Podrobný popis a dimenze dalších stavebních a technologických celků a zařízení jsou uvedeny v provozním řádu.



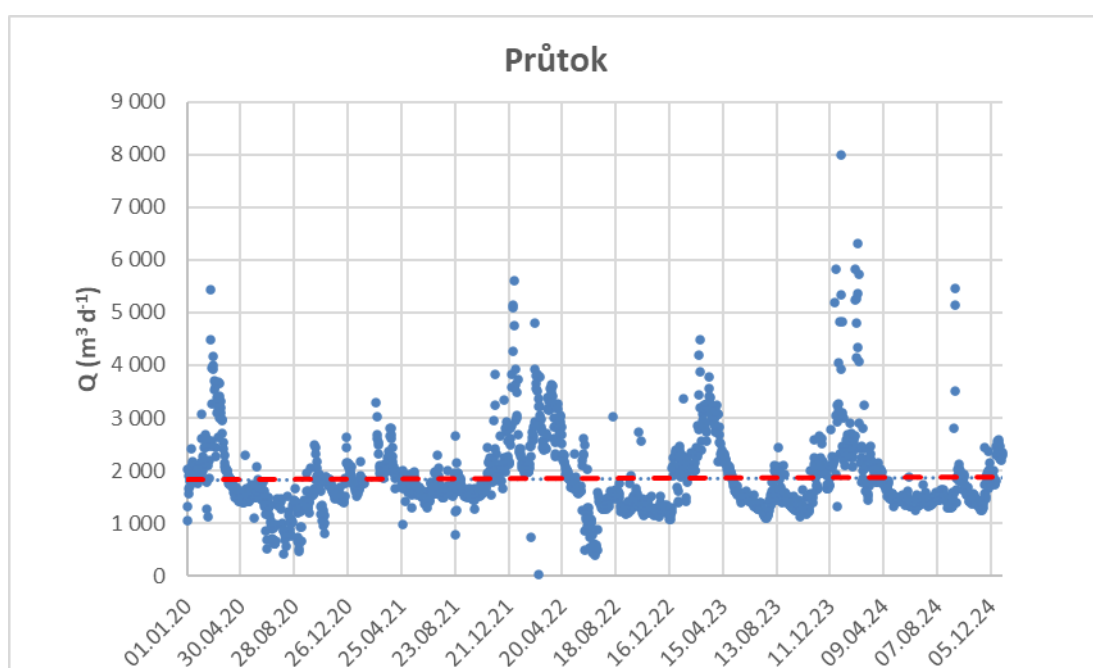
Obř. 3: ČOV Rokytnice nad Jizerou – technologické schéma biologického stupně.

3. Vyhodnocení trendů kvantity a kvality přítoků na ČOV Rokytnice nad Jizerou

Podrobné údaje vyhodnocení kvantity a kvality přítoků odpadních vod na ČOV Rokytnice nad Jizerou jsou zpracovány za období provozních let 2020 - 2024.

3.1 Množství odpadních vod

Obr. 4 znázorňuje denní průtoky za období 2020 - 2024. Grafy na Obr. 5. - Obr. 7 znázorňují měsíční průtoky, roční průtoky a srážkové úhrny. Ve vyhodnocení průtoku jsou zahrnuty všechny odpadní vody které byly zaznamenány na měrném objektu na odtoku. Obr. 4 a Obr. 7 znázorňují, že celkový dlouhodobý trend odpadních vod, které byly přivedeny na biologickou část ČOV, má mírně vzestupnou tendenci, která je významně ovlivněna srážkovými úhrny. Výraznější ovlivnění průtoků je dáno rovněž sezónností a ročním období.



Obr. 4 Vývoj množství odpadních vod 2020 - 2024 – denní hodnoty.

Tab. 4 ukazuje vyhodnocené koeficienty nerovnoměrnosti jako 85 %-ní percentily naměřených hodnot. Díky extrémní sezónnosti jsou koeficienty nerovnoměrnosti atypické, přičemž měsíční nerovnoměrnost vychází větší než denní.

Tab. 4: Vyhodnocené koeficienty hydraulické nerovnoměrnosti přítoku.

k den	k týden	k měsíc
1,46	1,41	1,54

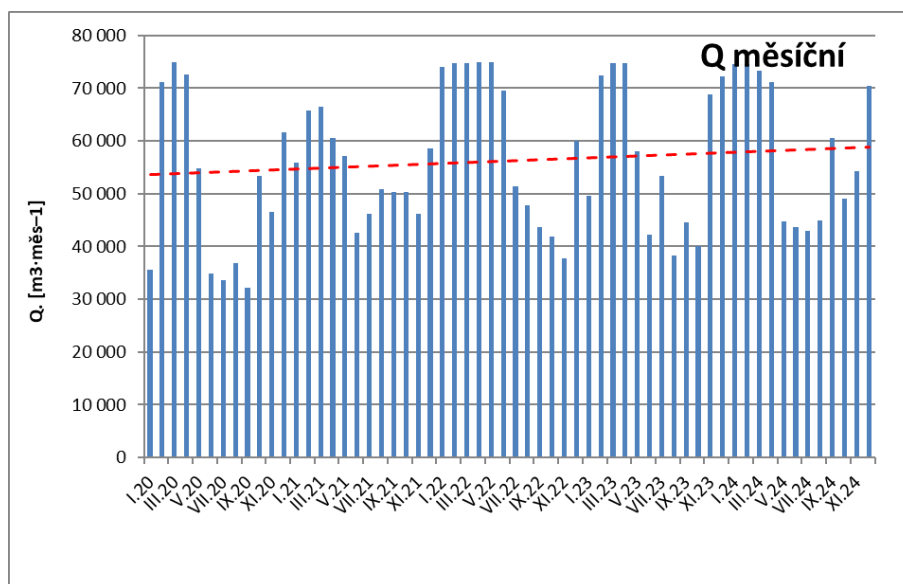
Tab. 5: Ukazatelé statistického zpracování dat denních přítoků v letech 2020 - 2024.

Statistická charakteristika	denní	týdenní	měsíční
	m ³ /d		
Počet	1 798	257	59
Průměr ($\bar{X}$)	1 853	1 845	1 855
Medián	1 658	1 685	1 686
Minimum	28	433	1 016
Maximum	8 002	5 133	3 293
Výběrová s	728	632	557
s	727	630	552
s/ $\bar{X}$	39,2%	34,2%	29,8%
$\bar{X} + 2s$	3 308	3 106	2 960
$\bar{X} + 2s_v$	3 309	3 109	2 969
$\bar{X} - 2s$	399	584	750
Četnost nad $\bar{X} + 2s$	77	12	3
Rel. četnost nad $\bar{X} + 2s$	4,3%	4,7%	5,1%
Zabezpečenost	95,7%	95,3%	94,9%
Četnost pod $\bar{X} - 2s$	2	1	0
Rel. četnost pod $\bar{X} - 2s$	0,1%	0,4%	0,0%
Zešikmení	2,16	1,69	0,90
Špičatost	8,32	4,79	-0,12
k(maximální den)	4,32		
k(maximální týden)		2,78	
k(maximální měsíc)			1,78
Q _n (95%ní percentil)	3239	3030	2937
k _{den} (percentil 95 %)	1,95		
k _{týden} (percentil 95 %)		1,80	
k _{měsíc} (percentil 95 %)			1,74
Q _n (85%ní percentil)	2 422	2 373	2 590
k _{den} (percentil 85 %)	1,46		
k _{týden} (percentil 85 %)		1,41	
k _{měsíc} (percentil 85 %)			1,54

Symboly: $\bar{X}$ označuje průměr;
s označuje směrodatnou odchylku;
s_v označuje výběrovou směrodatnou odchylku - Výběrová směrodatná odchylka koriguje velikost vypočtené směrodatné odchylky počtem měření;
k_d označuje maximální den resp. maximální den s označenou zabezpečeností.

Zešikmenost (koeficient asymetrie rozdělení) - zešikmenost označuje stupeň asymetrie rozdělení veličiny kolem střední hodnoty. Kladné zešikmení označuje rozdělení s asymetrickou stranou, která se vychyluje směrem více ke kladným hodnotám. Záporné zešikmení označuje rozdělení s asymetrickou stranou, která se vychyluje směrem k více záporným hodnotám.

Špičatost určuje relativní strmost nebo plochost rozdělení v porovnání s normálním rozdělením. Kladná špičatost znamená, že rozdělení je poměrně strmé. Záporná špičatost znamená, že rozdělení je poměrně ploché. Proměnné s kladným zešikmením a malou špičatostí jsou rizikovější než ty s opačnou charakteristikou.



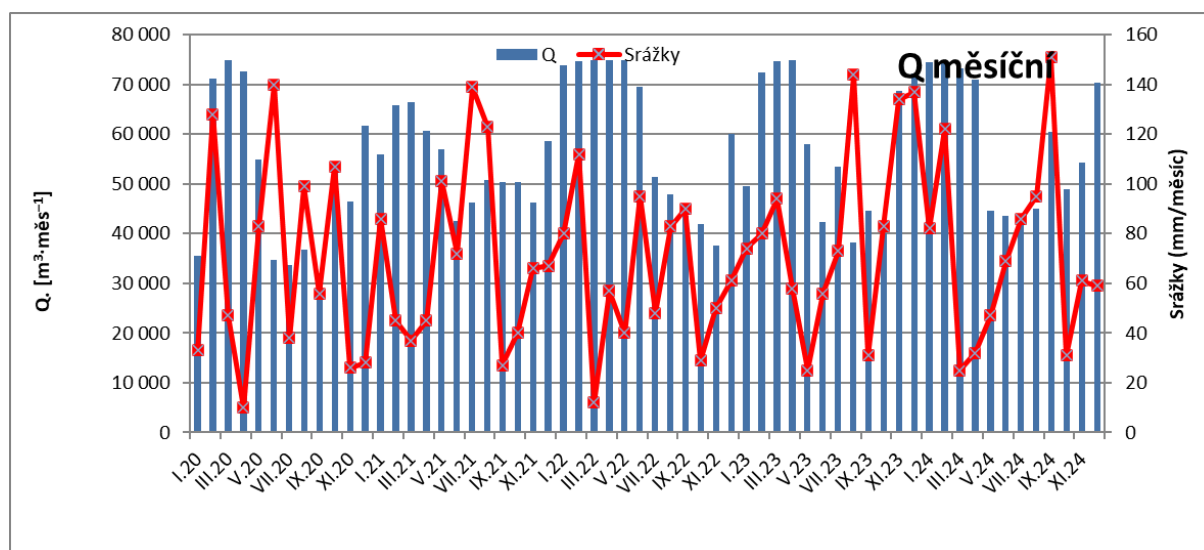
Obr. 5 Vývoj množství odpadních vod v letech 2020 - 2024 – měsíční hodnoty.

Tab. 6: Ukazatelé statistického zpracování dat přítoků na ČOV.

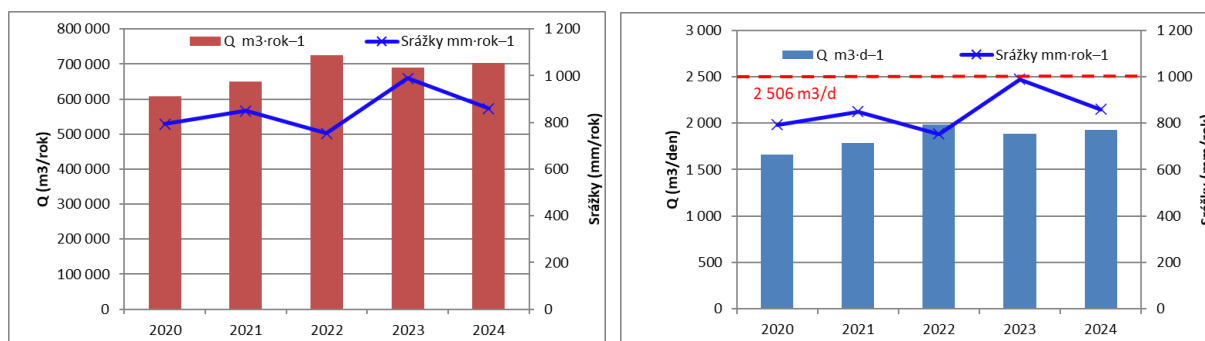
Rok	Q	Q - průměr	Q**	Srážky*	% normálu
	m ³ ·rok ⁻¹	m ³ ·d ⁻¹	% Projektu	mm·rok ⁻¹	%
2020	607 901	1 661	66%	793	93%
2021	650 867	1 783	71%	850	100%
2022	725 286	1 987	79%	754	89%
2023	688 732	1 887	75%	989	116%
2024	703 912	1 923	77%	860	101%
Průměr	675 340	1 848	74%	849	100%

*normální srážkový úhrn je 893 mm/rok

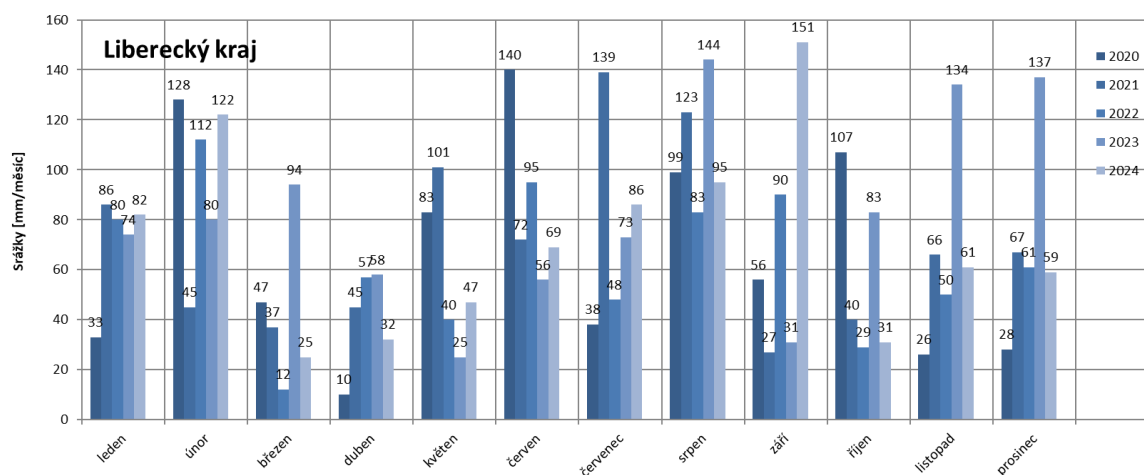
** Projektový průtok Q = 2506 m³ d⁻¹



Obr. 6 Vývoj množství odpadních vod 2020 - 2024 – měsíční hodnoty a srážkové úhrny.



Obr. 7 Vývoj množství odpadních vod – roční souhrny, denní množství a roční srážkový úhrn.



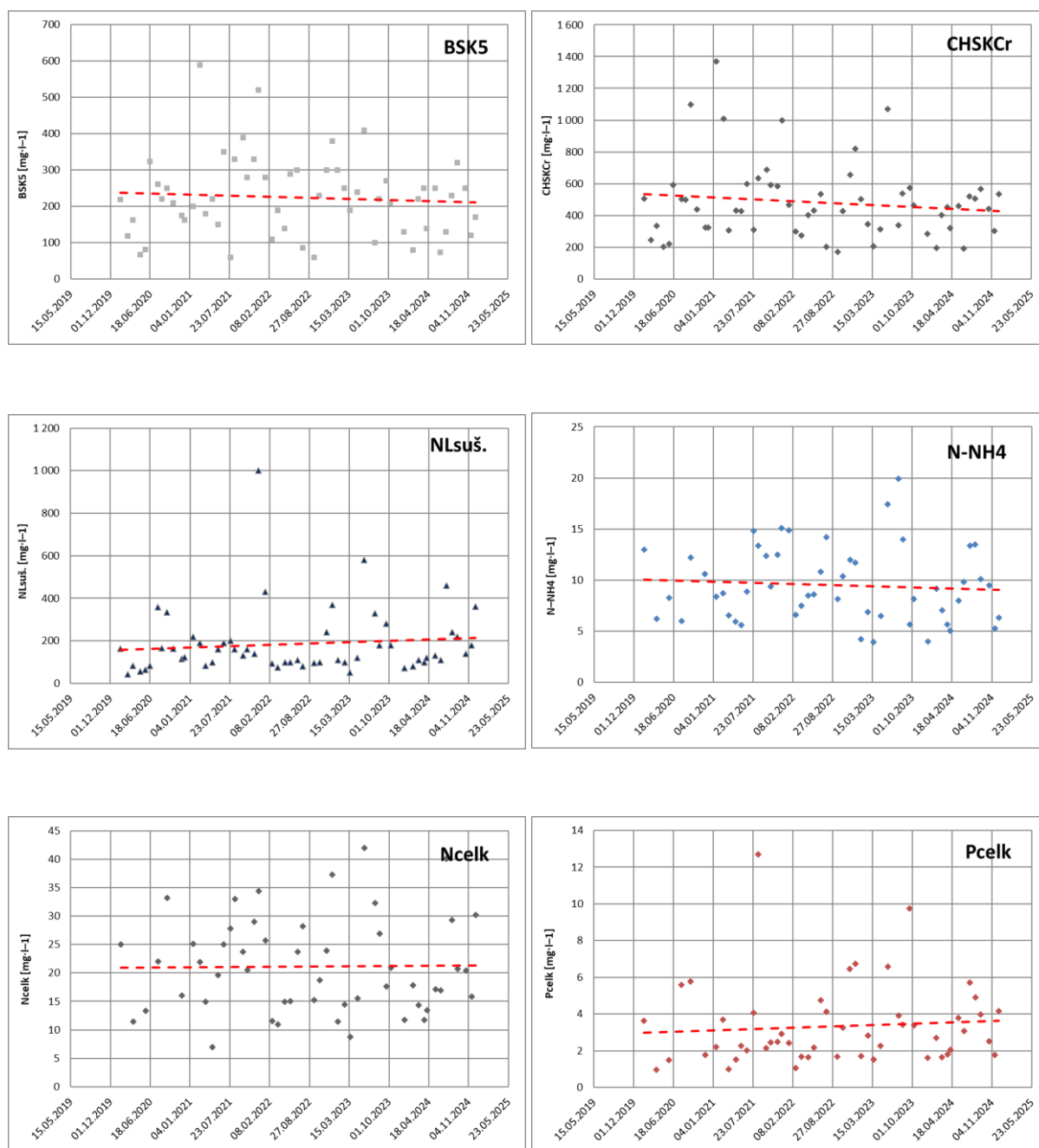
Obr. 8 Srážkové úhrny v letech 2020 - 2024.

3.2 Koncentrační ukazatele znečištění v přítoku a látkové zatížení – celkový přítok

Tab. 7 sumarizuje data koncentrací znečištění v celkovém přítoku v letech 2020 - 2024. Tab. 8 pak za rok 2024, který je použit k verifikaci matematického modelu. Tab. 9 sumarizuje vypočtená látková zatížení pro jednotlivé ukazatele znečištění za roky 2020 - 2024 a přepočty znečištění na EO dle ČSN 75 6401. Koncentrační znečištění v odpadní vodě dlouhodobě vykazuje vyrovnané trendy. Zatížení ČOV osciluje různě pro jednotlivé ukazatele znečištění bez jednoznačných trendů. Vyhodnocení za roky 2020 a 2021 je z důvodu rekonstrukce ČOV bráno bilančně z jednotlivých proudů z města a papírny EMBA, od roku 2022 jsou pak vyhodnocena data směsného nátoky za lapákem písku.

Tab. 7 Data koncentračního znečištění v celkovém přítoku v letech 2020 - 2024.

	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL _{suš.}	N-NH ₄	N _{celk.}	P _{celk.}
	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Průměr	481	241	185	10,0	21,7	3,3
Medián	440	220	130	8,9	20,4	2,5
Maximum	1 370	770	1 000	23,1	42,0	12,7
Minimum	171	60	44	4,0	7,0	1,0
Počet	57	57	57	51	51	51



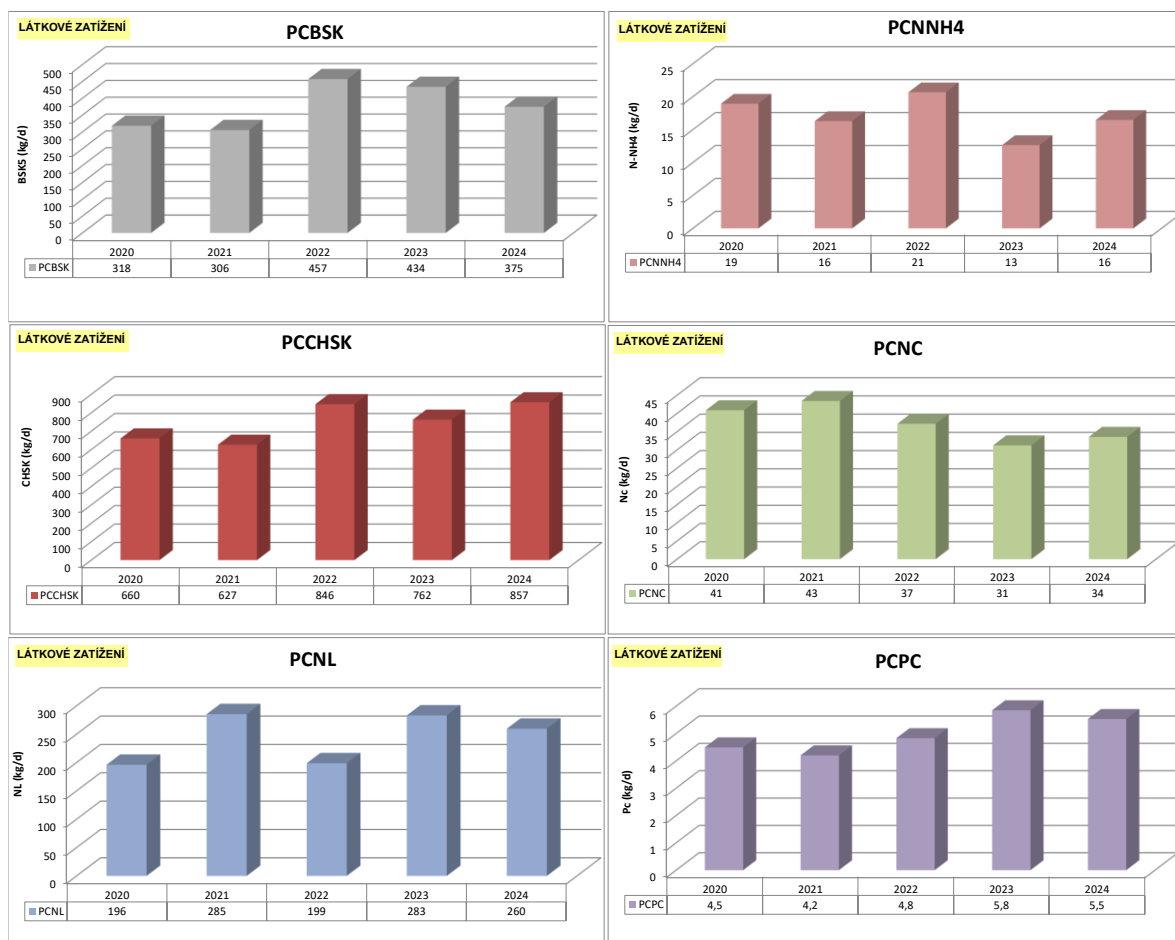
Obr. 9 Znáznornění průběhu koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění v celkovém přítoku.

Tab. 8: Souhrn ukazatelů znečištění a látkového zatížení v období 2024.

2024	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄	N-celk	P-celk
mg·l ⁻¹	195	446	135	8,6	17,5	2,9
kg d ⁻¹	375	857	260	16	34	6
EO	6251	7140	4721	3051	3051	2212

Tab. 9: Souhrn ukazatelů znečištění a látkového zatížení v celkovém přítoku v letech 2020 - 2024.

BSK5	mg/l	kg/d	EO	CHSK	mg/l	kg/d	EO
2020	192	318	5 306	2020	398	660	5 503
2021	171	306	5 094	2021	351	627	5 221
2022	230	457	7 617	2022	426	846	7 054
2023	230	434	7 233	2023	404	762	6 353
2024	195	375	6 251	2024	446	857	7 140
Medián	220	407	6777	Medián	440	813	6 777
NL	mg/l	kg/d	EO	N-NH4	mg/l	kg/d	EO
2020	118	196	3 565	2020	11,4	18,9	3 714
2021	160	285	5 187	2021	9,1	16,3	3 947
2022	100	199	3 613	2022	10,4	20,7	3 378
2023	150	283	5 146	2023	6,7	12,6	2 839
2024	135	260	4 721	2024	8,6	16,5	3 051
Medián	130	240	4369	Medián	8,9	16,4	3 428
Ncelk	mg/l	kg/d	EO	Pcelk	mg/l	kg/d	EO
2020	24,6	41	3 714	2020	2,7	4,5	1 797
2021	24,4	43	3 947	2021	2,4	4,2	1 680
2022	18,7	37	3 378	2022	2,4	4,8	1 931
2023	16,6	31	2 839	2023	3,1	5,8	2 340
2024	17,5	34	3 051	2024	2,9	5,5	2 212
Medián	20,4	38	3428	Medián	2,5	4,6	1 848

**Obr. 10** Znáznornění látkového zatížení jednotlivých ukazatelů znečištění v celkovém přítoku.

Tab. 10: Vytížení ČOV v letech 2020 - 2024.

Ukazatel	$m^3 \cdot d^{-1}$	$m^3 \cdot d^{-1}$	%	$l \cdot EO^{-1} \cdot d^{-1}$
Q	2506	1848	73,8 %	273
Zatížení	Projekt	2020-24	Vytíženost ČOV	Přepočet na EO
počet EO	6000	6777	112,9 %	6777
	$kg \cdot d^{-1}$	$kg \cdot d^{-1}$	%	EO
BSK ₅	360,0	406,6	112,9 %	6777
CHSK _{Cr}	871,0	813,2	93,4 %	6777
NL	467,0	240,3	51,4 %	4369
N-NH ₄	43,6	16,4	37,8 %	3428
N-celk	66,0	37,7	57,1 %	3428
P-celk	15,0	4,6	30,8 %	1848
Specifická produkce	273	$l \cdot EO^{-1} \cdot d^{-1}$ podle BSK ₅		
odpadní vody:	539	$l \cdot EO^{-1} \cdot d^{-1}$ podle Ncelk		

Tab. 11: Vytížení ČOV v období 2024.

Ukazatel	$m^3 \cdot d^{-1}$	$m^3 \cdot d^{-1}$	%	$l \cdot EO^{-1} \cdot d^{-1}$
Q	2506	1923	76,7 %	308
Zatížení	Projekt	2024	Vytíženost ČOV	Přepočet na EO
počet EO	6000	6251	104,2 %	6251
	$kg \cdot d^{-1}$	$kg \cdot d^{-1}$	%	EO
BSK ₅	360,0	375,0	104,2 %	6251
CHSK _{Cr}	871,0	856,8	98,4 %	7140
NL	467,0	259,6	55,6 %	4721
N-NH ₄	43,6	16,5	37,8 %	3051
N-celk	66,0	33,6	50,8 %	3051
P-celk	15,0	5,5	36,9 %	2212
Specifická produkce	308	$l \cdot EO^{-1} \cdot d^{-1}$ podle BSK ₅		
odpadní vody:	630	$l \cdot EO^{-1} \cdot d^{-1}$ podle Ncelk		

Z dat jsou patrné nekoherentní vztahy mezi ukazateli organického znečištění, výrazně nižší znečištění v ukazatelích dusíku a fosforu, což je dáno ovlivněním směsného přítoku odpadními vodami z papírny EMBA. Poměr BSK₅ / CHSK je nicméně obvyklý, na úrovni 0,5, v roce 2024 pak 0,44. Množství organického znečištění ve vztahu k dusíku je v přítoku vysoké, na úrovni střední hodnoty poměru CHSK/Ncelk = 21,6, v roce 2024 pak vyšší, 25,5. Zatížení fosforem je naopak výrazně nižší, cca 35 % oproti přiváděnému organickému znečištění (2024). Vzhledem k vysokým poměrům organického znečištění vzhledem k nutrientům N a P je proto možné tyto odstraňovat

pouhou syntézou do biomasy. V systému tedy není zařazena biologické denitrifikace ani není aktuálně používáno simultánní srážení fosforu. Tento princip čištění lze zachovat pouze v případě, že budou odpadní vody z města vyváženy nadměrným přísunem organického znečištění bez nutrientů z papírny. Společné čištění těchto vod je proto velmi žádoucí a výhodné pro obě strany.

Z vyhodnocených výsledků vyplývá, že ČOV Rokytnice nad Jizerou byla v posledních letech zatěžována na úrovni 6 777 EO₆₀. Zatížení celkovým dusíkem bylo na úrovni 3 428 EO₁₁. K vyhodnocení zatížení je použit průměrný průtok odpadních vod na úrovni 1848 m³ d⁻¹. V roce 2024 byla ČOV zatěžována méně, na úrovni 6 251 EO₆₀. Zatížení celkovým dusíkem bylo na úrovni 3 051 EO₁₁. K vyhodnocení zatížení je použit průměrný průtok odpadních vod na úrovni 1923 m³ d⁻¹. Vytížení ČOV ve vztahu k původnímu projektu bylo v roce 2024 na úrovni 104 % dle ukazatele BSK₅ a 51 % v ukazateli N_{celk}. Hydraulické vytížení činilo cca 77 %.

3.3 Koncentrační ukazatele znečištění v přítoku a látkové zatížení – město a EMBA

Separátně byla vyhodnocena data koncentračního znečištění v přítoku z města a z papírny EMBA. Vyhodnocení je orientační a vzhledem k odlišnému počtu měření i sledovaných ukazatelů ve srovnání se směsným přítokem na ČOV nelze proto hledat úplnou shodu v bilančních hodnotách. Z výsledků je nicméně patrné, že velmi „hladová“ odpadní vody s nízkým organickým znečištěním z města je dotována organickým znečištěním z papírny EMBA. V případě optimálního poměru těchto zdrojů odpadních vod lze pak dosáhnout velmi kvalitních odtokových parametrů v jednoduchém uspořádání aktivace bez denitrifikačních zón a dávkování chemikálií na srážení fosforu.

Tab. 12 Data koncentračního znečištění v celkovém přítoku z města v letech 2020 - 2024.

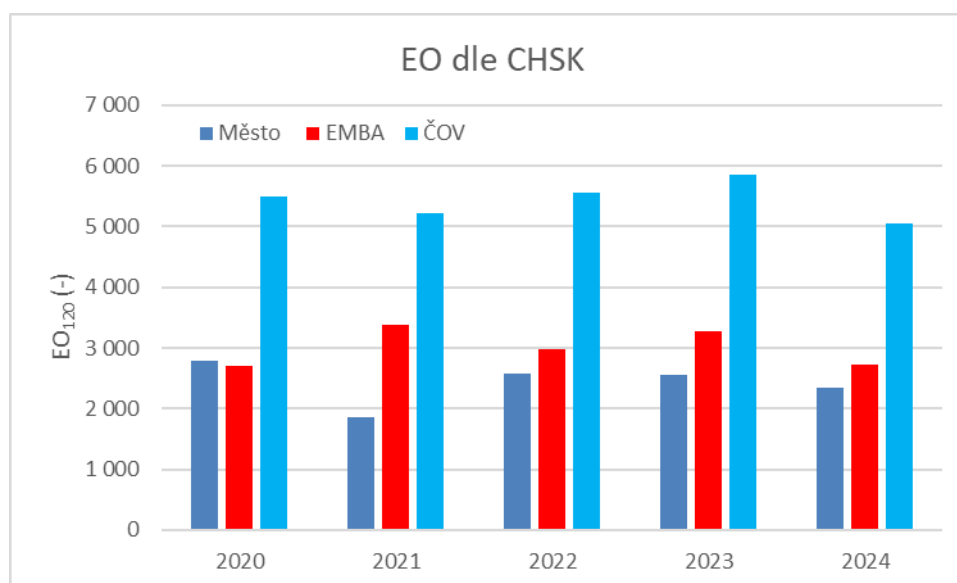
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL _{suš.}	N-NH ₄	N _{celk.}	P _{celk.}
	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Průměr	211	78	118	13,4	24,8	3,2
Medián	121	52	69	12,8	22,6	2,4
Maximum	552	250	370	24,9	33,4	5,1
Minimum	34	16	13	2,3	6,2	0,5
Počet	60	60	60	30	30	30

Tab. 13 Data koncentračního znečištění v celkovém přítoku z EMBA v letech 2020 - 2024.

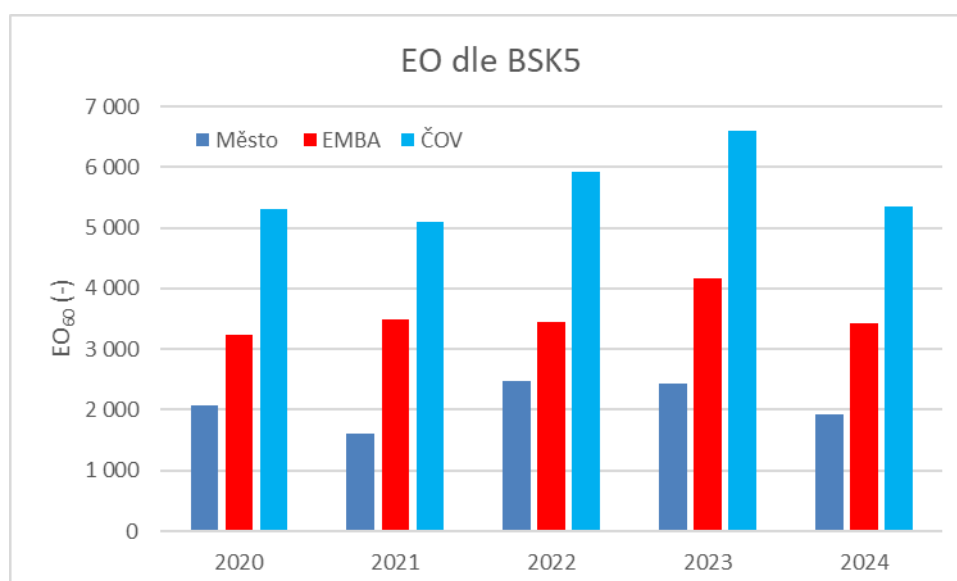
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL _{suš.}
	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Průměr	4 436	2 478	591
Medián	4 830	2 800	500
Maximum	8 220	5 100	2 400
Minimum	465	150	75
Počet	96	60	96

Tab. 14: Souhrn ukazatelů látkového zatížení v přítoku z města a papírny EMBA v letech 2020 - 2024.

Rok	CHSK				BSK ₅			
	Město	EMBA	ČOV	EMBA/ČOV	Město	EMBA	ČOV	EMBA/ČOV
2020	2 793	2 710	5 503	49%	2 076	3 230	5 306	61%
2021	1 849	3 372	5 221	65%	1 610	3 484	5 094	68%
2022	2 586	2 974	5 560	53%	2 486	3 445	5 931	58%
2023	2 567	3 282	5 848	56%	2 439	4 166	6 605	63%
2024	2 337	2 719	5 056	54%	1 922	3 434	5 356	64%
Průměr	2 426	3 011	5 438	55%	2 107	3 552	5 659	63%

**Obr. 11** Znáznornění látkového zatížení v EO dle CHSK z města a papírny EMBA.

Obr. 11 a Obr. 12 ukazují srovnání zatížení ČOV v EO dle CHSK a BSK₅ z města a papírny EMBA. V dlouhodobém průměru činí zatížení z papírny EMBA dle CHSK cca 55 %, v ukazateli BSK₅ pak 63%. Z hlediska společného čištění těchto vod se tento poměr jeví jako optimální.

**Obr. 12** Znáznornění látkového zatížení v EO dle BSK₅ z města a papírny EMBA.

3.4 Kvalita odtoku

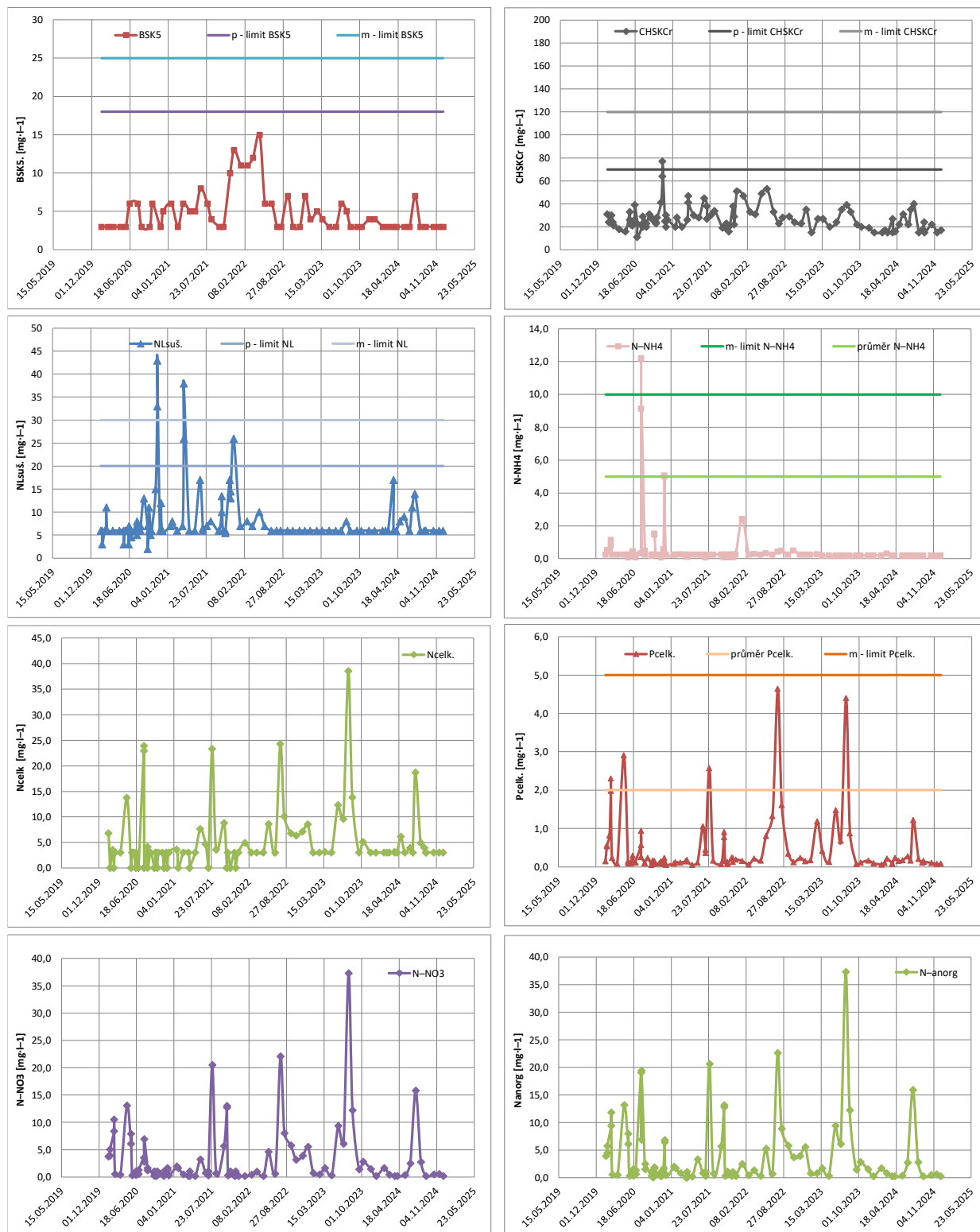
Kvalita odtoku je vyhodnocena za účelem posouzení funkčnosti aktivačního procesu a kalibrace matematického modelu na aktuální stav zatížení. Byla vyhodnocena data za období let 2020 - 2024 (Tab. 15), která byla použita pro kalibraci modelu. Data z roku 2024 byla využita pro jeho verifikaci (Tab. 16). Grafické znázornění kvality odtoku je na Obr. 13. Z výsledků je zřejmá vysoká účinnost čištění odpadních vod v ukazatelích organického znečištění (Tab. 17). Odstraňování amoniakálního dusíku probíhá úplnou nitrifikací na úrovni 97 %. Účinnost odstraňování celkového dusíku je okolo 85 %. Odstraňování fosforu je realizováno inkorporací do biomasy. Při odstraňování fosforu je pravděpodobně částečně aktivní i proces bio-P, neboť stechiometricky by byly zapotřebí malé dávky srážedla pro dosažení měřené kvality odtoku. V kalu byly rovněž v mikrobiologickém rozboru zaznamenány poly-P clustery bakterií. Celková účinnost odstraňování P_{celk} dosahuje 95 %. Na odtoku z ČOV dochází k občasným výkyvům v ukazateli N_{celk} , $N\text{-NO}_3$ a P_{celk} , a to vždy v letních měsících v době letní odstávky EMBA. To dokumentuje význam vlivu těchto odpadních vod na kvalitu odtoku. V minulosti byl zřejmý i občasný zvýšený únik NL do odtoku, což mělo souvislost s konstrukcí dosazovacích nádrží. Tento problém se od roku 2022 již podařilo vyřešit a odtokové koncentrace stabilizovat.

Tab. 15 Vyhodnocení kvality odtoku v letech 2020 - 2024.

Datum	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL _{suš.}	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	N _{celk.}	P _{celk.}
Jednotka	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Průměr	27,2	4,9	8,5	0,6	0,2	3,4	6,2	0,4
Medián	25,0	3,0	6,0	0,3	0,1	1,0	3,0	0,2
Maximum	77,0	15,0	43,0	12,2	3,7	37,3	38,5	4,6
Minimum	11,0	3,0	2,0	0,1	0,0	0,2	3,0	0,1
Počet	104	60	104	92	92	92	72	104

Tab. 16 Vyhodnocení kvality odtoku v období 2024.

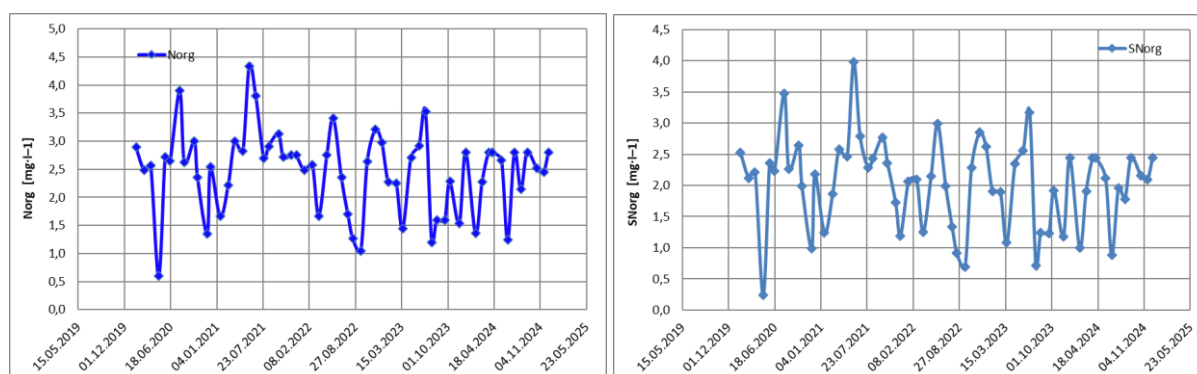
Datum	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL _{suš.}	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	N _{celk.}	P _{celk.}
Jednotka	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Průměr	21,2	3,3	7,6	0,2	0,1	2,1	4,3	0,2
Medián	17,5	3,0	6,0	0,2	0,1	0,4	3,0	0,1
Maximum	40,0	7,0	17,0	0,3	0,2	15,8	18,7	1,2
Minimum	15,0	3,0	6,0	0,2	0,1	0,2	3,0	0,1
Počet	18	12	18	12	12	12	18	18



Obr. 13 Znáznornění průběhu koncentrací v celkovém odtoku (2020 - 2024).

Tab. 17 Vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod.

Ukazatel / rok	2020-24	2024
BSK ₅	99%	98%
CHSK _{Cr}	95%	96%
NL	96%	96%
N-NH ₄	97%	98%
N-celk	85%	83%
P-celk	95%	95%



Obr. 14 Znáornění průběhu koncentrací Norg a rozpuštěného SNorg v celkovém odtoku.

Graf na Obr. 14 ukazuje odtokové koncentrace N_{org} a vypočtené koncentrace rozpuštěného („Soluble“) SN_{org}, který systémem protéká bez možností další amonifikace. Koncentrace SN_{org} v odtoku mají zásadní význam pro výpočet biologické ČOV, zejména nastavení účinnosti odstraňování dusíku. Průměrná hodnota rozpuštěného SN_{org} vychází 2,0 mg l⁻¹, hodnota mediánu pak mírně vyšší 2,1 mg l⁻¹. Hodnota N_{org} pak vychází na úrovni 2,5 mg l⁻¹. Tyto hodnoty jsou vyšší než je u běžných komunálních odpadních vod obvyklé a ukazují na vliv specifického průmyslového znečištění v přítoku.

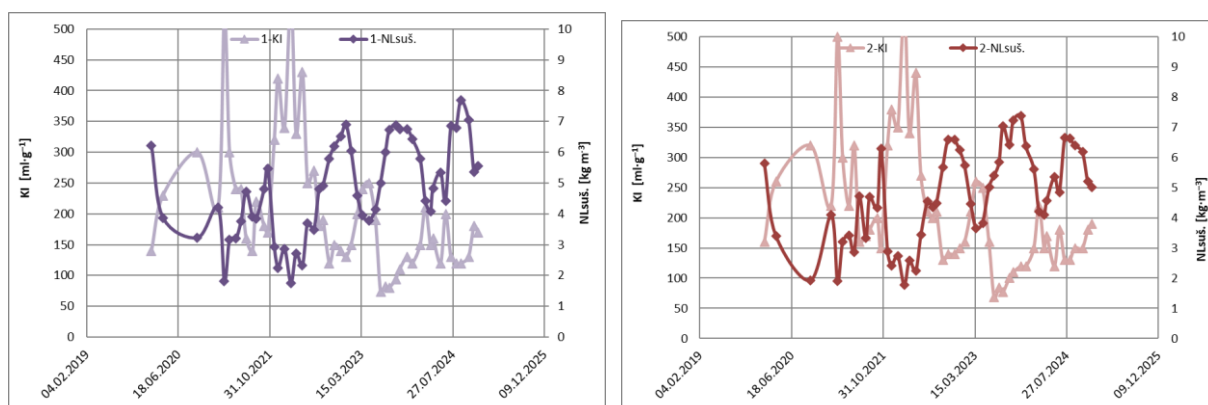
3.5 Provozní parametry aktivace

Biologická linka aktivačního systému je dlouhodobě provozována se sušinou kalu na střední hodnotě 4,7 kg m⁻³ a kalovým indexem 180 ml g⁻¹. Organický podíl kalu dosahoval hodnoty 80 %,

Tab. 18 Provozní parametry aktivace.

	1-NL _{suš.} g·l ⁻¹	1-KI ml·g ⁻¹	2-NL _{suš.} g·l ⁻¹	2-KI ml·g ⁻¹	Ø - NL _{suš.} g·l ⁻¹	Ø - KI ml·g ⁻¹
Průměr	4,8	205	4,7	208	4,7	206
Medián	4,8	180	4,7	180	4,7	180
Maximum	7,7	550	7,4	550	7,7	550
Minimum	1,8	74	1,8	69	1,8	69
Počet	51	51	51	51	-	-
2024						
Průměr	5,7	153	5,4	160	5,5	157
Medián	5,5	150	5,3	150	5,4	150

což vypovídá o zvýšeném přítoku organického znečištění bez NL z papírny EMBA. Obr. 15 ukazuje pro ilustraci průběhy hodnot NL a KI v nádržích aktivace.



Obr. 15 Znáznornění průběhu koncentrací NL a KI (2020 - 2024) v nitrifikacích.

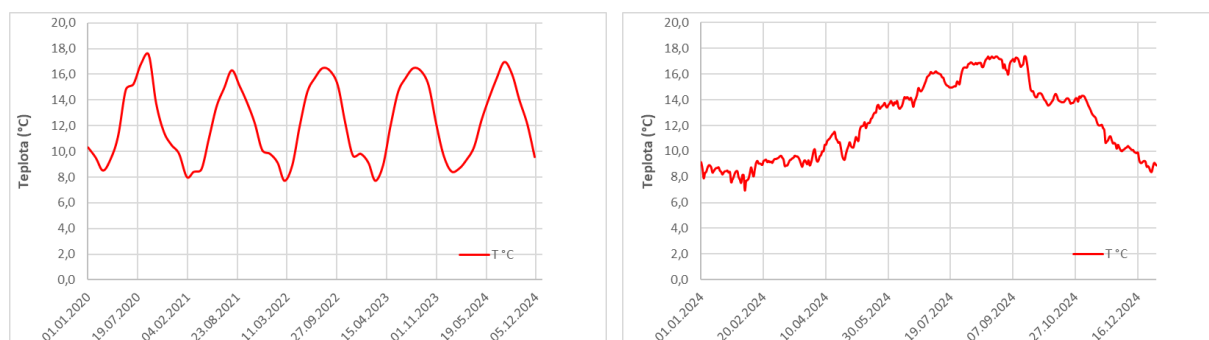
3.5.1 Stanovení výpočtové teploty aktivace

Teploty aktivačního systému jsou zaznamenávány do provozního deníku. Pro stanovení profilu teploty v aktivačních nádržích v průběhu roku byla použita měsíční data z období 2020 - 2024 a denní data za rok 2024 (Obr. 16). Při technologických výpočtech minimální teplota ovlivňuje velikost nádrží, teplota maximální pak dimenzování aeračního systému.

Tab. 19 Statistické vyhodnocení teplot v aktivaci.

2020 – 2024			2024
Statistická funkce	Jednotka	Aktivace	Aktivace
Počet	-	60	366
Průměr ($\bar{X}$)	°C	12,2	12,3
Medián	°C	12,0	12,2
Maximum	°C	17,5	17,4
Minimum	°C	7,7	7,0

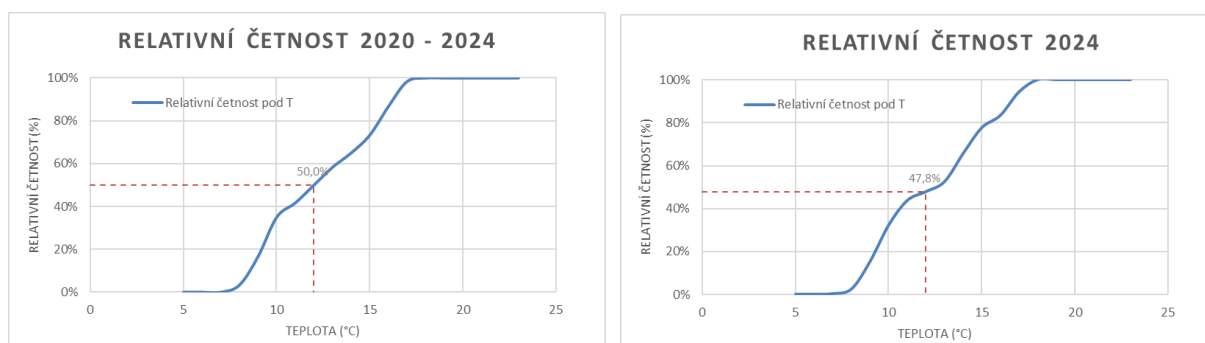
Rok	Prům. T
-	°C
2020	12,4
2021	11,8
2022	12,3
2023	12,3
2024	12,3



Obr. 16 Průběh teplot v aktivaci – 2020 – 2024 a rok 2024.

Tab. 20 Relativní četnost hodnot pod danou teplotou 2020 - 2024.

Teplota (°C)	Počet	Relativní četnost pod T	Teplota (°C)	Počet	Relativní četnost pod T
23	60	100,0%	14	39	65,0%
22	60	100,0%	13	35	58,3%
21	60	100,0%	12	30	50,0%
20	60	100,0%	11	25	41,7%
19	60	100,0%	10	21	35,0%
18	60	100,0%	9	10	16,7%
17	59	98,3%	8	2	3,3%
16	52	86,7%	7	0	0,0%
15	44	73,3%	6	0	0,0%

**Obr. 17:** Graf relativní četnosti výskytu teplot pod danou hodnotou.

Na základě provedeného vyhodnocení režimu teplot je zřejmé, že teploty v aktivaci jsou v zimním období velmi nízké. Teplota legislativního předělu 12 °C byla ve vyhodnocovaném období podkročena v 50 % měření. ČOV pracuje pod legislativním předělem cca 6 měsíce v roce.

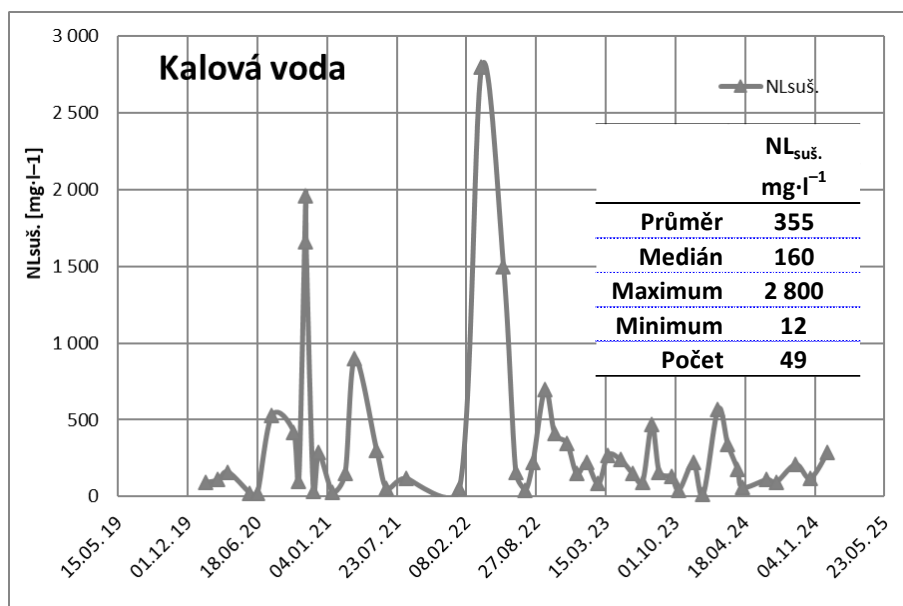
Pro výpočty budou použity tyto teplotní limity, které postihují rozsahy teplot v průběhu roku.

$T_{\min}$ výpočtová =	7,0 °C
$T_{\text{prům}}$ výpočtová =	16,0 °C
$T_{\max}$ výpočtová =	18,0 °C
T_{leg} legislativní =	12,0 °C

Teplota legislativního předělu pro nitrifikaci, resp. ukazatel N-NH₄ je 12°C.

3.5.2 Kalová voda

Kalová voda je produkována procesem strojního odvodnění na šnekolisu. Nepředpokládá se významný vliv na zatížení ČOV, pouze v případě, že by s kalovou vodou zpět na přítok unikal i kal, což nasává pouze ojediněle. Střední koncentrace NL v kalové vodě je pouze 160 mg l⁻¹, což ukazuje na velmi kvalitní funkci procesu odvodnění.



Obr. 18: Kvalita kalové vody z odvodnění kalu.

3.5.3 Dávkování železitě soli

Aktivační systém dlouhodobě pracuje bez dávkování chemikálií na srážení fosforu. Stechiometrický výpočet ukazuje, že v systému pravděpodobně probíhá i zvýšené biologické odstraňování fosforu, což bylo dokladováno přítomností poly-P bakterií ve vzorku aktivovaného kalu (viz mikrobiologický rozbor kalu z 11. 4. 2025 v příloze).

3.5.4 Výpočet základních technologických parametrů aktivace a produkce kalů

V Tab. 21 jsou sumarizovány základní technologické parametry aktivačního systému dosažené v letech 2020 - 2024 a v roce 2024. Jedná se o orientační přepočty dle ČSN (přesnější výpočet je realizován na matematickém modelu). Přepočty dle ČSN ukazují, že aktuálně provozovaný systém pracuje jako nízko zatížená aktivace. Stáří kalu je na úrovni cca 30 - 40 dní a zatížení kalu BSK₅ okolo hodnoty 0,04 kg·kg⁻¹·d⁻¹, což je pod úrovní doporučené hodnoty 0,05 kg·kg⁻¹·d⁻¹. V roce 2024 bylo zatížení aktivace nižší se stářím kalu 43 dní. Systém se z dlouhodobého hlediska jeví podle ukazatele BSK₅ jako nízko zatížený, což ukazuje i vyšší hodnota stáří kalu a nižší obsah ZŽ v kalu, který v r. 2024 dosáhl v průměru hodnoty 73,5 %.

Tab. 21 Technologické parametry ČOV Rokytnice nad Jizerou dle výpočtu z ČSN.

Parametr	Jednotka	2020 - 2024	2024
Užitný objem aktivace CELKEM	m ³	1960	1960
Objem aktivace 1. st.	m ³	1000	1000
Objem aktivace 2. st.	m ³	960	960
Přítok na ČOV	m ³ ·d ⁻¹	1848	1923
Zatížení biologické části dle BSK ₅	EO	6777	6251

Hydraulická doba zdržení v aktivaci	h	25,5	24,5
Znečištění OV v CHSK	mg·l ⁻¹	440	446
Znečištění OV v BSK ₅	mg·l ⁻¹	220	195
Znečištění OV v NL	mg·l ⁻¹	130	135
Zatížení ČOV v CHSK	kg·d ⁻¹	813	857
Zatížení ČOV v BSK ₅	kg·d ⁻¹	407	375
Zatížení ČOV v NL	kg·d ⁻¹	240	260
Koncentrace kalu vratného	kg·m ⁻³	9,50	10,00
Koncentrace kalu v nitrifikaci	kg·m ⁻³	4,75	5,37
Stáří kalu	d	39,0	43,2
Objemové zatížení reaktoru (BSK ₅)	kg·m ⁻³ ·d ⁻¹	0,207	0,191
Zatížení kalu v reaktoru (BSK ₅)	kg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	0,044	0,036
Zatížení kalu v reaktoru (CHSK)	kg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	0,087	0,081
Kalový index	ml·g ⁻¹	180	150

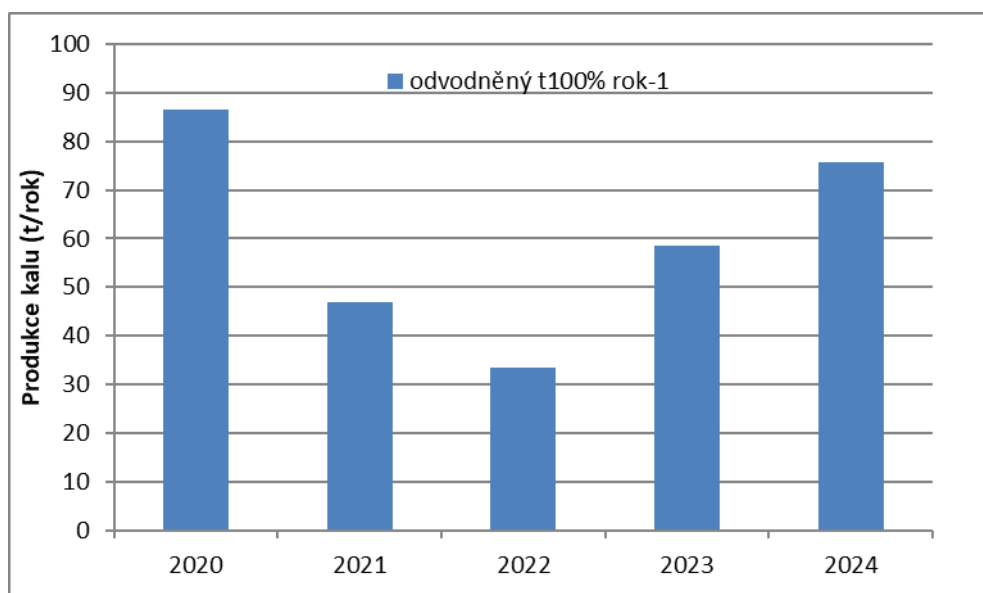
Tab. 22 Výpočet bilance přebytného kalu ze zatížení.

Výpočet produkce kalu ze zatížení ČOV	Jednotka	2020 - 2024	2024
Zásoba kalu	kg	9300	10530
Provozní teplota	°C	12,2	12,3
NL přítok	mg·l ⁻¹	130	135
BSK ₅ přítok	mg·l ⁻¹	220	195
MBSK ₅ přítok	kg·d ⁻¹	407	375
BSK ₅ odtok	mg·l ⁻¹	3	3
MBSK ₅ odtok	kg·d ⁻¹	5,54	5,77
NL odtok	mg·l ⁻¹	6	6
MNL odtok	kg·d ⁻¹	11,1	11,5
Produkce kalu	kg·d ⁻¹	238,5	237,1
Přebytný kal	kg·d ⁻¹	227,4	225,6
Přebytný kal za rok - výpočet	t rok⁻¹	83,0	82,3
Přebytný kal za rok – provozní data	t rok⁻¹	60	76

Bilanční výpočet ukazuje v dlouhodobém horizontu určitý nesoulad mezi produkcemi kalu z měřených provozních hodnot na kalovém hospodářství a vypočtených hodnot ze zatížení ČOV. Nevyrovnanost bilance je však dána rekonstrukcí ČOV v letech 2020 – 2021, kdy byl provoz atypický. Nicméně v posledním provozním roce 2024 se produkce již shodují. Přebytný biologický kal vychází aktuálně ze zatížení biologické části systému 82 t rok⁻¹, což je na úrovni provozní hodnoty cca 76 t rok⁻¹. Porovnání je nutno brát pouze jako orientační vzhledem k obvyklým provozním problémům při odebrání reprezentativních vzorků odvodněného a odváženého kalu a rovněž vzhledem k nižšímu počtu statisticky zpracovávaných dat.

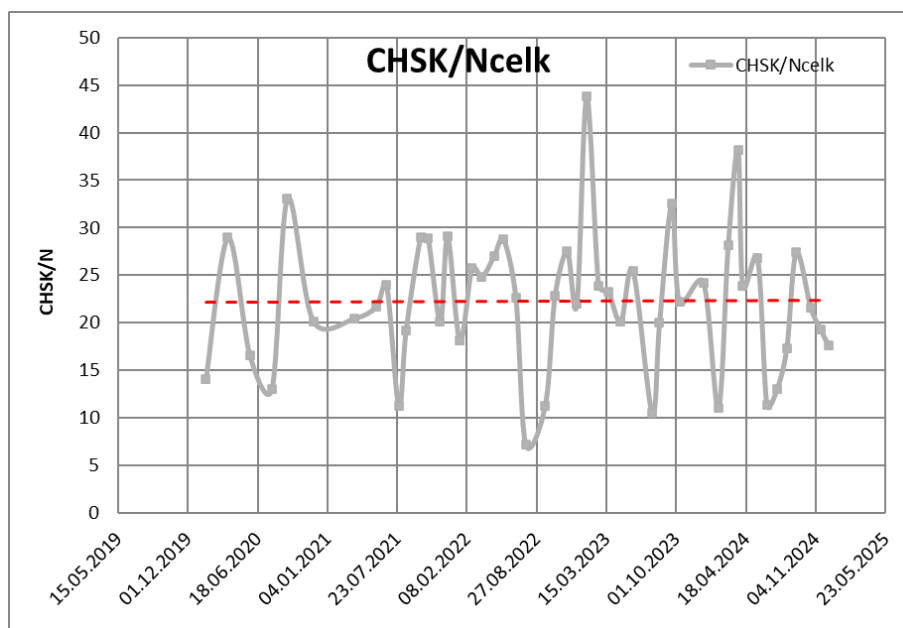
Tab. 23 Výpočet bilance přebytečného kalu z měřených provozních hodnot.

Rok	Přebytečný kal
	$t_{100\%} \text{ rok}^{-1}$
2020	87
2021	47
2022	33
2023	58
2024	76
Průměr	60

**Obr. 19** Měřená produkce kalů (2020 - 2024).

4. Výpočtové parametry zatížení

Z hlediska přepočtu kapacity ČOV je nezbytné konkretizovat výpočtové parametry zatížení. Vývoj znečištění vyhodnocený z dodaných podkladových dat měření kvality přítoku ukazuje, že koncentrační znečištění ani látkové zatížení se výrazněji nemění. Poměr CHSK/Ncelk robněž stagnuje (Obr. 20). Jeho hodnota v celkovém přítoku je aktuálně na úrovni 20,4, což je stále dostatečná hodnota z hlediska snížení ukazatele N v odtoku na požadované hodnoty. Odpadní voda by případně vykazovala i dostatečný denitrifikační potenciál a rovněž dostatek organického znečištění pro částečnou funkčnost procesu bio-P.



Obr. 20 Znáznornění průběhu poměru CHSK k dusíkatému znečištění.

4.1 Stav období let 2020 - 2024

V Tab. 24 jsou sumarizovány hodnoty zatížení v období 2020 - 2024 dle reálných měření a zatížení při přepočtu na maximální týdenní zatížení dané koeficientem týdenní nerovnoměrnosti. Legislativní zatížení ČOV je dáno dle NV č. 401/2015 Sb., Tab. 1a, pozn. pod čarou 1), maximálním průměrným týdenním zatížením. Koeficient týdenní nerovnoměrnosti je stanoven statistickým vyhodnocením týdenních průtoků na úrovni $k_{\text{týden}} = 1,41$, který je vysoký vzhledem k sezónnímu zatížení ČOV. Koeficient měsíční nerovnoměrnosti při percentilu 85 % vychází dokonce ještě vyšší, a to na úrovni 1,54, a koeficient denní nerovnoměrnosti byl vyhodnocen na úrovni 1,46, bez balastních vod ve vztahu k Q_{24} pak 2,05, což je hodnota výrazně vyšší než odpovídá ČSN. Uvažovaný průtok je brán jako výpočtový Q_v . Nejedná se tedy o bezdeštný průtok Q_{24} , tj. bezdeštné suché splašky, ale reálnou střední hodnotu hydraulického nátoků. Výpočtový průtok Q_v v sobě zahrnuje určitou rezervu v množství balastních vod, neboť se jedná o vyhodnocení průtoků jako mediánů ze všech hodnot bez ohledu na deštné a bezdeštné dny. Znečištění v kalové vodě je díky studenému uskladnění / vyhnívání nevýznamné a nebude ve výpočtech uvažováno jako separátní zdroj znečištění.

Maximální přítok do biologické části systému pro ověření dimenzování dosazovacích nádrží je uvažován na úrovni 40 l s^{-1} podle původního projektu ČOV.

Tab. 24 Zatížení ČOV – (2020 - 2024).

2020 - 2024	Q _v	Výpočtové zatížení		2020 - 2024	Q _{týden}	Maximální týdenní zatížení	
1848	m ³ d ⁻¹	273	l EO ⁻¹ d ⁻¹	2603	m ³ d ⁻¹	273	l EO ⁻¹ d ⁻¹
Ukazatel	mg.l ⁻¹	kg.d ⁻¹	EO	Ukazatel	mg.l ⁻¹	kg.d ⁻¹	EO
BSK ₅	220,0	407	6 777	BSK ₅	220,0	573	9 544
CHSK _{Cr}	440,0	813	6 777	CHSK _{Cr}	440,0	1145	9 544
NL	130,0	240	4 369	NL	130,0	338	6 152
N-NH ₄	8,9	16	3 428	N-NH ₄	8,9	23	4 827
N _c	20,4	38	3 428	N _c	20,4	53	4 827
P _c	2,5	5	1 848	P _c	2,5	7	2 603

Tab. 25 Výpočtové průtoky – (2020 - 2024).

Průtoky		m ³ d ⁻¹	m ³ h ⁻¹	l s ⁻¹
Výpočtový denní přítok	Q _v	1848	77,0	21,4
Přítok balastních vod	Q _b	1035	43,1	12,0
Přítok denní přítok suchých splašků	Q ₂₄	813	33,9	9,4
Koeficient denní nerovnoměrnosti pro Q ₂₄	k _d	2,05	-	-
Maximální denní přítok	Q _d	2701	112,5	31,3
Koeficient hodinové nerovnoměrnosti	k _h	1,50	-	-
Maximální hodinový přítok	Q _{h,max}	-	147,3	40,9
Maximální dešťový přítok do ČOV	Q _{dešť}	-	180,0	50,0
Maximální přítok do biologie definovaný	Q _{bio}	-	144,0	40,0
Maximální přítok do biologie dle ČSN	Q _{bio,ČSN}	-	182,0	50,5

Množství balastních vod dle kalibrace z hodnot specifická spotřeby odpadních vod na 1 EO na úrovni 120 l d⁻¹ vychází cca 56 % (12 l s⁻¹). Specifická produkce odpadních vod na 1 EO na úrovni 273 l d⁻¹ je vysoká a ukazuje na vyšší podíl balastních vod a jejich nižší teplotu. Do kalkulace balastních vod jsou však zahrnuty odpadní vody z papírný EMBA, které hodnotu výše balastního vod *de-facto* snižují. Pokud se kalibrace udělá pouze na data měřená z přítoku města, pak podíl balastních vod vychází na úrovni 82 %.

Vyhodnocení dále ukazuje, že díky nadměrnému množství balastních vod by mělo být na biologické části ČOV v souladu s ČSN 75 6401 čištěno až 50,5 l s⁻¹ odpadních vod, což výrazně převyšuje projektované maximální hydraulické zatížení dosazovacích nádrží. Rovněž dle NV č. 401/2015 Sb. se již ČOV blíží kapacitě > 10 000 EO₆₀, což by při nárůstu dalšího znečištění v přítoku přineslo povinnost limitace ukazatele N_{celk} a zprůsnění i limitů u dalších ukazatelů znečištění.

4.2 Stávající stav období roku 2024

Tab. 26 a Tab. 27 udává vyhodnocení množství odpadních vod v roce 2024, které bude použito pro verifikaci kalibrace matematického modelu (poslední aktuální provozní rok).

Tab. 26 Zatížení ČOV – (2024).

2024	Q _v	Výpočtové zatížení		2024	Q _{týden}	Maximální týdenní zatížení	
1923	m ³ d ⁻¹	308	l EO ⁻¹ d ⁻¹	2708	m ³ d ⁻¹	308	l EO ⁻¹ d ⁻¹
Ukazatel	mg.l ⁻¹	kg.d ⁻¹	EO	Ukazatel	mg.l ⁻¹	kg.d ⁻¹	EO
BSK ₅	195,0	375	6 251	BSK ₅	195,0	528	8 803
CHSK _{Cr}	445,5	857	7 140	CHSK _{Cr}	445,5	1207	10 055
NL	135,0	260	4 721	NL	135,0	366	6 648
N-NH ₄	8,6	16	3 051	N-NH ₄	8,6	23	4 297
N _c	17,5	34	3 051	N _c	17,5	47	4 297
P _c	2,9	6	2 212	P _c	2,9	8	3 115

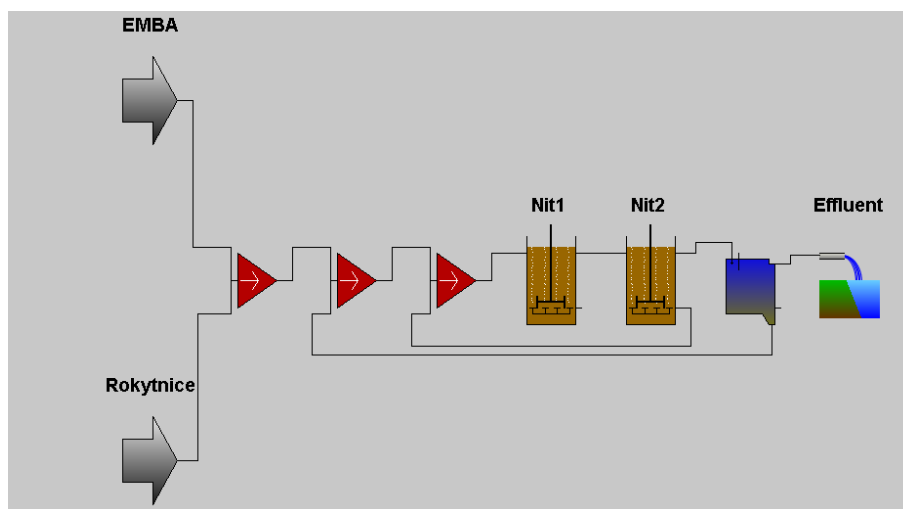
Tab. 27 Výpočtové průtoky – (2024).

Průtoky		m ³ d ⁻¹	m ³ h ⁻¹	l s ⁻¹
Výpočtový denní přítok	Q _v	1923	80,1	22,3
Přítok balastních vod	Q _b	1173	48,9	13,6
Přítok denní přítok suchých splašků	Q ₂₄	750	31,3	8,7
Koeficient denní nerovnoměrnosti pro Q ₂₄	kd	2,18	-	-
Maximální denní přítok	Q _d	2811	117,1	32,5
Koeficient hodinové nerovnoměrnosti	kh	1,50	-	-
Maximální hodinový přítok	Q _{h,max}	-	151,2	42,0
Maximální dešťový přítok do ČOV	Q _{dešť}	-	180,0	50,0
Maximální přítok do biologie definovaný	Q _{bio}	-	144,0	40,0
Maximální přítok do biologie dle ČSN	Q _{bio,ČSN}	-	185,4	51,5

5. Technologické výpočty aktivačního procesu – kalibrace modelu

Kalibrace matematického modelu je realizována pro provozní stav období 2020 - 2024. Model je následně verifikován s daty provozu za rok 2024.

- Kalibrace modelu - látkové zatížení i koncentrační znečištění dle roku 2020-24 (Tab. 24).
- Verifikace modelu - látkové zatížení i koncentrační znečištění dle roku 2024 (Tab. 26).



Obr. 21 Hydraulický layout stávající konfigurace ČOV.

5.1 Kalibrace matematického modelu

Kalibrace modelu byla realizována na vyhodnocená data za období 2020 - 2024 a verifikována pro samostatný rok 2024. Výpočty byly provedeny pro simulaci ustáleného stavu. Pro výpočty bylo použito technologické schéma aktuálního zapojení ČOV (Obr. 21).

5.1.1 Kalibrace modelu pro období 2020 - 2024

Kvalita a kvantita splaškových vod vychází z údajů provozu ČOV za období 2020 - 2024. Frakcionace odpadní vody je realizována pro profil přítoku odpadní vody na biologickou část systému. Vstupní údaje pro výpočty jsou sumarizovány v Tab. 28.

Tab. 28 Kvalita splaškové odpadní vody na přítoku do aktivace – 2020 - 2024.

Ukazatel	BSK ₅	CHSK	NL suš.	N-NH ₄	N _{celk}	P _{celk}
Koncentrace	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Hodnota	220,0	440,0	130,0	8,9	20,4	2,5
Látkové zatížení	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹
Hodnota	406,6	813,2	240,3	16,4	37,7	4,6

Tab. 29 Parametry průtoku a aktivovaného kalu - 2020 - 2024.

Přítok splaškových vod	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	1 848
Kalový index	$\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$	180
Sušina kalu v nitrifikaci	kg m^{-3}	4,75
Výpočtová teplota aktivace	$^{\circ}\text{C}$	12,2
Stáří kalu (výpočtem)	d	36,9

Tab. 30 Srovnání reálných a modelovaných hodnot kvality odtoku - 2020 - 2024.

Ukazatel	Jednotka	Reálná hodnota 2020 - 2024	Modelová simulace
BSK ₅	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	3,0	1,9
CHSK	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	25,0	25,5
NL	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	6,0	6,0
N-NH ₄	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,3	0,3
N-NO _x	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1,1	3,2
Ncelk	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	3,0	4,5
Pcelk	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,2	0,2*

*dopočteno z procesu bio-P

[51] total suspended solids	:	5.946	g/m3
[51] total carbonaceous BOD5	:	1.899	gO2/m3
[51] total COD	:	25.46	gCOD/m3
[51] total nitrogen	:	4.457	gN/m3
[51] free and ionized ammonia	:	0.2771	gN/m3
[51] nitrate and nitrite	:	3.179	gN/m3

Obr. 22 Výstup kalibrace matematického modelu SW GPS-X - 2020 - 2024.

Pro výpočty byl použit matematický model s layoutem podle Obr. 21. Tab. 30 udává srovnání měřených a modelovaných hodnot za uvedené období. Výsledky ukazují na uspokojivou kalibraci matematického modelu. Reálné odtokové koncentrace uhlíkatého i dusíkatého znečištění vykazují shodu s matematickým modelem. Hodnota Ncelk vychází mírně vyšší, stejně jako N-NO_x, nicméně obě hodnoty jsou velmi nízké. Z reálných výsledků je zřejmé, že systém pracuje v oblasti stabilní nitrifikace a v průměru dosahuje velmi kvalitních odtokových parametrů. Stáří kalu je na úrovni 36,9 dní, což je mírně nižší hodnota než v případě výpočtu podle BSK₅ dle ČSN. Obr. 22 ukazuje vypočtenou kvalitu odtoku.

5.1.2 Verifikace modelu pro období 2024

Kvalita a kvantita splaškových vod vychází z údajů provozu ČOV za období roku 2024. Frakcionace odpadní vody je realizována pro profil přítoku odpadní vody na biologickou část systému. Vstupní údaje pro výpočty jsou sumarizovány v Tab. 31 a Tab. 32.

Tab. 31 Kvalita splaškové odpadní vody na přítoku do aktivace - 2024.

Ukazatel	BSK ₅	CHSK	NL suš.	N-NH ₄	N _{celk}	P _{celk}
Koncentrace	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹	mg·l ⁻¹
Hodnota	195,0	445,5	135,0	8,6	17,5	2,9
Látkové zatížení	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹	kg d ⁻¹
Hodnota	375,0	856,8	259,6	16,5	33,6	5,5

Tab. 32 Parametry průtoku a aktivovaného kalu - 2024.

Přítok splaškových vod	m ³ ·d ⁻¹	1 923
Kalový index	ml·g ⁻¹	150
Sušina kalu v nitrifikaci	kg m ⁻³	5,37
Výpočtová teplota aktivace	°C	12,3
Stáří kalu (výpočetem)	d	39,6

Tab. 33 Srovnání reálných a modelovaných hodnot kvality odtoku - 2024.

Ukazatel	Jednotka	Reálná hodnota medián – 2024	Modelová simulace
BSK ₅	mg·l ⁻¹	3,0	2,0
CHSK	mg·l ⁻¹	17,5	18,1
NL	mg·l ⁻¹	6,0	6,7
N-NH ₄	mg·l ⁻¹	0,2	0,2
N-NO _x	mg·l ⁻¹	0,5	2,9
N _{celk}	mg·l ⁻¹	3,0	4,2
P _{celk}	mg·l ⁻¹	0,1	0,1*

*dopočteno z procesu bio-P

[51] total suspended solids	:	6.656	g/m3
[51] total carbonaceous BOD5	:	2.041	gO2/m3
[51] total COD	:	18.12	gCOD/m3
[51] total nitrogen	:	4.188	gN/m3
[51] free and ionized ammonia	:	0.1999	gN/m3
[51] nitrate and nitrite	:	2.94	gN/m3

Obr. 23 Výstup verifikace matematického modelu SW GPS-X - 2024.

Verifikace modelu byla realizována s daty za období roku 2024. Tab. 33 udává srovnání měřených a modelovaných hodnot za uvedené období.

Srovnání reálných a modelovaných hodnot ukazuje na uspokojivou verifikaci matematického modelu. Reálné odtokové koncentrace uhlíkatého znečištění vykazují shodu s matematickým modelem. Určitá disproporce existuje u ukazatele $N-NO_x$, kde však reálné hodnoty indikují množství N_{org} na úrovni $2,3 \text{ mg l}^{-1}$, což je vyšší hodnota neodpovídající velmi nízké hodnotě CHSK. Matematický model počítá s hodnotou $SN_{org} = 0,6 \text{ mg l}^{-1}$, která více odpovídá odtokové rozpuštěné CHSK pouze 12 mg l^{-1} . Z výsledků je nicméně zřejmé, že systém pracoval v oblasti stabilní nitrifikace. Výpočet je realizován pro průměrnou teplotu aktivace. Stáří kalu je vyšší než v období 2020 - 2024, a to na úrovni 39,6 dní. Kalové indexy byly mírně zhoršené, a to na úrovni 150 ml g^{-1} .

6. Technologické výpočty aktivačního procesu – stávající stav

Technologické výpočty stávajícího stavu aktivačního procesu reflektují zatížení odpovídající období 2020 - 2024 a posledního provozního roku 2024. Je uvažováno současné uspořádání biologických reaktorů se stávající konfigurací aktivačního systému v uspořádání N1-N2. Základní výpočet je proveden pro průměrnou provozní teplotu v daném období. Kvalita odtoku je uvažována v souladu se stávajícím platným vodoprávním povolením, tj. pro ukazatele znečištění v ročním průměru $N-NH_4 = 5 \text{ mg l}^{-1}$ a $P_{\text{celk}} = 2 \text{ mg l}^{-1}$.

6.1 Výpočet technologických parametrů aktivačního systému

Vypočtené technologické parametry z matematického modelu jsou sumarizovány v Tab. 34 a ukazují, že aktivační systém je nízko zatížený s hodnotou zatížení kalu v ukazateli BSK₅ na úrovni $0,03 \text{ kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ a s hodnotami stáří kalu okolo 34 dní. Hydraulické doby zdržení jsou > 1 den. Systém je pro stávající zatížení dostatečně kapacitní.

Tab. 34: Výpočet technologických parametrů.

Parametr	Jednotka	2020 - 2024	2024
Zatížení ČOV v EO dle BSK ₅	EO ₆₀	6777	6251
Zatížení aktivace v EO dle BSK ₅	EO ₆₀	6777	6251
Zatížení aktivace BSK ₅	kg d^{-1}	407	375
Zatížení aktivace CHSK	kg d^{-1}	813	857
Hydraulické zatížení	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	1848	1923
Hydraulické zatížení	l s^{-1}	21	22
Objem aktivace	m^3	1960	1960
Objem N1	m^3	1000	1000
Objem N2	m^3	960	960
Výpočtová teplota	$^{\circ}\text{C}$	12,2	12,3
Koncentrace biomasy v aktivaci	kg m^{-3}	4,7	5,4
Koncentrace biomasy ve vratném kalu DN	kg m^{-3}	9,5	10,0
Hodnota kalového indexu	ml g^{-1}	180	150
Recirkulační poměr DN	-	1,00	1,17
Recirkulační poměr interní	-	0,00	0,00
Hydraulická doba zdržení celý systém	h	25,5	24,5
Stáří kalu	d	36,9	39,6
Zásoba kalu v systému	kg	9300	10530
Produkce kalu	kg d^{-1}	252	266
Koncentrace kyslíku v N zónách	mg l^{-1}	2,0	2,0
Objemové zatížení BSK ₅	$\text{kg m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	0,207	0,191
Zatížení kalu BSK ₅	$\text{kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$	0,044	0,036
Zatížení kalu CHSK	$\text{kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$	0,087	0,081
Zatížení kalu N	$\text{kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$	0,004	0,003
Typ systému	zatížení	nízké	nízké

Hydraulické doby zdržení a kontaktu (v hod.)	2020 - 2024		2024	
	Doba zdržení	Doba kontaktu	Doba zdržení	Doba kontaktu
Celý systém	25,45	-	24,46	-
Zóna N1	12,99	6,47	12,48	5,74
Zóna N2	12,47	6,22	11,98	5,51

6.2 Výpočty odstraňování fosforu v aktivačním procesu

Aktuálně je dle vodoprávního rozhodnutí hodnota P_{celk} na odtoku limitována na úrovni $2,0 \text{ mg l}^{-1}$, nicméně reálně jsou dosahované hodnoty nižší, $< 0,2 \text{ mg l}^{-1}$. Výpočet v Tab. 35 ukazuje, kolik síranu železitého by bylo zapotřebí k dosrážení odtokové koncentrace P v případě, že by nebylo aktivní biologické odstraňování fosforu. I při stechiometrickém poměru $\text{Fe} : \text{P} = 1,5$ jsou dávky minimální, což ukazuje, že téměř veškerý fosfor je inkorporován syntézou do biomasy. Při stávajícím poměru nátoky odpadních vod z papírny EMBA : městu je zřejmá výhodnost společného čištění. Lze však konstatovat, že podmínkou splnění odtokových limitů P_{celk} je dostatečná kapacita a bezproblémová funkčnost dosazovacích nádrží, aby byl minimalizován výnos NL do odtoku. Každých 10 mg l^{-1} NL v odtoku obsahuje $0,1 - 0,2 \text{ mg l}^{-1}$ P_{celk} (podle aktuální funkčnosti procesu bio-P a obsahu P v kalu).

Tab. 35: Výpočet procesu chemické eliminace sloučenin fosforu.

Ukazatel	jednotka	2020 - 2024	2024
Výpočtový denní přítok	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	1 848	1 923
Koncentrace P v přítoku včetně kalové vody	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2,50	2,88
Požadované koncentrace fosforu v odtoku	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,2	0,1
Koncentrace NL v odtoku	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	6,0	6,0
Obsah P v NL v odtoku	%	1,0	1,0
Koncentrace P v odtoku bez srážení	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,2	0,9
Molární poměr Fe:P	-	1,500	1,500
Dávka železa	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	0,4	3,8
Hmotnostní množství $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	1,5	13,5
Objemové množství 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	0,002	0,022
Hmotnostní množství 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	3,80	33,7
Hmotnostní množství 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$	1,39	12,3
Specifická dávka 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	2,1	17,5
Produkce chemického kalu	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	1,1	9,3

6.3 Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu – stávající stav

Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu je proveden pro odpovídající výpočtové zatížení dle výpočtového průtoku Q_v a Q_d , daného koeficientem $k_d = 1,46$. Výpočty jsou realizovány při max. teplotě aktivace 18 °C. Výpočet vychází z výsledků dynamické simulace, ze které jsou získány hodnoty OUR (Oxygen Uptake Rate). Ty jsou následně přepočteny na hodnoty OCp, OCst a Q vzduchu. Hodnota objemové intenzity aerace I_v by měla vždy dosahovat hodnot nad $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$. Výpočet je proveden vždy při výpočtové koncentraci sušiny kalu vč. chemického v aktivaci odpovídající výpočtovému období. Jako stávající stav bylo uvažováno období 2020 – 2024, tj. období s vyšším zatížením oproti poslednímu roku 2024. Pro výpočet OCst a množství vzduchu jsou vždy uvažovány následující hodnoty:

teplota aktivace	18 °C
hloubka vody v aktivaci N	5,0 m
hloubka ponoru aeračních elementů aktivaci N	4,75 m
výpočtová koncentrace rozpuštěného kyslíku N	2,0 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
koef. alfa	0,70
koef. beta	0,95
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %/m
faktor nadmořské výšky (cca 471 m n.m.)	0,945

Všechny uváděné průtoky vzduchu jsou kalkulovány při standardních podmínkách v souladu s TNV 75 6613 - Navrhování aeračních systémů čistíren odpadních vod - Pneumatická aerace.

Tab. 36: Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu pro stávající zatížení aktivace.

Rokytnice	OCp	OCp	OCp	OCst	OCst	OCst	Qvzduchu	Qvzduchu	Qvzduchu
	Qv	Qd	Qd,h	Qv	Qd	Qd,h	Qv	Qd	Qd,h
18 °C	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	m3/h	m3/h	m3/h
2020-24	573	808	1050	1021	1440	1872	640	902	1173
2024	668	942	1225	1193	1683	2188	748	1054	1371

Tab. 36 sumarizuje potřeby kyslíku a vzduchu pro různé provozní stavy při průměrném zatížení aktivace a při max. denním a hodinovém zatížení, tj. průtoky Q_v a Q_d , při úplné nitrifikaci v systému. Aerační systém a dodávka vzduchu by měly být dimenzovány způsobem, který umožní dodat do reaktoru spojitě odpovídající množství vzduchu v daném rozsahu.

Tlakový vzduch je dodáván čtveřicí instalovaných dmychadel AERZEN GM 10S v sestavě $2 \times (2+0)$ o kapacitě jednoho stroje $450 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Maximální dodávka vzduchu je tedy na úrovni $1800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, což je hodnota, která je nad hodnotou vypočteného maxima na úrovni $1371 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ v roce 2024. Pro stávající stav jsou dmychadla dostatečně kapacitní pro dodávku vzduchu při maximálním denním zatížení a za maximální provozní teploty aktivace 18 °C.

7. Výpočet maximální a disponibilní kapacity ČOV

Při výpočtu maximální kapacity biologických reaktorů jsou uvažovány určité limitující podmínky z hlediska projekčních zásad a norem. Je primárně uvažována výpočtová koncentrace sušiny kalu v souladu s kapacitou dosazovacích nádrží na úrovni $4,5 \text{ kg m}^{-3}$. Omezujícími faktory je minimální výpočtová teplota pro zajištění nitrifikace na úrovni 7°C . Obvykle je vyžadována vyšší provozní hodnota stáří kalu (> 20 dní) a nízké hodnoty zatížení kalu okolo $0,05 \text{ kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (vztaženo na BSK_5 a sušinu kalu). Je nutno rozlišovat mezi maximální objemovou kapacitou biologických reaktorů jako stavebních celků a dalších technologických celků, případně periferií, zejm. dodávkou vzduchu a recirkulací kalu, a rovněž kapacitou kalového hospodářství.

Výpočet maximální kapacity je proveden s koncentračními hodnotami na vstupu dle složení odpadní vody za období 2024 a při minimální výpočtové teplotě 7°C , která je rozhodující pro nitrifikační rychlosti. Pro kvalitu odpadní vody nad stávající zatížení je počítáno se specifickou produkcí odpadních vod 150 l /EO.d při zachování stávajících poměrů mezi jednotlivými ukazateli znečištění, a to včetně odpadních vod z papírny EMBA.

7.1 Výpočet dosazovacích nádrží

Pro účely přepočtu kapacity dosazovacích nádrží byl zvolen postup dle přepracované metodiky DWA - A131 z roku 1991. Tento přístup patří k relativně konzervativním, na druhou stranu však bezpečným návrhovým postupům separačního stupně, zajišťujícího účinné odstranění aktivovaného kalu od vyčištěné vody i při maximálních průtocích.

Výpočty dle DWA používají hodnotu ředěného kalového indexu, jenž nekoresponduje s hodnotou kalového indexu obecně sledovaného na ČOV. Pro účely výpočtu byl uvažován výpočtový stav aktuálního zatížení při použití maximálního výpočtového průtoku:

$Q_{\text{dešť}}$ do biologie 40 l s^{-1} .

Maximální hodnota KI byla vypočtena z hloubky nádrží a maximální provozní sušiny kalu, kterou umožňuje plocha dosazovacích nádrží s ohledem na její zatížení NL v souladu s ČSN 75 6401, odst. 9.2.3.6. Dlouhodobě jsou separační vlastnosti kalu zhoršené s průměrnou hodnotou 180 ml g^{-1} , v roce 2024 pak 150 ml g^{-1} . Výpočty separačního stupně jsou sumarizovány v Tab. 37 a Tab. 38.

Tab. 37: Výpočet dosazovacích nádrží.

Počet ekvivalentních obyvatel	PE	EO	7350	$\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$	l s^{-1}
Výpočtový denní přítok	Q_v	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	2088	87,0	24,2
Maximální dešťový přítok na biologii	$Q_{\text{dešť}}$	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	3456	144,0	40,0
Koncentrace sušiny kalu v aktivaci	X_{AN}	kg m^{-3}	4,5		
Kalový index	SVI	ml g^{-1}	127		

Ředěný kalový index	DSVI	ml g ⁻¹	86		
Objemové zatížení kalu	qSV	l m ⁻² h ⁻¹	450		
Doba zahušťování kalu	tE	h	2,0		
Koeficient vyklížení kalu	k_VK	-	0,7		
Srovnávací objem kalu	DVSV	l m ⁻³	388		
Koncentrace kalu - dnová	X_D	kg m ⁻³	14,6		
Koncentrace kalu - vratného	X_VK	kg m ⁻³	10,2		
Recirkulační poměr vratného kalu	R_VK	-	0,79	m ³ h ⁻¹	l s ⁻¹
Recirkulace vratného kalu	Q_VK	m ³ d ⁻¹	1642	68,4	19,0
Koeficient minimální hodinové nerovnoměrnosti	k_hmin	-	0,60		
Recirkulace vratného kalu při Qmin	Q_VKmin	m ³ d ⁻¹	985	41,0	11,4
Maximální recirkulační poměr VK za deště k Qdešť	Rm_VK	-	0,75		
Maximální recirkulační poměr VK za deště k Qv	Rm_VK	-	1,24	m ³ h ⁻¹	l s ⁻¹
Recirkulace vratného kalu za deště	Qm_VK	m ³ d ⁻¹	2592	108,0	30,0
Požadovaná kapacita čerpadel recirkulace VK	Q_čVK	l s ⁻¹	40		

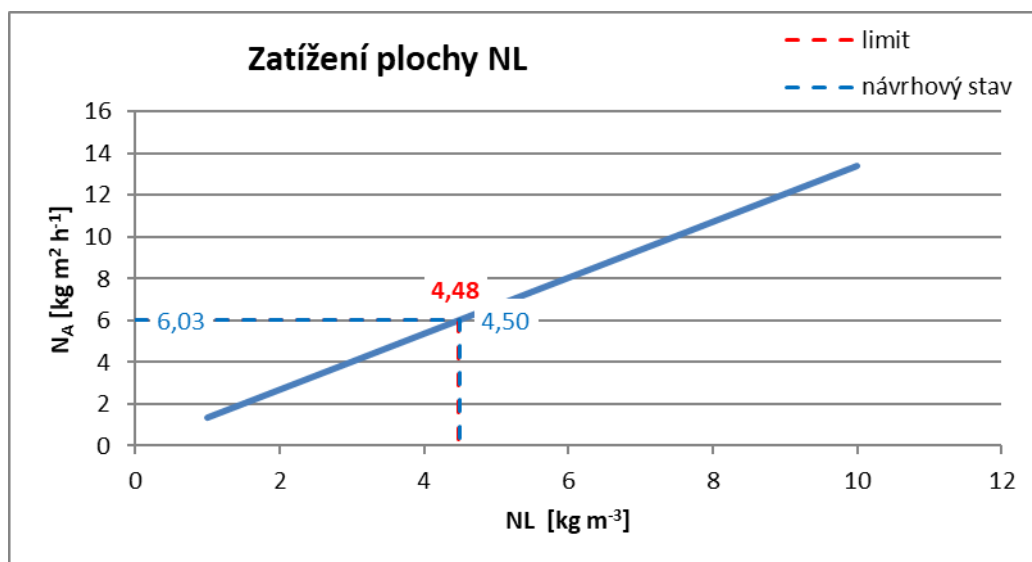
Tab. 38: Parametry dosazovacích nádrží.

Pravouhlá					
Počet nádrží	n	-	2		
Šířka dosazovací nádrže	š	m	14,0		
Délka dosazovací nádrže	d	m	6,9		
Poměr šířky k délce nádrže	d/š	-	2,03	dop.	< 0,25
Celková plocha dosazovací nádrže	A	m ²	193,2		
Hloubka vody	H	m	3,1		
Objemové zatížení kalu	qSV	l m ⁻² h ⁻¹	297	ATV	450
Hydraulické zatížení plochy	qA	m h ⁻¹	0,77	ČSN	1,6
Zatížení plochy NL	Na	kg m ⁻² h ⁻¹	6,03	ČSN	5-6

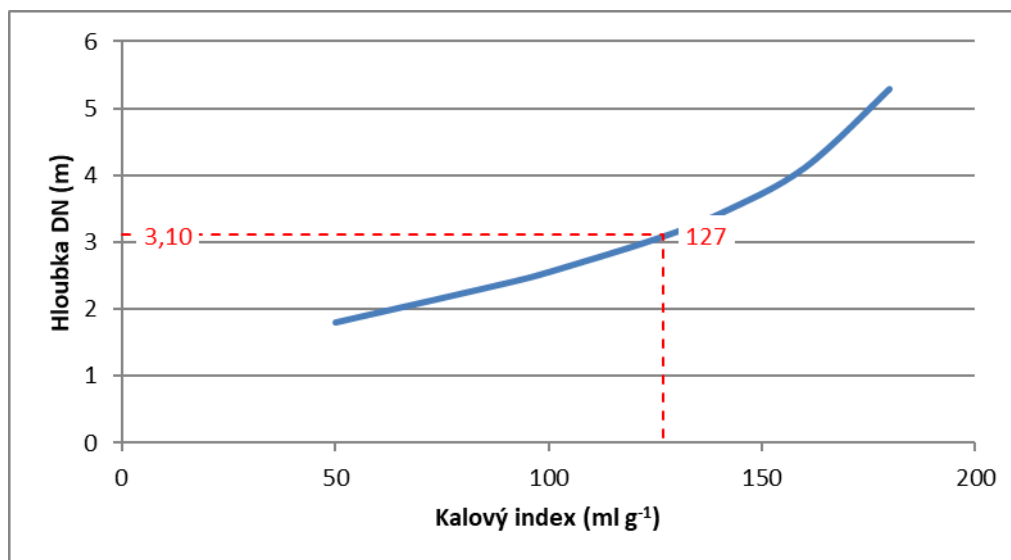
Recirkulace vratného kalu					
Recirkulační poměr vratného kalu	VK	R (-)	m ³ d ⁻¹	m ³ h ⁻¹	l s ⁻¹
Recirkulace vratného kalu - optimum	R_VK	0,79	1642	68,4	19,0
Recirkulace vratného kalu - provozní minimum	Rmin_VK	0,60	985	41,0	11,4
Recirkulace vratného kalu - provozní maximum	Rmax_VK	1,24	2592	108,0	30,0
Recirkulace vratného kalu - instalovaná kapacita	Q_čVK	1,66	3456	144,0	40,0

Pro dosazovací nádrže platí, že provozní koncentrace sušiny kalu může dle ČSN 75 6401 dosahovat takové hodnoty, aby bylo zachováno teoretické maximum zatížení plochy nerozpuštěnými látkami na úrovni 6 kg m⁻² h⁻¹. Výpočet ukazuje, že dosazovací nádrže jsou schopny pracovat s koncentracemi NL až do hodnoty 4,5 kg m⁻³ (Obr. 24), pokud nebude recirkulační poměr větší než 30 l s⁻¹ (v souladu s ATV). Potřebná hloubka vody nádrží v závislosti na hodnotě KI je vypočtena na Obr. 25. V daném případě je hloubka limitní pro hodnoty KI > 127 ml g⁻¹ při výpočtové sušině kalu 4,5 kg m⁻³. Kontrolní parametr objemového zatížení kalu dle ATV vyhovuje a je pod max. doporučenou hodnotu 450 l m⁻² h⁻¹, která by měla zajišťovat odtokové koncentrace NL za deště < 20 mg l⁻¹.

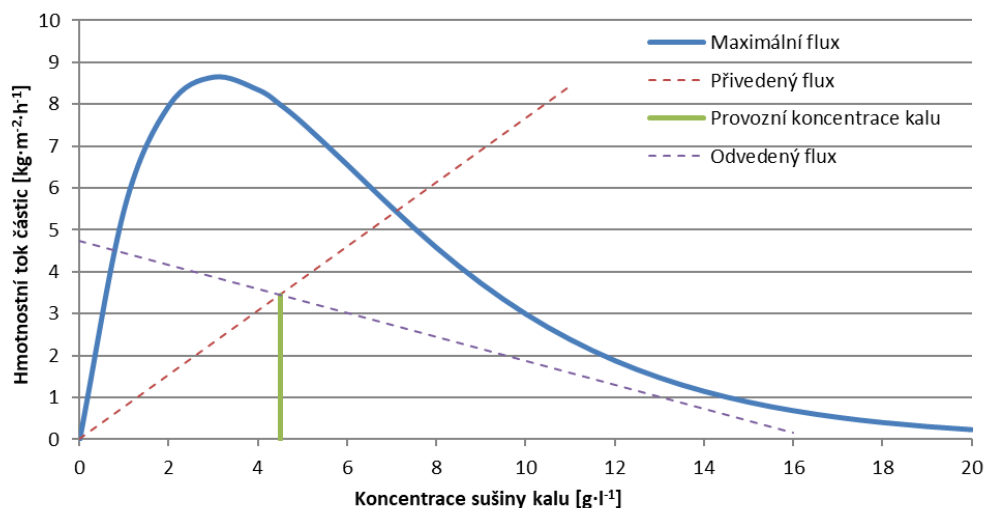
Takto vypočtenou limitní kapacitu dosazovacích nádrží při dešťovém průtoku potvrzuje i posouzení dle teorie hmotnostního toku částic (Obr. 26). Je zřejmé, že pro hodnotu NL na úrovni $4,5 \text{ kg m}^{-3}$, a kalovém indexu 127 ml g^{-1} , jsou nádrže limitně kapacitní. Separační stupeň je považován za kapacitní v případě, kdy je průsečík vzestupné a sestupné přímky pod čarou maximálního fluxu a sestupná přímka ve směru vpravo od průsečíku pod čarou maximálního fluxu.



Obr. 24 Posouzení separačního stupně dle zatížení plochy NL pro $X = 4,5 \text{ kg m}^{-3}$ a maximum dle ČSN 75 6401.



Obr. 25 Výpočet hodnoty KI pro $X = 4,5 \text{ kg m}^{-3}$ a $h = 3,1 \text{ m}$.



Obr. 26 Posouzení separačního stupně dle teorie hmotnostního toku částic pro $X = 4,5 \text{ kg m}^{-3}$.

Protože pro posouzení kapacity dosazovacích nádrží je rozhodující maximální dešťový přítok na biologickou část systému, nemusí být přepočít realizován při menším či větším průměrném přítoku a platí i pro aktuální stav zatížení. Aktuální průtok spolu s hodnotou KI a sušinou kalu bude ovlivňovat velikost recirkulací vratného kalu, kterou v daném případě lze měnit nastavením v ŘS s proporční vazbou na okamžitý průtok. Maximální průtok VK by neměl překročit 30 l s^{-1} , aby nedošlo k přetížení plochy dosazovacích nádrží za deště (viz též posouzení dosazovacích nádrží dle návrhu AquaNova International, s.r.o., 07/2020).

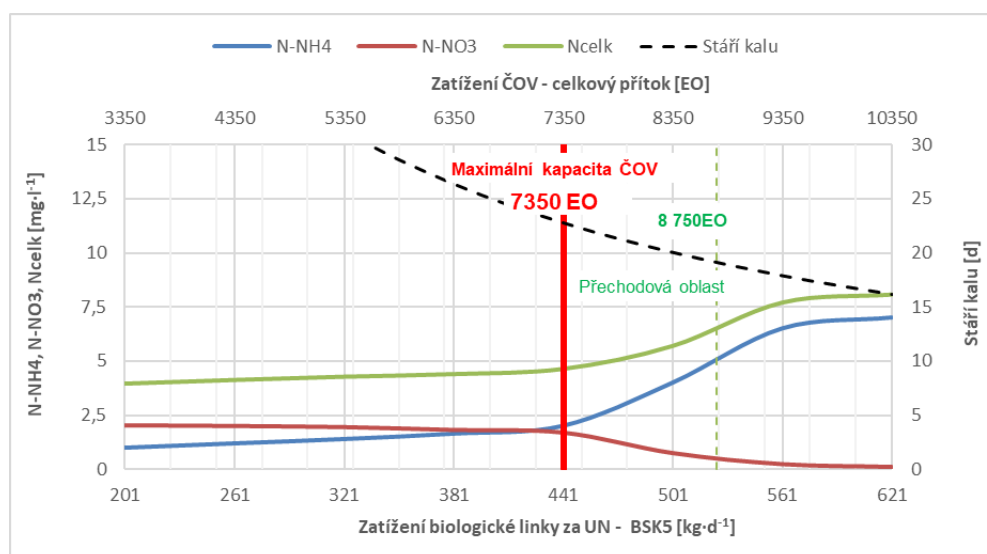
Z přepočtu kapacity dosazovacích nádrží je zřejmé, že pro daný průtok $Q_{\text{dešť}}$ do biologie 40 l s^{-1} se jedná o limitující prvek kapacity ČOV. Při dostatečně kapacitním dimenzování by mohly aktivační nádrže pracovat s provozní sušinou kalu až 5 kg m^{-3} v souladu s ČSN 75 6401, což by znamenalo další cca 10 %-ní nárůst kapacity biologické linky. Ve své podstatě lze však konstatovat, že $Q_{\text{dešť}}$ do biologie není stanoveno v souladu s požadavky ČSN a je pro dané průtoky nízké. Pro stávající průtoky vychází $Q_{\text{dešť}}$ do biologie **51,5 l s⁻¹**. Je proto žádoucí pracovat na snížení množství balastních vod v kanalizaci a dát do souladu tuto hodnotu s ČSN. Dosazovací nádrže pro vysoké hodnoty $Q_{\text{dešť}}$ do biologie v souladu ČSN nejsou dostatečně kapacitní. Bohužel jsou dosazovací nádrže i poměrně mělké, pouze 3,1 m, takže nemohou zvládat při výpočtové sušině vyšší hodnoty $KI > 127 \text{ ml g}^{-1}$. Řešením je snížit provozní sušinu kalu, ale tím klesá přímo úměrně i maximální kapacita biologické linky. Hodnoty KI jsou dlouhodobě problematické. Kal vykazuje uspokojivé sedimentační vlastnosti v případě nutričně vyváženého přítoku, což odpovídá aktuálnímu stavu při zatížení ČOV z EMBA na úrovni cca 55 % v ukazateli CHSK. V případě vychýlení tohoto poměru na jednu i druhou stranu lze očekávat zhoršení kvality kalu nebo zhoršení kvality odtoku v ukazatelích N a P.

Dle ATV je doporučováno instalovat celkový výkon recirkulačních čerpadel na úrovni $Q_{\text{dešť}}$ do biologie, tj. 40 l s^{-1} a provozní maximum na úrovni $0,75 \times Q_{\text{dešť}}$, tj. 30 l s^{-1} . Tyto podmínky jsou splněny a instalované výkony čerpadel vratného kalu $2 \times 20 \text{ l s}^{-1}$ proto vyhovují.

Maximální kapacita aktivačního systému bude počítána s vypočtenou max. hodnotou sušiny kalu v souladu s kapacitou dosazovacích nádrží, tj. $4,5 \text{ kg m}^{-3}$, a pod hodnotou doporučovanou ČSN 75 6401 (bod 9.2.2.6). Maximální hodnoty dešťového průtoku do biologické části ČOV jsou pro výpočty uvažovány na stávající úrovni 40 l s^{-1} v souladu s původním projektem ČOV. Tento přístup ale vyžaduje do budoucna výrazné snížení množství balastních vod v kanalizaci, a to ze stávající hodnoty 56 % (vč. přítoku z EMBA) na cca 34 %. Specifická produkce odpadních vod by měla tedy poklesnout ze stávající hodnoty 308 l / EO.d. na cca 182 l / EO.d. Pro výpočty je použita stávající instalovaná max. kapacita čerpadel vratného kalu $2 \times 20 \text{ l s}^{-1} = 40 \text{ l s}^{-1}$.

7.2 Výpočet maximální kapacity ČOV

Z Obr. 27 je možno odečíst, že ke ztrátě nitrifikace v systému dochází při zatížení aktivace na úrovni $7\,350 \text{ EO}_{60}$, při stáří kalu okolo 22,8 dne. Za stabilní lze systém považovat, pokud odtoková koncentrace N-NH_4 nepřesáhne hodnotu 2 mg l^{-1} . Tato koncentrace je rovněž limitní pro N-NH_4 podle návrhu novely NV č. 401/2015 Sb. Zatížení aktivace v roce 2024 bylo na úrovni 6251 EO_{60} . Stávající zatížení je tedy pod maximální objemovou kapacitou aktivačního systému.



Obr. 27 Výpočet maximální kapacity ČOV – min. $T = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Přechodová oblast s již nestabilní nitrifikací při minimálních výpočtových teplotách dosahuje kapacity ČOV cca $8\,750 \text{ EO}_{60}$. V přechodové oblasti již systém pracuje v režimu nestability nitrifikace, avšak do limitu hodnoty N-NH_4 na odtoku 5 mg l^{-1} . Nitrifikaci je nutno v systému udržet i při minimálních teplotách aktivace, neboť její náběh po zvýšení teplot je dlouhodobější, obvykle v rozmezí 1 – 2 měsíce. Systém často nenitrifikuje i při zvyšování teploty a překročení legislativního předělu $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$, což je z hlediska plnění limitů nepřijatelné. Výpočet rovněž ukazuje, že i při ztrátě nitrifikace bude odtoková koncentrace N-NH_4 závislá na množství N inkorporovaného do biomasy na syntézu. Při vyšším poměru zatížení z papírny EMBA bude obsah N v odtoku nižší. Hodnoty „m“ by proto překročeny být neměly.

Tab. 39: Výpočet maximální kapacity ČOV.

KAPACITA ČOV		
MAXIMÁLNÍ KAPACITA AKTIVACE	EO ₆₀	kg d ⁻¹ BSK ₅
Maximální kapacita	7350	441
ZATÍŽENÍ 2024	6251	375
Volná disponibilní kapacita	1099	66

Výše uvedený výpočet znázorňuje maximální kapacitu aktivačních biologických nádrží, resp. ČOV. Aby byla maximální kapacita ČOV technologicky využitelná, je zapotřebí mít k dispozici pro požadované zatížení dostatečnou dodávku kyslíku a vzduchu, což je v daném případě splněno. Rovněž musí být k dispozici dostatečně velký recirkulační poměr (vratný kal), který zajistí že v systému budou plně funkční dosazovací nádrže. Tento předpoklad je pro velikosti čerpadel recirkulace kalu rovněž splněn.

7.2.1 Kvalita a množství odpadních vod – maximální zatížení

Tab. 40 Zatížení ČOV – maximální kapacita.

Maximum	Q _v	Výpočtové zatížení		Maximum	Q _{týden}	Maximální týdenní zatížení	
2088	m ³ d ⁻¹	284	l EO ⁻¹ d ⁻¹	2941	m ³ d ⁻¹	284	l EO ⁻¹ d ⁻¹
Ukazatel	mg.l ⁻¹	kg.d ⁻¹	EO	Ukazatel	mg.l ⁻¹	kg.d ⁻¹	EO
BSK ₅	211,2	441	7 350	BSK ₅	211,2	621	10 351
CHSK _{Cr}	498,4	1041	8 673	CHSK _{Cr}	498,4	1466	12 215
NL	177,5	371	6 741	NL	177,5	522	9 493
N-NH ₄	14,0	29	5 008	N-NH ₄	14,0	41	7 052
N _c	26,4	55,1	5 008	N _c	26,4	78	7 052
P _c	4,1	8,6	3 443	P _c	4,1	12	4 849

Tab. 41 Výpočtové průtoky – maximální kapacita.

Maximum		m ³ d ⁻¹	m ³ h ⁻¹	l s ⁻¹
Výpočtový denní přítok	Q _v	2088	87,0	24,2
Přítok balastních vod	Q _b	1206	50,3	14,0
Přítok denní přítok suchých splašků	Q ₂₄	882	36,8	10,2
Koeficient denní nerovnoměrnosti pro Q ₂₄	kd	2,09	-	-
Maximální denní přítok	Q _d	3052	127,2	35,3
Koeficient hodinové nerovnoměrnosti	kh	1,50	-	-
Maximální hodinový přítok	Q _{h,max}	-	165,6	46,0
Maximální dešťový přítok do ČOV	Q _{dešť}	-	180,0	50,0
Maximální přítok do biologie definovaný	Q _{bio}	-	144,0	40,0
)	Q _{bio,ČSN}	-	204,1	56,7

Kvalita a množství odpadních vod při maximálním zatížení jsou sumarizovány v Tab. 40 a Tab. 41. Výpočet je proveden pro připojení znečištění nad rámce stávajícího zatížení se specifickou produkcí odpadních vod 150 l / EO. d. Jak již bylo konstatováno výše, je zde evidentní nesoulad mezi aktuálním množstvím $Q_{dešť}$ na biologickou část systému (40 l s^{-1}) a požadovaným dle ČSN 75 6401 ($56,7 \text{ l s}^{-1}$). Snížení množství balastních vod v přítoku na ČOV bude tedy do budoucna klíčovým opatřením pro využití maximální kapacity ČOV.

7.2.2 Výpočty odstraňování fosforu v aktivačním procesu – maximální zatížení

Pro aktuální limity Pcelk na odtoku na úrovni $2,0 \text{ mg l}^{-1}$ jsou vypočteny potřeby síranu železitého pro srážení fosforu. Výpočet je proveden pro stechiometrický poměr $\text{Fe} : \text{P} = 1,5$. Je zřejmé, že dávky srážedla jsou minimální, neboť potřeba na syntézu biomasy téměř koreluje s přiváděným množstvím P do systému.

Podmínkou splnění odtokových limitů Pcelk je ale opět dostatečná kapacita a bezproblémová funkčnost dosazovacích nádrží, aby byl minimalizován výnos NL do odtoku. Každých 10 mg l^{-1} NL v odtoku obsahuje $0,1 - 0,2 \text{ mg l}^{-1}$ Pcelk (podle aktuální funkčnosti procesu bio-P a obsahu P v kalu). Výpočet dávky síranu železitého je uveden v Tab. 42.

Tab. 42: Výpočet procesu chemické eliminace sloučenin fosforu – maximální zatížení.

Ukazatel	jednotka	Fe : P = 1,5
Výpočtový denní přítok	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	2 088
Koncentrace P v přítoku včetně kalové vody	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	4,3
Požadované koncentrace fosforu v odtoku	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2,0
Koncentrace NL v odtoku	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	5,0
Obsah P v NL v odtoku	%	1,0
Koncentrace P v odtoku bez srážení	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2,1
Molární poměr Fe:P	-	1,500
Dávka železa	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	0,7
Hmotnostní množství $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	2,4
Objemové množství 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	0,004
Hmotnostní množství 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	6,1
Hmotnostní množství 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$	2,2
Specifická dávka 40% ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	2,9
Produkce chemického kalu	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	1,7
Objem zásobní nádrže	m^3	3
Zásoba síranu při průměrné spotřebě	d	770

Produkce chemického kalu přispívá k provozní koncentraci sušiny kalu v systému množstvím pouze cca **0,02 kg m⁻³** chemického kalu. Toto množství kalu je zahrnuto ve výpočtech vč. přepočtu kapacity dosazovacích nádrží, i v produkci přebytečného kalu. Zásobní nádrž na síran železitý o objemu 3 m³ zajistí provozní zásobu síranu železitého na cca 2 roky provozu. Alternativně lze použít i chlorid železitý a dávky přepočítat podle koncentrace dodávaného produktu.

7.2.3 Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu – maximální zatížení

Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu je proveden pro odpovídající výpočtové zatížení dle výpočtového průtoku Q_v a Q_d , daného koeficientem $k_d = 1,46$. Výpočty jsou realizovány při min. /max. teplotě aktivace 7 / 18 °C. Výpočet vychází z výsledků dynamické simulace, ze které jsou získány hodnoty OUR (Oxygen Uptake Rate). Ty jsou následně přepočteny na hodnoty OCp, OCst a Q vzduchu. Výpočet je doplněn hodnotami objemové intenzity aerace I_v , aby bylo možno posoudit, zda v nádržích dochází k dostatečnému míchání aktivní směsi. Hodnota I_v by měla vždy dosahovat hodnot nad 0,5 m³·m⁻³·h⁻¹. Výpočet je proveden vždy při výpočtové koncentraci sušiny kalu vč. chemického v aktivaci odpovídající výpočtovému období. Jako stávající stav bylo uvažováno období 2020 – 2024, tj. období s vyšším zatížením oproti poslednímu roku 2024. Pro výpočet OCst a množství vzduchu jsou vždy uvažovány následující hodnoty:

teplota aktivace	7/18 °C
hloubka vody v aktivaci N	5,0 m
hloubka ponoru aeračních elementů aktivaci N	4,75 m
výpočtová koncentrace rozpuštěného kyslíku N	2,0 mg·l ⁻¹
koef. alfa	0,70
koef. beta	0,95
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %/m
faktor nadmořské výšky (cca 471 m n.m.)	0,945

Všechny uváděné průtoky vzduchu jsou kalkulovány při standardních podmínkách v souladu s TNV 75 6613 - Navrhování aeračních systémů čistíren odpadních vod - Pneumatická aerace.

Tab. 43: Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu pro stávající zatížení aktivace při Q_v a Q_d .

Rokytnice	OCp	OCp	OCp	OCst	OCst	OCst	Qvzduchu	Qvzduchu	Qvzduchu
7350 EO ₆₀	Qv	Qd	Qd,h	Qv	Qd	Qd,h	Qv	Qd	Qd,h
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	m3/h	m3/h	m3/h
7 °C	637	930	1209	1087	1587	2063	681	994	1292
18 °C	795	1161	1509	1417	2068	2689	888	1296	1685

Tab. 43 sumarizuje potřeby kyslíku a vzduchu pro různé provozní stavy při min. a max teplotě a při průměrném zatížení aktivace při max. denním a hodinovém zatížení, tj. průtoky Q_v a Q_d .

Aerační systém a dodávka vzduchu by měly být dimenzovány způsobem, který umožní dodat do reaktoru spojitě odpovídající množství vzduchu v daném rozsahu.

Tlakový vzduch je dodáván čtveřicí instalovaných dmychadel AERZEN GM 10S v sestavě 2 × (2+0) o kapacitě jednoho stroje $450 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Maximální dodávka vzduchu je tedy na úrovni $1800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, což je hodnota, která je nad hodnotou vypočteného maxima na úrovni $1685 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Pro výhledovou kapacitu 7350 EO_{60} jsou dmychadla dostatečně kapacitní pro dodávku vzduchu při maximálním denním zatížení a za maximální provozní teploty aktivace 18°C .

7.2.4 Výpočet technologických parametrů aktivačního systému – maximální zatížení

Vypočtené technologické parametry z matematického modelu jsou sumarizovány v Tab. 44. Vypočteny jsou hodnoty při maximálním zatížení 7350 EO_{60} . Vypočtené technologické parametry ukazují, že aktivační systém je nízko zatížený s hodnotou zatížení kalu v ukazateli BSK_5 na úrovni $0,05 \text{ kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ a s hodnotami stáří kalu okolo 22,8 dne. Hydraulické doby zdržení jsou dostatečně vysoké, a to 22,5 hod.

Tab. 44: Výpočet technologických parametrů – maximální zatížení.

Parametr	Jednotka	Maximum
Zatížení ČOV v EO dle BSK_5	EO_{60}	7350
Zatížení aktivace v EO dle BSK_5	EO_{60}	7350
Zatížení aktivace BSK_5	kg d^{-1}	441
Zatížení aktivace CHSK	kg d^{-1}	1041
Hydraulické zatížení	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	2088
Hydraulické zatížení	l s^{-1}	24
Objem aktivace	m^3	1960
Objem N1	m^3	1000
Objem N2	m^3	960
Výpočtová teplota	$^\circ\text{C}$	12,0
Koncentrace biomasy v aktivaci	kg m^{-3}	4,5
Koncentrace biomasy ve vratném kalu DN	kg m^{-3}	10,2
Hodnota kalového indexu	ml g^{-1}	127
Recirkulační poměr DN	-	0,79
Recirkulační poměr interní	-	0,00
Hydraulická doba zdržení celý systém	h	22,5
Stáří kalu	d	22,8
Zásoba kalu v systému	kg	8820
Produkce kalu	kg d^{-1}	387
Koncentrace kyslíku v N zónách	mg l^{-1}	2,0
Objemové zatížení BSK_5	$\text{kg m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	0,225
Zatížení kalu BSK_5	$\text{kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$	0,050
Zatížení kalu CHSK	$\text{kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$	0,118
Zatížení kalu N	$\text{kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$	0,006
Typ systému	zatížení	nízké

Hydraulické doby zdržení a kontaktu (v hod.)	Doba zdržení	Doba kontaktu
Celý systém	22,53	-
Zóna N1	11,49	6,40
Zóna N2	11,03	6,15

[51] total suspended solids	:	6.133	g/m ³
[51] total carbonaceous BOD ₅	:	2.36	gO ₂ /m ³
[51] total COD	:	18.28	gCOD/m ³
[51] total nitrogen	:	5.552	gN/m ³
[51] free and ionized ammonia	:	0.1483	gN/m ³
[51] nitrate and nitrite	:	4.37	gN/m ³

Obr. 28 Vypočtená kvalita odtoku – maximální zatížení, T = 12 °C.

7.3 Posouzení kapacity kalového hospodářství pro maximální zatížení

Výpočet kalového hospodářství je proveden pro maximální zatížení na úrovni 7 350 EO₆₀. S ohledem ke způsobu zpracování kalů pouhým uskladněním s tzv. studeným vyhníváním není uvažováno, že na ČOV budou dováženy ve větší míře kaly. Dovážené fekální vody jsou vypouštěny na přítok ČOV a činí v průměru 0,06 % přiváděného množství odpadních vod (Tab. 45).

Tab. 45: Dovážené odpadní vody.

Rok	Q (m ³ /rok)	Dovoz (m ³ /rok)	Dovoz (% přítoku)
2020	607 901	635	0,104%
2021	650 867	369	0,057%
2022	725 286	199	0,027%
2023	688 732	365	0,053%
2024	703 912	424	0,060%
Suma	3 376 698	1991	0,059%

Přebytečný kal z biologických linek je odebírán z proudu vratného kalu a čerpán přes strojní zahuštění GDE do uskladňovací nádrže vybavené míchadlem. Kalové hospodářství je výpočtově zpracováno pro výhledové zatížení a uskladnění kalu na dobu min. 30 dní, což je doporučená hodnota dle ČSN 75 6401 (bod 12.2.2.4). Výpočet je zpracován pro původní projektované zahuštění kalu na strojním zahušťovači GDE na úrovni 4 %. Předpokládá se průměrné odvodnění kalu na dlouhodobé úrovni sušiny odvodněného kalu cca 15 %, ale nižší než bylo dosahováno v roce 2024. Při vyšším zatížení bude totiž odvodnitelnost kalu horší.

Tab. 46 Výpočet objemu kalojemu.

Výpočet objemu kalojemu	Jednotka	Zahuštění 4 %
Zásoba kalu celkem	kg	8820
Celkové stáří kalu	d	22,8
Aerobní stáří kalu	d	22,8
Kalový index	ml g ⁻¹	180
Produkce kalu	kg d ⁻¹	387
Minimální koncentrace odtahovaného kalu	kg m ⁻³	5,6
Objemová produkce kalu při Xmin	m ³ d ⁻¹	69,6
Zahuštění kalu na GDE	% sušiny	4,0
Množství vrácené kalové vody ze zahuštění	m ³ d ⁻¹	60
Množství zahuštěného kalu za den	m ³ d ⁻¹	9,7
Požadovaná doba uskladnění	d	30
Minimální objem kalojemů pro uskladnění	m ³	290
Objem kalojemu k dispozici	m ³	70
Kapacita stávajícího kalojemu ve dnech	d	7,2
Objem kalojemů k dostavění	m ³	220

Hmotnostní produkce kalů vyjádřená ve 100%-ní sušině kalu ve výhledu:

Rokytnice nad Jizerou - 7 350 EO ₆₀	387 kg d ⁻¹	141 t rok ⁻¹
--	------------------------	-------------------------

Objem kalojemů aktuálně	70 m³
Požadovaný objem kalojemů ve výhledu	290 m³
Požadovaný objem kalojemů k dostavění	220 m³

Tab. 47 Výpočet strojního zahuštění kalu.

Výpočet zahuštění kalu	Jednotka	Výhled
Produkce kalu	kg d ⁻¹	387
Koeficient měsíční nerovnoměrnosti	-	1,54
Maximální měsíční produkce kalu k zahuštění	kg d ⁻¹	596
Maximální produkce kalu k zahuštění	m ³ d ⁻¹	58
Koncentrace přebytečného kalu	% sušiny	1,02
Časový fond provozu zahuštění	h/týden	32
Požadovaná kapacita zahuštění	m ³ h ⁻¹	12,8
Instalovaná kapacita zahuštění	m ³ h ⁻¹	18,0
Sušina zahuštěného kalu	% sušiny	4,0
Množství zahuštěného kalu za den	m ³ d ⁻¹	10
Množství zahuštěného kalu za rok	m ³ rok ⁻¹	3530

Tab. 47 sumarizuje výpočet strojního zahuštění kalu. Zahušťování je aktuálně realizováno na zahušťovači GDE 1000 s kapacitou až $18 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ dle výkonu podávacího vřetenového čerpadla. Toto zařízení vyhoví i pro výhledovou kapacitu při provozním režimu 32 hod./týden.

Strojně zahuštěný kal je následně uskladněn, homogenizován a čerpán na strojní odvodnění. Zařízení na odvodnění kalu musí být dimenzováno na celkovou produkci kalu ve výhledu se zohledněním maximální měsíční nerovnoměrnosti zatížení na úrovni koeficientu $k_{\text{měs}} = 1,54$ a na průměrnou produkci objemového množství kalu po uskladnění. Výpočet je proveden pro zahuštění kalu na 4 % sušiny. Celkové množství kalu na odvodnění bude $9,7 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, max. $14,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Za předpokladu provozu časového fondu odvodnění 32 hod./týden provozu je vypočtena kapacita odvodňovacího zařízení cca $3,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Obvykle se vyžaduje kapacitnější strojní zahuštění s ohledem na předpokládanou kvalitu kalu a reálné výkony odvodňovacích zařízení (je nutno uvažovat s navýšením instalované kapacity cca o 1/3). Instalovaná kapacita odvodňovacího zařízení pro výhledové zatížení by měla být na úrovni **cca $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$** kalu, což odpovídá stávajícímu šnekolisu ANDRITZ typu CONTIPRESS C-5427 V2 s kapacitou $4 - 5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, resp. 200 kg h^{-1} sušiny kalu. Kalová voda ze strojního odvodnění neobsahuje významné množství znečištění a odtéká do vnitřní kanalizace ČOV. V Tab. 48 je použita max. provozní hodnota stávajícího zařízení $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

Tab. 48 Výpočet kapacity odvodnění kalu.

Výpočet odvodnění kalu	Jednotka	Zahuštění 4 %
Produkce zahuštěného kalu	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	9,7
Koeficient měsíční nerovnoměrnosti	-	1,54
Maximální měsíční produkce zahuštěného kalu	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	14,9
Koncentrace zahuštěného kalu	% sušiny	4,0
Časový fond provozu odvodnění	h/týden	32
Požadovaná kapacita odvodnění	$\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$	3,3
Instalovaná kapacita odvodnění objemová	$\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$	5,0
Instalovaná kapacita odvodnění hmotnostní suš. kalu	kg h^{-1}	200,0
Sušina odvodněného kalu	% sušiny	15
Množství odvodněného kalu za den	$\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$	2,6
Množství odvodněného kalu za rok - objem	$\text{m}^3 \text{ rok}^{-1}$	941
Množství odvodněného kalu za rok - sušina	t rok^{-1}	141

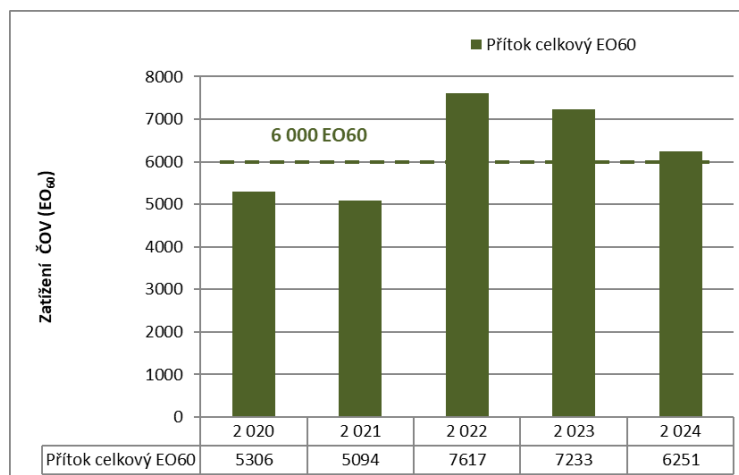
8. Závěr

Tato technická zpráva sumarizuje výsledky vyhodnocení provozních dat z ČOV Rokytnice nad Jizerou a technologických výpočtů aktivačního procesu za účelem stanovení maximální kapacity biologické linky s ohledem na možné připojení dalších zdrojů znečištění. Výpočty vycházejí z aktuálního zatížení ČOV Rokytnice nad Jizerou a z její funkce v letech 2020 – 2024 a z aktuálního provozního stavu v souladu s limity dle stávajícího platného vodoprávního povolení, tj. s odtokovými limity v ročním průměru pro ukazatele $P_{\text{celk}} = 2 \text{ mg l}^{-1}$ a $\text{N-NH}_4 = 5 \text{ mg l}^{-1}$. Je specifikována kvalita odpadní vody pro výpočty a definovány aktuální zatěžovací parametry ČOV. Lze konstatovat tyto závěry:

- (1) Zatížení ČOV Rokytnice nad Jizerou dosáhlo v období 2020 - 2024 v ukazateli BSK_5 **6 777 EO_{60}** , v ukazateli N_{celk} pak 3 428 EO_{11} . Statistika počtu obyvatel v ČR udává k 1.1.2024 pro město Rokytnice nad Jizerou 2 533 ob. (Tab. 49). Hydraulický přítok dosáhl hodnoty $1848 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. V posledním roce vyhodnocení 2024 bylo dosaženo zatížení ČOV na úrovni 6251 EO_{60} při průtoku odpadních vod $1923 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Množství odpadních vod dlouhodobě mírně narůstá. Specifická produkce odpadních vod vychází v dlouhodobém průměru na úrovni 273 l / EO.d . Pro danou aglomeraci to znamená vyšší množství balastních vod v kanalizaci, které bylo kalibrací dat stanoveno na cca 56 %. Hodnoty zatížení jsou však ovlivněny přítokem vysoce koncentrovaných vod z papírny EMBA, který činil v průměru 55 % látkového zatížení ČOV (CHSK), ale pouze 4,5 % hydraulického zatížení. Kalibrací dat hydraulického přítoku pouze z města pak vychází podíl balastních vod extrémně vysoký, a sice na úrovni 82 %, a specifická produkce odpadních vod z města v dlouhodobém průměru na úrovni extrémní hodnoty 1165 l / EO.d .

Tab. 49: Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2024. Zdroj: ČSÚ

Kód okresu	Code obce	Název obce Name of municipality	Počet obyvatel Population			Průměrný věk Average age		
			celkem Total	muži Males	ženy Females	celkem Total	muži Males	ženy Females
CZ0514	577456	Rokytnice nad Jiz	2533	1304	1229	46,6	44,7	48,6



Obr. 29 Vývoj zatížení v celkovém přítoku v jednotlivých letech.

- (2) Dlouhodobý trend vývoje množství odpadních vod má mírně rostoucí tendenci s výrazným ovlivněním srážkovými úhrny. Další vliv na průtoky má roční období a extrémní sezónnost zatížení ČOV. Koncentrační znečištění v odpadní vodě dlouhodobě vykazuje vyrovnané trendy. Zatížení ČOV osciluje různě pro jednotlivé ukazatele znečištění bez jednoznačných trendů. Vývoj zatížení v celkovém přítoku přepočtený na EO_{60} v jednotlivých letech je znázorněn na Obr. 29 (data za roky 2020 a 2021 jsou vzhledem k tehdy probíhající rekonstrukci kalkulována z bilancí jednotlivých proudů znečištění z města a papírny EMBA, od roku 2022 jsou brána jako směsný přítok za lapákem písku).
- (3) Dle vyhodnocených dat byla ČOV v dlouhodobém horizontu 2020 - 2024 v ukazatelích organického znečištění (BSK_5) přetížena na cca 113 % návrhové kapacity, u ukazatele N_{celk} vytížena na 57,1 %. Zatížení v ukazateli P_{celk} dosahuje hodnoty 30,8 % ve vztahu k návrhové hodnotě dle původní PD. V posledním roce 2024 bylo zatížení ČOV nižší, a sice s mírným přetížením (BSK_5) na 104,2 % návrhové kapacity.
- (4) Hydraulické zatížení ČOV je při standardních bezdeštných stavech i přes vysoký podíl balastních vod zvládnutelné, nicméně vysoký podíl studených balastních vod výrazně ochlazuje aktivační systém a působí negativně na čistící proces. Při dešťových epizodách a jarních tání sněhu dochází k abnormálně vysokým nátokům odpadních vod na ČOV a i při využití havarijního odlehčení dochází z důvodu nekapacitních hydraulických tras na odtoku k zpětnému vzdouvání vod do ČOV, zaplavování měrného žlabu i zvedání hladiny v dosazovacích nádržích.
- (5) Vyhodnocení provozních dat ukazuje, že ČOV v průměru vykazuje velmi dobré odtokové parametry, vysokou účinnost odstraňování dusíku, fosforu a uhlíkatého znečištění. ČOV pracuje při vyšší hodnotě stáří kalu na úrovni 35 - 40 dní. V systému je dlouhodobě udržována provozní koncentrace aktivovaného kalu na úrovni $4,75 \text{ kg m}^{-3}$ při zhoršených sedimentačních vlastnostech kalu s KI okolo 180 ml g^{-1} , v maximech přes 200 ml g^{-1} . ČOV dlouhodobě pracuje při nízkých provozních teplotách s průměrem kolem 12°C , přičemž v zimním období nejsou výjimkou teploty pod 7°C . Pod legislativním předělem pro $N-NH_4$ pracuje ČOV cca 6 měsíců v roce, tj. 50 % provozní doby. Na odtoku z ČOV dochází k občasným výkyvům v ukazateli N_{celk} , $N-NO_3$ a P_{celk} , a to vždy v letních měsících v době letní odstávky EMBA. To dokumentuje význam vlivu těchto odpadních vod na kvalitu odtoku. V minulosti byl zřejmý i občasný zvýšený únik NL do odtoku, což mělo souvislost s konstrukcí dosazovacích nádrží. Tento problém se od roku 2022 podařilo stabilizovat s pomocí dávkování podpůrných chemikálií (flokulant, síran amonný, kysl. fosforečná) do aktivačního procesu a odtokové koncentrace stabilizovat. Provozní problémy rovněž nastávají při poklesu teplot pod 8°C , kdy jsou již v aktivovaném kalu omezeny biochemické pochody bakterií a vyšší hustota chladnější vody způsobuje problémy s funkčností dosazovacích nádrží a vzplýváním kalu, jehož hustota se stává nižší než hustota vody. Tyto biochemické a fyzikální procesy nelze provozními opatřeními v zásadě

ovlivnit. Jediným řešením je omezení vniku extrémně chladných balastních vod do kanalizace a zvýšením teploty přiváděné odpadní vody v minimech alespoň nad 8 °C.

- (6) Výpočet maximální a volné disponibilní kapacity byl realizován pro provozní koncentraci sušiny aktivovaného kalu $4,5 \text{ kg m}^{-3}$ v souladu se stávajícím nastavením $Q_{\text{dešť}}$ do biologie a vypočtenou kapacitou dosazovacích nádrží. Volná disponibilní kapacita je vypočtena jako rozdíl zatížení ČOV v roce 2024 a vypočtené maximální kapacity, a to na úrovni cca 1100 EO_{60} ($66 \text{ kg d}^{-1} \text{BSK}_5$).

KAPACITA ČOV		
MAXIMÁLNÍ KAPACITA AKTIVACE	EO_{60}	$\text{kg d}^{-1} \text{BSK}_5$
Maximální kapacita	7350	441
ZATÍŽENÍ 2024	6251	375
Volná disponibilní kapacita	1099	66

Výše uvedená tabulka znázorňuje maximální kapacitu aktivačních biologických nádrží na úrovni 7350 EO_{60} . Pro tuto kapacitu vyhovují aktuální zdroje vzduchu i kapacity čerpadel recirkulace vratného kalu.

- (7) Z hlediska jednotlivých technologických celků a zařízení lze hodnotit objemy aktivačních nádrží jako dostatečně kapacitní až do zatížení cca 7350 EO_{60} . Přechodová oblast s již nestabilní nitrifikací při minimálních výpočtových teplotách dosahuje kapacity ČOV až 8750 EO_{60} , tj. na úrovni blízké se původní max. návrhové kapacitě 9500 EO_{60} . Zdroje vzduchu jsou dostatečné pro stávající dlouhodobé zatížení i pro maximální zatížení 7350 EO_{60} s předpokládanými výkyvy v zatížení v souladu s vypočtenými koeficienty nerovnoměrnosti. Recirkulace vratného kalu se pro běžný i maximální provoz jeví jako dostatečně kapacitní. Problém je díky velkému množství balastních vod v příliš nízké hodnotě $Q_{\text{dešť}}$ do biologie, která neodpovídá ČSN 75 6401 a měla by pro maximální vypočtené zatížení dosahovat úrovně $56,7 \text{ l s}^{-1}$ (pro stávající zatížení pak $50,5 \text{ l s}^{-1}$). Dlouhodobě je tedy pro využití maximální kapacity ČOV klíčovým opatřením redukce balastních vod v kanalizaci. Stávající dosazovací nádrže jsou dimenzovány pro $Q_{\text{dešť}} = 40 \text{ l s}^{-1}$ při provozní koncentraci sušiny kalu $4,5 \text{ kg m}^{-3}$. Navíc jsou poměrně mělké, pouze 3,1 m, což nedovoluje pracovat bezpečně s vyšší hodnotou $\text{KI} > 127 \text{ ml g}^{-1}$. Vlastní aktivace de-facto pracuje jako ideálně směšovací reaktor, který maximálně podporuje nadměrný růst vláknitých bakterií a vláknité bytění kalu s vysokými hodnotami KI . Není zde instalován žádný selektor, který by tyto negativní vlivy zmírnil. Přetížení odpadními vodami z papírny EMBA proto může vést k nutričně deficitní situaci a dále zhoršovat kvalitu kalu (vláknitá a zoogléální bytění). Nedostatečné zatížení z EMBA zase způsobí zhoršení odtokových ukazatelů N a P.

- (8) Stávající aktivační systém je velmi jednoduchým řešením, které umožňuje velmi dobrou funkčnost díky optimálnímu vyvážení poměru „hladových“ odpadních vod z města s nízkým obsahem organického znečištění a vysoce koncentrovaných odpadních vod z papírny EMBA. Optimální poměr zatížení při stávající kvalitě odpadních vod EMBA : město činí v ukazateli CHSK cca 1 : 1, aktuálně EMBA : město = 55 % : 45 %. V případě vychýlení tohoto poměru lze očekávat zhoršenou účinnost a funkčnost biologické části ČOV. Stávající poměr je provozně optimální. Např. odpojení odpadních vod z papírny EMBA by okamžitě vedlo ke zhoršení ukazatelů znečištění v odtoku (viz každoroční letní odstávka), dlouhodobě pak k nutnosti zcela překonfigurovat stávající biologickou část ČOV, instalovat denitrifikační zóny a aplikovat chemické simultánní srážení fosforu. I při výrazném snížení zatížení ČOV by byly nutné významné investiční náklady na úpravu biologické linky. Přetížení aktivačního systému odpadními vodami z EMBA zase povede k tvorbě nesedimentujícího kalu a zhoršení kvality odtoku ve většině ukazatelů znečištění.
- (9) Kalové hospodářství, resp. uskladňovací nádrž pro kal aktuálně i ve výhledu slouží pouze k velmi krátkému uskladnění kalu < 10 dní, což je v rozporu s požadavky ČSN. Pro výhledové zatížení a uskladnění kalu na požadovaných 30 dní by bylo potřeba zajistit další uskladňovací objem na kal na úrovni cca 220 m³. Zahušťovací i odvodňovací zařízení kalu vykazují dostatečný výkon pro stávající i výhledový stav.

Přílohy

Mikroskopický rozbor kalu z 11. 4. 2025