

# OBSAH

	strana
<b>1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Předmět díla</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Podklady</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Použitý software</b>	<b>2</b>
<b>2 PROJEKTOVÉ A TECHNICKÉ PARAMETRY ČOV</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Technické parametry stávající mechanicko-biologické linky ČOV</b>	<b>3</b>
2.1.1 Aktivační nádrže	3
2.1.2 Dosazovací nádrže	3
2.1.3 Uskladňovací nádrže přebytečného kalu	4
<b>2.2 Současné požadavky na složení finálního odtoku</b>	<b>4</b>
<b>3 VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY</b>	<b>4</b>
<b>4 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU PO REKONSTRUKCI</b>	<b>5</b>
<b>5 KONCEPCE ÚPRAV BIOLOGICKÉHO STUPNĚ</b>	<b>5</b>
<b>6 VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ</b>	<b>7</b>
<b>7 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU</b>	<b>9</b>
<b>7.1 Použitý software</b>	<b>9</b>
<b>7.2 Metodika výpočtu</b>	<b>10</b>
<b>7.3 Výpočet D-N procesu v ustáleném stavu</b>	<b>11</b>
<b>7.4 Návrh potřeby kyslíku a vzduchu</b>	<b>13</b>
<b>8 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ</b>	<b>14</b>
<b>9 ZÁVĚRY</b>	<b>15</b>

# ČOV DOZP MARIÁNSKÁ

## Návrh úprav a technologické výpočty rekonstrukce stávající biologické linky

### 1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA

Název:	Čistírna odpadních vod DOZP Mariánská - Návrh úprav a technologické výpočty rekonstrukce stávající biologické linky.
Místo:	ČOV DOZP Mariánská
Objednatel:	Ing. Jan Šinták – I.P.R.E. Kolová 2, 362 14 Kolová
Zpracovatel:	AQUA-CONTACT Praha v.o.s., Husova 112, 551 01 Jaroměř provozovna: Mařákova 8, 160 00 Praha 6

#### 1.1 Předmět díla

Předmětem díla je návrh úprav a technologické výpočty rekonstrukce stávající biologické linky ČOV DOZP Mariánská pro zajištění požadovaných odtokových parametrů.

#### 1.2 Podklady

Pro vypracování díla byla k dispozici následující podkladová dokumentace:

- (1) Základní technické a technologické parametry ČOV DOZP Mariánská.
- (2) Platné povolení k nakládání s odpadními vodami vydané KÚ Karlovarského kraje, OŽPaZ, č. j. KK/87/ZZ/19-10, ze dne 20. 05. 2019.

#### 1.3 Použitý software

Veškeré simulace chování biologické linky ČOV jsou provedeny pomocí matematického modelu aktivačního procesu počítačového software **GPS-X** kanadské firmy Hydromantis, Inc., číslo licence: 9117 0399 391 01E.



GPS-X je software kanadské firmy Hydromantis, Inc. umožňující flexibilní matematické simulace biologických systémů čištění odpadních vod v dynamickém stavu. GPS-X je považován za nejlepší produkt, který je v současné době k dispozici na světovém trhu. Předností je univerzální použití a flexibilita umožňující matematickou simulaci téměř všech procesů biologického čištění odpadních vod.

## 2 PROJEKTOVÉ A TECHNICKÉ PARAMETRY ČOV

### 2.1 Technické parametry stávající mechanicko-biologické linky ČOV

Existující technologická linka ČOV DOZP Mariánská zahrnuje jemné česle a biologický systém sestávající ze čtveřice válcových aktivačních nádrží (provozována je pouze dvojice nádrží) a dvojice horizontálně protékaných dosazovacích nádrží. Nakládání s vyprodukovaným kalem je založeno na jeho zahuštění, uskladnění a následném odvozu v tekutém stavu k dalšímu zpracování.

#### 2.1.1 Aktivační nádrže

Aktivační proces je realizován ve formě dvojice do série zapojených směšovacích plně aerobních aktivačních nádrží. Aktivační nádrže jsou vybaveny jemnobublinným aeračním systémem Fortex a zásobeny vzduchem od instalovaných dmychadel.

<u>Aktivační nádrž</u>	2 ks
průměr nádrže	3 000 mm
délka	7 500 mm
hloubka vody	2 800 mm
účinný objem jedné nádrže	51 m <sup>3</sup>
účinný objem dvou nádrží	102 m <sup>3</sup>

Dvě nádrže stejných technických parametrů nejsou v současném provozu využívány.

#### 2.1.2 Dosazovací nádrže

K separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody slouží dvojice horizontálně protékaných dosazovacích nádrží hexagonálního půdorysu.

<u>Dosazovací nádrž</u>	2 ks
hloubka vody	3 550 mm
účinná plocha jedné nádrže	6,7 m <sup>2</sup>
účinný objem jedné nádrže	10,4 m <sup>3</sup>
účinná plocha nádrží	13,4 m <sup>2</sup>
účinný objem nádrží	20,8 m <sup>3</sup>

### 2.1.3 Uskladňovací nádrže přebytečného kalu

Zpracování přebytečného kalu je založeno na jeho zahuštění, uskladnění a následném odvozu v tekutém stavu na ČOV vybavenou technologií zpracování kalu.

Uskladňovací nádrž	2 ks
průměr	3 000 mm
účinný objem nádrží	42 m <sup>3</sup>

## 2.2 Současné požadavky na složení finálního odtoku

Nakládání s odpadními vodami je pro ČOV DOZP Mariánská povoleno rozhodnutím vydaným KÚ Karlovarského kraje, OŽPaZ č. j. KK/87/ZZ/19-10 ze dne 20. 05. 2019. Dle rozhodnutí je povoleno vypouštění odpadních vod ve složení a množství uvedených v Tab. 1 a Tab. 2.

**Tab. 1:** Limity platného vodohospodářského rozhodnutí.

Ukazatel	hodnota „p“ (mg.l <sup>-1</sup> )	hodnota „m“ (mg.l <sup>-1</sup> )	balance (t.r <sup>-1</sup> )
BSK <sub>5</sub>	40	80	2,6
CHSK	150	220	9,9
NL	50	80	3,3

**Tab. 2:** Povolené množství vypouštěných odpadních vod.

Ukazatel	jednotka	hodnota
Průměr	l.s <sup>-1</sup>	1,75
Maximum	l.s <sup>-1</sup>	3,5
	m <sup>3</sup> .měsíc <sup>-1</sup>	5 500
	m <sup>3</sup> .rok <sup>-1</sup>	66 000

## 3 VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY

V Domově pro osoby se zdravotním postižením v Mariánské je v současné době 170 klientů a 160 zaměstnanců ve třísměnném nepřetržitém provozu. Areál odebírá pitnou vodu od spol. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. Toto množství vody je měřeno a za rok 2018 představuje 12 058 m<sup>3</sup> s maximálním odběrem v 03/2019 na úrovni 1 229 m<sup>3</sup>.měsíc<sup>-1</sup>. Jiné zdroje vody areál nepoužívá. Na základě těchto údajů jsou v Tab. 3 a Tab. 4 formulovány hydraulické a látkové zatěžovací parametry pro návrh úprav a technologické výpočty biologického stupně.

**Tab. 3:** Hydraulické zatěžovací parametry ČOV DOZP Mariánská pro návrh a výpočty rekonstrukce.

Průtok	m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	l.s <sup>-1</sup>
Q <sub>24</sub>	33,0	1,4	0,4
Q <sub>d</sub>	40,0	1,7	0,5

Q <sub>h</sub>	-	8,8	2,5
----------------	---	-----	-----

**Tab. 4:** Látkové zatěžovací parametry ČOV DOZP Mariánská pro návrh a výpočty rekonstrukce.

Ukazatel	kg.d <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>
počet EO dle BSK <sub>5</sub> 250		
BSK <sub>5</sub>	15,0	454,5
CHSK	30,0	909,1
NL	13,8	416,7
N-NH <sub>4</sub>	2,2	66,0
N-celk	3,3	98,5
P-celk	0,5	15,2

#### 4 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU PO REKONSTRUKCI

S ohledem na požadavky platného povolení k nakládání s odpadními vodami č. j. KK/87/ZZ/19-10 ze dne 20. 05. 2019 a znění NV 401/2015 Sb. pro danou velikost zdroje znečištění je navrženo složení finálního odtoku a množství vypouštěných odpadních vod v Tab. 1 a Tab. 2.

#### 5 KONCEPCE ÚPRAV BIOLOGICKÉHO STUPNĚ

Navrhované řešení rekonstrukce ČOV vychází z požadavků zadavatele a jsou v něm přednostně zohledněna tato základní kritéria:

- dodržení odtokových parametrů,
- maximální využití stávajících objektů ČOV,
- maximální snížení provozních nákladů,
- minimální omezení funkce stávající ČOV během intenzifikace.

Systém musí být dostatečně flexibilní a s dostatečnou kapacitou, aby byl schopen pracovat s významným proměnlivým zatížením během dne. Bude navržen s biologickou nitrifikací a částečnou biologickou denitrifikací. V každém případě se bude jednat o nízko zatěžovaný systém.

Návrh úprav stávajícího biologického stupně ČOV DOZP Mariánská založen na změně charakteru aktivačního procesu. Stávající plně aerobní směšovací aktivaci je navrženo nahradit systémem umožňujícím ustavení procesu biologické nitrifikace a denitrifikace. Jedna z nádrží bude využívána jako předřazená denitrifikace, dvě nádrže pak jako nitrifikační stupeň aktivace. V aktivačních nádržích dojde k novému vystrojení strojně-technologickým zařízením, přičemž vznikne klasický aktivační D-N systém,

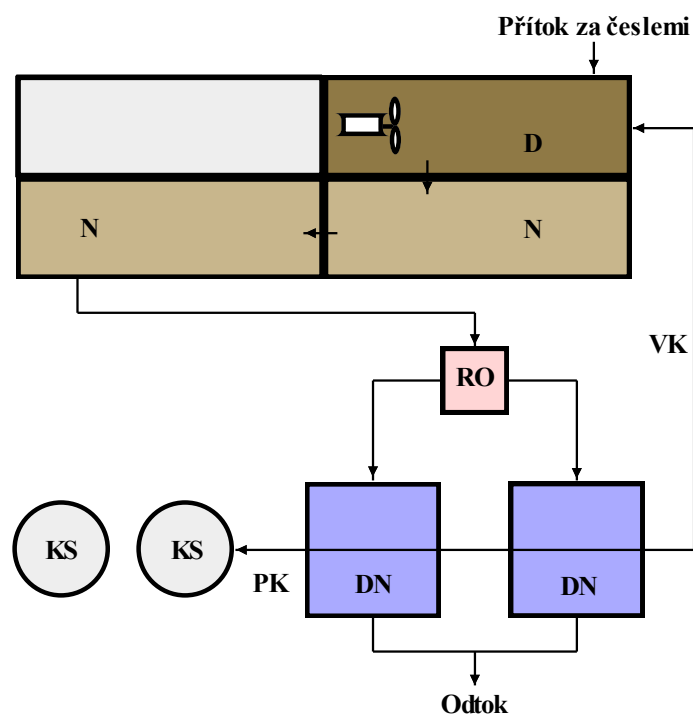
Přebytečný aktivovaný kal bude přepouštěn do stávajících nádrží, které budou i nadále využívány jako kalové nádrže. Koncepce nakládání s vyprodukovaným přebytečným kalem

bude založena na jeho zahuštění, uskladnění a následném odvozu v tekutém stavu na jinou ČOV vybavenou technologickou linkou odvodnění kalu.

S ohledem na existující uspořádání a objemové členění biologického stupně ČOV DOZP Mariánská je navržen následující způsob technického řešení rekonstrukce:

- Odpadní vody zbavené hrubých nečistot budou spolu s vratným kalem z dosazovacích nádrží přivedeny do první aktivační nádrže. Nádrž bude vybavena novým ponorným míchadlem a provozována v anoxických kultivačních podmínkách.
- Po průchodu první aktivační nádrží bude aktivační směs přivedena do druhé a posléze třetí aktivační nádrže. Tyto dvě nádrže budou vybaveny novým aeračním systémem a třetí nádrž i sondou pro měření koncentrace rozpuštěného kyslíku. Druhá a třetí aktivační nádrž budou provozovány ve striktně oxických kultivačních podmínkách, přičemž množství dodávaného vzduchu bude řízeno na základě měřené koncentrace rozpuštěného kyslíku.
- Po průchodu druhou oxickou sekcí aktivačního procesu bude aktivační směs přivedena do rozdělovacího objektu před dosazovacími nádržemi. Z hladiny dosazovacích nádrží bude odváděna vyčištěná odpadní voda, ze dna čerpadly vratného kalu odváděn usazený aktivovaný kal a recirkulován zpět do denitrifikační sekce aktivace jako vratný kal. Přetržitě bude odbočkou odváděn přebytečný kal do kalové nádrže.
- Stávající kalové nádrže budou i po intenzifikaci sloužit k zahuštění, aerobní stabilizaci a uskladnění vyprodukovaného přebytečného kalu. U kalových nádrží bude repasován aerační systém a budou vybaveny zařízením pro odtah kalové vody.
- ČOV bude vybavena dvojicí dmychadel v sestavě 1 + 1 ks, tj. jedno provozní a druhé jako montovaná rezerva. Záložní dmychadlo bude využíváno k přetržitě aeraci kalových nádrží.

Na Obr. 1 je schematicky znázorněna biologická linka ČOV DOZP Mariánská po navržené rekonstrukci.



**Obr. 1:** Schematické znázornění biologické linky ČOV DOZP Mariánská.

Legenda: D - denitrifikace, N - nitrifikace, RO - rozdělovací objekt, DN - dosazovací nádrž, VK - vratný kal, PK - přebytečný kal, KS - kalové silo.

Při zohlednění stávajících objektů biologického stupně ČOV jsou v Tab. 5 uvedeny základní technické parametry aktivačního procesu ČOV DOZP Mariánská po navržených úpravách.

**Tab. 5:** Základní technické parametry aktivačního procesu ČOV DOZP Mariánská.

Parametr	jednotka	hodnota
<b>denitrifikace</b>	ks	1
průměr	m	3,0
délka	m	7,5
hloubka vody	m	2,35
objem	m <sup>3</sup>	35
<b>nitrifikace</b>	ks	2
průměr	m	3,0
délka	m	7,5
hloubka vody	m	2,35
objem	m <sup>3</sup>	70

## 6 VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ

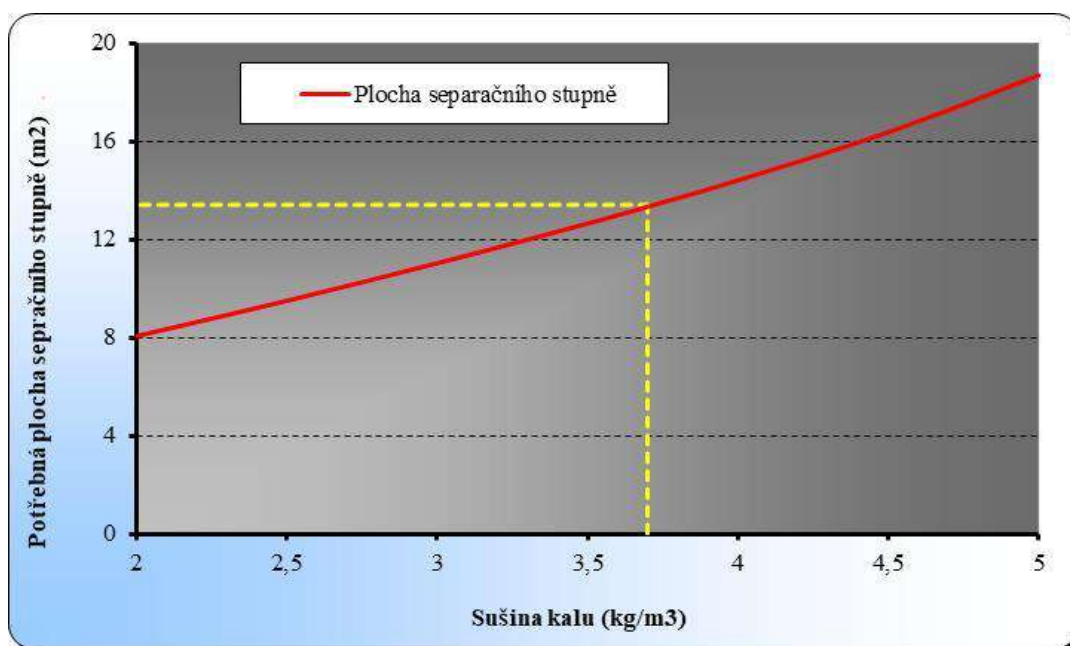
Pro účely separace vyčištěné odpadní vody od aktivovaného kalu na ČOV DOZP Mariánská bude využito dvojice existujících dosazovacích nádrží s horizontálním průtokem po nezbytné stavební a strojně-technologické repasi.

Při zohlednění hodnoty maximálního přítoku odpadních vod do biologického stupně ČOV na úrovni  $2,5 \text{ l.s}^{-1}$  jsou níže prezentovány výsledky výpočtů maximální kapacity této dvojice dosazovacích nádrží s ohledem na nejvyšší přípustnou provozní koncentraci sušiny kalu v aktivačním procesu. Pro účely stanovení maximální kapacity separačního stupně a přípustné hodnoty sušiny kalu v aktivačním procesu byl zvolen postup dle přepracované metodiky ATV z roku 1991 (Revised ATV (1991) procedure). Tento postup rezultuje do relativně konzervativního, na druhou stranu bezpečného návrhu separačního stupně zajišťujícího účinné odstranění aktivovaného kalu od vyčištěné vody i při maximálních průtocích.

Výpočty dle ATV používají hodnotu ředěného kalového indexu, jenž nekoresponduje s hodnotou kalového indexu obecně sledovaného na ČOV. Pro účely výpočtu byla použita konzervativní hodnota ředěného kalového indexu na úrovni  $130 \text{ ml.g}^{-1}$ . V rámci výpočtů maximální kapacity separačního stupně byly dále za neměnné stanoveny následující parametry:

$Q_{24}$ – průměrné hydraulické zatížení	$\text{m}^3.\text{d}^{-1}$	33
$Q_{\text{max}}$	$\text{l.s}^{-1}$	2,5
Průtok vratného kalu	$\text{l.s}^{-1}$	2,5
Plocha dosazovacích nádrží	$\text{m}^2$	13,4
Ředěný kalový index	$\text{ml.g}^{-1}$	130
Hloubka vody v separačním stupni	m	3,5

Na Obr. 2 je v grafické formě znázorněn výsledek výpočtů hodnot potřebné plochy separačního stupně v závislosti na koncentraci sušiny kalu v aktivačním procesu. Z grafické závislosti na Obr. 2 je možno odečíst maximální přípustnou hodnotu sušiny kalu v aktivaci na úrovni cca  $3,7 \text{ kg.m}^{-3}$ . Při této hodnotě je pro uvažované separační vlastnosti kalu a maximální hydraulické zatížení zaručena bezpečná separace kalu od vyčištěné odpadní vody.



**Obr. 2:** Závislost potřebné plochy separačního stupně na koncentraci sušiny kalu v aktivaci pro dosazovací nádrže ČOV DOZP Mariánská.



## 7 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU

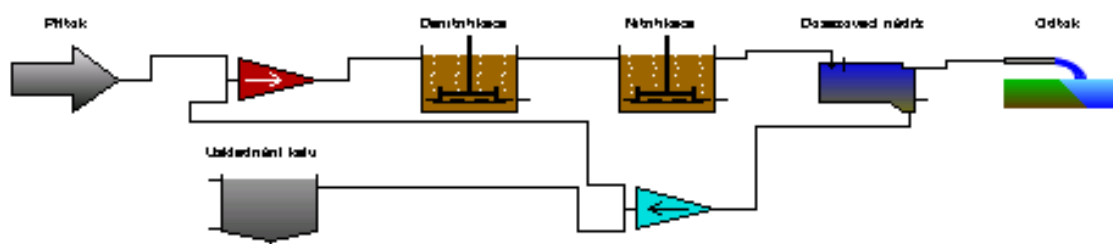
Chování a funkce biologického stupně ČOV jsou ověřovány metodou matematické simulace aktivačního procesu, jenž slouží jednak k ověření kapacity realizovaného či navrhovaného systému a k případnému dořešení objemového návrhu nádrží spolu s dalšími technologickými prvky systému (velikosti recirkulací, výpočet oxygenační kapacity apod.). Matematická simulace aktivačního procesu umožňuje výpočty systému při reálném dynamickém chování.

### 7.1 Použitý software

Základní podmínkou jakýchkoliv technologických výpočtů týkajících se biologického systému ČOV je přesný popis hydraulické soustavy. Za účelem provedení exaktních propočetů intenzifikovaného systému ČOV bylo připraveno speciální technologické schéma počítačového software GPS-X, umožňujícího realizaci detailních výpočtů aktivačního systému v různých provozních variantách. Použité schéma je pro ilustraci znázorněno na Obr. 3.

Použitý software umožňuje exaktní simulaci technologické linky ČOV DOZP Mariánská, zadání požadovaných vstupních parametrů kvality a kvantity odpadních vod ve všech proudech (tj. přítok, kalová voda), přesné zadání rozměrů jednotlivých technologických stupňů, tj. typ aerace, hloubky a plochy nádrží (včetně dosazovacích). Pomocí software lze namodelovat funkci systému jak ve stacionárním, tak dynamickém stavu s přesným zadáním fluktuace hydraulického zatížení, zatížení organickými a dusíkatými látkami během dne i roku, včetně teplotních profilů.

### ČOV DOZP Mariánská – schéma biologického stupně po úpravách



Obr. 3: Technologické schéma ČOV DOZP Mariánská po navržených úpravách v SW GPS-X.

Základem výpočtu aktivačního systému je biokinetický model konverze organického a dusíkatého znečištění. Výpočty byly provedeny s modelem ASM No. 2D, který je určen k modelování procesů biologického odstraňování dusíku a fosforu. Frakcionace vstupní odpadní vody je založena na modelu ASM No.2D. Výchozími komponenty jsou CHSK, TKN a NL, přičemž pro výpočet biologické části ČOV jsou prioritní vstupy znečištění do aktivace.

Při stanovení jednotlivých frakcí organického a dusíkatého znečištění a frakcí fosforu je využito dat provozního sledování kvality finálního odtoku. Tento postup nahrazuje přesnější, avšak časově výrazně náročnější postupy spojené s frakcionací odpadních vod dle Lesouefa et al. (1992)<sup>1</sup>. Stanovovány jsou rozpuštěné a partikulované frakce jednotlivých forem znečištění, přičemž jsou zohledňována specifika lokality.

## 7.2 Metodika výpočtu

S ohledem na zadání a z hlediska správnosti postupu při výpočtech kapacity definovaného systému bylo postupováno specifickým způsobem. Kritickým ukazatelem odtoku je N-NH<sub>4</sub>. Systém musí i při minimální teplotě disponovat dostatečnou nitrifikační kapacitou. Aby bylo tohoto požadavku dosaženo, musí být správně dimenzovány aerobní reaktory v hlavním proudu. Pokud je dosažen potřebný stupeň nitrifikace, lze výpočtově přistoupit k optimalizaci denitrifikace za účelem minimalizace koncentrace TIN a N-celk na odtoku ze systému.

Všechny orientační výpočty prvního přiblížení jsou prováděny pro systém v ustáleném stavu, tj. nikoliv pro systém při reálném chování, kde dochází k fluktuaci hydraulického a látkového zatížení ČOV.

Nitrifikační kapacita systému je při výpočtech ovlivněna především velikostí použité maximální specifické růstové rychlosti nitrifikačních bakterií  $\mu_{A, \max}$  (resp. hodnotou její čisté růstové rychlosti ( $\mu_{A, \max} - b_A$ )). Pro výpočty byla použita hodnota  $\mu_{A, \max} = 0,6 \text{ d}^{-1}$ , která odpovídá empirickému vztahu pro stanovení potřebného stáří kalu pro nitrifikaci uvedeného v ČSN 75 6401. V této hodnotě je zahrnut bezpečnostní koeficient s ohledem na skutečnost, že výpočet stacionárního stavu není ekvivalentní výpočtu reálného stavu dynamického.

Dalšími důležitými technologickými omezeními jsou teplota a koncentrace biomasy na vstupu do dosazovacích nádrží. Pro výpočty je kalkulováno s minimální teplotou aktivační směsi 10 °C. Odtah přebytečného kalu je vždy realizován v takovém množství, aby bylo dosaženo požadované koncentrace biomasy na vstupu do dosazovacích nádrží 3,7 kg·m<sup>-3</sup> (viz kapitola 6). Limitní koncentrace kalu 3,7 kg·m<sup>-3</sup> je výpočtově uvažována pro teplotu 10 °C. Předpokládá se, že teploty na úrovni 10 °C může být dosahováno i dlouhodobě (týdny).

Intenzifikovaný aktivační proces ČOV je pro účely výpočtu rozdělen na 2 sekce, z nichž sekce 1 je uvažována jako anoxická a sekce 2 jako oxická s koncentrací rozpuštěného kyslíku 2 mg.l<sup>-1</sup>. Odpadní voda je po hrubém předčištění zaústěna spolu s vratným kalem do reaktoru 1. Po průchodu reaktorem 1 je aktivační směs vedena do nitrifikačního stupně 2. Odtok do separačního stupně je realizován z oxické sekce 2.

Pro objemové uspořádání aktivačního procesu dle Tab. 5 byly realizovány výpočty v ustáleném nedynamickém stavu. Základní výpočty ustáleného stavu jsou provedeny pro minimální návrhovou teplotu aktivační směsi na úrovni 10 °C.

<sup>1</sup> Lesouef, A., Payraudeau, M., Rogalla, F. and Kleiber, B. (1992): Optimizing nitrogen removal reactor configurations by on-site calibration of the IAWPRC Activated Sludge Model. *Wat.Sci.Tech.* Vol. 25, No. 6, 105 – 123.

### 7.3 Výpočet D-N procesu v ustáleném stavu

Základní technologické parametry aktivačního procesu ČOV DOZP Mariánská po intenzifikaci jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 6. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace.

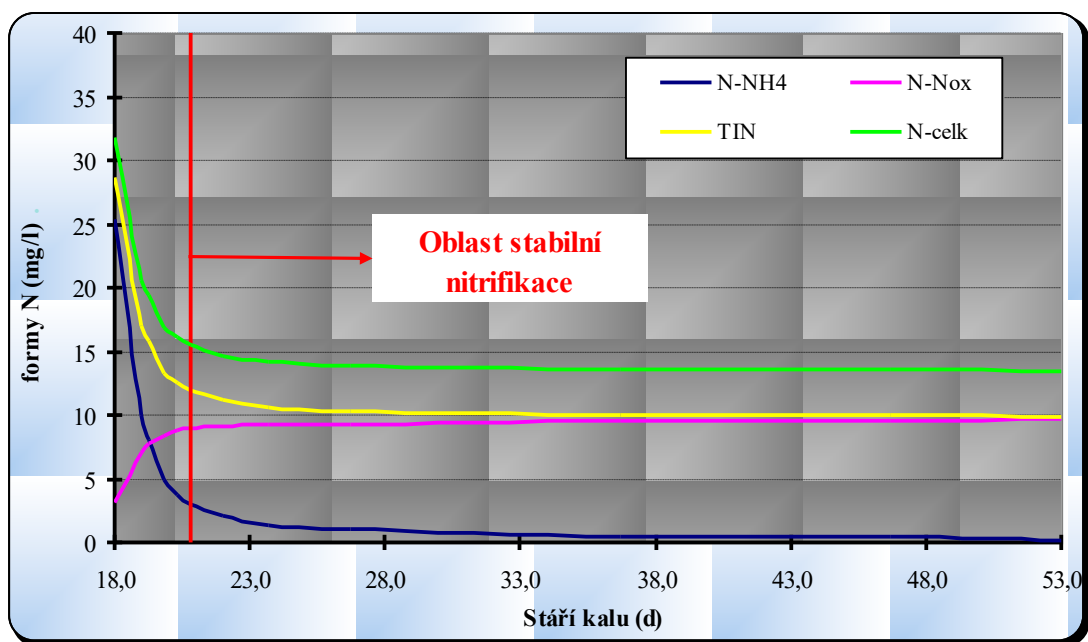
**Tab. 6:** Základní technologické parametry aktivačního procesu ČOV DOZP Mariánská.

Parametr	jednotka	hodnota
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle BSK <sub>5</sub> a CHSK	EO	250
Zatížení ČOV a aktivace BSK <sub>5</sub>	kg.d <sup>-1</sup>	15
Zatížení ČOV a aktivace CHSK	kg.d <sup>-1</sup>	30
Hydraulické zatížení	m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	33
Celkový objem aktivace	m <sup>3</sup>	105
z toho objem denitrifikace	m <sup>3</sup>	35
z toho objem nitrifikace	m <sup>3</sup>	70
Koncentrace biomasy v nitrifikaci	kg.m <sup>-3</sup>	3,7
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q <sub>24</sub>	655
	l.s <sup>-1</sup>	2,5
Minimální výpočtová teplota	°C	10
Průměrná teplota	°C	15
Maximální výpočtová teplota	°C	24
Hydraulická doba zdržení	h	76,4
Stáří kalu (při T <sub>prům</sub> = 10 °C)	d	46,7
Zásoba kalu v systému	kg	388
Produkce biologického kalu	kg.d <sup>-1</sup>	8,3
Objemové zatížení BSK <sub>5</sub>	kg.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup>	0,143
Objemové zatížení CHSK	kg.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup>	0,286
Zatížení kalu BSK <sub>5</sub>	kg.kg <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	0,039
Zatížení kalu CHSK	kg.kg <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	0,077
Typ systému	zatížení	nízké

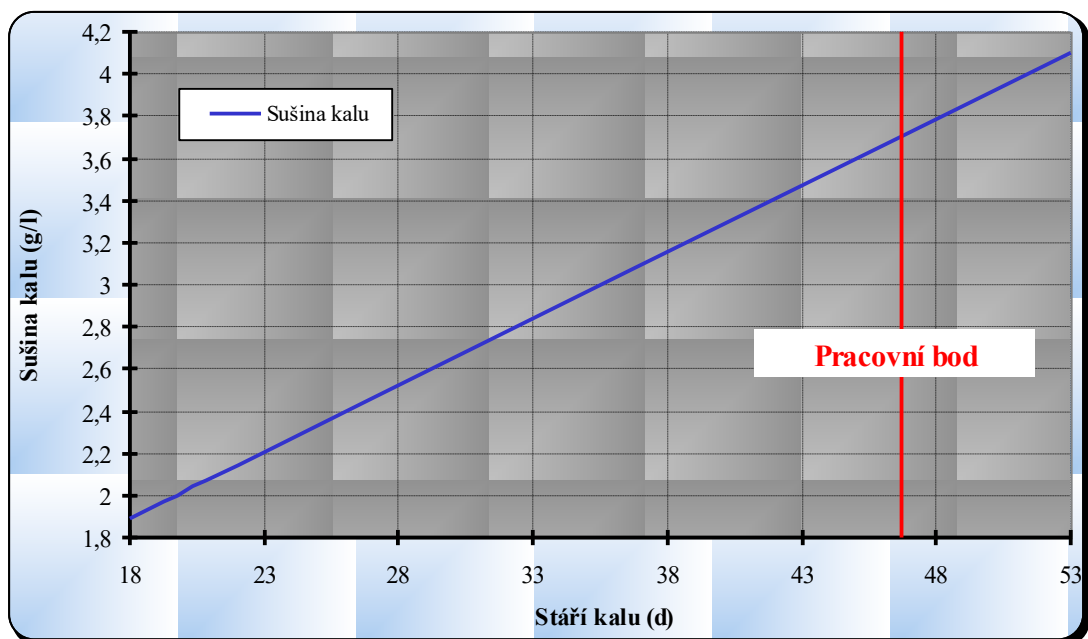
Při návrhu či verifikaci navrženého aktivačního systému je vždy potřeba určit kritické stáří kalu pro minimální výpočtovou teplotu 10 °C. Obr. 4 znázorňuje závislost dusíkatých forem znečištění v odtoku ze systému na stáří kalu. Na Obr. 5 je znázorněna vypočtená koncentrace kalu v závislosti na použité hodnotě stáří kalu.

Z Obr. 4 je zřejmé, že systém vykazuje při minimální teplotě 10 °C stabilitu procesu nitrifikace při stáří kalu cca 20,8 dne. Při této hodnotě stáří kalu je v aktivačním procesu dosaženo koncentrace sušiny na úrovni 2,1 g.l<sup>-1</sup>, přičemž se odtoková koncentrace amoniakálního dusíku pohybuje okolo 3 mg.l<sup>-1</sup>.

Z Obr. 4 lze odečíst, že je maximální přípustné hodnoty koncentrace aktivovaného kalu 3,7 g.l<sup>-1</sup> v aktivačním systému dosaženo při stáří kalu cca 46,7 dne. Při této hodnotě stáří kalu se odtokové koncentrace N-NH<sub>4</sub> pohybují hluboko pod úroveň 1,0 mg.l<sup>-1</sup>, což lze považovat za uspokojivý výsledek. V reálném dynamickém stavu bude dosaženo odtokových koncentrací N-NH<sub>4</sub> a N-celk mírně vyšších.



**Obr. 4:** Výpočet nitrifikační kapacity biologického D-N systému ČOV DOZP Mariánská po navržených úpravách.



**Obr. 5:** Výpočet závislosti koncentrace sušiny kalu na stáří kalu pro ČOV DOZP Mariánská po navržených úpravách.

V Tab. 7 je uvedeno složení odtoku dle výpočtu systému ve stacionárním stavu.

**Tab. 7:** Vypočtené odtokové parametry ČOV DOZP Mariánská, stacionární stav.

Ukazatel	jednotka	10 °C	21 °C
CHSK	mg.l <sup>-1</sup>	49	42

BSK <sub>5</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	8	7
NL	mg.l <sup>-1</sup>	15	12
N-NH <sub>4</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	0,4	0,1
N-NO <sub>x</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	9,6	9,2
N-celk	mg.l <sup>-1</sup>	13,6	12,6

#### 7.4 Návrh potřeby kyslíku a vzduchu

Návrh potřeby kyslíku a vzduchu musí být proveden takovým způsobem, aby systém nebyl v kyslíkovém deficitu při maximálním zatížení ČOV. Toto maximální zatížení lze brát při aplikaci dynamického denního profilu zatížení na maximální denní zatížení systému dané koeficientem  $k_d$ . Pro výpočet OCp je použito matematické simulace procesu v dynamickém stavu s fluktuací zatížení dle hydraulického a látkového denního profilu a dále postupováno dle TNV 75 6613. Potřeba kyslíku a vzduchu byla počítána prostřednictvím matematického modelu z hodnot OUR pro maximální návrhovou teplotu 21 °C. Výpočet je proveden pro provoz systému v letním období, kdy je potřeba vzduchu maximální. Kontrolní výpočet je proveden rovněž pro zimní provoz při 10 °C. Pro výpočet OCst a množství vzduchu byly uvažovány následující hodnoty:

teplota	10 a 21 °C
hloubka ponoru aeračních elementů	2,1 m
koncentrace rozpuštěného kyslíku v aerovaných sekcích	2,0 mg.l <sup>-1</sup>
koeficient alfa	0,7
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %.m <sup>-1</sup>
nadmořská výška	790 m n. m.

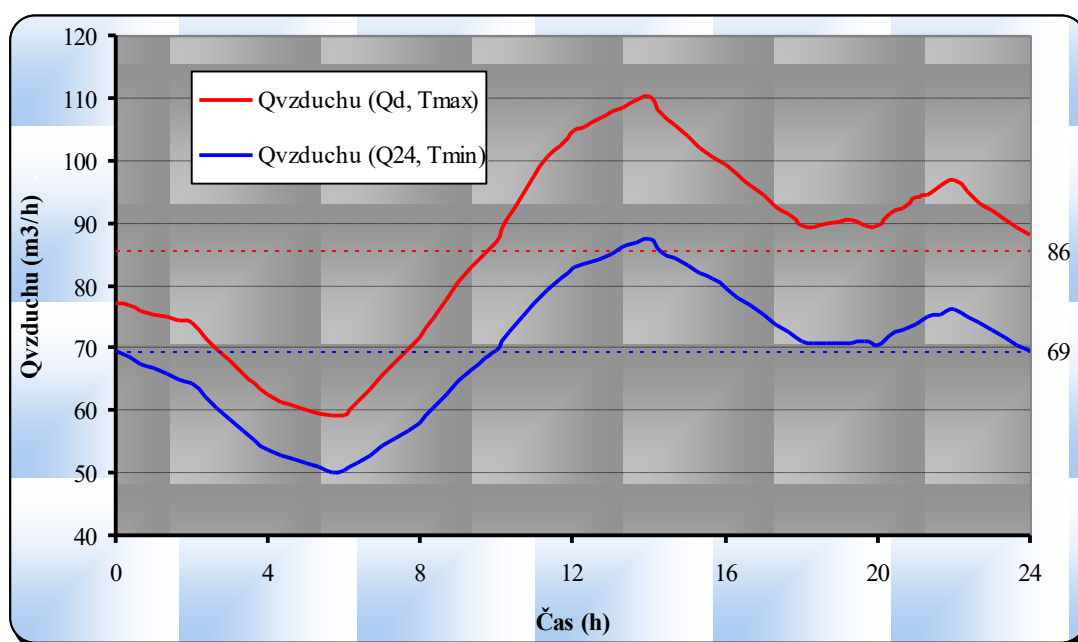
Za účelem určení hodnoty čisté potřeby kyslíku v ustáleném stavu byly vypočteny hodnoty OCst a  $Q_{\text{vzduchu}}$  v aktivačním procesu. V Tab. 8 jsou uvedeny výsledky minimální potřeby vzduchu při minimální teplotě 10 °C a hodnotě  $k_d = 1,0$  ( $Q_{24}$ ) a zároveň pro maximální výpočtovou teplotu 24 °C a hodnotu  $k_d = 1,21$  ( $Q_d$ ). Graficky je výpočet potřeby vzduchu znázorněn na Obr. 6.

**Tab. 8:** Návrh potřeby vzduchu pro kapacitu ČOV DOZP Mariánská na úrovni 250 EO.

Ukazatel	$Q_{24}, T = 10\text{ °C}$	$Q_d, T = 21\text{ °C}$
<b>OCp</b>	<b>kg.d<sup>-1</sup></b>	<b>kg.d<sup>-1</sup></b>
průměr	26	30
maximum	32	<b>38</b>
minimum	<b>18</b>	20
<b>OCst</b>	<b>kg.d<sup>-1</sup></b>	<b>kg.d<sup>-1</sup></b>
průměr	50	62
maximum	63	<b>80</b>
minimum	<b>36</b>	43
<b>Q<sub>vz</sub></b>	<b>m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup></b>
průměr	59	86
maximum	87	<b>110</b>

minimum	<b>50</b>	59
<b>Iv</b>	<b>m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup></b>
průměr	0,992	1,223
maximum	1,250	1,575
minimum	0,717	0,844

Dimenzování aeračního zařízení a zdrojů vzduchu je pro uvažované látkové zatěžovací parametry a pro maximální teplotu 21 °C nutno provést na maximální hodnotu  $Q_{\text{vzduchu}} 110 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Minimální množství vzduchu je při 10 °C kalkulováno na úrovni  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  vzduchu. Dodávka vzduchu bude řízena prostřednictvím změny otáček dmyhadla pomocí frekvenčního měniče od aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku ve druhé nitrifikační sekce aktivace.



**Obr. 6:** Průběh potřeby vzduchu pro teplotu 10 °C a přítok  $Q_{24}$  A pro teplotu 21 °C a přítok  $Q_d$ .

Dodávku vzduchu zajistí dmyhadla v sestavě 1 + 1 ks o maximálním výkonu jednoho dmyhadla cca  $110 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  vzduchu.

## 8 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Vyprodukovaný přebytečný aktivovaný kal bude odváděn do kalových nádrží o užitém objemu cca  $42 \text{ m}^3$ , kde bude docházet k jeho gravitačnímu zahuštění a uskladnění. Koncepce zpracování přebytečného aktivovaného kalu bude založena na jeho gravitačním zahuštění a následném odvozu v tekutém stavu na jinou ČOV vybavenou technologickou linkou odvodnění kalu. V Tab. 9 jsou uvedeny hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství ČOV DOZP Mariánská po navržených úpravách.

**Tab. 9:** Hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství ČOV DOZP Mariánská.

Parametr	jednotka	hodnota
kalové silo	ks	2
objem nádrží	m <sup>3</sup>	42
hmotnostní produkce kalu	kg.d <sup>-1</sup>	8,3
objemová produkce kalu	m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	1,1
koncentrace kalu po zahuštění	kg.m <sup>-3</sup>	20
objem kalu po zahuštění	m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	0,4
doba zdržení v kalových nádržích	d	101

## 9 ZÁVĚRY

Výše prezentovaný materiál představuje návrh úprav a technologické výpočty rekonstrukce biologického stupně ČOV DOZP Mariánská. Z prezentované textu je možno zdůraznit následující závěry.

1. Návrh úprav a výpočty jsou zpracovány pro níže uvedené průměrné hydraulické a látkové zatěžovací parametry na vstupu do ČOV:

Ukazatel		m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	l.s <sup>-1</sup>
průměrný denní průtok -Q <sub>24</sub>		33	0,4
maximální dešťový nátok na biologie – Q <sub>h</sub>		-	2,5
Ukazatel		kg.d <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>
počet EO dle ukazatele BSK <sub>5</sub>	250		
BSK <sub>5</sub>		15,0	454,5
CHSK <sub>Cr</sub>		30,0	909,1
NL		13,8	416,7
N-NH <sub>4</sub>		2,2	66,0
N-celk		3,3	98,5
P-celk		0,5	15,2

2. Koncepce úprav stávajícího biologického stupně ČOV DOZP Mariánská je založena na kompletní změně charakteru aktivačního procesu. Stávající plně aerobní směšovací aktivaci je navrženo nahradit systémem umožňujícím ustavení procesu biologické nitrifikace a denitrifikace. Biologický stupeň bude provozován v jednolinkovém uspořádání a bude kompletně nově vystrojen strojně-technologickým zařízením. V nezbytné míře bude repasováno strojně-technologické vystrojení dvojice dosazovacích nádrží.
3. Navržená úprava biologického stupně ČOV představuje přechod na jednolinkový aktivační proces na bázi tzv. D-N systému s předřazenou denitrifikační a následnou nitrifikační sekcí. Aktivační proces bude mít následující objemové členění:

<b>Ukazatel</b>	<b>počet</b>	<b>jednotka</b>	<b>hodnota</b>
alternující denitrifikace/nitrifikace	1 ks	m <sup>3</sup>	35
nitrifikace	2 ks	m <sup>3</sup>	70
<b>Celkem</b>	<b>-</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>105</b>

4. Pro navržený aktivační D-N proces byla, při respektování uvažovaných zatěžovacích parametrů na úrovni 250 EO dle ukazatele BSK<sub>5</sub>, kalkulována následující potřeba vzduchu v aktivačním procesu:

<b>Reaktor</b>	<b>jednotka</b>	<b>minimum</b>	<b>maximum</b>
nitrifikace	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	50	110

Navržena je instalace dmychadel v sestavě 1 + 1 ks o kapacitě jednoho stroje 110 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Dodávka vzduchu bude řízena prostřednictvím změny otáček dmychadla pomocí frekvenčního měniče od aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku ve druhé nitrifikační sekci aktivačního procesu.

5. Separace aktivovaného kalu od vyčištěné vody bude probíhat ve dvojici stávajících horizontálně protékaných dosazovacích nádrží. Dosazovací nádrže budou v nezbytném rozsahu stavebně a strojně-technologicky repasovány.
6. Aktivační D-N systém je navržen se stálou hodnotou recirkulace vratného kalu na úrovni 655 % průměrného denního přítoku odpadních vod, tj. 216 m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>. Provoz čerpadel vratného kalu bude časově nastavitelný pro dobu chodu a stání čerpadla tak, aby bylo možno navrženého stupně recirkulace dosáhnout.
7. Vyprodukovaný přebytečný aktivovaný kal bude odváděn z proudu vratného kalu do dvojice stávajících kalových nádrží. Koncepce zpracování přebytečného aktivovaného kalu bude založena na jeho gravitačním zahuštění, uskladnění a následném odvozu v tekutém stavu na jinou ČOV vybavenou technologickou linkou zpracování kalů.