

Akce : „Odkanalizování sídel města Štětí – Počeplice, Stračí, Radouň, Chcebuz a Brocno“, z toho část „Radouň – ČOV a kanalizace, Chcebuz – kanalizace, Brocno – kanalizace“, **změna Radouň - ČOV z 800 na 1100 EO.**

Stupeň : Projektová dokumentace ke změně územního rozhodnutí

B1

Technologický návrh ČOV Radouň

	strana
1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA	4
1.1 Předmět díla	4
1.2 Použitý software	4
2 ÚVOD	4
3 ZÁKLADNÍ VSTUPNÍ ÚDAJE	5
4 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU	5
5 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	6
5.1 Teplota odpadních vod	6
5.2 Denní hydraulický profil nerovnoměrnosti zatížení ČOV	7
6 KONCEPCE REALIZACE BIOLOGICKÉHO STUPNĚ ČOV	7
7 SKLADBA ČISTÍRNY A TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	8
7.1 Hrubé předčištění	10
8 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU	11
8.1 Postup výpočtu	11
8.2 Použitý software	11
8.3 Metodika výpočtu	12
8.4 Výpočet D-N procesu v ustáleném stavu	12
8.4.1 Stabilita nitrifikace	13
8.4.2 Technologické parametry aktivačního procesu	15
8.5 Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu	15
9 NÁVRH A VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ	18
9.1 Výpočet dle ATV 131 (1991)	18
9.2 Výpočet dle hmotnostního toku částic	19
9.3 Odvod a zpracování přebytečného kalu	20

9.4 Měrný objekt

21

ČOV RADOUŇ

**Technologický návrh a výpočty realizace kompletní linky pro
výhledové zatěžovací parametry při respektování požadavků na
složení odtoku v souladu s NV 401/2015 Sb.**

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA

Název: **Čistírna odpadních vod Radouň** – Technologický návrh a výpočty realizace kompletní linky pro výhledové zatěžovací parametry při respektování požadavků na složení odtoku v souladu s NV 401/2015 Sb.

Místo: **obec Radouň**

Objednatel: **PROVOD- inženýrská společnost, s.r.o.**
V Podhájí 226/8, 400 01 Ústí nad Labem

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 zpracování technologického návrhu a výpočtů realizace nové mechanicko-biologické linky ČOV pro obec Radouň pro výhledové zatěžovací parametry při respektování požadavků na složení finálního odtoku v souladu s NV č. 401/2015 Sb.

1.2 Použitý software

Veškeré výpočty chování a funkce 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 ÚVOD

Předložená varianta technologického návrhu řeší problematiku čištění odpadních vod pro obec Radouň. Obec v současné době nemá čistírnu odpadních vod. Výhledový stav předpokládá vybudování striktně oddílné kanalizace a biologické čistírny odpadních vod.

3 ZÁKLADNÍ VSTUPNÍ ÚDAJE

Odpadní vody budou do čistírny přiváděny oddílným kanalizačním systémem. Výhledová kapacita ČOV je, dle potřeb rozvoje obce, uvažována na úrovni 1 100 obyvatel. Návrhové parametry pro realizaci ČOV jsou shrnuty v Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1: Návrhové hydraulické zatěžovací parametry ČOV Radouň.

Průtok		$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Q_{24}		132,0	5,5	1,5
k_d	1,5			
Q_d		198,0	8,3	2,3
k_h	2,2			
Q_h		-	18,2	5,0
$Q_{\text{čerpané}}$		-	21,6	6,0

Tab. 2: Návrhové látkové zatěžovací parametry ČOV Radouň.

Ukazatel		$\text{g} \cdot (\text{EO} \cdot \text{d})^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Počet obyvatel	1 100			
BSK_5		60,0	66,0	500,0
CHSK_{Cr}		120,0	132,0	1000,0
NL		55,0	60,5	458,3
N- NH_4		67 % N-celk	8,0	83,3
N-celk		15,0	16,5	125,0
P-celk		2,0	2,2	16,7

Hodnoty z Tab. 1 a Tab. 2 jsou podkladem pro návrh technologických zařízení ČOV Radouň. Na ČOV se nepočítá s dovozem jakýchkoliv odpadních vod feka vozem.

4 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU

S ohledem na požadavky NV 401/2015 Sb. v platném znění a při akceptování navržené níže prezentované technologie biologického čištění jako „nejlepší dostupné technologie“ pro danou velikost zdroje znečištění je navrženo složení finálního odtoku pro formulování budoucího povolení k nakládání s odpadními vodami uvedené v Tab. 3.

Tab. 3: Návrhové hodnoty ukazatelů znečištění v odtoku z ČOV Radouň.

Ukazatel	hodnota "p"	hodnota "m"	roční průměr
----------	-------------	-------------	--------------

CHSK	75,0	140,0	-
BSK ₅	22,0	30,0	-
NL	25,0	30,0	-
N-NH ₄	-	20	12

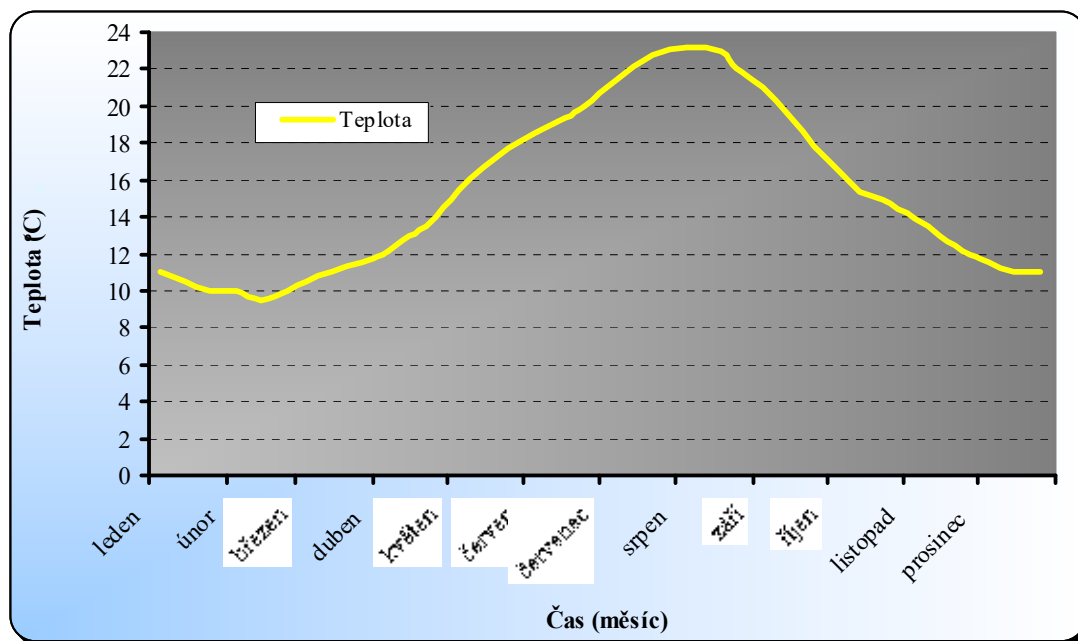
hodnota „p” v povolené míře překročitelná hodnota stanovená v typu vzorku A nebo B nebo C podle poznámky 3) k tabulce 1 přílohy 4 v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu.

hodnota „m” nepřekročitelné koncentrace ukazatelů znečištění stanovené ve dvouhodinovém směsném vzorku získaném sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.

5 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

5.1 Teplota odpadních vod

Jedním ze stěžejních parametrů při dimenzování biologických systémů vzhledem k NV č. 401/2015 Sb. a při výpočtech chování aktivačního procesu, je teplota odpadní vody v průběhu roku. Na základě dat provozního sledování teplot v aktivačním procesu u obdobné velikostní kategorie a geografického umístění ČOV byl odvozen roční teplotní profil prezentovaný na Obr. 1.



Obr. 1: Výpočtový roční teplotní profil odpadní vody na ČOV Radouň.

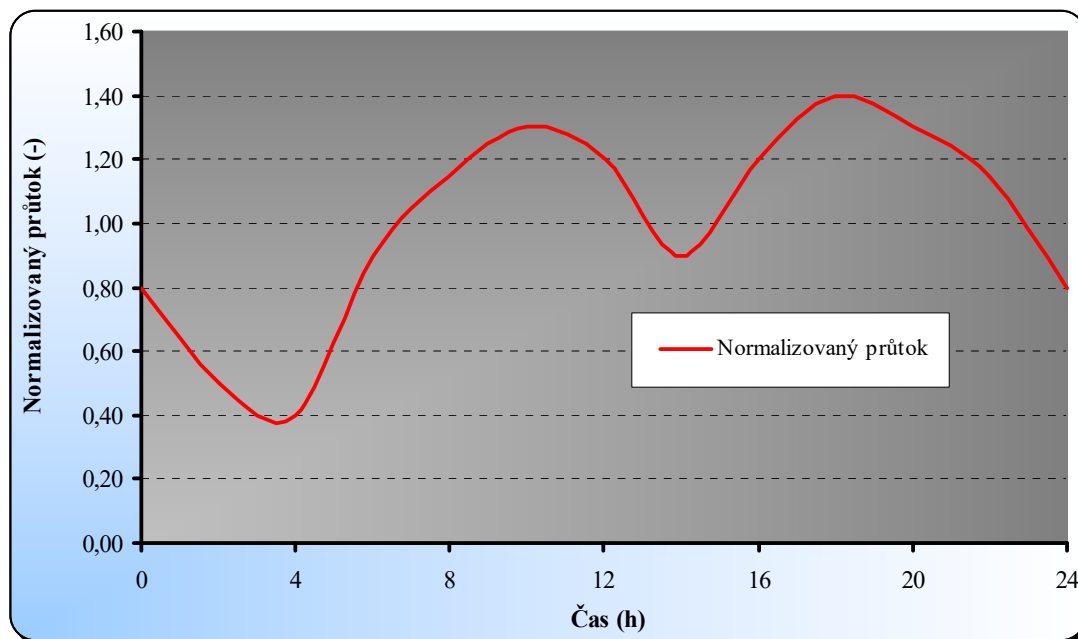
Nejnižší teploty se v aktivačním procesu budou dlouhodobě (řádově týdny v roce) pohybovat na úrovni cca 10 °C, nejvyšší teploty lze očekávat na úrovni cca 23 °C. Z Obr. 1 je patrné, že výpočty chování biologického stupně ČOV Radouň musí být provedeny pro minimální výpočtovou teplotu 10 °C. Limitní požadavky na složení odtoku jsou obvykle formulovány a vyžadovány pro teplotu nad 12 °C. V této souvislosti je si však třeba uvědomit, že nebude-li biologický systém dimenzován pro minimální dosahované teploty, může dojít ke kolapsu

procesu nitrifikace a její zpětný náběh je pak otázkou týdnů až měsíců. ČOV se pak po vzrůstu teplot směsi nad danou hodnotu teploty nachází v oblasti, kdy nesplňuje požadavky na složení odtoku.

Maximální teploty se budou na ČOV Radouň pohybovat na úrovni cca 23 °C. Třebaže je za standardní teplotu při návrhu a dimenzování aeračních zařízení ČOV uvažována úroveň 20 °C, bude v daném případě respektována teplota vyšší.

5.2 Denní hydraulický profil nerovnoměrnosti zatížení ČOV

Z důvodu výpočtu dynamického chování systému během dne s ohledem na kvalitu odtoku a návrh oxygenační kapacity byl vytvořen hypotetický profil normalizovaného hydraulického zatížení ČOV Radouň. Tento profil vychází z dat naměřených v aglomeracích obdobné velikostní kategorie a typu kanalizačního systému. Hydraulický profil denního zatížení pro výpočty je znázorněn na Obr. 2. Tento profil se při výpočtech maximálního zatížení obvykle aplikuje na průtok Q_d .



Obr. 2: Hydraulický profil denní nerovnoměrnosti průtoku.

6 KONCEPCE REALIZACE BIOLOGICKÉHO STUPNĚ ČOV

Koncepce čištění odpadních vod zahrnuje realizaci objektu mechanického předčištění následovaného biologickým stupněm ČOV. Navrhovaná technologie respektuje specifika lokality, mezi které lze zařadit proměnlivé zatížení ČOV během dne s minimem v nočních hodinách, nutnost značné flexibility provozu s možností přechodu na úsporný režim a v neposlední řadě rovněž požadavek plně automatického provozu s občasnou kontrolou funkce.

Technologie čistírny odpadních vod je navrhována s ohledem na požadavky nař. vlády ČR 401/2015 Sb. Současně je plně zohledněn trend v technologii čištění ve světě i u nás. Voleno

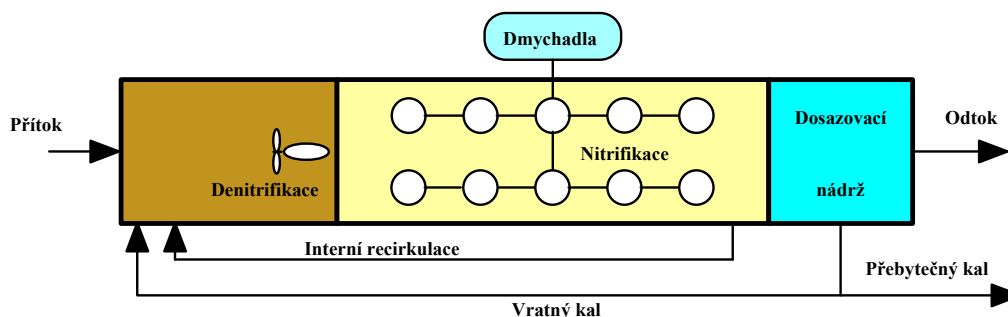
je takové technické řešení, které ve všech technologických uzlech respektuje potřebu na minimalizaci spotřeby elektrické energie a snížení provozní náročnosti.

Priváděné odpadní vody budou nejprve zbavovány hrubých nečistot na velmi jemných automaticky česlích a v lapáku písku. Po hrubém předčištění budou odpadní vody přiváděny do biologického stupně ČOV.

Biologický stupeň ČOV je navrhován na principu nízkozatěžované aktivace s biologickým odstraňováním dusíku. Systém je dimenzován pro zabezpečení procesu nitrifikace i při relativně nízkých teplotách. Uspořádání biologické části bude pro aktivační proces řešeno ve dvoulinkovém uspořádání s možností provozu jedné aktivační nádrže a dvojice dosazovacích nádrží.

Přebytečný aktivovaný kal bude přepouštěn do provzdušňovaného kalového sila. Koncepte zpracování vyprodukovaného kalu je založena na jeho gravitačním zahuštění a aerobní stabilizaci. Aerobně stabilizovaný kal bude v tekutém stavu odvážen k další likvidaci. Kalová voda ze zahuštění kalu bude zaústěna zpět do biologického procesu.

Biologický stupeň ČOV bude realizován ve formě nízko zatíženého aktivačního systému s biologickou nitrifikací a denitrifikací. Aktivační nádrže budou koncipovány na bázi tzv. D-N systému (viz Obr. 3), tedy aktivačního procesu s denitrifikačním stupněm následovaným nitrifikačním stupněm. Aktivační proces bude realizován ve dvoulinkovém uspořádání. Separace aktivovaného kalu od vyčištěné vody je navržena ve dvojici horizontálně protékajících dosazovacích nádržích.



Obr. 3: Schematické znázornění aktivačního D-N systému.

7 SKLADBA ČISTÍRNY A TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

Odpadní vody budou striktně oddílným kanalizačním systémem přiváděny do objektu ČOV, kde bude jako první umístěn stupeň hrubého předčištění. Stupeň hrubého předčištění bude zahrnovat velmi jemné automaticky čištěné česle a vertikální lapák písku.

Po průchodu stupněm hrubého předčištění budou odpadní vody přiváděny do rozdělovacího objektu před biologického stupněm ČOV. Objekt umožní rovnoměrné rozdělení nátohu odpadních vod na dvojici paralelně protékajících linek aktivačního D-N procesu a případné odstavení jedné z linek z provozu. Do rozdělovacího objektu bude zároveň zaústěn výtlač vratného kalu z dosazovací nádrže. Odpadní voda bude spolu s vratným kalem u každé linky přiváděna do předřazené denitrifikační sekce. Každá denitrifikační sekce bude mechanicky

homogenizována ponorným míchadlem. Vlivem přítomnosti oxidovaných forem dusíku přiváděných do této sekce spolu s proudem vratného kalu a přítokem, na organický substrát bohaté, surové odpadní vody bude docházet ke kultivaci aktivovaného kalu za *anoxických podmínek* (bez přítomnosti rozpuštěného kyslíku a za přítomnosti oxidovaných forem dusíku). Za těchto podmínek bude docházet působením mikroorganismů aktivovaného kalu k biologické denitrifikaci, kdy jsou oxidované formy dusíku redukovány na molekulární dusík při současné spotřebě organického znečištění.

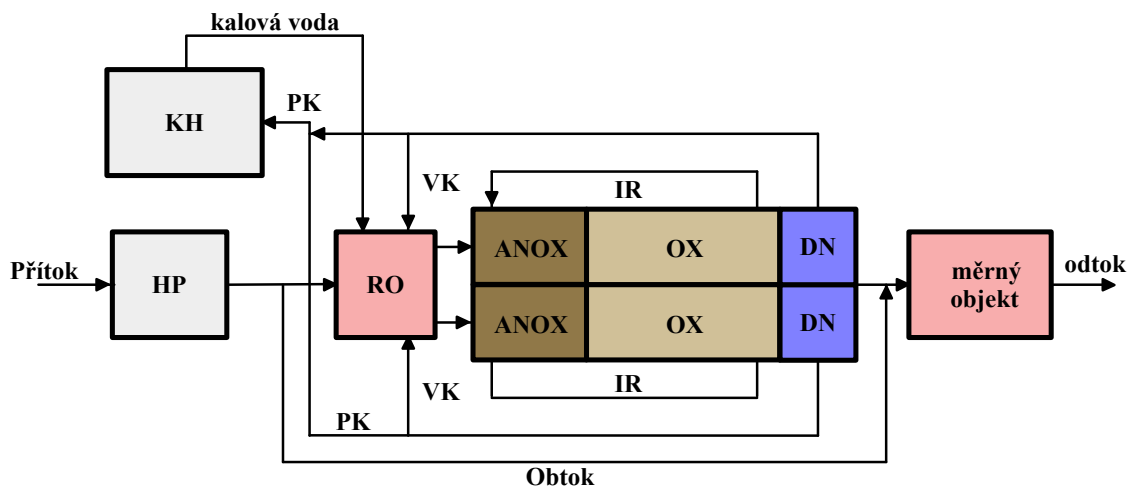
Po průchodu denitrifikační sekci každé linky bude směs odpadní vody a aktivovaného kalu přiváděna do nitrifikační sekce s aerobními kultivačními podmínkami, tedy za přítomnosti rozpuštěného kyslíku. Každá nitrifikační sekce bude vybavena jemnobublinnými aeračními elementy zajišťujícími jak distribuci kyslíku, tak homogenizaci objemu nádrže. Za aerobních podmínek bude docházet v nitrifikační sekci k oxidaci amoniakálního dusíku přítomného v surové odpadní vodě a zároveň k odstranění zbylého rozložitelného organického znečištění. Každá nitrifikační sekce aktivačního procesu bude osazena sondou pro měření aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku.

Biologický stupeň bude zásoben vzduchem z objektu dmychárny. Optimální množství dodávaného vzduchu bude řízeno na základě měřené aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku separátně v každé z obou nitrifikačních sekci aktivačního procesu.

Z nitrifikační sekce každé linky bude natékat směs odpadní vody a aktivovaného kalu do separačního stupně, ve kterém bude docházet k oddělení aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody. Realizována bude dvojice čtvercových, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží. **Propojení aktivačních a dosazovacích nádrží umožní provoz jedné aktivační nádrže a obou dosazovacích nádrží!!!** Vyčištěná odpadní voda bude odváděna z hladiny dosazovacích nádrží do odtoku, zatímco odseparovaný aktivovaný kal bude recirkulován zpět jako vratný kal do rozdělovacího objektu před denitrifikační sekce aktivačního procesu. Z potrubí vratného kalu bude možno periodicky odvádět přebytečný aktivovaný kal do kalového sila. Dosazovací nádrže budou vybaveny zařízením pro odtah plovoucích nečistot. Potrubí plovoucích nečistot bude zaústěno do rozdělovacího objektu před linky aktivačního procesu.

Vyčištěná odpadní voda bude z dosazovacích nádrží odváděna přes měrný objekt do recipientu. Měrný objekt umožní registraci a archivaci proteklého množství odpadních vod.

Z potrubí vratného kalu bude periodicky odpouštěn přebytečný aktivovaný kal ke gravitačnímu zahuštění a uskladnění do kalového sila. Kalové silo bude vybaveno středobublinným aeračním systémem a čerpadlem na spouštěcím zařízení pro odtah kalové vody. Uskladněný bude kal v tekutém stavu odvážen k další likvidaci. Na Obr. 4 je schematicky znázorněna technologická linka ČOV Radouň.



Obr. 4: Schematické znázornění technologické linky ČOV Radouň.

Legenda: HP – hrubé předčištění, VO – vypínací objekt, RO – rozdělovací objekt, ANOX - denitrifikační sekce aktivace, N – nitrifikační sekce aktivace, DN – dosazovací nádrž, MO – měrný objekt, KH – kalové hospodářství, VK – vratný kal, IR – interní recirkulace, PK – přebytečný kal.

7.1 Hrubé předčištění

V objektu ČOV budou odpadní vody natékat na velmi jemné, automaticky čištěné česle s šíří průlin 3 mm a vertikální lapák písku o průměru 0,6 m. Zachycené shrabky budou vynášeny do kontejneru nebo popelnice. Pro uvažované zatížení ČOV Radouň odpovídající 1 100 EO lze očekávat následující produkci shrabků a písku.

Záchyt shrabků

celkový záchyt shrabků	5,5 t.rok ⁻¹
specifická objemová hmotnost	800 kg.m ⁻³
objem shrabků	19 l.d ⁻¹

Velmi jemné česle budou doplněny obtokem s instalovanými jemnými ručně stíranými česlemi s šíří průlin 10 mm.

I přesto, že je kanalizační systém navrhovaný jako striktně oddílný, je do technologické linky zařazen objekt lapáku písku. Realizován bude jeden vertikální lapák písku o průměru 0,6 m. Lapák písku bude doplněn kompletním strojně-technologickým zařízením pro těžení zachyceného písku. Lapák písku bude mít tyto základní parametry:

Vertikální lapák písku

průměr lapáku	1 ks
maximální přípustný průtok lapákem	0,6 m
	12 l.s ⁻¹

Při respektování velikosti zdroje znečištění a typu kanalizačního systému lze očekávat následující maximální produkci písku.

Produkce písku

produkce písku	8,0 m ³ .rok ⁻¹
záchyt písku	22 l.d ⁻¹

8 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU

Chování a funkce biologického stupně ČOV jsou ověřovány metodou matematické simulace aktivačního procesu, která 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.

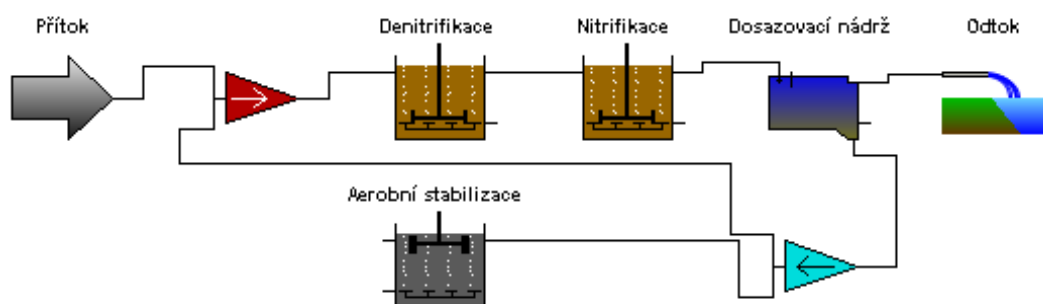
8.1 Postup výpočtu

Chování a funkce biologického stupně ČOV Radouň je ověřována metodou matematické simulace aktivačního procesu, jež slouží jednak k ověření kapacity realizovaného či navrhovaného systému a jednak 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.

8.2 Použitý software

Základní podmínkou jakýchkoliv technologických výpočtů týkajících se biologického systému ČOV Radouň je přesný popis hydraulické soustavy. Za účelem provedení exaktních propočetů stávajícího a 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. 5.

ČOV Radouň – schéma biologického stupně



Obr. 5: Technologické schéma ČOV Radouň SW GPS-X.

Použitý software umožňuje exaktní simulaci technologické linky ČOV Radouň, 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.

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)¹. Stanovovány jsou rozpuštěné a partikulované frakce jednotlivých forem znečištění, přičemž jsou zohledňována specifika lokality.

8.3 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-NH₄. 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 dosazovací nádrže. 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 4,0 kg·m⁻³. Limitní koncentrace kalu 4,0 kg·m⁻³ je výpočtově uvažována pro teplotu 10 °C. Předpokládá se, že teploty na úrovni 10,0 °C může být dosahováno i dlouhodobě (týdny).

8.4 Výpočet D-N procesu v ustáleném stavu

¹ 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.

Odpadní vody zbavené hrubých nečistot budou přivedeny do aktivačního procesu. Aktivační proces bude řešen na bázi tzv. D-N systému, tedy systému s předřazenou denitrifikační a následnou nitrifikační sekci. Aktivační proces bude řešen v jednolinkovém uspořádání.

Odpadní vody budou spolu s vratným kalem natékat do mechanicky homogenizované denitrifikační sekce. Z denitrifikačního stupně aktivačního procesu bude aktivační směs natékat do nitrifikační sekce. Nitrifikační sekce aktivačního procesu bude vybavena jemnobublinnými aeračními elementy, zajišťujícími jak distribuci kyslíku, tak homogenizaci objemu nádrže. Nitrifikační sekce aktivačního procesu bude osazena sondou pro měření aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku. Z konce nitrifikační sekce bude do sekce denitrifikace vedena interní recirkulace aktivační směsi.

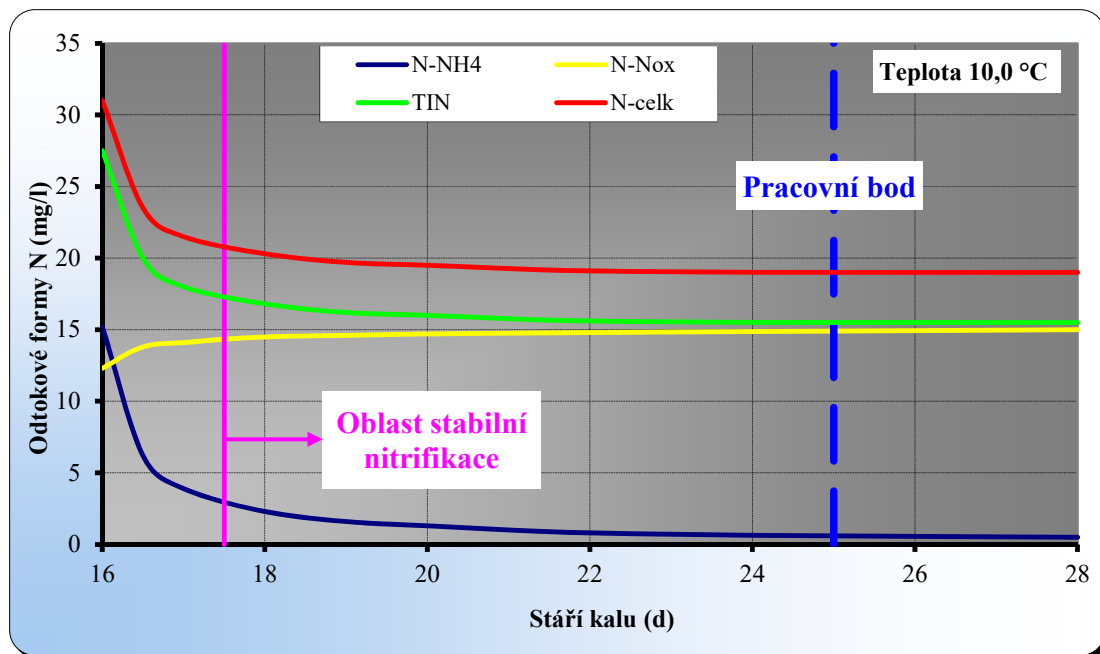
Aktivační linka je pro účely výpočtu rozdělena na dvě sekce, z nichž sekce 1 je uvažována jako anoxická a sekce 2 jako oxická. Nátok odpadní vody je společně s vratným kalem zaveden do sekce 1. Odtok do separačního stupně je realizován ze sekce 2.

Výpočty jsou provedeny pro uspořádání aktivace dle Obr. 3. Výpočty jsou provedeny pro limitní nátokovou koncentraci $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ sušiny kalu na dosazovací nádrže (viz kapitola 9). Maximální výpočtová sušina kalu je uvažována pro minimální návrhovou teplotu aktivační směsi na úrovni 10°C (viz odstavec 5.1). Všechny výpočty optimalizace konfigurace systému jsou provedeny pro ustálený stav.

8.4.1 *Stabilita nitrifikace*

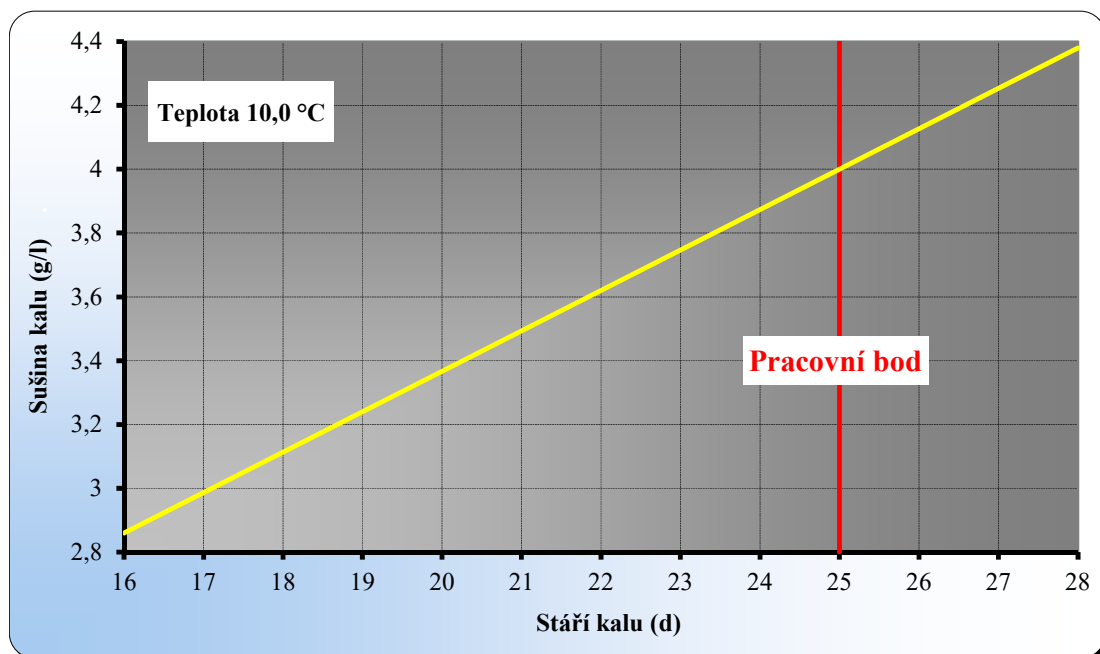
Při návrhu či verifikaci navrženého aktivačního systému je vždy potřeba určit kritické stáří kalu pro minimální výpočtovou teplotu (10°C , viz Obr. 1). Obr. 6 znázorňuje závislost dusíkatých forem znečištění v odtoku ze systému na stáří kalu. Na Obr. 7 je znázorněna vypočtená koncentrace kalu v závislosti na použité hodnotě stáří kalu.

Z Obr. 6 je zřejmé, že systém vykazuje při minimální teplotě 10°C stabilitu procesu nitrifikace při stáří kalu cca 20,5 dne. Při této hodnotě stáří kalu je v aktivačním procesu dosaženo koncentrace sušiny na úrovni $3,75 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, přičemž se odtoková koncentrace amoniakálního dusíku pohybuje okolo $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.



Obr. 6: Výpočet nitrifikační kapacity biologického D-N systému ČOV Radouň.

Z Obr. 7 je dále zřejmé, že navržené provozní hodnoty koncentrace aktivovaného kalu $4,0 \text{ g.l}^{-1}$ je v aktivačním systému dosaženo při stáří kalu cca 22,4 dne. Při této hodnotě stáří kalu se odtokové koncentrace N-NH_4 pohybují na úrovni $1,6 \text{ mg.l}^{-1}$, což lze považovat za uspokojivý výsledek. V reálném dynamickém stavu bude dosaženo odtokových koncentrací N-NH_4 a N-celk mírně vyšších.



Obr. 7: Výpočet závislosti koncentrace sušiny kalu na stáří kalu pro ČOV Radouň.

8.4.2 Technologické parametry aktivačního procesu

Základní technologické parametry aktivačního systému ČOV Radouň jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 4, základní technické parametry v Tab. 5. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace. Výpočet nedynamického stavu je proveden s konstantním hydraulickým a látkovým zatížením ČOV během dne.

Tab. 4: Základní technologické parametry aktivačního D-N procesu ČOV Radouň.

Parametr	jednotka	hodnota
Zatížení ČOV a aktivace BSK ₅	EO	1 100
Zatížení ČOV a aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	66,0
Zatížení ČOV a aktivace CHSK	EO	1 100
Zatížení ČOV a aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	132,0
Hydraulické zatížení	m ³ .d ⁻¹	132
Počet linek aktivačního procesu	ks	2
Celkový objem aktivačních nádrží	m ³	338,0
z toho objem denitrifikačních sekcí	m ³	105,2
Z toho objem nitrifikačních sekcí	m ³	232,8
Hloubka vody v nitrifikaci	m	5,5
Koncentrace biomasy při T _{min} = 10°C	kg.m ⁻³	4,0
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	393
Průtok vratného kalu	l.s ⁻¹	2 × 3,0
Recirkulační poměr interní recirkulace aktivační směsi	% Q ₂₄	393
Průtok interní recirkulace aktivační směsi	l.s ⁻¹	2 × 3,0
Hydraulická doba zdržení	h	61,5
Stáří kalu	d	25,0
Zásoba kalu v systému	kg	1 352
Produkce kalu	kg.d ⁻¹	54,1
Objemové zatížení BSK ₅	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,195
Zatížení kalu BSK ₅	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,049
Typ systému	zatížení	nízké

Tab. 5: Objemové rozložení a technické parametry reaktorů aktivačního D-N procesu ČOV Radouň.

Parametr	jednotka	hodnota
denitrifikace	ks	2
šířka	m	2,9
délka	m	3,3
hloubka	m	5,5
celkový objem	m ³	105,2
nitrifikace	ks	2
šířka	m	2,9
délka	m	7,3
hloubka	m	5,5
celkový objem	m ³	232,8

8.5 Výpočet 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 . Potřeba kyslíku a vzduchu byla počítána prostřednictvím matematického modelu z hodnot OUR pro maximální návrhovou teplotu 23 °C. Pro výpočet OCst a množství vzduchu byly uvažovány následující hodnoty:

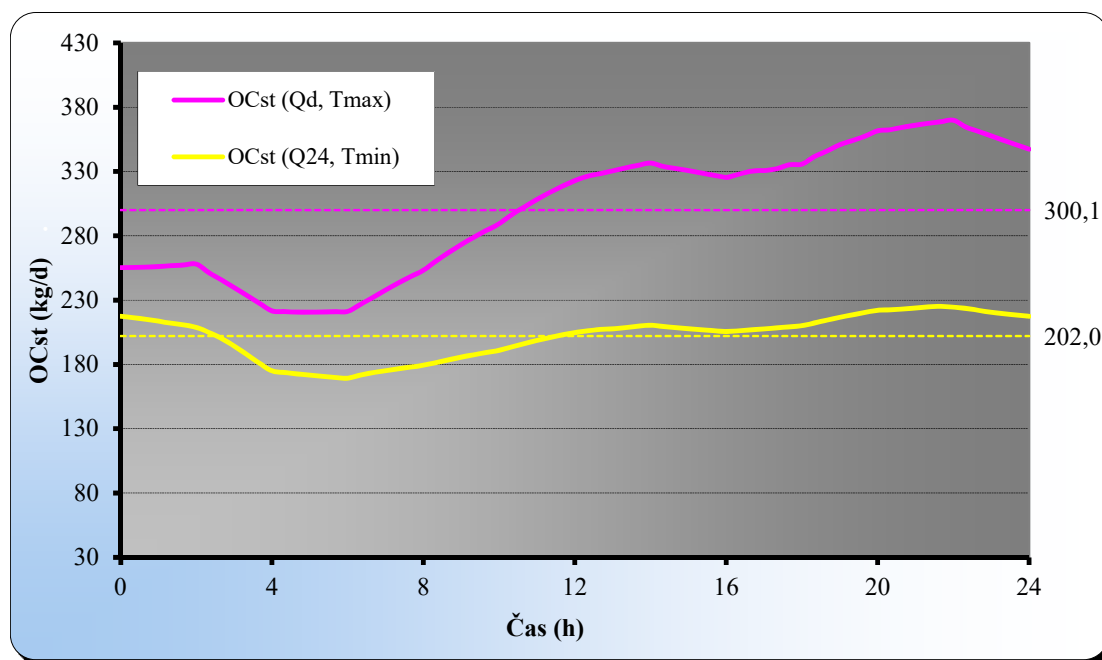
koeficient denní nerovnoměrnosti k_d	1,5
teplota	10 °C, 23 °C
hloubka ponoru aeračních elementů	5,2 m
koeficient alfa	0,7
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %.m ⁻¹
nadmořská výška	198 m n. m.

Za účelem určení orientační hodnoty čisté potřeby kyslíku v ustáleném stavu byly vypočteny hodnoty OCp, OCst a Q_{vzduchu} v aerovaných reaktorech aktivačního procesu. Situace je pro minimální teplotu 10 °C a hodnotu $k_d = 1,0$ (Q_{24}) a maximální výpočtovou teplotu 23 °C a hodnotu $k_d = 1,5$ uvedena v Tab. 6. Graficky je výpočet OCst znázorněn na Obr. 8 a potřeby vzduchu na Obr. 9.

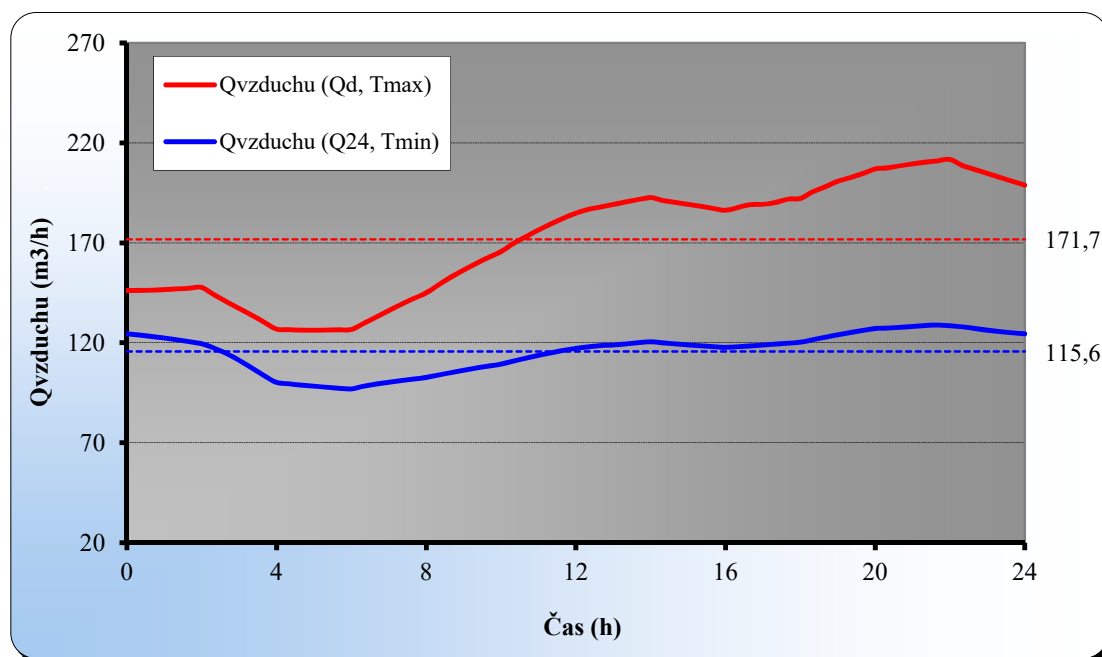
Tab. 6: Návrh potřeby vzduchu pro kapacitu ČOV Radouň na úrovni 1 100 obyvatel.

Ukazatel	$Q_{24}, T = 10\text{ °C}$	$Q_d, T = 23\text{ °C}$
OCp	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	112	154
maximum	124	190
minimum	94	113
OCst	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	202	300
maximum	225	370
minimum	169	221
Q_{vz}	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹
průměr	116	172
maximum	129	212
minimum	97	126
Iv	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹
průměr	0,497	0,738
maximum	0,554	0,909
minimum	0,416	0,542

Dimenzování aeračního zařízení je pro teplotu 23 °C a při zatížení 1 100 ekvivalentních obyvatel nutno provést na maximální hodnotu Q_{vzduchu} dle Tab. 6, tj. 212 m³.h⁻¹. Minimální množství vzduchu je při 10 °C kalkulováno v Tab. 6 na úrovni 97 m³.h⁻¹. Nezbytné je dodržet minimální intenzitu aerace na úrovni cca 0,40 m³.m⁻³.h⁻¹, zajišťující udržení aktivační směsi ve vzhledu.



Obr. 8: Průběh OC_{st} pro teplotu 10 °C a přítok Q_{24} a teplotu 23 °C a přítok Q_d .



Obr. 9: Průběh potřeby vzduchu pro teplotu 10 °C a přítok Q_{24} a teplotu 23 °C a přítok Q_d .

Dodávku vzduchu zajistí dmyhadla v sestavě 2 + 1 ks o maximálním výkonu jednoho dmyhadla cca $106 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ vzduchu. Provoz dmyhadel bude řízen frekvenčními měniči na základě měřené aktuální hodnoty koncentrace rozpuštěného kyslíku v nitrifikační sekci aktivační nádrže.

9 NÁVRH A VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ

Návrh a dimenzování separačního stupně jsou provedeny pro mechanicko-biologický systém bez primární sedimentace, kdy je dle ČSN 75 6401 doporučováno udržování koncentrace sušiny kalu v aktivačním procesu v rozmezí 3,0 – 5,0 kg.m⁻³. S ohledem na provozní zkušenosti je pro výpočty aktivačního procesu a separačního systému uvažováno s hodnotou sušiny kalu ve středu doporučovaného intervalu, tj. na úrovni 4,0 kg.m⁻³.

9.1 Výpočet dle ATV 131 (1991)

Pro zvolenou hodnotu sušiny kalu bylo provedeno dimenzování separačního stupně dle přepracované metodiky ATV z roku 1991 (Revised ATV (1991) procedure). Tento přístup rezultuje do relativně konzervativního, na druhou stranu bezpečného návrhu separačního stupně, zajišťujícího účinné odstranění aktivovaného kalu od vyčištěné vody i při dešťových průtocích.

Výpočty dle ATV používají hodnotu ředěného kalového indexu, jenž nekoresponduje s hodnotou kalového indexu obecně sledovaného na ČOV. Pro účely výpočtu byla zvolena mírně konzervativní hodnota ředěného kalového indexu na úrovni 125 ml.g⁻¹. Pro výpočty je uvažováno s následujícími hodnotami hlavních parametrů:

Q ₂₄ – výhledové hydraulické zatížení	m ³ .d ⁻¹	132
Q _{max} do aktivace	m ³ .h ⁻¹	21,6
Zvolený recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	393
	m ³ .d ⁻¹	518,4
Ředěný kalový index	ml.g ⁻¹	125
Sušina kalu v aktivačním procesu	kg.m ⁻³	4,0

V Tab. 7 jsou uvedeny základní požadované technické parametry separačního stupně ČOV Radouň.

Tab. 7: Základní technické parametry separačního stupně ČOV Radouň.

Parametr	symbol	jednotka	hodnota
průměrný denní přítok	Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	132
maximální přítok do aktivace	Q _{max} do aktivace	m ³ .h ⁻¹	21,6
recirkulační poměr	RAS	% Q ₂₄	393
výpočtový ředěný kalový index	ŘKI	ml.g ⁻¹	125
koncentrace biomasy v systému		kg.m ⁻³	4,0
potřebná plocha separačního stupně	Adn	m ²	24,5
potřebná hloubka dosazovací nádrže			
zóna čisté vody	h1	m	0,50
separační zóna	h2	m	1,76
akumulační zóna	h3	m	0,79
zahušťovací zóna	h4	m	1,87
celková hloubka dosazovací nádrže	h	m	4,4,93

K separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody bude sloužit dvojice atypických čtvercových, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží o délce strany 3,5 m a hloubce vody 5,5 m. Dosazovací nádrže budou vybaveny zařízením pro odtah plovoucích nečistot. Dosazovací nádrže budou mít tyto základní parametry:

<u>Dosazovací nádrž</u>	2 ks
délka strany	3,5 m
celková hloubka vody	5,5 m
plocha nádrží	24,5 m ²
usazovací objem nádrží	cca 61 m ³

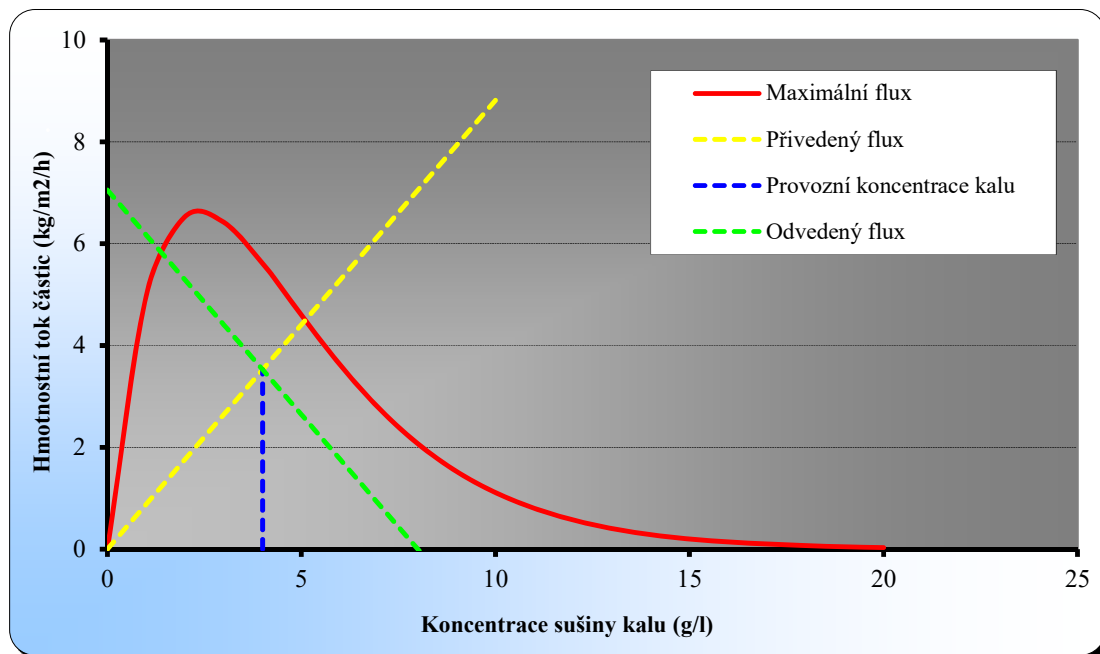
Potrubní propojení aktivačních a dosazovacích nádrží umožní provoz jedné aktivační nádrže a obou dosazovacích nádrží!!! Pro maximální hydraulické zatěžovací parametry není jedna dosazovací nádrž dostatečně kapacitní. Předpoklad, že provoz pouze jedné aktivační nádrže a jedné dosazovací nádrže zajistí pro danou velikostní kategorii plnohodnotný stav je klasickým technologickým omylem.

9.2 Výpočet dle hmotnostního toku částic

Pro zvolenou výpočtovou hodnotu koncentrace sušiny kalu v aktivačním procesu na úrovni 4,0 kg.m⁻³ byla ověřována kapacita navržené dvojice vertikálně protékaných dosazovacích nádrží při použití teorie hmotnostního toku částic – fluxu. Pro výpočty je uvažováno s následujícími hodnotami hlavních parametrů:

Q ₂₄ – výhledové hydraulické zatížení	m ³ .d ⁻¹	132
Q _{max}	m ³ .h ⁻¹	21,6
Zvolený recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	393
	l.s ⁻¹	2 × 3,0
Ředěný kalový index	ml.g ⁻¹	125
Sušina kalu v aktivačním procesu	kg.m ⁻³	4,0
Plocha separačního stupně	m ²	24,5

Graficky je výstup výpočtů znázorněn na Obr. 10. 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. Z grafického výstupu na Obr. 10 je zřejmé, že pro hydraulické zatěžovací parametry a zvolenou provozní koncentraci sušiny kalu v aktivačním procesu na úrovni 4,0 kg.m⁻³ je navržená dvojice horizontálně protékaných dosazovacích nádrží dostatečně kapacitní.



Obr. 10: Posouzení separačního stupně dle teorie hmotnostního toku částic.

9.3 Odvod a zpracování přebytečného kalu

Z každé dosazovací nádrže bude odváděn usazený aktivovaný kal a čerpadlem v sestavě 1 + 0 ks s jednotkovým výkonem $3,0 \text{ l.s}^{-1}$ recirkulován zpět do rozdělovacího objektu před denitrifikační sekce. Funkce čerpadel bude časově regulovatelná v závislosti na nastavení řídicího členu ČOV. Jedno čerpadlo stejného výkonu bude jako rezervní umístěno v provozní budově. Z potrubí vratného kalu bude přetržité odbočkou odváděn přebytečný aktivovaný kal do provzdušňovaného kalového sila. K dopravě přebytečného kalu bude používáno čerpadlo vratného kalu.

Kalové silo bude vybaveno středobublinným aeračním systémem a ponorným čerpadlem na spouštěcím zařízení. K automatické aeraci kalové nádrže bude využíváno záložní dmychadlo aktivačního procesu. Trubní propojení a osazení elektro armatur bude umožňovat využití jakéhokoliv dmychadla k aeraci kalové nádrže.

Po gravitačním zahuštění bude kalová voda čerpadlem umístěným na spouštěcím zařízení přečerpávána do rozdělovacího objektu před denitrifikačními sekcemi. K zahušťování uskladněného kalu bude docházet periodicky při odstavení dodávky vzduchu do sila.

Přebytečný aktivovaný kal odebíraný z dosazovacích nádrží bude obsahovat cca 0,7 % sušiny. Koncepce zpracování přebytečného aktivovaného kalu bude založena na jeho gravitačním zahuštění a aerobní stabilizaci. Po gravitačním zahuštění bude kal obsahovat cca 2,0 % sušiny.

K automatické aeraci kalové nádrže bude využíváno záložní dmychadlo aktivačního procesu. Trubní propojení a osazení elektro armatur bude umožňovat využití jakéhokoliv dmychadla k aeraci kalové nádrže.

Zahuštěný a aerobně stabilizovaný kal bude odvážen v tekutém stavu k další řízené likvidaci. V Tab. 8 jsou uvedeny hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství ČOV Radouň.

Tab. 8: Hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství ČOV Radouň.

Parametr	jednotka	hodnota
kalové silo	ks	1
objem nádrže	m ³	100
hmotnostní produkce kalu	kg.d ⁻¹	54
objemová produkce kalu	m ³ .d ⁻¹	7,7
koncentrace kalu po zahuštění	kg.m ⁻³	20
objem kalu po zahuštění	m ³ .d ⁻¹	2,7
doba zdržení v kalovém silu	d	37

9.4 Měrný objekt

Na odtoku vyčištěných odpadních vod bude umístěn měrný objekt, který zajistí registraci a archivaci proteklého množství odpadních vod.