

Technologický návrh řešení optimalizace biologického předčištění odpadních vod z areálu Veterinární univerzity (VETUNI) Brno

Obsah.....	
Úvod	2
Popis současného stavu řešení biologické linky	2
Mechanický stupeň	3
Biologický stupeň.....	3
Kalové hospodářství	5
Základní parametry stávajícího zařízení a nádrží.....	5
Předpokládaný princip funkce a současné požadavky na kvalitu předčištěné OV	6
Požadavky v projektu, kanalizačním řádu a platném „Vodoprávní rozhodnutí“	6
Předpokládané látkové zatížení ČOV	6
Předpokládané hydraulické zatížení ČOV	7
Objektivně určená kapacita současné ČOV z pohledu ČSN 756401.....	7
Navrhovaná koncepce optimalizace biologického stupně předčištění OV.....	8
Mechanické předčištění a úpravy na přítoku OV.....	8
Vstupní čerpací a vyrovnávací stanice	8
Biologický stupeň ČOV	9
Dosazovací nádrž	9
Nakládání s přebytečným kalem	10
Požadavky na ASŘ.....	10
Technické parametry optimalizované ČOV.....	10

Úvod

Veterinární univerzita Brno (dále VETUNI), je institucí poskytující vysokoškolské vzdělání v oblasti veterinárního lékařství, veterinární hygieny, ekologie, ochrany zvířat a bezpečnosti a kvality potravin. Je i významným výzkumným centrem a její klinická pracoviště poskytují veterinární péči podle druhu zvířat 24 hodin denně, zahrnující ambulantní, hospitalizační i péči na jednotce intenzivní péče. VETUNI disponuje pracovištěm nakládajícím s vysoce rizikovými biologickými agens a toxiny a pracovišti s oprávněním nakládat s nebezpečnými chemickými látkami.

Vzhledem k charakteru činnosti VETUNI existuje potenciální riziko související s produkcí odpadních vod, které mimo běžných splaškových, mohou obsahovat i vody infekční s přítomností patogenních organismů a zbytky léčiv (včetně jejich metabolitů) a jiných přípravků používaných ve zdravotnických zařízeních. Léčiva a další látky (označované souhrnně, jako mikropolutanty) se v dnešní době dostávají do popředí zájmu, protože nejsou zcela známy jejich účinky na okolní prostředí. Infekční odpadní vody si žádají speciální postupy předčištění i před jejich vypuštěním do městské splaškové kanalizace a je tedy nutné provést jejich řádné hygienické zabezpečení.

Historicky je na VETUNI výše naznačený problém s předčištěním odpadních vod (dále jen OV), řešen modifikovanou technologií klasického D – N systému v uspořádání biologické linky (asi před dvanácti lety) obdobně, jako u běžné splaškové OV se zvýšeným důrazem na hygienické zabezpečení. Přesto, že byla původní ČOV za svoji existenci již intenzifikována, je nezbytné opět její technologickou linku optimalizovat, jak z hlediska korekce zastaralé technologické koncepce, tak z hlediska obnovy klíčových technologických zařízení, která již nemusí splňovat požadovaná kritéria efektivity a účinnosti provozu se zohledněním současného stavu na přítoku OV z napojeného areálu.

Popis současného stavu řešení biologické linky

ČOV pro VETUNI Brno byla vybudována pro řešení biologického předčištění odpadních vod, produkovaných z pracovišť univerzity a kliniky prasat. Biologicky předčištěná odpadní voda z areálu je v konečné fázi, po desinfekci chlórem vypouštěna do městské kanalizace města Brna. Kvalita vyčištěné odpadní vody je dána kanalizačním řádem města.

Současná koncepce předčištění produkovaných OV je tedy dána realizací posledních technologických úprav na biologické lince ČOV, realizovaných v roce 2012. Zmíněná rekonstrukce se zabývala částmi mechanického a biologického stupně technologické linky, které byly v nevyhovujícím technickém stavu a současně i dalším posílením původní ČOV. V rámci rekonstrukce byly ruční česle nahrazeny strojními samočisticími česlemi. Dále byla nově vystrojena strojně-technologickou vestavbou a úpravou odtoku primární usazovací nádrž. V rekonstruované usazovací nádrži bylo instalováno nové čerpadlo pro čerpání směsného septického kalu na kalové hospodářství – pasterizaci kalu, včetně nových potrubních rozvodů. Ve stávající aktivační nádrži bylo doplněno ponorné míchadlo.

Z původní armaturní jímky byla vybudována další aktivační nádrž, která je vystrojena také jemnobublinným aeračním systémem a míchadlem. Tato aktivační nádrž je podle konfigurace

potrubního propojení provozovatelná, jako denitrifikační nádrž nebo jako paralelní směšovací aktivace. Z tohoto důvodu byla vystrojena celá linka také čerpadlem interní recirkulace. Pro větší variabilitu systému byla nová aktivační nádrž vystrojena také odtokem do dosazovací nádrže, který umožní provoz systému ve dvou paralelních linkách, jako prostá směšovací aktivace. Obě aktivační nádrže jsou vzájemně propojeny. Jako zdroj vzduchu pro druhou aktivaci jsou instalována dvě další dmychadla. Dále byla nově vystrojena strojně-technologickou vestavbou dosazovací nádrž. V potrubních rozvodech vratného kalu bylo také doplněno potrubí do nové AN. Současná technologická koncepce ČOV tedy vychází z následující konfigurace technologické linky:

Mechanický stupeň

Odpadní voda je po smíchání přívodů z hlavních částí areálu přiváděna na mechanické předčištění přívodním žlabem šířky 300 mm, ve kterém jsou osazeny strojně stírané rotační česle s velikostí průlin 3 mm. Na obtoku strojních česlí jsou osazeny ručně stírané česle s velikostí průlin 10 mm. Shrabky jsou z česlí shromažďovány do plastového pytle a popelnice. Mechanicky předčištěná voda na česlích natéká do pravoúhlé primární usazovací nádrže, klasického typu o hraně 4200 mm. Nádrž je vybavena nerezovým sběrným žlabem, kterým odtéká mechanicky předčištěná odpadní voda gravitačně na biologický stupeň do aktivačních nádrží, provozovaných buďto v sériovém zapojení nebo po rozdělení OV, předčištěné na mechanickém stupni v paralelním zapojení.

Do primární sedimentační nádrže je také z dosazovací nádrže přiváděn přebytečný kal, který je zde smícháván s primárním kalem a gravitačně zahušťován. Vzniklý směsný kal je cyklicky odčerpáván do kalového hospodářství. Pro odčerpávání zahuštěného, směsného kalu je instalováno ponorné kalové čerpadlo s vysokou průchodností.

Biologický stupeň

Odpadní vody z primární usazovací nádrže, jak bylo uvedeno, přitékají do biologického stupně, který je tvořen dvěma aktivačními nádržemi a společnou jednou dosazovací nádrží klasického pravoúhlého typu.

Obě aktivační nádrže jsou vybaveny zařízením pro aeraci jemnobublinnými aeračními elementy a mícháním ponornými míchadly. V aktivačních nádržích probíhá souběžně s eliminací organického znečištění také nitrifikační a denitrifikační proces. Chod aerace (nitrifikace) a chod míchadel (denitrifikace), je řízen na základě nastavených časových intervalů. Technologické potrubní propojení nádrží umožňuje variabilní provoz aktivačních nádrží:

- systém předřazené denitrifikace, sériové propojení, kdy první nádrž je denitrifikační a druhá nitrifikační
- paralelní zapojení nádrží a nitrifikační režim v obou nádržích
- provoz pouze jedné, libovolné z aktivačních nádrží při sníženém přiváděném znečištění

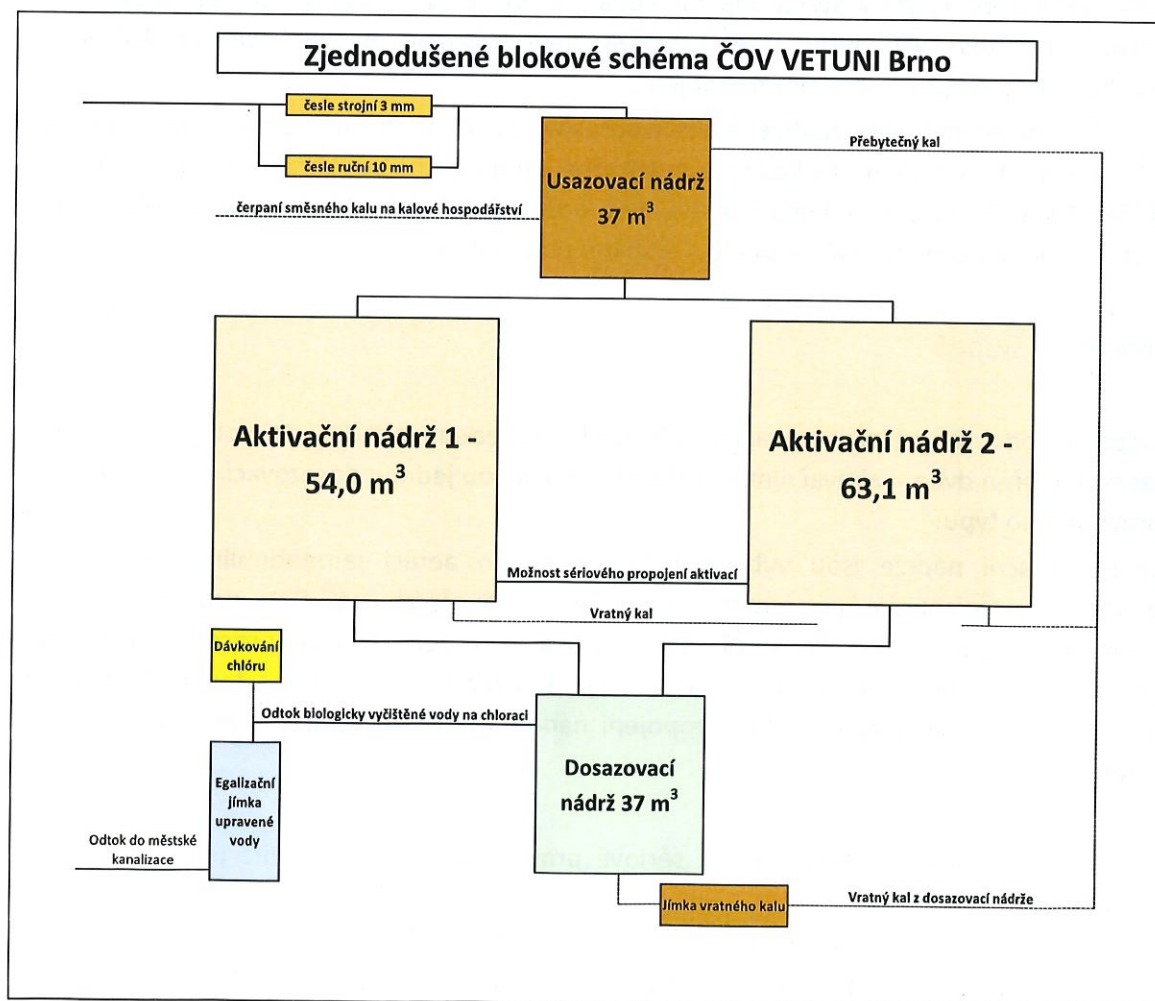
Zdrojem tlakového vzduchu pro aerační systémy jsou rotační dmychadla. Pro každou aktivační nádrž jsou instalována dvě dmychadla v zapojení 1+1 a každá z dvojic představuje na sobě nezávislý systém. Dmychadla jsou umístěna ve zdvojených protihlukových krytech z důvodu zajištění maximálního útlumu hluku.

Směs aktivovaného kalu odtéká z aktivačních nádrží do jedné, společné čtvercové dosazovací nádrže dortmundského typu. Po odsazení aktivovaného kalu odtéká vyčištěná OV gravitačně přes měrný objekt, který je tvořen měrným přelivem, ultrazvukovou sondou a záznamovou jednotkou ELA Brno. Množství proteklé vyčištěné OV je zaznamenáno, jako okamžité, hodinové, denní, měsíční. Vyčištěná voda je před odtokem do kanalizace dezinfikována chlorem.

Biologický kal je z dosazovací nádrže čerpán kalovým čerpadlem, a to buď jako vratný kal zpět do aktivačních nádrží nebo jako přebytečný kal do primární usazovací nádrže. Množství čerpaného kalu je dáno nastavením spínacích cyklů v řídicí jednotce.

Popsaný princip biologického předčištění je zřejmý z přiloženého zjednodušeného blokového schéma:

Zjednodušené blokové schéma současného propojení aparátů technologické linky ČOV



Kalové hospodářství

Koncepce nakládání s přebytečným kalem, navržená již při výstavbě původní ČOV zůstala beze změny i po provedené rekonstrukci z roku 2012. Zdroje OV z areálu VETUNI jsou příčinou toho, že je kalové hospodářství na této ČOV velice specifické. K akumulaci přebytečného biologického kalu dochází v primární usazovací nádrži, kde je smícháván s primárním kalem a gravitačně zahuštěn. Zpracování vzniklého směsného kalu, který je opět septický, je navrženo cyklicky odčerpáním do dvou autoklávů – sterilizačních jednotek, které umožňují hygienizaci vodní parou. Sterilizovaný kal může být dle možností následně řízeně vypouštěn do městské kanalizace.

Základní parametry stávajícího zařízení a nádrží

Česle jemné – průliny (mm)	3,0
Parametry primární sedimentační nádrže	
délka (m)	4,2
šířka (m)	4,2
plocha (m ²)	17,5
hloubka nádrže (m)	4,5
užitný objem (m ³)	37,5
Parametry nádrže AN 1	
délka (m)	3,6
šířka (m)	7,5
plocha dna (m ²)	29,1
hloubka vody (m)	2,1
hloubka nádrže (m)	2,5
užitný objem (m ³)	56,7
Dodávané množství vzduchu (m ³ /h)	139 – 327
Parametry nádrže AN 2	
délka (m)	5,65
šířka (m)	5,15
plocha dna (m ²)	29,1
hloubka vody (m)	2,1
hloubka nádrže (m)	2,5
užitný objem (m ³)	61,1
dodávané množství vzduchu (m ³ /h)	71 – 141
Parametry dosazovací nádrže	
délka (m)	4,2
šířka (m)	4,2
plocha dna (m ²)	17,5
hloubka nádrže (m)	4,5
užitný objem (m ³)	37,5
Parametry nádrží na odtoku z ČOV	

Egalizační nádrž po chloraci	
Jímka vratného kalu	
Jímka upraveného kalu	

Předpokládaný princip, funkce a současné požadavky na kvalitu předčištěné OV

Předpokládané procesy biologického předčištění, jak jsou deklarovány v provozním řádu současného řešení ČOV mají zajistit především splnění požadavků kanalizačního řádu města Brna a tím zajistit kvalitativní úroveň předčištěné OV na úrovni znečištění „běžných“ splaškových OV s tím, že nad rámec standardních parametrů těchto OV je požadováno hygienické zabezpečení všech médií vypouštěných do kanalizace z areálu VETUNI. Není tedy klíčovým kritériem a úkolem biologického stupně ČOV, účinné snižování hodnoty celkového dusíku a fosforu na odtoku. Ale hlavně snížení celkového množství patogenů v produkovaných médiích, odváděných do městské kanalizace.

Požadavky v projektu, kanalizačním řádu a platném „Vodoprávní rozhodnutí“

Ukazatel znečištění	Jednotka	Limitní hodnoty znečištění	
		prům.	max.
BSK ₅	mg.l ⁻¹	200	400
CHSK _{Cr}	mg.l ⁻¹	500	1000
NL	mg.l ⁻¹	200	400
RL	mg.l ⁻¹	1000	2000
N-NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	25	50
N _{celk}	mg.l ⁻¹	35	70
pH	-	6	8,5
Chlor	mg.l ⁻¹		< 2

Předpokládané látkové zatížení ČOV

Návrhové maximální zatížení ČOV je podle původního projektu beze změn a je uvedeno v následujících tabulkách:

Ukazatel	Bilanční	Koncentrační	Přepočet na EO ₆₀ *
	kg/d	mg/l	
BSK ₅	57,1	476	952
CHSK _{Cr}	76,8	640	640

NL	36,0	300	655
N _{celk.}	7,2	60	655
P _{celk.}	1,68	14	672

* Uvedené hodnoty jsou kromě BSK₅ pouze orientační

Předpokládané hydraulické zatížení ČOV

Parametr	Jednotka	Průměr	Maximum
Q _d	m ³ .d ⁻¹	120	
Q _v	m ³ .d ⁻¹	150	
Q _{max.}	l.s ⁻¹		4,4

Skutečné látkové zatížení ČOV dle rozborů z posledních let poskytnutých provozovatelem ukazuje následující tabulka:

Datum	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	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	1057	389	635	35,8	86,6	16,4
Minimum	264	86,5	84	8,11	40,5	5,81
Maximum	4750	1970	1920	174	313	72,5

Skutečná produkce OV přiváděných na ČOV je značně rozkolísaná a v průběhu týdne se pohybuje v intervalu 50 – 80 m³/d, přes víkend potom klesá na 30 – 40 m³/d. Celkový objem vod změnami hydraulického zatížení ze zdrojů v areálu VETUNI významně klesl. Hygienické zabezpečení odtoku předčištěných OV je řešeno chlorací plynným chlorem a egalizací.

Objektivně určená kapacita současné ČOV z pohledu ČSN 756401

Budeme-li hodnotit stávající ČOV podle objemů aktivačních nádrží a separační plochy dosazovací nádrže, tak docházíme k následujícím hodnotám látkové a hydraulické výpočtové kapacity:

Látková kapacita v EO₆₀

618 – 773

Hydraulická kapacita – průměr (m³/d)

90,0 (1,05 – 1,31 l/s)

Z uvedeného vyplývá, že úzkým profilem celého systému předčištění je hydraulická kapacita dosazovací nádrže. Tento problém však snížením produkce OV částečně pominul, a navíc je řešitelný v rámci stávajícího provedení ČOV předpokládanou automatickou, dobře řízenou regulací koncentrace kalu v aktivaci a optimalizací hydraulického zatížení biologického stupně ČOV vhodně řešenou vyrovnávací nádrží.

Navrhovaná koncepce optimalizace biologického stupně předčištění OV

Návrh technologické koncepce optimalizace provozu ČOV vychází z předpokladu, že dodané podklady o hydraulickém a látkovém zatížení ČOV jsou dlouhodobě bez významnějších změn a s rozšířením kapacity biologického stupně o další objekty se neuvažuje. Cílem optimalizace je tedy především úprava stávajícího procesu čištění s ohledem na zvýšení jeho efektivity, jak ekologické, tak ekonomické, založená na využití technických možností stávajících aparátů. Návrh změn v technologické koncepci sleduje následující cíle:

- Maximální dobu kontaktu OV s aktivovaným kalem (optimalizace látkových toků)
- Optimalizaci využití a hospodaření s přiváděnými nutrienty na ČOV
- Maximální využití hydraulické kapacity stávající dosazovací nádrže
- Maximální snížení produkce septických kalů (eliminace zdroje primárního kalu)
- Eliminace rizika zvýšené produkce THM vlivem stávající intenzivní chlorace
- Účinná řízená chemická desinfekce všech médií přiváděných z areálu VETUNI
- Snížení objemu produkovaných odpadů
- Optimalizace spotřeby elektrické energie spojené s provozem biologické linky

Pro zajištění uvedených cílů bude potřeba v některých případech provést zásadní změny ve funkci a způsobu využívání stávajících objektů v technologické lince ČOV a jejich propojení.

Mechanické předčištění a úpravy na přítoku OV

Zásadní změnou v technologickém řešení na přítoku smíchaných OV z areálu VETUNI je instalace dvouosého drtiče sunutých pevných částic, instalovaného do přítokového žlabu. Smyslem tohoto opatření je desintegrace – rozvolnění případných větších kousků organického materiálu přinášených kanalizací s krátkou dopravní vzdáleností.

OV za dvouosým drtičem dále natéká na jemné, strojně stírané česle s průlinami 3 mm s lisováním a propíráním shrabků. Mechanicky předčištěná OV z česlí gravitačně natéká do míchané vstupní čerpací a vyrovnávací stanice, realizované stavební a technickou úpravou původní primární sedimentační nádrže, kde je OV homogenizována s vratným kalem.

Vstupní čerpací a vyrovnávací stanice

Vstupní čerpací a vyrovnávací stanice je vybavena bezpečnostním přepadem do jedné z aktivačních nádrží (stávající odtok) a plní v sestavě technologické linky ČOV několik klíčových funkcí.

- Umožňuje lepší využití hydraulické kapacity separační plochy stávající dosazovací nádrže, která je nejužším profilem celé technologické linky ČOV

- Do čerpací a vyrovnávací jímky bude řízeně přiváděn vratný kal z dosazovací nádrže, který svým objemem a v součinnosti s vhodně dimenzovaným kalovým čerpadlem umožní rovnoměrné dávkování OV i v době malých nátoků OV
- Předpokládaný způsob řízení čerpání směsi OV a vratného kalu na biologický stupeň ČOV zajistí kromě maximálního vyrovnání přítoku OV také podmínky pro substrátovou selekci kalu (anoxický selektor) a zvýšenou účinnost biologické eliminace fosforu působením kontaktu kalu s OV v mírně anaerobním prostředí jímky

Kombinací výše uvedeného efektu působení mechanického stupně se výrazně zlepší podmínky pro funkci aktivačních nádrží a jejich řízení. Čerpací jímka bude vystrojena vertikálním míchadlem, zajišťujícím homogenizaci obsahu a trvalý kontakt aktivovaného kalu ve vznosu. Bezpečnostní přepad z čerpací a vyrovnávací jímky je stávajícím způsobem do aktivace.

Biologický stupeň ČOV

Biologický stupeň ČOV zůstává z hlediska funkce bez významnějších změn. Nezbytná bude výměna aeračního systému, ale zůstane zachována vzájemná nezávislost aerace obou aktivačních nádrží, jak je řešena v současném provedení. Předpokládá se výměna míchadel nebo alespoň úprava v systému řízení chodu míchadel v závislosti na chodu dmýchadel. Koncentrace kyslíku bude v obou nádržích nezávisle řízena kyslíkovými sondami s hodnotami nastavenými podle odtokových parametrů biologicky předčištěné OV. Implicitní nastavení provozu aktivačních nádrží je v sériovém propojení. První aktivační nádrž bude provozována, jako polyvalentní (optimalizovaná nižší hladina koncentrace rozpuštěného kyslíku umožní částečnou denitrifikaci) a v následující druhé aktivaci proběhne proces čištění za vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku a úplné nitrifikace. Současná variabilita propojení obou aktivací umožňuje jejich obtok v případě potřeby údržby nebo obnovy aeračního systému nebo míchadel. Naznačené řešení předpokládá, že v závislosti na aktuálním zatížení ČOV bude sledována maximální doba kontaktu OV s aktivovaným kalem, která je podle posledních objektivně doložených výzkumů stále nejjistější cestou ke snížení koncentrace biologicky rozložitelných mikropolutantů a množství patogenů v čištěné OV.

Dosazovací nádrž

Dosazovací nádrž bude vystrojena novým čerpadlem vratného kalu s frekvenčním měničem, které umožní časové řízení, frekvenčním měničem nastavitelného průtoku v intervalu 1,0 – 2,5 l/s. Vratný kal bude čerpán zpět potrubím s měřeným průtokem do vstupní čerpací stanice. Kromě nového čerpadla vratného kalu bude dosazovací nádrž vystrojena čerpadlem přebytečného kalu, který bude veden zvlášť k desinfekci na kalovou koncovku. Alternativně může být oddělen přebytečný kal pomocí armatur na lince vratného kalu. Odsazená biologicky předčištěná OV bude vedena přes stávající odtokovou trasu s vystrojením novou dávkovací jednotkou ClO₂ k měrnému objektu na egalizační nádrž a dále pak do městské kanalizace.

Nakládání s přebytečným kalem

Denní produkce biomasy – přebytečný kal bude řízeně, periodicky čerpána po zahuštění v dosazovací nádrži k účinné desinfekci pomocí chlordioxidu. Chlordioxid bude připravován na nové, společné jednotce pro desinfekci biologicky předčištěné OV a upravený desinfikovaný kal bude dále řízeně vypouštěn přes egalizační nádrž do městské kanalizace. Standardní podmínky provozu dosazovací nádrže biologického stupně jsou zárukou rovnoměrnosti dosahované koncentrace zahuštěného vratného a přebytečného kalu (asi 10 kg/m³), která je důležitá pro optimální nastavení dávkování kysličníku chloričitého k desinfekci kalu. Potřebná doba kontaktu je dána stávajícím dostatečným objemem egalizační nádrže. Volba desinfekce přebytečného kalu pomocí ClO₂ je motivována snahou zajistit vyšší účinnost a širší spektrum hygienické ochrany a požadavkem na eliminaci THM ve vypouštěném médiu do městské kanalizace.

Požadavky na ASŘ

Aby se naplnil předpokládaný přínos naznačeného způsobu optimalizace biologického předčištění OV z VETUNI musí být z hlediska funkce zajištěny systémem ASŘ minimálně následující úkony a procesy:

- Optimalizace čerpání OV z vyrovnávací jímky s variabilním nastavením spínacích hladin
- Nastavitelné časové řízení chodu kapacitně vhodného čerpadla OV v sestavě (1+1)
- Možnost nezávislého nastavení a řízení koncentrace rozpuštěného kyslíku v obou aktivačních nádržích
- Řízení průtoku vratného kalu z dosazovací nádrže v závislosti na průtokoměru a čase
- Objektivní nastavení odtahu a množství přebytečného kalu ve vazbě na chod generátoru chlordioxidu

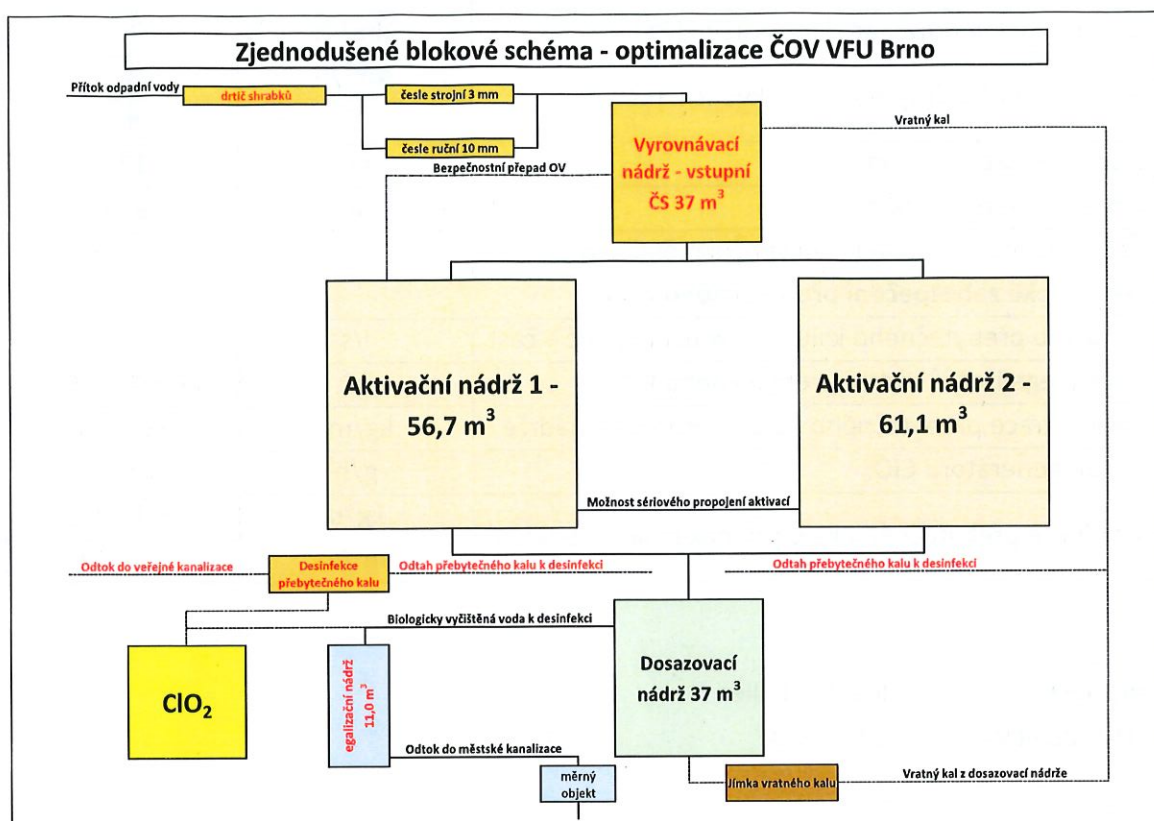
Z výše uvedeného vyplývá, že systém řízení ČOV bude nutné celý přepracovat. Z kapacitního a principiálního hlediska tedy nedochází k zásadním změnám v technologii biologického předčištění OV z VETUNI. Hlavní těžiště úprav spočívá v optimalizaci stávajícího provozu, umožněné moderními technologickými prvky a v náhradě chlóru za účinnější ClO₂.

Technické parametry optimalizované ČOV

Následující přehled ukazuje předpokládané technické a technologické parametry linky biologického předčištění, klíčových strojů a zařízení a jednotky hygienického zabezpečení OV z areálu VETUNI.

Celá koncepce navržených úprav biologického předčištění OV z areálu VETUNI je potom zřejmá z níže přiloženého zjednodušeného blokového schéma. Toto schéma neobsahuje z důvodu přehlednosti umístění regulačních prvků a armatur.

Blokové schéma navrhovaného řešení



Souhrnný přehled technických a kapacitních parametrů zařízení po optimalizaci

parametr	jednotka	hodnota
Látkové zatížení a hydraulická kapacita		
BSK ₅	kg/d	46,3
CHSK	kg/d	92,5
NL	kg/d	42,4
N _{celk.}	kg/d	8,5
P _{celk.}	kg/d	1,9
Q ₂₄	m ³ /d	115,6
Q _{max.}	l/s	4,4
Q _{rec.} (max. 200 % Q ₂₄)	l/s	0,8 – 2,7
Pracovní objem vstupní a vyrovnávací ČS	m ³	20,0 – 37,0
Výkon čerpadla OV (řízený časem a hladinou), (1 + 1)	l/s	1,5 – 3,0
Biologický stupeň		
Koncentrace kalu v aktivaci (celková)	kg/m ³	3,5 – 5,0
Zatížení kalu	kg BSK ₅ /kg.d	0,08 – 0,11
Standardní oxygenační kapacita systému	kg O ₂ /d	166,7

Účinný objem AN1	m ³	56,7
Účinný objem AN2	m ³	61,1
Celkový výkon dmýchadel maximální (2+1)	Nm ³ /h	271
Výkon jednoho dmýchadla (frekvenční měnič)	Nm ³ /h	135,5
	Nm ³ /min	4,5
Plocha dosazovací nádrže	m ²	17,6
Objem dosazovací nádrže	m ³	37,0
Čerpadlo vratného kalu (frekvenční měnič + čas)	l/s	0,8 – 2,7
Hygienické zabezpečení přebytečného kalu		
Čerpadlo přebytečného kalu (frekvenční měnič + čas)	l/s	0,8 – 2,7
Objem egalizační nádrže přebytečného kalu	m ³	Minimálně 5 m ³
Koncentrace přebytečného kalu z dosazovací nádrže	kg/m ³	10,0 – 15,0
Výkon generátoru ClO ₂	g/h	48
Produkce přebytečného kalu při maximálním zatížení	kg/d	31,0 – 38,5
	m ³ /d	2,5 – 3,9