

OBSAH

	strana
1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA	3
1.1 Předmět díla	3
1.2 Podklady	3
1.3 Použitý software	3
2 ÚVOD	4
3 PROJEKTOVÉ USPOŘÁDÁNÍ A TECHNICKÉ PARAMETRY ČOV	4
3.1 Projektové zatěžovací parametry	4
3.2 Koncepce uspořádání a technické parametry ČOV dle projektové dokumentace	5
3.2.1 Čerpací stanice a hrubé předčištění	6
3.2.2 Aktivační proces	6
3.2.3 Dosazovací nádrže	8
3.2.4 Měrný objekt	8
3.2.5 Kalové hospodářství	8
3.3 Požadavky na složení odtoku	8
4 VARIANTNÍ KONCEPCE INTENZIFIKACE BIOLOGICKÉHO STUPNĚ	8
4.1 Varianta 1 – maximální využití stávajícího areálu ČOV	8
4.2 Varianta 2 – výstavba nových objektů mimo areál ČOV	10
5 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	12
5.1 Znečištění surových odpadních vod	12
5.2 Denní hydraulický profil	12
5.3 Teplotní profil v aktivačním procesu	13
6 VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ	14
6.1 Varianta 1	14
6.2 Varianta 2	15

7	MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU	16
7.1	Postup výpočtů	16
7.1.1	Použitý software	16
7.1.2	Metodika výpočtu	17
7.2	Maximální kapacita D-R-D-N procesu ve Variantě 1	18
7.2.1	Technologické parametry procesu ve Variantě 1	19
7.2.2	Návrh potřeby kyslíku a vzduchu pro Variantu 1	20
7.3	Maximální kapacita D-R-D-N procesu ve Variantě 2	21
7.3.1	Technologické parametry procesu ve Variantě 2	22
7.3.2	Návrh potřeby kyslíku a vzduchu pro Variantu 2	23
8	ÚPRAVY KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ	25
8.1	Strojní zahuštění přebytečného aktivovaného kalu	25
8.2	Aerobní stabilizace zahuštěného přebytečného aktivovaného kalu	25
9	ZÁVĚR	26

ČOV ČESKÝ BROD

Variantní návrh úprav a technologické výpočty intenzifikace biologické linky pro kapacitu nad 13 300 EO

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA

Název:	ČOV Český Brod - Variantní návrh úprav a technologické výpočty intenzifikace biologické linky pro kapacitu nad 13 300 EO
Místo:	ČOV Český Brod
Objednatel:	Město Český Brod náměstí Husovo 70, 282 01 Český Brod
Zpracovatel:	AQUA-CONTACT Praha v.o.s., sídlo: Husova 112, 551 01 Jaroměř provozovna: Mařákova 6, 160 00 Praha 6

1.1 Předmět díla

Předmětem díla je zpracování variantního návrhu a technologických výpočtů intenzifikace biologického stupně ČOV Český Brod po projektové přípravě nad kapacitu 13 300 ekvivalentních obyvatel při respektování požadavků na složení finálního odtoku dle NV 401/2015 Sb.

1.2 Podklady

Pro vypracování díla byla k dispozici následující podkladová dokumentace:

- (1) *ČOV Český Brod - návrh úprav a technologické výpočty intenzifikace biologické linky*, zpracováno spol. AQUA-CONTACT Praha v.o.s. v 08/2018.

1.3 Použitý software

Veškeré výpočty 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 ÚVOD

V současné době je zpracovávána projektová dokumentace intenzifikace ČOV Český Brod na kapacitu 13 300 ekvivalentních obyvatel. Rostoucí požadavky na další připojené znečištění generují potřebu zpracování variantní koncepce následného budoucího navýšení kapacity technologické linky ČOV. Variantní řešení je primárně zpracováno s ohledem na potřebu maximálního využití dostupných stavebních objektů a realizaci ve stávajícím areálu ČOV.

3 PROJEKTOVÉ USPOŘÁDÁNÍ A TECHNICKÉ PARAMETRY ČOV

3.1 Projektové zatěžovací parametry

Technologická linka ČOV Český Brod je v současné době projektově připravována a navrhována pro hydraulické a látkové zatěžovací parametry uvedené v Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1: Projektové hydraulické zatěžovací parametry ČOV Český Brod.

Průtok		$m^3 \cdot d^{-1}$	$m^3 \cdot h^{-1}$	$l \cdot s^{-1}$
Q_{24}		2 170	90,4	25,1
k_d	1,145			
Q_d		2 485	103,5	28,8
k_h	1,564			
Q_h		-	161,9	45,0
$Q_{dešť}$ do ČOV		-	576,0	160,0
$Q_{dešť}$ do biologie		-	176,4	49,0

Tab. 2: Projektové látkové zatěžovací parametry ČOV Český Brod a znečištění surových odpadních vod.

Ukazatel		$kg \cdot d^{-1}$	$mg \cdot l^{-1}$
počet EO dle BSK ₅ a CHSK	13 300		
BSK ₅		798,0	367,7
CHSK _{Cr}		1 596,0	735,5
NL		849,1	391,3
N-NH ₄		111,8	51,5

N-celk		156,2	72,0
P-celk		14,8	6,8

3.2 Koncepce uspořádání a technické parametry ČOV dle projektové dokumentace

Technologická linka ČOV Český Brod pro kapacitu 13 300 EO bude zahrnovat stupeň mechanického předčištění odpadních vod, biologický stupeň čištění a kalové hospodářství pro aerobní stabilizaci a následné odvodnění vyprodukovaného přebytečného aktivovaného kalu.

Odpadní vody budou jednotným kanalizačním systémem přiváděny do areálu ČOV, kde budou natékat přes lapák šterku do vstupní čerpací stanice. Z jímky vstupní čerpací stanice budou odpadní vody zdvihány na stupeň mechanického předčištění zahrnujícího velmi jemné automaticky čištěné česle a dvojici vírových lapáků písku.

Mechanicky předčištěné vody budou za stupněm hrubého předčištění přiváděny do odlehčovacího objektu zajišťujícího maximální nátok odpadních vod do hodnoty $Q_{\text{dešť}} = 49 \text{ l.s}^{-1}$ na následný biologický stupeň a odvedení případných dešťových vod do dešťových zdrží. Po naplnění dešťových zdrží, bude docházet ke vzduť hladiny do odlehčovacího objektu a následnému přepadu do recipientu.

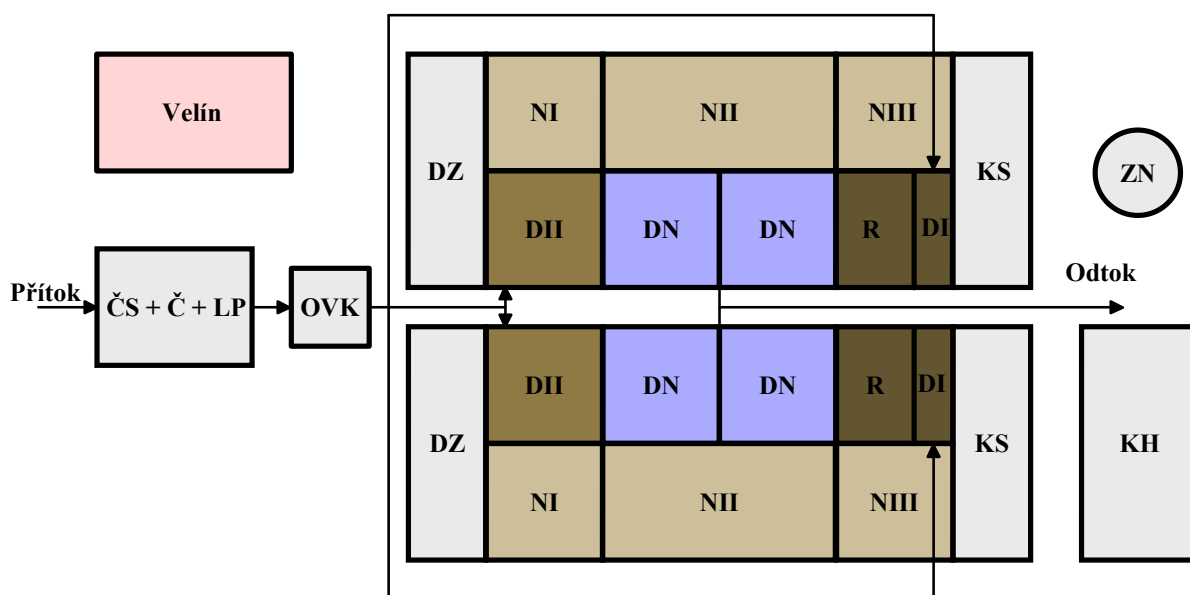
Aktivační proces bude realizován jako dvojice paralelně protékaných linek tzv. D-R-D-N systému, u kterého je do denitrifikační sekce DI přiváděn proud vratného kalu z dosazovacích nádrží a část odpadních vod. Po průchodu sekcí DI natéká vratný kal a část odpadních vod do aerobní sekce regenerace. Ze sekce regenerace odtéká směs aktivovaného kalu a části odpadní vody do sekce denitrifikace DII, která je umístěna v hlavním proudu a do které je dále zaústěn proud zbylých odpadních vod a proud interní recirkulace aktivační směsi z konce nitrifikace N. Po průchodu sekcí DII natéká aktivační směs do nitrifikační sekce N.

Aktivační proces bude doplněn procesem zvýšené eliminace sloučenin fosforu jejich simultánním chemickým srážením.

Vyčištěná odpadní voda bude od aktivovaného kalu pro každou linku separována ve dvojici pravoúhlých, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží. Usazený aktivovaný kal bude ze dna každé z nádrží odtahován separátním čerpadlem a veden jako vratný kal do denitrifikační nádrže DI příslušné biologické linky, nebo jako přebytečný kal do stupně kalového hospodářství. Vyčištěná odpadní voda bude odtékat z hladiny dosazovacích nádrží přes měrný objekt do recipientu, kterým je potok Šembera.

Nakládání s vyprodukovaným přebytečným aktivovaným kallem bude založeno na jeho gravitačním zahuštění a následné aerobní stabilizaci. Aerobně stabilizovaný kal bude odvodňován za přídavku organického flokulantu na sítopásovém lisu a po odvodnění odvážen k další řízené likvidaci.

Na Obr. 1 je schematicky znázorněna technologická linka ČOV Český Brod pro projektované intenzifikaci na kapacitu 13 300 EO.



Obr. 1: Schematické znázornění technologické linky ČOV Český Brod pro projektovanou kapacitu 13 300 EO.

Legenda: ČS - čerpací stanice., Č - česle, LP - lapák písku, OVK – odlehčovací a vypínací komora, DZ – dešťová zdrž, DI a II - denitrifikační sekce, R – regenerace, NI, II a III - nitrifikační sekce, DN - dosazovací nádrž, KS - uskladňovací nádrž, ZN – zahušťovací nádrž, KH - odvodnění kalu.

3.2.1 Čerpací stanice a hrubé předčištění

Odpadní vody zbavené velmi hrubých unášených nečistot budou natékat do stávající čerpací stanice, dále do stupně hrubého předčištění sestávajícího z velmi jemných šroubových česlí MAIND MID 5 s průlinami 3 mm a dvojice vírových lapáků písku LPO 480.

Za stupněm hrubého předčištění budou odpadní vody vedeny do odlehčovací a vypínací komory, která zajistí maximální nátok odpadních vod do biologického stupně v množství odpovídajícím 49 l.s^{-1} . Srážkové průtoky nad tuto hodnotu budou odváděny do dvojice dešťových zdrží.

Za odlehčovacím a vypínacím objektem budou odpadní vody přiváděny do rozdělovacího objektu před biologickým stupněm. Z rozdělovacího objektu bude většinový podíl odpadních vod rovnoměrně dělen a zaústěn na dvojici paralelně protékaných biologických linek, a to do sekce DII aktivačního procesu. Menšinový podíl odpadních vod bude z rozdělovacího objektu čerpán zaústěn do sekcí DI aktivačního procesu.

3.2.2 Aktivační proces

Aktivační proces ČOV Český Brod bude realizován jako tzv. „D-R-D-N systém“. Systém bude realizován ve dvou paralelně protékaných linkách. Vratný kal a menšinový podíl odpadní vody budou přiváděny do sekcí DI. Většinový podíl odpadní vody a aktivační směs ze sekce regenerace budou natékat do sekce DII a posléze do sekce nitrifikace. Z konce nitrifikačního stupně každé linky bude veden proud interní recirkulace aktivační směsi do sekce DII. V Tab. 3 jsou uvedeny základní technické parametry aktivačního D-R-D-N systému ČOV Český Brod pro kapacitu 13 300 EO.

Tab. 3: Hlavní technické a technologické parametry aktivačního D-R-D-N systému ČOV Český Brod pro kapacitu 13 300 EO.

Parametr	Jednotka	D-R-D-N
Zatížení ČOV v EO dle CHSK a BSK ₅	EO	13 300
Zatížení aktivace v EO dle CHSK a BSK ₅	EO	13 300
Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	798
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	1 596
Hydraulické zatížení – Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	2 170
Odvětvění přítoku do sekce anoxické regenerace	% Q ₂₄	19,9
	m ³ .d ⁻¹	432
Objem aktivace	m ³	2 269
z toho objem anoxické regenerace – DI	m ³	100
z toho objem oxické regenerace – R	m ³	278
z toho objem denitrifikace – DII	m ³	502
z toho objem nitrifikace jedna – NI	m ³	348
z toho objem nitrifikace dva – NII	m ³	686
z toho objem nitrifikace tři – NIII	m ³	355
Minimální výpočtová teplota	°C	9
Průměrná výpočtová teplota	°C	14,7
Maximální výpočtová teplota	°C	21
Koncentrace biomasy v regeneraci při T _{min} = 10 °C	kg.m ⁻³	7,8
Koncentrace biomasy v nitrifikaci při T _{min} = 10 °C	kg.m ⁻³	5,0
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	127
	m ³ .d ⁻¹	2 760
Recirkulační poměr interní recirkulace	% Q ₂₄	239
	m ³ .d ⁻¹	5 184
Hydraulická doba zdržení v hlavním proudu	h	20,9
Stáří kalu	d	19,0
Zásoba kalu v systému při T _{min} = 9 °C	kg	12 396
Produkce kalu při T _{min} = 9 °C (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	652
Produkce kalu při T _{prům} = 14,7 °C (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	587
Koncentrace kyslíku v regeneraci	g.m ⁻³	1,0
Koncentrace kyslíku v nitrifikaci	g.m ⁻³	2,0
Objemové zatížení BSK ₅ (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,422
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,064
Zatížení kalu CHSK (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,129
Zatížení kalu N-celk (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,013
Typ systému	zatížení	nízké

Aktivační proces bude zásoben vzduchem ze stávajícího objektu dmychárny a od nových dmychadel pro sekce regenerace kalu.

3.2.3 Dosazovací nádrže

K separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody bude pro každou linku sloužit dvojice pravoúhlých, vertikálně protékajících dosazovacích nádrží. Usazený aktivovaný kal bude ze dna každé nádrže odtahován vlastním čerpadlem vratného kalu. Výtlaky vratného kalu budou zaústěny do sekce DI příslušné linky. Dosazovací nádrže mají následující základní technické parametry.

<u>Dosazovací nádrž</u>	4 ks
hloubka vody	7,05 m
celková plocha	207 m ²
celkový objem	682 m ³

3.2.4 Měrný objekt

Množství vyčištěných odpadních vod bude registrováno Parshallovým žlabem s ultrazvukovým snímačem hladiny.

3.2.5 Kalové hospodářství

Přebytečný aktivovaný kal bude pro každou linku odváděn jedním čerpadlem umístěným v kolektoru do gravitačního zahušťovače o objemu cca 70 m³. Zahuštěný kal bude dále odčerpáván do dvojice uskladňovacích nádrží a po aerobní stabilizaci následně odvodňován na sítopásovém lisu KAPLAN KZC 1000 doplněném kompletním zařízením pro rozpouštění a dávkování organického flokulantu.

3.3 Požadavky na složení odtoku

Pro účely formulování budoucího vodohospodářského povolení pro kapacitu ČOV na úrovni 13 300 EO je navrženo složení finálního odtoku uvedené v Tab. 4.

Tab. 4: Navržení složení vypouštěných odpadních vod pro kapacitu ČOV Český Brod na úrovni 13 300 EO.

Ukazatel	jednotka	hodnota „p“	hodnota „m“	roční průměr
CHSK	mg.l ⁻¹	60	100	-
BSK ₅	mg.l ⁻¹	14	20	-
NL	mg.l ⁻¹	18	25	-
N-celk	mg.l ⁻¹	-	25,0	14,0
P-celk	mg.l ⁻¹	-	3,0	1,5

4 VARIANTNÍ KONCEPCE INTENZIFIKACE BIOLOGICKÉHO STUPNĚ

4.1 Varianta 1 – maximální využití stávajícího areálu ČOV

Koncepce intenzifikace biologické linky ČOV Český Brod ve Variantě 1, tedy při maximálním možném využití dostupných stavebních objektů a stávajícího areálu ČOV bude představovat zařazení nádrží aerobní stabilizace kalu do linek biologického stupně a

intenzifikaci stupně kalového hospodářství. S ohledem na existenci a rozměry aktuálních objektů je ve Variantě 1 možno navrhnout následující úpravy a opatření:

- zvýšení maximálního hydraulického zatížení biologického stupně ČOV úměrně navýšení látkového zatížení,
- zařazení nádrží aerobní stabilizace kalu do linek aktivačního procesu a jejich využití jako finální nitrifikační sekce,
- objemové navýšení sekce DII o polovinu sekce NI,
- instalace nového strojně-technologického zařízení pro zahuštění přebytečného aktivovaného kalu,
- eliminace stávající nadzemní nádrže gravitačního zahuštění kalu,
- výstavba nové nádrže aerobní stabilizace strojně zahuštěného přebytečného kalu.

V Tab. 5 je uvedeno objemové členění aktivačního procesu ČOV Český Brod po zařazení nádrží aerobní stabilizace kalu a zvýšení kapacity nad projektovou úroveň 13 300 EO ve Variantě 1.

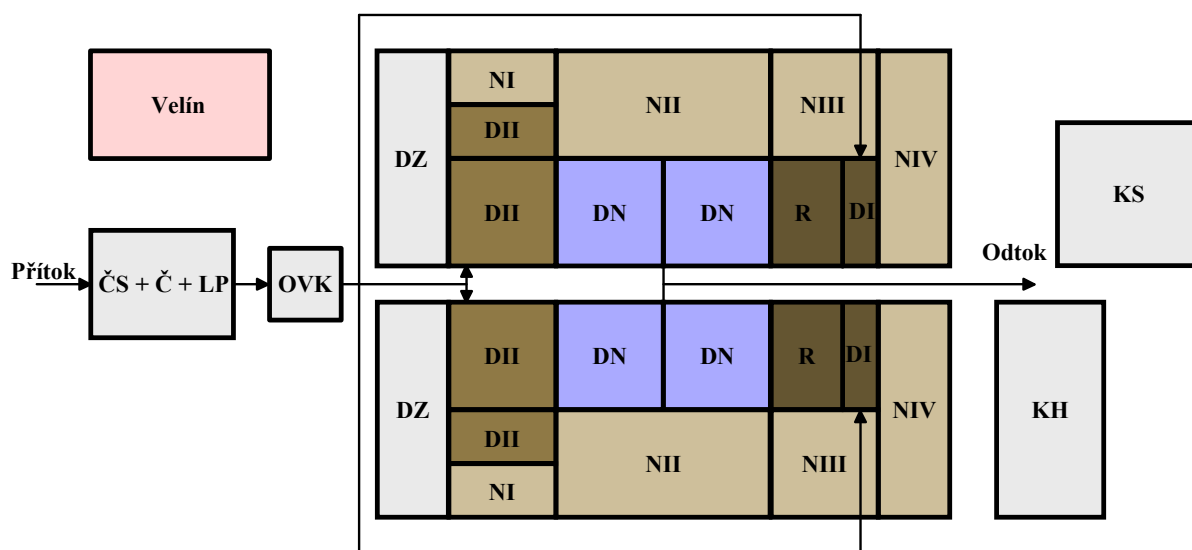
Tab. 5: Objemové rozložení sekcí aktivačního procesu ČOV Český Brod po zařazení nádrží aerobní stabilizace kalu – Varianta 1 intenzifikace.

Ukazatel	jednotka	jedna linka	dvě linky
Objem anoxické regenerace DI	m ³	50	100
Objem oxické regenerace R	m ³	139	278
Objem anoxické sekce DII/I	m ³	251	502
Objem anoxické sekce DII/II	m ³	87	174
Objem první oxické sekce NI	m ³	87	174
Objem druhé oxické sekce NII	m ³	343	686
Objem třetí oxické sekce NIII	m ³	177	355
Objem čtvrté oxické sekce NIV	m ³	315	630
Celkem	m³	1 450	2 899

Potřeba zvýšené eliminace sloučenin fosforu bude řešena procesem simultánního chemického srážení. Aplikovaný systém biologické nitrifikace a denitrifikace a chemického odstraňování fosforu zaručí dosažení nízkých odtokových koncentrací obou nutrientů, přičemž se aplikace srážedla fosforu do aktivačního procesu projeví pozitivně i při snížení odtokových koncentrací u ukazatele CHSK.

Koncepčně nově je navrženo řešit stupeň kalového hospodářství. Stávající nádrž gravitačního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu je navrženo zrušit, přičemž k zahuštění kalu je možno doporučit instalaci zařízení pro strojní zahuštění (zahušťovací síto či šnek) za přídavku organického flokulantu. Strojně zahuštěný přebytečný aktivovaný kal je následně doporučeno čerpat do nové uskladňovací nádrže vybavené aeračním systémem pro aerobní stabilizaci kalu.

Na Obr. 2 je schematicky znázorněna technologická linka ČOV Český Brod pro navýšení kapacity nad úroveň projektové hodnoty 13 300 EO ve Variantě 1.



Obr. 2: Schematické znázornění technologické linky ČOV Český Brod po rozšíření nad úroveň projektované kapacity 13 300 EO ve Variantě 1.

Legenda: ČS - čerpací stanice., Č - česle, LP - lapák písku, OVK – odlehčovací a vypínací komora, DZ – dešťová zdrž, DI a II - denitrifikační sekce, R – regenerace, NI, II, III a IV - nitrifikační sekce, DN - dosazovací nádrž, KS - uskladňovací nádrž, KH – zahuštění a odvodnění kalu.

4.2 Varianta 2 – výstavba nových objektů mimo areál ČOV

Koncepce intenzifikace biologické linky ČOV Český Brod ve Variantě 2 představuje realizaci nových stavebních objektů mimo areál stávající čistírny. V tomto případě se bude jednat jednoznačně o návrh a realizaci nového separačního stupně, tedy nových dosazovacích nádrží. V takovém případě je svému účelu možno ponechat současné nádrže aerobní stabilizace kalu, přičemž se s ohledem na velikostní kategorii ČOV bude jako jednoznačně vhodná jevit intenzifikace kalového hospodářství obdobně jako u Varianty 1. S ohledem na existenci a rozměry aktuálních objektů je možno pro Variantu 2 navrhnout následující úpravy a opatření:

- zvýšení maximálního hydraulického zatížení biologického stupně ČOV úměrně navýšení látkového zatížení,
- využití stávajících čtvercových dosazovacích nádrží jako stupně denitrifikace II kaskády D-R-D-N,
- vystrojení sekce DII jemnobublinným aeračním systémem a její provoz jako sekci NI každé z aktivačních linek,
- výstavbu dvojice nových dosazovacích nádrží vně stávající oplocenky ČOV včetně čerpací stanice vratného a přebytečného kalu
- instalace nového strojně-technologického zařízení pro zahuštění přebytečného aktivovaného kalu,
- eliminace stávající nadzemní nádrže gravitačního zahuštění kalu.
- Zachování provozu stávající nádrží aerobní stabilizace zahuštěného přebytečného aktivovaného kalu.

V Tab. 6 je uvedeno objemové členění aktivačního procesu ČOV Český Brod po zařazení nádrží aerobní stabilizace kalu a zvýšení kapacity nad projektovou úroveň 13 300 EO ve Variantě 2.

Tab. 6: Objemové rozložení sekcí aktivačního procesu ČOV Český Brod při výstavbě nových dosazovacích nádrží mimo areál - Varianta 2 intenzifikace.

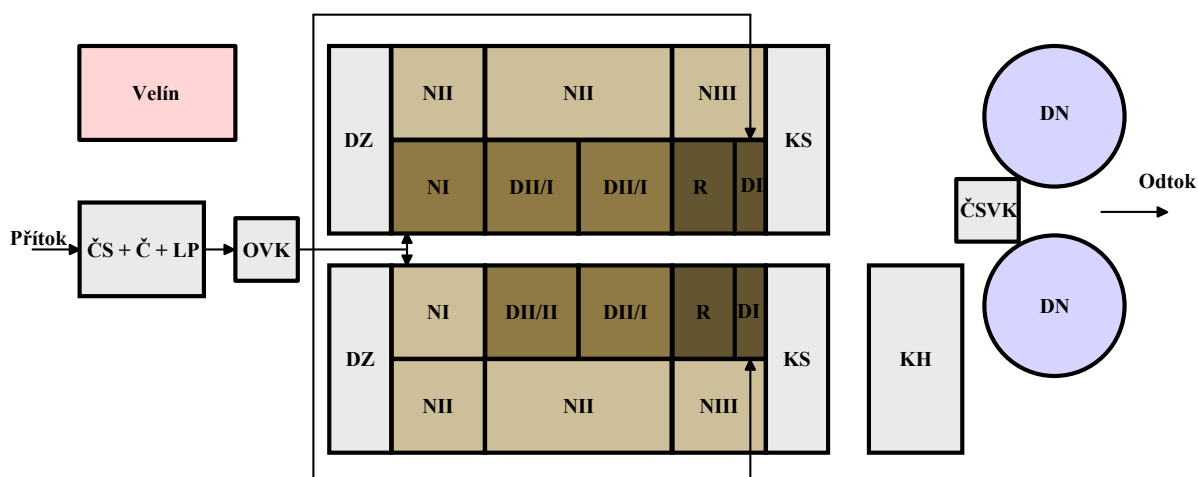
Ukazatel	jednotka	jedna linka	dvě linky
Objem anoxické regenerace DI	m ³	50	100
Objem oxické regenerace R	m ³	139	278
Objem anoxické sekce DII/I	m ³	171	341
Objem anoxické sekce DII/II	m ³	171	341
Objem první oxické sekce NI	m ³	251	502
Objem druhé oxické sekce NII	m ³	174	348
Objem třetí oxické sekce NIII	m ³	343	686
Objem čtvrté oxické sekce NIV	m ³	177	355
Celkem	m³	1 476	2 952

Potřeba zvýšené eliminace sloučenin fosforu bude řešena procesem simultánního chemického srážení. Aplikovaný systém biologické nitrifikace a denitrifikace a chemického odstraňování fosforu zaručí dosažení nízkých odtokových koncentrací obou nutrientů, přičemž se aplikace srážedla fosforu do aktivačního procesu projeví pozitivně i při snížení odtokových koncentrací u ukazatele CHSK.

Koncepce intenzifikace zahrnuje zrušení současných dosazovacích nádrží a jejich využití jako denitrifikační sekce aktivačního procesu. Pro účely separace kalu od vyčištěné vody je pak navržena realizace dvojice nových dosazovacích nádrží včetně čerpací stanice vratného a přebytečného kalu mimo areál stávající ČOV.

Koncepčně nově je navrženo řešit stupeň kalového hospodářství. Stávající nádrž gravitačního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu je navrženo zrušit, přičemž k zahuštění kalu je možno doporučit instalaci zařízení pro strojní zahuštění (zahušťovací síto či šnek) za přídavku organického flokulantu. Strojně zahuštěný přebytečný aktivovaný kal je následně doporučeno čerpat do stávajících uskladňovacích nádrží vybavených aeračním systémem pro aerobní stabilizaci kalu.

Na Obr. 2 je schematicky znázorněna technologická linka ČOV Český Brod pro navýšení kapacity nad úroveň projektové hodnoty 13 300 EO dle Varianty 2.



Obr. 3: Schematické znázornění technologické linky ČOV Český Brod po rozšíření nad úroveň projektované kapacity 13 300 EO ve Variantě 2.

Legenda: ČS - čerpací stanice., Č - česle, LP - lapák písku, OVK – odlehčovací a vypínací komora, DZ – dešťová zdrž, DI a II - denitrifikační sekce, R – regenerace, NI, II, III a IV - nitrifikační sekce, DN - dosazovací nádrž, ČSVK – čerpací stanice vratného a přebytečného aktivovaného kalu, KS - uskladňovací nádrž, KH – zahuštění a odvodnění kalu.

5 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

5.1 Znečištění surových odpadních vod

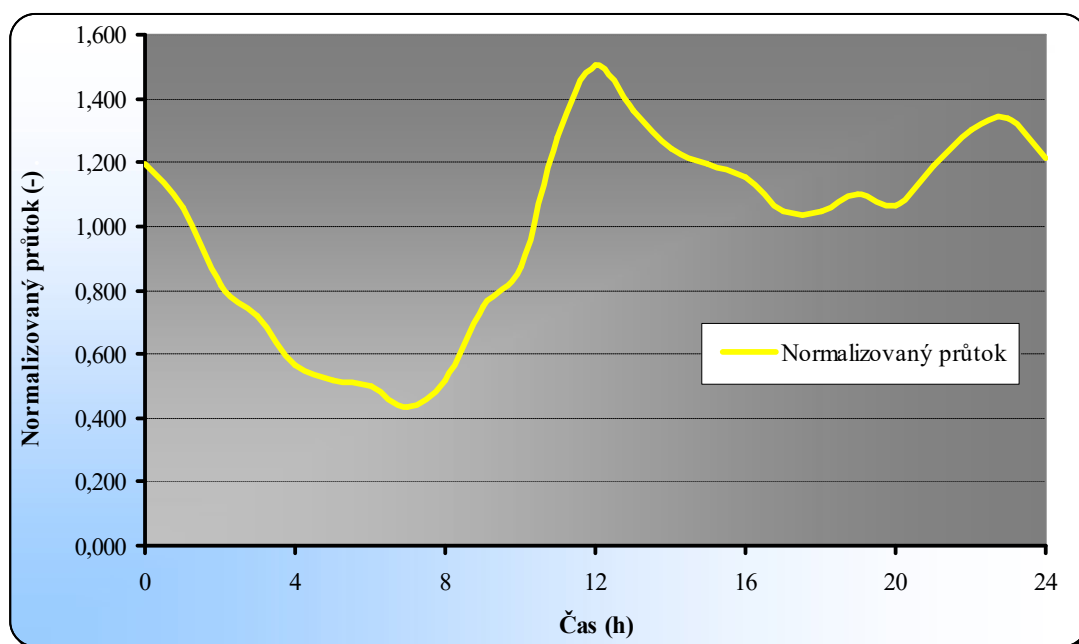
Pro účely výpočtů maximální kapacity navrženého uspořádání a objemového členění biologického stupně je aplikováno znečištění surových odpadních vod z Tab. 2, které je základem i pro projekt intenzifikace ČOV na kapacitu 13 300 EO.

5.2 Denní hydraulický profil

Pro účely dimenzování zdrojů vzduchu pro zjištěnou maximální kapacitu objemově rozšířeného aktivačního procesu o stávající uskladňovací nádrže kalu je použit normalizovaný profil nerovnoměrnosti přítoku zjištěný z dat provozního sledování znázorněný na Obr. 4. Kalkulované hodnoty koeficientů k_d a k_h jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7: Hodnoty koeficientů k_d a k_h kalkulované z 24-hodinových průběhů průtoků odpadní vod.

Ukazatel	k_d	k_h
hodnota	1,145	1,564

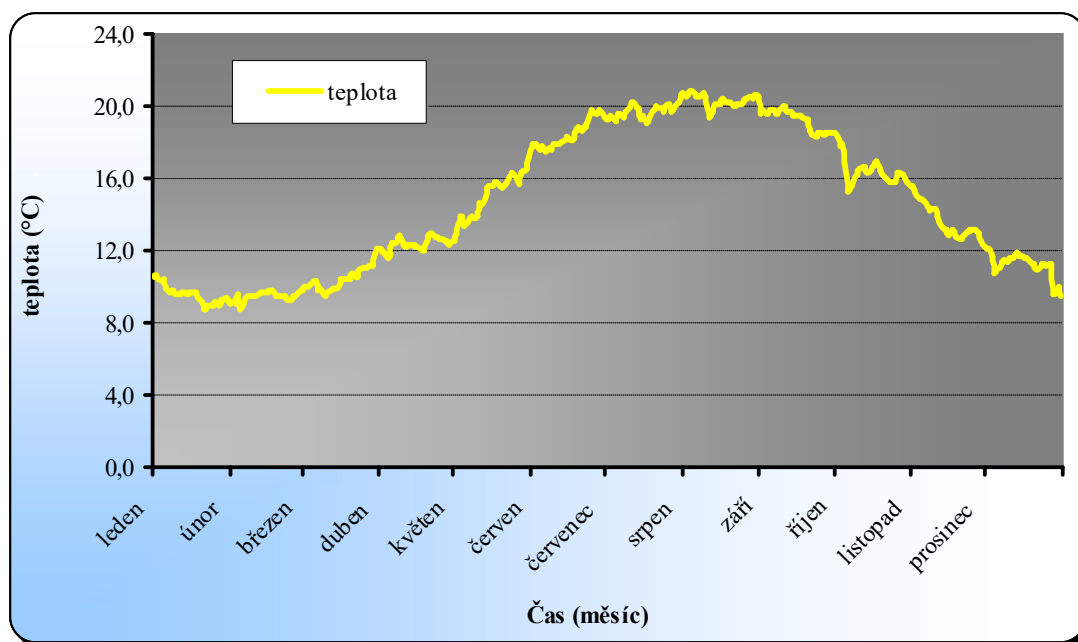


Obr. 4: Normalizované hodnoty hydraulického zatížení.

5.3 Teplotní profil v aktivačním procesu

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 Obr. 5 je znázorněn roční teplotní profil v aktivačním procesu ČOV Český Brod. Grafický průběh dat teplot odpadní vody naznačuje, že se nejnižší teploty v aktivačním procesu pohybují dlouhodobě na úrovni cca 9,0 °C a nejvyšší na úrovni cca 21 °C. Průměrná vyhodnocená roční teplota se pohybuje na úrovni 14,7 °C. Z Obr. 5 je patrné, že jakékoliv výpočty chování biologického stupně ČOV Český Brod musí být realizovány při respektování těchto specifik. Limitní požadavky na kvalitu odtoku jsou formulovány a vyžadovány pro teplotu nad 12 °C. V této souvislosti si je 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.

Sledované maximální teploty se na ČOV Český Brod pohybují na úrovni cca 21 °C. Přestože je dimenzování aeračních zařízení ČOV standardně prováděno pro teplotu 20 °C, je nutno v případě ČOV Český Brod respektovat vyšší teplotní úroveň.



Obr. 5: Teplotní profil odpadní vody na ČOV Český Brod.

6 VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ

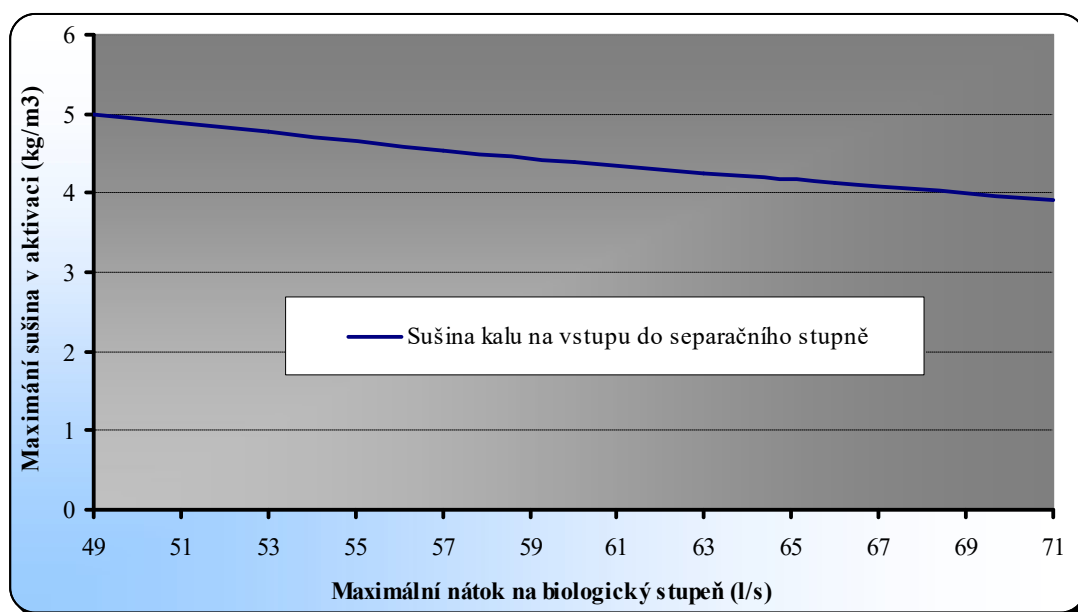
6.1 Varianta 1

Návrh navýšení kapacity ČOV Český Brod nad úroveň 13 300 EO předpokládá ve Variantě 1 využití stávajícího separačního stupně ve formě čtveřice pravoúhlých dosazovacích nádrží s vertikálním průtokem. S ohledem na projektové hydraulické zatěžovací parametry a uvažovanou provozní sušinu kalu v nátoku na separační stupeň $5,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ je pro další navyšování kapacity nutno uvažovat s nutností zvyšování množství srážkových vod přiváděných do biologického stupně.

Při využití postupu dle přepracované metodiky ATV z roku 1991 (Revised ATV (1991) procedure) byla stanovena závislost provozní sušiny kalu v nátoku na dosazovací nádrže na zvyšování hydraulického zatížení biologického stupně. Při výpočtech byly aplikovány následující hodnoty základních vstupních parametrů:

Ředěný kalový index	$\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$	110
Plocha dosazovacích nádrží	m^2	207
Separací hloubka vody v dosazovacích nádržích	m	7,05

Výsledky výpočtu jsou prezentovány na Obr. 6, přičemž kalkulovaná sušina na vstupu do separačního stupně je aplikována pro příslušné odvozené látkové znečištění a odpovídající maximální hydraulické zatížení.



Obr. 6: Závislost přípustné koncentrace sušiny kalu na vstupu do dosazovacích nádrží na maximálním hydraulickém zatížení biologického stupně.

6.2 Varianta 2

Intenzifikace biologického stupně ČOV Tábor uvažuje realizaci nových dosazovacích nádrží vně stávajícího areálu ČOV. Dimenzování nového separačního stupně je provedeno 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. Návrh intenzifikace je s ohledem na provozní zkušenosti proveden pro hodnotu sušiny kalu na maximální doporučované úrovni 5,0 kg.m⁻³.

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. Při výpočtech byly aplikovány následující hodnoty základních vstupních parametrů:

Ředěný kalový index	ml.g ⁻¹	93
Sušina kalu v aktivačním procesu	kg.m ⁻³	4,0
Maximální nátok na biologický stupeň	l.s ⁻¹	84,7

Maximální hydraulické zatížení nového separačního stupně je kalkulováno s ohledem na hodnotu ředícího poměru původní ČOV na kapacitu 9 963 EO, které odpovídala hodnota $Q_{\text{dešť}}$ do biologie 49 l.s⁻¹.

V Tab. 8 jsou uvedeny výsledky dimenzování nových dosazovacích nádrží.

Tab. 8: Hlavní technické parametry nových dosazovacích nádrží pro intenzifikaci biologického stupně ČOV Český Brod ve Variantě 2.

Parametr	symbol	jednotka	hodnota
potřebná plocha separačního stupně	Adn	m ²	314,3
potřebná hloubka dosazovací nádrže			
zóna čisté vody	h1	m	0,50
separační zóna	h2	m	1,49
akumulační zóna	h3	m	0,67
zahušťovací zóna	h4	m	1,58
Výpočtová hloubka dosazovací nádrže	h	m	4,25

Dle provedených výpočtů je možno doporučit realizaci dvojice kruhových dosazovacích nádrží o průměru 15 m a hloubce vody u stěny nádrže 4,1 m při sklonu dna 6 %.

<u>Dosazovací nádrž kruhová</u>	2 ks
průměr nádrže	15 m
hloubka vody u stěny nádrže	4,1 m
celková plocha dosazovacích nádrží	353,4 m ²
celkový objem dosazovacích nádrží	cca 1 528 m ³

7 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.

7.1 Postup výpočtů

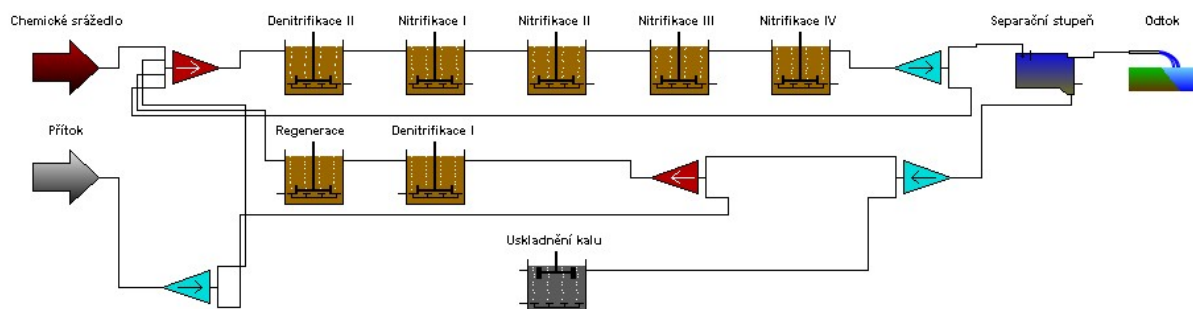
Výpočty jsou realizovány s ohledem na zvolenou konfiguraci a objemové členění aktivačního procesu. Výpočet maximální kapacity je realizován v ustáleném nedynamickém stavu. Následně je proveden výpočet chování aktivačního systému na úrovni reálného dynamického stavu, který je nezbytný pro dimenzování dodávky vzduchu do systému.

7.1.1 Použitý software

Základní podmínkou jakýchkoliv technologických výpočtů týkajících se biologické části ČOV Český Brod je přesný popis hydraulické soustavy. Za účelem provedení exaktního propočtu existujícího 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. 7.

Použitý software umožňuje exaktní simulaci technologické linky ČOV Český Brod, 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 usazovacích a dosazovacích). Pomocí software lze namodelovat funkci systému jak ve stacionárním, tak dynamickém stavu s přesným zadáním fluktuační hydraulického zatížení, zatížení organickými a dusíkatými látkami během dne i roku, včetně teplotních profilů.



Obr. 7: Technologické schéma ČOV Český Brod SW GPS-X.

Základem výpočtu aktivačního systému je biokinetický model konverze organického a dusíkatého znečištění. Výpočty byly provedeny s modelem GENERAL, který je určen k modelování procesů biologického odstraňování dusíku a fosforu. Frakcionace vstupní odpadní vody je v základě založena na modelu ASM No. 2 s využitím pro model GENERAL. 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.

7.1.2 Metodika výpočtu

Veškeré výpočty maximální kapacity aktivačního procesu ČOV jsou realizovány s ohledem na potřebu dodržení odtokových parametrů v souladu s navrženým zněním budoucího vodohospodářského rozhodnutí dle Tab. 4. V biologickém systému je s přihlédnutím k těmto požadavkům nezbytné při minimální uvažované teplotě aktivační směsi na úrovni 9 °C udržet stabilní nitrifikaci. S ohledem na skutečnost, že výsledná kapacita ČOV překračuje úroveň 10 001 EO, je do výpočtu zařazena nutnost dodržení odtokové koncentrace v ukazateli N-celk pod 14 mg.l⁻¹. Požadavek na odtokovou koncentraci N-celk = 14 mg.l⁻¹ představuje roční průměr.

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.

Požadavek na limitní odtokovou hodnotu **N-celk** = **14 mg.l⁻¹** představuje nutnost dodržet odtokové koncentrace celkového anorganického dusíku TIN na úrovni cca 11,0 mg.l⁻¹. Potřeba dodržení této koncentrace TIN je výsledkem následující bilance forem dusíku ve vyčištěné odpadní vodě:

Únik nerozpuštěných látek do odtoku	NL = 10 mg.l ⁻¹
Maximální obsah dusíku v aktivovaném kalu	0,6 %
Množství partikulovaného org. dusíku v odtoku	XND = 0,06*10 = 0,6 mg.l ⁻¹
Množství rozpuštěného org. dusíku v odtoku	SND = 2,3 mg.l ⁻¹
Množství organického dusíku v odtoku	N-org = XND + SND = 2,9 mg.l ⁻¹
Požadavek na dosažení TIN v odtoku	N-celk - N-org = 14 - 2,9 = 11,1 mg.l ⁻¹

Požadavek na limitní odtokovou hodnotu **P-celk** = **1,5 mg.l⁻¹** je řešen aplikací procesu chemického odstraňování srážením solemi železa.

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 $\mu_{A, \max} = 0,60 \text{ d}^{-1}$, zjištěná kalibrací matematického modelu a 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.

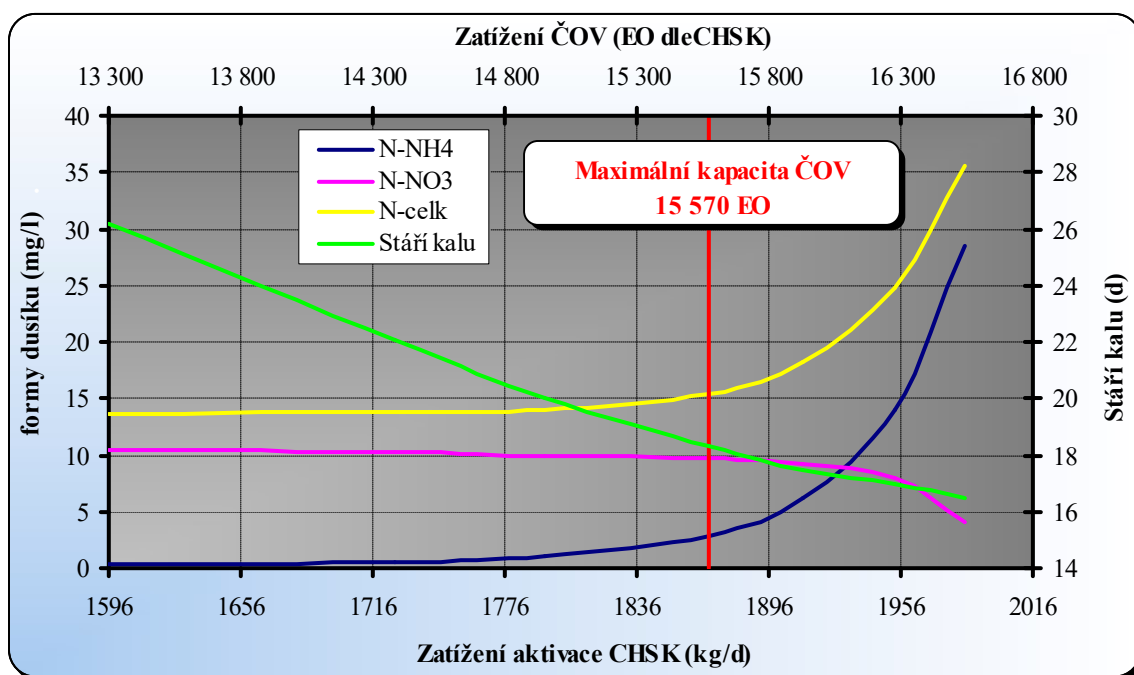
Dalším důležitým technologickým omezením je teplota aktivační směsi. Při výpočtech je kalkulováno s minimální teplotou aktivační směsi **9 °C** (viz odstavec 5.3).

Aktivační linka je pro účely výpočtů v obou Variantách rozdělena na osm sekcí, z nichž sekce 1 je uvažována jako denitrifikační sekce v proudu vratného kalu, sekce 2 jako regenerace kalu s koncentrací rozpuštěného kyslíku 1,0 mg.l⁻¹, sekce 3 a 4 jako anoxické a sekce 5 až 8 jako oxické s koncentrací rozpuštěného kyslíku na úrovni 2,0 mg.l⁻¹. Nátok nižšího podílu odpadní vody je společně s vratným kalem zaveden do sekce 1, většinový přítok pak do sekce 3. Odtok do separačního stupně je realizován ze sekce 8. Ze sekce 8 do sekce 3 je zaústěn proud interní recirkulace aktivační směsi.

7.2 Maximální kapacita D-R-D-N procesu ve Variantě 1

Výpočet maximálního přípustného zatížení aktivačního D-R-D-N procesu ve Variantě 1 pro objemové rozdělení dle Tab. 5 byl proveden pro koncentrační znečištění odpadních vod dle Tab. 2. Výpočty jsou provedeny pro různá hydraulická zatížení pro ustálený stav, přičemž byla postupným zvyšováním zatížení stanovena hodnota maximální kapacity navrženého aktivačního D-R-D-N procesu. Výpočty byly provedeny pro různá stáří kalu takovým způsobem, aby byla při minimální teplotě 9 °C vždy dosažena maximální **koncentrace kalu odpovídající danému průměrnému a odvozenému maximálnímu hydraulickému zatížení biologického stupně** (viz odstavec 6.1). Výpočty jsou realizovány takovým způsobem, aby

bylo při minimální teplotě 9 °C dosaženo v ustáleném stavu stabilní nitrifikace a denitrifikace. Výsledky jsou graficky znázorněny na Obr. 8.



Obr. 8: Výpočet maximální kapacity intenzifikovaného uspořádání biologického systému ČOV Český Brod po zařazení kalových nádrží do linky aktivačního procesu – Varianta 1 intenzifikace.

Z grafického výstupu na Obr. 8 je možno odvodit, že se maximální kapacita navrženého uspořádání biologického D-R-D-N systému ČOV Český Brod po intenzifikaci ve Variantě 1 pohybuje v ustáleném stavu na hranici cca 1 868 kg.d⁻¹ CHSK (15 570 EO), což odpovídá dennímu množství cca 2 542 m³ odpadních vod o složení uvedeném v Tab. 2. Kalkulovaná hodnota stáří kalu se pro uvedené zatížení pohybuje na úrovni 18,3 dní. Dosažené složení odtoku pak reprezentuje požadavek na zajištění stabilní nitrifikace a denitrifikace i při minimálních teplotách.

7.2.1 Technologické parametry procesu ve Variantě 1

Základní technologické parametry aktivačního systému ČOV Český Brod po rozšíření aktivačního procesu o nádrže uskladnění kalu (Varianta 1) jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 9. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace.

Tab. 9: Základní technologické parametry intenzifikovaného aktivačního procesu ČOV Český Brod - Varianta 1.

Parametr	Jednotka	D-R-D-N
Zatížení ČOV v EO dle CHSK a BSK ₅	EO	15 570
Zatížení aktivace v EO dle CHSK a BSK ₅	EO	15 570
Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	934
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	1 868
Hydraulické zatížení – Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	2 542

Odvětvění přítoku do sekce anoxické regenerace	% Q ₂₄	17
	m ³ .d ⁻¹	432
Objem aktivace	m ³	2 899
z toho objem anoxické regenerace – DI	m ³	100
z toho objem oxické regenerace – R	m ³	278
z toho objem denitrifikace – DII	m ³	676
z toho objem nitrifikace jedna – NI	m ³	348
z toho objem nitrifikace dva – NII	m ³	686
z toho objem nitrifikace tři – NIII	m ³	355
z toho objem nitrifikace čtyři – NIV		630
Minimální výpočtová teplota	°C	9
Průměrná výpočtová teplota	°C	14,7
Maximální výpočtová teplota	°C	21
Koncentrace biomasy v regeneraci při T _{min} = 10 °C	kg.m ⁻³	7,6
Koncentrace biomasy v nitrifikaci při T _{min} = 10 °C	kg.m ⁻³	4,5
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	100
	m ³ .d ⁻¹	2 542
Recirkulační poměr interní recirkulace	% Q ₂₄	200
	m ³ .d ⁻¹	5 084
Hydraulická doba zdržení v hlavním proudu	h	23,8
Stáří kalu	d	18,3
Zásoba kalu v systému při T _{min} = 9 °C	kg	14 217
Produkce kalu při T _{min} = 9 °C (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	777
Koncentrace kyslíku v regeneraci	g.m ⁻³	1,0
Koncentrace kyslíku v nitrifikaci	g.m ⁻³	2,0
Objemové zatížení BSK ₅ (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,370
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,066
Zatížení kalu CHSK (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,131
Zatížení kalu N-celk (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,013
Typ systému	zatížení	nízké

7.2.2 Návrh potřeby kyslíku a vzduchu pro Variantu 1

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 OC_p je použito matematické simulace procesu v dynamickém stavu s fluktuací zatížení dle hydraulického a látkového denního profilu (viz Obr. 4) 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. Pro výpočet OC_{st} a množství vzduchu byly uvažovány následující hodnoty:

teplota	21 °C
hloubka ponoru aeračních elementů	
regenerace	4,8 m
nitrifikace	4,45 m
koncentrace rozpuštěného kyslíku	
regenerace	1,0 mg.l ⁻¹
nitrifikace	2,0 mg.l ⁻¹
koeficient alfa	0,7
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %.m ⁻¹
nadmořská výška	214 m n. m.

Za účelem určení orientační hodnoty čisté potřeby kyslíku v ustáleném stavu byly vypočteny hodnoty OC_p, OC_{st} a Q_{vzduchu} v jednotlivých reaktorech aktivačního procesu. Situace je pro maximální výpočtovou teplotu 21 °C a hodnotu k_d = 1,145 (Q_d) shrnuta v Tab. 10.

Tab. 10: Návrh maximální potřeby vzduchu pro Q_d a teplotu 21 °C pro kapacitu 15 570 EO (Varianta 1).

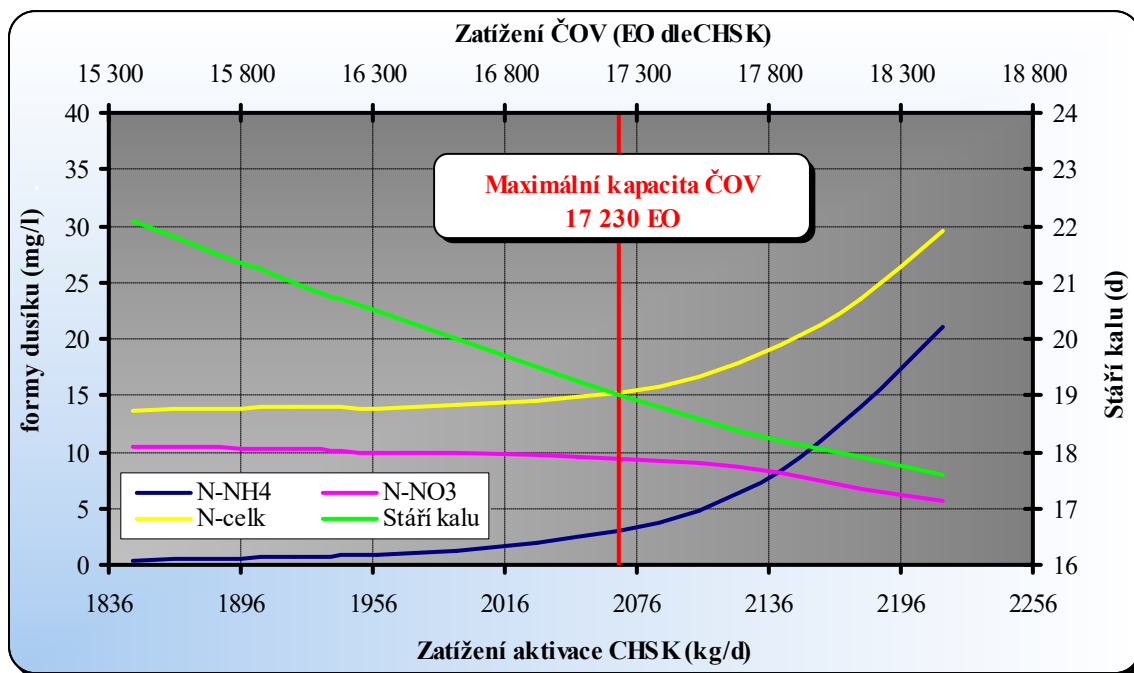
Q _d	R	NI	NII	NIII	NIV	Celkem
OC_p	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	282	273	620	275	345	1 795
maximum	316	389	670	315	423	2 114
minimum	224	170	472	174	229	1 271
OC_{st}	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	469	526	1194	529	664	3 381
maximum	526	750	1289	607	815	3 986
minimum	374	328	909	336	441	2 388
Q_{vz}	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹
průměr	291	352	798	354	444	2 239
maximum	326	501	862	406	545	2 640
minimum	232	219	608	225	295	1 579
I_v	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	-
průměr	1,046	2,022	1,164	0,996	1,251	-
maximum	1,174	2,881	1,256	1,143	1,535	-
minimum	0,833	1,260	0,886	0,633	0,832	-

Dimenzování aeračního zařízení a zdrojů vzduchu je pro maximální teplotu 21 °C ve Variantě 1 nutno provést na maximální hodnotu Q_{vzduchu} dle Tab. 10, tj. 2 640 m³.h⁻¹ s patřičným rozdělením do jednotlivých aerovaných sekcí systému. Zároveň je nutno zohlednit dodržení minimální intenzity aerace v provzdušňovaných sekcích na úrovni 0,5 m³.m⁻³.h⁻¹.

7.3 Maximální kapacita D-R-D-N procesu ve Variantě 2

Výpočet maximálního přípustného zatížení navrženého aktivačního D-R-D-N procesu ve Variantě 2 pro objemové rozdělení dle Tab. 6 byl proveden pro koncentrační znečištění odpadních vod dle Tab. 2. Výpočty jsou provedeny pro různá hydraulická zatížení pro ustálený stav, přičemž byla postupným zvyšováním zatížení stanovena hodnota maximální

kapacity navrženého aktivačního D-R-D-N procesu. Výpočty byly provedeny pro různá stáří kalu takovým způsobem, aby byla při minimální teplotě 9 °C vždy dosažena maximální koncentrace kalu na úrovni 5 kg.m⁻³ (viz odstavec 6.2). Výpočty jsou realizovány takovým způsobem, aby bylo při minimální teplotě 9 °C dosaženo v ustáleném stavu stabilní nitrifikace a denitrifikace. Výsledky jsou graficky znázorněny na Obr. 8.



Obr. 9: Výpočet maximální kapacity intenzifikovaného uspořádání biologického systému ČOV Český Brod ve Variantě 2 po vybudování nových dosazovacích nádrží.

Z grafického výstupu na Obr. 9 je možno odvodit, že se maximální kapacita navrženého uspořádání biologického D-R-D-N systému ČOV Český Brod po intenzifikaci ve Variantě 2 pohybuje v ustáleném stavu na hranici cca 2 068 kg.d⁻¹ CHSK (17 230 EO), což odpovídá dennímu množství cca 2 812 m³ odpadních vod o složení uvedeném v Tab. 2. Kalkulovaná hodnota stáří kalu se pro uvedené zatížení pohybuje na úrovni 19 dní. Dosažené složení odtoku pak reprezentuje požadavek na zajištění stabilní nitrifikace a denitrifikace i při minimálních teplotách.

7.3.1 Technologické parametry procesu ve Variantě 2

Základní technologické parametry aktivačního systému ČOV Český Brod po rozšíření aktivačního procesu o nádrže uskladnění kalu jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 9. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace.

Tab. 11: Základní technologické parametry intenzifikovaného aktivačního procesu ČOV Český Brod - Varianta 2.

Parametr	Jednotka	D-R-D-N
Zatížení ČOV v EO dle CHSK a BSK ₅	EO	17 230
Zatížení aktivace v EO dle CHSK a BSK ₅	EO	17 230

Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	1 034
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	2 068
Hydraulické zatížení – Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	2 812
Odvětvění přítoku do sekce anoxické regenerace	% Q ₂₄	15,4
	m ³ .d ⁻¹	432
Objem aktivace	m ³	2 952
z toho objem anoxické regenerace – DI	m ³	100
z toho objem oxické regenerace – R	m ³	278
z toho objem denitrifikace – DII	m ³	682
z toho objem nitrifikace jedna – NI	m ³	503
z toho objem nitrifikace dva – NII	m ³	348
z toho objem nitrifikace tři – NIII	m ³	686
z toho objem nitrifikace čtyři – NIV		355
Minimální výpočtová teplota	°C	9
Průměrná výpočtová teplota	°C	14,7
Maximální výpočtová teplota	°C	21
Koncentrace biomasy v regeneraci při T _{min} = 10 °C	kg.m ⁻³	5,0
Koncentrace biomasy v nitrifikaci při T _{min} = 10 °C	kg.m ⁻³	8,7
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	100
	m ³ .d ⁻¹	2 812
Recirkulační poměr interní recirkulace	% Q ₂₄	200
	m ³ .d ⁻¹	5624
Hydraulická doba zdržení v hlavním proudu	h	22,0
Stáří kalu	d	19,0
Zásoba kalu v systému při T _{min} = 9 °C	kg	16 159
Produkce kalu při T _{min} = 9 °C (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	850
Koncentrace kyslíku v regeneraci	g.m ⁻³	1,0
Koncentrace kyslíku v nitrifikaci	g.m ⁻³	2,0
Objemové zatížení BSK ₅ (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,402
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,064
Zatížení kalu CHSK (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,123
Zatížení kalu N-celk (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,013
Typ systému	zatížení	nízké

7.3.2 Návrh potřeby kyslíku a vzduchu pro Variantu 2

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 OC_p je použito matematické simulace procesu v dynamickém stavu s fluktuací zatížení dle hydraulického a látkového denního profilu (viz Obr. 4) 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. Pro výpočet OCst a množství vzduchu byly uvažovány následující hodnoty:

teplota	21 °C
hloubka ponoru aeračních elementů	
regenerace	4,8 m
nitrifikace	4,45 m
koncentrace rozpuštěného kyslíku	
regenerace	1,0 mg.l ⁻¹
nitrifikace	2,0 mg.l ⁻¹
koeficient alfa	0,7
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %.m ⁻¹
nadmořská výška	214 m n. m.

Za účelem určení orientační hodnoty čisté potřeby kyslíku v ustáleném stavu byly vypočteny hodnoty OCp, OCst a Q_{vzduchu} v jednotlivých reaktorech aktivačního procesu. Situace je pro maximální výpočtovou teplotu 21 °C a hodnotu k_d = 1,145 (Q_d) shrnuta v Tab. 10.

Tab. 12: Návrh maximální potřeby vzduchu pro Q_d a teplotu 21 °C pro kapacitu 17 230 EO (Varianta 2).

Q _d	R	NI	NII	NIII	NIV	Celkem
OCp	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	307	592	352	539	221	2 011
maximum	346	731	378	633	277	2 366
minimum	239	430	270	333	144	1 416
OCst	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	511	1139	677	1038	426	3 791
maximum	577	1408	728	1219	533	4 465
minimum	399	827	520	641	277	2 663
Q_{vz}	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹
průměr	317	762	453	694	285	2 510
maximum	358	942	487	815	356	2 958
minimum	247	553	348	429	185	1 762
I_v	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹	-
průměr	1,140	1,515	1,300	1,012	0,415	-
maximum	1,287	1,872	1,400	1,188	0,519	-
minimum	0,889	1,099	0,999	0,625	0,270	-

Dimenzování aeračního zařízení a zdrojů vzduchu je ve Variantě 2 pro maximální teplotu 21 °C nutno provést na maximální hodnotu Q_{vzduchu} dle Tab. 12, tj. 2 958 m³.h⁻¹ s patřičným rozdělením do jednotlivých aeračních sekcí systému. Zároveň je nutno zohlednit dodržení minimální intenzity aerační v provzdušňovaných sekcích na úrovni 0,5 m³.m⁻³.h⁻¹.

8 ÚPRAVY KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

8.1 Strojní zahuštění přebytečného aktivovaného kalu

Intenzifikace biologického stupně ČOV Český brod pro kapacitu nad projektovou úroveň 13300 EO předpokládá v obou výše prezentovaných variantách instalaci strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu na místo stávajícího způsobu gravitačního zahuštění. Při porovnání gravitačního a strojního zahuštění kalu totiž dochází k dvojnásobnému zahuštění v případě aplikace technologie strojního zahuštění. Tímto způsobem pak logicky dochází ke dvojnásobnému snížení objemové produkce zahuštěného přebytečného kalu.

Pro účely strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu je možno navrhnout instalaci nového zahušťovacího zařízení (zahušťovací síto, šnek, odstředivka) s kompletním chemickým hospodářstvím pro přípravu a dávkování roztoku organického flokulantu. V Tab. 13 jsou uvedeny základní parametry stupně strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu pro Variantu 1 (kapacita 15 570 EO) a v Tab. 14 pro Variantu 1 (kapacita 17 230 EO).

Tab. 13: Technické parametry stupně strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu pro Variantu 1 (15 570 EO).

Ukazatel	jednotka	hodnota
hmotnostní množství přebytečného akt. kalu	kg.d ⁻¹	777
objemové množství přebytečného akt. kalu	m ³ .d ⁻¹	97
koncentrace sušiny po strojním zahuštění	kg.m ⁻³	40
objemové množství přeby. kalu po strojním zahuštění	m ³ .d ⁻¹	19

Tab. 14: Technické parametry stupně strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu pro Variantu 1 (17 230 EO).

Ukazatel	jednotka	hodnota
hmotnostní množství přebytečného akt. kalu	kg.d ⁻¹	850
objemové množství přebytečného akt. kalu	m ³ .d ⁻¹	106
koncentrace sušiny po strojním zahuštění	kg.m ⁻³	40
objemové množství přeby. kalu po strojním zahuštění	m ³ .d ⁻¹	21,3

Zahušťování přebytečného kalu je možno navrhnout s fondem pracovní doby v rozsahu 4 dní v týdnu v jedné směně. Při tomto časovém režimu je navrženo instalovat jedno zařízení pro strojní zahuštění o výkonu cca 30 m³.h⁻¹.

8.2 Aerobní stabilizace zahuštěného přebytečného aktivovaného kalu

Strojně zahuštěný kal je u Variant 1 navrženo aerobně stabilizovat v nové uskladňovací nádrži vybavené středobublinným aeračním systémem. Dodávka vzduchu bude zajištěna instalovaným dmychadlem. S ohledem na kalkulovanou produkci přebytečného aktivovaného kalu jsou v Tab. 15 uvedeny hlavní technické a technologické parametry procesu aerobní stabilizace v případě Varianty 1.

Tab. 15: Hlavní technické a technologické parametry aerobní stabilizace kalu pro ČOV Český Brod pro Variantu 1.

Parametr	jednotka	hodnota
objem uskladňovací nádrže	m ³	660
hmotnostní produkce přebytečného kalu	kg.d ⁻¹	777
koncentrace kalu po zahuštění	kg.m ⁻³	40
objemová produkce zahuštěného přebytečného kalu	m ³ .d ⁻¹	19
doba zdržení v uskladňovacích nádržích	d	35

Tab. 16: Hlavní technické a technologické parametry aerobní stabilizace kalu pro ČOV Český Brod pro Variantu 2.

Parametr	jednotka	hodnota
objem uskladňovací nádrže	m ³	630
hmotnostní produkce přebytečného kalu	kg.d ⁻¹	850
koncentrace kalu po zahuštění	kg.m ⁻³	40
objemová produkce zahuštěného přebytečného kalu	m ³ .d ⁻¹	21,3
doba zdržení v uskladňovacích nádržích	d	30

9 ZÁVĚR

Výše prezentovaný materiál představuje variantní návrh a technologické výpočty intenzifikace biologického stupně čistírny odpadních vod Český Brod na projektovou kapacitu 13 300 EO. Na základě provedených výpočtů lze formulovat níže prezentované závěry.

- Koncepce navýšení kapacity nad v současnosti projektovanou úroveň 13 300 EO představuje ve Variantě 1 aplikaci následujících opatření:
 - zvýšení maximálního hydraulického zatížení biologického stupně ČOV úměrně navýšení výsledného látkového zatížení,
 - zařazení nádrží aerobní stabilizace kalu do linek aktivačního procesu a jejich využití jako finální nitrifikační sekce,
 - objemové navýšení sekce DII o polovinu sekce NI,
 - instalaci nového strojně-technologického zařízení pro zahuštění přebytečného aktivovaného kalu,
 - eliminaci stávající nadzemní nádrže gravitačního zahuštění kalu,
 - výstavbu nové nádrže aerobní stabilizace strojně zahuštěného přebytečného kalu.
- Aktivační D-R-D-N proces rozšířený ve Variantě 1 o stávající nádrže aerobní stabilizace kalu bude mít objemové členění uvedené v následující tabulce:

Ukazatel	jednotka	jedna linka	dvě linky
Objem anoxické regenerace DI	m ³	50	100
Objem oxické regenerace R	m ³	139	278
Objem anoxické sekce DII/I	m ³	251	502

Objem anoxické sekce	DII/II	m ³	87	174
Objem první oxické sekce	NI	m ³	87	174
Objem druhé oxické sekce	NII	m ³	343	686
Objem třetí oxické sekce	NIII	m ³	177	355
Objem čtvrté oxické sekce	NIV	m ³	315	630
Celkem		m³	1 450	2 899

- Maximální látková kapacita uspořádání navrženého ve Variantě 1 představuje cca 15 570 EO s průměrným denním průtokem odpadních vod na úrovni 2 452 m³.d⁻¹ o vyhodnoceném složení prezentovaném v Tab. 2. Maximální dešťový přítok na biologický stupeň představuje 57 l.s⁻¹.
- Koncepce navýšení kapacity nad v současnosti projektovanou úroveň 13 300 EO představuje ve Variantě 2 aplikaci následujících opatření:
 - zvýšení maximálního hydraulického zatížení biologického stupně ČOV až na úroveň ředícího poměru pro původní kapacitu ČOV 9 962 EO,
 - využití stávajících čtvercových dosazovacích nádrží jako stupně denitrifikace v hlavním proudu aktivačního D-R-D-N procesu,
 - realizaci dvojice nových kruhových dosazovacích nádrží a čerpací stanice vratného a přebytečného kalu vně stávajícího oploceného areálu ČOV,
 - instalaci nového strojně-technologického zařízení pro zahuštění přebytečného aktivovaného kalu,
 - eliminaci stávající nadzemní nádrže gravitačního zahuštění kalu,
 - požadavky Varianty 2
- Požadavky Varianty 2 na zábor plochy mimo areál ČOV představují obdélník cca 15 m od plotu stávající ČOV po celé její šířce (cca 15 × 80 m).
- Aktivační D-R-D-N proces rozšířený ve Variantě 2 o stávající dosazovací nádrže a s vybudováním dvojice nových dosazovacích nádrží bude mít objemové členění uvedené v následující tabulce:

Ukazatel		jednotka	jedna linka	dvě linky
Objem anoxické regenerace	DI	m ³	50	100
Objem oxické regenerace	R	m ³	139	278
Objem anoxické sekce	DII/I	m ³	171	341
Objem anoxické sekce	DII/II	m ³	171	341
Objem první oxické sekce	NI	m ³	251	502
Objem druhé oxické sekce	NII	m ³	174	348
Objem třetí oxické sekce	NIII	m ³	343	686
Objem čtvrté oxické sekce	NIV	m ³	177	355
Celkem		m³	1 476	2 952

- Maximální látková kapacita uspořádání navrženého ve Variantě 2 představuje cca 17 230 EO s průměrným denním průtokem odpadních vod na úrovni 2 812 m³.d⁻¹ o vyhodnoceném složení prezentovaném v Tab. 2. Maximální dešťový přítok na biologický stupeň představuje 84,7 l.s⁻¹.
- Biologický systém intenzifikovaný v obou variantách na maximální kapacitu 15 570 resp. 17 230 EO v uspořádání aktivačního D-R-D-N procesu zajistí složení finálního odtoku prezentované následující tabulce.

Ukazatel	jednotka	hodnota „p“	hodnota „m“	roční průměr
CHSK	mg.l ⁻¹	60	100	-
BSK ₅	mg.l ⁻¹	14	20	-
NL	mg.l ⁻¹	18	25	-
N-celk	mg.l ⁻¹	-	25,0	14,0
P-celk	mg.l ⁻¹	-	3,0	1,5