


6			
5			
4			
3			
2	ČISTOPIS	6.1.2023	Ing. Kuba, Ph.D.
1	VYDÁNÍ KE KONTROLE	7.12.2022	Ing. Kuba, Ph.D.
REVIZE	POPIS	DATUM	SCHVÁLIL

Sweco Hydroprojekt a.s. Ústředí Praha Táborská 31, 140 16 Praha 4; praha@sweco.cz; www.sweco.cz				SWECO 	
VYPRACOVAL	Ing. Ružinský, Ph.D.	HIP	Ing. Rinn	T. KONTROLA	Ing. Kubová, Ph.D.
PROJEKTANT	Ing. Ružinský, Ph.D.	ŘEDITEL DIVIZE	Ing. Hanák	DATUM	01/2023
OBJEDNATEL	Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.			OKRES	BRNO
AKCE: Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice <					

Tato dokumentace včetně všech příloh (s výjimkou dat poskytnutých objednatelem) je duševním vlastnictvím akciové společnosti Sweco Hydroprojekt a.s. Objednatel této dokumentace je oprávněn ji využít k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy bez jakéhokoliv omezení. Jiné osoby (jak fyzické, tak právnické) nejsou bez předchozího výslovného souhlasu objednatele oprávněny tuto dokumentaci ani její části jakkoli využívat, kopírovat (ani jiným způsobem rozmnožovat) nebo zpřístupnit dalším osobám.

Poznámka: Podpisy zpracovatelů jsou připojeny pouze k výtisku číslo 01 nebo originálu přílohy (matrici).

OBSAH

strana

1.	Chemicko-technologické výpočty ČOV BRNO – MODŘICE	4
1.1	Zahuštění primárního kalu	4
1.2	Zahuštění přebytečného kalu	5
1.3	Nádrže směsného kalu	7
1.4	Výhnivací Nádrže.....	8
1.5	Plynové hospodářství	9
1.6	Odvodnění kalu	11
1.7	Sušení kalu	12
1.8	Stávající produkce bioplynu	14

1. CHEMICKO-TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY ČOV BRNO – MODŘICE

Technologický návrh nového kalového hospodářství ČOV Brno – Modřice řeší rekonstrukci a dostavbu kalového hospodářství. Výstavba nových objektů kalového hospodářství ČOV Brno – Modřice bude realizována na volných plochách umístěných ve středu stávajícího areálu, které nahradí stávající kalové hospodářství.

Návrh technologické kapacity nového kalového hospodářství vychází ze stávající kapacity ČOV Brno – Modřice 640 000 EO a zvolené technologie zpracování kalu (mezofilní vyhnívání kalu).

Návrh kapacit provozních linek kalového hospodářství:

Linka zahuštění primárního kalu:	35 t suš. /d
Linka zahuštění přebytečného kalu:	31,6 t suš. /d
Vyhnívací nádrže:	55/65* t suš. /d
Linka odvodnění stabilizovaného kalu:	55/65* t suš. /d kalu ke stabilizaci
Míra odvodnění stabilizovaného kalu:	24,5 - 28 %
Linka sušení odvodněného kalu:	55/65* t suš. /d kalu ke stabilizaci
Koncentrace sušeného kalu:	90 %

* Pro výjimečné případy souběhu vyšších hodnot množství kalu v obou proudech (PK a BK) je konstatováno, že po omezenou dobu lze připustit zatížení VN až 65 t/d.

V dalším textu jsou pro tyto případy uvedeny hodnoty jako krátkodobá maxima.

1.1 ZAHUŠTĚNÍ PRIMÁRNÍHO KALU

Zachycený primární kal v usazovacích nádržích bude čerpán do dvojice gravitačních zahušťovacích nádrží, kde dojde k odsazení kalové vody. Sedimentovaný kal u dna nádrže bude čerpán na separátor pevných částic, kde dojde ke zbavení primárního zahuštěného kalu hrubých nečistot. Zahuštěný primární kal bude zahuštěn na 5% koncentrace sušiny.

Po meziakumulaci vyčištěného zahuštěného primárního kalu v jímce bude zahuštěný primární kal čerpán do směsné nádrže kalu. Zahuštění primárního kalu zůstává původní, a proto není součástí projektu rekonstrukce.

Tabulka 1 Požadované vstupní a výstupní parametry pro zahuštění primárního kalu

Primární kal		
Vstupní parametry primárního kalu		
Průměrné množství kalu	2 325	m ³ /d
Návrhové množství kalu	3 048	m³/d
Krátkodobé maximální množství kalu	3 500	m ³ /d
Koncentrace kalu	1	%
Průměrná návrhová hmotnost zpracované sušiny	23 246	kg/den
Maximální hmotnost zpracované sušiny	30 475	kg/den
Krátkodobá max. hmotnost zpracované sušiny	35 000	kg/den
Stávající gravitační zahuštění primárního kalu		
počet jednotek	2	ks
průměr nádrže	16	m
plocha nádrže	201	m ²
objem nádrže	1 005,30	m ³
celková plocha nádrží	402	m ²
celkový objem nádrží	2 010,60	m ³
Výstupní parametry primárního kalu		
Průměrné množství kalu	442	m ³ /d
Návrhové množství kalu	579	m³/d
Krátkodobé množství kalu	665	m ³ /d
Návrhová koncentrace kalu	5	%
Maximální koncentrace kalu	8	%
Průměrná hmotnost zpracované sušiny	22 083	kg/den
Návrhová hmotnost zpracované sušiny	28 951	kg/den
Krátkodobá max. hmotnost zpracované sušiny	33 250	kg/den
NLzž	74,4	%

1.2 ZAHUŠTĚNÍ PŘEBYTEČNÉHO KALU

Zachycený přebytečný kal ze čtyř linek aktivačních nádrží bude přiveden do sběrné akumulární jímky objektu strojního zahuštění přebytečného kalu. Odtud bude čerpán do strojního zahuštění kalu pomocí odstředivek, které kal zahustí na 5% koncentrace sušiny v kalu. Fugát z odstředivek bude čerpán přes akumulární jímku zpět do procesu čištění. Pro zajištění dobré funkce strojního zahuštění kalu bude do přívodního potrubí přebytečného kalu před odstředivky dávkován flokulant, který po smíchání s kalem ve výtlačném potrubí zlepší zahušťovací vlastnosti kalu (vytváří shluky vloček kalu). Flokulant je dovážěn v podobě prášku, který bude rozmícháván s pitnou vodou v automatizované flokulační stanici. Předpokládá se spotřeba 1,5 kg flokulantu na tunu

sušiny v kalu. Zahuštěný přebytečný kal bude čerpán do akumulčních nádrží čerpací stanice směsného zahuštěného kalu.

Tabulka 2 Požadované vstupní a výstupní parametry pro zahuštění sekundárního (přebytečného) kalu

Přebytečný aktivovaný kal		
Vstupní parametry aktivovaného kalu		
Průměrné množství kalu	3 115	m ³ /d
Návrhové množství kalu	4 200	m³/d
Krátkodobé množství kalu	4 862	m ³ /d
Koncentrace kalu	0,65-0,8	%
Průměrná hmotnost zpracované sušiny	20 250	kg/den
Návrhová hmotnost zpracované sušiny	27 300	kg/den
Krátkodobá max. hmotnost zpracované sušiny	31 600	kg/den
Dávkování polymerního flokulantu		
Předpokládaná dávka polymeru	1,5	kg/t sušiny
koncentrace dávkovaného polymerního flokulantu	0,2	%
Zahušťovací odstředivky		
počet	2+1	ks
Výstupní parametry aktivovaného kalu		
Průměrné množství kalu	385	m ³ /d
Návrhové množství kalu	519	m³/d
Krátkodobé množství kalu	600	m ³ /d
Koncentrace kalu	5	%
Maximální koncentrace kalu	8	%
Průměrná hmotnost zpracované sušiny	19 238	kg/den
Návrhová hmotnost zpracované sušiny	25 935	kg/den
Krátkodobá max. hmotnost zpracované sušiny	30 020	kg/den
NLzž	68	%

1.3 NÁDRŽE SMĚSNÉHO KALU

Primární zahuštěný kal a zahuštěný přebytečný (sekundární) kal bude přiveden do směsných nádrží. Ve směsných nádrží budou oba kaly smíchány (homogenizovány) pomocí osazeného míchadla v nádrži. Z nádrží bude směsný zahuštěný homogenizovaný kal čerpán do vyhnívacích nádrží k anaerobní stabilizaci s produkcí bioplynu.

Tabulka 3 Parametry směsného zahuštěného kalu a množství zpracované sušiny

Nádrže na směsný zahuštěný kal		
počet	2	ks
objem nádrže	200	m ³
celkový objem nádrží	400	m ³
ČS směsného kalu		
Parametry surového kalu		
Průměrné množství kalu	826	m ³ /d
Návrhové množství surového kalu	1 098	m³/d
Krátkodobé množství kalu	1 265	m ³ /d
Koncentrace kalu	5	%
Maximální koncentrace kalu	8	%
Průměrná hmotnost zpracované sušiny – NL	41 321	kg/den
NLŽŽ	29 512	kg/den
NLŽŽ	71,4	%
popel	11 809	kg/den
Návrhová hmotnost zpracované sušiny	54 886	kg/den
NLŽŽ	39 176	kg/den
NLŽŽ	71,4	%
popel	15 710	kg/den
Krátkodobá max. hmotnost zpracované sušiny	63 270	kg/den
NLŽŽ	45 152	kg/den
NLŽŽ	71,4	%
popel	18 118	kg/den

1.4 VÝHNÍVACÍ NÁDRŽE

Zahuštěný směsný kal bude akumulován po dobu cca 20 dnů ve čtveřici vyhnívacích nádrží. Obsah nádrží bude udržován o konstantní teplotě cca 38 °C pomocí tepelných výměníků voda/kal osazených na okruhu recirkulace každé vyhnívací nádrže. Vstupní zahuštěný směsný kal bude na vstupu do vyhnívacích nádrží předeřhřátý ve výměníku tepla pomocí tepla kondenzační vody a ohřáté chladicí vody ze sušárny kalu a rekuperace tepla obsaženého v stabilizovaném kalu. Vyhnívací nádrže budou mechanicky míchány pomocí vertikálního míchadla: Míchání obsahu VN musí zajišťovat homogenní koncentraci nerozpuštěných látek (kalu). V jakémkoli místě vyhnívací nádrže nesmí koncentrace nerozpuštěných látek lišit o více než 10 %. Při ohřátí směsného kalu dochází k urychlení vývinu kalového plynu, kdy část organických látek je přeměněna na bioplyns obsahem metanu. Kalový plyn, bude jímán a akumulován v plynojemu, které bude umístěn v blízkosti vyhnívacích nádrží. Kalový plyn akumulovaný pod stropem každé VN bude odveden pomocí potrubí do odvodňovačů, které budou umístěny ve strojovně VN a dále pomocí nadzemní potrubní trasy do strojovny plynojemu a vlastního plynojemu. Vyhnívací nádrže budou provozovány s proměnnou provozní hladinou - (mezni stavy jsou provozní hladina a hladina po zaplnění akumulačního objemu VN). Objem akumulačního prostoru vyhnívacích nádrží bude za běžného provozu využíván dle provozní potřeby.

Tabulka 4 Parametry vyhnívacích nádrží a stabilizovaného kalu

Vyhnívací nádrže		
počet kusů	4	ks
vnitřní průměr nádrže	24	m
provozní hydraulický objem 4 VN	22 000	m ³
provozní hydraulický objem 1 VN	5 500	m ³
maximální hydraulický objem 4 VN	26 400	m ³
maximální hydraulický objem 1 VN	6 600	m ³
celkový hydraulický objem VN bez akumulačního prostoru	22 000	m ³
objem akumulačního prostoru kalu ve VN	4 400	m ³
výška plynového prostoru	min 2	m
Návrhová teplota	38	°C
Maximální nehomogenita obsahu nádrže	10	%
Stabilizovaný kal		
úbytek organických látek ve VN	54	% NLzž
Průměrné hodnoty		
objem	826	m ³
bilance	25 385	kg/d
koncentrace kalu	3,07	%
NLzž	13 575	kg/d
	53,5	%

Návrhový stav		
objem	1 098	m³
bilance	33 732	kg/d
koncentrace kalu	3,07	%
NLzž	18 021	kg/d
	53,4	%
Krátkodobé maximum		
objem	1 265	m ³
bilance	38 888	kg/d
koncentrace kalu	3,07	%
NLzž	22 770	kg/d
	53,4	%

1.5 PLYNOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Kalový plyn, bude jímán ve volně stojícím plynojemu. Z plynojemu bude kalový plyn odveden pomocí potrubí na odsíření a následně ke spotřebě. U odvodu kalového plynu z plynojemu bude osazena zvyšovací stanice plynu, kde bude zvýšen tlak plynu v potrubí kalového plynu.

Veškerý vyprodukovaný plyn ve vyhnívacích nádržích bude přiveden na odsíření do odsířovací stanice. Obsah síry v kalovém plynu může způsobit korozi na plynových zařízeních, zvláště pak na zařízeních pro spalování kalového plynu (kotle, kogenerační jednotky). Snížení koncentrace síry ve spalovaném plynu je rovněž nutné pro snížení exhalací do ovzduší při jeho spalování. Proto bude kalový plyn zbaven obsahu síry na neškodnou mez. Pomocí nových trubních tras kalového plynu bude odsířený kalový plyn přiveden samostatnými trubními trasami k místům spotřeby, kterými jsou stávající objekt plynových motorů (KGJ) a nová kotelná sušení kalu.

Případné přebytky kalového plynu budou spalovány na nových hořácích zbytkového plynu. Hořáky zbytkového plynu budou použity v případě nutnosti spálení přebytečného kalového plynu. Dimenzování spotřebičů plynu je však navrženo tak, aby veškerý produkovaný plyn byl spotřebován.

Tabulka 5 Parametry produkce bioplynu

Produkce bioplynu		
obsah metanu v bioplynu	62	% CH ₄
Produkce surového kalu – průměr		
Specifická produkce bioplynu na přivedené NLzž v surovém kalu	0,514	Nm ³ /kg NLzž
Celková produkce bioplynu	15 181	Nm ³ /d
Specifická produkce na odstraněné organické látky	0,95	Nm ³ /kg NLzž
Produkce surového kalu – návrhová hodnota		
Specifická produkce bioplynu na přivedené NLzž v surovém kalu	0,512	Nm ³ /kg NLzž
Celková produkce bioplynu	20 074	Nm ³ /d
Specifická produkce na odstraněné organické látky	0,95	Nm ³ /kg NLzž
Produkce surového kalu – krátkodobé maximum		
Specifická produkce bioplynu na přivedené NLzž v surovém kalu	0,512	Nm ³ /kg NLzž
Celková produkce bioplynu	23 111	Nm ³ /d
Maximální produkce bioplynu	1 204	Nm ³ /h
Specifická produkce na odstraněné organické látky	0,95	Nm ³ /kg NLzž
Odsiřovací stanice bioplynu		
průtočná kapacita odsiřovací stanice	9 618 - 28 896	Nm³/d
Hořák zbytkového plynu	1 204	m³/h
Plynojem	5 000	m ³
Biofiltry		
Biofiltr F a E – sušení kalu	2	ks
maximální plocha každého biofiltru	520	m ²
Biofiltr G – zahuštění přebytečného kalu	1	ks
maximální plocha biofiltru	115	m ²
Biofiltr H – zahuštění primárního kalu, zahušťovací nádrže a čerpací stanice směsného kalu,		1 ks
maximální plocha biofiltru	115	m ²

1.6 ODVODNĚNÍ KALU

Stabilizovaný směsný kal bude mezi-akumulován a homogenizován ve vyrovnávacích nádržích a poté čerpán na strojní odvodnění kalu. V podzemním podlaží bude umístěna čerpací technika pro prázdnění vyrovnávacích nádrží.

Tabulka 6 Parametry vyrovnávacích nádrží

Vyrovnávací nádrže vyhnílého kalu		
počet	2	ks
objem nádrže	200	m ³
celkový objem nádrží	400	m ³
koncentrace kalu	3,07	%

Strojní odvodnění kalu bude realizováno pomocí odvodňovacích odstředivek, které kal odvodní na 24,5% koncentrace sušiny v kalu. Oddělený fugát bude čerpán přes akumulační jímku zpět do procesu čištění odpadní vody. Pro zajištění dobré funkce strojního odvodnění kalu bude do přívodního potrubí stabilizovaného směsného kalu do strojního odvodnění kalu dávkován polymerní flokulant, který po smíchání s kalem ve výtlačném potrubí zlepšší odvodňovací vlastnosti kalu (vytváří shluky vloček kalu). Flokulant je dovážěn v podobě prášku, který bude rozmícháván s pitnou vodou v automatizované flokulační stanici. Předpokládá se spotřeba 7-10 kg flokulantu na tunu sušiny v kalu. Odvodněný kal bude čerpán do dvou provozních linek sušení kalu, nebo do venkovního kalového akumulačního sila odvodněného kalu. Pro možnost akumulace a odvozu odvodněného kalu v rámci areálu ČOV bude u objektu odvodnění realizováno zásobní silo na odvodněný kal o objemu 100 m³. Kalové silo bude podjížděné automobilovou technikou pro odvoz odvodněného kalu v kontejnerech. Kalové silo bude využíváno v případě havárie, nebo dlouhodobé odstávky navazujícího provozu sušení kalu.

Tabulka 7 Množství flokulantu a parametry stabilizovaného kalu před a po strojním odvodnění při průměrném návrhovém množství kalu

Příprava flokulantu na odvodnění kalu		
specifická dávka	7	kg/t NL
koncentrace	0,2	%
Strojní odvodnění vyhnílého kalu		
počet odstředivek	2+2	ks
Návrhová hodnota NLzž pro návrh odstředivek	58	%
Kalová jímka na fugát		
objem jímky	70	m ³
Stabilizovaný kal na odvodnění		
Průměr		

objem	911	m ³ /d
bilance	25 385	kg/d
koncentrace	2,77	%
Návrhová hodnota		
objem	1 216	m ³ /d
bilance	33 731	kg/d
koncentrace	2,77	%
Krátkodobé maximum		
objem	1 402	m ³ /d
bilance	38 888	kg/d
koncentrace	2,77	%
Odvodněný kal		
Průměr		
objem	98	m ³ /d
bilance	24 115	kg/d
koncentrace	24,5	%
Návrhová hodnota		
objem	131	m³/d
bilance	32 045	kg/d
koncentrace	24,5	%
Krátkodobé maximum		
objem	151	m ³ /d
bilance	36 944	kg/d
koncentrace	24,5	%
maximální množství odvodněného kalu za rok při průměrném množství kalu		
	39 520	t/rok
Silo odvodněného kalu		
počet sil	1	ks
objem sila	100	m ³

1.7 SUŠENÍ KALU

Sušením kalu je významným snížením obsahu vody dosažena minimalizace objemu výsledného vedlejšího produktu čištění odpadních vod, tj. kalu. Navíc výsledný produkt je energeticky využitelný jako palivo. Sušení odvodněného kalu je navrženo v nízkoteplotní sušárně kalu. Nízkoteplotní sušárny produkují úsušky kalu s podílem prachových částic pod 2 % hmotnosti kalu, což je kritická mez výbušnosti sušeného kalu se vzduchem.

Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice	S0.2 VŠEOBECNÉ SPECIFIKACE - CHEMICKO-TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY
S0 VŠEOBECNÉ SPECIFIKACE	DPS

Je navrženo dvoulinkové uspořádání sušení kalu. Potřebné periferie linek sušení kalu nejsou sdíleny, proto je provoz obou linek na sobě nezávislý a je tak zabezpečen kontinuální provoz celé linky sušení kalu. Odvodněný kal bude čerpán z objektu odvodnění kalu do vstupního bunkru (zásobník sušárny kalu) pro odvodněný kal. Výhodou vstupního zásobníku je, že vstupní zásobník může být plněn z mobilní techniky (nákladní vozy, autokontejnery), tedy z externích zdrojů. Po usušení kalu v sušárně kalu bude kal pneumaticky dopravován k akumulaci ve dvou speciálních silech usušeného kalu. Odtud bude sušený kal plněn do kontejnerů, které budou dopravovány mimo areál ČOV k likvidaci. Do linky usušeného kalu bude zařazena drtička úsušků, která sníží objem úsušků zhruba na polovinu.

Tabulka 8 Provozní parametry (kapacita) sušárny kalu

Sušárna kalu		
počet linek sušárny	2	linky
sušina odvodněného kalu	24,5	%
Provozní doba sušárny	8 000	hod/rok
Kapacita 1 linky sušení kalu	60	% celkové kapacity
usušený kal – sušina	90	%
maximální plocha 1 linky sušárny	Dle typu a údajů výrobce	m x m
zpětné využití tepla z kondenzátu a chladicí vody	Dle typu a údajů výrobce	MWh/den
celkové povolené množství kalové vody $\Sigma = 150$ l/s	150	l/s
Odpařovací kapacita 1 linky	2 606	kg H ₂ O/hod
Usušený kal		
sušina kalu	90	%
sypná hmotnost	350	kg/m ³
Silo na usušený kal inertizované dusíkem		
počet sil	4	ks
objem 1 sila	50	m ³
celkový objem sil	200	m ³
Drtička úsušků		
vstupní sypná hmotnost	350	kg/m ³
výstupní sypná hmotnost = vstup do kontejnerů	650	kg/m ³
kontejnerové stání		
počet kontejnerů	28	ks

objem 1 kontejneru	20	m ³
celkový objem kontejnerů	560	m ³

1.8 STÁVAJÍCÍ PRODUKCE BIOPLYNU

Stávající produkce bioplynu je při denní produkci zahuštěného primárního kalu 432 m³/d a zahuštěného přebytečného kalu 284 m³/d (průměrné produkce kalů za období 2019 – 2021), době zdržení ve stávajících vyhnívacích nádržích 20,9 dne, při 48 % účinnosti odstranění organického podílu ve vyhnívací nádrži a 58 % obsahu metanu v bioplynu 9253 m³/d.

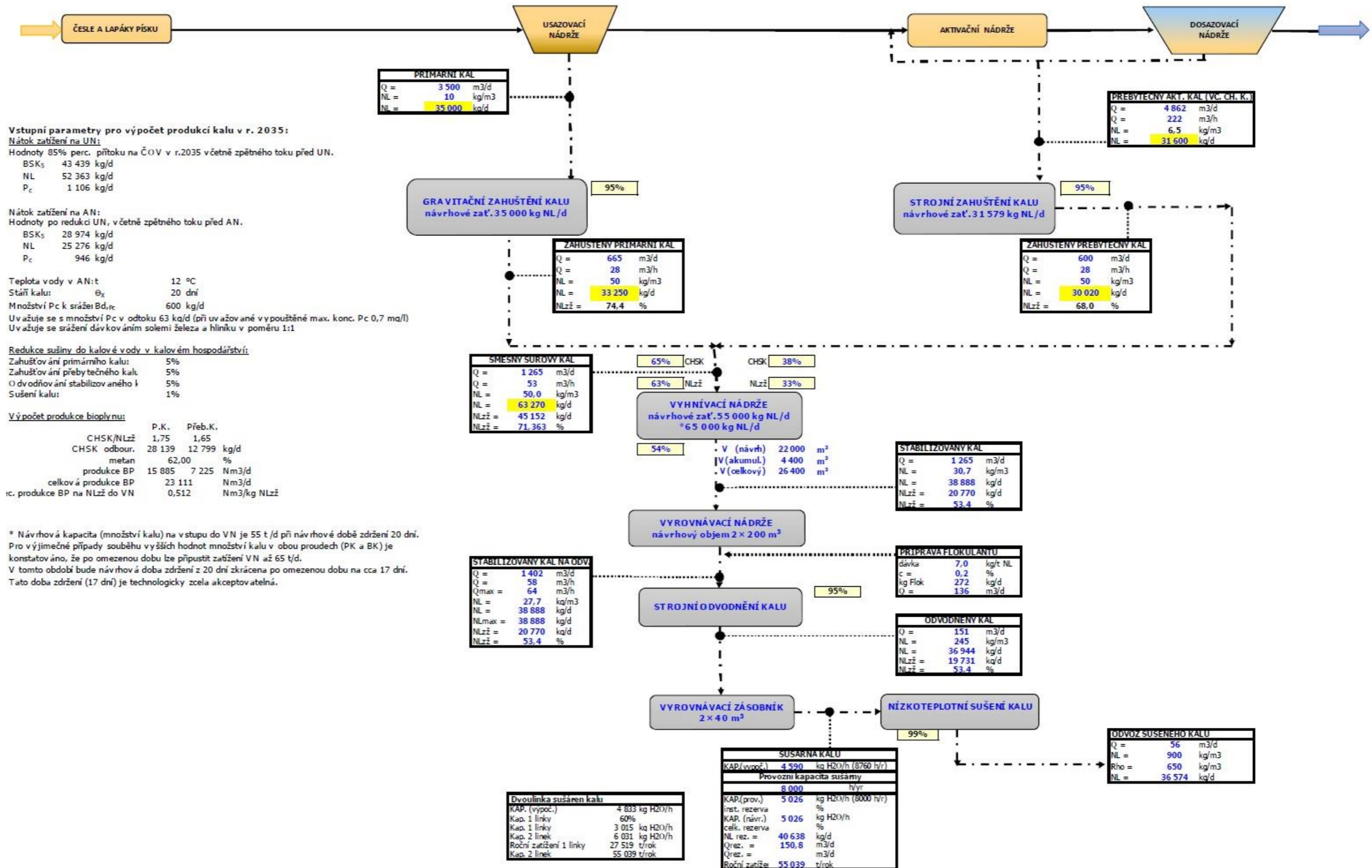
Stávající sušárny by měli pracovat v následujícím režimu:

Tabulka 9 Režim práce stávajících sušáren

Počet linek	1	ks	2
Vstupní množství odvodněného kalu na 1 linku	1769,8	kg/h	3539,5
Sušina odvodněného kalu	25 %	%	25 %
Výstupní sušina kalu	90 %	%	90 %
Množství sušiny ve vstupujícím kalu	433,6	kg/h	867,2
Množství vody ve vystupujícím kalu	1336,2	kg/h	2672,3
Množství sušeného kalu vystupujícího ze sušárny	481,8	kg/h	963,5
Množství odpařené vody	1288,0	kg/h	2576,0
Množství odpařené vody po zohlednění 60 % a 8000 h/r provozu	1692,4	kg/h	3384,8

ČOV BRNO - LÁTKOVÉ SCHÉMA

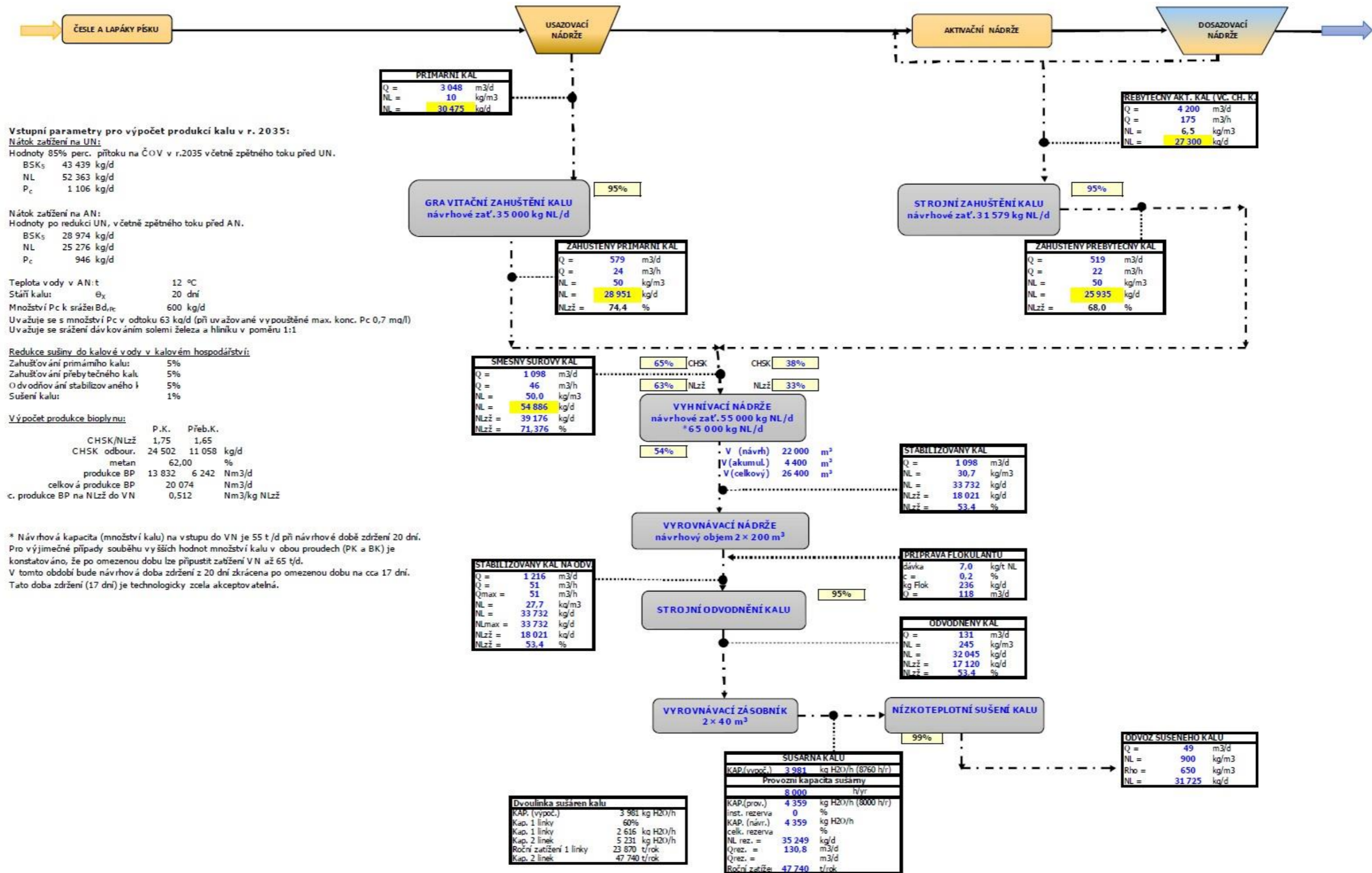
VÝHLEDOVÉ ZATÍŽENÍ - 2035 - (krátkodobé max.) - 65 t NL na VN



* Návrhová kapacita (množství kalu) na vstupu do VN je 55 t/d při návrhové době zdržení 20 dní.
Pro výjimečné případy souběhu vyšších hodnot množství kalu v obou prouděch (PK a BK) je konstatováno, že po omezenou dobu lze připustit zatížení VN až 65 t/d.
V tomto období bude návrhová doba zdržení z 20 dní zkrácena po omezenou dobu na cca 17 dní.
Tato doba zdržení (17 dní) je technologicky zcela akceptovatelná.

ČOV BRNO - LÁTKOVÉ SCHÉMA

VÝHLEDOVÉ ZATÍŽENÍ - 2035 - (85%perc.) - 55 t NL na VN



ČOV BRNO - LÁTKOVÉ SCHÉMA

VÝHLEDOVÉ ZATÍŽENÍ - 2035 - (průměr)

