

AČOV TÁBOR

KALOVÁ KONCOVKA

II. ETAPA - NÁDRŽE

Technologické a hydrotechnické údaje

Příloha souhrnné technické zprávy

Zak. číslo: 1361 – 86

**Objednatel: Vodárenská společnost Tábořsko s.r.o.
Kosova 2894
390 02 Tábor**

**Zpracovatel: EKOEKO s. r. o.
Senovážné nám. 1
370 01 České Budějovice**

**Řešitel: Ing. Josef Smažík
Ing. Jiří Unger**

České Budějovice, listopad 2017

OBSAH:

1. Principy navrženého technického řešení.....	3
1.1 <i>Současná technologie kalového hospodářství.....</i>	<i>3</i>
1.2 <i>Celkový popis navrženého záměru.....</i>	<i>3</i>
2. Návrhová produkce kalu.....	4
2.1 <i>Bilance kalového hospodářství po modernizaci.....</i>	<i>4</i>
3. Rozměry a užité objemy objektů	5
3.1 <i>Stávající nadzemní nádrže (stavebně upravené).....</i>	<i>5</i>
3.2 <i>Stávající ocelové jímky</i>	<i>5</i>
4. Základní parametry nových strojních zařízení.....	6
5. Návrh technologických parametrů	6
5.1 <i>Současný jednostupňový anaerobní proces</i>	<i>6</i>
5.2 <i>Výhledový stav anaerobního procesu.....</i>	<i>7</i>
5.3 <i>Homogenizace vyhnílého kalu před odvodněním</i>	<i>8</i>
5.4 <i>Strojní odvodňování kalu</i>	<i>8</i>

1. Principy navrženého technického řešení

Pro čištění odpadních vod z města Tábor slouží stávající mechanicko-biologická čistírna (tzv. areálová, dále AČOV), uvedená do trvalého provozu v roce 1993, aby odlehčila již přetížené ČOV Klokoty. Další etapou rozvoje AČOV byla intenzifikace její linky mechanického a biologického čištění, realizovaná v období let 2013 – 2014. Provozovatelem AČOV je firma ČEVAK a.s., provozní středisko Tábor.

Cílem navrženého záměru je dokončení procesu intenzifikace a modernizace areálu AČOV, započatého v rámci předchozí stavby. Bude provedena obnova stávající technologie zpracování kalů, zahrnující výměnu a doplnění původního strojního vybavení i stavební úpravy existujících objektů, včetně dílčích změn jejich využití.

1.1 Současná technologie kalového hospodářství

Soubor kalového hospodářství AČOV Tábor se skládá ze strojního zahušťování přebytečného kalu, dvojice vyhnívacích nádrží, uskladňovací nádrže, nevyužívané zahušťovací nádrže a strojního odvodnění kalu. Do paralelně řazených vyhnívacích nádrží I° je čerpán primární a zahuštěný přebytečný kal, jehož ohřev je prováděn šroubovicovými výměníky typu voda/kal, využívajícími tepelný výkon kogeneračních jednotek. Náhradním zdrojem tepla jsou plynové kotle, spalující bioplyn a zemní plyn. Vyhnívací nádrže se míchají bioplynem, stlačeným pomocí lamelových kompresorů. Vyhnílý kal je gravitačně přepouštěn do nadzemní uskladňovací nádrže, míchané vrtulovým míchadlem. Z nádrže se kal odebírá k odvodnění na šnekových kalolisech. Odvodněný kal je pomocí soustavy dopravníků ukládán na manipulační skládce a následně odvážen k likvidaci. Filtrát z odvodňování kalu se odvádí do jímky kalové vody, odkud se řízeně čerpá zpět do procesu biologického čištění.

Sestava, kapacita a technologické parametry souboru anaerobního zpracování kalu nezajišťují jeho výhledovou provozní stabilitu, jednostupňový anaerobní proces má omezenou efektivitu i účinnost v produkci bioplynu. Ve stávajícím zařízení nelze plně energeticky využít dostupné zdroje externích organických substrátů.

1.2 Celkový popis navrženého záměru

Při návrhu úprav kalového hospodářství AČOV bude využito stávajících stavebních objektů, bez nutnosti dostaveb. Jako hlavní opatření je navrženo zvýšení funkčního objemu anaerobních reaktorů o cca 50 % zakrytím původní uskladňovací nádrže a její přeměnou na vyhnívací nádrž II. stupně. Nádrž se osadí veškerým vystrojením (analogicky s I. stupněm - kapalinová pojistka, jímač bioplynu, míchání, ohřev atd). Dvoustupňové uspořádání nádrží s uzavřeným II. stupněm výrazně zvýší stabilitu a výkonnost anaerobního procesu a zároveň odstraní riziko současného provozu, tj. odstavení anaerobního zpracování kalu při havárii, opravě nebo pravidelné revizi jedné ze dvou nádrží I. stupně. Nově vystrojená nádrž se v takovém případě využije pro I. stupeň (s ohřevem kalu). Jednostupňový provoz všech tří vyhnívacích nádrží se pro vyšší energetickou náročnost běžně neuvažuje.

Vyhnílý kal bude přepouštěn z vyhnívací nádrže II° do stávající zahušťovací nádrže v nadzemním ocelovém provedení, která bude upravena jako uskladňovací nádrž. Míchání jejího obsahu se zajistí ponornými vrtulovými míchadly. Kal z nádrže bude odebírán na strojní odvodnění v modernizované lince, kde byly v rámci I. etapy úprav kalové koncovky již demontovány staré sítopásové kalolisy i rotační zahušťovače a namísto nich osazeny nové šnekové lisy. Odvodňování kalu má 2 samostatné linky.

Ke každému lisu náleží čerpadlo s předřazeným macerátorem, stanice pro přípravu a dávkování flokulantu a společná sestava šnekových dopravníků pro dopravu kalu.

Nad kolektorem usazovacích nádrží byla osazena stanice pro příjem dovážených kalů s předčištěním na ručních česlích a měřením průtoku. Kaly jsou akumulovány ve dvojici ocelových jímek a zubovým čerpadlem odtahovány do vyhnívacích nádrží I°

V rámci II. etapy modernizace kalové koncovky se v kolektoru usazovacích nádrží doplní armaturní výstroj na potrubí odběru primárního kalu a vymění se čerpadla do vyhnívacích nádrží I°. Účelem nových pneumatických uzávěrů bude optimalizace procesu odpouštění primárního kalu, zvýší se jeho koncentrace při snížení objemu.

2. Návrhová produkce kalu

Kapacita modernizované linky biologického čištění na AČOV Tábor činí 95 000 EO, přičemž případné zvýšení zatížení nad 100 000 EO neohroží plnění požadovaných limitů pro vypouštění odpadních vod. Proto je nezbytné, aby obdobná rezerva byla zajištěna i v objektech a zařízeních kalového hospodářství, včetně zvýšení technické úrovně zpracování kalu (obdobně modernímu řešení hlavní čistírenské linky).

2.1 Bilance kalového hospodářství po modernizaci

Přestože objekty kalového hospodářství nebyly předmětem realizované intenzifikace hlavní technologické linky, byla očekávaná produkce kalu orientačně stanovena. Uvedené návrhové hodnoty platí při dosažení optimálních provozních podmínek.

▪ **Primární kal**

produkce sušiny primárního kalu	3900 kg/d
produkce organické sušiny	2750 kg/d
koncentrace sušiny kalu	48 kg/m ³
objemová produkce primárního kalu	81 m ³ /d

▪ **Přebytečný aktivovaný kal + chemický kal**

produkce sušiny přebytečného a chemického kalu	2887 kg/d
produkce sušiny přebytečného kalu	2651 kg/d
produkce sušiny chemického kalu	236 kg/d
produkce organické sušiny kalu	1890 kg/d
objemová produkce při strojním zahuštění na 45 kg/m ³	64 m ³ /d

▪ **Směsný surový kal**

produkce sušiny směsného kalu	6787 kg/d
organická sušina směsného kalu	4640 kg/d
celková objemová produkce směsného kalu na vstupu do VN	145 m ³ /d

▪ **Vyhnílý anaerobně stabilizovaný kal**

produkce sušiny vyhnílého kalu	4467 kg/d
organická sušina vyhnílého kalu	2320 kg/d
objemová produkce vyhnílého kalu	145 m ³ /d

Pokud by došlo k plnému využití látkové kapacity biologické linky (cca 120 tis. EO_{60}), vzroste objemová produkce kalu až k cca 180 m^3/d . Při běžném objemu dovezených externích substrátů cca 20 m^3/d bude průměrná denní produkce surového směsného kalu činit cca 200 m^3/d . V tom případě se doba zdržení kalu ve vyhnívacích nádržích I. stupně bude pohybovat na úrovni cca 12 dní, což je u dvoustupňového systému při pečlivém vedení procesu vyhnívání ještě přijatelné.

3. Rozměry a užité objemy objektů

V následujícím přehledu jsou uvedeny základní rozměry a užité objemy hlavních nádrží a jímek technologického soboru kalového hospodářství AČOV Tábor.

3.1 Stávající nadzemní nádrže (stavebně upravené)

▪ Vyhnívací nádrž I° č. 1

světlý průměr	10,0 m
světlá výška	16,8 m
střední provozní hladina (kóta +13,50)	15,9 m
provozní užité objem	1230 m^3
maximální hladina (kóta +14,00)	16,4 m
maximální užité objem	1265 m^3

▪ Vyhnívací nádrž I° č. 2

světlý průměr	10,0 m
světlá výška	16,8 m
- provozní parametry jsou shodné s nádrží č. 1	

▪ Vyhnívací nádrž II° (pův. uskladňovací)

světlý průměr	10,0 m
světlá výška	16,8 m
nový spádový beton	100 m^3
střední provozní hladina (kóta +12,40)	14,8 m
provozní užité objem	1050 m^3
maximální hladina (kóta +14,00)	16,4 m
maximální užité objem	1165 m^3

▪ Uskladňovací nádrž kalu (pův. zahušťovací)

světlý průměr	16,0 m
světlá výška	5,15 m
maximální hladina	4,55 m
maximální užité objem	800 m^3

3.2 Stávající ocelové jímky

▪ Akumulační nádrž plovoucích nečistot

světlý průměr	1,6 m
světlá výška	7,1 m
užité objem	9,6 m^3

▪ Akumulační nádrž primárního kalu

světlý průměr	1,6 m
světlá výška	7,1 m
užitný objem	9,6 m ³

▪ Akumulační nádrže dovezených kalů

světlý průměr	1,6 m
světlá výška	6,2 m
užitný objem	2x 10,7 m ³

4. Základní parametry nových strojních zařízení

Níže uvádíme přehled základních výkonových parametrů nově navrženého strojního zařízení soborů kalového hospodářství, plynového hospodářství a odvodňování kalu.

▪ PS 07 Kalové hospodářství

Čerpadlo primárního kalu	Q= 21,5 l/s
Čerpadlo vyklízení VN II°	Q= 15,2 l/s
Čerpadlo hydraulického míchání VN II°	Q= 145,5 l/s
Čerpadlo tepelné cirkulace VN II°	Q= 10,3 l/s
Čerpadlo vyklízení UNK	Q= 10,1 l/s
Šroubovicový výměník voda/kal pro ohřev VN II° (pouze v režimu I°)	
– jmenovitá teplosměnná plocha	6,0 m ²

▪ PS 08 Plynové hospodářství

Lamelový kompresor bioplynu VN II°	Q= 113 m ³ /h
------------------------------------	--------------------------

▪ PS 09 Odvodňování kalu

Vřetenové čerpadlo kalu	Q= 3 - 18 m ³ /h
Šnekový kalolis – provozní látkový výkon	400 kg suš./h
Šnekový kalolis – provozní hydraulický výkon	Q= 14 m ³ /h
Automatická stanice přípravy flokulantu - výkon	Q= 2200 l/h
– zařízení PS 09 byla instalována v rámci I. etapy stavby	

5. Návrh technologických parametrů

5.1 Současný jednostupňový anaerobní proces

V současnosti jsou na AČOV provozovány dvě vyhnívací nádrže s pevným stropem, paralelně zatěžované jako I. stupeň v mezofilním režimu, tj. s provozní teplotou 40°C ± 1°, míchané stlačeným bioplynem. Jejich střední užitečný objem je cca 2x 1230 m³. Provozovány jsou se střídavým odpouštěním a plněním kalu na střední provozní hladině, není tudíž využíván instalovaný přepad na maximální hladině.

Teoretická doba zdržení v nádržích I° s použitím návrhových hodnot produkce kalu vychází cca 17 dní. Dlouhodobé provozní výsledky však prokazují, že předpokládané optimální zahuštění primárního kalu je v provozu při současném strojním vybavení obtížně dosažitelné a pohybuje se převážně pod 40 kg/m³.

Provozně vykazovaný objem surového směsného kalu dosahuje běžně 200 m³/d, což znamená, že reálná doba zdržení ve vyhnívacích nádržích činí cca 12 dnů.

Ekonomickým záměrem je maximálně energeticky využít dovážené externí organické substráty. Jejich reálné množství lze odhadnout přibližně na 20-25 m³/d. Po zahrnutí jejich objemu činí doba zdržení již pouhých cca 11 dní. S uvažováním nutné výhledové kapacitní rezervy by poklesla průměrná doba zdržení v I. stupni pod 10 dní, což není zárukou ustáleného a bezpečného provozu.

Produkce kalu během kalendářního roku kolísá. Minimální je obvykle dosahována o prázdninových měsících, maximální od listopadu do ledna. Rozdíly činí i 15-25 %. Celkovou produkci směsného kalu ovlivňuje i dovoz kalů z menších ČOV, který je obvykle nárazový a krátkodobě tak dochází k výrazným výkyvům.

Lepší zahuštění primárního kalu je proto zásadním opatřením pro zajištění stability anaerobního procesu. Jeho současné průměrné množství se dle provozních bilancí pohybuje v rozpětí cca 115-155 m³/d, extrémní denní hodnoty jsou však i vyšší.

Současná produkce bioplynu (01-10/2017) se pohybuje v rozmezí 2200-3800 m³/d (vypočteno z měřených objemů). Roku 2013 byla dokončena instalace nových 2 ks kogeneračních jednotek o elektrickém výkonu 2x 175 kW a tepelném výkonu 2x 215 kW. Při zohlednění jejich provozní využitelnosti (cca 90 %) jsou jednotky schopné zpracovat na výrobu elektrické energie kolem 3100 m³ bioplynu za den, špičkově až 3500 m³/d. Současné maximální denní produkce bioplynu již tyto hodnoty přinášejí.

5.2 Výhledový stav anaerobního procesu

Kapacita anaerobního procesu je dána především kapacitou vyhnívacích nádrží I°. Za běžných provozních podmínek by doba zdržení kalu na I. stupni neměla klesnout pod 12 dní. Zatížení organickými látkami pak obvykle dosahuje cca 2 kg/m³/d. Při kvalitní adaptaci anaerobního procesu na dovážený substrát, jeho rovnoměrném dávkování, pečlivém provozním vedení a sledování procesu vyhnívání lze za mezni hodnoty zatížení uvažovat 2,5-3,0 kg/m³/d organických látek a dobu zdržení 10 dní na I. stupni.

Kapacita vyhnívacích nádrží po provedené rekonstrukci umožní zpracovat průměrné objemové množství kalu až 200 m³/d, špičkově až 240 m³/d. Minimální doba zdržení tak neklesne pod 10 dní. Látková kapacita se zvýší natolik, že umožní zpracovat veškerý směsný kal z čistírny až do zatížení cca 120 000 EO a zároveň dovážet externí substráty minimálně na současné úrovni, tj. cca 20 – 25 m³/d, za předpokladu obdobné kvality.

Po zvýšení kapacity vyhnívacích nádrží o II. stupeň na celkový užitný objem 3500 m³ a po zlepšení stupně zahuštění primárního kalu by ani výhledově přiváděné látkové zatížení nemělo být pro provoz modernizované AČOV Tábor limitující. Omezujícím parametrem pravděpodobně bude kapacita stávajících kogeneračních jednotek.

Nově navržené strojní vybavení a trubní propojení vyhnívacích nádrží umožní i jejich jednostupňový provoz. V takovém případě při dodržení minimální doby zdržení 12 dní lze teoreticky zpracovat až 290 m³/d surového kalu. Tento provoz nádrží však není žádaný, neposkytuje dostatek provozní stability, hrozí přetížení nádrží (i látkové) a kolaps procesu. Dvoustupňové vyhnívání kromě výrazně vyšší stability poskytuje o cca 15 % zvýšenou produkci bioplynu vlivem prohloubení rozkladu organických látek spolu s lepší odvodnitelností vyhnílého kalu a v konečném důsledku i snížení objemu likvidovaného kalu.

5.3 Homogenizace vyhnílého kalu před odvodněním

Pro kvalitní homogenizaci vyhnílého kalu před odvodněním bude sloužit stávající (neprovozovaná) zahušťovací nádrž užitého objemu 800 m^3 , opravená a využitá jako uskladňovací nádrž kalu. V nádrži bude trvale držen objem kalu, odpovídající jeho cca dvoudenní produkci (400 m^3). Obsah nádrže bude mechanicky míchán. Účinná homogenizace kalu bude mít pozitivní dopad na určení optimální dávky organického flokulantu při jeho následném odvodňování. Udržování volného objemu nádrže na úrovni cca 400 m^3 umožní odstávku odvodňovacího zařízení na 2 dny.

5.4 Strojní odvodňování kalu

Zařízení pro odvodňování kalu, instalované v I. etapě modernizace kalové koncovky, zahrnuje dvě samostatné linky se šnekovými kalolisy s provozním látkovým výkonem 1 stroje 400 kg sušiny/h a hydraulickým výkonem $14 \text{ m}^3/\text{h}$. Při běžném provozu obou linek je pro maximální uvažovanou produkci vyhnílého kalu potřebná provozní doba zařízení 10 – 12 h denně po dobu 7 dní v týdnu. Při poruše jednoho kalolisu by pak druhý mohl zpracovat veškerý kal za cca 20 – 24 h denně při provozu 7 dní v týdnu. Provoz zařízení je plně automatizován a není vázán na přítomnost obsluhy.