

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA

Návrh technologického procesu zpracování a využití
čistírenského kalu

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Vedoucí: Ing. Petr Jevič, CSc.

Diplomant: Pavel Křovina

Praha 2008

Autorský referát

Tato diplomová práce se bude zabývat kalovým hospodářstvím na čistírně odpadních vod v Kolíně.

Kalovému hospodářství je v poslední době věnována čím dál větší pozornost. Je to dáno hlavně novými právními předpisy přijatými se vstupem do Evropské Unie a jsou neustále upravovány. Hlavním cílem je co nejvíce zkvalitnit dopad na životní prostředí a tedy život nás všech.

Úkolem bylo zmapovat současnou situaci kalového hospodářství na čistírně odpadních vod a poté navrhnout intenzifikaci použitím nové technologie. Těchto cílů bylo dosaženo za pomoci zaměstnanců ČOV na základě jejich dlouhodobých zkušeností s dosavadním provozem.

V závěru diplomové práce je inovace kalového hospodářství vyhodnocena v rámci celé čistírny odpadních vod. Současně je provedeno ekonomické hodnocení celého projektu, zda je investice realizovatelná a v praxi proveditelná.

Klíčová slova:

čistírna odpadních vod Kolín – čištění odpadních vod – kalové hospodářství – kal – zpracování kalu – zahušťování kalu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „**Návrh technologického procesu zpracování a využití čistírenského kalu**“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze, dne 30.dubna 2008

.....

Podpis diplomanta

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Jevičovi, CSc za odborné rady, poskytnutí potřebné odborné literatury, připomínky a pomoc při zpracovávání diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat za ochotu pracovníkům ČOV Kolín, jenž mi bezplatně poskytli dostatek informací k vypracování diplomové práce. Panu Ing. V. Tichému za odborné informace a panu Nečesalovi za seznámení s ČOV a praktické rady a připomínky při zpracovávání diplomové práce.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. REŠERŠE – SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	3
2.1 Co to je kal.....	3
2.1.1 Charakteristika kalů.....	4
2.1.2 Produkce biomasy a aktivovaného kalu	4
2.1.3 Zbytněný aktivovaný kal	5
2.1.4 Problematika vyhnílených čistírenských kalů.....	6
2.1.5 Klasifikace kalů	6
2.2 Aktivační proces	9
2.3 Zpracování kalů v současnosti.....	9
2.4 Základní metody zpracování a využití kalů z ČOV	10
2.4.1 Ukládání kalů z ČOV na skládky – skládkování.....	13
2.4.2 Využívání upravených kalů v zemědělství.....	13
2.4.3 Termické procesy zpracování kalů z ČOV	15
2.5 Alternativní možnosti zpracování čistírenských kalů.....	16
3. VÝCHOZÍ PODMÍNKY ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD KOLÍN, POSTUPY A METODY ŘEŠENÍ	18
3.1 Objasnění – analýza úkolu.....	18
3.2 Charakteristika dosavadního provozu ČOV Kolín a její uspořádání ve stávajícím areálu se vztahem na technologické zařízení.....	18
3.2.1 Stručná charakteristika ČOV Kolín.....	18
3.2.2 Popis technologické části kalového hospodářství ČOV Kolín.....	19
3.2.3 Současný stav zachycených nebo produkováných odpadů na ČOV	22
3.3 Uspořádání linky v budově odvodňování kalu	28
3.3.1 Popis stávajícího zařízení na zahuštění kalů – šterbinové zahušťovače.....	29
3.4 Nedostatky dosavadního provozu.....	31
3.5 Souhrn výchozích podmínek a stanovení postupných kroků a metod ke zpracování návrhu	31
4. NÁVRH ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	33
4.1 Řešení návrhu	33
4.1.1 Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu	34
4.1.2 Vyhodnocení výběrového řízení.....	35
4.1.3 Specifikace dodávek, prací a orientační rozpočet	36
4.2 Vlastní měření	36
4.2.1 Výběr sledovaných parametrů.....	36
4.2.2 Postup měření a měřicí přístroje.....	37
4.2.3 Matematicko-statistické vyhodnocení měření.....	39
4.2.4 Interpretace výsledků měření	41
4.3 Teoretický rozbor technologického zařízení souvisejícího s návrhem.....	44
4.3.1 Popis funkce strojního zařízení navrhovaného k zahušťování kalu na ČOV Kolín	44
4.3.2 Rozbor činnosti zařízení z hlediska hydromechaniky.	46
4.3.3 Numerický výpočet zvolených parametrů zařízení	51
4.4 Ekonomické posouzení návrhu.....	55
4.4.1 Charakteristika investičního záměru a návrh ekonomického hodnocení	55

4.4.2 Stanovení celkových nákladů	56
4.4.3 Propočet základních ukazatelů hodnocení.....	57
4.4.4 Stanovení základních ukazatelů a jejich interpretace	57
4.4.5 Závěr	57
5. DISKUSE A ZÁVĚR.....	58
5.1 Diskuse	58
5.2 Závěr.....	58

PŘÍLOHY

- Příloha 1.: Katastrální mapa s ČOV Kolín
- Příloha 2.: Tabulka s odtokem vyčištěné vody z ČOV Kolín v období 1.11.2007 – 31.12.2007
- Příloha 3.: Tabulka s množstvím přebytečného kalu pro zahuštění před VN v ČOV Kolín v období 1.11.2007 – 31.12.2007
- Příloha 4.: Obrázek průtokoměru používaný na ČOV Kolín
- Příloha 5.: Schéma automatického vzorkovače od společnosti BUHLER, typ 1024
- Příloha 6.: Přehled norem pro provádění rozborů vypouštěných odpadních vod – analytické metody stanovení hodnot ukazatelů znečištění
- Příloha 7.: Úplné znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů – kaly z čistíren odpadních vod
- Příloha 8.: Seznam použitých termínů

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SEZNAM POUŽITÝCH FIREMNÍCH MATERIÁLŮ

SEZNAM ZÁKONŮ, VYHLÁŠEK A POUŽITÝCH NOREM

SEZNAM TABULEK

SEZNAM OBRÁZKŮ

SUMMARY

1. ÚVOD

Životní prostředí je dnes velmi diskutované téma. Naše chování ho velmi ovlivňuje a záleží jen na nás, jak se situace bude vyvíjet nadále. Při dnešním technickém pokroku je třeba řešit otázku životního prostředí v mnoha směrech. A to může být řešení tuhých či kapalných odpadů, ochrana ovzduší nebo vodních zdrojů a toků. A právě otázkou vodního hospodářství, konkrétně kalovou koncovkou na čistírně odpadních vod, se bude tato práce věnovat.

Bohužel i při technologickém procesu čištění odpadních vod dochází ke vzniku odpadu, v tomto případě kalu. V současné době je zpracování a využití kalů z čistíren odpadních vod (dále jen ČOV) stále větším problémem. Produkce odpadních vod s přibývajícím nárůstem populace a rostoucím průmyslem zákonitě stoupá. S nárůstem odpadní vody musí přibývat i čistírny odpadních vod a tím samozřejmě přibývá i množství kalu, které je zapotřebí zpracovávat a likvidovat. Nárůst čistíren odpadních vod je také způsoben právním předpisem a má kladný přínos na čistotu vodních toků České Republiky (dále jen ČR).

Prvotním úkolem je předcházet vzniku odpadů a to je úkol pro všechny z nás. Týká se to i kalového hospodářství a to znečištění městských odpadních vod přiváděných na ČOV. Ať už se jedná o odpad jakéhokoliv typu, je naším prvotním úkolem, pokusit se ho co nejvíce využít a také v co největší míře nahradit prvotní suroviny a až následně, pokud už neexistuje další možnost jeho využití, by měla následovat jeho likvidace s ohledem na všechny ekologické principy.

V současné době existují tři velké základní skupiny, jak nakládat s kaly z ČOV. Jedná se o využití upravených kalů v zemědělství (např. kompostování), termické procesy zpracování (např. spalování s nebo bez využití energie) a v poslední řadě i skládkování.

Dříve se kladl důraz na použití kalů v zemědělství, což umožňovalo využít příznivých vlastností kompostovaného nebo anaerobně stabilizovaného kalu a mělo pozitivní vliv na tvorbu humusu v půdě. V současnosti však tomuto způsobu využití brání právní předpisy. Zvýšený obsah těžkých kovů a patogenních zárodků, jejichž povolený limit byl snížen a předepsán právním předpisem tak, že úprava kalu na tyto hodnoty se stala značně ekonomicky náročná a pro mnoha ČOV nedosažitelná. Jednou z možností je stabilizovaný kal skládkovat na řízených skládkách tuhého komunálního odpadu nebo na skládkách speciálně k tomu určených. Skládkování je však v současné době považováno za krok zpět v odpadovém hospodářství. Je to v podstatě jen dočasné řešení. Do budoucna se jeví jako nejefektivnější způsob spalování. Tato možnost má mnoho výhod a možností. Jedna z největších výhod je, že

po zpracování se objem kalu zmenší na přibližně 10 % původního objemu. Poté může být kal dále využíván v cementárnách nebo skládkován.

Úkolem diplomové práce bude inovovat a intenzifikovat kalového hospodářství čistírny odpadních vod v Kolíně.

2. REŠERŠE – SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Co to je kal

Dobře stabilizovaný kal (vyhnilý) je nepáchnoucí, dobře odvodnitelný a z hygienického hlediska nezávadný. Z fyzikálního hlediska je to tmavá (až černá) amorfni neplastická heterogenní směs suspendovaných koloidních látek. Barva je dána hlavně nerozpuštěným sulfidem železnatým. [1]

Aktivovaným kalem (Activated Sludge, Belebtschlamm, aktivnyj il) nazýváme směsnou kulturu, kterou se poprvé podařilo vypěstovat v Manchesteru v roce 1913 dlouhodobým provzdušňováním městských splašků. Na rozdíl od čistých kultur, ve kterých jsou jednotlivé bakterie většinou volně pohyblivé, vyskytují se bakterie v aktivovaném kalu převážně ve formě zoogelí (*Z. ramigera*, *Z. uva*). Kromě různých druhů bakterií mohou být v aktivovaném kalu přítomny v menším množství také houby, plísňe a kvasinky. Pravidelně bývají přítomny i bakterie nitrifikační. *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*. V aktivovaném kalu jsou rovněž často přítomny různé vláknité mikroorganismy. Pokud tyto organismy z jakýchkoliv důvodů převládají v aktivovaném kalu, způsobují značné technologické potíže, projevující se špatnými usazovacími a zahušťovacími vlastnostmi kalu.

Z vyšších organismů jsou pravidelnou součástí aktivovaného kalu různá protozoa, vířníci, hlístice aj. Z ciliátových prvoků jsou nejvíce zastoupena *Peritricha* (asi 33%), z nichž nejběžnější jsou *Vorticella*, *Opercularia* a *Epistylis*. Prvoci slouží často jako indikátorové organismy pro odhad stavu aktivovaného kalu. Názory na jejich funkci v aktivovaném kalu se postupem doby měnily. Nakonec je experimentálně prokázáno, že výrazně snižují obsah volně pohyblivých bakterií ve vyčištěné vodě a tím přispívají k jejímu vyčištění. V aktivovaném kalu jsou přítomni proto, že v něm nacházejí bohatou potravu.

Kvalitativní i kvantitativní složení aktivovaného kalu závisí hlavně na složení substrátu, na němž byl daný kal vypěstován a na hodnotách technologických parametrů během kultivace (na době zdržení, zatížení a stáří kalu). Aktivovaný kal se liší od většiny čistých kultur mikroorganismů navíc tím, že je schopen se oddělovat od kapalné fáze prostou sedimentací. Dobrá flokulace a sedimentace vloček kalu je jednou z nejcennějších vlastností této přirozené směsné kultury. Tato technologicky důležitá vlastnost je výslednicí mnoha faktorů daných charakterem čištěné odpadní vody a technologickými parametry procesu. [2]

2.1.1 Charakteristika kalů

Kaly představují přibližně 1 – 2% objemu čistěných vod, je v nich však zkoncentrováno až 50 – 80% původního znečištění a také náklady na provoz kalového hospodářství představují až 50% celkových provozních nákladů čistírny odpadních vod.

Kaly představují suspenzi pevných látek a agregovaných koloidních látek původně přítomných v odpadních vodách a vzniklých při různých způsobech jejich čištění. Koncentrace kalů se vyjadřuje jako obsah sušiny kalu (vyjádřený buď v g.l^{-1} nebo v %). Složení a obsah sušiny kalu závisí především na charakteru znečištění odpadních vod a na čistírenských procesech, kterým byla daná odpadní voda podrobena (mechanické čištění, biologické čištění nebo jejich kombinace, fyzikálně-chemické čištění nebo dočištění apod.).

Celkové množství produkovaných kalů závisí na množství zpracovávaného znečištění (počet EO), na způsobu čištění odpadních vod a typu kanalizace. Například zařazení fyzikálně - chemického odstraňování fosforu zvyšuje celkové množství kalu produkovaného aktivační čistírnou odpadních vod asi o 30 %. Množství produkovaného kalu navíc závisí na technologickém postupu zpracování kalu (zahušťování, desintegrace, stabilizace, odvodňování, desinfekce, sušení apod.). Větší pozornost musí být věnována zároveň různým činidlům (soli železa a hliníku, vápno, polymery apod.) přidávaných do procesu čištění vod nebo zpracování kalů.

2.1.2 Produkce biomasy a aktivovaného kalu

Při čištění odpadních vod je velmi důležité vědět alespoň přibližně, jaká část odstraněných organických látek přejde na syntézu a jaká na oxidaci. Syntéza představuje v aktivačním procesu přírůstek biomasy. Nově vzniklou biomasu můžeme označit jako sekundární nebo biologický kal. Vedle rozpuštěných organických látek obsahuje většina odpadních vod i po primární sedimentaci ještě látky nerozpuštěné, které mohou být organické i anorganické, rozložitelné i nerozložitelné. Tyto nerozpuštěné látky se označují také jako primární kal. V aktivační nádrži se nerozložitelné (inertní) nerozpuštěné látky hromadí a tvoří spolu s biomasou směs, které se v technické praxi říká aktivovaný kal.

Při bilancování tohoto poměrně složitěho systému sestavíme nejprve bilanci jednoduššího systému, a to takového, do kterého přitékají odpadní vody neobsahující žádné nerozpuštěné látky. [2]

Hlavní ukazatele oboru čištění odpadních vod v ČR**T - 01**

	2003	2004	2005	2006
Počet komunálních ČOV	1410	2006	1994	2017
Produkce kalu v absolutní sušině v tisících [t.rok ⁻¹]	180,1	178,8	171,9	175,5
z toho ukládáno na skládkách	23,3	25,4	12	14
Množství čištěné OV v milionech [m ³ .rok ⁻¹]	819,6	824	841,5	857,4
z toho splaškových	335,6	323	331,1	324
z toho průmyslových a ostatních	191,6	189,1	182,8	186,3
z toho srážkových	292,4	311,8	327,6	347,1

Zdroj: výkaz VaK ČSÚ

2.1.3 Zbytněný aktivovaný kal

Bytnění aktivovaného kalu je jev, kdy kal má špatné sedimentační vlastnosti charakterizované nízkými usazovacími rychlostmi. V praxi se usazovací a zahušťovací vlastnosti aktivovaného kalu posuzují podle kalového indexu (KI). Čím je kalový index vyšší, tím je rychlost sedimentace kalu nižší. Podle kalového indexu rozděluje aktivované kaly do tří kategorií:

- Normální – $KI < 100 \text{ ml.g}^{-1}$
- Lehký – $KI = 100 \text{ až } 200 \text{ ml.g}^{-1}$
- Zbytnělý – $KI > 200 \text{ ml.g}^{-1}$

Rozeznáváme bytnění nevláknité a vláknité. Nevláknité bytnění kalu popsali Heukelekian a Weisberg jako zoogelální bytnění. Příčiny tohoto bytnění nejsou dosud jednoznačně objasněny. Předpokládá se, že je způsobeno silnou hydratací syntetizovaných extracelulárních polymerů. Tento typ bytnění není v praxi častý a nezpůsobuje výrazné provozní potíže.

Mnohem horší a nežádoucí je vláknité bytnění, vyvolané nadměrným růstem vláknitých mikroorganismů. Protože toto bytnění může být způsobeno různými mikroorganismy mající rozdílné růstové požadavky a rychlosti růstu, jsou i příčiny jejich masového růstu ve směsné kultuře různé.

Masový rozvoj těchto aktinomycet způsobuje vzplývání kalu a tvorbu kalové deky (pěny) na hladině aktivační a hlavně dosazovací nádrže. Tato viskózní hnědá pěna je tak kompaktní, že ji nelze rozrušit vodní sprchou. Z hladiny dosazovací nádrže odtéká do sběrného žlabu a zhoršuje kvalitu odtoku. Tomu se obvykle zabraňuje tak, že se kolem sběrných žlabů zhotoví norné stěny sahající 25 až 30 cm pod hladinu a dosazovací nádrž se opatří stěracím zařízením hladiny obdobným tomu, které se používá na stírání plovoucích látek v usazovacích nádržích.

Vzplývání kalu může být také způsobeno denitrifikací probíhající v dosazovací nádrži. Jemné bubliny dusíku vznikající denitrifikací se nabalují na vločky kalu a vynášejí je k hladině. Skutečnou příčinou vzplývání odhalí mikroskopický rozbor doplněný rozbohem dusitanů a dusičnanů v aktivační směsi přitékající do dosazovací nádrže a v recykulátu. Denitrifikaci v dosazovací nádrži lze částečně omezit zvýšenou recirkulací (100 až 200%). [2]

2.1.4 Problematika vyhníých čistírenských kalů

Rozšířený způsob zacházení s čistírenskými kaly spočívá v jejich vyhnívání, resp. v částečném vyhnívání, v určité redukci jejich organického podílu (přibližně ze 70 % na 50 %). Tento způsob vyžaduje objemově náročnou instalaci patřičného množství tzv. vyhnívacích nádrží, kde nastává vlastní redukce organického podílu kalu za současného vzniku bioplynu na bázi metanu. Na konci procesu vyhnívání je tedy bioplyn a (částečně) vyhníly kal.

Energeticky bohatý bioplyn se využívá ve speciálních energetických jednotkách (které tvoří zpravidla kombinace pístového spalovacího motoru a rotačního agregátu - generátoru) využívá k výrobě elektrické energie. Energeticky nevyužitelný (přebytečný) bioplyn se většinou bez dalšího využití spaluje, např. v tzv. hořácích zbytkového plynu. Pokud se vyhníly kal spaluje, může být přebytečný bioplyn použit jako určitý podíl přídatného paliva nutného k realizaci dostatečně kvalitního spalovacího procesu.

Po procesu vyhnívání jsou kaly odvodněny zpravidla na 25 až 30 % sušiny. Množství vyhnílého kalu je jen asi o 20 % menší než množství kalu surového.

Vyhníly kal se, pokud to jeho kvalita dovolí, používá v zemědělství k hnojení půdy. Jestliže kvalita vyhnílého kalu nedovolí jeho použití v zemědělství (což je časté), musí se za použití přídatného paliva (topného oleje, zemního plynu, popř. bioplynu) spalovat. Entalpie spalín se sice využívá k výrobě elektrické energie nebo ke kogeneraci elektrické a tepelné energie, avšak takto získaná energie je podmíněna použitím fosilního paliva, tedy neobnovitelného zdroje energie. V horším případě se vyhníly kal skládkuje. [3]

2.1.5 Klasifikace kalů

a) Hydrofilní organický kal

Do této skupiny patří kaly s vysokým podílem organických látek (obvykle 10 až 60 %). Zejména všechny typy kalů z biologického čištění odpadních vod, někdy i z čištění koagulací, při čemž však anorganický koagulant netvoří dominantní složku kalu.

Zdrojem těchto kalů jsou odpadní vody:

- městské
- potravinářského průmyslu
- z chovu zvířat
- textilního průmyslu
- kožedělného průmyslu
- průmyslu organické chemie

b) Hydrofilní anorganický kal

K tomuto typu kalů patří především hydroxidy hlinitý a železitý produkované koagulačními procesy nebo vznikající při neutralizaci vod obsahující tyto kovy. Patří sem i hydroxidy dalších těžkých kovů – Zn, Cr, Cu, Cd a jiné. Hydroxidy časem (skladováním) ztrácejí svůj hydrofilní charakter, což souvisí se změnami jejich krystalové struktury. Kaly z koagulačního procesu obsahují zpravidla také určitý podíl organických látek. Zdrojem těchto kalů jsou odpadní vody:

- anorganického chemického průmyslu
- barvíren textilního průmyslu
- koželužen (koagulace odstranění Cr)

Dále do uvedené skupiny patří kaly produkované při úpravě vody na pitnou (koagulace, odželezování) nebo při úpravě chladících vod.

c) Hydrofobní anorganický kal

Je složen převážně z anorganických látek s malou afinitou k vodě, jako jsou částičky písku, prachu, strusky, krystalických solí (jde především o křemičitany, uhličitany, fosforečnany a další). K těmto látkám patří i uhlí (resp. jeho prach), které není látkou anorganickou, spaluje se však při teplotě vyšší než 550 °C, předepsané pro stanovení ztráty žíháním. Kal této skupiny neobsahuje hydroxidy kovů, nebo jen jejich malé množství. Zdrojem těchto kalů separovaných většinou sedimentací, příp. i flotací jsou odpadní vody:

- hutnického průmyslu
- z praní uhlí
- úpraven rud

Patří sem i kaly z některých úprav vody (např. změkčování srážením), obsahující převážně uhličitán vápenatý.

d) Hydrofobní organický kal

Nevodnou fází u těchto kalů tvoří organická hmota nemající afinitu k vodě, jako jsou uhlovodíky ropných látek (NEL) nebo i lipidy, u nichž hydrofobní charakter není tak výrazný, poněvadž obsahují v molekule vedle hydrofobního alkyly i hydrofilní část. Na rozdíl od hydrofobních částic anorganických mají organické látky menší hustotu, což výrazně ovlivňuje postupy jejich separace, ale i fyzikální vlastnosti kalu. Kaly této skupiny jsou produkovány flotací z odpadních vod:

- tukového masného průmyslu
- rafinérií ropy

Vedle těchto vyhraněných skupin existují kaly smíšené, u nichž převaha jedné složky může změnit charakter kalu. Např. hydrofilní kal z procesu koagulace, nebo biologické čištění si ponechá svůj charakter i po adsorpci minerálních olejů a tuků. Které jsou hydrofobního charakteru, ovšem za předpokladu, že jejich podíl nebude převažující.

Zvláštním typem kalových suspenzí jsou vláknité kaly, obsahující někdy vysoký podíl vláken. Zdrojem tohoto kalu jsou odpadní vody z papíren a z výroby buničiny. Při čištění těchto odpadních vod biologickým způsobem se předem odstraňují vlákna sedimentací nebo flotací, přičemž se někdy přidává hlinitá sůl urychlující tvorbu hydroxidu hlinitého. V kalu ze separace vláken z papírenské odpadní vody tvoří 20 až 80 % vláken a zbytek je hydroxid hlinitý. Při obsahu vláken do 30 % se docílí zhuštění 10 až 12 % sušiny. U odpadních vod z výroby celulózy bývá někdy přiváděn přebytečný aktivovaný kal do primární sedimentace, v níž se pro dokonalejší separaci vláken přidává koagulant. Poměr sušiny chemického a biologického kalu bývá 1:1. [4]

Složení kalu

Kal je suspenze pevných a koloidních částic organických a anorganických látek ve vodě. Kal obsahuje:

- netoxické organické látky, až 60% v sušině a dále sloučeniny dusíku a fosforu
- toxické látky:
 - ✓ těžké kovy: Zn, Pb, Cu, Cr, Ni, Cd, Hg, As, (konc. 1 až 1000 mg.l⁻¹)
 - ✓ PCB, PAU, dioxiny, pesticidy, alkylsulfofenoly, polyfenoly
- mikroorganizmy z čistírenského procesu a jiné včetně patogenních
- anorganické sloučeniny křemíku, hliníku, železa, vápníku, hořčíku, aj.
- vodu [5]

2.2 Aktivační proces

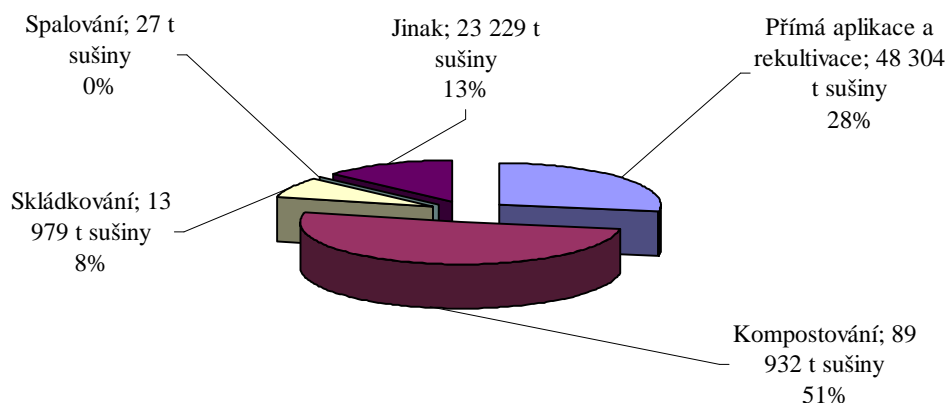
Aktivační proces nebo také aktivace (Activated Sludge Process, Belebt-schlammverfahren, očištění aktivním ílom) je nejstarší kontinuální kultivace mikroorganismů v nesterilních podmínkách. Blokované schéma procesu se skládá z vlastní biologické jednotky (AN – aktivační nebo také aerační nádrž) a z jednotky separační (DN – dosazovací nádrž, dosazovák). Surová nebo odsazená odpadní voda v množství Q1 a o koncentraci organického znečištění S1 (vyhodnocovaného jako BSK₅, CHSK, Corg) přitéká do aktivační nádrže, kde se mísí s recirkulovaným (vratným) aktivovaným kalem čerpající v množství Qr a mající koncentraci sušiny Xr. Směs se intenzivně provzdušňuje tlakovým vzduchem nebo mechanickými aerátory. Neobsahuje-li odpadní voda toxické látky, je možno produkty Q1 a Qr smíchat ještě před společným přivedením do aktivační nádrže. V opačném případě je velice důležité tyto produkty nemíchat a přivádět je do nádrže odděleně. Recirkulací se dosahuje vyšší koncentrace biomasy v biologickém reaktoru.

Po projití směsi aktivační nádrží se aktivovaný kal separuje od vyčištěné vody v separační nádrži (tzv. dosazovací nádrži nebo také dosazováku). Zahuštěný aktivovaný kal se recirkuluje zpět na začátek aktivační nádrže. Odstraňování nerozpuštěných a rozpuštěných organických látek z odpadní vody má za následek kontinuální tvorbu nové biomasy, která se ze systému musí periodicky odstraňovat ve formě přebytečného aktivovaného kalu, Qw. [2]

2.3 Zpracování kalů v současnosti

V ČR se produkované kalý přímo aplikují na zemědělskou půdu nebo se používají k výrobě kompostů, dále k rekultivacím a v neposlední řadě se skládkují. Ostatní způsoby odstraňování kalů se v ČR prakticky ve zvýšené míře neuplatňují. V souvislosti se zvyšujícími se nároky na čistotu kalů, které se využívají v zemědělství a s právním tlakem na snížení množství skládkovaných materiálů, které podléhají biologickému rozkladu, bude nezbytné určitou část produkovaných kalů odstraňovat i jinými způsoby. Jedná se především o spalování, resp. o spoluspalování kalů. Tyto metody tepelné destrukce organického podílu v kalu splaškových ČOV jsou samozřejmě ekonomicky náročnější než je především aplikace na půdu, proto se předpokládá použití této metody pouze v odůvodněných případech. Jedná se především o kalý z velkých městských aglomerací a dále bude spalování kalů použito v těch případech, kdy bude nevyhovující kvalita kalu pro zemědělské využití a to včetně rekultivací. [3]

Obr. 1 Způsob nakládání s kalem v ČR za rok 2006



Zdroj: výkaz ČSU

2.4 Základní metody zpracování a využití kalů z ČOV

Na čem závisí množství produkovaných kalů

Problematiku ovlivňování množství čistírenských kalů můžeme rozdělit do čtyř oblastí:

- Mechanické (primární) čištění – odstraňování suspendovaných látek.
- Snižování produkce biomasy v aerobním biologickém stupni.
- Způsoby předúpravy a stabilizace kalů.
- Metody využití a likvidace kalů.

Vzhledem k příznivému obsahu organických a anorganických látek je kal po methanizaci vhodný přímo pro použití jako hnojivo nebo ke kompostování. Podporuje tvorbu humusu a upravuje strukturu půdy. Zemědělské využití je však negativně ovlivňováno obsahem těžkých kovů v kalu.

Pro své vysoké sorpční schopnosti a obsah koloidních látek může být též použit k předčištění některých chemických odpadních vod.

Methanové bakterie při termofilní methanizaci produkují značné množství vitamínu B₁₂, (až 5 mg.l⁻¹), proto bylo uvažováno o využití anaerobní biomasy jako doplňku do krmiva.

Stabilizovaný kal se obvykle odebírá z druhého stupně methanizačních nádrží, po částečném odsazení kalové vody. Koncentrace sušiny tohoto kalu nepřesahuje 10%. Takový materiál je vhodný pouze pro přímé zavlažování. Závlahy jsou však omezeny

agrotechnickými a místními podmínkami. Proto při využívání stabilizovanému kalu k přímým závlahám nutno budovat uskladňovací sila. Také doprava – rozvoz kalů, pokud se neděje potrubím, je nákladná. Tedy z důvodů dalšího využití anaerobně stabilizovaného kalu je nutné odvodnění alespoň na koncentraci sušiny 25 – 30%.

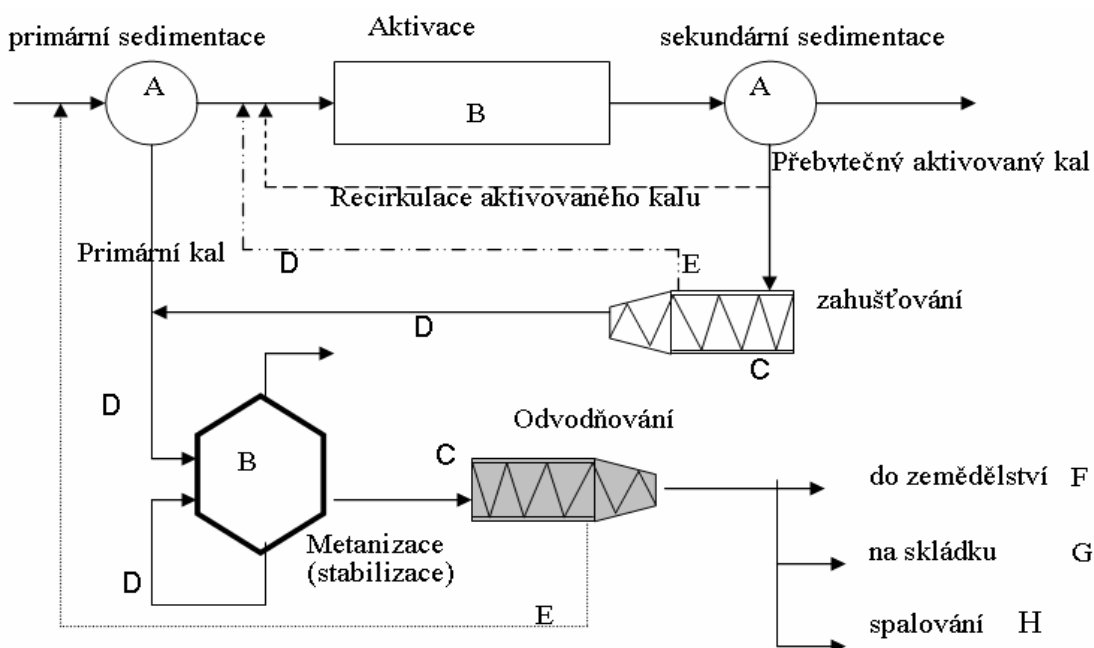
Dosud nejrozšířenějším způsobem odvodňování kalu bylo odvodňování na kalových polích. Nevýhodou tohoto způsobu jsou velké nároky na plochu a sezónní a klimatická závislost funkce kalových polí. Mnohem intenzivnější a v mnoha případech i ekonomičtější je mechanické odvodňování stabilizovaných kalů.

Mechanické odvodňování anaerobně stabilizovaného kalu vyžaduje zlepšení jeho odvodňovacích schopností. Donedávna se to provádělo přidávkem solí železa, hliníku, často v kombinaci s vápnem. Nevýhodou těchto látek je vysoká specifická hmotnost, zvýšená solnost filtrátu, vysoký obsah srážedel v kalu, korozivní působení a další.

V současné době se již prakticky ve všech případech používají při odvodňování flokulanty. Jejich hlavními výhodami jsou nižší dávky (někdy i nižší cena), vysoká účinnost a snadnější manipulace. Druh a dávka flokulantu závisí na druhu kalu a vlastnostech flokulantu.

Z provozovaných odvodňovacích metod jsou nejvýznamnější pro odvodňování aerobně stabilizovaného kalu následující: centrifugace, vakuová filtrace, filtrace na kalolisech a síťových pásových lisech. [1]

Obr. 2 Základní schéma čistírny odpadních vod s kalovým hospodářstvím



Zdroj: [6]

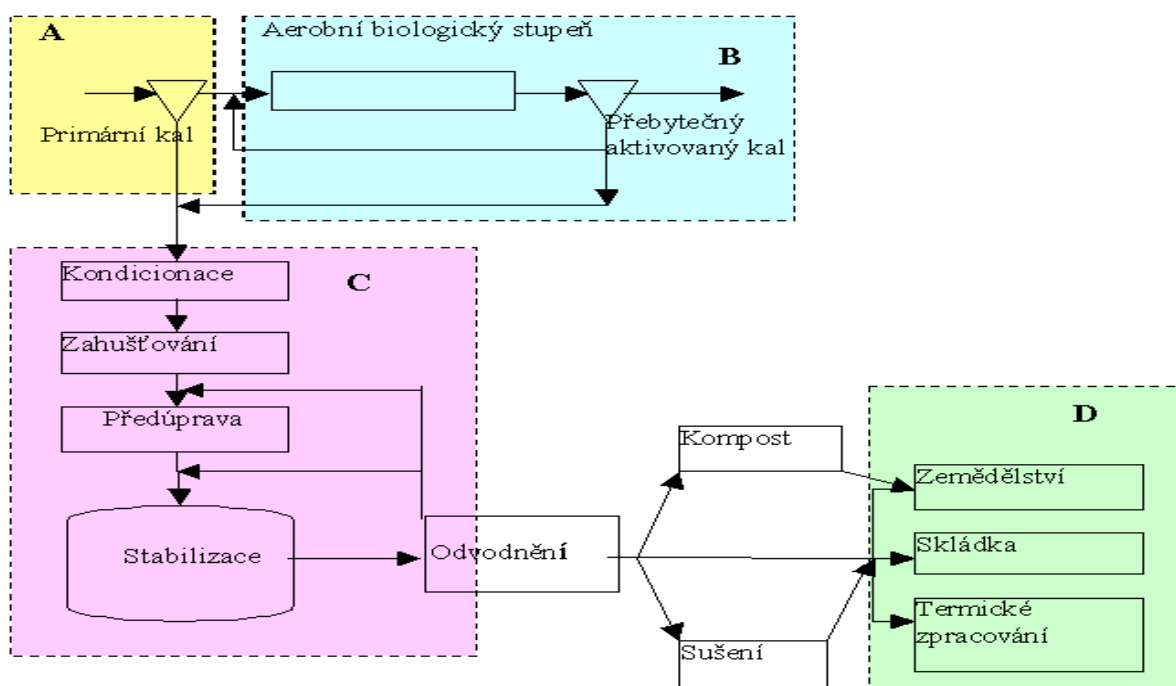
Způsoby nakládání a využití čistírenských kalů

Způsoby zpracování kalů závisí na místních podmínkách dané lokality, na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech kalů a na možnosti konečného řešení kam s nimi.

V současné době přicházejí v úvahu tři způsoby konečného zpracování kalů:

- uložení na skládku
- využití v zemědělství a na rekultivace
- termické zpracování (různé způsoby spalování, pyrolýza)

Obr.3 Obecné schéma zpracování čistírenského kalu



Zdroj: [3]

Technologická linka na zpracování kalu pak má být uspořádaná s ohledem na metodu konečného řešení. Způsoby zpracování kalů musí splňovat následující podmínky:

- vyhovovat platným domácím (i mezinárodním) právním předpisům v oblasti ochrany životního prostředí
- být akceptovány veřejností
- maximálně využívat energii a cenné látky z kalů za současné minimalizace nákladů a celkové potřeby energie
- musí být po technické stránce spolehlivé a ekonomicky dostupné,
- musí být přijatelné z hlediska ochrany životního prostředí (emise, využití energie, potenciální riziko kalových reziduí pro lidské zdraví a pod.)

- musí být přijatelná infrastruktura a logistické aspekty jakož i cesta (způsob) zavedení dané technologie

Při výběru technologie zpracování kalů je potřeba mít na zřeteli, že minimalizace bezpečnostního rizika a akceptovatelnost veřejností jsou důležitější než cena navrhované technologie. [6]

2.4.1 Ukládání kalů z ČOV na skládky – skládkování

Skládkováním odpadů se rozumí přechodné umístění odpadu, který byl soustředěn (shromážděn, sesbírán, vykoupen) do zařízení k tomu určeného a jeho ponechání v něm. Tato metoda likvidace čistírenských kalů se jeví jako nejméně ekologická, neboť biologicky pracující kal ve skládce vyvíjí skleníkové plyny CO₂ a NH₄. Dalším důvodem k zamezení skládkování kalů je zákon, který říká, že je povinnost využívat odpady před jejich likvidací.

V rámci přidružení ČR k EU ovlivňuje naši republiku požadavek Směrnice Rady EU 99/31/ES o skládkování odpad. [6] Tato směrnice ukládá povinnost členským státům nejpozději do dvou let od platnosti směrnice vypracovat národní strategii realizace omezení biologicky rozložitelných látek ukládaných na skládky. [7]

2.4.2 Využívání upravených kalů v zemědělství

Aplikace kalů z ČOV v zemědělství má svůj poměrně složitý vývoj u nás i v zahraničí. V šedesátých letech minulého století bylo používání kalů v zemědělství běžné i přesto, že se v těchto kalech objevovaly ve zvýšené míře těžké kovy. Jejich koncentrace byla v některých případech několikanásobně vyšší v porovnání s obsahem těžkých kovů v dnešní době. Za posledních třicet let došlo ke značnému vývoji nejen v celé problematice čištění odpadní vody, ale i k trvalému snižování rizikových prvků v těchto kalech. Stabilizované odvodněné čistírenské kaly představují svým bohatým obsahem organických látek, živin a biologicky aktivních látek významný doplňkový zdroj chybějících organických a ostatních hmot pro zemědělskou půdu. Hnojivý účinek kalů spočívá v obsahu pro půdu příznivých prvků (N, P, K, Ca, Mg), dostatku organické hmoty a obsahu stopových prvků nezbytných pro zdárný vývin a růst rostlin. V současné době se použití čistírenských kalů v zemědělství řídí vyhláškou č. 382/2001 Sb. [9]. Tato vyhláška je plně v souladu se směrnicemi Rady EU 86/278/EEC [10], která určuje, za jakých podmínek lze čistírenské kaly v zemědělství využívat. [3]

Aplikace kalů na pole

Aplikace kalů do půdy je podmíněna příznivým složením kalu, dostatkem vhodných půd pro aplikaci kalů a minimem negativních vlivů na životní prostředí (povrchová a podpovrchová voda, vzduch, rostliny, půda). Metoda aplikace kalů do půdy se jeví jako nejefektivnější a nejekonomičtější způsob využití kalů.

Používání čistírenských kalů v zemědělství je vzhledem k významnému poklesu spotřeby průmyslových i statkových hnojiv důležité z pohledu potřeby alternativních zdrojů minerálních a organických látek, které vyrovnávají stále se prohlubující deficit v bilanci těchto látek v půdě.

Aplikace kalů do půdy je řízena zákonem č.185/2001 Sb. [11] a jeho prováděcí vyhláškou č. 382/2001 Sb. [9] stanovující jednoznačná a srozumitelná pravidla jak pro producenty kalů, tak i zemědělce, která se snaží minimalizovat dosud známá rizika používání kalů v zemědělství.

Čistírenské kaly se využívají k přímému hnojení zemědělských půd a lesních dřevin, k rekultivaci neplodných, narušených a devastovaných půd. Stabilizované (vyhnilé) čistírenské kaly se využívají k hnojení buď v tekutém až mírně zahuštěném stavu, jako odvodněné a vysušené. Potřebná a v řadě případů i nezbytná je jejich hygienizace. V příznivých podmínkách je využití stabilizovaných čistírenských kalů pro hnojení zemědělských půd a pro rekultivaci nejvhodnějším a nejekonomičtějším řešením. [6]

Kompostování

Kompostování je kontrolovaný biologický rozklad pevné organické hmoty za aerobních podmínek. Biologicky rozložitelný odpad je při tomto procesu díky činnosti bakterií, hub a dalších organismů postupně transformován do půdních složek (humusu). Proces kompostování může mít na čistírenské kaly vliv nejen z hlediska hygienizace, ale také z hlediska rozkladu nežádoucích organických látek a redukce zápachu.

Cílem každého kompostování však nemusí být pouhá výroba průmyslových kompostů, jež by se uplatnily jako hnojivo v zemědělství či jako rekultivačního materiálu. Vhodná aplikace kompostů dále podporuje biodegradaci některých persistentních organických látek (POPs) v zeminách. Aplikací vzniklých kompostů do kontaminované půdy lze urychlit například rozklad zbytků různých pesticidů, ropných uhlovodíků, PAU a dalších organických látek. Množství kompostu potřebné pro úspěšnou biodegradaci velmi kolísá podle druhu kontaminantu a podmínek prostředí. [6]

2.4.3 Termické procesy zpracování kalů z ČOV

Po dlouhou dobu bylo mezi termické procesy zpracování kalů zařazováno pouze spalování, eventuelně sušení. V poslední době se začínají uplatňovat i jiné termické procesy, jako je vysokotlaké mokré spalování, zplyňování a pyrolýza. Společným rysem termických procesů je, že kromě nesporných výhod (úplná hygienizace materiálu, maximální snížení objemu a pod.) se velmi často poukazuje na jejich nevýhody, jimiž jsou vysoká energetická náročnost a potenciální možnost znečištění vzduchu spalinami. Přes tyto nevýhody je však mnoho situací, kdy dobře navržený a provozovaný termický proces je nejvhodnějším řešením. [6]

Spalování kalů z ČOV

Z hlediska spotřeby energie může být proces spalování kalů soběstačný. Záleží na stupni odvodnění, složení kalů, resp. jejich výhřevnosti. Právní předpis se spalováním kalů zabývá v zákonu o odpadech č.185/2001 Sb. [11] a zákonu o ochraně ovzduší č.86/2002 Sb. [12]. Kaly z čistíren odpadních vod lze spalovat v různých spalovacích zařízeních. [6]

Hlavní možnosti spalování (uváděno též jako "spoluspalování" – z anglického výrazu „cofiring“) kalů jsou následující:

- spalovny tuhých komunálních odpadů
- teplárny a elektrárny
- cementárny
- speciální spalovny odvodněného kalu

Spalování v každém z těchto zařízení je specifické svými výhodami a nevýhodami. Spalování kalů v ČR má největší zastoupení na poli průmyslovém (Biocel Paskov – spalovna kalů z výroby celulózy, ČOV Synthesi, Štětí – spalování kalů v celulózce atd.). Probíhají přípravy spalování kalů vznikajících v provozu Chemopetrolu Litvínov, kalů z ÚČOV Praha a z dalších subjektů. Celkově však lze říci, že tento způsob zpracování kalů je v České republice prozatím málo využíván. Ze států Evropské unie mají se spalováním čistírenských kalů zkušenosti ve více zemích, např. ve Francii, Belgii, Švýcarsku (pravděpodobně největší zkušenosti), a to jako s programem podporujícím zlepšení Životního prostředí. [3]

2.5 Alternativní možnosti zpracování čistírenských kalů

V současné době se v naší republice většina kalů z čistíren odpadních vod rekultivuje a přímo aplikuje do půdy viz. obr. 1. Nejméně se jich pak zpracovává termicky. Se vstupem do EU byly zpřísněny podmínky pro použití kalů pro zemědělství i pro skládkování. Za těchto podmínek je zřejmá nutnost rozšíření alternativního způsobu založeného na termickém zpracování kalů. Spalování resp. energetické využití kalů přichází v úvahu především v případech, kdy kal nesplňuje požadavky právního předpisu na aplikaci v zemědělství, popř. převyšuje-li množství kalu zemědělskou poptávku.

Bereme-li v úvahu tři základní způsoby konečného nakládání, pak:

- pro zemědělské využití a rekultivaci je prioritním požadavkem hygienická nezávadnost a stabilizace kalu
- v případě termického zpracování lze v zásadě zpracovávat surový odvodněný kal nebo kal po anaerobní stabilizaci, prioritou je získání cenných látek z kalu a maximální využití energie z kalu
- pro ukládání na skládky se vyžaduje kromě snížení obsahu vody také maximální snížení obsahu organické sušiny kalu

Energetické využití surového kalu

Východiskem z popsané situace může být energetické využívání surových, nevyhnilých kalů – přímé spalování s využitím entalpie spalin většinou k výrobě páry v odpovídajícím parním kotli. Komplexní technologické řetězce pro energetické využívání surových nevyhnilých kalů včetně dokonalého ekologického zajištění (minimalizace emisí do ovzduší, kultivace zbytkových materiálů) byly dostatečně vyvinuty a provozně ověřeny poměrně nedávno.

Významnou výhodou této technologie je skutečnost, že se odvodněný surový kal může vkládat přímo do ohniště, takže odpadá prostorově a investičně nákladné vyhívání surového kalu i energeticky náročné sušení nebo předsoušení vyhnilého kalu. V porovnání s popsaným „klasickým“ způsobem přináší přímé energetické využití nevyhnilých kalů také nemalé úspory zastavěného prostoru a snížení finančních nákladů na zpracování kalů.

Pro využití surového kalu jako zdroje energie, tedy pro jeho spalování bez použití přídatného paliva, je nutné dosáhnout autarkního spalování při adiabatické spalovací teplotě 850 °C. K tomu musejí být splněny tyto dvě podmínky:

- Minimální hodnota výhřevnosti.
- Vhodný typ ohniště pro vlastní spalovací proces.

Budoucnost řešení při nakládání s kaly

- Zlepšení kvality kalu.
- Využívání cenných látek a energie z kalu.
- Zpětné získávání fosforu.
- Změna strategie čištění odpadních vod. [3]

3. VÝCHOZÍ PODMÍNKY ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD KOLÍN, POSTUPY A METODY ŘEŠENÍ

3.1 Objasnění – analýza úkolu

Při posuzování současného stavu kalového hospodářství ČOV Kolín se došlo spolu se zaměstnanci a vedoucím ČOV k závěru, že by bylo zapotřebí použít novou technologii při procesu zahušťování kalů. Inovací této části technologické linky kalového hospodářství dojde k rychlejšímu zahuštění kalu a zkvalitnění provozu. Od zprovoznění ČOV Kolín v roce 1999 (zkušební provoz) až do současné doby nebyla prováděna žádná inovace použité technologie, ale přitom množství odpadní vody stále stoupá. Ve stávající technologii zahuštění je použito šterbinového zahušťovače od firmy VANEX. Použitím navrhovaného technologického zařízení by mělo být dosaženo kvalitnějšího a efektivnějšího zahuštění kalu v kratším časovém intervalu.

3.2 Charakteristika dosavadního provozu ČOV Kolín a její uspořádání ve stávajícím areálu se vztahem na technologické zařízení

3.2.1 Stručná charakteristika ČOV Kolín

Provozovatel čistírny odpadních vod je společnost VODOS s.r.o., Kolín. Majoritním vlastníkem firmy VODOS s.r.o. se v září roku 2005 stala rakouská firma Energia AG Bohemia. Čistírnu odpadních vod vybuďovalo město Kolín a to bylo do roku 2005 majitelem jak čistírny, tak kanalizace. ČOV Kolín byla dokončena roku 1999 a spuštěna do zkušebního provozu. ČOV je pro město Kolín řešena jako mechanicko – biologická čistírna s anaerobní stabilizací kalu, s technologií biologického odstraňování dusíku a fosforu a s plynovým hospodářstvím.

Surové odpadní vody jsou na čistírnu čerpány třemi čerpacími stanicemi umístěnými na břehu Labe, dvě pro zástavbu pravého břehu Labe, jedna pro zástavbu levého břehu. Čerpací stanice jsou na nátoku do čerpacích jímek chráněny mechanickým předčištěním (lapák šterku, hrubé česle). Čerpací stanice jsou osazeny ponornými čerpadly s vysokou průchodností. Vybavení čerpacích stanic umožní čerpání i dešťových vod.

Separace hrubých nečistot a plovoucích látek probíhá na automatických strojích (stíraných) velmi jemných česlí a záložních česlí stejného typu, které současně zajišťují čištění při dešťových průtocích. Česle spolu s kontejnery pro shrabky a písek jsou umístěny v temperované hale spolu s dmychadly pro lapák písku. Na odtokové kanály od česlí navazuje

typový zdvojený provzdušňovací lapák písku se stahováním plovoucích nečistot a odváděním písku do pračky písku (separátoru). Písek vynášený šnekovým dopravníkem ze separátoru je ukládán do kontejnerů v hale česlí. Odpadní vody jsou z lapáku písku vedeny na podélné protékané usazovací nádrže se stíráním dna i hladiny. Odtokový žlab z usazovacích nádrží je současně řešen jako dešťový oddělovač, ze kterého budou odpadní vody za dešťů odváděny do dešťové zdrže. Součástí usazovacích nádrží je čerpací jímka primárního surového kalu sloužící současně k zahuštění kalu a jímka plovoucích nečistot.

Usazovací nádrže jsou začleněny do stavebního bloku s aktivačními nádržemi. Biologickou část čistírny tvoří aktivační systém AN-D-N (Anaerobní předčištění – Denitrifikace – Nitrifikace) se separací aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích. Jedná se o variantu aktivačního procesu s odstraněním N a P.

Odpadní voda z usazovacích nádrží je odváděna do anaerobních sekcí aktivace, které jsou mechanicky míchány. Do těchto sekcí je přiváděn i vratný kal z dosazovacích nádrží. Z anaerobní sekce aktivační směs natéká do mechanicky míchané denitrifikační nádrže s membránovými elementy. Do této nádrže je současně zaústěna interní recirkulace kalu. Z denitrifikace aktivační směs odtéká do podélně protékané aktivační nádrže – nitrifikace. Nitrifikace je provzdušňována jemnobublinnými membránovými aeračními elementy a aerační systém je odstupňován do tří stupňů. Aktivační směs odtéká odtokovým žlabem s měřením průtoku do dvou hlubokých kruhových dosazovacích nádrží, ze kterých usazený vratný kal natéká do čerpací stanice vratného kalu. Vratný kal je čerpán do anaerobní sekce aktivace nebo je jako přebytečný odebírán ke strojnímu zahuštění. Součástí biologické části je dmychárna osazená rotačními dmychadly s regulací množství dodávaného vzduchu. Měření množství proteklé odpadní vody je zajištěno měrným žlabem na odtoku z dosazovacích nádrží. [13]

3.2.2 Popis technologické části kalového hospodářství ČOV Kolín

Kalové a plynové hospodářství se skládá z těchto částí:

- Proces zahuštění kalů
 - ✓ strojní zahuštění přebytečných kalů
 - ✓ příprava a dávkování flokulantu před zahuštěním
 - ✓ čerpání zahuštěného kalu
- Anaerobní stabilizace zahuštěného kalu
 - ✓ vyhnívací (stabilizační nádrže)
 - ✓ zajištění procesní teploty ve vyhnívacích nádržích

- Plynové hospodářství
 - ✓ nakládání s bioplynem
 - ✓ plynojem
- Zpracování a doprava vyhnílého kalu z VN
 - ✓ homogenizace a odvodnění
 - ✓ jímka kalové vody
 - ✓ čerpání odvodněného kalu
 - ✓ doprava odvodněného kalu do kontejnerů

Předpokládané parametry na vstupu a výstupu v kalovém hospodářství ČOV

T - 02

Parametry na vstupu		
vyhnílý kal	59	[m ³ .den ⁻¹]
koncentrace sušiny	2,6	[% V/V]
pracovní týden	5	[dní]
provozní doba	6	[hod.den ⁻¹]
flokulant	3	[g.kg ⁻¹ sušiny]
ředící voda	4,6	[m ³ .den ⁻¹]
Parametry na výstupu		
odvodněný kal	6,2	[m ³ .den ⁻¹]
koncentrace sušiny	25	[% V/V]
fugát (kalová voda)	52,8	[m ³ .den ⁻¹]

Zdroj: [13]

Proces zahuštění kalů

Strojní zahuštění přebytečného aktivovaného kalů v ČOV Kolín

Zahrnuje dva strojní zahušťovače a dávkování polymerního flokulantu. Homogenizační jímka kalů zajišťuje dokonalé smísení primárního a zahuštěného přebytečného kalu. Je vybavena mechanickým mícháním. Z ní jsou smíšené kaly čerpány do vyhnívací nádrže. Anaerobní stabilizace je řešena jako dvojice vyhnívacích nádrží s kuželovým dnem a stropem řazeným jako I. a II. stupeň. Oba stupně jsou míchány kalovým plynem, I. stupeň je vyhříváný, II. stupeň je nevyhříváný.

Pro akumulaci přebytečného kalu před jeho zahuštěním slouží betonová podzemní jímka o obsahu 100 m³. Pro její míchání jsou navrženy dva kusy ponorných vrtulových míchadel s vedením a přenosným zdvihacím zařízením. Pro strojní zahuštění kalu slouží dva

kusy strojních štěrbinových zahušťovačů. Oba zahušťovače jsou v provozu současně. Při poruše jednoho z nich je možné celé množství zahustit na jednom stroji za cca dvojnásobnou dobu. Zahuštěný kal gravitačně odtéká po ocelových skluzech do homogenizační jímky umístěné v suterénu přímo pod zahušťovači.

Pro čerpání kalu do zahušťovačů jsou navrženy dva kusy vřetenových čerpadel s variátory. Jedno čerpadlo je rezervní. Při normálním provozu se kal čerpá jedním čerpadlem do obou zahušťovačů. Do zahušťovačů je zavedena ostřiková voda. Do výtlačného potrubí do obou zahušťovačů je zaústěno dávkování 0,1 % V/V roztoku organického flokulantu. Pro přípravu a dávkování roztoku flokulantu slouží automatické chemické hospodářství s výkonem min. 0,6 m³ roztoku/hod. Příprava 1 % V/V roztoku, jeho dávkování a ředění na 0,1% V/V probíhá automaticky. Montáž zařízení se provádí pomocí mostového jeřábu.

Pro homogenizaci primárního kalu a zahuštěného přebytečného kalu slouží betonová jímka umístěná v suterénu pod strojovnou zahušťovačů. Užitečný objem jímky je 42 m³. Pro její míchání je instalováno ponorné vrtulové míchadlo s vedením a přenosným zdvihacím zařízením. [13]

Obr. 4 Stávající štěrbinové zahušťovače od firmy VANEX



3.2.3 Současný stav parametrů ČOV Kolín

Odpady produkované na ČOV Kolín

- Shrabky – odvodněné plovoucí na česlích.
- Odpad z lapáku písku – písek znečištěný organickými zbytky zachycený v LP a odvodněný.
- Plovoucí nečistoty – plovoucí organické látky zachycené v UN a shromažďované v jímkách.
- Odvodněný kal (25% sušiny) – přebytečný kal z DN a surový kal, zahuštěný, vyhnílý a odvodněný na odstředivce.

Odpady vznikající procesy čištění na ČOV Kolín

T - 03

Kód odpadu	Název odpadu	Kategorie odpadu	Množství odpadu předpokládané
19 08 01	shrabky, plovoucí látky	O	130 [t.rok ⁻¹]
19 08 02	písek z LP	O	187-248 [m ³ rok ⁻¹]
19 08 03	odvodněný kal	O	1620 [m ³ rok ⁻¹]

Zdroj: [13]

Způsob odstranění vzniklého odpadu (kalu)

- Vylisované shrabky jsou ukládány do kontejneru a odváženy na skládku.
- Zachycené plovoucí látky z jímek jsou odváženy fekálním vozem.
- Odvodněný písek z LP je ukládán do kontejneru, desinfikován chlorovým vápnem a odvážen na skládku.
- Odvodněný kal je shromažďován v kontejnerech a na základě provedeného rozboru ukládán na skládku nebo kompostován s přidavkem vápenného hydrátu a chlorového vápna.

Počet pracovníků obsluhy a údržby

Čistírna vyžaduje nepřetržitý provoz a tudíž nepřetržitou přítomnost zaměstnanců ve třech směnách i ve dnech pracovního volna a klidu.

Obsluhu ČOV Kolín vykonávají tito pracovníci:

- vedoucí ČOV (pouze v odpolední směně) 1
- operátor (všechny směny) 2
- strojník – údržbář (všechny směny) 2

Dále jsou na ČOV:

- laborantka (v jedné směně) 1
- administrativní pracovnice (v jedné směně) 1

Údaje o recipientu

Vodní tok Labe – 192 km

Roční zatížení recipientu z ČOV se v našem případě týká řeky Labe a je v souladu se stanovením vodohospodářského rozhodnutí č.j. 757/96 – ŽP/INGKA.

Základní technické údaje ČOV

K čistírně odpadních vod patří nejen areál samotného čištění a zpracování odpadních vod, ale také stoková síť, kterou jsou odpadní vody do čistírny přiváděny. Parametry stokové sítě jsou následující.

Stoková síť

Kanalizační štola: délka 1,3 km, sklon 3‰, vystrojení sklolaminát, potrubí DN 1800

Výtlak ČS L1: délka 1,3 km, sklolaminát, potrubí – 2 x DN 400 mm

Výtlak ČS P1: délka 1,2 km, sklolaminát, potrubí – 1 x DN 400 mm

Shybka: délka 96 m, zatahovaná, zdvojená, tvárná litina DN 400mm

Druh sítě – jednotná

Kritická místa – shybka pod Labem

Umístění ČOV Kolín v katastrální mapě viz. příloha 1

Bilanční hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěných do recipientu (Labe)

T - 04

Roční zatížení recipientu z ČOV Kolín	
Ukazatele znečištění	[t.rok ⁻¹]
BSK ₅	54,51
CHSK	310,28
NL	75,72
N _c	37,1
P _c	6,84

Zdroj: [13]

Maximální hodnoty ukazatelů znečištění zatěžující recipient vyčištěnou vodou na výtoku z ČOV Kolín

T - 05

Předepsané parametry kvality na odtoku z ČOV			
	max [mg.l⁻¹]	max [g.s⁻¹]	max [t.rok⁻¹]
BSK ₅	30	4,17	46,46
NL	30	4,17	45,62
CHSK	40	5,56	274,6
N - NH ₄	20	2,78	8,76
P celk	3	0,41	6,57

Zdroj: [13]

Posouzení ČOV Kolín dle parametrů odpadní vody

T – 06

Množství odpadních vod			
	[m³.d⁻¹]	[m³.h⁻¹]	[l.s⁻¹]
Q ₂₄ obyvatel	12000	500	138,9
Q balast	0	0	0
Q prům	0	0	0
Q ₂₄ celkem	12000	500	138,9
Q _d	15000	625	173,6
Q _{max}		1062,5	295,1
Q _{dešť} do ČOV		2166,8	601,9
Q _{dešť} do aktivace		1250	347,2
Znečištění surových odpadních vod			
Ukazatel	[g.EO.d⁻¹]	[kg.d⁻¹]	[mg.l⁻¹]
BSK ₅	53	1800	150,2
CHSK	110	3740	311,2
NL	50	1700	141,2
N-NH ₄	65% N-c	243,1	20,3
N-celk	11	374	31,2
P-celk	2,5	85	7,1
Roční množství přiváděného znečištění			
Q ₂₄	4380000	[m ³ .rok ⁻¹]	
BSK ₅	657	[t.rok ⁻¹]	
NL	620,5	[t.rok ⁻¹]	
N - celk	136,5	[t.rok ⁻¹]	
P - celk	31	[t.rok ⁻¹]	

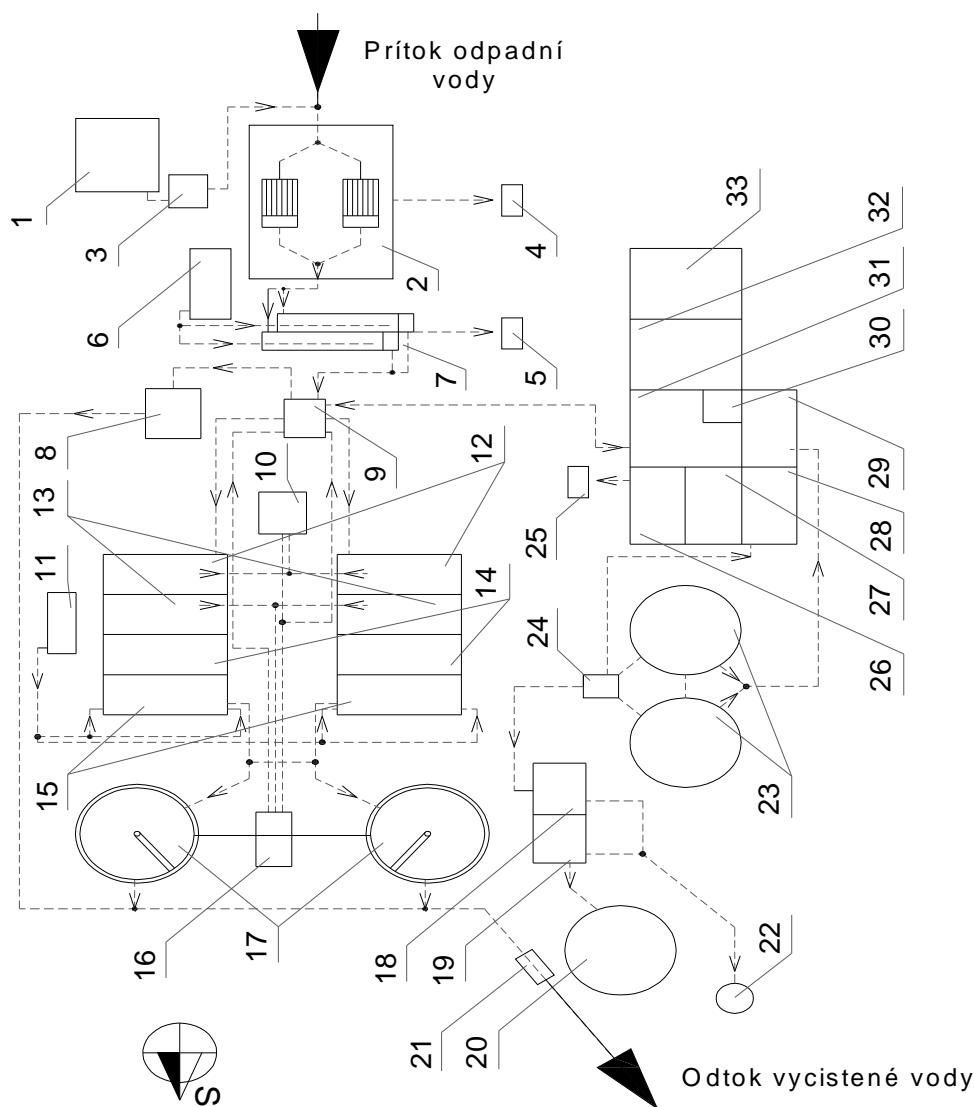
Zdroj: [13]

Popis ČOV Kolín

T – 07

Druh ČOV	Mechanicko-biologická čistírna s anaerobní stabilizací kalu a s technologií biologického odstraňování dusíku a fosforu AN-D-N
Stoková síť	
Druh sítě	jednotná
Délka a uspořádání	dle katastrální mapy
Kritická místa	shybka pod Labem
ČOV	
Množství přiváděné odpadní vody	cca 150 l.s ⁻¹
Původ a druh odpadní vody	městské odpadní vody (domácnosti, splašky)
Průtok	
průměrný	179,6 l.s ⁻¹
maximální	265,1 l.s ⁻¹
Rozloha	3 502 ha
Počet EO	34 000
Stavba ČOV	
Projekt	Hydroprojekt a.s., Praha
Výstavba	Metrostav a.s., Praha
Technické vybavení	Kunst s.r.o., Arko a.s., Dragon, Elektro Mar a.s.
Uvedení do zkušebního provozu	září 1999
Majitel	AVE
Provozovatel	Vodos s.r.o., Kolín

Zdroj: [13]



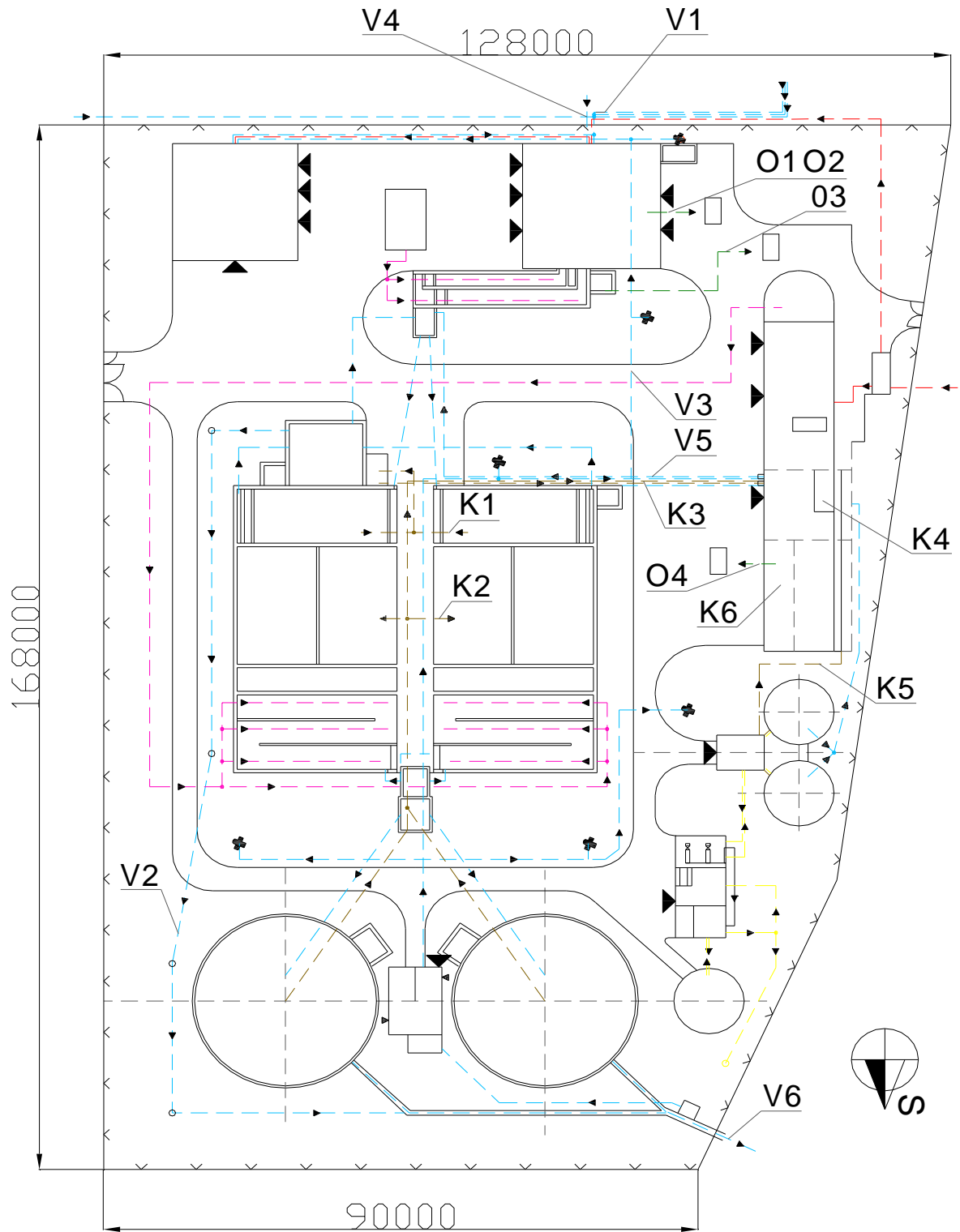
Obr. 5 Blokové schéma ČOV Kolín

Zdroj: [13]

Legenda k obr. 5:

Číselné značení jednotlivých objektů ČOV : 1 – provozní budova (velín), 2 – česlovna, 3 – fekálie z provozní budovy, 4 – odvoz shrabků, 5 – odvoz písku, 6 – dmychárna pro lapák písku, 7 – lapák písku, 8 – dešťová zdrž, 9 – homogenizační jímka, 10 – jímka surového kalu, 11 – dmychárna pro aktivaci, 12 – usazovací nádrž, 13 – anaerobní nádrž, 14 – denitrifikace, 15 – nitrifikace, 16 – tlaková vodárna, 17 – dosazovací nádrž, 18 – strojové využití bioplynu (kotelna + kogenerační jednotka), 19 – kompresorovna, 20 – plynojem, 21 – Parshalův žlab (měření průtoku na odtoku), 22 – hořák zbytkového plynu, 23 – vyhňivací nádrž, 24 – homogenizační nádrž, 25 – odvoz odvodněného kalu, 26 – skládka odvodněného kalu, 27 – jímka přebytečného kalu, 28 – homogenizační nádrž, 29 – jímka kalové vody, 30 – homogenizační jímka, 31 – strojovna odvodňování kalu, 32 – rozvodna, 33 – dmychárna




Obr. 6 Půdorysné uspořádání stávajícího technologického zařízení ČOV Kolín s připojením na inženýrské sítě



Zdroj: [14]

Legenda k obr. 6:

Barevné značení čar ČOV

	Voda
	Kal
	Plyn
	Vzduch
	Elektrický proud
	Odpad

Druhy vod v ČOV

V1 – Městská a splašková odpadní voda

V2 – Srážková voda

V3 – Provozní voda

V4 – Pitná voda

V5 – Kalová voda

V6 – Vyčištěná odpadní voda

Druhy kalu na ČOV

K1 – Primární kal

K2 – Aktivovaný vratný kal

K3 – Aktivovaný přebytečný kal

K4 – Surový kal (smíšený primární a aktivovaný kal)

K5 – Stabilizovaný kal (vyhnilý kal)

K6 – Stabilizovaný odvodněný kal

Odpady vznikající při čištění odpadních vod

O1 – Shrabky z hrubých česlí

O2 – Shrabky ze strojně stíraných jemných česlí

O3 – Písek z lapáku písku

O4 – Stabilizovaný odvodněný kal

3.3 Uspořádání linky v budově odvodňování kalu

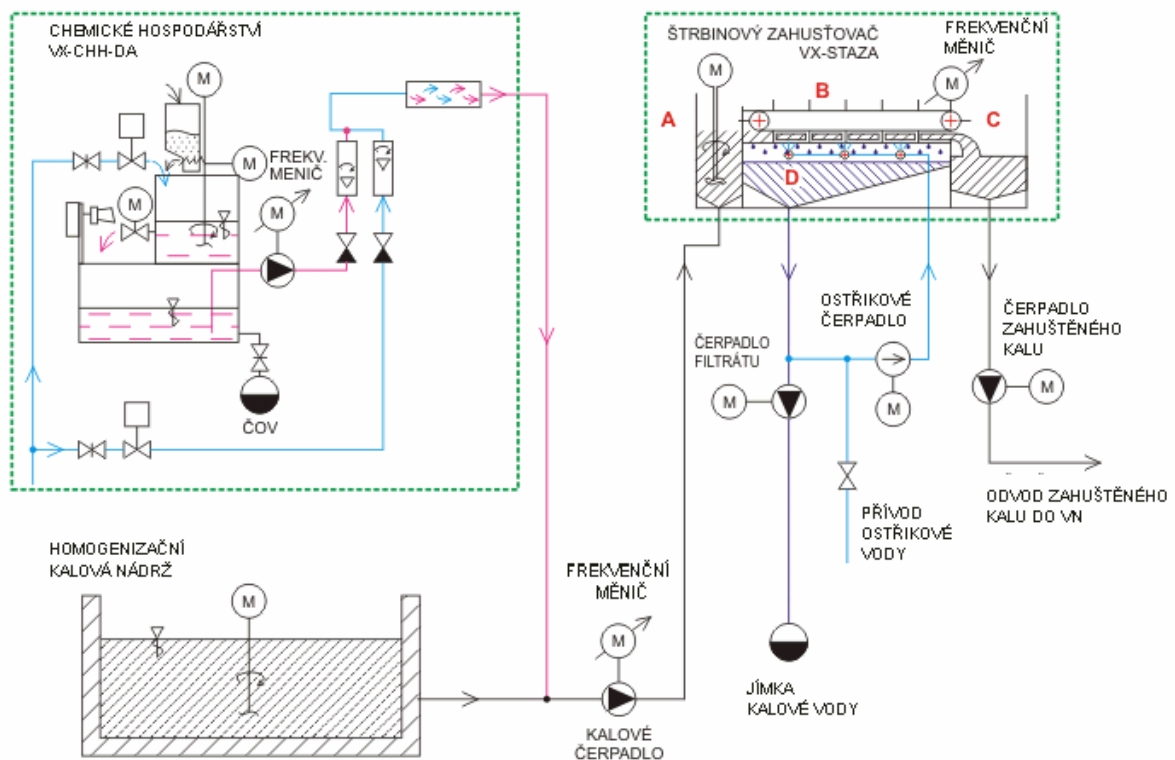
Stávající šterbinové zahušťovače budou nahrazeny navrhovaným technologickým zařízením na zahušťování kalů. Zahušťovač je dispozičně vázán na chemické hospodářství umístěné

v suterénu budovy. Podle zvoleného typu zahušťovače a jeho rozměrů bude nutné upravit napojení na chemické hospodářství.

Procesy nutné pro umístění pásového zahušťovače do budovy :

- demontování štěrbinového zahušťovače
- úprava napojení na chemické hospodářství, přívod zahušťovaného kalu, přívod ostříkové vody, odvod kalové vody a zahuštěného kalu
- připojení zahušťovače na sítě a centrální řídicí systém linky

Obr. 7 Schéma jednotlivých provozních souborů technologie zahušťování kalů



Zdroj: [15]

3.3.1 Popis stávajícího zařízení na zahuštění kalů – štěrbinové zahušťovače

Štěrbinové zahušťovače jsou zařízení na kontinuální zahuštění kalů v ČOV. Při technologickém procesu se ze zahušťovaného volného kalu oddělí volná tekutá složka – fugát (kalová voda) s možností jeho dalšího zpracování.

Zahušťovaný kal je do zařízení čerpaný objemovým kalovým čerpadlem, jehož výkon je regulován prostřednictvím frekvenčního měniče. Do zahušťovaného kalu se před jeho

vstupem do zahušťovače přidává roztok flokulantu, jehož působením kal flokuluje a uvolňuje se fugát. Vzhledem k předpokládanému množství nekonstantního množství čerpaného kalu do zahušťovačů (vlivem měnící se sušiny vstupního kalu), je nutné měnit i množství roztoku flokulantu.

Flokulant je dávkován prostřednictvím chemického hospodářství VX – CHH – DA zabezpečující plynulou dálkovou regulaci množství dávkovaného flokulantu s automatickou přípravou roztoku práškových nebo tekutých flokulantů. Uvedeným zapojením může obsluha pohodlně reagovat na změny v kvalitě zahušťovaného kalu. Zahušťovací proces v určitých případech může probíhat i bez použití flokulantů. Při popsáném procesu se však snižují parametry zahušťování, což se projeví především na zhoršené kvalitě odtékajícího fugátu. Hlavní částí zařízení je polypropylénová vana s krytem, která je rozděluje na část nátokovou (A), odvodňovací (B), část odtokovou fugátu (D) a odvodu zahuštěného kalu (C). Technologický proces odvodňování probíhá ve dvou základních na sebe navazujících technologických zónách.

1. homogenizační zóna – část technologického cyklu po přidání flokulantu do kalu, ve které probíhá promíchávání kalu s roztokem organického flokulantu, vločkování kalu a uvolnění filtrátu. Uvedený proces probíhá v kalovém potrubí a v nátokové části (A) zahušťovače, kde je nainstalované pomaloběžné míchadlo. Při práci bez flokulantu uvedená fáze odpadá.

2. gravitační odvodňovací zóna – gravitační odvodnění kalu probíhá v odvodňovací části zahušťovače (B) na šterbinovém síti. Kal v uvedené zóně je unášený pohybujícími se lopatkami, které jsou poháněné motorem s převodovkou prostřednictvím plastových řetězů. Uvedené lopatky slouží k přesunu kalu po šterbinovém síti až na jeho konec a zároveň ho i čistí. Rychlost pohybu lopatek je plynule regulovaná frekvenčním měničem. Čištění šterbinového síti je zajištěno i ostříkovými tryskami s cyklickým ostříkem. Naklápění ostříkových trysek je řešeno frekvenčním měničem. Na ostřík je použita vyčištěná voda z ČOV. Fugát odtéká skrz šterbinové síti do odtokové části (D), kterou je možné čistit skrz otvíratelné dvířka. Fugát z odtokové části je do dalšího procesu odváděn gravitačně. Kal po přechodu po síti přepadá do části (C), ze které do dalšího procesu odtéká gravitačně. [7]

3.4 Nedostatky dosavadního provozu

Nedostatkem stávajícího uspořádání kalového hospodářství čistírny odpadních vod v Kolíně je zahušťování přebytečného aktivovaného kalu.

Se stoupajícím množstvím odpadní vody a tudíž i kalu vzniká potřeba intenzifikace procesu zahušťování.

Provozní nedostatky dosavadního provozu zahušťování

- Údržba lamel – prostříkávání a čištění lamel od usazeného kalu.
- Nedostačující kapacita zahušťování kalu.
- Velká poruchovost zahušťovače.

Poruchy na stávajícím zařízení

U mechanické měniče obsluhující trysky na ostřík dochází k opotřebením ozubeného převodu, který je zapotřebí měnit (u pásového zahušťovače takové zařízení není zapotřebí – odpadá tato potřeba výměny).

Nedostatky zahušťování číselně

Údržba lamel – 1x týdně

Současná kapacita šterbinových zahušťovačů – $2 \times (6 \text{ až } 7) \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \rightarrow 150 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$

Doba k zahuštění potřebného množství – 11 až 12 h.den⁻¹

3.5 Souhrn výchozích podmínek a stanovení postupných kroků a metod ke zpracování návrhu

Požadavky na návrh

- Menší provozní náklady
- Vysoká životnost
- Není zapotřebí upravovat stávající stavební objekt
- Menší náročnost na údržbu
- Zvýšení kapacity zahušťovaného kalu (cca $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
- Větší kvalita zahušťovaného kalu → tím odpadá potřeba přečerpávat z homogenizační jímky fugát do jímky s kalovou vodou

Postup návrhu řešení

- Výběr vhodného typu zařízení, které bude splňovat požadavky na zkvalitnění zahušťování
- Stanovení parametrů nového zařízení
- Určení dodavatele – výběrové řízení
- Finanční analýza
- Vyhodnocení
- Aplikace v provozu

4. NÁVRH ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

4.1 Řešení návrhu

Návrh se zabývá inovací jedné části technologické linky kalového hospodářství. Jedná se zde o nahrazení nevyhovujícího zařízení za nové lépe splňující kladené požadavky, zaručující bezproblémový provoz a jenž bude méně náročný na údržbu. Pokud budou splněny tyto faktory, dojde k zefektivnění celé technologické linky. Provoz zařízení bude bezproblémový, kvalitnější, ušetří lidskou práci a finanční prostředky.

Navrhované zařízení je dimenzováno na zvýšení produkce zahuštěného kalu v kratším časovém intervalu z důvodu rychlejší reakce na stávající stav aktivního kalu v aktivačním procesu ČOV Kolín. V případě zvýšení kalového indexu (KI) nastává zvýšená potřeba odvádět přebytečný aktivní kal, aby aktivační proces neztrácel svou účinnost. Rychlejší reakce na kalový index (KI), to znamená zahuštění potřebného množství kalu za kratší časový interval, znamená nejen snadnější práci pro obsluhu, ale i zkvalitnění celého provozu ČOV.

Možné typy zařízení k dosažení požadavků na zahušťování kalů v ČOV:

- Pásový zahušťovač
- Štěrbínový zahušťovač
- Rotační zahušťovač

Po důkladném zvážení a posouzení všech technických a ekonomických parametrů daného problému zahušťování kalu a po konzultaci zahušťování i na jiných ČOV, např. s ČOV TPCA Kolín, kde používají pásový zahušťovač bylo rozhodnuto, že bude použit pásový zahušťovač. Stávající štěrbínové zahušťovače budou nahrazeny jedním pásovým zahušťovačem a ze štěrbínových bude zachován jeden jako montovaná záloha v případě poruchy nebo potřeby odstavit pásový zahušťovač.

Princip řešení zahuštění kalů před jejich stabilizací zůstane zachován. V technologické lince použijeme místo dosavadních dvou štěrbínových zahušťovačů jeden výkonnější pásový zahušťovač, který by měl snížit nároky na údržbu a vyřešit problém s rychlejší reakcí na kalový index. Druhý štěrbínový zahušťovač bude renovován a demontovaný zahušťovač bude použit na náhradní díly v případě poruchy záložního štěrbínového zahušťovače.

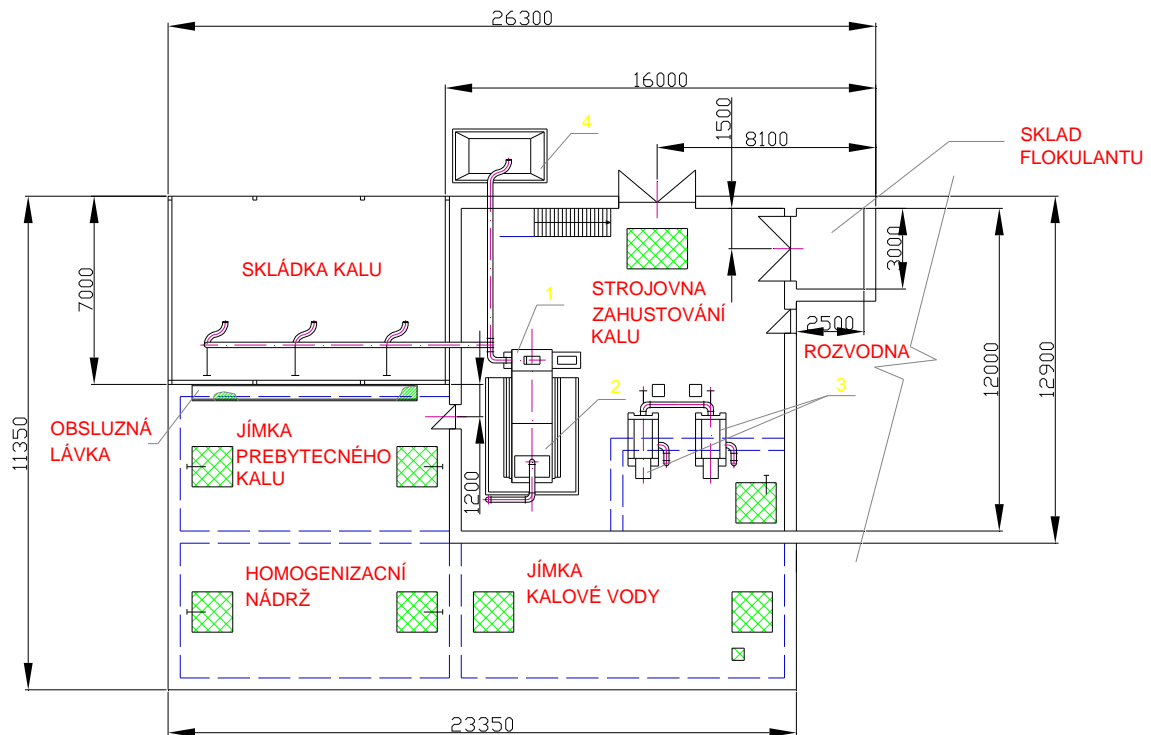
Jedná se tedy o inovaci a intenzifikaci stávajícího provozu kalového hospodářství ČOV Kolín.

4.1.1 Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu

Úprava a použití nového odvodňovacího zařízení je zde ovlivněna stacionárním technologickým zařízením. Navrhovaná technologie bude umístěna v místech staré technologie. Umístění zahušťovače kalu je ovlivněno napojením na chemické hospodářství dodávající kolagulant.

Konečné řešení bude provedeno dle provozních podmínek provozovatele. Zařízení tedy musí mít takové parametry, aby jej šlo zabudovat do prostor kalového hospodářství a snadno jej připojit k chemickému hospodářství.

Obr. 8 Půdorysné schéma uspořádání kalového hospodářství ČOV Kolín s umístěním zahušťovačů ve strojovně zahušťování kalů.



Zdroj: [14]

Legenda k obr. 8:

- 1 – Vřetenové čerpadlo odvodněného kalu
- 2 – Dávkovací čerpadlo kalu k odvodnění
- 3 – Šterbinový zahušťovač
- 4 – Kontejner na stabilizovaný odvodněný kal

4.1.2 Vyhodnocení výběrového řízení

Výběrové řízení je provedeno ze tří firem, které vyrábí pásové zahušťovače. Každé z kritérií je obodováno od 1 do 10 (kde 1 je nehorší, 10 je nejlepší) a dle nabídky jsou firmy ohodnoceny. Nejlepší je firma (výrobek) s největším počtem bodů.

Výběrové řízení nabízených typů pásových zahušťovačů kalů pro ČOV Kolín**T - 08**

KRITÉRIUM	NÁZEV DODAVATELE		
	KOLÍNSKÉ STROJÍRNY CZ s.r.o.	VANEX s.r.o.	HuberCS, spol. s. r.o.
Dodržení požadavků zadání	7	7	9
	typové řady	typové řady	dle výrobního programu
Záruka-zajištění servisu zařízení	9	9	5
	2 roky záruka, pozáruční servis	2 roky záruka, pozáruční servis	2 roky záruka, bez pozáručního servisu
Předpokládané provozní náklady zařízení (energie)	8	7	6
	0,75 kWh	0,8 kWh	0,9 kW
Cena zařízení	5	8	4
	337 000 Kč	275 000 Kč	374 000 Kč
Termín dodání,harmonogram uvedení zařízení do provozu	6	8	8
	2 až 3 měsíce od podpisu smlouvy	2 měsíce od podpisu smlouvy	2 měsíce od podpisu smlouvy
Kompletnost dodávky	9	9	9
	100% výrobce	100% výrobce	100% výrobce
Vhodnost zařízení pro ČOV Kolín (technické řešení)	7	9	6
Renomé firmy	6	8	4
Reference	9	9	6
Σ Hodnocení	65	75	57

Podle vybraných a posouzených kritérií a parametrů jednotlivých zahušťovačů dopadl nejlépe zahušťovač od firmy VANEX s.r.o.. Dalším faktorem při výběru byla dobrá zkušenost s firmou VANEX již z předchozí spolupráce a kladné reference. Ve prospěch mluví i cena, která je z posuzované konkurence nejnižší.

4.1.3 Specifikace dodávek, prací a orientační rozpočet

Uvedená cena zahrnuje kompletní montáž zařízení. V ceně zařízení je zprovoznění linky a zaučení obsluhy. Náklady na úpravu stávajícího zařízení jsou minimální. Konstrukční rozměry jsou přizpůsobeny tak, aby bylo možné bezproblémové připojení na ostatní technologie. Konstrukce navrhovaného zařízení nemá vliv na stavbu a současnou technologii. Náklady na připojení stávající technologie jsou minimální. Zařízení je připojeno na stávající rozvody elektrické energie a ostatní technologie kalového hospodářství.

Orientační rozpočet

Jak již bylo zmíněno, cena zařízení zahrnuje komplexní montáž i se zaškolením obsluhy. Proto rozpočet na provedení této inovace odpovídá pořizovací ceně zařízení.

Technické a provozní parametry zvoleného pásového zahušťovače

T - 09

Typové označení výrobku	Délka [m]	Šířka [m]	Výška [m]	Hmotnost [Kg]	Příkon [kW]
VX - PAZA 10	3,94	1,66	1,26	510	1,1
Výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	Sušina		Dávka flokulantu [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$]	Spotřeba vzduchu [$\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$]	Tlak vzduchu [MPa]
	Vstup [% V/V]	Výstup [% V/V]			
17 – 30	0,5 – 1	3 – 7	2 – 3,5	–	–

Zdroj: [15]

4.2 Vlastní měření

4.2.1 Výběr sledovaných parametrů

Ukazatele, které nám obecně charakterizují ČOV, jsou ukazatele znečištění odpadních vod na přítoku i na odtoku. Podle těchto ukazatelů, jenž provádíme rozbořem z odebraných vzorků lze posoudit, zda ČOV pracuje správně a zda jsou splněny dané limity na odtoku. Limity jsou směrodatné pro hodnocení správného chodu ČOV. Tyto ukazatele znečištění jsou nepřímo spjaty s celým provozem ČOV a to i s kalovým hospodářstvím.

Pro posouzení kvality vody na odtoku se používají ukazatele znečištění a to především tyto: pH, BSK₅, CHSK, NL, RL, VL, RAS, AOX a další. [16]

Měření probíhá dlouhodobě (neustále), aby byla zajištěna kontrola správné funkce ČOV a případné problémy při čištění odpadní vody se zde projeví. Dále se v různých částech ČOV Kolín provádí měření průtoku vody a kalu. Měření je automatizováno, statistickou část vyhodnocuje mikroprocesorová jednotka na měřícím zařízení průtoku.

Ukazatele znečištění byly vyhodnoceny za rok 2007. Dále byl sledován průtok vyčištěné vody z ČOV a průtok přebytečného kalu před zahuštěním. Tyto parametry byly sledovány a vyhodnoceny za období 1.11. 2007 – 31.12. 2007.

4.2.2 Postup měření a měřící přístroje

Měření je prováděno z odebraných vzorků na odtoku z ČOV vyčištěné vody do recipientu. Na odtoku u Parshalova žlabu se nachází automatický vzorkovač od firmy BUHLER.

Odebírané vzorky byly provedeny dle ČSN ISO 5667 – 1 [17]. Odběr vzorků probíhá v závislosti na čase. Odběr vzorku automatickým vzorkovačem probíhá přes pneumatickou jednotku, ventilovou jednotku, membránové čerpadlo a dávkovací jednotku.

Každé chemické stanovení vzorku vody má svůj účel. Podle něho a na základě předběžných vlastností je volena analytická metoda, s ní související pracovní postup, odběr vzorku a případná konzervace. Komplexní analyticko – vzorkovací systém se sestává ze čtyř hlavních částí:

- vzorkování včetně konzervace vzorku
- příprava vzorku k měření
- měření
- vyhodnocení naměřených dat na základě matematicko-statistického měření

Na čistírně v Kolíně jsou pouze připravovány vzorky. Jejich příprava k měření a měření probíhá v akreditované laboratoři. [6]

Příprava vzorku

Vzorek je skladován ve vzorkovacích nádobách (vzorkovnicích). Ty jsou řádně označeny a o provedení odběru je pořízen záznam.

Vzorkovnice musí být řádně vyčištěny. Skleněné vzorkovnice se čistí HCl, chromsírovou směsí (odmaštění), vymytím ethanolem a vymytím destilovanou vodou. Polyethylenové vzorkovnice se čistí zředěnou HCl a vymytím vodou.

Časový interval mezi odběrem má být co nejkratší. Obvykle se požaduje, aby rozbor byl zahájen nejdéle do 24 hodin po odběru.

Pro minimalizaci změn v odebraném vzorku před jeho analýzou je třeba dodržovat podmínky pro uložení, převoz a okamžitou úpravu (konzervaci) vzorků:

- Správná vzorkovnice.
- Nízká teplota (3 – 4°C) při uložení i převozu (uložení v chladničce, převoz v transportním izolačním obalu). [6]

Příprava vzorku pro vyhodnocení sledovaných parametrů na ČOV Kolín

T - 10

Místo odběru	Typ vzorku	Četnost
Přítok ČOV	slévaný 24 hod.	1 x denně
ČOV	kontinuální měření (pH, teplota)	trvale
Odtok z UN	slévaný 24 hod.	1 x denně
Anaerobní zóna	kontinuální měření (kyslík, teplota)	trvale
Denitrifikace	kontinuální měření (kyslík, teplota)	trvale
Nitrifikace	kontinuální měření (kyslík, teplota)	trvale
Nitrifikace	bodový	1 x týdně

Veškeré sledované parametry a odběrná místa na ČOV Kolín

T - 11

Parametr	Odběrné místo					
	přítok	odtok	anaerobní zóna	denitrifikační zóna	nitrifikační zóna	odtok z UN
pH	x	x				
teplota [°C]	x	x	x	x	x	
rozpuštěný kyslík [mg/l]					x	
Redox [V]			x	x		
NL [mg/l]	x	x				x
CHSK [mg/l]	x	x				x
BSK ₅ [mg/l]	x	x				x
N _{celk} [mg/l]	x	x				
N - NH ₄	x	x				x
N - NO ₃		x				
P _{celk} [mg/l]	x	x				
ropné látky	x					
aktivovaný kal						
kalový index [ml/l]						
ředěný kalový index [ml/l]						
objem kalu po 30 min.						

Zdroj: [13]

Použité přístroje

- Průtokoměry – obrázek viz. příloha 4
- Automatické zařízení na odběr vzorků – Buhler typ 1024 – schéma viz. příloha 5

4.2.3 Matematicko-statistické vyhodnocení měření.

Charakteristika ukazatelů znečištění vody na přítoku do ČOV Kolín v jednotlivých měsících za rok 2007 T - 12

Ukatele znečištění	pH	BSK ₅	CHSK _{CR}	N _{anorg}	Pc	NL	RAS	AOX	Cd	Hg
	mg.l ⁻¹									
Měsíc										
I.	7,7	190	444	40,05	6,74	197	764	0,036	0,001	0,00016
II.	7,2	230	616	20,17	2,95	153	562			
III.	7,1	223	485	24,05	6,36	159	670	0,055	0,001	0,00024
IV.	8,2	128	343	34,84	6,41	100	842			
V.	7,5	187	412	27,32	6,54	105	614	0,056	0,001	0,00010
VI.	7,6	143	348	23,77	6,31	83	648			
VII.	6,8	321	790	9,75	7,67	281	248	0,060	0,001	0,00010
VIII.	6,9	94	394	30,55	6,19	108	916			
IX.	7,6	112	270	42,84	5,13	119	452	0,066	0,001	0,00010
X.	6,5	252	733	31,77	6,93	100	620			
XI.	7,9	99	267	37,15	3,90	74	634	0,053	0,001	0,00010
XII.	7,7	37	100	28,53	1,51	48	576			
Průměr hodnot	7,4	168	434	29,23	5,55	127	629	0,054	0,001	0,00013
Min	6,5	37	100	9,75	1,51	48	248	0,036	0,001	0,00010
Max	8,2	321	790	42,84	7,67	281	916	0,066	0,001	0,00024
Bilanční hodnoty t.r⁻¹		636	1642	110,58	21,00	480	2380	0,204	0,004	0,00049

Množství vody přitékající do ČOV Kolín za rok 2007

T - 13

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
$\Sigma.10^3 (m^3.r^{-1})$	282	279	341	306	318	334	312	296	321	305	352	336
Σ Rok	3 783 248 m³											

Odtok vyčištěné vody z ČOV v období 1.11.2007 – 31.12.2007 viz. příloha 2

Množství přebytečného kalu pro zahuštění před VN v období 1.11.2007 – 31.12.2007 viz. příloha 3.

Charakteristika ukazatelů znečištění vody na odtoku z ČOV Kolín v jednotlivých měsících v roce 2007

T - 14

Ukatele znečištění	pH	BSK ₅	CHSK _{CR}	N _{anorg}	Pc	NL	RAS	AOX	Cd	Hg
	mg.l ⁻¹									
Měsíc										
I	7,20	2,10	27	5,20	0,14	8	712	0,027	0,001	0,00010
II	7,00	3,80	20	3,38	0,16	5	578	0,033	0,010	0,00010
III	7,30	3,40	24	6,08	0,20	5	758	0,050	0,001	0,00010
IV	6,70	3,00	18	11,35	0,19	5	730	0,037	0,001	0,00010
V	7,60	3,00	22	9,55	0,25	6	750	0,031	0,001	0,00010
VI	7,10	3,00	28	11,91	0,29	5	706	0,040	0,010	0,00010
VII	7,60	3,00	18	8,48	0,63	5	710	0,037	0,001	0,00010
VIII	7,60	3,00	21	11,44	0,29	5	642	0,043	0,001	0,00010
IX	7,00	3,40	15	7,47	0,16	5	546	0,025	0,001	0,00010
X	7,70	3,00	16	10,20	0,11	5	576	0,036	0,001	0,00010
XI	7,20	3,10	12	8,87	0,08	5	280	0,029	0,001	0,00010
XII	7,30	3,40	19	9,12	0,33	5	478	0,026	0,001	0,00011
Průměr hodnot	7,28	3,10	20	8,59	0,24	5	622	0,035	0,003	0,00010
Min	6,70	2,10	12	3,38	0,08	5	280	0,025	0,001	0,00011
Max	7,70	3,80	28	11,91	0,63	8	758	0,050	0,010	0,00010
Bilanční hodnoty t.r⁻¹		11,34	76	30,27	0,91	19	2353	0,132	0,011	0,00038

Zjišťované ukazatele znečištění při rozboru odpadní vody v ČOV Kolín

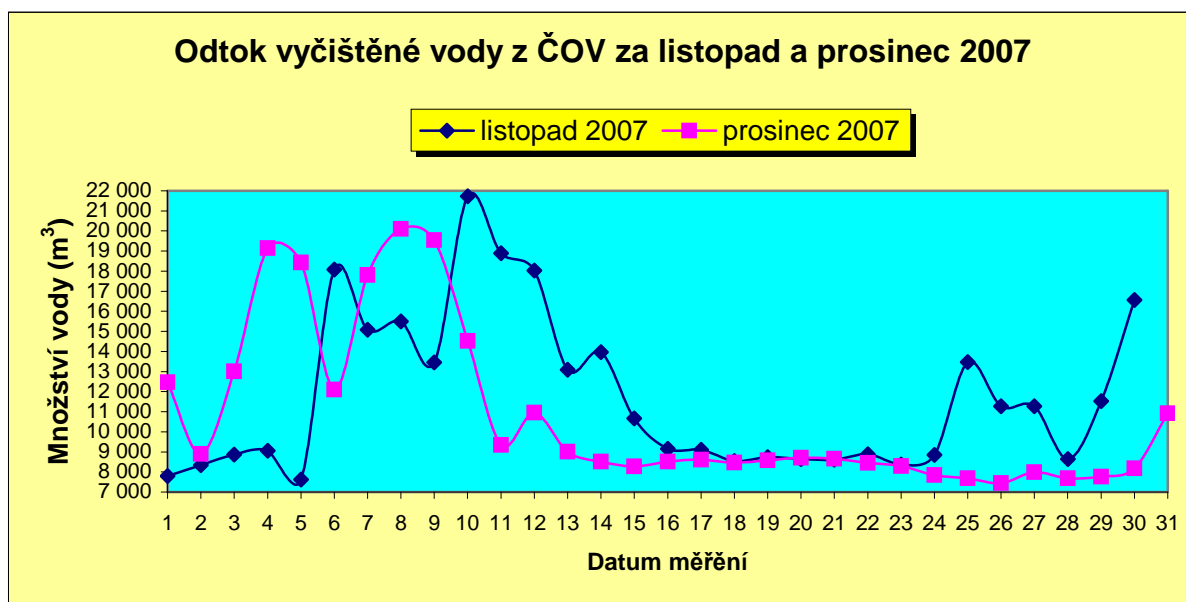
PH	koncentrace vodíkových iontů
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku
N _{anorg.}	celkový anorganický dusík
RAS	rozpuštěné anorganické soli
AOX	adsorbovatelné organické vázané halogeny
NL	nerozpuštěné látky
Cd a Hg	toxické kovy
Pc	celkový fosfor

Způsob provádění rozborů ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod je předepsán příslušnými normami viz. přehled norem pro provádění rozborů vypouštěných odpadních vod příloha č. 6.

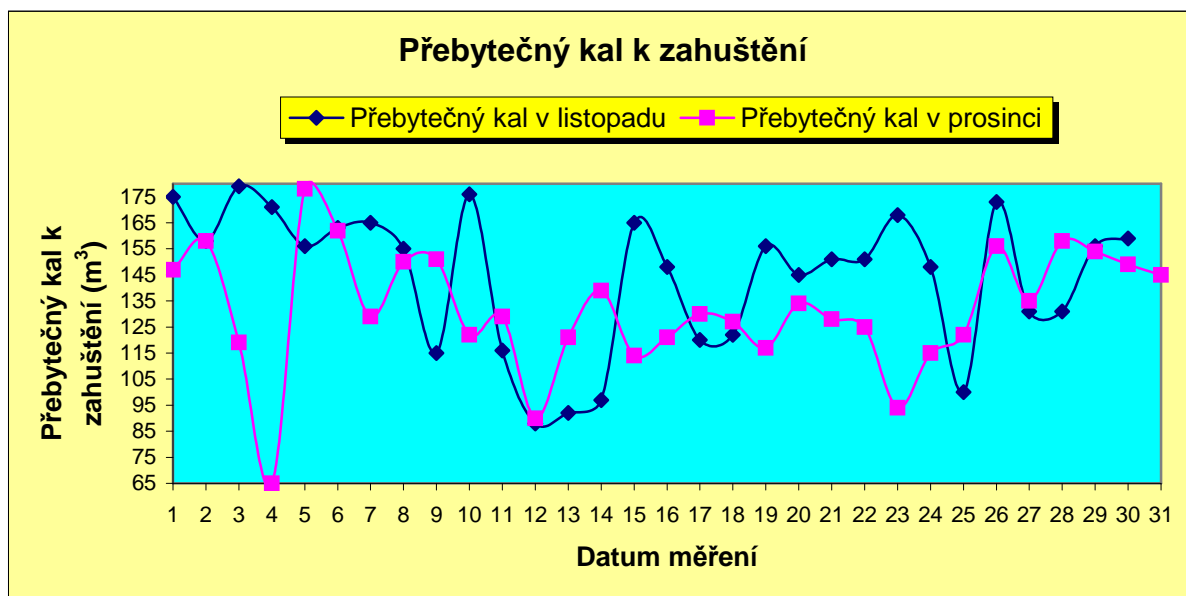
4.2.4 Interpretace výsledků měření

Hodnoty množství vyčištěné vody a přebytečného kalu v průběhu sledovaného období

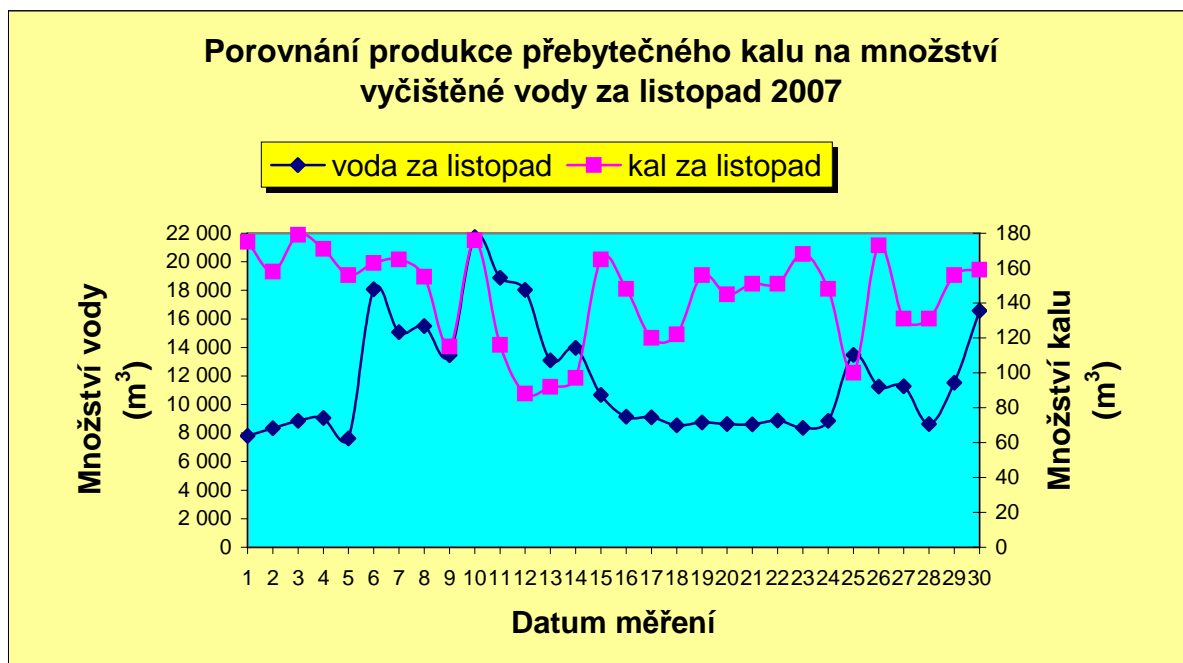
Obr. 9 Odtok vyčištěné vody z ČOV v období 1.11.–31.12.2007



Obr. 10 Přebytečný kal k zahuštění v období 1.11.–31.12.2007

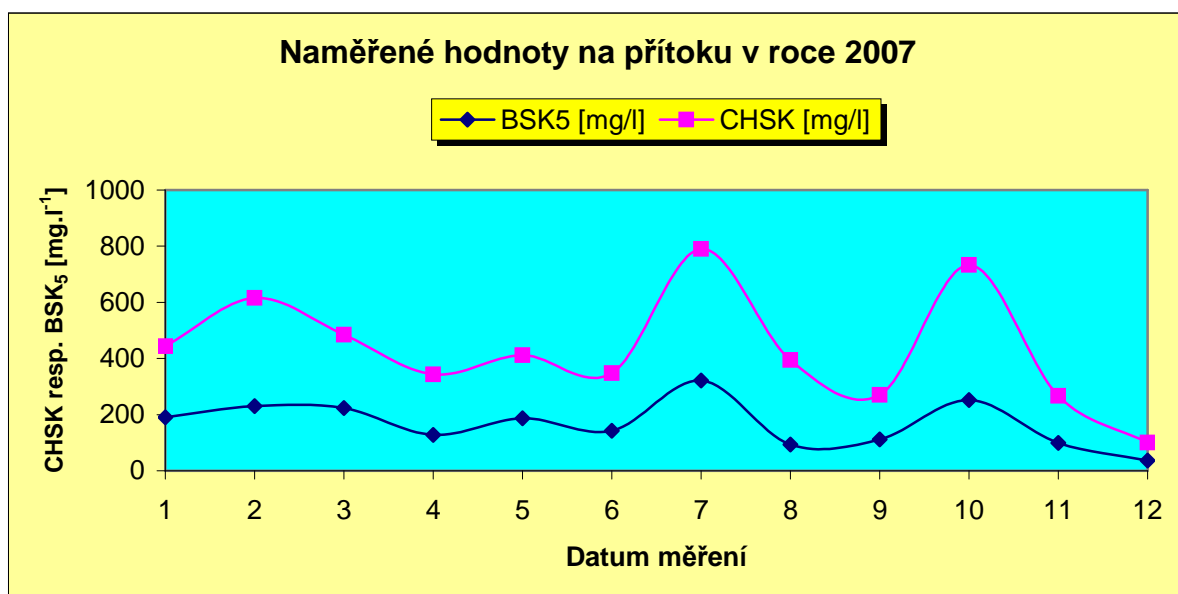


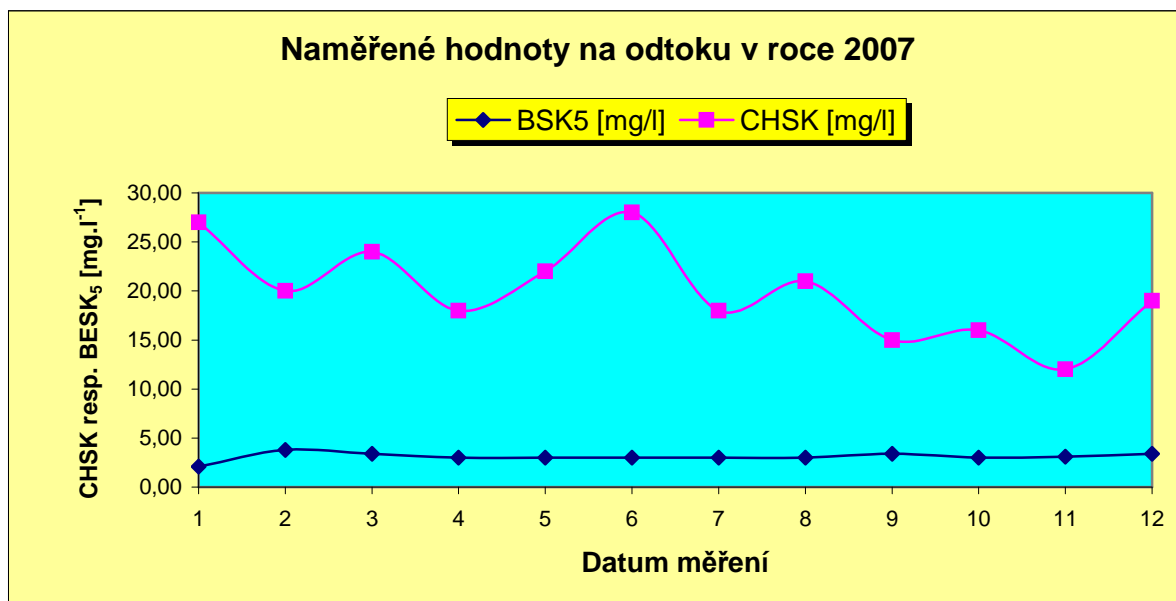
Obr. 11 Porovnání produkce přebytečného kalu na množství vyčištěné vody za listopad 2007



Znárodnění BSK₅ a CHSK_{CR} v závislosti na čase na přítoku do ČOV a na odtoku z ČOV

Obr. 12 Porovnání změn hodnot BSK₅ a CHSK_{CR} v závislosti na čase v roce 2007 na přítoku



Obr. 13 Porovnání změn hodnot BSK_5 a $CHSK_{CR}$ v závislosti na čase v roce 2007 na odtoku

Vyhodnocení výsledku měření

Na odtoku vyčištěné vody viz. graf obrázek 9 je vidět názorně množství vyčištěné vody v jednotlivých měsících. Toto množství je ovlivněno nejen množstvím přiváděné OV, ale též srážkovou vodou. Z grafu viz. obr. 11 vyplývá, že množství přebytečného kalu k zahuštění není přímo úměrné množství odpadní vody. Množství přebytečného kalu závisí na síle znečištění OV.

Provedené měření prokázalo, že hodnoty, které udává příslušná norma ČSN 75 7300 [16.], v ČOV Kolín v měřeném období vyhovují emisním limitům vypouštění do recipientu.

Porovnáním hodnot $CHSK_{CR}$ a BSK_5 na přítoku v roce 2007 vyšlo, že poměr mezi $BSK_5/CHSK_{CR}$ na přítoku byl blízký 0,5 což znamená, že organické znečištění OV je dobře biologicky rozložitelné viz obr. 12. Poměr $BSK_5/CHSK_{CR}$ na odtoku byl ve většině měření menší než 0,1 nebo těsně nad touto hodnotou viz obr 13, což značí biologicky dokonale vyčištěnou vodu.

4.3 Teoretický rozbor technologického zařízení souvisejícího s návrhem

4.3.1 Popis funkce strojního zařízení navrhovaného k zahušťování kalu na ČOV Kolín

Jedná se o technický popis zařízení týkajícího se návrhu inovace a intenzifikace ČOV Kolín. U jednovřetenového čerpadla je počítáno zda vyhovuje pro navrhovaný zahušťovač.

Pásový zahušťovač VX – PAZA

Pásové zahušťovače jsou zařízení používané na kontinuální zahuštění různých druhů kalů. Při technologickém procesu se z kalu oddělí volná tekutá složka – fugát (kalová voda) s možností jeho dalšího zpracování.

Zahušťovaný kal je do zařízení čerpán objemovým kalovým čerpadlem, jehož výkon je plynule regulovatelný prostřednictvím frekvenčního měniče. Do zahušťovaného kalu před jeho vstupem do zařízení je stejně jako u šterbinového zahušťovače VX – STAZA přidáván roztok flokulantu, jehož působením kal flokuluje (sráží se do větších shluků – flokul) a uvolňuje se z něho filtrát (kalová voda).

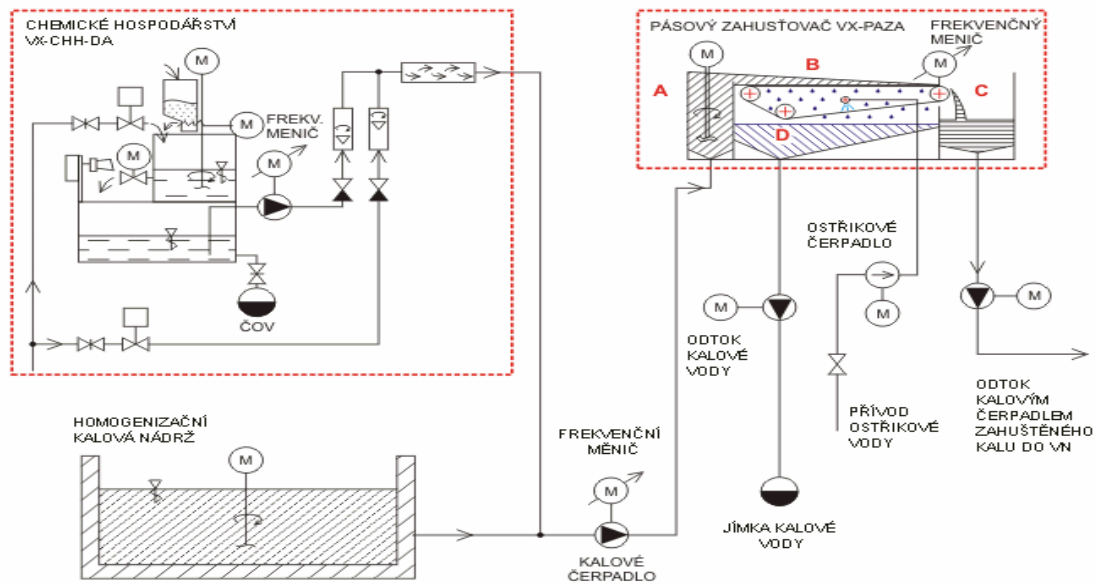
Hlavní částí zařízení je polypropylénová vana s krytem, která je rozdělena na část nátokovou (A), odvodňovací (B), část odtoku filtrátu (D) a odvodu zahuštěného kalu (C). Technologický proces odvodňování probíhá ve dvou základních na sebe navazujících technologických zónách.

1. homogenizační zóna – tento proces je shodný jako u šterbinového zahušťovače VX – STAZA.

2. gravitační odvodňovací zóna – gravitační odvodnění kalu probíhá v odvodňovací části zahušťovače (B) na filtračním síti. Kal v uvedené zóně je unášený pohybujícím se filtračním sítem, jenž je poháněné motorem s převodovkou. Pokud je potřeba zvýšit výstupní sušinu kalu na výstupu ze zahušťovače, je možné použít rozrušovací lištu nacházející se na konci gravitační zóny zahušťovače. Lišta narušuje vrstvu gravitačně odvodněného kalu a tím může odtéct i filtrát, který nepropustí kal z vrchní vrstvy koláče. Čištění filtračního síta je zabezpečené prostřednictvím ostřikových trysek oplachovou vodou. Na ostřik může být použit odtékající filtrát (v závislosti na jeho kvalitě) nebo vyčištěná voda z odtoku (provozní voda). Druh filtračního síta ovlivňuje kvalitu filtrátu a výkon zařízení. Určuje se na základě vlastnosti kalu a použitého flokulantu. Filtrát odtéká skrz filtrační síto do odtokové části (D), z které je do dalšího procesu většinou dopravován gravitačně.

Uváděné parametry jsou orientační. Závisí na druhu a kvalitě kalu, flokulantu, pásového síta a na obsluze zařízení .

Obr. 14 Schéma zařízení pásového zahušťovače VX PAZA – 10 v technologické lince



Zdroj: [14]

Hlavní konstrukční prvky pásového zahušťovače jsou :

- rám
- válce
- žlaby
- nátoková vana
- elektrická soustava
- filtrační síto
- pohonná jednotka

Jedno vřetenové rotační čerpadlo

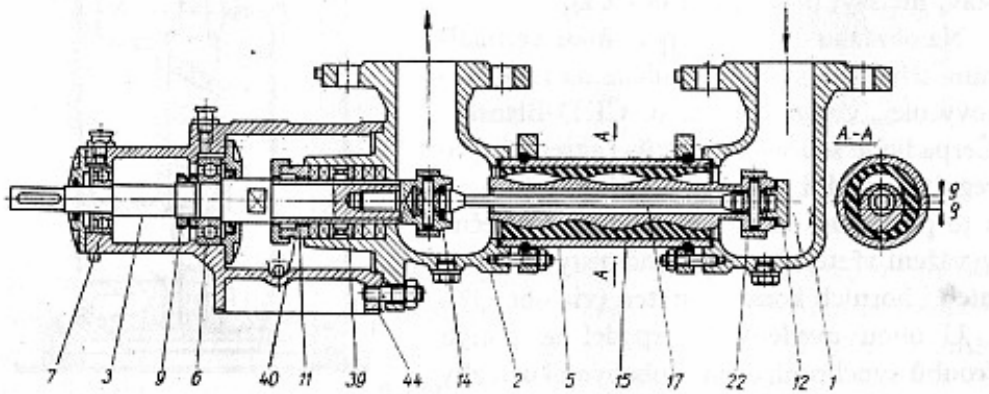
Toto čerpadlo je zvláštním druhem vřetenového čerpadla, tzv. Mono (podle jejich původce Francouze Moineau). Jedním vřetenem vytvářejí uzavřené komůrky posouvající kapalinu axiálně do výtlaku. Používá se jich k čerpání kapalin všeho druhu.

Výhody:

- bezhlučnost
- vysoké otáčky (kolem 1450 ot/min)
- velká sací schopnost (až do výšky 8 m)
- vhodné pro velmi viskózní kapaliny

Obr. 15 Schéma podélného a příčného řezu jedno vřetenového čerpadla

Kde: 15 – vřeteno, 5 – objímka (z pružného materiálu), 3 – hřídel, 14, 17, 22 – kloubový hřídel



Zdroj: [18]

Je to v podstatě jednoduché vřeteno otáčející se ve statoru s objímkou mající dutinu tvaru dvouchodého závitu a je vyrobena z pružného materiálu (gumy) nebo z oceli. Při otáčení se tvoří mezi objímkou a komůrkou. Ty se axiálně posouvají a tím dopravují kapalinu. [8]

4.3.2 Rozbor činnosti zařízení z hlediska hydromechaniky.

Nezbytné pro provoz zahušťovače je vřetenové čerpadlo. To čerpá kal z homogenizační jímky k zahuštění. Je nezbytné ověřit, zda je množství dodávaného kalu pro navrhovaný zahušťovač dostačující. Proto se dále budeme zabývat výpočtem vřetenového čerpadla.

Základní parametry jedno-vřetenového (šroubového) čerpadla

Q_{ef}	doprovované množství skutečné	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
P	dopravní tlak	$[MPa]$
H	dopravní výška čerpadla	$[m]$
t	stoupání objímky	$[mm]$
η_v	objemová účinnost	$[/math>$
η_c	celková účinnost	$[\%]$
P_{ef}	příkon čerpadla efektivní	$[W]$
P_{elm}	výkon hnacího stroje	$[W]$
n	otáčky	$[ot \cdot min^{-1}]$

Dopravované množství

Plocha vřetene

$$S = 2 \cdot \rho \cdot D \quad [\text{mm}^2] \quad (1)$$

Kde	ρ	poloměr dráhy vřetena	[mm]
	D	průměr vřetena	[mm]

Dopravené množství teoretické

$$Q_{\text{th}} = 2 \cdot \rho \cdot D \cdot t \cdot n \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

Kde	ρ	poloměr dráhy vřetena	[mm]
	D	průměr vřetena	[mm]
	t	stoupání objímky	[mm]
	n	otáčky	[ot.min ⁻¹]

Za jednu otáčku se měsíčková plocha průřezu přemístí o stoupání t.

Skutečné dopravované množství

$$Q_{\text{ef}} = Q_{\text{th}} \cdot \eta_v \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3)$$

Kde	η_v	objemová účinnost	[/]
-----	----------	-------------------	-----

Počet otáček určených hnacím strojem (elektromotorem)

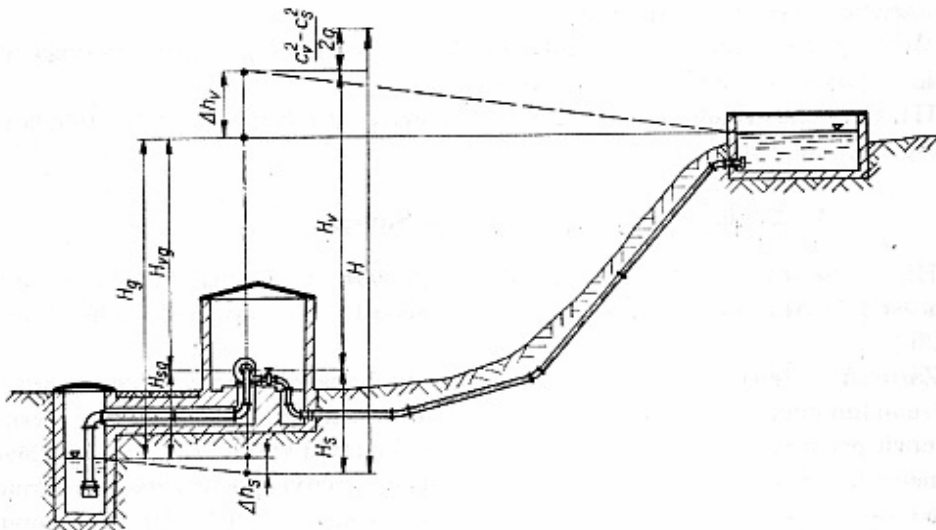
$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad [\text{ot.min}^{-1}] \quad (4)$$

Kde	f	kmitočet	[Hz]
	P	počet pól-párů elektromotoru	[/]

Čerpadlo pracuje s určitým počtem otáček 1.min⁻¹ nebo dvojjzdvihů (tepů) určených hnacím strojem. Jsou-li jím synchronní elektromotory, pak otáčky závisí na počtu pól-párů p, při kmitočtu f = 50 Hz, pak n = 3 000, 1 500, 1 000 atd. Více se však používají asynchronní, které mají určitý skluz, takže čerpadlo pak má otáčky 2 950, 1 450, 960 atd.. [17]

Dopravní (pracovní) výška

Obr. 16 Schéma uspořádání čerpacího zařízení



Zdroj: [18]

Geodetická (statická) dopravní výška čerpadla

$$H_g = H_{sg} + H_{vg} \quad [\text{m}] \quad (5)$$

Kde H_{sg} geodetická výška sací [m]
 H_{vg} geodetická výška výtlačná [m]

Dopravní výška sací

$$H_s = H_{sg} + \Delta h_s \quad [\text{m}] \quad (6)$$

Kde Δh_s – součet hydraulických odporů v sacím potrubí [l]

Dopravní výška výtlačná

$$H_v = H_{vg} + \Delta h_v \quad [\text{m}] \quad (7)$$

Kde Δh_v – součet hydraulických odporů ve výtlačném potrubí [m]

Manometrická výška čerpadla

$$H_{man} = H_s + H_v \quad [\text{m}] \quad (8)$$

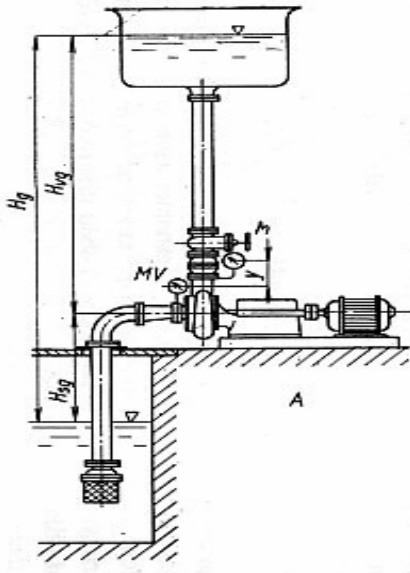
Dopravní výška (dynamická)

$$H = H_{man} + \frac{c_v^2 - c_s^2}{2 \cdot g} \quad [m] \quad (9)$$

Kde $\frac{c_v^2 - c_s^2}{2 \cdot g}$ – přírůst rychlostní výšky mezi výtlačným a sacím potrubím

Dopravní výška dynamická je větší proti výšce geodetické (statické) o dynamické odpory v potrubí, kolenech, armaturách a o přírůst rychlostní výšky mezi výtlačným a sacím hrdlem čerpadla. Pokud je přírůst rychlostní výšky zanedbán, pak $H = H_{man}$.

Obr.17 Schéma uspořádání sací nádrže čerpacího zařízení



[18]

Hydraulické odpory

Hydraulické odpory v potrubí se musí stanovit pečlivě, zvláště je-li potrubí dlouhé, neboť velmi podstatně zvětšují dopravní výšku čerpadla.

Hydraulický odpor kapaliny v potrubí

$$\Delta h' = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \quad [m] \quad (10)$$

Kde L délka potrubí [m]

d průměr potrubí [m]

λ	součinitel závislý na Reynoldsově čísle [/]	
c	průtoková střední rychlost	[m.s ⁻¹]

Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{c \cdot d}{\nu} \quad (11)$$

Kde	ν	kinematická viskozita proudící kapaliny [m ² .s ⁻¹]
-----	-------	--

Místní odpory

$$\Delta h'' = \zeta \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \quad [\text{m}] \quad (12)$$

Kde	ζ	součinitel zakřivení	[/]
-----	---------	----------------------	-----

Úhrnné hydraulické odpory

$$\Delta h = \Delta h' + \Delta h'' = \left(\sum \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \quad (13)$$

Průměr potrubí se volí podle délky potrubí. Čím větší rychlost volíme v potrubí, tím menší vyjde jeho průměr, ale tím větší budou jeho odpory, které rostou s druhou mocninou rychlosti.

Příkon čerpadla a stanovení výkonu pohonných strojů

Pro odvození příkonu čerpadla uvažujeme množství kapaliny o hmotnosti 1 kg, jenž se zvedne o H, což vyžaduje práci. [17]

Příkon čerpadla teoretický

$$P_{th} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad [\text{W}] \quad (14)$$

Kde	H	dopravní (pracovní) výška	[m]
	Q	průtok kapaliny	[m ³ .s ⁻¹]
	ρ	hustota dopravované kapalin	[kg.(m ³) ⁻¹]

Příkon čerpadla efektivní

$$P_{ef} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta} \quad [\text{W}] \quad (15)$$

Je-li Q v litrech za vteřinu, pak

$$P_{ef} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{10^3 \cdot \eta} \quad [\text{W}] \quad (16)$$

Výkon hnacího stroje

$$P_{elm} = (1,1 \div 2) \cdot P_{ef} \quad [\text{W}] \quad (17)$$

Výkon hnacího stroje, kterým je nejčastěji elektromotor, se volí vždy o něco větší, a to se zřetelem na eventuelní pokles účinnosti čerpadla po opotřebením těsnících spár a v důsledku zvýšení dopravní výšky zanesením potrubí. Menší hodnota se bere pro větší výkony (1000 kW a více), větší pro menší výkony (pod 1 kW); pro střední hodnotu se nejčastěji používá součinitel 1,2. Hodnotu výkonu je třeba zaokrouhlit na nejbližší výkon normalizovaného elektromotoru. [18]

4.3.3 Numerický výpočet zvolených parametrů zařízení

V kapitole 4.3.3 se budeme zabývat výpočtem stávajícího jednovřetenového objemového čerpadla, které je použito k dopravě přebytečného kalu do zahušťovače. Naším úkolem bude ověřit, zda čerpadlo bude vyhovovat pro zvýšenou kapacitu zahušťování, která bude cca 25 m³.h⁻¹.

Výchozí hodnoty pro výpočet
T - 15

Jednovřetenové rotační čerpadlo	Parametr	Množství	Jednotka
materiál: přebytečný aktivovaný kal	sušina	0,5-1	% V/V
dopravované množství	Q	26	m ³ .s ⁻¹
tlak	p	0,2	M Pa
příkon elektromotoru	P	2	kW
Parametry potrubí	Parametr	Množství	Jednotka
průměr potrubí	DN	100	mm
délka sacího potrubí	Ls	2,4	m
délka výtlačného potrubí	Lv	10,2	m
výška sacího potrubí geodetická	Hsg	0,44	m
výška výtlačného potrubí geodetická	Hvg	4,2	m
Fyzikální vlastnosti dopravované látky (kalu)	Parametr	Množství	Jednotka
viskozita	v	7,6.10 ⁻⁶	m ² .s ⁻¹
hustota	ρ	1100	kg.m ⁻³
teplota	t	10	°C

Výpočet čerpadla

Počítáno dle vztahů č. 5 – 17 (viz. kapitola 4.3.2)

Výpočet dopravní (pracovní) výšky

$$H = H_{man} + \frac{c_v^c - c_s^2}{2 \cdot g} \Rightarrow H = H_{man}$$

Přírůst rychlostní výšky mezi výtlačným a sacím potrubím zanedbáváme, je téměř nulový → pak je dopravní výška totožná s výškou manometrickou. [8]

$$H_{man} = H_s + H_v = H_{sg} + \Delta h_s + H_{vg} + \Delta h_v = 0,44 + 0,102 + 4,2 + 0,322 = 5,064[m]$$

Odpor kapaliny v potrubí (sacím)

$$\Delta h_s' = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} = 0,053 \cdot \frac{2,4}{0,1} \cdot \frac{0,917}{2 \cdot 9,81} = 0,0545[m]$$

$$\text{z rovnice kontinuity } Q = c \cdot S = c \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow c = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d} = \frac{4 \cdot 0,0072}{\pi \cdot 0,1^2} = 0,917[m \cdot s^{-1}]$$

$$c_{krit} = \frac{Re_{krit} \cdot \nu}{d} \Rightarrow Re_{krit} = \frac{c_{krit} \cdot d}{\nu} = \frac{0,917 \cdot 0,1}{76 \cdot 10^{-6}} = 1207$$

→ laminární proudění ($Re < 2320$)

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1207} = 0,053$$

Místní odpory v sacím potrubí

$$\Delta h_s'' = \zeta \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} = (0,2 + 0,3 + 0,6) \cdot \frac{0,917^2}{2 \cdot 9,81} = 0,471[m]$$

Kde ζ je součinitel dle typu zakřivení potrubí či odporu v šoupátku, atd.

Pro obloukové koleno $90^\circ \rightarrow$ volím $\zeta = 0,2$

Pro vtok kruhovým vedením \rightarrow volím $\zeta = 0,3$

Pro výtok kruhovým vedením \rightarrow volím $\zeta = 0,6$

Úhrnné hydraulické odpory v sacím potrubí

$$\Delta h_s = \Delta h'_s + \Delta h''_s = \left(\sum \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} = 0,0545 + 0,047 = 0,102[m]$$

Odpor kapaliny v potrubí (výtlačném)

$$\Delta h'_v = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} = 0,053 \cdot \frac{10,2}{0,1} \cdot \frac{0,917}{2 \cdot 9,81} = 0,2317[m]$$

Místní odpory ve výtlačném potrubí

$$\Delta h''_s = \zeta \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} = (0,3 + 0,6 + 4 \cdot (0,2) + 0,4) \cdot \frac{0,917^2}{2 \cdot 9,81} = 0,090[m]$$

Pro obloukové koleno $90^\circ \rightarrow$ volím $\zeta = 0,2$

Pro vtok kruhovým vedením \rightarrow volím $\zeta = 0,3$

Pro výtok kruhovým vedením \rightarrow volím $\zeta = 0,6$

Pro "T" přírubu \rightarrow volím $\zeta = 0,4$

Úhrnné hydraulické odpory ve výtlačném potrubí

$$\Delta h_s = \Delta h'_s + \Delta h''_s = \left(\sum \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} = 0,2317 + 0,090 = 0,322[m]$$

Příkon čerpadla a stanovení výkonu elektromotoru

Příkon čerpadla teoretický

$$P_{th} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1100 \cdot 9,81 \cdot 0,0072 \cdot 5,064 = 393,5 \text{ [W]}$$

Příkon čerpadla efektivní

$$P_{ef} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta} = \frac{393,5}{0,7} = 562,1 \text{ [W]}$$

Účinnost čerpadla v rozmezí 0,5 – 0,7 → volím $\eta = 0,7$

Výkon hnacího stroje

$$P_{elm} = (1,1 \div 2) \cdot P_{ef} = 1,8 \cdot 562,1 = 1011,8 \text{ [W]}$$

Výkon elektromotoru volíme podle příslušné normy. Obvykle se volí výkon nejbližší vyšší podle normy. V našem případě byl zvolen elektromotor o výkonu 2 kW.

Vypočtené hodnoty

T - 16

Dopravní výška	H	5,064	m
Příkon čerpadla	P	562,1	W
Výkon elektromotoru	P _{el.}	1011,8	W

Z výpočtu vyplývá, že použité čerpadlo odpovídá pro námi potřebnou dopravovanou výšku H 6,64 m a dopravované množství Q 25 m³.h⁻¹ a je dostačující i pro zvýšené dopravované množství pro navrhovaný výkonnější zahušťovač.

4.4 Ekonomické posouzení návrhu

4.4.1 Charakteristika investičního záměru a návrh ekonomického hodnocení

Návrh se zaměřuje na výměnu strojního zařízení. U čistírny odpadních vod se špatně stanovuje zisk, protože jejím cílem je především zlepšit dopad působení lidské činnosti na životní prostředí. Pro takovéto vyhodnocení je vhodné použít průměrných ročních nákladů a diskontovaných nákladů. Jde o metody porovnávající srovnatelné investice do strojního vybavení. Přínosem pro provoz bude snížení fondu oprav, vysoká životnost zařízení a jeho bezproblémový provoz.

Metoda průměrných ročních nákladů

$$prN = o + kV \cdot i + Np$$

Kde	prN	průměrné roční náklady	[Kč]
	o	roční odpisy	[Kč]
		$o = kV \cdot \text{doba životnosti}^{-1} = kV \cdot 20^{-1}$	
	kV	pořizovací cena	[Kč]
	i	úroková sazba	[-]
	p	úroková míra	[%]
	Np	ostatní provozní náklady	[Kč]

Metoda diskontovaných nákladů

$$DNc = kV + dNp$$

Kde	dNc	diskontované náklady	[Kč]
	kV	pořizovací cena	[Kč]
	dNp	současná hodnota budoucích nákladů	[Kč]

$$dNp = Np \cdot \frac{q^n - 1}{(q - 1) \cdot q^n}$$

	Np	provozní náklady	[Kč]
	n	počet let	[-]
	q	úročitel	[-]
		$q = 1 + p \cdot 100^{-1} = i + 1$	[-]

[19]

4.4.2 Stanovení celkových nákladů

Pořizovací cena – kV

T - 17

Položka	Stávající zařízení	Navrhované zařízení
Cena	226 000	275 000

Pro dodržení podmínky srovnatelnosti obou zařízení musíme cenu stávajícího zařízení přizpůsobit s ohledem na parametr doba životnosti, protože nové zařízení má dobu životnosti dvojnásobnou a tudíž musíme cenu zdvojnásobit. Na druhé straně dojde k úspoře za náhradní díly použité ze starého zařízení.

Určení provozních nákladů – Np

T - 18

Položka	Stávající zařízení	Navrhované zařízení
Náklady na opravu a údržbu	65 000	10 000
Energie	18 412	24 526
Obsluha	124 000	124 000
Ostatní provozní náklady	14 000	2 000
Σ	221 412	160 526

Provozní náklady byly převzaty od provozovatele a od výrobce. Náklady vynaložené na energii jsou počítané dle výkonu zařízení, doby provozu, cena za 1kWh je 3 Kč.

Určení odpisů – o

T - 19

Odpisy	Stávající zařízení	Navrhovaného zařízení
x rok	45 200	55 000

Odpisy mají účetní hodnotu, jsou tedy rovnoměrně rozpočítané po dobu ekonomické činnosti zařízení.

$p = 10 \% \Rightarrow i = 10/100 = 0,1$ (inlace, daně, úroková míra, atd.)

4.4.3 Propočet základních ukazatelů hodnocení

Propočet základních ukazatelů hodnocení

T - 20

Metoda průměrných ročních nákladů	
$prN = o + kV * i + Np$	
Stávající zařízení	Navrhované zařízení
o = 45 200 Kč	o = 55 000 Kč
kV = 226 000 Kč	kV = 275 000 Kč
i = 0,1	i = 0,1
Np = 221 412 Kč	Np = 160 256 Kč
prN = 289 212 Kč	prN = 243 026 Kč
Metoda diskontovaných nákladů	
$dNc = kV + dNp$	
Stávající zařízení	Navrhované zařízení
kV = 226 000 Kč	kV = 275 000 Kč
Np = 221 412 Kč	Np = 160 256 Kč
q = i + 1 = 0,1 + 1	q = i + 1 = 0,1 + 1
n = 5 let	n = 5 let
zásobitel = 3,79	zásobitel = 3,79
dNp = Np . 3,79 = 1 096 114 Kč	dNp = Np . 3,79 = 921 069 Kč
dNc = 1 322 114 Kč	dNc = 1 196 069 Kč

4.4.4 Stanovení základních ukazatelů a jejich interpretace

V metodickém postupu dochází k určité chybě. Ta byla zanesena při sjednocení parametru životnosti. Parametr byl kompenzován navýšením ceny stávajícího zařízení, aby bylo možné obě varianty porovnat. Celkově však výsledky neovlivnila, a proto pro účel posouzení ano či ne jsou dostatečné a na základě nich lze rozhodnout.

4.4.5 Závěr

Pomocí metody průměrných ročních a diskontovaných nákladů můžeme konstatovat, že provedení inovace stávajícího zařízení je efektivní. Navrhované zařízení vykazuje nižší hodnoty ukazatelů průměrných a diskontovaných nákladů.

5. DISKUSE A ZÁVĚR

5.1 Diskuse

V této práci bylo řešeno zpracování kalů v čistírně odpadních vod Kolín. Konkrétně se jednalo o inovaci a intenzifikaci stávajícího procesu zahušťování kalů a navržen byl nový pásový zahušťovač.

Konečné řešení vzniklo na základě posouzení jednotlivých dostupných možností výsledného řešení aplikace v provozu. Dalším možným řešením bylo použití jiného typu zařízení na zahušťování kalů. Alternativou v našem případě bylo použití šterbinového nebo rotačního zahušťovače. Šterbinový zahušťovač je použit v současné době na ČOV Kolín. Proti jeho použití hovoří špatné dosavadní zkušenosti v provozu. Dalším řešením bylo použití rotačního zahušťovače. Nevýhodou jeho použití je odlišný způsob přípravy flokulantu a náročné připojení do stávající technologické linky. Tato varianta by se za těchto podmínek stala investičně příliš nákladnou. Pro pásový zahušťovač hovořila jeho snadná údržba a jednodušší technické provedení. Dalším faktorem byly kladné technicko-ekonomické parametry a reference z okolních ČOV, např. ČOV TPCA, kde je rovněž použit pásový zahušťovač.

Hlavní předností zvoleného provedení zahušťování kalu je bezproblémové připojení do stávající linky. Výrobce bude provádět zároveň montáž celého zařízení a uvedení do provozu a proto zahušťovač přizpůsobí stávajícím parametrům.

5.2 Závěr

Přínosem pro životní prostředí je správný chod celé čistírny odpadních vod. Se zvyšujícími se nároky právních předpisů rostou nároky na technické vybavení čistíren odpadních vod, aby byly schopny kladené požadavky splnit. Zároveň je zde požadavek, aby provoz byl co možná nejvíce ekonomicky přijatelný.

V našem případě se jedná o inovaci a intenzifikaci kalové koncovky ČOV Kolín a zde bylo řešeno zahušťování kalů před vyhnívacími nádržemi. Stávající řešení je poruchové, náročné na údržbu a s přibývajícím množstvím odpadní vody se stává nevyhovujícím z důvodu potřeby zahuštění většího množství přebytečného kalu za kratší časový interval. Stávající šterbinové zahušťovače mají výkon cca $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, což je se zvyšující se produkcí přebytečného kalu nedostačující.

Pro zkvalitnění provozu zahušťování bylo rozhodnuto, že bude použit pásový zahušťovač a to hlavně kvůli kladným technicko-ekonomickým parametrům a referencím na

tento způsob zahušťování. Na základě výběrového řízení byl zvolen pásová zahušťovač VX – PAZA 10 od firmy VANEX s.r.o. Tento zahušťovač nejlépe vyhovoval požadovaným kritériím. Jeho výkon je $17 - 30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, výstup sušiny $3 - 7 \% \text{ V/V}$. Přesný výkon zahušťovače a výstup sušiny závisí na stavu přebytečného kalu a vhodné přípravě koagulantu.

Pro posouzení ČOV Kolín bylo vyhodnoceno měření ukazatelů znečištění na přítoku a odtoku za rok 2007. Rovněž bylo zaznamenáno a graficky vyhodnoceno množství vyčištěné vody z ČOV Kolín a množství přebytečného kalu pro zahuštění v období 1.11.2007 – 31.12.2007. Výsledkem měření ukazatelů znečištění bylo zjištěno, že dosahované hodnoty vyčištěné vody splňují limity pro vypouštění do recipientu a průběh těchto hodnot v jednotlivých měsících roku 2007 je graficky zpracován. Bylo provedeno porovnání hodnot CHSK_{Cr} a BSK_5 na přítoku i odtoku v roce 2007 a výsledkem bylo, že poměr mezi $\text{BSK}_5/\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ na přítoku byl blízký 0,5, což znamená, že organické znečištění OV je dobře biologicky rozložitelné. Poměr $\text{BSK}_5/\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ na odtoku byl ve většině měření menší než 0,1 nebo těsně nad touto hodnotou, což značí biologicky dokonale vyčištěnou vodu. Dále bylo porovnáno množství produkce přebytečného kalu na množství vyčištěné vody v roce 2007. U tohoto měření bylo prokázáno, že množství OV není přímo úměrné množství vyčištěné vody, ale že záleží na znečištění, které OV obsahuje.

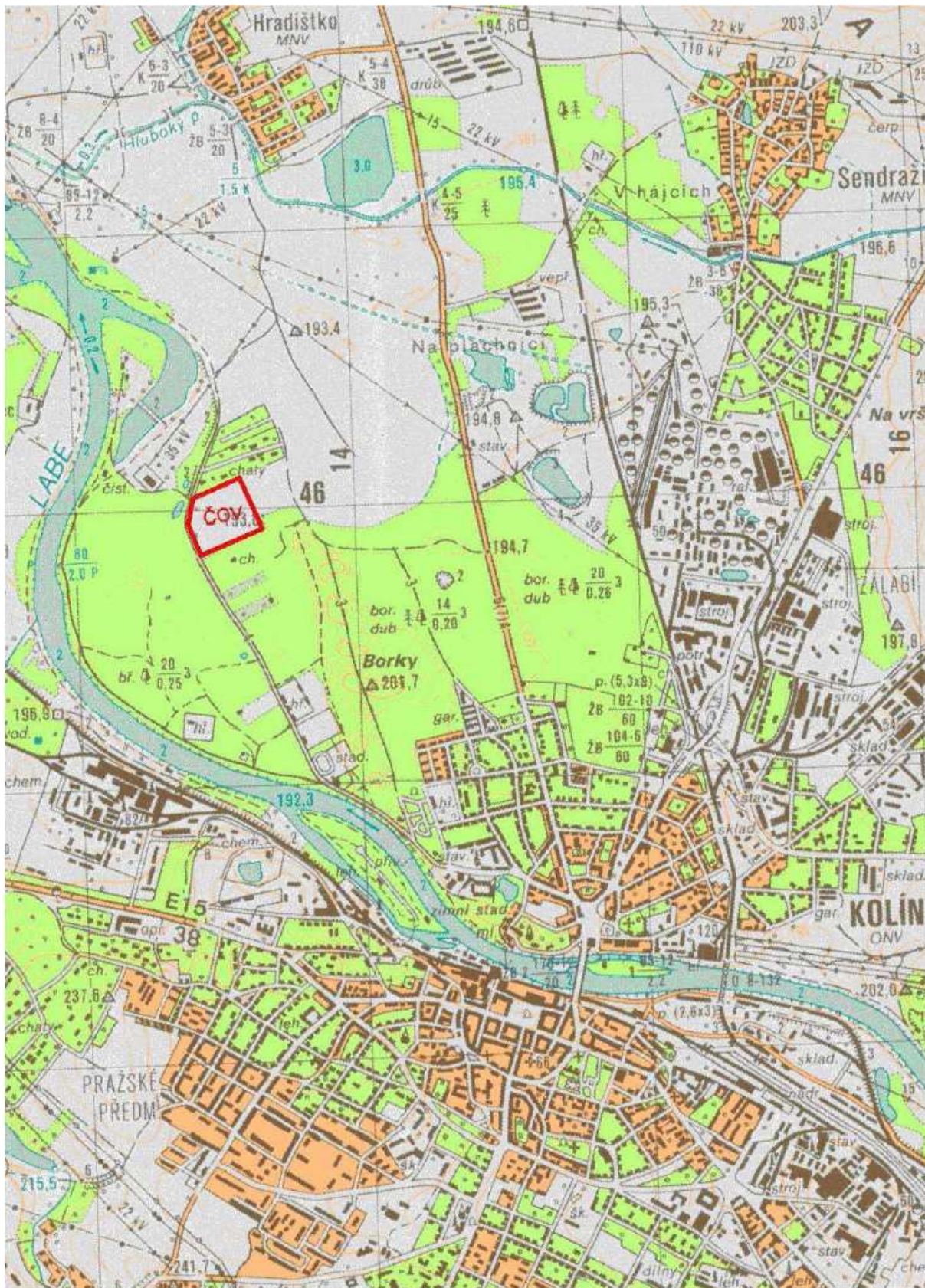
Výpočtem bylo ověřeno, zda stávající čerpadlo přivádějící kal do zahušťovače bude vyhovovat pro zvýšené množství čerpaného kalu. Ověřováno bylo jednovřetenové objemové čerpadlo, které vyžaduje navrhované řešení inovace pásovým zahušťovačem. Výrobce SIGMA uvádí výkon čerpadla $26 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a příkon hnacího elektromotoru 2 kW. Výpočtem bylo ověřeno, že čerpadlo bude vyhovovat i pro zvýšenou kapacitu, která bude zvýšena na $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a nebude zapotřebí ho rovněž měnit. Tím nevzrostou investiční náklady inovace a intenzifikace zahušťování.

Nakonec bylo provedeno ekonomické zhodnocení návrhu. K posouzení návrhu byly zvoleny metody průměrných ročních nákladů a diskontovaných nákladů. Použitím těchto metod bylo zjištěno, že průměrné roční náklady i diskontované náklady jsou nižší u navrhovaného zařízení, prN navrhovaného zařízení činí 243 026 Kč, kdežto stávajícího zařízení 289 212 Kč. Diskontované náklady dNc navrhovaného zařízení činí 1 196 069 Kč, kdežto u stávajícího zařízení 1 322 114 Kč. Z toho vyplývá, že investice do navrhovaného zařízení se vyplatí nejen z hlediska životního prostředí, ale i z hlediska ekonomického. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.4.1, přínosem pro provoz bude snížení fondu oprav, vysoká životnost zařízení a jeho bezproblémový provoz.

Dle výše uvedených technických, provozních a ekonomických ukazatelů, které hovoří pro realizaci návrhu, lze realizaci návrhu doporučit, tj. provést výměnu šterbinového stávajícího zahušťovače za navrhovaný pásový zahušťovač.

Příloha 1

Znázornění ČOV Kolín v katastrální mapě



Příloha 2

Tabulka s odtokem vyčištěné vody z ČOV Kolín v období 1.11.2007–31.12.2007

Datum	Průtok na odtoku z ČOV (m ³)	Chyba přístroje ± 3%	Datum	Průtok na odtoku z ČOV (m ³)	Chyba přístroje ± 3%
1.11.2007	7 795	233,85	1.12.2007	12 469	374,07
2.11.2007	8 337	250,11	2.12.2007	8 890	266,7
3.11.2007	8 869	266,07	3.12.2007	13 015	390,45
4.11.2007	9 054	271,62	4.12.2007	19 147	574,41
5.11.2007	7 620	228,6	5.12.2007	18 433	552,99
6.11.2007	18 072	542,16	6.12.2007	12 107	363,21
7.11.2007	15 080	452,4	7.12.2007	17 803	534,09
8.11.2007	15 502	465,06	8.12.2007	20 111	603,33
9.11.2007	13 454	403,62	9.12.2007	19 545	586,35
10.11.2007	21 729	651,87	10.12.2007	14 522	435,66
11.11.2007	18 891	566,73	11.12.2007	9 349	280,47
12.11.2007	18 024	540,72	12.12.2007	10 955	328,65
13.11.2007	13 088	392,64	13.12.2007	9 012	270,36
14.11.2007	13 972	419,16	14.12.2007	8 508	255,24
15.11.2007	10 668	320,04	15.12.2007	8 278	248,34
16.11.2007	9 155	274,65	16.12.2007	8 515	255,45
17.11.2007	9 099	272,97	17.12.2007	8 606	258,18
18.11.2007	8 539	256,17	18.12.2007	8 460	253,8
19.11.2007	8 743	262,29	19.12.2007	8 583	257,49
20.11.2007	8 636	259,08	20.12.2007	8 713	261,39
21.11.2007	8 605	258,15	21.12.2007	8 651	259,53
22.11.2007	8 885	266,55	22.12.2007	8 455	253,65
23.11.2007	8 366	250,98	23.12.2007	8 299	248,97
24.11.2007	8 855	265,65	24.12.2007	7 848	235,44
25.11.2007	13 477	404,31	25.12.2007	7 688	230,64
26.11.2007	11 265	337,95	26.12.2007	7 454	223,62
27.11.2007	11 277	338,31	27.12.2007	7 986	239,58
28.11.2007	8 635	259,05	28.12.2007	7 691	230,73
29.11.2007	11 529	345,87	29.12.2007	7 758	232,74
30.11.2007	16 563	496,89	30.12.2007	8 180	245,4
			31.12.2007	10 923	327,69
Σ	351 784	10 553,52	Σ	335 954	10078,62

Příloha 3

Tabulka s množstvím přebytečného kalu pro zahuštění před VN v ČOV Kolín v období
1.11.2007–31.12.2007

Datum	Přebytečný kal k zahuštění (m ³)	Datum	Přebytečný kal k zahuštění (m ³)
1.11.2007	175	1.12.2007	147
2.11.2007	158	2.12.2007	158
3.11.2007	179	3.12.2007	119
4.11.2007	171	4.12.2007	65
5.11.2007	156	5.12.2007	178
6.11.2007	163	6.12.2007	162
7.11.2007	165	7.12.2007	129
8.11.2007	155	8.12.2007	150
9.11.2007	115	9.12.2007	151
10.11.2007	176	10.12.2007	122
11.11.2007	116	11.12.2007	129
12.11.2007	88	12.12.2007	90
13.11.2007	92	13.12.2007	121
14.11.2007	97	14.12.2007	139
15.11.2007	165	15.12.2007	114
16.11.2007	148	16.12.2007	121
17.11.2007	120	17.12.2007	130
18.11.2007	122	18.12.2007	127
19.11.2007	156	19.12.2007	117
20.11.2007	145	20.12.2007	134
21.11.2007	151	21.12.2007	128
22.11.2007	151	22.12.2007	125
23.11.2007	168	23.12.2007	94
24.11.2007	148	24.12.2007	115
25.11.2007	100	25.12.2007	122
26.11.2007	173	26.12.2007	156
27.11.2007	131	27.12.2007	135
28.11.2007	131	28.12.2007	158
29.11.2007	156	29.12.2007	154
30.11.2007	159	30.12.2007	149
		31.12.2007	145
Σ	4342	Σ	4097

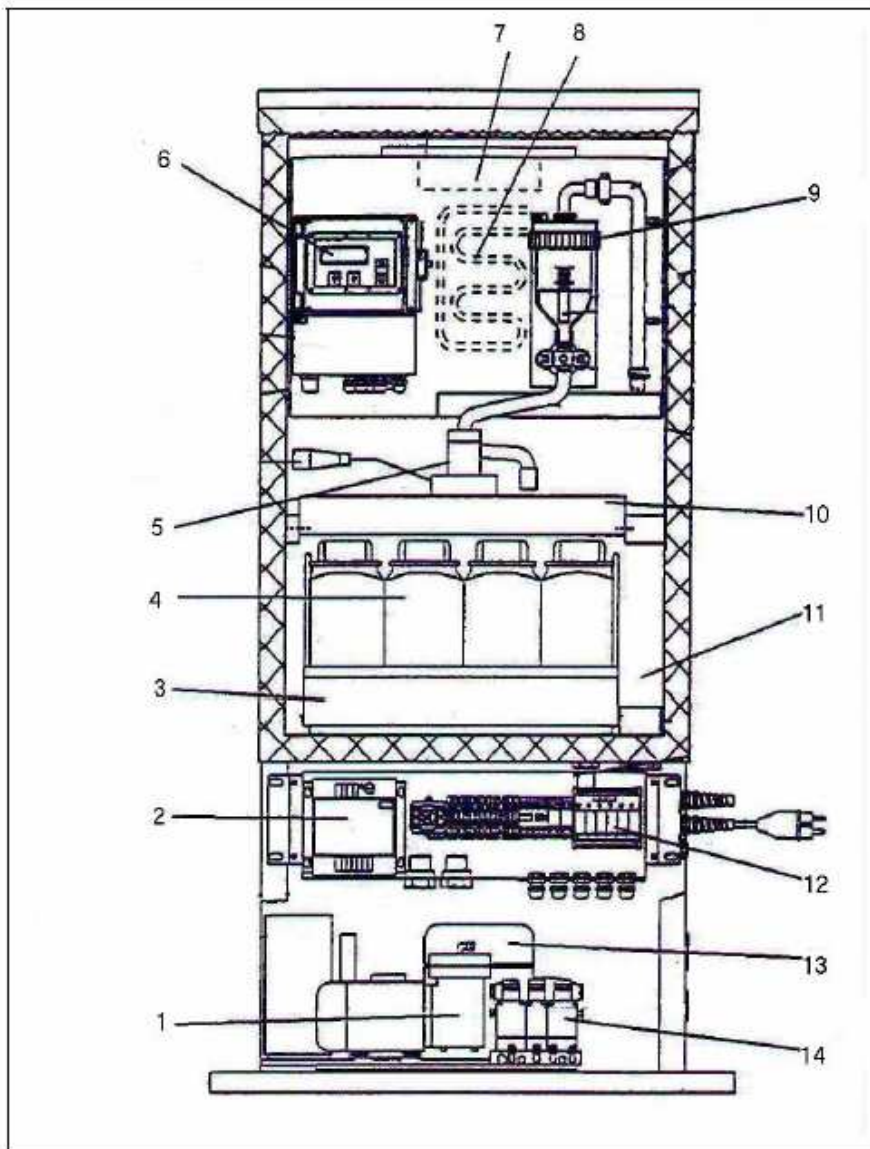
Příloha 4

Obrázek průtokoměru používaného na ČOV Kolín



Příloha 5

Schéma automatického vzorkovače od společnosti BUHLER, typ 1024



1. Membránové čerpadlo
2. Napájecí zdroj
3. Víko
4. Nosná vana s láhvemi
5. Krokový magnet
6. Mikroprocesor
7. Ventilátor
8. Topení + kontrolka
9. Dávkovací jednotka
10. Rozdělovač
11. Víko
12. Elektro-instalace
13. Chladicí stroj
14. Magnetický ventil

Příloha 6

Přehled norem pro provádění rozborů vypouštěných odpadních vod – analytické metody stanovení hodnot ukazatelů znečištění:

- BSK₅ dle ČSN EN 1899-1 (75 7517) – Jakost vod – Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSK_n) – Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přidavkem allylthiomocoviny nebo ČSN EN 1899-2 (75 7517) Část 2: Metoda pro neředěné vzorky
- CHSK_{Cr} dle TNV 75 7520 – Jakost vod – Stanovení chemické potřeby kyslíku dichromanem
- NL dle ČSN EN 872 (75 7349) – Jakost vod – Stanovení nerozpuštěných látek – Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken
- RAS dle ČSN EN 872 (75 7349) – Jakost vod – Stanovení rozpuštěných látek
- pH dle ČSN ISO 10523 – Jakost vod – Stanovení pH
- Cd dle ČSN ISO 82 88 – Jakost vod – Stanovení kadmia
- Hg dle ČSN 83 0540-24 – Jakost vod – Stanovení rtuti – Ve zmineralizovaném vzorku se sloučeniny rtuti redukují na rtuť, která se vytěšňuje proudem vzduchu, vede do kyvety atomového absorpčního spektrometru a měří se absorbance při vlnové délce 253,7 nm. Postup při provádění normalizované zkoušky je podrobně popsán.
- P_c dle ČSN 83 0540-14b – Jakost vod – Stanovení celkového fosforu – Ortofosforečnany dávají po reakci s molybdenanem v prostředí kyseliny sírové a antimonitých iontů po redukci kyselinou askorbovou modré zbarvení, vhodné ke kolorimetrii.
- N_{anorg} dle ČSN EN 25 663 – Jakost vody – Stanovení organického dusíku
- AOX dle ČSN EN ISO 9562 – Jakost vody – Stanovení adsorbovatelných organicky vázaných halogenů – Tuto metodu lze použít u vzorků s koncentracemi anorganických chloridových iontů menšími než 1 g/l. Vzorky s vyššími koncentracemi chloridů se před analýzou musí ředit. Metodu lze také použít u vzorků obsahujících nerozpuštěné látky, na nichž jsou adsorbovány halogeny (např. nerozpustné halidy).

Příloha 7

Úplné znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, jak vyplývá z pozdějších změn, 106/2005 Sb.

Kaly z čistíren odpadních vod

§ 32

Pro účely této části zákona se rozumí

a) kalem

1. kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících městské odpadní vody nebo odpadní vody z domácností a z jiných čistíren odpadních vod, které zpracovávají odpadní vody stejného složení jako městské odpadní vody a odpadní vody z domácností,
 2. kal ze septiků a jiných podobných zařízení,
 3. kal z čistíren odpadních vod výše neuvedených,
- b) upraveným kalem – kal, který byl podroben biologické, chemické nebo tepelné úpravě, dlouhodobému skladování nebo jakémukoliv jinému vhodnému procesu tak, že se významně sníží obsah patogenních organismů v kalech, a tím zdravotní riziko spojené s jeho aplikací,
- c) použitím kalu – zpracování kalu do půdy,
- d) programem použití kalů – dokumentace zpracovaná v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem.

§ 33

Povinnosti při používání kalů

(1) Právnícká osoba a fyzická osoba, která užívá půdu, je povinna používat pouze upravené kaly s ohledem na nutriční potřeby rostlin, za podmínek stanovených tímto zákonem a prováděcím právním předpisem a v souladu s programem použití kalů stanoveným původcem kalů tak, aby použitím kalů nebyla zhoršena kvalita půdy a kvalita povrchových a podzemních vod.

(2) Původce kalů je povinen stanovit program použití kalů a v tomto programu doložit splnění podmínek použití kalů stanovených tímto zákonem a prováděcím právním předpisem. Program použití kalů je povinen předat osobě uvedené v odstavci 1.

(3) Použití kalů je zakázáno

- a) na zemědělské půdě, která je součástí chráněných území přírody a krajiny podle zvláštního právního předpisu,³¹⁾
- b) na lesních porostních půdách běžně využívaných klasickou lesní pěstební činností,
- c) v pásmu ochrany vodních zdrojů, na zamokřených a zaplavovaných půdách,
- d) na trvalých travních porostech a travních porostech na orné půdě v průběhu vegetačního období až do poslední seče,
- e) v intenzivních plodících ovocných výsadbách,
- f) na pozemcích využívaných k pěstování polních zelenin v roce jejich pěstování a v roce předcházejícím,
- g) v průběhu vegetace při pěstování pícnin, kukuřice a při pěstování cukrové řepy s využitím

- chrástu ke krmení,
- h) jestliže z půdních rozborů vyplýne, že obsah vybraných rizikových látek v průměrném vzorku překračuje jednu z hodnot stanovených v prováděcím právním předpisu,
 - i) na půdách s hodnotou výměnné půdní reakce nižší než pH 5,6,
 - j) na plochách, které jsou využívány k rekreaci a sportu, a veřejně přístupných prostranstvích, nebo
 - k) jestliže kaly nespĺňují mikrobiologická kritéria daná prováděcím právním předpisem. Použití mikrobiálně kontaminovaných kalů může být provedeno pouze po prokázané hygienizaci kalů.

(4) Ministerstvo ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem zdravotnictví stanoví vyhláškou.

- a) technické podmínky použití upravených kalů na zemědělské půdě,
- b) mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v půdě,
- c) mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů, které mohou být přidány do zemědělské půdy za 10 let,
- d) mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v kalech pro použití na zemědělské půdě,
- e) mikrobiologická kritéria pro použití kalů,
- f) postupy analýzy kalů a půdy, včetně metod odběru vzorků,
- g) obsah programu použití kalů.

Příloha 8

Seznam použitých termínů

INGKA – Rozhodnutí o vydání integrovaného povolení. Krajský úřad Středočeského kraje, odbor životního prostředí a zemědělství, jako orgán veřejné správy, příslušný ve smyslu §67 písm. g) zákona č. 129/2000 o krajích a § 33, písm. a) zákona č. 76/2002. [20]

Koagulace (flokulace) – Převedení za pomoci koagulantu malých částic na větší, které lze separovat sedimentací nebo filtrací. Přídavek koagulantu → destabilizace a spojování koloidních částic. [6]

Stabilizace kalu – Za stabilizovaný kal lze pokládat kal, který prošel takovou úpravou, že množství rozložitelných organických látek v % celkového množství kalu a biologická aktivita kalu je snížena na takovou hodnotu, že již nepodléhá spontánnímu biologickému rozkladu. [3]

Hygienizace kalu – Za hygienizovaný se pokládá kal, který prošel takovou úpravou, že počty indikátorů patogenních mikroorganismů byly sníženy na požadovanou hodnotu.

Stabilizace a hygienizace může, ale nemusí probíhat tou samou metodou. [3]

Denitrifikace – Je proces redukce dusičnanového dusíku na dusík amoniakální, který může být použit v anabolických procesech a být tak inkorporován do nově syntetizované biomasy. [6]

Nitrifikace – Probíhá v oxických podmínkách. Při této oxidaci se jako akceptor elektronů využívá rozpuštěný molekulární kyslík. [5]

Seznam použité literatury

- [1] Dohányos, M.; Koller, J; Strnadová, N.: Čištění odpadních vod, 1. vydání Praha, skripta VŠCHT Praha, 1994, 230 s.
- [2] Chudoba, J.; Dohányos, M.; Wanner, J.: Biologické čištění odpadních vod, SNTL Praha, 1991, 468 s.
- [3] Dohányos, M.: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz [online]. 2006-05-09. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/index.shtml?x=1888405>>. ISSN: 1801-2655
- [4] Malý, J.; Hlavínek, P.: Čištění průmyslových odpadních vod. Vydavatelství NOEL 2000 s.r.o., Brno, 1996, 255 s.
- [5] Michálková Marie. Možnosti a způsoby využití kalů a sedimentů z ČOV. Sborník z konference komunální odpady a kaly z čistíren odpadních vod. Praha, IREAS, 2005, 50–57 s.
- [6] Pošta, J.: Čistírny odpadních vod, ČZU v Praze, 2005, 206 s.
- [7] Směrnice Rady EU 99/31/ES o skládkování odpadů.
- [8] Veverková, J: Bez biologických látek. Odpady, 2000, č.11, 15 s.
- [9] Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách upravených kalů na zemědělskou půdu a související vyhlášky.
Novela vyhlášky č. 504/2004 Sb., v platném znění.
- [10] Směrnicemi Rady EU 86/278/EEC o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při použití čistírenských kalů v zemědělství.
- [11] Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., v platném znění.
Novela zákona o odpadech č. 106/2005 Sb., v platném znění.
- [12] Zákon o ochraně ovzduší č.86/2002 Sb., v platném znění.
Novela zákona o ochraně ovzduší č. 37/2008 Sb., v platném znění.
- [13] Materiály ČOV Kolín – provozní řád.
- [14] Materiály ČOV Kolín – Projektová dokumentace kalového hospodářství.
- [15] Materiály firmy VANEX s.r.o.
- [16] ČSN 75 7300 - Jakost vod - Chemický a fyzikální rozbor odpadních vod. Všeobecná ustanovení.
- [17] ČSN ISO 5667 - 1 - Jakost vod - Chemický a fyzikální rozbor odpadních vod. Odběr vzorků.
- [18] Nechleba, M.; Hušek, J.: Hydraulické stroje, SNTL Praha, 1966, 385 s.

- [19] Bervidová, L.; Vančurová.: Cvičení z ekonomiky podniků I, ČZU v Praze, 2004, 118 s.
- [20] Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování (dále jen zákon o integrované prevenci) č. 76/2002 Sb., v platném znění.

Seznam použitých zkratk a symbolů

BRO biologicky rozložitelný odpad

ČOV čistírna odpadních vod

ČR Česká Republika

ČSÚ Český statistický úřad

DN dosazovací nádrž

EO – je množství znečištění, které vyprodukuje jeden (fiktivní) průměrný obyvatel za den. Znečištění z jiných zdrojů než obyvatelstva se přepočítává jako by bylo produkováno lidmi. Množství znečištění, které je stejně velké jako znečištění od jednoho obyvatele, se označuje jako populační ekvivalent.

KI kalový index

LP lapák písku

OV odpadní voda

SO směrodatná odchylka měření

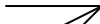
ÚČOV ústřední čistírna odpadních vod v Praze


UN usazovací nádrž

VN vyhnívací nádrž

Skupinové (technologické) ukazatele znečištění:

AOX adsorbovatelné organicky vázané halogeny

BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku  charakterizují organické znečištění vody

CHSK – chemická spotřeba kyslíku 

C_{org} – organický uhlík

NL nerozpuštěné látky

N_c dusík celkový

N_{org} dusík organický

PCB polychlorované bifenyly

PAU polyaromatické uhlovodíky

RAS rozpuštěné anorganické soli

Hydraulické zatěžovací parametry:

Q_{24}	průměrný denní bezdeštný přítok
Q_d	max. bezdeštný denní přítok
Q_h	max. bezdeštný hodinový přítok
$Q_{dešť\ do\ ČOV}$	max. přítok za deště do ČOV
$Q_{dešť\ do\ aktivace}$	max. přítok za deště do aktivace
Q_{max}	max. přítok

Seznam použitých firemních materiálů

Materiály ČOV Kolín – provozní řád

Materiály ČOV Kolín – projektová dokumentace kalového hospodářství

Materiály firmy VANEX s.r.o.

Seznam zákonů, vyhlášek a použitých norem

Seznam použitých zákonů

Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., v platném znění

Novela zákona o odpadech č. 106/2005 Sb., v platném znění

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb.

Zákon o vodách a kanalizacích č. 271/2001 Sb.

Zákon o hnojivech č. 156/1998 Sb., v platném znění – v případě využití kalů jako hnojiva na zemědělskou půdu a související vyhlášky.

Novela zákona č. 317/2004 Sb., v platném znění

Zákon o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., v platném znění

Novela zákona o ochraně ovzduší č. 37/2008 Sb., v platném znění

Seznam použitých vyhlášek

Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách upravených kalů na zemědělskou půdu a související vyhlášky

Novela vyhlášky č. 504/2004 Sb., v platném znění

Vyhláška č. 554/2002 Sb. o stanovení vzoru žádosti integrovaného povolení, rozsahu a způsobu jejího vyplnění

Seznam použitých norem

ČSN 75 7300 – Jakost vod – Chemický a fyzikální rozbor odpadních vod. Všeobecná ustanovení.

ČSN ISO 5667 – 1 – Jakost vod – Chemický a fyzikální rozbor odpadních vod. Odběr vzorků.

Seznam směrnic rady EU

Směrnice Rady EU 99/31/ES o skládkování odpadů.

Směrnicemi Rady EU 86/278/EEC o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při použití čistírenských kalů v zemědělství.

Seznam tabulek

Tab. 1 Hlavní ukazatele oboru čištění odpadních vod v ČR

Tab. 2 Předpokládané parametry na vstupu a výstupu v kalovém hospodářství ČOV Kolín

Tab. 3 Odpady vznikající procesy čištění na ČOV Kolín

Tab. 4 Bilanční hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěných do recipientu (Labe)

Tab. 5 Maximální hodnoty ukazatelů znečištění zatěžující recipient vyčištěnou vodou na výtoku z ČOV Kolín

Tab. 6 Posouzení ČOV Kolín dle parametrů odpadní vody

Tab. 7 Popis ČOV Kolín

Tab. 8 Výběrové řízení nabízených typů pásových zahušťovačů kalů pro ČOV Kolín

Tab. 9 Technické a provozní parametry zvoleného pásového zahušťovače

Tab. 10 Příprava vzorku pro vyhodnocení sledovaných parametrů na ČOV Kolín

Tab. 11 Veškeré sledované parametry a odběrná místa na ČOV Kolín

Tab. 12 Charakteristika ukazatelů znečištění vody na přítoku do ČOV Kolín v jednotlivých měsících za rok 2007

Tab. 13 Množství vody přítékající do ČOV Kolín za rok 2007

Tab. 14 Charakteristika ukazatelů znečištění vody na odtoku z ČOV Kolín v jednotlivých měsících v roce 2007

Tab. 15 Výchozí hodnoty pro výpočet

Tab. 16 Vypočtené hodnoty

Tab. 17 Pořizovací cena – kV

Tab. 18 Určení provozních nákladů - N_p

Tab. 19 Určení odpisů – o

Tab. 20 Propočet základních ukazatelů hodnocení

Seznam obrázků

- Obr. 1 Způsob nakládání s kalem v ČR v roce 2003
- Obr. 2 Základní schéma čistírny odpadních vod s kalovým hospodářstvím
- Obr. 3 Obecné schéma zpracování čistírenského kalu
- Obr. 4 Stávající šterbinové zahušťovače od firmy VANEX
- Obr. 5 Blokové schéma ČOV Kolín
- Obr. 6 Půdorysné uspořádání stávajícího technologického zařízení ČOV Kolín s připojením na inženýrské sítě
- Obr. 7 Schéma jednotlivých provozních souborů technologie zahušťování kalů
- Obr. 8 Půdorysné schéma uspořádání kalového hospodářství ČOV Kolín s umístěním zahušťovačů ve strojovně zahušťování kalů
- Obr. 9 Odtok vyčištěné vody z ČOV v období 1.11.–31.12.2007
- Obr. 10 Přebytný kal k zahuštění v období 1.11.–31.12.2007
- Obr. 11 Porovnání produkce přebytného kalu na množství vyčištěné vody za listopad 2007
- Obr. 12 Porovnání změn hodnot BSK_5 a $CHSK_{CR}$ v závislosti na čase v roce 2007 na přítoku
- Obr. 13 Porovnání změn hodnot BSK_5 a $CHSK_{CR}$ v závislosti na čase v roce 2007 na odtoku
- Obr. 14 Schéma zařazení pásového zahušťovače VX PAZA – 10 v technologické lince
- Obr. 15 Schéma podélného a příčného řezu jedno vřetenového čerpadla
- Obr. 16 Schéma uspořádání čerpacího zařízení
- Obr. 17 Schéma uspořádání sací nádrže čerpacího zařízení

Summary

This final thesis deals with the sludge management of ČOV Kolín especially with an innovation and an assay of the sludge thickening process at the sludge sluice.

The present sludge thickening line is faulty, demanding high maintenance and service. Due to the increasing sludge production the line is becoming inconvenient regarding the capacity. The capacity of the current line is $15\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, whereas the capacity of the proposed line is $17\text{-}30\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, according to the operating conditions.

It was decided that the current slot thickener will be exchanged for the belt thickener VX – PAZA 10, made by VANEX s.r.o.

Due to the transport of sludge to the thickener, a calculation of the sludge transferring pump was performed. It was approved by calculation that the current pump will suit the higher capacity of the thickened sludge, too.

Thanks to the economic assessment it was proved that investment will pay off. With the help of an average annual costs method, it was found out that the average annual costs of the current thickener are 289 212 CZK and the costs of the new thickener are 243 026 CZK. The assessment with the help of discount costs is also in favour of the investment in the new thickener.

Discount costs of the current mechanism are 1 322 114 CZK. However, the discount costs of the new mechanism are 1 196 069 CZK.

With respect to the above mentioned technical, operational and economic factors that are for implementation of the proposal, the recommendation is highly suitable, i.e. to carry out the exchange of the current slot thickener for the belt thickener.

Key words:

Sewage works Kolín – sewage purification – sludge management – sludge – sludge treatment – sludge thickening