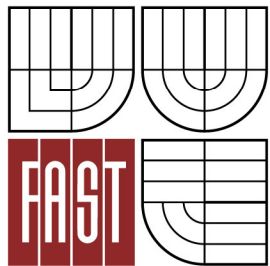


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ENERGETICKÁ BILANCE MĚSTSKÝCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

ENERGY BALANCE OF URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. BARBORA ČÍŽOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Barbora Čížová
Název	Energetická bilance městských čistíren odpadních vod
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] SHI, Cao Ye. Mass flow and energy efficiency of municipal wastewater treatment plants. 2., dopl. vyd. London: International Water Association, 2006, xii, 331 s. ISBN 18-433-9382-4.
- [2] HLAVÍNEK, Petr. Čištění odpadních vod /: praktické příklady výpočtů. 1. vyd. Brno: Noel 2000, 1996, 196 s. ISBN 80-860-2000-2.
- [3] HLAVÍNEK, Petr, MIČÍN, Jan, PRAX, Petr. Příručka stokování a čištění, NOEL 2000, 2001, 251 s., ISBN 80-86020-30-4.
- [4] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a související předpisy.
- [5] Vyhláška č. 480/2012 Sb. kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu.
- [6] Vybraná čísla časopisů SOVAK a Vodní hospodářství vztahujícími se k uvedené problematice.
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.

Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce bude stanovení ukazatelů pro energetické posouzení městských čistíren odpadních vod a navržení hodnotících kritérií pro posouzení energetického stavu. Ověření navržených kritérií a energetické posouzení vybrané čistírny odpadních vod bude ve spolupráci s firmou Energie AG Bohemia.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Rešeršní část diplomové práce je zaměřena na problematiku spotřeby elektrické energie v kalovém hospodářství na čistírnách odpadních vod rozdělených dle počtu ekvivalentních obyvatel.

Cílem praktické části je stanovení ukazatelů a navržení hodnotících kritérií pro posouzení energetické náročnosti městských čistíren odpadních vod. Ověření navržených kritérií a energetické posouzení je provedeno na čistírně odpadních vod v Novém Jičíně.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírna odpadních vod, spotřeba elektrické energie, energetická optimalizace, výroba elektrické energie, energetický dotazník, kal

ABSTRACT

The research part of the diploma thesis is focused on an issue of energy consumption in sludge treatment at wastewater treatment plants divided by the number of population equivalent.

The aim of the practical part is to set indicators and propose evaluative criteria concerning energy performance of urban wastewater treatment plants. The verification of proposed criteria and energetic analysis result from data of the wastewater treatment plant in Novy Jicin.

KEYWORDS

Wastewater treatment plant, power consumption, energy optimization, power generation, energy questionnaire, sludge

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Barbora Čížová. *Energetická bilance městských čistíren odpadních vod*. Brno, 2015. 83 s., 11 s. příloh. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....
Bc. Barbora Čížová

PODĚKOVÁNÍ

Na úvod této diplomové práce bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli potřebné informace k dané problematice, zvláště pak děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hlušíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a náměty, kterými mi významně pomohl ke zpracování zadaného tématu.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD A ENERGIE	9
2.1	HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	9
2.2	ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD V RODINNÝCH DOMECH.....	10
2.2.1	Domovní čistírna odpadních vod.....	10
2.2.2	Žumpa.....	11
2.2.3	Septik se zemním filtrem.....	11
2.3	ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD V MALÝCH OBCÍCH.....	12
2.4	MĚSTSKÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD.....	14
2.5	SPOTŘEBA A VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	21
2.5.1	Příklady ČOV v České Republice a v zahraničí.....	22
2.6	DRUHY KALŮ.....	25
2.7	ENERGETICKÉ VYUŽITÍ KALU.....	27
2.7.1	Spalování surového versus vyhnilého kalu.....	28
2.7.2	Energetický potenciál kalu.....	29
2.8	KRITICKÉ ZHODNOCENÍ REŠERŠE.....	30
3	PRAKTICKÁ ČÁST	31
3.1	POPIS ÚDAJŮ V DOTAZNÍKU.....	36
3.1.1	Obecné údaje o čistírně odpadních vod.....	36
3.1.2	Základní údaje o čistírně odpadních vod a kanalizaci.....	36
3.1.3	Základní údaje o způsobu čištění a nakládání s kalem.....	39
3.1.4	Základní údaje o množství vypouštěných odpadních vod.....	47
3.1.5	Základní údaje o jakosti vypouštěných odpadních vod na městské ČOV.....	48
3.1.6	Objekty a strojní zařízení.....	48
3.1.7	Elektrická energie.....	51
3.1.8	Řízení provozu čistírny odpadních vod.....	53
3.1.9	Výpočtové parametry ČOV.....	54
3.1.10	Vyhodnocení energie na ČOV.....	55
3.2	VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU PRO MOŽNOU ÚSPORU ELEKTRICKÉ ENERGIE NA MĚSTSKÉ ČOV.....	55
3.2.1	Vyhodnocovací formulář energetického auditu ČOV.....	57
3.3	IMPLEMENTACE METODIKY NA KONKRÉTNÍ ČIŠTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD.....	64
3.3.1	Shrnutí údajů z dotazníku pro možnou úsporu elektrické energie na ČOV Nový Jičín.....	69
3.3.2	Závěrečné vyhodnocení a doporučení.....	70
4	ZÁVĚR	73
5	POUŽITÁ LITERATURA	74
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	78
	SEZNAM TABULEK.....	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	81
	SUMMARY.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

1 ÚVOD

Spotřeba elektrické energie v dnešní době stále stoupá a s ní vzrůstá i cena, což nutně vede k optimalizaci spotřeby energie a hledání alternativních zdrojů energie. Takovýto trend můžeme pozorovat snad ve všech odvětvích průmyslu a výjimkou již není ani vodní hospodářství. Ve světě již došlo ke změně paradigmatu a na odpadní vodu se již nepohlíží jako na odpad, ale jako na surovinu. Stejně se dá již pohlížet i na kaly, které jsou konečným prvkem při čištění odpadních vod.

Snižování nákladů za energii se v dnešní době stává hlavní prioritou provozovatelů čistíren odpadních vod. Důvodem energetické optimalizace je hlavně pokles růstu ekonomiky, vzrůstající cena, spotřeba elektrické energie a přísné nároky na kvalitu vyčištěné odpadní vody. Většina čistíren odpadních vod byla v minulosti navržena hlavně za účelem maximální účinnosti čištění, ale na provozní náklady nikdo nehleděl. Až v posledních letech se začínají používat modernější technologie, které splňují požadavky jak na kvalitu vyčištěné odpadní vody, tak na nízkou spotřebu elektrické energie.

Rešeršní část práce je zaměřena na problematiku čištění odpadních vod jako celku se zaměřením na spotřebu elektrické energie kalového hospodářství. Popisuje čištění odpadních vod v rodinných domech, malých obcích a velkých městech. Dle předpisu č. 128/2000 Sb., zákon o obcích, obec, která má alespoň 3 000 obyvatel, je městem. Tudíž se za městskou čistírnu odpadních vod dá považovat čistírna pro více než 3 000 obyvatel. V praxi se hodnota EO pro městské čistírny přibližuje spíše více než 5 000 EO. Kal z čistíren odpadních vod je považován za odpad, ale zároveň je to velice slibný zdroj energie. Pro praktickou ilustraci energetických úspor jsou zmíněny příklady městských ČOV z České republiky a zahraničí.

Praktická část této práce zahrnuje vypracování „Dotazníku pro možnou úsporu elektrické energie na ČOV“, vytvoření „Vyhodnocovacího formuláře energetického auditu na ČOV“ a nakonec vytvoření formuláře „Celkového hodnocení čistírny odpadních vod“ s doporučením řešení k možným úsporám či zisku energie. Výsledkem práce je aplikace dotazníku a jeho vyhodnocení na vybrané čistírně odpadních vod. Pro implementaci dotazníku v praxi byla zvolena čistírna odpadních vod v Novém Jičíně v Moravskoslezském kraji. Tato ČOV je v majetku akciové společnosti Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.

2 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD A ENERGIE

Prvotním účelem čistíren odpadních vod je čištění vod a tomu jsou většinou podřízeny všechny další funkce. Z pohledu spotřeby elektrické energie, který se prosazuje v poslední době, pak mnohé čistírny nejsou provozovány v optimálním energetickém režimu. Existuje hned několik možností, jak vylepšit energetickou bilanci ČOV. Jedná se o optimalizaci spotřeby jednotlivých spotřebičů, změnu technologie, využití tepelné energie pomocí tepelných čerpadel na vytápění objektů, sušení kalu, či technologických procesů nebo zvýšení produkce bioplynu. Spotřeba elektrické energie silně závisí na technologickém uspořádání ČOV a na velikosti znečištění odpadních vod. Otázky nákladů na globální úrovni se staly hlavní hnací silou směrem k větší efektivnosti využívání energie v celosvětovém měřítku a tento trend se odrazil v čištění odpadních vod. [1]

2.1 HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

I přesto, že se s budováním kanalizací začalo až v 18. století, bylo zásobování pitnou vodou a zneškodňování splašků již ve starověku na vysoké úrovni. Bohužel s nástupem středověku došlo zejména ve střední Evropě k určitému poklesu úrovně jejich zneškodňování, kdy se veškeré splašky vylévaly přímo do povrchových stok, což způsobilo následné rozšíření epidemií. [2]

V dřívějších dobách neměla lidská sídla problém s odpadními vodami, jako máme dnes my, a to z jednoho prostého důvodu. Odpadní vody jako takové, které známe z dnešní doby, prostě neexistovaly. Za domkem byl ve většině případů umístěn suchý záchod, jehož obsah se likvidoval společně s odpadními produkty hospodářských zvířat vyvezením na pole, kde posloužil jako výtečné hnojivo. Odpadní voda z mytí nádobí a osobní hygieny se likvidovala prostým způsobem – jednoduše se vylila na zahrádku. [2]

Problém se zneškodňováním odpadních vod vznikl uměle a to až v nedávné době. Jeho vznik je spojen s rozšířením splachovacích záchodů umístěných uvnitř nemovitosti a budováním koupelen odkud odtékají odpadní vody silně naředěné a ve velkém množství. Lze konstatovat, že výše uvedeného problému se zbavíme buď návratem k životu v souladu s přírodou, jako naši předkové, což pravděpodobně nepřichází v úvahu, nebo budeme odpadní vody zneškodňovat čistírnami odpadních vod. [2]

V USA byl kanalizační systém rozvinut na konci 19. století a v počátcích 20. století, před rozvojem samotného procesu čištění odpadních vod. Městská kanalizace byla poprvé budována v roce 1856 v Chicagu. V roce 1909 bylo odkanalizováno 85 % obyvatel z měst s populací nad 300 000 obyvatel. Většina velkých měst měla kanalizační systém splaškových vod kombinovaný s vodami dešťovými. Ještě v roce 1930 velká většina obyvatel nakládala s odpadními vodami tak, že je nechali odtékat do vodotečí bez předchozího vyčištění. Například město Detroit nemělo vybudovanou ČOV až do roku 1940. Přibližně 10 % odpadních vod z Chicaga na počátku roku 1970 nebylo vůbec

čištěno a bylo odváděno do vodního toku. Bohužel i dnes odchází část odpadních vod bez čištění do vodních toků. [3]

2.2 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD V RODINNÝCH DOMECH

Jak je již známo, při stavbě rodinného domu či chalupy je vlastník povinen prokázat způsob likvidace odpadních vod. Pokud není v dané obci vedena kanalizace a do budoucna se s ní nepočítá, má vlastník nemovitosti hned několik možností:

1. Domovní čistírna odpadních vod,
2. Jímka na vyvážení odpadních vod,
3. Septik se zemním filtrem.

2.2.1 DOMOVNÍ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

Domovní ČOV jsou určené pro čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění (např. rodinných domů, restauračních zařízení, škol, sociálních zařízení průmyslových a zemědělských provozoven) s pravidelným provozem. Obecně lze domovní ČOV považovat za zařízení do kapacity velikosti 20 EO. [4]

Většina domovních čistíren odpadních vod je založena na aerobním způsobu čištění odpadních vod, kdy je organická hmota rozkládána směsí mikroorganismů, ke svému životu potřebujících kyslík ze vzduchu. Každá čistírna má obvykle tři části:

1. *Hrubé předčištění* – dochází zde k oddělení hrubých nečistot od odpadní vody.
2. *Aerobní stupeň* – dochází zde k vlastnímu biologickému čištění s následným oddělením kalu, který je produktem čištění, od vyčištěné vody.
3. *Prostor na skladování produktů čištění.*

[2]

Biologické čištění odpadních vod je poměrně složitý a technologicky náročný proces. U větších ČOV je k dispozici kvalifikovaná obsluha, kterou v posledních letech úspěšně nahrazují inteligentní řídicí systémy. U malých domovních čistíren je třeba zajistit obdobnou kvalitu čištění, ale podstatně jednodušším způsobem. [2]

Kalové hospodářství

Každá domovní čistírna by měla mít nádrž na skladování přebytečného kalu na minimálně 3 měsíce provozu s možností jednouchého vytěžení bez použití fekálního vozu. [2]

Spotřeba elektrické energie

Spotřeba elektrické energie domovních čistíren odpadních vod je různá. Každý výrobce uvádí jiné hodnoty spotřeby elektrické energie, ale v souhrnu se hodnoty spotřeby elektrické energie jen mírně liší. Dle výrobce EKONA, spol. s r. o. je spotřeba elektrické energie pro 2 – 6 EO cca 250 kWh/rok, a pro 27 – 40 EO je spotřeba cca 1 050 kWh/rok. [5]

2.2.2 ŽUMPA

Žumpa je bezodtoká jímka, která slouží ke shromáždění odpadních vod z nemovitosti, která není připojena na kanalizaci. Žumpa musí být provedena jako vodotěsná, tedy je nepřípustné, aby byla proražena popř. měla přepad apod. Žumpa není ze zákona vodním dílem, a proto u ní není povolení k vypouštění nutné, musí být pouze řádně stavebně povolena a zkolaudována. [6]

Každou žumpu je třeba vyvážet a odpadní vody z ní likvidovat v souladu s vodním zákonem. Četnost vyvážení žumpy by měla odpovídat spotřebě vody v domě. Dnes můžeme počítat s průměrnou spotřebou vody 90 l na osobu a den. Čili pokud jsou dva lidé v domě, produkují 180 l odpadní vody denně, což činí $5\,400\text{ l} = 5,4\text{ m}^3$ vody za měsíc. Pokud je tedy u domu jímka o objemu 5 m^3 , je třeba ji vyvážet cca 1x za měsíc. Pokud není jímka naplněna, je třeba ji vyvézt minimálně 4x za rok, protože jinak v ní voda silně zahnívá, zapáchá a na čistírně odpadních vod se špatně likviduje. [6]

Spotřeba elektrické energie

Žumpy vynikají téměř bezúdržbovým provozem bez nároků na elektrickou energii. Finance za ušetřenou elektrickou energii se ovšem promítnou v ceně a četnosti jejího vyvážení.

2.2.3 SEPTIK SE ZEMNÍM FILTREM

Septik je nádoba, do které je přiváděna splašková voda. Septik zajišťuje dokonalejší způsob likvidace odpadních vod, na rozdíl od jímky odpadní vodu pouze neshromáždí, ale zároveň i předčistí. Odpadní vody se v něm, nejčastěji ve 3 komorách, postupně zbavují kalu. Takto vyčištěnou vodu však již, na rozdíl od minulosti, nelze vypouštět do půdy bez dočištění odpadním filtrem, který se zařazuje za septik jako mechanická dočišťovací jednotka. U větších septiků lze zařadit i více filtrů za sebou. [7]

Filtry jsou většinou řešeny jako celoplastový kontejner, který se před uvedením do provozu naplní hrubším pískem se šterkem nebo s koksem. Horní přibližně deseticentimetrovou vrstvu tvoří vypraný písek, který je třeba za provozu občas vyměnit. [7]

Je opatřený větracím potrubím a musí být od okolního prostředí vodotěsně oddělený. V případě dobře usazeného filtru probíhá celý čistící proces bez pomoci elektrické energie. Kal, který zůstává v septiku, stačí vyvézt jednou za rok. [7]

Ke stavbě septiku i osazení filtru je potřeba stavebního povolení. K vypouštění vod je pak třeba souhlas příslušného vodoprávního úřadu. [7]

Spotřeba elektrické energie

Septiky se zemním filtrem vynikají téměř bezúdržbovým provozem bez nároků na elektrickou energii.

2.3 ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD V MALÝCH OBCÍCH

Na malé ČOV jsou kladeny některé specifické požadavky vycházející zejména z velké časové proměnlivosti průtoků a složení přitékajících odpadních vod. Je známo, že množství a kvalita odpadních vod závisí nejen na velikosti zdroje znečištění, ale i na charakteru zástavby, na věkovém složení obyvatel a v neposlední řadě i na počtu pracovních příležitostí v dané lokalitě. Rovněž i zdroje zemědělského nebo průmyslového znečištění mohou výrazně ovlivnit charakter odpadních vod. Přitom všechny tyto vlivy budou vystupovat do popředí tím více, čím menší bude celé odkanalizované území. [8]

Nejdůležitějším kritériem, které musí čistírna jako celek splnit, je požadovaná jakost vyčištěné vody. Dalšími faktory ovlivňujícími výběr vhodné čistírny jsou i hlediska provozní (patří sem hlavně nízké nároky na pracnost a kvalifikaci obsluhy, a s tím související vysoká spolehlivost a stabilita čistícího procesu). V neposlední řadě je třeba vzít v úvahu i hlediska ekonomická, která jsou v současné době rozhodující (z pohledu celkových investic je nutné zvážit, je-li uvažováno i s výstavbou kanalizační sítě, zda je vhodnější výstavba jedné větší čistírny na konci jedné kanalizace či realizace více sítí zakončených menšími čistírnami). V provozních nákladech se může negativně projevit např. vysoká energetická náročnost čistírny nebo poddimenzované kalové hospodářství se zvýšenými náklady na odvoz nedostatečně zahuštěného kalu. [8]

Na výstavbu ČOV pro malé obce se specializuje např. firma ASIO, spol. s r.o. nebo společnost IPRA CZ, spol. s r.o. Pro příklad uvádím čistírnu odpadních vod od společnosti ASIO, spol. s r. o., jedná se o čistírnu odpadních vod AS-VARIOcomp D (400 – 5 000 EO). Na Obr. č. 2.3-1 je znázorněno schéma ČOV AS-VARIOcomp 1000 D.

Čistírna odpadních vod typu AS-VARIOcomp D je zkonstruována tak, aby byl proces čištění maximálně stabilní (technologie splňuje definici nejlepší dostupné technologie dle NV 23/2011 Sb. v platném znění) a vysoce účinný. Díky inovativní technologii odvodňování kalů přímo z aktivace je možné vypustit uskladňovací nádrž kalu. [9]

Technologie, na které je založena tato čistírna odpadních vod vzájemně kombinuje mechanické a biologické procesy čištění odpadních vod. Díky tomu dosahuje vysoké účinnosti čištění při optimalizovaných nárocích na spotřebu elektrické energie. Tyto čistírny se skládají z několika technologických celků:

1. *Vstupní čerpací stanice* – je osazena hrubým česlovým košem a zdvihacím zařízením. Dle počtu EO je navržen různý počet čerpadel. [9]

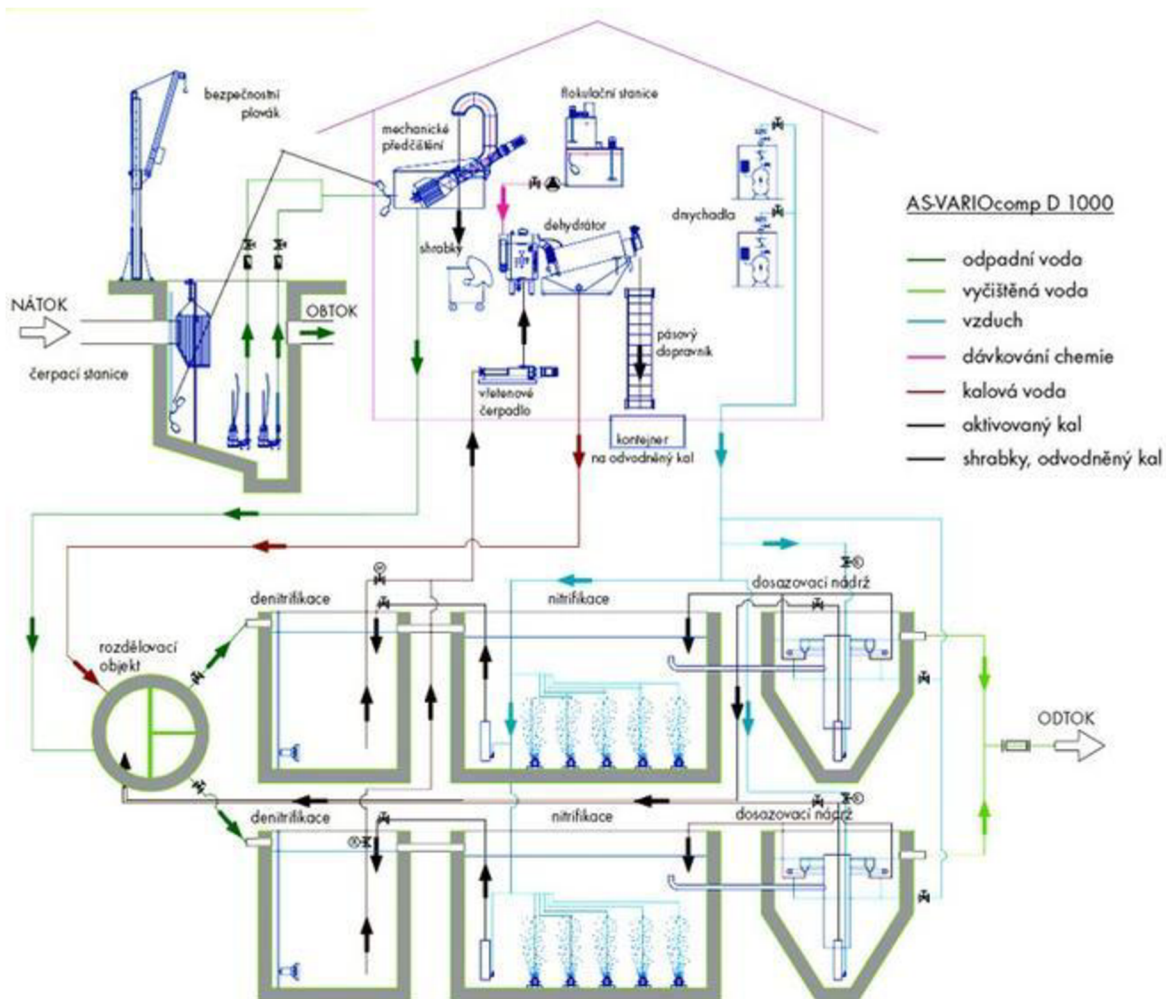
2. *Mechanické předčištění* – obvykle je zajištěno samočisticími strojně stíranými šroubovými česlemi, zálohu tvoří ručně stírané česle na obtoku. Oddělené nečistoty se shromažďují v kontejneru na shrabky. Mechanicky předčištěná voda odtéká gravitačně do rozdělovacího objektu, který je umístěn před biologickou částí ČOV. Čistírny, které mají nařízeno snížení obsahu fosforu ve vypouštěné vyčištěné odpadní vodě, jsou vybaveny dávkováním srážedla fosforu do proudu přitékající vody před rozdělovacím objektem. [9]
3. *Nízkozátěžová aktivace* – je složena z nitrifikace a předřazené denitrifikace. Mezi nádržemi je umístěna interní recirkulace, která zabezpečuje snížení odtokové koncentrace dusičnanového dusíku. Čistírny jsou osazeny interní recirkulací kalu. [9]
4. *Dosazovací nádrž* – jedná se o dva kusy čtvercových vertikálně protékajících dosazovacích nádrží. Voda natékající do dosazovací nádrže prochází přes odplyňovací zónu a uklidňovací válec. Vratný kal je přečerpáván zpět do aktivačního procesu. [9]

Kalové hospodářství

Kalové hospodářství je navrženo tak, aby minimalizovalo investiční a provozní náklady. Přebytečný aktivovaný kal je přečerpáván přes flokulační stanici AS-PROchem D přímo na spirálový dehydrát, který při minimálních nárocích na prostor a elektrickou energii zahušťuje kal na 15 – 20 % sušiny. [9] Následně je kal vyvážen.

Spotřeba elektrické energie

Spotřeba elektrické energie se také liší dle výrobců. Spotřeba již zmíněné čistírny odpadních vod AS-VARIOcomp D je při 1000 EO cca 3 350 kWh/rok (3,3 kWh/EO) a při 5000 EO cca 20 000 kWh/rok (4,0 kWh/EO). [9]



Obr. č. 2.3-1 Technologické schéma ČOV 1000 EO - AS-VARIOcomp 1000 D [9]

2.4 MĚSTSKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Většina dříve postavených čistíren odpadních vod byla vybudována v 60. a 70. letech minulého století. Předností tehdy vybudovaných čistíren bylo poměrně pokrokové řešení. V této době bylo nepsanou povinností investora používat tuzemské strojně-technologické vybavení, které ne vždy bylo optimálním řešením. Na technickém řešení se také odrazil tehdejší nedostatek stavebních koncepcí a konstrukcí, ale ne vždy vhodných z čistírenského hlediska. Moderní čistírny odpadních vod se budovaly především po roce 1990. Jejich technologická skladba se již zaměřila na zvýšené odstraňování biogenních prvků dusíku a fosforu. [10]

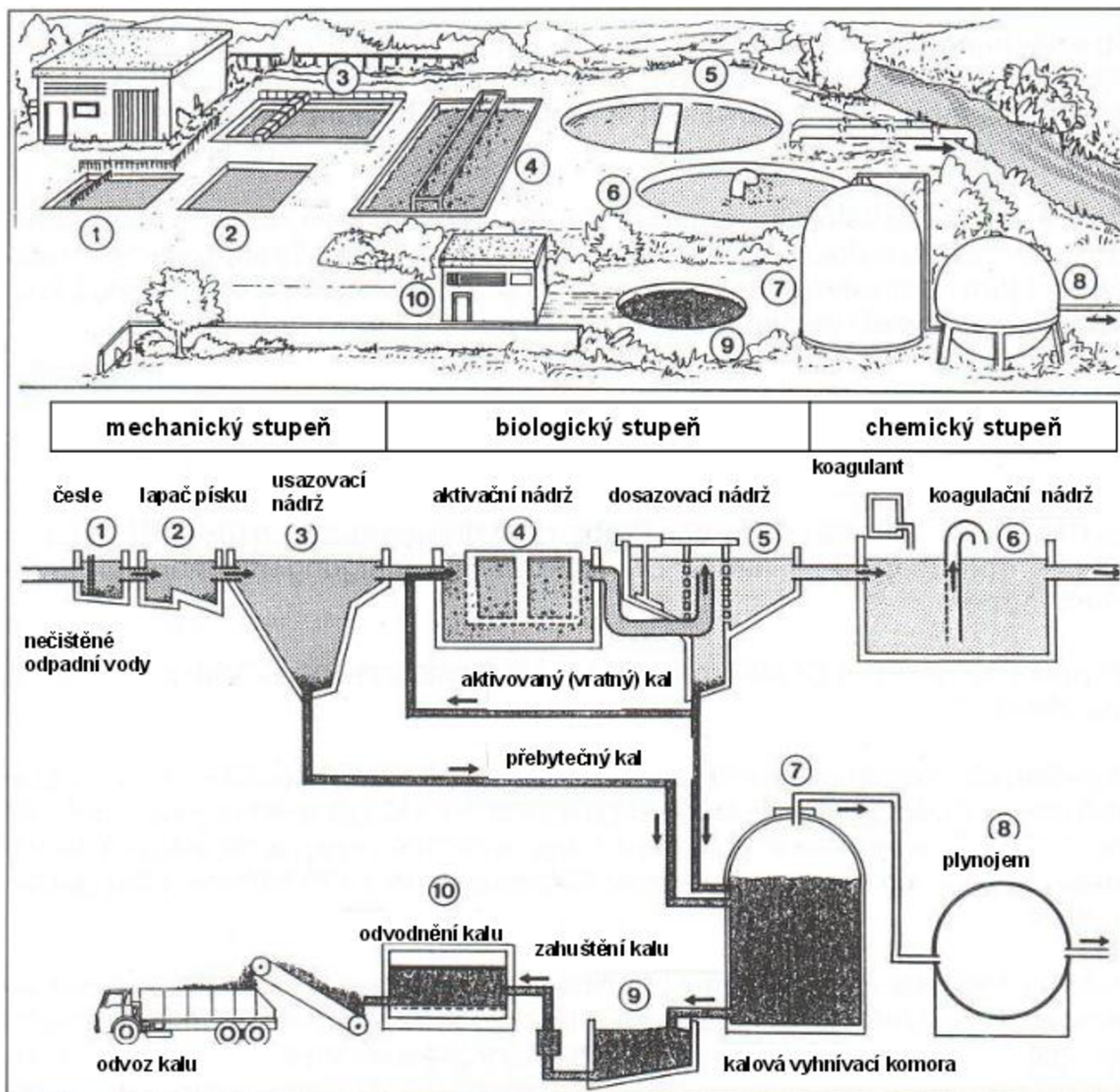
Požadovaná jakost vyčištěné vody je nejdůležitějším kritériem, které musí čistírna jako celek splnit. Tomuto požadavku se obvykle podřizuje volba technologie čištění a tím i technologická skladba celé linky. Další faktory, které mohou ovlivnit výběr vhodného typu čistírny, jsou investiční a provozní náklady. Dále provozní hledisko, které zahrnuje

nároky na pracnost a kvalifikaci obsluhy a v neposlední řadě spolehlivost a stabilita čistícího procesu. Technologická linka čistírny by měla být pokud možno jednoduchá s maximálně spolehlivým strojním zařízením, což je ovšem požadavek, který platí obecně. V případě použití složitější technologie čištění je nezbytné použít v odpovídající míře spolehlivou automatizaci provozu. [10]

V čistírnách podstupuje odpadní voda několikastupňové čištění, v rámci kterého jsou z ní odstraněny organické látky a chemická znečištění.

1. *Mechanické (primární) čištění* – odpadní voda je na ČOV přiváděna hlavní stokou ze stokové sítě. Na jejím konci je umístěn lapák štěrku (zachycuje nejhrubší nerozpuštěné látky – štěrk, kusy cihel,...). Dalším stupněm jsou česle. Ty odstraní hrubé plovoucí nečistoty. Česle bývají s ručním nebo strojním shrabováním naplavenin tzv. shrabky, alternativou česlí jsou buď síta, anebo mělníci česle. Následuje lapák písku, často v kombinaci s lapákem tuků. Jeho cílem je oddělení minerálních suspenzí (písek) od organických nerozpuštěných látek, organické je výhodné v odpadní vodě nechat. Separace se děje na základě rozdílných hustot obou materiálů, využívá se buď gravitační, nebo odstředivá síla. Odstraněním písku se jednak zabrání jeho usazování na nežádoucích místech a také se sníží abraze případných následujících zařízení. Lapáky písku bývají provzdušňované. Posledním zařízením pro mechanické čištění je usazovací nádrž. Zde probíhá usazování jemných nerozpuštěných látek a stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže. Vzniká zde **primární kal**, který je zpracováván v kalovém hospodářství. [11]
2. *Biologické čištění* – biologické čištění probíhá v biologickém reaktoru. Zde je znečištění odpadní vody odstraňováno pomocí mikroorganismů nazývaných aktivovaný kal. Aktivovaný kal je v biologickém reaktoru kultivován buď jako suspenze tzv. aktivační systémy, nebo na pevném nosiči tzv. biofilmové reaktory. Těchto reaktorů je celá řada typů. Aktivovaný kal dokáže z odpadní vody odstranit značné množství organického znečištění i sloučenin dusíku a fosforu. Směs vody a aktivovaného kalu pak teče do dosazovací nádrže, kde dochází k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu v důsledku sedimentace. Část aktivovaného kalu je vrácena zpět do biologického reaktoru tzv. **vratný kal** a část je oddělena jako **přebytečný kal** a odváděna ke zpracování do kalového hospodářství. [11]
3. *Terciální čištění* – slouží k dočištění odpadních vod, především odstranění fosforu, nerozpuštěných látek a hygienizaci vody (odstranění patogenů). [11]
4. *Kalové hospodářství* – Při zpracovávání kalů se používají tyto operace: zahušťování kalu, stabilizace kalu, odvodňování kalu a finální nakládání s kalem. [10]

Na Obr. č. 2.4-2 je znázorněno blokové schéma trojstupňové čistírny odpadních vod.



Obr. č. 2.4-2 Schéma trojstupňové čistírny odpadních vod [2]

Kalové hospodářství

Při čištění odpadních vod aktivací je produkce biologického kalu obvykle 0,5 – 1,0 kg sušiny na 1 kg odstraněného BSK₅, záleží na zatížení aktivace i na tom, zda je nebo není biologickému čištění předřazena usazovací nádrž. [10]

Následující podkapitoly se zabývají kalovým hospodářstvím na městských čistírnách. Konkrétně nakládáním, zpracováním, následným využitím kalů a spotřebou elektrické energie při těchto procesech.

Popis jednotlivých stupňů kalového hospodářství a spotřeba elektrické energie

Zahušťování kalu

Účelem je snížení objemového množství kalové suspenze, přičemž se odstraní část volné vody. Může mít význam nejen pro úsporu času a energie vynaložené na čerpání kalu, ale i pro úsporu technologických objektů a má též význam pro energetické hospodářství na ČOV. [25]

Gravitační zahušťování – využívá rozdíl hustoty mezi vodou a částicemi kalu. Zahuštěný kal je odtahován ze dna nádrže a kalová voda je vrácena před usazovací nádrž. [10] Spotřeba elektrické energie je velice nízká, elektrická energie je nutná pro čerpání kalu, kalové vody, popřípadě flokulantu a stíracího zařízení.

Flotace – tlaková flotace je v poslední době stále více používána, zejména pro zahušťování přebytečného aktivovaného kalu. Koncentrace sušiny výsledné zahuštěné suspenze závisí na poměru množství vzduchu a pevných částic, charakteristice kalu (KI), látkovém zatížení flotace a použití organických flokulantů. [10] Spotřeba elektrické energie se liší různými výrobci, výrobce ENVI-PUR uvádí, že flotační jednotky o max. průtoku 5 m³/hod mají spotřebu energie cca 4,37 kW/hod a při průtoku 100 m³/hod je spotřeba energie cca 15,67 kW/hod. [36]

Odstředivky – využívají rozdíl hustoty mezi vodou a částicemi kalu. V odstředivce působí odstředivá síla cca 2 000 krát větší než je zemská gravitace. Využívají se k zahuštění primárního kalu, kalu z chemického čištění a zejména přebytečného aktivovaného kalu, u něhož lze dosáhnout sušiny 4 – 6 % bez dávkování organických flokulantů. Náklady na energii a údržbu jsou značné, a proto bývají využívány především na velkých ČOV. [10] Spotřeba elektrické energie na zahuštění kalu klasickou odstředivkou je dle spol. Veolia Voda cca 193 kWh/t sušiny. Při použití lyzátovací odstředivky je hodnota o něco vyšší, a to 230 kWh/t sušiny. Tyto údaje jsou uvedeny jako reálně změřené hodnoty v provozech Veolia Voda. [13]

Sítopásové lisy – do kalu je přidáván organický flokulant, jehož účinkem dochází k flokulaci částic a k oddělení vody, která je prolisována přes filtrační přepážku tvořenou sítím, působením tlaku válců na dva nekonečné, pohybující se sítopásové lisy. Jsou použitelné k zahušťování surového i vyhnílého kalu na městských ČOV. [10] Spotřeba elektrické energie sítopásových lisů je nižší, než je spotřeba energie u odstředivky.

Rotační síta – jsou používána pro zahuštění aktivovaného kalu. Rotační síto je v podstatě otáčející se buben se stěnami tvořenými sítím propustným pro vodu. Dovnitř bubnu je přiváděn kal s organickým flokulantem, smíseným s ním ve zvláštním rotačním válci, ve kterém dochází k flokulaci. V síťovém bubnu dochází k zahuštění suspenze procezením vody sítím. [10] Spotřeba elektrické energie je jako u jiných zařízení různá. Výrobce HUBER TECHNOLOGY uvádí specifickou spotřebu elektrické energie zahušťovače menší než 0,03 kWh/m³ kalu.

Stabilizace kalu

Stabilizace kalu s určitým podílem biologicky přístupné organické hmoty, a pro kaly hygienicky závadné je většinou nezbytný proces, podmiňující možnost jeho dalšího zpracování, skládkování nebo využití. Vedle tohoto hygienického hlediska, zahrnujícího i odstranění jeho nepříznivých vlastností, se snižuje obsah organických látek a tedy i sušiny jako celku a u anaerobní stabilizace se získá energeticky cenný bioplyn. [25]

Stabilizace kalu může být biologická s rozlišením podmínek, za nichž probíhá (aerobní, anaerobní), chemická a termická (pasteurizace, sušení). [25]

Anaerobní stabilizace – mikrobiálními procesy v bezkyslíkatém anaerobním prostředí dochází k rozkladu biologicky rozložitelné organické hmoty provázené produkcí bioplynu. Dělí se na mesofilní (27 – 45 °C), termofilní (45 – 60 °C) a psychrofilní (nevyhříváné). Produkce bioplynu na organickou hmotu přivedenou do reaktoru závisí v semikontinuálním procesu vedle složení kalu i na provozních parametrech (teplotě, době zdržení kalu) určujících rychlost rozkladu. Kapalina oddělená od vyhnílého (stabilizovaného) kalu se nazývá kalová voda. [25]

Aerobní stabilizace – dochází k rozkladu organické hmoty biomasy autooxidačním procesem tzv. endogenního substrátu, která nebyla rozložena v procesu čištění. Výhodou je srovnatelný stupeň rozkladu organické hmoty s anaerobní stabilizací, nízké koncentrace BSK₅ v kalové vodě, přeměna amoniakálního dusíku na dusičnany, jednoduchý provoz a nízké investiční náklady. Nevýhodou je vysoká spotřeba elektrické energie, není produkován bioplyn a kal má horší odvodňovací vlastnosti. [25]

Chemická stabilizace – provádí se přidávkou zásady do odvodněného kalu, obvykle oxid nebo hydroxid vápenatý, čímž se zvýší pH směsi na cca 12 a více. Při tomto pH dochází k usmrcení patogenů, ale organická hmota zůstane nerozložena. Existují 2 skupiny této stabilizace. Prestabilizace, kdy je dávkován Ca(OH)₂ nebo CaO před odvodněním kalu a poststabilizace, kdy se přidává CaO k odvodněnému kalu (exotermická reakce). [25]

Odvodňování kalu

Při odvodňování kalu dochází k dalšímu odstranění vody ze suspenze a to na úroveň, při níž je konzistence kalu tuhá, kal je rypatelný a lze s ním manipulovat jako se zeminou. Stupeň odvodnění, při němž je tohoto stavu dosaženo, závisí na kvalitě suspendovaných látek a bývá v rozsahu podílu sušiny 20 – 50 %. [25]

Pásové lisy – princip byl popsán výše, v části zahušťování kalu. Účinnost a výkon závisí např. na typu lisu a jeho vybavení, rychlosti pohybu pásu, charakteru kalu, množství a druhu flokulantu. [25] Instalovaný příkon pásových lisů se pohybuje okolo 3,3 kW za hodinu. Při cca 8 400 hodin provozu během roku je celková spotřeba elektrické energie 27 720 kWh/rok, výstupní sušina je 20 %. [12]

Kalolisy – jedná se o filtrační zařízení pracující na tlakovém principu. Kal předupravený dávkováním anorganického nebo organického flokulantu je čerpán do komor lisu, v nichž je podroben tlaku 1 – 2 MPa, jehož působením je voda filtrována přes filtrační plachetku. Nevýhodou je přerušovaný provoz, náročná obsluha a vysoké investiční náklady. [25] Instalovaný příkon kalolisu se pohybuje okolo 10 kW za hodinu. Při cca 8 400 hodin provozu během roku je celková spotřeba elektrické energie 84 000 kWh/rok, výstupní sušina je 28 %. [12]

Odstředivky – jsou používány pro odvodnění kalů za poněkud odlišných provozních parametrů. Je nezbytné použití organických flokulantů. [25] Instalovaný příkon odstředivek je okolo 19,5 kW za hodinu. Při cca 8 400 hodin provozu během roku je celková spotřeba elektrické energie 163 800 kWh/rok, výstupní sušina je 26 %. [12]

Kalové pole – jsou tvořena vrstvou písku, uloženém na betonovém drénovaném dnu. Jsou jednoduchým, ale investičně a plošně náročným zařízením, užívaným jen pro menší produkce kalu. Napouští se ve vrstvě 20 – 40 cm. Účinnost je závislá na klimatu. [25]

Kalové laguny – stejně jako kalová pole nejsou vhodné pro odvodnění nestabilizovaných kalů. Nevýhodou je značný požadavek na plochu, možnost kontaminace podzemních vod a závislost na klimatu. Nápuštná vrstva bývá 0,7 – 1,5 m. [25]

Finální nakládání s kalem

Způsoby zpracování kalů závisí na místních podmínkách dané lokality, na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech kalů a na možnosti konečného řešení kam s nimi. Požadavkem je takové využití nebo zpracování kalů, které je přijatelné pro životní prostředí, udržitelné a ekonomicky únosné. Zpracování kalů obvykle stojí přibližně více než polovinu celkových nákladů na čištění odpadních vod. Řízení zpracování kalů bude stále komplexnější, jak budou přísnější standardy pro životní prostředí a pokud budou výstupy pro kal omezovány legislativou a stanoviskem veřejnosti. [17]

V současné době přicházejí v úvahu tyto způsoby konečného zpracování kalů [17]:

Využití v zemědělství (po předchozí stabilizaci) – co se týče energetické náročnosti tohoto způsobu využití je zapotřebí energie hlavně při odvodňování a stabilizaci kalu, viz výše. Na samotný proces není nutná elektrická energie, ale jsou zapotřebí finanční prostředky (překopávače, traktory, rozmetadla, apod.)

- Použití jako hnojiva – přítomnost hnojivých látek (organická hmota, N, P) v některých druzích kalu dává podnět především pro hnojení zemědělské půdy, ale také lesní půdy. Negativním faktorem je přítomnost škodlivých látek, jejichž limitní koncentrace nesmí být překročeny. [25]
- Kompostování – při kompostování organické hmoty dochází vedle částečného rozkladu k její mikrobiální přeměně na humózní hmotu. Doba kompostování se

pohybuje v rozsahu 15 – 45 dní s následným skladováním dalších cca 30 dnů, během nichž dochází ke stabilizaci produktu. [25]

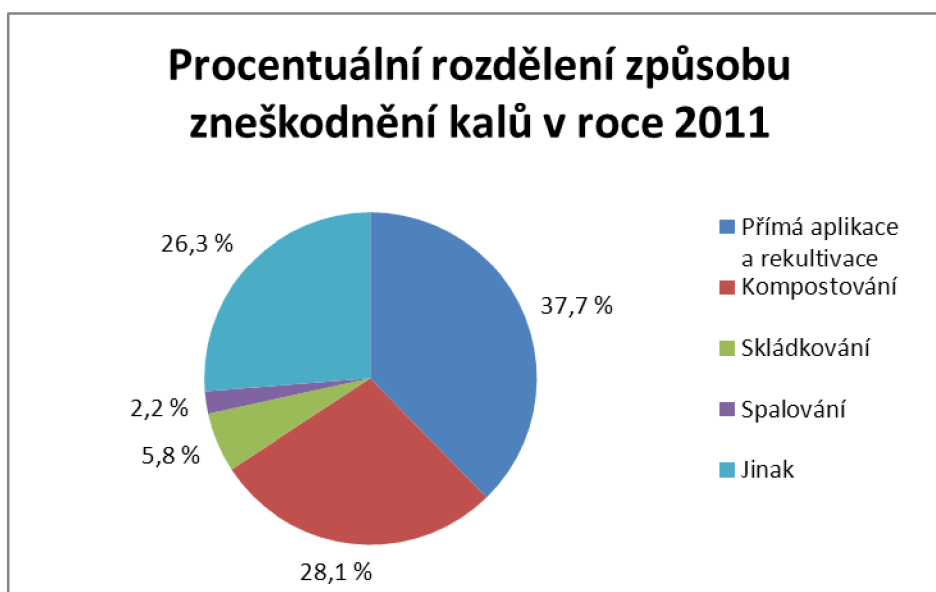
Termické zpracování – různé způsoby pyrolýzy a zplyňování. Kombinace termické a chemické hydrolýzy. Lze v zásadě zpracovávat surový odvodněný kal nebo kal po anaerobní stabilizaci, prioritou je získání cenných látek z kalu a maximální využití energie z kalu. [17]

Skládkování – podmínkou je, aby byl kal stabilizovaný a odvodněný. [25] Ukládání kalů na skládky, které je pro některé země v Evropě hlavním výstupem, je obecně považováno za neudržitelné. [17] Tento způsob není energeticky náročný, ale mělo by být od něj postupně upouštěno a nahrazováno jinými způsoby.

Zakomponování do stavebních materiálů – tento způsob vychází z možnosti přídavku kalu do stavebních materiálů, které tím nesmí ztratit svoje základní vlastnosti a současně nesmí být ohroženo životní prostředí. [25] Jedná se o ekologickou a bezodpadovou metodu likvidace kalu. [17]

Spalování – vhodné pro kaly s vysokým podílem organické hmoty. Používá se pro likvidaci kalů obsahující oleje nebo toxické organické látky. Obvykle je spalován kal s jinými odpady. [25] Samostatné spalování kalů z ČOV je problematické a celkově ekonomicky i energeticky náročné (vysoké požadavky na kvalitu kalu a provozování).

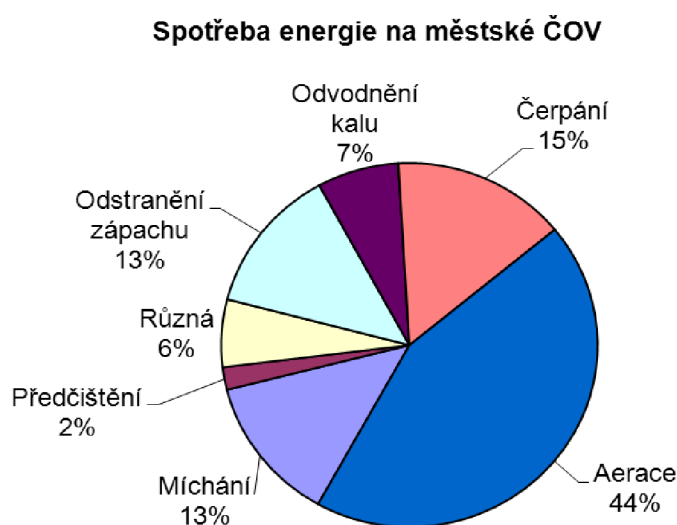
Produkce kalu v roce 2011 byla 163 818 t sušiny kalu. Jak je vidět na Obr. č. 2.4-3 nejčastějším způsobem zneškodňování kalů v České Republice je využití v zemědělství, ať už jako hnojivo, popřípadě na kompostování. Dobrou zprávou je, že množství kalu ukládaného na skládky rok od roku pomalu klesá. [40]



Obr. č. 2.4-3 Procentuální rozdělení způsobu zneškodnění kalů v roce 2011 [40]

2.5 SPOTŘEBA A VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Čistírny odpadních vod nejsou v současné době často provozovány v optimálním energetickém režimu. Tento režim lze „vyladit“ např. optimalizovanou spotřebou jednotlivých elektrických spotřebičů, změnou technologie, nebo využitím tepelné energie pomocí tepelných čerpadel na vytápění objektů či technologických procesů. Možností je i zvýšení produkce bioplynu. Součástí snížení energetické náročnosti je také optimalizace řídicího procesu. [1] Na Obr. č. 2.5-4 je znázorněna spotřeba elektrické energie na městské ČOV. Jde vidět, že největšími spotřebiteli energie jsou dmychadla a následně čerpadla. Proto je vhodné se nejprve při hledání možných úspor poohlédnout právě po těchto zařízeních.



Obr. č. 2.5-4 Podíl jednotlivých procesů na spotřebě elektrické energie [1]

Jednotlivé vodohospodářské společnosti různou mírou využívají dostupné energetické zdroje na provozované vodohospodářské infrastruktury. Skupina Veolia Voda, o programu optimalizace využití vodohospodářské infrastruktury pro výrobu OZE veřejně komunikuje prostřednictvím programu Water2Energy. [16]

V rámci projektu jsou nabízeny služby vedoucí ke snižování spotřeb energie VH zařízení, od vyhodnocení energetické účinnosti, přes plány snížení spotřeby energie prostřednictvím navržených úprav technologie až po technickou pomoc při realizaci. [16]

2.5.1 PŘÍKLADY ČOV V ČESKÉ REPUBLICE A V ZAHRANIČÍ

ČOV Plzeň

Čistírna odpadních vod v Plzni je na špičce energetické soběstačnosti vodárenských provozů v ČR. V současné době díky několikafázové optimalizaci dosahuje 85 – 90 %, v prosinci 2012 pak dokonce vyrobila více energie, než sama potřebovala. [14]

Spádovou oblastí pro ČOV je město Plzeň s počtem obyvatel 170 000. Maximální kapacita ČOV je stanovena na 424 000 EO. ČOV Plzeň provozuje na základě nájemní smlouvy Vodárna Plzeň, patřící do skupiny Veolia Voda. [14]

Jedná se o klasickou mechanicko-biologickou čistírnu s anaerobní stabilizací kalu. Součástí čistírny je kofermentace kalu a organických odpadů z pivovaru a využití bioplynu k výrobě elektřiny a tepla. Aktuálně čistírna zpracuje cca 52 000 m³ OV denně, což ročně představuje 19 000 000 m³ OV, maximum je stanoveno na 24 000 000 m³ ročně. Zatížení parametru BSK₅ představuje v průměru 22 600 kg BSK₅/den. Ročně se na ČOV vyprodukuje 18 000 tun odvodněného kalu se sušinou 5 000 tun. [14]

ČOV v Plzni v současném perimetru byla uvedena do provozu v roce 1996 a už od počátku vyráběla elektrickou energii, a dosahovala cca 60 % energetické soběstačnosti. V roce 2004 následovala optimalizace vyhnívání kalu (princip dvoustupňového termofilního vyhnívání – při optimalizaci se zvýšila teplota vyhnívání z původních 35 – 40 °C na 50 – 55 °C), touto optimalizací se zvýšila soběstačnost na 67 %. Při intenzifikaci ČOV v roce 2011 došlo k obnovení aeračního zařízení, tedy optimalizaci na straně spotřeby elektrické energie, energetická soběstačnost stoupla o 10 %. Dalším podstatným vlivem při optimalizaci procesu byla implementace řídicího systému WTOS (Water Treatment Optimisation System), kdy došlo k dosažení rekordních 97,2 % energetické soběstačnosti. [14]

V Tab. č. 2.5.1-1 a Tab. č. 2.5.1-2 je uveden vývoj energetické soběstačnosti a výroby elektrické energie na ČOV Plzeň. Jde vidět, že energetická soběstačnost každý rok stoupá. [14]

Tab. č. 2.5.1-1 Vývoj energetické soběstačnosti na ČOV Plzeň [14]

Energetická soběstačnost [%]	2008	2009	2010	2011	2012	**2013
Průměr	67,4	72,8	82,5	80,0	85,7	97,2
Měsíční maximum	81,2	90,8	92,8	95,0	113,0	111,7

Tab. č. 2.5.1-2 Vývoj výroby elektrické energie na ČOV Plzeň [14]

Celý rok	2008	2009	2010	Průměr	2012	**2013
Energie [kWh]	9 820 283	9 043 486	9 289 860	9 384 543	7 952 030	7 286 304
Energie [kWh/měsíc]	818 357	753 624	774 155	782 045	662 669	607 192
Energie [kWh/m ³]	0,48	0,45	0,45	0,46	0,44	0,37
Energie [kWh/kg BSK ₅]	1,08	1,00	1,12	1,06	0,96	0,92

ČOV Görlitz

Program Water2Energy byl na ČOV Görlitz (kapacita 140 000 EO) realizován v letech 2004 – 2009. Roční spotřeba elektřiny na chod čistírny se snížila o 16 %, zatímco produkce elektrické energie z bioplynu vzrostla o 110 %, což vedlo k 70 % snížení množství elektrické energie nakupované z rozvodné sítě. [16]

ČOV Budapešť

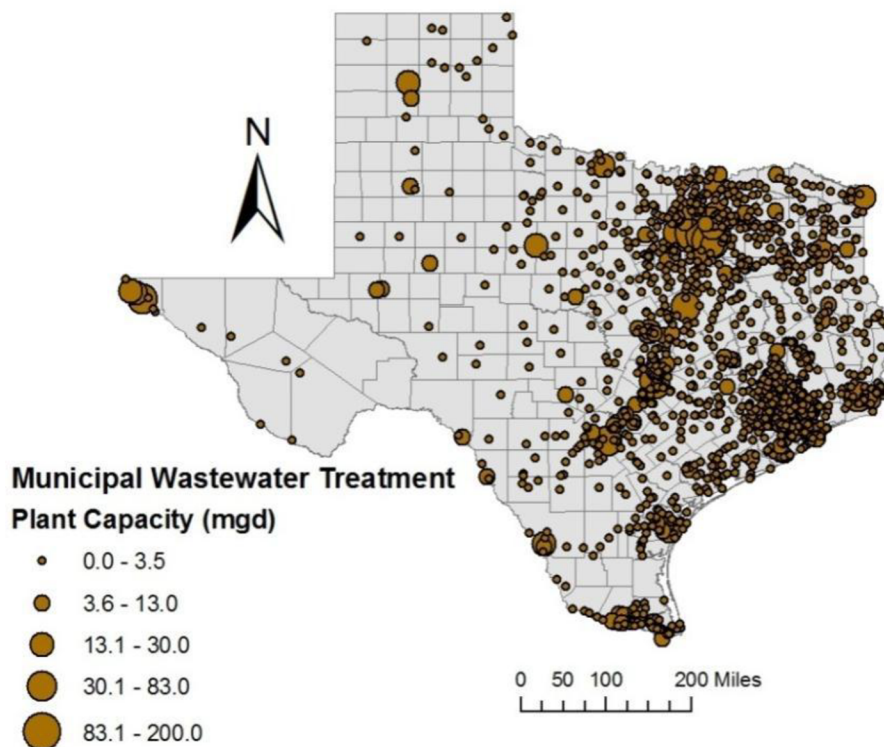
ČOV Budapešť je biologická ČOV s anaerobní stabilizací kalu s kapacitou 296 000 EO. Díky realizaci programu Water2Energy byla vybudována unikátní jednotka ECRUSOR (zařízení na drcení a třídění biologicky rozložitelného odpadu) a při výrobě bioplynu je využíváno kofermentace kalu s organickým odpadem. Na ČOV Budapešť se zpracovávají balené mléčné výrobky, masné výrobky, cukrářské výrobky, balené pečivo, prošlé balené nealkoholické nápoje, prošlé potraviny a také nebalený mlékárenský odpad. Došlo k čtyřnásobnému nárůstu produkce bioplynu a k trojnásobnému vzrůstu vyrobené elektrické energie. [16]

USA a Texas

Čistírny odpadních vod v USA představují širokou souvislost mezi energií a vodou. Sběr, zpracování a vypouštění městských odpadních vod musí být v souladu s přijatými normami. Celostátní čištění OV představuje 0,1 – 0,3 % z celkové spotřeby elektrické energie v rámci místních měst a komunity vlády. Čištění odpadních vod představuje největšího spotřebitele elektrické energie. Mimoto je velká pravděpodobnost, že se v budoucnu zvýší spotřeba energie na čištění OV a to v důsledku rostoucí populace, z čehož plyne zvýšení aktuálně neregulovatelného vypouštění znečišťujících látek, jako jsou léčiva a výrobky osobní hygieny. To vše může v budoucnu ovlivnit značné zvýšení spotřeby energie na ČOV. Naštěstí může většina ČOV významně snížit své náklady až o 30 % a více, a to prostřednictvím měření spotřeby elektrické energie a optimalizace čistícího procesu. [29]

Díky optimalizaci aeračního procesu a zkvalitnění samotného čerpání by mohly ČOV ušetřit až 547 – 1 057 mil. kWh ročně, což snižuje celkovou spotřebu energie v tomto odvětví až o 3 – 6 %. Odhaduje se, že díky anaerobnímu vyhnívání se může ušetřit 628 – 4 940 mil. kWh ročně. V Texasu mohou ušetřit díky anaerobnímu vyhnívání 40,2 – 460 mil. kWh ročně, a pokud by spalovali organickou hmotu, ušetřili by 51,9 – 1 030 kWh ročně. [29]

Na procesy čištění OV v USA a Texasu je spotřebováno 670 – 2 950 kWh/10⁶ gal (0,177 – 0,779 kWh/m³), ale je zde i potenciál energii vyrábět v rámci různých projektů. Vyrábění energie na ČOV by mohlo kompenzovat spotřebu energie nebo pomoci výkonu elektrických rozvodů v blízkých oblastech. Více než 76 % Texaských ČOV čistí cca 1 mil. galonů vody denně (3 790 m³/den). Větší městské ČOV (Houston, Dallas, San Antonio) čistí přes 50 mil. galonů OV denně (189 000 m³/den). [29]



Obr. č. 2.5.1-5 Rozložení čistíren odpadních vod v Texasu a jejich kapacita [29]

Na základě údajů od CWNS byl vypočten potenciál využití energie z ČOV, za předpokladu, že na ČOV je anaerobní vyhnívání s využitím bioplynu a spalování organické hmoty s výrobou elektrické energie. Výsledky těchto výpočtů v různých modelových situacích jsou uvedeny v Tab. č. 2.5.1-3.

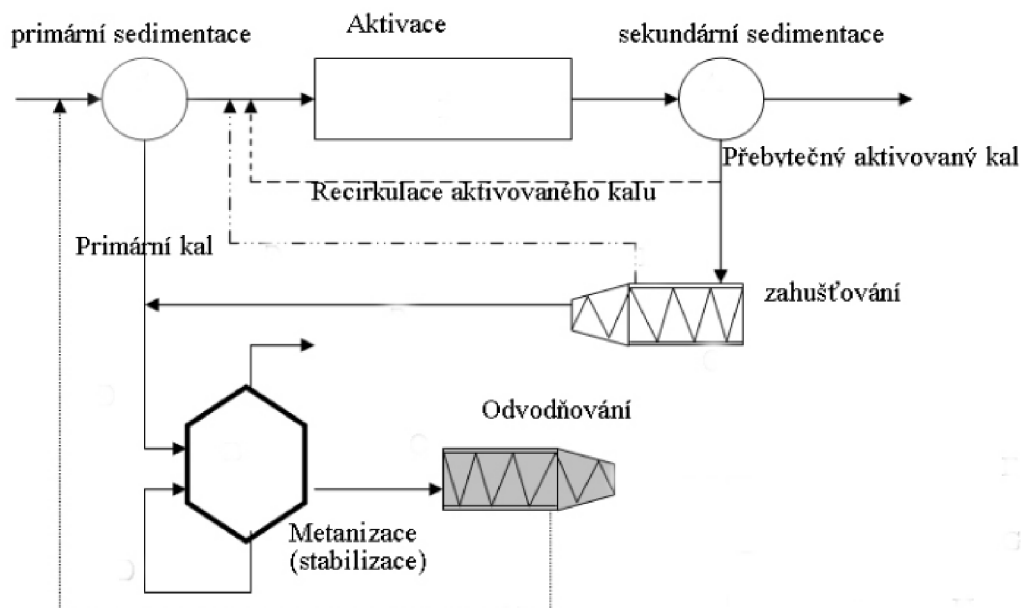
Za použití údajů od CWNS z roku 2004 a energetických faktorů od EPRI byla odhadnuta celková spotřeba elektrické energie na ČOV ve Spojených Státech na 18 100 – 23 800 mil. kWh za rok. Z modelových situací AD-1 až AD-3 vyplývá, že by mohla být snížena spotřeba elektrické energie v USA o 2,6 – 27 %, v závislosti na stupni realizace. Velké rozdíly v % úspor jsou způsobeny velkými rozdíly v průtocích, viz Tab. č. 2.5.1-3. V Texasu byla spotřeba elektrické energie odhadnuta podobně, a to ve výši 1 800 – 1 950 mil. kWh za rok. Realizace anaerobního vyhnívání s využitím bioplynu (modelová situace AD-1 až AD-3) by mohla na Texaských ČOV snížit spotřebu energie o 2,1 – 27 %, výroba elektřiny ze spalování organické hmoty (modelová situace BI-1 až BI-2) by mohla snížit spotřebu o 2,7 – 57 %. Tyto velké rozdíly v % úspor jsou opět způsobeny velkými rozdíly v průtocích, viz Tab. č. 2.5.1-3.

Tab. č. 2.5.1-3 Odhad využití energie z anaerobního vyhnívání s využitím bioplynu (Případ AD-1 až AD-2) a spalování organické hmoty s výrobou elektrické energie (Případ BI-1 až BI-2) ukazuje významný potenciál pro snížení spotřeby energie na ČOV [29]

Scénář	Příslušný průtok [mil. gal/den] [mil. m ³ /den]		Vypočtený zisk energie [10 ⁶ kWh/rok]	
	Spojené Státy	Texas	Spojené Státy	Texas
Případ AD-1: Výchozí stav	3 918 (18,6)	315 (1,19)	628 - 942	40,2 - 60,4
Případ AD-2: Využití stávajícího bioplynu	18 184 (68,8)	1 086 (4,11)	2 320 - 3 480	139 - 208
Případ AD-3: Všechny čistírny odpadních vod využívají bioplyn	25 796 (97,6)	2 401 (9,09)	3 300 - 4 940	307 - 460
Případ BI-1: Využívání stávajících spalovacích procesů	Nepočítáno	189 (0,715)	Nepočítáno	51,9 - 80,8
Případ BI-2: Všechny ČOV používají spalovací procesy	Nepočítáno	2 401 (9,09)	Nepočítáno	661 - 1 030

2.6 DRUHY KALŮ

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, výsledným produktem na ČOV je kal. Kal v čistírně vzniká na několika místech technologické linky. Na Obr. č. 2.6-6 je znázorněno jednoduché technologické schéma biologické čistírny odpadních vod, a jsou zde zakreslena místa, kde jednotlivé druhy kalů na ČOV vznikají. [16]



Obr. č. 2.6-6 Schéma klasické biologické ČOV a místa, na kterých vzniká kal [16]

Primární kal

Jedná se o kal zachycený v usazovacích nádržích. Množství tuhých látek je v něm podle Imhoffa v přepočtu na jednoho obyvatele 54 g/den. [16]

Sekundární (přebytečný) kal

Jedná se o přebytečnou biomasu z biologického růstu. Kal z dosazovacích nádrží, má vločkovitou strukturu a jeho charakter je ovlivněn čistícím zařízením, v němž vznikl. [16]

Terciální kal

Terciální kal je kal z chemického srážení. [16]

Surový kal

Surový kal je směsí kalu primárního a kalu biologického (přebytečného) v hmotnostních poměrech tuhých látek přibližně 2:1. Podíl organických a anorganických látek je přibližně 2:1. [16]

Anaerobně stabilizovaný (vyhnilý) kal

Je to černá amorfni hmota slabě páchnoucí po dehtu. Černé zbarvení způsobují sulfidy těžkých kovů, především sulfidy železa. Množství tuhých látek vztažené na jednoho obyvatele za den je 52 – 55 g. Hmotnostní poměr organické a anorganické sušiny je přibližně 1:1. [16]

Struktura anaerobně stabilizovaného kalu se značně liší od struktury kalu aktivovaného a v souvislosti s tím také mění hlavní parametry ovlivňující odvodňovací vlastnosti kalu. Je to především podíl jemných částic a koncentrace organických látek. [16]

Dobře stabilizovaný kal je nepáchnoucí, dobře odvodnitelný a z hygienického hlediska nezávadný. Z fyzikálního hlediska je to tmavá amorfni neplastická heterogenní směs suspendovaných koloidních látek. [16]

Za anaerobně stabilizovaný kal lze považovat kal, ve kterém již neprobíhají intenzivní biologické procesy, působící senzorické a hygienické problémy. Zbylé organické látky jsou již velmi obtížně a pomalu rozložitelné. V praxi se za dobře stabilizovaný kal považuje takový, ve kterém obsah organických látek byl snížen na hodnotu 50 %. [16]

2.7 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ KALU

Čistírenský kal je jedním z konečných produktů procesu čištění odpadních vod. V procesu klasického čistírenského postupu se většina z přivedeného znečištění v odpadních vodách převádí do kalů. Kaly představují přibližně 1 – 2 % objemu čištěných vod, je v nich však transformováno 50 – 80 % původního znečištění. Zpracování a likvidace těchto kalů se tak stává jedním z nejdůležitějších a nejkritičtějších problémů čištění odpadních vod. [17]

Množství kalů závisí především na množství a kvalitě čištěných odpadních vod a na použité technologii jejich čištění. Neexistuje žádná univerzální metoda pro zpracování, využití, eventuálně likvidaci čistírenských kalů a tak rozdílnost přístupů k nakládání s čistírenskými kaly je značná. [17]

Zpracování, resp. nakládání s kaly se dělí na dva zásadní postupy:

1. Zpracování surového kalu (SSK), tj. směsi kalu primárního a přebytečného aktivovaného kalu, který je nebezpečným odpadem,
2. Zpracování tzv. vyhnílého kalu (VK), který vzniká po anaerobní stabilizaci kalu surového, jehož nebezpečnost, spočívající v hygienické závadnosti je eliminována při použití termofilní anaerobie.

[17]

Intenzifikační postupy v oblasti kalového hospodářství jsou zaměřeny především na minimalizaci konečného množství produkovaných kalů, na získání stabilizovaného a hygienicky zabezpečeného materiálu, který již nezpůsobuje problémy při jeho konečném využití. To vše při maximálním využití energetického potenciálu organických látek zachycených v kalech za současné minimalizace "zpětného" ovlivňování biologického stupně produkty kalového hospodářství a možného využití i anorganické složky kalu. [17]

Při výběru technologie zpracování kalů je potřeba mít na zřeteli, že minimalizace bezpečnostního rizika a akceptovatelnost veřejností jsou důležitější než cena navrhované technologie. [17]

Všeobecně nejrozšířenější metodou zpracování surových kalů je anaerobní stabilizace, při níž dochází k přeměně většiny rozložitelných organických látek do bioplynu za současné stabilizace a hygienizace kalu. Anaerobní stabilizace kalů a následné využívání bioplynu v kogeneračních jednotkách je nejenom ekonomickým přínosem pro čistírnu, ale má také značný ekologický přínos z globálního hlediska – je totiž příspěvkem ke snížení "skleníkového efektu". Konečným produktem anaerobní stabilizace je vyhnílý kal, který obsahuje zbylé nerozložené organické látky a anorganický podíl, a kapalná fáze – kalová voda. [17]

2.7.1 SPALOVÁNÍ SUROVÉHO VERSUS VYHNILÉHO KALU

Odpověď na otázku, zda je výhodnější přímé spalování surového kalu nebo kalu po anaerobní stabilizaci se zohledněním přínosu samotné anaerobní stabilizace, není jednoznačná. Při hledání odpovědi je třeba brát zřetel na hledisko ekologické, ekonomické a energetické. [16]

Tab. č. 2.8-4 Porovnání výtěžnosti energie při různých procesech zpracování kalů [16]

Proces	Energie v bioplynu		Získatelná energie		Přebytek energie		
	GJ/d	%	GJ/d	%	elektrická	tepelná	přebytek energie
					GJ/d	GJ/d	%
Mezofil	708	46	623	40,4	239	217	29,6
Mezofil + spalování	708	46	884	57,3	238	477	46,5
Termofil	976	63	858	55,7	329	258	38,1
Termofil + spalování	976	63	973	66,6	329	425	48,9
Spalování SSK	0	0	463	30	116	347	30

Komentář: Výchozí hodnoty: celkové množství SSK = 100 t sušiny, výhřevnost SSK = 1 541 GJ/d, zahuštění = 8 %, odvodnění pro spalování = 30% sušiny, odvodnění po anaerobii = 36 %, SPB termofil = 0,62 Nm³/kg org. suš., SPB mezofil = 0,45 Nm³/kg org. suš., účinnost spalování = 80 %

Samotnou anaerobní stabilizaci kalu lze využít při mezofilním procesu 40,4 % a při termofilním 55,7 % z celkové energie obsažené v sušině kalu. [16]

Samostatné spalování surového kalu výrazně závisí na stupni odvodnění kalu před spalováním. Samospalitelný je kal o sušině větší než 30 % při obsahu organických látek v sušině 70 %. [16]

Porovnání spalování anaerobně stabilizovaného kalu s přímým spalováním surového kalu jednoznačně vyznívá ve prospěch prvního způsobu. Celková hmotnost stabilizovaného kalu po odvodnění na 36 % sušiny je 160 t/den o sušině 57,6 t a při spalování je třeba odstranit cca 100 t vody. Při spalování surového kalu odvodněného na 30 % sušiny bude celková hmotnost zpracovaného materiálu 333 t/den o sušině 100 t a je nutno odstranit 233 t vody. Spalovna surového kalu musí být tedy minimálně dvakrát větší než spalovna stabilizovaného kalu, přitom množství konečného produktu, popela, je v obou případech stejné. [16]

Kombinace termofilního anaerobního procesu a následné spalování stabilizovaného kalu je z ekologického a energetického hlediska výhodnější než spalování surového kalu, přičemž nebyl uvažován zisk z prodeje zelené energie. [16]

Termofilní anaerobní stabilizace s následným spalováním stabilizovaného kalu umožňuje nejefektivnější využití energie kalu. Lze takto získat až 49 % z celkové energie kalu. Při samostatném spalování surového kalu lze využít pouze 30 % celkové energie obsažené v kalu. [16]

2.7.2 ENERGETICKÝ POTENCIÁL KALU

Kal obsahuje organické látky, dusík a fosfor, a tudíž je zajímavý např. pro aplikaci v zemědělství. Chemická energie vázaná v přitékající organické hmotě je současnými technologickými uspořádáními čistíren postupně s větším či menším užitekem spotřebována. Na usazovacích nádržích zachytíme cca třetinu přitékajícího CHSK do primárního kalu, který lze následně využít na tvorbu bioplynu. Proto by mělo být z energetického hlediska v našem zájmu zachytit na usazovacích co možná nejvíce. Zatímco cca 10 % CHSK opouští čistírnu v odtoku, tak její hlavní část je pomocí heterotrofní respirace přeměněna na CO₂ a zbytek se využije na tvorbu biomasy přebytečného aktivovaného kalu. [15]

Z energetického hlediska lze využít např. palivový potenciál kalu po jeho vysušení, kdy může nahradit fosilní zdroje. Energetický potenciál kalu závisí na jeho složení a na množství vlhkosti v něm obsažené. Studie ukazují, že lze touto cestou uspořit 30 – 40 % spotřebované energie na čistírnách odpadních vod. Vysušený kal má energetický potenciál téměř 13 MJ, jak je vidět v Tab. č. 2.7.2-5, kde je srovnání s dalšími potenciálními palivy. [15]

Nahrazení uhlí jako paliva vysušeným aktivovaným kalem má i vedlejší ekologický efekt na produkce skleníkových plynů. Spalováním kalu vznikne okolo 800 g CO₂ méně na jednu vyrobenou kWh energie, přitom účinnost získávání energie z kalu v elektrárnách je srovnatelná s uhlím (38 – 40 % dle používaného termodynamického cyklu). Z legislativního pohledu je v České Republice pro podporu energetického využití čistírenských odpadů důležitá jeho klasifikace jako možného zdroje energie. Bohužel praktická aplikace vyhlášky č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobu využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, neumožňuje přímé či nepřímé využití kalů s čerpáním benefitů jako u jiných obnovitelných zdrojů energie, což je vzhledem k roční produkci čistírenských kalů v České Republice o objemu 170 869 t sušiny v roce 2012 a průměrném energetickém potenciálu 12 MJ/kg ztráta energetického potenciálu ve výši 2 TJ. [15]

Tab. č. 2.7.2-5 Energetický potenciál kalu [18]

	kCal/kg sušiny	EP v 1 kg sušiny (MJ)
kal	3200	13
dřevo	3780	16
domovní odpad	2200	9
uhlí	8000	33

2.8 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ REŠERŠE

Odpadní vody obsahují znečištění, které je určitou formou energie a můžeme ji využívat. Čištění odpadních vod na jedné straně energii spotřebovává a na druhé straně ji může i produkovat. Všeobecnou snahou v dnešní době je, aby byl tento rozdíl minimální, a snažíme se dosáhnout toho, aby čistírny odpadních vod byly soběstačné. V procesu čištění je nejvíce energie spotřebováno na čerpání a aeraci. Udává se, že spotřeba elektrické energie u rekonstruovaných čistíren se pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,85 kWh/m³, 27 – 40 kWh/EO na celou ČOV (17 – 26 kWh/EO se spotřebuje pouze na aeraci). [12]

Energie obsažená v kalu je vždy vázána na organický podíl kalu, proto je dosti velký rozdíl v energii vztaženou na sušinu kalu v případě porovnání surového a stabilizovaného kalu. V případě porovnání energetického podílu nestabilizovaného a stabilizovaného kalu není tento rozdíl tak významný. Je to způsobeno tím, že energetický obsah kalu závisí na poměrové koncentraci hlavních prvků, tj. uhlíku, vodíku a kyslíku. Energetický obsah kalu se nejčastěji vyjadřuje jako spalné teplo, resp. výhřevnost. Při energetickém využívání kalů je výhodné překlasifikovat stabilizovaný kal z odpadu na tuhé alternativní palivo. [12]

Energetické využívání kalů předpokládá použití některé z termických destruktivních metod (např. pyrolýza, zplyňování). S výhodou lze použít metody, které produkují energii ve formě plynu, popř. oleje, z těchto produktů lze vyrobit elektrickou energii s vyšší účinností než z tepelné energie. [12]

Dobře navržená ČOV po rekonstrukci obvykle neposkytuje dostatečný prostor pro snížení spotřeby elektrické energie. Proto je na ČOV vhodné se zaměřit na zvýšení produkce elektrické energie. Jednou z vyzkoušených cest je dotace extérních substrátů (kuchyňských a dalších dobře rozložitelných odpadů) do anaerobního zpracování kalu. Touto cestou lze významně zvýšit produkci bioplynu a tím i elektrické energie. Další cestou je získat další energii ze stabilizovaných kalů. Pro většinu procesů není nutné odvodněný stabilizovaný kal sušit. Sušení odvodněných kalů je ve většině případů nezbytnou předúpravou kalů před jejich konečným odstraněním tepelnou destrukcí s výjimkou spalování pouze odvodněných kalů. Sušení umožňuje diverzifikaci likvidace úsušků kalů různými metodami, takže producent usušených kalů nebude závislý pouze na jednom odběrateli. Tato „nezávislost“ je z ekonomického, technického a legislativního hlediska vítána. [12]

V souhrnu by mělo být konstatováno, že kalová koncovka by neměla být projektována a vyhodnocována samostatně, ale vždy ve vazbě na celek ČOV. Často je také dobré zvážit, zda snaha o energetickou optimalizaci již není rizikem pro zajištění trvale udržitelného stavu ČOV ve vztahu k limitům na vypouštění odpadních vod do vod povrchových. [12]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část diplomové práce je založena na vytvoření dotazníku pro možnou úsporu elektrické energie na městské ČOV a jeho vyhodnocení skrz vytvořený vyhodnocovací formulář energetického auditu na ČOV. Tento dotazník je v rámci praktické části vyplněn na vybrané čistírně odpadních vod a následně je vyhodnocen.

Do dotazníku jsou zaznamenány údaje o vlastníku a provozovateli čistírny odpadních vod, údaje o technickém stavu a ekonomice provozu. Všechny ukazatele z dotazníku jsou přehledně a podrobně popsány v kapitole 3.1 POPIS ÚDAJŮ V DOTAZNÍKU, z důvodu aby nedošlo k chybnému vyplnění údajů. Vyhodnocení je provedeno pomocí vyhodnocovacího formuláře energetického auditu na ČOV, díky kterému jsou určeny body, které mají negativní vliv na provoz ČOV.

Po vytvoření dotazníku je dotazník zaslán na vybranou ČOV (ČOV Nový Jičín), kde je vyplněn a zaslán zpět k vyhodnocení. Posléze je dotazník vyhodnocen a hodnocení s doporučením je zasláno zpět zájemci.

Dotazník pro možnou úsporu elektrické energie na městské ČOV

1) Obecné údaje o čistírně odpadních vod

1.1	Název čistírny odpadních vod		
1.2	Umístění čistírny odpadních vod		
1.3	Vlastník čistírny odpadních vod		
1.4	Provozovatel čistírny odpadních vod		
1.5	Kontaktní adresa		
1.6	Kontakt (Telefon/E-mail)	Telefon:	E-mail:

2) Základní údaje o čistírně odpadních vod a kanalizaci

2.1	Projektovaný počet EO			
2.2	Počet skutečně napojených EO			
2.3	Typ čistírny odpadních vod	<input type="checkbox"/> Mechanicko-biologická	<input type="checkbox"/> Biologická	<input type="checkbox"/> Chemická
		<input type="checkbox"/> Jiná:		
2.4	Typ kanalizace	<input type="checkbox"/> Jednotná	<input type="checkbox"/> Oddílná	<input type="checkbox"/> Kombinovaná
		<input type="checkbox"/> Gravitační		<input type="checkbox"/> Tlakové úseky
2.5	Druh vypouštěných OV	<input type="checkbox"/> Městské OV		<input type="checkbox"/> Průmyslové OV
		<input type="checkbox"/> Jiné:		
2.6	Stáří kanalizace		roky	
2.7	Materiál stokové sítě			
2.8	Množství balastních vod		%	
2.9	Poslední rekonstrukce ČOV		rok	

3) Základní údaje o způsobu čištění a nakládání s kalem

3.1	Způsob biologického čištění	<input type="checkbox"/> Aerobní		<input type="checkbox"/> Anaerobní	
3.2	Typ aktivační nádrže	<input type="checkbox"/> Přerušovaná denitrifikace		<input type="checkbox"/> R-D-N systém	
		<input type="checkbox"/> Kaskádová aktivace		<input type="checkbox"/> Oběhová aktivace	
		<input type="checkbox"/> Aktivace s anaerobním reaktorem		<input type="checkbox"/> Jiná:	
3.3	Provozní koncentrace kyslíku při nitrifikaci	mg.l ⁻¹			
3.4	Míchání VN	<input type="checkbox"/> Míchadly		<input type="checkbox"/> Bioplynem	
3.5	Zpracování kalu	<input type="checkbox"/> Psychrofilní		<input type="checkbox"/> Mezofilní	
		<input type="checkbox"/> Termofilní			
3.6	Zahuštění kalu	<input type="checkbox"/> Flotace		<input type="checkbox"/> Zahušťovací odstředivky	
		<input type="checkbox"/> Šnekové zahušťovače		<input type="checkbox"/> Rotační zahušťovače	
		<input type="checkbox"/> Jiné:			
3.7	Stabilizace kalu	<input type="checkbox"/> Aerobní		<input type="checkbox"/> Anaerobní	
3.8	Odvodňování kalu	<input type="checkbox"/> Odstředivka		<input type="checkbox"/> Kalolis	
		<input type="checkbox"/> Kalové pole		<input type="checkbox"/> Kalové laguny	
		<input type="checkbox"/> Jiné:			
3.9	Finální nakládání s kalem	<input type="checkbox"/> Skládkování		<input type="checkbox"/> Spalování	
		<input type="checkbox"/> Zakomponování do stavebních materiálů			
3.10	Produkce kalu			t/rok	
	Sušina kalu			t sušiny/rok	

4) Základní údaje o množství vypouštěných odpadních vod

4.1	Projektová kapacita ČOV	Q ₂₄ =		m ³ .den ⁻¹	Q _{max} =		m ³ .hod ⁻¹
4.2	Přítok na ČOV	Q ₂₄ =		m ³ .den ⁻¹	Q _{max} =		m ³ .hod ⁻¹
4.3	Odtok z ČOV	Q ₂₄ =		m ³ .den ⁻¹	Q _{max} =		m ³ .hod ⁻¹

5) Základní údaje o jakosti vypouštěných odpadních vod na městské ČOV

		CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]		BSK ₅ [mg.l ⁻¹]		NL [mg.l ⁻¹]		P _{celk} [mg.l ⁻¹]		N _{celk} [mg.l ⁻¹]	
		p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
5.1	Hodnoty dosahované na odtoku z ČOV										
5.2	Limity na odtoku z ČOV dle NV 23/2011										
5.3	Hodnoty dle požadavku Vodoprávního úřadu										
5.4	Skutečně vypouštěné hodnoty										

6) Objekty a strojní zařízení

Objekt na ČOV	Strojní zařízení	Popis	Řešení gravitačně	Počet provozních/ rezervních	Počet poruch za rok	Údržba strojního zařízení*	Účinnost čerpadla	Stáří zařízení*	Výkon	Příkon
				[ks]	[PP/rok]		[%]	[rok]		[kWh/ks]
6.1	Čerpací jímka	Čerpadlo OV na UN	<input type="checkbox"/>							
6.2	Usazovací nádrž	Čerpadlo surového kalu do VN	<input type="checkbox"/>							
		Čerpadlo OV	<input type="checkbox"/>							
6.3	Aktivační nádrž	Čerpadlo OV na DN	<input type="checkbox"/>							
		Čerpadlo - interní recirkulace	<input type="checkbox"/>							
		Dmyhadlo	-----				-----			
		Míchadlo	-----				-----			
6.4	Regenerační nádrž	Dmyhadlo	-----				-----			
6.5	Dosazovací nádrž	Čerpadlo VK na AN	<input type="checkbox"/>							
		Čerpadlo PK do VN	<input type="checkbox"/>							
6.6	Vyhňovací nádrž	Míchadlo	-----				-----			
		Čerpadlo	-----							
6.7	Uskladňovací nádrž	Čerpadlo	<input type="checkbox"/>							
		Dmyhadlo	-----				-----			
		Míchadlo	-----				-----			
6.8	Strojní odvodnění kalu	Odvodňovací zařízení	-----				-----			
		Čerpadlo kalu	<input type="checkbox"/>							
6.9	Další zařízení:									
* Stáří zařízení		Vypsat stáří jak provozních, tak i rezervních zařízení								
* Údržba strojního zařízení		1 dle výrobce	2 výjimečně	3 po poruše	4 nikdy					

7) Elektrická energie za rok:.....

7.1	Výroba bioplynu	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
7.2	Dávkování kalu z jiných ČOV	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
		Množství =	m ³ /rok
7.3	Spotřeba bioplynu na výrobu elektrické energie	Množství =	m ³ /rok
7.4	Spotřeba zemního plynu na výrobu elektrické energie	Množství =	m ³ /rok
7.5	Složení bioplynu	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
			Další plyny*
7.6	Kogenerační jednotka	Typ:	
		Počet =	ks
		Elektrický výkon =	kWh
		Tepelný výkon =	
		Výroba energie =	kWh/rok
7.7	Spotřeba energie ze sítě		kWh/rok
7.8	Spotřeba energie z kogenerace		kWh/rok
7.9	Celková spotřeba elektrické energie na ČOV		kWh/rok
7.10	Prodej energie cizím	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
		Množství =	kWh/rok
7.11	Zateplení vyhnívací nádrže	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
7.12	Náklady na energii		Kč/rok
7.13	Zisk za energii		Kč/rok
* Další plyny		Vypsát - například N ₂ , H ₂ , H ₂ S, atd.	

8) Řízení provozu čistírny odpadních vod

8.1	Časové řízení	<input type="checkbox"/>	Pozn.:
8.2	Kyslíková sonda	<input type="checkbox"/>	Pozn.:
8.3	Dmychadla s frekvenčním měničem	<input type="checkbox"/>	Pozn.:
8.4	Dvouotáčková dmychadla	<input type="checkbox"/>	Pozn.:
8.5	Čerpadla s frekvenčním měničem	<input type="checkbox"/>	Pozn.:
8.6	Řídicí systém	<input type="checkbox"/>	Popis:
8.7	Jiné	<input type="checkbox"/>	Popis:
		<input type="checkbox"/>	Popis:

9) Výpočtové parametry ČOV za rok:.....

9.1	Koncentrace BSK ₅ na přítoku		t/rok
9.2	Koncentrace BSK ₅ na odtoku		t/rok
9.3	Přítok odpadních vod		m ³ /rok
9.4	Odtok odpadních vod		m ³ /rok

10) Vyhodnocení energie na ČOV za rok:.....

10.1	Spotřeba elektrické energie na kg odstraněného BSK ₅		kWh/kg BSK ₅
10.2	Spotřeba elektrické energie na 1 m ³ vyčištěné OV		kWh/1 m ³ OV
10.3	Spotřeba elektrické energie na EO		kWh/EO
10.4	Je ČOV energeticky soběstačná?	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne

Seznam zkratk:

ČOV...	Čistírna odpadních vod
OV...	Odpadní voda
EO...	Ekvivalentní obyvatel
CHSK _{CR} ...	Chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným
BSK ₅ ...	Biochemická potřeba kyslíku za 5 dní
NL...	Nerozpuštěné látky
P _{celk} ...	Koncentrace fosforu
N _{celk} ...	Koncentrace dusíku
UN...	Usazovací nádrž
AN...	Aktivační nádrž
VN...	Vyhňivací nádrž
DN...	Dosazovací nádrž
PK...	Přebytečný kal
VK...	Vratný kal
CH ₄ ...	Metan
CO ₂ ...	Oxid uhličitý
N ₂ ...	Dusík
H ₂ ...	Vodík
H ₂ S...	Sirovodík

Poznámky:.....
.....
.....

3.1 POPIS ÚDAJŮ V DOTAZNÍKU

Dotazník pro možnou úsporu elektrické energie na městské ČOV obsahuje 8 částí týkajících se informací o hodnocené čistírně odpadních vod. Část 9. jsou výpočtové parametry za daný rok a část 10. se týká zkráceného vyhodnocení energie. Všechny části a jednotlivé ukazatele jsou v následujících podkapitolách podrobně popsány, aby nedošlo k chybnému vyplnění tohoto dotazníku.

3.1.1 OBECNÉ ÚDAJE O ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

- 1.1 **Název čistírny odpadních vod** – název čistírny odpadních vod, která je podnětem dotazníku.
- 1.2 **Umístění čistírny odpadních vod** – název obce, ve které je ČOV umístěna (popř. katastrální území).
- 1.3 **Vlastník čistírny odpadních vod** – právnická nebo fyzická osoba, která vlastní ČOV.
- 1.4 **Provozovatel čistírny odpadních vod** – právnická nebo fyzická osoba, která provozuje ČOV.
- 1.5 **Kontaktní adresa** – adresa osoby, které bude možno zaslat korespondenci s vyhodnocením dotazníku.
- 1.6 **Kontakt (Telefon/E-mail)** – kontakt na vedoucího pracovníka dané ČOV, z důvodu možných konzultací.

3.1.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD A KANALIZACI

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

- 2.1 **Projektovaný počet EO** – projektovaná kapacita maximálního počtu ekvivalentních obyvatel, které je možno na ČOV napojit.
- 2.2 **Počet skutečně napojených EO** – počet aktuálně napojených ekvivalentních obyvatel na ČOV.
- 2.3 **Typ čistírny odpadních vod** – označení typu dané ČOV. Jako nejčastější typy městských ČOV byly zvoleny: mechanicko-biologická, biologická a chemická. Pokud daná ČOV neodpovídá ani jedné z možností, potom se daný typ ČOV se zapíše do kolonky jiné.

Stručný popis jednotlivých typů čištění převážně používaných na městských ČOV:

Mechanicko-biologická ČOV – jedná se o nejčastěji používaný typ ČOV v ČR. Čistírna odstraní z vody v několikastupňovém procesu organické látky a chemické znečištění.

Mechanická část – odpadní voda je na čistírnu přiváděna ze stokové sítě. První mechanické překážky, které odstraní hrubé plovoucí nečistoty, jsou lapák štěrku a česle. Následuje lapák písku v kombinaci s lapákem tuků. Posledním stupněm mechanického čištění je usazovací nádrž. [20]

Biologická část – tato část probíhá v aktivačních nádržích. Principem je využití aerobních bakterií (pracujících za přítupu vzduchu), které ve svém metabolismu odstraňují 99 % organického znečištění vody. Takto zpracovaná voda vstupuje do dosazovací nádrže, kde dochází k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu. Surový i aktivovaný kal se zpracovávají ve vyhňovací nádrži. [20]

Chemické čištění OV – u některých typů odpadních vod a odpadů (zejména z průmyslové sféry) jsou biologické procesy použitelné pouze omezeně nebo vůbec ne – např. z důvodů toxicity či malé biologické rozložitelnosti přítomných polutantů, nebo prostě kvůli příliš vysokým či naopak nízkým koncentracím. V takových případech je třeba jako součást řešení zvolit některý z řady fyzikálně-chemických procesů (koagulaci, srážení, membránovou separaci, oxidační procesy, neutralizace, sorpce). [22]

2.4 Typ kanalizace – vyplňující označí typ kanalizační soustavy, pokud je soustava tvořena více typy, označí se všechny typy.

Stručný popis jednotlivých systémů stokové sítě převládajících v městských aglomeracích:

Jednotná stoková soustava – v rámci této soustavy jsou dopravovány veškeré druhy odpadních vod společnou trubní sítí směrem na ČOV. V jednotné stokové soustavě protéká při dešti stokou směs splašků a dešťových OV, jejichž množství obvykle mnohonásobně přesahuje průtok splašků. [19]

Oddílná stoková soustava – tato soustava odvádí různé druhy odpadních vod samostatnými trasami stokové sítě. V zájmovém území jsou položeny dvě i více soustav, z nichž každá je určena pro odvádění jiného druhu odpadních vod. [19]

Kombinovaná stoková soustava – vzniká např. kombinací jednotné a oddílné soustavy v rámci soustavného odvodnění jednoho urbanizovaného celku. Princip spočívá v tom, že splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami a dešťové vody mělce uloženým potrubím. [19]

Stručný popis jednotlivých způsobů dopravy OV v městských aglomeracích:

Gravitační doprava – jedná se o základní princip dopravy OV u většiny v současné době používaných stokových soustav. Průtok je převážně beztlaký o volné hladině. [19]

Tlakové úseky – tlakové odkanalizování je založeno na principu přetlaku uvnitř větevnaté či okružové trubní sítě. Dopravované splašky do systému dodávají a vnitřní přetlak vyvozuji čerpadla umístěná v čerpacích stanicích. [19]

2.5 Druh vypouštěných OV – vyplňující označí druh odpadních vod přitékajících na ČOV. Je-li druhů více, označí více možností, popřípadě vypíše další do kolonky jiné. Pokud jsou zvoleny OV průmyslové, popíše se druh závodu.

Stručný popis druhů OV v městských aglomeracích:

Městské OV – jedná se o OV vypouštěné obyvatelstvem z bytů a obytných domů. Do této kategorie spadají i OV z městské vybavenosti (školy, úřady, restaurace, hotely, apod.), které mají podobný charakter jako odpadní vody z domácností. Hodnota specifického množství splaškových vod q_{spec} se pohybuje dle lokality okolo 80 – 150 l na osobu a den. Důležité však je, že se vzrůstající cenou vodného klesá i spotřeba vody. [21]

Průmyslové OV – jsou OV vypouštěné do veřejné kanalizace z průmyslových závodů a výroben, příp. předčištěné v závodech, tj. zbavené toxických a pro provoz veřejné kanalizace a ČOV jinak škodlivých látek. Průmyslové OV obsahují OV od zaměstnanců závodu včetně OV ze závodních kuchyní a jídelen, OV srážkové, odváděné z areálu závodu, OV chladicí, OV technologické odpadající přímo z technologických procesů. Vzhledem k různým technologiím procesů průmyslových výrob nelze podat u těchto vod obecnou charakteristiku jejich kvality. [19]

Jiné – do této kategorie lze zařadit např. OV zemědělské, což jsou OV vypouštěné do veřejné kanalizace ze zemědělských závodů a chovů.

2.6 Stáří kanalizace – zapíše se stáří nejstarších úseků kanalizační sítě, které vzhledem ke svému stáří a netěsnostem umožňují vniknutí balastních vod.

2.7 Materiál stokové sítě – zapíše se převažující materiál stokové sítě. Může se jednat o beton, kameninu, PVC, litinu, zděný profil, ŽB a další materiály používané pro stokovou síť.

2.8 Množství balastních vod – zapíše se hodnota množství balastních vod jako odchylka od průměrného denního přítoku odpadních vod na ČOV.

Balastní vody – jedná se především o podzemní vody, které se dostávají netěsnostmi do kanalizace. Bohužel se dosti často jedná i o povrchové vody zaústěné do kanalizačního systému. Balastní vody mají negativní vliv, protože nařezávají splašky a odpadní vody ochlazují. [21] Dle ČSN 756401 má být přítok balastních vod co nejmenší. Přítok do čistírny s průtokem balastních vod větším než 15 % průměrného bezdeštného denního přítoku je nežádoucí. [21]

2.9 Poslední rekonstrukce ČOV – zapíše se rok poslední významné rekonstrukce a do poznámky je možno dopsat podrobnosti ohledně rekonstrukce.

3.1.3 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ZPŮSOBU ČIŠTĚNÍ A NAKLÁDÁNÍ S KALEM

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

3.1 Způsob biologického čištění – základním principem všech biologických procesů jsou biochemické oxidačně redukční reakce. [19] Vyplňující označí způsob biologického čištění, mezi možnostmi je zahrnut způsob aerobní a anaerobní.

Aerobní – při biologickém čištění odpadních vod v aerobních podmínkách se uplatňují biochemické procesy, podmíněné činností aerobních mikroorganismů, které rozkládají organické látky obsažené ve vodě (substrát) oxidačními procesy za přítomnosti molekulárního kyslíku. Konečnými produkty tohoto složitějšího procesu, jsou CO_2 , H_2O a ze substrátu obsahujícího dusík zpravidla amoniak. [19]

Anaerobní – rozklad organických látek za anaerobních podmínek je výslednicí součinnosti několika mikrobiálních skupin, jejichž metabolické procesy na sebe navazují. Produkty metabolismu jedné skupiny jsou substrátem pro skupinu další. Počátek rozkladu biopolymerů probíhá procesem hydrolyzy (účast H_2O). Fermentační stupeň rozkladu nazýváme acidogenezi. Významné postavení v procesu methanizace má kyselina octová. Procesy, které vedou k její produkci metabolismem fakultativně aerobních bakterií, se nazývají acetogeneze. Kyselina octová může vznikat již v průběhu acidogeneze. Procesy vedoucí k produkci látek, které jsou substrátem pro methanogenní bakterie, se nazývají předmethanizační fáze rozkladného procesu. [19]

3.2 Typ aktivační nádrže – aktivace je dnes nejpoužívanějším způsobem biologického čištění odpadních vod. Princip biologického čištění aktivací spočívá ve vytvoření aktivovaného kalu v provzdušňované aktivační nádrži. Aktivovaný kal je shlukem mikroorganismů, většinou bakterií, agregovaných tzv. bioflokulací. [19] Vyplňující označí jednu z možností podrobněji popsanou níže. Popřípadě se dopíše jiný typ aktivace na ČOV do kolonky jiné.

Přerušovaná denitrifikace – tento typ aktivačního procesu pracuje v jednom biologickém reaktoru o dostatečně velkém objemu. Během kontinuálního nátoky dochází k alternaci provzdušňovaných a neprovzdušňovaných period. Vzhledem k vyšší hydraulické době zdržení v systému (obvykle kolem 24 hod.) a vysoké vyrovnávací kapacitě nádrže jsou odtokové hodnoty udržovány na velmi nízkých koncentračních limitech v poměrně malém rozsahu fluktuace. [26]

Výhody:

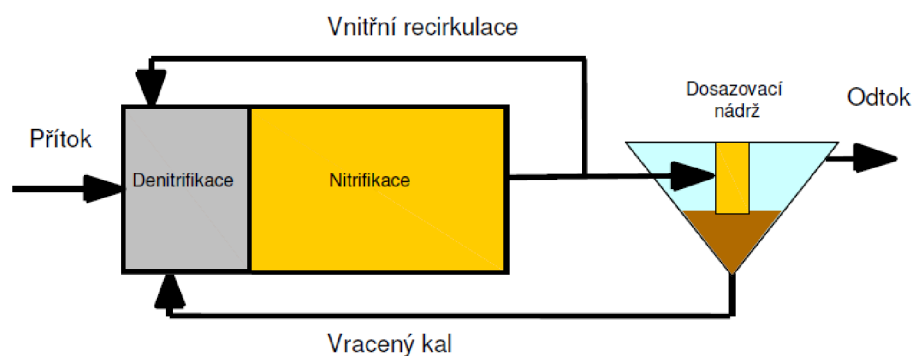
a) Systém je vysoce úsporný z hlediska nároků na energii a technologické vybavení.

Nevýhody:

- a) Systémy tohoto typu vyžadují vyšší technologickou odbornost při optimalizaci funkce a řízení.

[26]

D-N systém – aktivační nádrž je rozdělena na první denitrifikační část a následující nitrifikaci. Účinnost denitrifikace závisí na velikosti celkové recirkulace, tj. součtu velikosti recirkulace kalu a vnitřní recirkulace. [26]



Obr. č. 3.1.3-7 Blokové schéma předřazené denitrifikace [26]

Výhody:

- a) Vysoké látkové zatížení denitrifikace zvyšuje denitrifikační rychlost aktivovaného kalu a tím šetří potřebný objem denitrifikace.
- b) Převážná část organických látek se spotřebuje v denitrifikaci, takže se zmenšuje případný deficit organického substrátu.
- c) Vzhledem k vyššímu látkovému zatížení denitrifikace dochází ke koncentračnímu spádu substrátu, což omezuje sklon k bytění kalu.

Nevýhody:

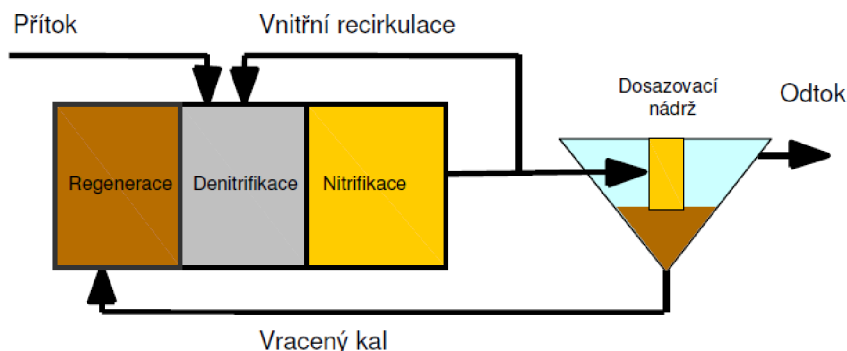
- a) Účinnost denitrifikace je omezena velikostí celkové recirkulace. Pro zvýšení účinnosti nelze z důvodu hydraulického přetížení dosazovací nádrže příliš zvyšovat velikost recirkulace vraceného kalu. Z tohoto důvodu se zvyšuje vnitřní recirkulace.

Vysoká hodnota recirkulace však:

- b) Snižuje dobu kontaktu v aktivační nádrži.
- c) Zvyšuje riziko vnosu kyslíku do denitrifikace.
- d) Zvyšuje náklady na čerpání recirkulace.

[26]

R-D-N systém – jedná se o modifikaci předřazené denitrifikace, s tím rozdílem, že vrácený kal prochází nejprve regenerací a teprve pak přichází do systému předřazené denitrifikace. Toto uspořádání má stejné výhody a nevýhody jako systém D-N, navíc má ale i další výhody. [26]



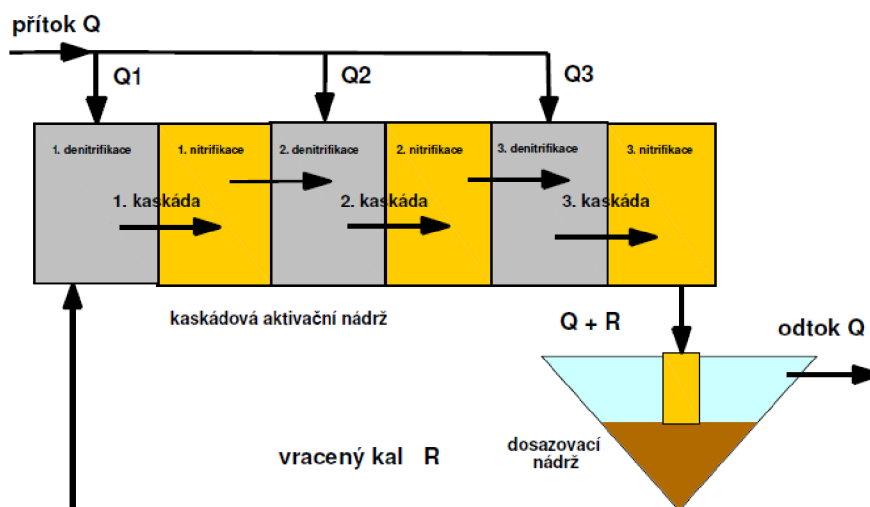
Obr. č. 3.1.3-8 Blokové schéma předřazené denitrifikace s regenerací kalu [26]

Výhody navíc proti D-N systému:

- a) Regenerační nádrž zvyšuje měrnou zásobu kalu v aktivaci, protože koncentrace kalu v regenerační nádrži je vyšší než v ostatních částech aktivační nádrže. To umožňuje v relativně malém objemu dosáhnout potřebné zásoby kalu, tj. i potřebného stáří kalu pro nitrifikaci.
- b) Aktivovaný kal je v regenerační nádrži chráněn proti nárazovému zasažení toxickou odpadní vodou nebo extrémní hodnotou pH. To zvyšuje bezpečnost provozu biologického čištění.

[26]

Kaskádová aktivace – jedná se o střídání sériově propojených denitrifikačních a nitrifikačních sekcí, přičemž vrácený kal se přivádí na začátek kaskády a odpadní voda se dělí do jednotlivých denitrifikací. [26]



Obr. č. 3.1.3-9 Blokové schéma kaskádové aktivace [26]

Výhody:

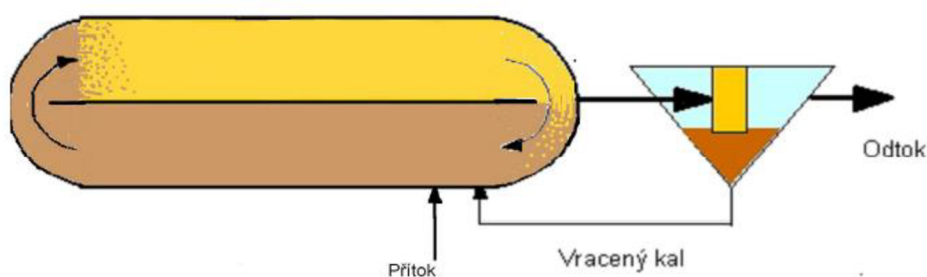
- Vysoké látkové zatížení denitrifikace zvyšuje denitrifikační rychlost aktivovaného kalu a tím šetří potřebný objem denitrifikace.
- Převážná část organických látek se spotřebuje v denitrifikaci, takže se zmenšuje případný deficit organického substrátu.
- Vzhledem k vyššímu látkovému zatížení denitrifikace dochází ke koncentračnímu spádu substrátu, což omezuje sklon k bytění kalu.
- Není potřebná vnitřní recirkulace. Pouze v případě, že je nutno dosáhnout mimořádně vysoké účinnosti denitrifikace, je vhodná vnitřní recirkulace v posledním stupni kaskády.

Nevýhody:

- Složitější rozvod odpadní vody.
- Vyšší nároky na systém rozvodu vzduchu, včetně automatizace řízení dodávky vzduchu.
- Vyšší riziko vnosu kyslíku do denitrifikace.

[26]

Oběhová aktivace – aktivační směs cirkuluje v aktivační nádrži, přičemž se zde vytváří jak oxické zóny = nitrifikace, tak i anoxické zóny = denitrifikace. [26]



Obr. č. 3.1.3-10 Blok schéma oběhové aktivace [26]

Výhody:

- Touto technologií lze dosáhnout vysoké účinnosti denitrifikace, protože se denitrifikuje převážná část vytvořených dusičnanů.

Nevýhody:

- Značná část organických látek se spotřebuje v oxické fázi čištění, takže je nelze využít pro denitrifikaci.
- Při každé změně oxických podmínek na anoxické musí být nejprve spotřebován rozpuštěný kyslík a teprve pak může začít denitrifikace. To je nutno řešit zvýšením doby kontaktu v denitrifikačních částech aktivace.

- c) Denitrifikace probíhá v koncentraci vyčištěné vody, tj. při nízké koncentraci organického substrátu, takže denitrifikační rychlost kalu je nízká, což je nutno kompenzovat zvýšením objemu aktivační nádrže.
- d) Směšovací systém aktivace podporuje růst vláknitých bakterií = bytnění aktivovaného kalu = vysoký kalový index a s tím spojené provozní problémy.

[26]

SBR proces – SBR systém (Sequencing Batch Reactor) je systém založen na principu odstraňování znečištění z odpadních vod aktivovaným kalem. Oproti klasickým kontinuálním aktivačním systémům využívá SBR proces ke kultivaci aktivovaného kalu a následně k jeho separaci od vyčištěné vody pouze jediného reaktoru – aktivační nádrže. Technologie SBR procesu se provozuje přetržitě – diskontinuálně, kdy dochází střídavě k plnění jednoho a druhého reaktoru, přičemž lze systém provozovat pouze s jedinou nádrží. [24]

Aktivace s anaerobním reaktorem – při anaerobním biologickém čištění OV se uplatňují procesy hydrolýzy, acidogeneze, acetogeneze a methanogeneze. Řízené anaerobní procesy lze s výhodou využít pro čištění OV a pro stabilizaci kalů. Proces je realizován v anaerobním reaktoru. Výkonnost anaerobního reaktoru závisí na aktivitě biomasy, množství biomasy v reaktoru, složení OV a styku biomasy se substrátem OV. Volba typu anaerobního reaktoru závisí především na druhu a složení OV, koncentraci organického znečištění i dalších látek, zejména suspendovaných a inhibujících a také na teplotě OV. [19]

Jiná – může se jednat například o oxidační příkopy, kdy jde o aktivaci s cirkulací aktivační směsi, kde je reaktorem uzavřené koryto, v němž aktivační směs cirkuluje. [25] Dále může být na moderních městských čistírnách použita alternující aktivační nádrž.

3.3 Provozní koncentrace kyslíku při nitrifikaci – zapíše se hodnota koncentrace kyslíku v aktivační nádrži. Tato koncentrace se měří kyslíkovou sondou, a pokud hodnota klesne pod požadovanou nastavenou hodnotu, tak se aktivuje aerační systém, který zpět navýší koncentraci na požadovanou hodnotu.

Kritická koncentrace rozpuštěné kyslíku, pod níž se nitrifikační procesy zastavují je cca 1 mg.l^{-1} . Doporučuje se udržovat koncentraci O_2 v aktivační nádrži kolem 2 mg.l^{-1} . [25] Na velkých městských čistírnách si provozní koncentraci nastavuje technolog čistírny a koncentrace je za pomoci kyslíkové sondy hlídána a řízena řídicím systémem na ČOV.

3.4 Míchání VN – přestože míchání zvyšuje provozní náklady na stabilizaci kalu, míchané reaktory se často navrhují, neboť zajišťují homogenní prostředí v celém objemu reaktoru, tedy dobrý kontakt biomasy s přiváděným kalem a stejnou teplotu v celém objemu nádrže. Míchání také zabraňuje tvorbě plovoucí kalové vrstvy na hladině

a sedimentaci NL na dně reaktoru. Na druhé straně se zhoršují možnosti oddělení kalové vody od stabilizovaného kalu. Míchání může být zajištěno pomocí mechanických míchadel a vrtulových čerpadel, nebo recirkulací kalu či bioplynu. [19] Vyplňující označí jednu z uvedených možností.

3.5 Zpracování kalu – proces anaerobní stabilizace kalů je velmi citlivý na změnu teploty v reaktoru. Rozmezí teplot, ve kterém je daný druh mikroorganismů schopen růst, se nazývá teplotní rozmezí. Mezi minimem a maximem teplotního rozmezí leží optimální teplota, při které mikroorganismus dosahuje maximální rychlosti růstu. Většinou se používá mezofilních a termofilních procesů. Jako hraniční teplota mezi těmito procesy se obvykle uvádí 43 – 45 °C. Při mezofilním i termofilním rozkladu probíhají stejné procesy (hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze), liší se ale teplotou a reakčními rychlostmi. [19] V Tab. č. 3.1.3-6 je uvedeno rozpětí teplot a v Tab. č. 3.1.3-7 je uvedena doba potřebná pro zpracování v závislosti na teplotě. Vyplňující označí jednu z možností popsanou v tabulkách.

Tab. č. 3.1.3-6 Rozpětí teplot pro různé způsoby zpracování kalu [27]

Typ zpracování kalu	Rozpětí teplot	Ideální teplota
psychrofilní	0-27 °C	Méně než 15 °C
mezofilní	5-50 °C	Méně než 45 °C (42 °C)
termofilní	25-70 °C	Více než 45 °C (55 °C)

Tab. č. 3.1.3-7 Doba potřebná na zpracování kalu v závislosti na teplotě [27]

Teplota °C	Mezofilní						Termofilní			
	10	16	21	26,6	32	37,8	43	49	54	60
Doba potřebná na zpracování - dny	75	56	42	30	25	24	26	16	14	18

3.6 Zahuštění kalu – zahušťování kalu má v procesech zpracování kalu mimořádnou důležitost. V převážné většině limituje investiční a provozní náklady souboru zpracování kalu a náklady na jeho likvidaci. Strojní zahušťování kalu je progresivní řešení, které najde uplatnění pro čistírny od cca 2 000 – 3 000 EO. Vhodné je zejména před anaerobním uskladněním kalu. [24] Vyplňující označí jednu z možností popsanou níže.

Flotace – jedná se o proces oddělování suspendovaných částic z vody za působení plynu. Do kalové suspenze je dodáván plyn, nejčastěji vzduch, který tvoří mikrobublinky. Ty se nabalují na kalové částice a vynášejí je k hladině, kde tak vzniká zahuštěná plovoucí vrstva – vzos (float). Vyflotovaný zahuštěný kal má charakter husté kalové pěny, která se z hladiny odebírá stíráním nebo nasáváním a je poměrně dobře odčerpátná. V praxi se používá tlaková nebo volná flotace. [19]

Zahušťovací odstředivky – používají se zejména pro zahuštění přebytečného aktivovaného kalu, u něhož lze i bez přidání koagulantu dosáhnout hodnot sušiny

4 – 6 %. Lze je také využít pro primární i terciální kal. K zahuštění je využíváno rozdílu hustoty mezi vodou a částicemi kalu. [19]

Šnekové zahušťovače – jejich principem je filtrace přiváděného kalu přes síto, přičemž dávkování flokulantu je nutnou podmínkou. Dávka flokulantu závisí na druhu kalu, typu flokulantu a zejména na průběhu koagulace před vlastní filtrací. Šnekové zahušťovače pracují na principu vynášení upraveného kalu šnekem přes statické síto, které tvoří plášť šikmo umístěného bubnu. [19]

Rotační zahušťovače – principem rotačních zahušťovačů je pohyb kalu uvnitř pomalu se otáčejícího nakloněného bubnu, jehož stěny jsou tvořeny sítím. Kal se nejdříve smíchá s flokulantem v koagulačním reaktoru, umístěným před zahušťovačem nebo přímo v něm. Takto upravený kal je přiváděn dovnitř bubnu, kde dochází k cezení vody přes bubnové síto. Získaný zahuštěný kal má běžně obsah sušiny 3 – 4 %. Výhodou je snadná obsluha i údržba a malé požadavky na prostor. [19]

Jiné – pokud výše zmíněné způsoby zahuštění neodpovídají dané čistírně, zapíše vyplňující osoba jiný způsob.

3.7 Stabilizace kalu – stupeň stabilizace kalu se chápe jako míra určitých jeho vlastností, vyjadřující vhodnost kalu pro daný způsob jeho využití. Obecně lze říci, že ve stabilizovaném kalu již neprobíhají intenzivní biologické pochody, které by způsobovaly senzorické a hygienické problémy. Stabilizovaný kal je nepáchnoucí a hygienicky nezávadný kal, který lze snadno odvodnit. [19] Vyplňující označí jednu z možností popsanou níže.

Aerobní stabilizace – probíhá v aerobních podmínkách prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické látky obsažené v surovém kalu. Používá se zejména na malých ČOV, kde jsou provozovány nízkozatížené systémy aktivace. Může probíhat ve stejné nádrži jako aktivační proces (do technologické linky ČOV není zařazena primární UN a doba zdržení se podstatně zvýší), nebo se provádí v samostatných nádržích (na větších ČOV pro stabilizaci přebytečného aktivovaného kalu nebo směsného kalu). [19]

Anaerobní stabilizace – někdy také označována jako metanizace nebo vyhnívání. Probíhá v anaerobních podmínkách prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické látky obsažené v surovém kalu. Obsah sušiny přitékajícího (většinou zahuštěného) kalu je cca 5 %, v procesu metanizace a po oddělení kalové vody se obsah sušiny zvýší na 7 – 10 %. Anaerobní stabilizace kalu probíhá ve vodotěsných a plynotěsných reaktorech – metanizačních (vyhnívacích) nádržích. Metanizace může být dvojího typu – nízkozatížená a vysokozatížená. [19]

Chemická stabilizace – chemická stabilizace spočívá ve zvýšení pH kalu na hodnotu alespoň 11,5, kdy dochází k ničení patogenních organismů (bakterií a virů), zatímco organické látky zůstanou nerozloženy. Zvýšení pH lze provést přidávkem zásady, nejčastěji oxidu vápenatého (CaO) nebo hydroxidu vápenatého (Ca(OH)₂). [19]

3.8 Odvodňování kalu – odvodňování kalu bývá zařazeno za jeho stabilizaci a slouží k dalšímu podstatnému snížení obsahu vody v kalu a tedy i celkového objemu kalu. Výsledkem odvodnění je kal s obsahem sušiny 20 – 50 %, pevné rýpatelné konzistence, se kterým je možno zacházet jako se zeminou. [19] Vyplňující označí jednu z možností popsanou níže.

Odstředivka – principem je separace pevných částic kalu odstředivou silou v rotujícím bubnu, přičemž se využívá rozdíl hustoty vody a částic kalu. Suspenze je přiváděna potrubím do otáčejícího se vnitřního bubnu, kde je usměrněna k plášti vnějšího bubnu. Jelikož na kal působí odstředivá síla otáčejícího se vnitřního bubnu (na který je navařen šnek), těžší částice jsou usazovány na povrchu vnějšího bubnu, odkud je zahuštěný kal šnekem posunován do kuželové části bubnu a následně ven z odstředivky. Vnitřní buben se šnekem se otáčí stejným směrem jako vnější buben, ale má jiné otáčky. Odstředěná kapalina (fugát) je vytlačována kontinuálně přiváděnou suspenzí přes otvory v čele bubnu do sběrače a potrubím ven z odstředivky. Získaný odvodněný kal má sušinu 20 – 25 %. [19]

Kalolis – kalolisy nebo také tlakové komorové lisy pracují na principu tlakové filtrace s přerušovaným provozem. Zařízení sestává z určitého počtu filtračních desek, které jsou obaleny filtračními plachetkami. Při plnění kalolisu se filtrační desky od sebe oddálí a vytvoří tak komory, do kterých je přiváděn stabilizovaný kal smíchaný s flokulantem. Při zapnutí tlakového režimu jsou tyto komory stlačovány, voda je filtrována přes plachetky jako tzv. filtrát a odváděna. V komorách zůstává odvodněný kal, který po uvolnění tlaku a opětovném oddálení filtračních desek odpadá gravitační silou jako tzv. kalový koláč. Odvodněný kal má obsah sušiny kalu 35 – 45 %. [19]

Pásový lis – používá se pro zahušťování a odvodňování kalu, ale pro každý z těchto procesů se používají zařízení jiných technických parametrů – typ lisu, rychlost pásu, druh a množství použitého flokulantu apod. Jedná se o tlakovou filtraci s kontinuálním provozem. Nevýhodou je poměrně nízký obsah sušiny získaného kalu. [19]

Kalové pole – kalové pole je otevřená mělká nádrž s betonovým dnem pokrytým vrstvou štěrkopísku. V této vrstvě je zabudovaná drenáž, odvádějící odseparovanou vodu z kalu. Do nádrže se pouští stabilizovaný kal ve vrstvě 20 – 40 cm, který je odvodněn jednak vsakováním vody do drenážní vrstvy a jednak výparem. Účinnost závisí na klimatu. Kal lze odvodnit na hodnoty kolem 40 % obsahu sušiny. [19]

Kalové laguny – kalové laguny jsou otevřené hlubší zemní nádrže, do nichž se napouští stabilizovaný kal o hloubce asi 0,7 – 1,5 m. Odvodnění probíhá především díky odpařování z hladiny, v menší míře se uplatňuje vsakování. Cyklus může trvat i jeden rok, odvodněný kal má obsah sušiny 25 – 30 %. [19]

Jiné – pokud výše zmíněné způsoby zahuštění neodpovídají dané čistírně, zapíše vyplňující osoba jiný způsob.

3.9 Finální nakládání s kalem – odvodněný a stabilizovaný kal je třeba nějakým způsobem z čistírny odstranit. Nejlepším řešením z hlediska ČOV je jeho další využití. [19] Vyplňující označí jednu z možností popsanou níže.

Skládkování – pro skládkování lze použít pouze kal stabilizovaný a odvodněný, aby byl jeho objem minimalizován. Někdy se kal před skládkováním spaluje. Skládkování se provádí např. na skládkách komunálního odpadu, kal však musí vyhovovat všem legislativním požadavkům. [19]

Spalování – před spalováním je kal odvodňován, často sušením. Spalování je často efektivní metodou finální likvidace kalu, zejména pro kaly obsahující vysoký podíl organických látek. Organická hmota je oxidována na CO_2 a H_2O a voda je vypařena. Patogeny jsou při vysokých teplotách zničeny. Objem kalu se výrazně zmenší a popel bývá skládkován. [19]

Zakomponování do stavebních materiálů – některé kaly je možno v omezeném množství přidat do různých materiálů, zejména cihel a cementu. Vhodně upravený kal s vysokým obsahem hydroxidů těžkých kovů je možno přidávat do materiálu pro výrobu cihel. Provádí se také spalování kalu v rotačních cementářských pecích. [19]

Jiné – mezi další způsoby finálního nakládání s kalem lze zařadit např. výrobu průmyslových hnojiv nebo využívání v zemědělství.

3.10 Produkce kalu, produkce kalu v sušině – uvede se produkce kalu a sušiny kalu během jednoho roku v tunách.

3.1.4 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÝCH ODPADNCH VOD

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

4.1 Projektovaná kapacita ČOV – množství odpadních vod, na které je ČOV dimenzována dle projektu, vyplní se hodnoty průměrného denního průtoku (Q_{24} [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]) a maximálního hodinového průtoku (Q_{\max} [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]).

4.2 Přítok na ČOV – množství odpadních vod, které přitéká na ČOV, vyplní se hodnoty průměrného denního průtoku (Q_{24} [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]) a maximálního hodinového průtoku (Q_{\max} [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]).

4.3 Odtok z ČOV – množství odpadních vod, které vytékají z ČOV, vyplní se hodnoty průměrného denního průtoku (Q_{24} [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]) a maximálního hodinového průtoku (Q_{\max} [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]).

3.1.5 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O JAKOSTI VYPOUŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD NA MĚSTSKÉ ČOV

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

5.1 Hodnoty dosahované na odtoku z ČOV – zapíše se navrhované přípustné a maximální hodnoty znečištění v mg.l^{-1} , které jsou obsaženy ve vyčištěné odpadní vodě.

5.2 Limity na odtoku z ČOV dle NV 23/2011 – opíše se přípustné a maximální hodnoty znečištění dle Nařízení vlády č. 23/2011, pro čistírnu odpadních vod dle počtu ekvivalentních obyvatel. V Tab. č. 3.1.5-8 jsou uvedeny hodnoty, které vyplňující vypíše do tabulky, více informací je uvedeno v Nařízení vlády č. 23/2011.

Tab. č. 3.1.5-8 Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m), a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l [30]

Kategorie ČOV (EO) ^{1) 7)}	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk} ^{2), 8), 9)}		P _{celk} ⁹⁾	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
< 500 ¹¹⁾	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 ^{40 9)}	8 ^{40 9)}
10 001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

5.3 Hodnoty dle požadavku Vodoprávního úřadu – pokud jsou Vodoprávním úřadem stanoveny jiné limity pro vypouštěné OV, zapíše se přípustné a maximální hodnoty stanovené tímto úřadem.

5.4 Skutečně vypouštěné hodnoty – pro přehlednost a úplnost se zapíše hodnoty skutečně vypouštěného znečištění odpadních vod z ČOV.

3.1.6 OBJEKTY A STROJNÍ ZAŘÍZENÍ

Tato část dotazníku je zaměřena na objekty a strojní zařízení na ČOV. Ke každému objektu na ČOV byli vybráni hlavní spotřebitelé energie. U každého zařízení spotřebovávající elektrickou energii se vyplní několik údajů, které následně poslouží jako kritérium k vyhodnocení energetické náročnosti. V kolonce další může vyplňující osoba doplnit další zařízení, které se významně podílí na spotřebě elektrické energie na ČOV.

Jako hodnotící kritéria byly zvoleny:

3.1.6.1 Řešení gravitačně – pokud se čerpadlo, které je vypsáno v dotazníku na ČOV nenachází a nedochází k čerpání, stačí zaškrtnout kolonku „řešeno gravitačně“, tudíž se nemusí další údaje vyplňovat.

3.1.6.2 Počet provozních/rezervních – zapíše se počet provozních a rezervních zařízení.

3.1.6.3 Počet poruch za rok – zapíše se počet poruch za rok u jednotlivých zařízení. Údaj je důležitý zejména pro to, aby byly nalezeny zařízení, které mají zvýšenou poruchovost, tudíž nepracují v optimálním režimu a jsou neefektivní pro provoz ČOV.

3.1.6.4 Údržba strojního zařízení – zapíše se číslo, které znamená, kdy je prováděna údržba daného strojního zařízení. 1 – údržba prováděna dle zadání výrobcem, 2 – údržba prováděna výjimečně, 3 – údržba prováděna po poruše a 4 – údržba není prováděna vůbec.

3.1.6.5 Účinnost čerpadla – zapíše se procentuální účinnost čerpadla vycházející z křivky účinnosti a charakteristik daného čerpadla. Tímto údajem se zjistí, zda čerpadla pracují v optimálním režimu.

3.1.6.6 Stáří zařízení – zapíše se počet let provozu daného zařízení na ČOV. Vypíše se stáří jak provozních, tak i rezervních zařízení. Počet let se zapíše ve tvaru X-X/X [rok], kde X znamená stáří zařízení, roky před lomítkem jsou stáří zařízení provozních a za lomítkem jsou zařízení rezervní. (např., 2-3/1, znamená, že je jedno provozní čerpadlo staré 2 roky, druhé provozní čerpadlo staré 3 roky a jedno rezervní čerpadlo staré 1 rok.).

3.1.6.7 Výkon – zapíše se výkon daného zařízení.

3.1.6.8 Příkon – zapíše se spotřeba elektrické energie daného zařízení za rok v kWh.

Charakteristika jednotlivých objektů na ČOV:

6.1 Čerpací stanice – čerpací stanice nemusí být nutně hned na začátku hlavní technologické linky. Běžné jsou čerpací stanice v průběhu technologie, např. hrubé předčištění včetně sedimentace a odlehčení do dešťové zdrže je vybudováno jako gravitační část ČOV a pak následuje čerpací stanice a biologická část ČOV.

Rozdělení navrhování čerpacích stanic:

- **Šnekové** – jsou vhodné v případech, kdy čerpáme velké množství kapaliny do relativně malé výtlačné výšky (cca 10 m).
- **S odstředivými čerpadly** (suchá nebo mokrá jímka) – čerpací stanici tvoří podzemní jímka členěná na mokrou (sací) a suchou, ve které jsou čerpadla a část trubních rozvodů. V případě použití ponorných čerpadel je v tělese čerpací stanice pouze mokrá jímka. Dno jímky musí být vyspádováno k čerpadlu. V nadzemní části ČS je rozvodna, případně u větších ČS strojovna vzduchotechniky a místnost obsluhy.

[24]

6.2 Usazovací nádrž – mechanické předčištění OV usazováním patří k nejrozšířenějším separačním procesům. Odstranění usaditelných a plovoucích látek, včetně tuků a pěn chrání další čistírenské procesy, snižuje zbytkové znečištění a v neposlední řadě zlepšuje estetické vlastnosti odtoku z čistírny. Pro čerpání kalu z UN se obvykle používají odstředivá čerpadla v mokřím i suchém provedení. V suchých jímkách se doporučuje čerpadla umístit tak, aby kal k čerpadlu přitékal samospádem. Během čerpání by měla být hladina kalu alespoň 0,5 m nad čerpadlem. Čerpání kalu z UN je

obvykle přerušovaný proces. [24] Odtok z usazovacích nádrží na biologickou část je většinou řešen gravitačně, výjimečně mohou být použita čerpadla.

6.3 Aktivační nádrž – aktivační nádrže jsou v aerobních zónách vybaveny aeračním zařízením a v anoxických anaerobních zónách míchadly. Čistírny s instalovaným řídicím a monitorovacím systémem mají v aktivaci instalovány zařízení pro měření množství vzduchu dodávaného do systému a přístroje pro měření koncentrace rozpuštěného kyslíku v oxických zónách. Aerační systém sestává z dmýchárny a vlastního aeračního systému instalovaného na dně aktivace. [24] Obsah nádrží se provzdušňuje stlačeným vzduchem (pneumatická aerace), mechanickými aerátory (mechanická aerace), ejektory a injektory (hydropneumatická aerace) nebo kombinací několika zařízení). [19]

Při pneumatické aeraci se vzduch do aktivačních nádrží dodává kompresory, turbodmychadly nebo ventilátory. **Dmýchárna** bývá vybavena několika dmychadly (několik provozních + záložní), které se u moderních čistíren řídí frekvenčními měniči dle aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku v oxické nádrži aktivace. Dmychadla jsou objemové stroje, které se nesmějí spouštět při uzavřených ventilech na výtlačném potrubí dmychadla. [19]

Mechanické aerátory dělíme na aerátory s osou horizontální (aerační válce) a na aerátory s osou vertikální (aerační turbíny). Obě skupiny se dále dělí na povrchové a ponořené aerátory. [19]

Hydropneumatický aerátor se skládá z ponorného čerpadla a směšovací komory, ve které dochází ke smísení proudu vody a přisátého vzduchu. Voda dodávána čerpadlem protéká přes speciální trysku, za kterou se vytváří podtlak, a tím dochází k přisátí vzduchu (princip vodní vývěvy). Ten je pak smísen s protékající vodou. [19]

Kombinovaná aerace se významně rozšířila v souvislosti s používáním hlubokých oběhových aktivačních nádrží. Skládá se buď z povrchového aerátoru a horizontálního ponorného míchadla, nebo z jemnobublinného aeračního roštu a horizontálního ponorného míchadla. [19]

Míchadla se instalují v neprovzdušňovaných zónách aktivace (denitrifikace, anoxické nádrže) k udržení aktivační směsi ve vlnosu. [24]

6.4 Regenerační nádrž – jsou jimi vybaveny některé nádrže nebo je pro tento proces vyčleněna část aktivačního reaktoru. Regenerace spočívá v aeraci vratného kalu před jeho vstupem do aktivační nádrže. Regenerace má mimo jiné význam ve vytvoření větší zásoby aktivovaného kalu, neboť koncentrace vratného kalu je větší než koncentrace kalu v aktivační nádrži. [25]

6.5 Dosazovací nádrž – dosazovací nádrže jsou nezbytnou součástí kontinuálně provozovaných systémů s aktivovaným kalem. Jejich hlavní funkcí je separovat aktivovaný kal od vyčištěné vody. Dále mají funkci zahušťování separovaného kalu

tak, aby bylo možné recirkulovat. Také akumulují aktivovaný kal při nárazovém hydraulickém zatížení biologického stupně, kdy je aktivovaný kal z aktivačních nádrží vyplavován. Nádrže se dělí na 3 základní typy: kruhové, pravoúhlé a vertikální. [19] Pro čerpání kalu z DN se obvykle používají odstředivá čerpadla. Odtok z nádrží je většinou řešen gravitačně.

6.6 Vyhnivací nádrž – vyhnivací (metanizační) nádrže slouží zejména k anaerobní stabilizaci čistírenských kalů. Dochází v nich k rozkladu organických látek obsažených v kalu za vzniku bioplynu. Ve vyhnivací nádrži se udržuje konstantní procesní teplota a obsah nádrže musí být dokonale homogenizován mícháním. [28] Míchání může být zajištěno pomocí mechanických míchadel a vrtulových čerpadel, nebo recirkulací kalu či bioplynu. [19] Vyhnivací nádrže bývají válcového tvaru s plochým nebo kuželovým dnem a jsou uzavřeny pevným stropem nebo plynojemem. Technologické vystrojení bývá uzpůsobeno druhu míchání. Musí být zajištěny armatury pro případný ohřev kalu, pro přívod surového kalu, pro odtah vyhnílého kalu, havarijní přepad a víko s technologickým vybavením. [28]

6.7 Uskladňovací nádrž – v uskladňovacích nádržích je shromažďován stabilizovaný kal z vyhnivacích nádrží. Nádrže slouží k vyrovnání výkyvů mezi produkcí a zpracováním stabilizovaného kalu. Ukončují se zde metanizační procesy, kal se v nich zahušťuje a odděluje od vrstev kalové vody, kterou lze odčerpat. Uskladňovací nádrž je otevřená nádrž válcového tvaru s plochým dnem. Základním technologickým vybavením jsou kalová potrubí, armatury pro přívod a odtah kalu a potrubí havarijního přepadu. Uskladňovací nádrž může být vystrojena vrtulovým míchadlem pro mechanické míchání nebo vzduchovým potrubím pro pneumatické míchání kalu, příp. oběma. Rovněž může být vystrojena zařízením pro odtah stratifikované kalové vody. Uskladňovací nádrže mají buď vlastní strojovnu, nebo jsou napojeny na strojovnu vyhnívání. Ve strojovně jsou kalová čerpadla, potrubí, armatury a měření pro zajištění bezchybné funkce. [28]

6.8 Strojní odvodnění kalu – odvodnění kalu má také význam na spotřebu elektrické energie, proto je důležité zařadit strojní zařízení do tohoto dotazníku.

6.9 Další – do těchto kolonek zapíše vyplňující osoba další strojní zařízení, které není výše zmíněno a je zřejmé, že má vliv na celkovou spotřebu elektrické energie na ČOV.

3.1.7 ELEKTRICKÁ ENERGIE

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

7.1 Výroba bioplynu – vyplňující označí možnost ano, pokud je na ČOV vyráběn bioplyn a zapíše množství v m^3 za rok, v opačném případě označí možnost ne.

Produkce závisí především na složení bioplynu, viz níže. Dále produkce bioplynu závisí na době zdržení a teplotě, tedy faktorech určujících rychlost rozkladu. Množství uvolněného bioplynu bývá na městské ČOV 0,4 – 0,5 m^3 na 1 kg přivedené organické

hmoty. Podle množství získané energie se používá k vyhřívání stabilizačních nádrží, vytápění provozních budov, výrobě teplé vody, elektrické energie v kogeneračních jednotkách, sušení, apod. Případné přebytky bioplynu se spalují. [19]

7.2 Dávkování kalu z jiných ČOV – vyplňující označí možnost ano, pokud je na ČOV dávkován kal z jiných ČOV (bez dávkování kalu by byla produkce bioplynu nižší) a doplní množství v m^3 za rok. Pokud není dávkován kal z jiných ČOV, označí se možnost ne (produkce bioplynu je pouze z dané ČOV).

7.3 Spotřeba bioplynu na výrobu elektrické energie – zapíše se množství bioplynu, které je spotřebováno na výrobu elektrické energie za rok v m^3 .

7.4 Spotřeba zemního plynu na výrobu elektrické energie – vzhledem k možným výpadkům energie, je bioplyn při výrobě elektrické energie nahrazen zemním plynem. Zapíše se množství zemního plynu, které je spotřebováno na výrobu elektrické energie za rok v m^3 .

7.5 Složení bioplynu – do kolonek se zapíše procentuální zastoupení jednotlivých složek bioplynu. Produkce bioplynu závisí především na složení přiváděného kalu, při jehož stabilizaci je bioplyn uvolňován. Obsahuje 60 – 70 % metanu CH_4 , 30 – 35 % oxidu uhličitého CO_2 , a dále malá množství vody, sulfanu H_2S (cca 0,1 %), N_2 , amoniaku, mastných kyselin, atd. Hlavními složkami bioplynu jsou tedy metan a oxid uhličitý. Oba tyto plyny se od sebe oddělují jen těžce a oba jsou nezapáchavé – zápach bioplynu způsobuje sulfan. [19]

7.6 Kogenerační jednotka – kogenerace je vysoce účinná decentralizovaná výroba tepla a elektrické energie. Vyrobena elektrická i tepelná energie jsou v kogeneraci efektivně využity a vzniká tak úspora oproti běžným zdrojům. Kombinovaná výroba efektivně využívá energii z paliva s minimálními ztrátami a navíc s velmi nízkou úrovní emisí. [35] Vyplňující doplní typ, počet kusů, tepelný a elektrický výkon a výrobu energie za vyhodnocovaný rok.

7.7 Spotřeba energie ze sítě – zapíše se množství spotřebované elektrické energie využitě ze sítě v kWh za rok.

7.8 Spotřeba energie z kogenerace – jelikož městské ČOV mohou díky kogenerační jednotce elektrickou energii i vyrábět, zapíše se zde množství elektrické energie v kWh za rok, které bylo na ČOV vyrobeno a následně je spotřebováno.

7.9 Celková spotřeba elektrické energie na ČOV – zapíše se celková spotřeba elektrické energie na ČOV za rok v kWh. Jedná se o součet spotřebované energie ze sítě a vyrobené na ČOV z kogenerační jednotky.

Nejvíce energie spotřebuje čistírna na provzdušňování. Většinou není spotřeba elektrické energie na provzdušňování vyšší jak 50 %. Spotřeba elektrické energie také silně závisí na technologickém uspořádání ČOV a na velikosti znečištění odpadních vod. [1]

7.10 Prodej energie cizím – označí se, zda-li se energie prodává jiným odběratelům či ne. Pokud ano, dopíše se množství v kWh/rok.

7.11 Zateplení vyhřívací nádrže – označí se, jestli jsou vyhřívací nádrže zateplené, či ne. Údaj je podstatný z hlediska ztrát energie na zahřívání nádrží.

7.12 Náklady na energii – zapíše se cena za nákup elektrické energie za rok v Kč.

7.13 Zisk za energie – zapíše se finanční hodnota zisku za prodej energie za rok v Kč.

3.1.8 ŘÍZENÍ PROVOZU ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

8.1 Časové řízení – jde o základní řízení procesu nitrifikace a denitrifikace v aktivační nádrži. Díky časovému řízení, spínač v určitých intervalech zapíná a vypíná dmyhadla. Jelikož je systém řízen pouze časově, tak neefektivně reaguje na koncentrace kyslíku v AN. Na moderních městských ČOV se již tento systém většinou stal minulostí.

8.2 Kyslíková sonda – kyslíkové elektrody slouží ke stanovení aktuální hodnoty koncentrace kyslíku. Pro správné fungování ČOV jsou kyslíkové sondy velmi důležité a jsou instalovány v aktivačních nádržích. Kyslíkové sondy jsou osazeny v nádržích, kde probíhá proces nitrifikace, a jsou nastaveny na požadovanou hodnotu množství rozpuštěného kyslíku. Pokud množství rozpuštěného kyslíku v nádrži klesne pod požadovanou úroveň, sonda sepne dmyhadla a začne proces provzdušňování. Normou stanovená hodnota je okolo 2 mg/l, ale na velkých čistírnách si množství rozpuštěného kyslíku stanovuje technolog čistírny.

8.3 Dmyhadla s frekvenčním měničem – integrovaný frekvenční měnič výrazně zvyšuje výkon a flexibilitu dmyhadel s bočním kanálem. Je možné nastavit přesný požadovaný výkon dle požadavku zákazníka jak v ručním, tak i v plně automatickém režimu. Patentovaný inteligentní kontrolní systém udržuje tlak a objemový průtok konstantní a zjišťuje stabilní provoz. Zařízení jsou vybavena ochrannými funkcemi, jakými jsou například snímání teploty, proudů a nemusí být vybavena bezpečnostními ventily. Regulací otáček je trvale snížena hladina hluku na nejnižší úroveň a v součinnosti s integrovanými tlumiči nejsou nutná další protihluková opatření. [31]

8.4 Dvouotáčková dmyhadla – dmyhadlo slouží jako vlastní zdroj přetlaku (podtlaku). Jedná se o dmyhadlo s trojzubými rotačními písty (rotory). Hřídele rotačních pístů jsou uloženy ve valivých ložiskách a vzájemnou polohu rotorů zabezpečuje ozubené soukolí. Sací a výtlačná příruba dmyhadla je napojená na sací a výtlačnou část soustrojí, vstupní hřídel na pohonnou jednotku. [32]

8.5 Čerpadla s frekvenčním měničem – ve většině provozních aplikací, v nichž potřeba čerpacího výkonu v průběhu dne nebo v jednotlivých ročních obdobích kolísá, lze dosáhnout významných energetických úspor regulací otáček čerpadla podle

okamžitých provozních požadavků. Otáčky čerpadla reguluje frekvenční měnič tak, aby odpovídaly aktuálnímu průtoku čerpané kapaliny a aktuálním požadavkům na provoz, aby nikdy nedocházelo ke zbytečným ztrátám energie. Výsledkem takového režimu mohou být až 50 % energetické úspory. Tuto nespornou výhodu násobí ještě jednoduchá a rychlá instalace, jakož i bezproblémové a rychlé uvedení do provozu, což dále přispívá k redukci výše celkových nákladů na dobu životnosti čerpadla. [33]

8.6 Řídicí systém – čistírny jsou opatřeny řídicí jednotkou, která okamžitě reaguje na měnící se přítok odpadních vod a podle skutečného zatížení upravuje čistící cyklus, čímž je zajištěno, jak navýšení případné hydraulické kapacity v případě deště, tak snížení výkonu, šetření energie a regenerování kalu v případě nižšího nátku. Řídicí jednotka je uzpůsobena dálkovému přenosu dat a může být ovládána z dispečerského centra. [34] Snížení provozních nákladů na provoz ČOV lze dosáhnout použitím regulačních systémů. Jedná se například o systém AQUALOGIC® a ENERLOGIC®. Tyto řídicí systémy jsou založeny na principu Fuzzy-Logic od firmy Passavant-Intech.

8.7 Jiné – do této kolonky zapíše vyplňující osoba jakékoli jiné sdělení, které se zdá být důležité popřípadě potřebné pro vyhodnocení dotazníku.

3.1.9 VÝPOČTOVÉ PARAMETRY ČOV

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

9.1 Koncentrace BSK₅ na přítoku – zapíše se koncentrace BSK₅ v OV na přítoku na ČOV v tunách za rok.

Biochemická spotřeba kyslíku je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek. Slouží tedy jako nepřímý ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. Nejběžnější standardizovanou metodou používanou po celém světě je BSK₅, při které se stanoví biochemická spotřeba kyslíku zředovací metodou v průběhu 5 dnů, za anaerobních podmínek a při teplotě 20 °C. [11]

9.2 Koncentrace BSK₅ na odtoku – zapíše se koncentrace BSK₅ v OV na odtoku z ČOV v tunách za rok. Údaj poslouží, abychom mohli jednoduchým odečtem (přítok BSK₅ – odtok BSK₅) zjistit odbourané množství BSK₅ na ČOV a následně spočítat spotřebu elektrické energie v kWh na kg odstraněného BSK₅.

9.3 Přítok odpadních vod – zapíše se skutečná hodnota součtu přítoku z každého dne v roce, tedy hodnota přítoku odpadních vod v m³ za rok.

9.4 Odtok odpadních vod – zapíše se skutečná hodnota součtu odtoku z každého dne v roce, tedy hodnota odtoku odpadních vod v m³ za rok. Údaj poslouží, abychom mohli jednoduchým odečtem (přítok – odtok) zjistit vyčištěné množství OV na ČOV a následně spočítat spotřebu elektrické energie v kWh na m³ vyčištěné OV.

3.1.10 VYHODNOCENÍ ENERGIE NA ČOV

Do hodnotících kritérií byly zařazeny následující údaje:

- 10.1 Spotřeba elektrické energie na kg odstraněného BSK₅** – zapíše se hodnota spotřeby elektrické energie, která je spotřebována na odstranění 1 kg BSK₅. Hodnota se vypočte jednoduchým podílem celkové spotřeby elektrické energie a odstraněným znečištěním ve formě BSK₅.
- 10.2 Spotřeba elektrické energie na 1 m³ vyčištěné OV** – zapíše se hodnota spotřeby elektrické energie, která je spotřebována na vyčištění 1 m³ odpadní vody. Hodnota se vypočte jednoduchým podílem celkové spotřeby elektrické energie a objemem odpadní vody.
- 10.3 Spotřeba elektrické energie na EO** – zapíše se hodnota spotřeby elektrické energie na jednoho ekvivalentního obyvatele. Hodnota se vypočte jednoduchým podílem celkové spotřeby elektrické energie a skutečným počtem ekvivalentních obyvatel připojených na ČOV.
- 10.4 Je ČOV energeticky soběstačná?** – označí se, jestli je ČOV soběstačná. ČOV je soběstačná na 100 % tehdy, když není závislá na příjmu energie ze sítě a výroba energie z kogenerační jednotky pokryje celkovou spotřebu elektrické energie na ČOV. V lepším případě může ČOV energii i prodávat.

3.2 VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU PRO MOŽNOU ÚSPORU ELEKTRICKÉ ENERGIE NA MĚSTSKÉ ČOV

Jako hlavní ukazatele pro vyhodnocení možné úspory elektrické energie na ČOV jsou zvoleny údaje z kapitoly 9 dotazníku – ukazatele o ekonomických údajích, konkrétněji jde o spotřebu elektrické energie na kg odstraněného BSK₅. Dle tohoto ukazatele je ČOV zařazena do **kategorie 1 – 4**. Pro zpřesnění vyhodnocení a hledání negativních vlivů na provoz ČOV jsou důležité i pomocné a doplňující ukazatele. Jako pomocné ukazatele jsou vybrány údaje z kapitol 6, 7 a 8 dotazníku. Jedná se o údaje o objektech a strojním zařízení, údaje o elektrické energii a údaje o řízení provozu čistírny odpadních vod. Z 2. kapitoly dotazníku jsou vybrány doplňující ukazatele, jedná se o údaje o kanalizaci a ČOV.

Údaje zvolené pro vyhodnocení dotazníku se vyhodnotí pomocí vyhodnocovacího formuláře energetického auditu čistíren odpadních vod. V daném formuláři jsou vypsány kritéria hodnocení. Každému kritériu přísluší ohodnocení. Rozmezí ohodnocení je 1 – 4, hodnota **1 je nejlepší a hodnota 4 nejhorší**. Číslování ukazatelů je shodné s číslováním v energetickém dotazníku, aby nedošlo k nepřesnému vyhodnocení. U každého ukazatele je zapsána jednotka a stanovení ukazatele. Jednotka slouží k tomu, aby nedošlo k vyplnění kolonky hodnotou jiného ukazatele v jiných jednotkách. Kolonka stanovení slouží pro upřesnění, zda je technický ukazatel stanoven pomocí výpočtu (V), měření (M), anebo

pouhou instalací zařízení (I). Každý z vypsanych ukazatelů na sebe váže další ukazatele, a proto je nutné vše vyplňovat správně a pečlivě. Po zapsání údajů do vyhodnocovacího formuláře zjistíme, které ukazatele mají špatné hodnocení, a mohou negativně ovlivňovat spotřebu elektrické energie na ČOV.

Hodnocení jednotlivých ukazatelů (pomocných a doplňujících) je provedeno jednoduchým aritmetickým průměrem. Celkové hodnocení čistírny je provedeno zařazením ČOV do kategorie skrz spotřebu elektrické energie na kg odstraněného BSK₅. Závěrem celého vyhodnocení energetického auditu čistíren odpadních vod je vystavení formuláře o „**Celkovém zhodnocení ČOV**“, kde může provozovatel vidět, jak byla ČOV zhodnocena a nakonec je sepsáno krátké doporučení k jednotlivým ukazatelům.

HLAVNÍ UKAZATELE PRO VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU

Jako hlavní ukazatele pro vyhodnocení byly zvoleny vypočtené (V) ukazatele o ekonomických údajích ČOV.

Tab. č. 3.2-9 Technické ukazatele o ekonomických údajích

Dílčí údaje	Popis	Jednotka	Stanovení
TU 10.1	Spotřeba elektrické energie na kg odstraněného BSK ₅	[kWh/kg BSK ₅]	V

POMOCNÉ UKAZATELE PRO VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU

Jako pomocné ukazatele byly zvoleny údaje o objektech a strojním zařízení, údaje o elektrické energii a údaje o řízení provozu ČOV. Způsob stanovení jednotlivých ukazatelů je instalací zařízení (I) nebo měřením (M).

Tab. č. 3.2-10 Technické ukazatele pro údaje o objektech a strojním zařízení

Dílčí údaje	Popis	Jednotka	Stanovení
TU 6.1	Čerpací jímka	[-]	I
TU 6.2	Usazovací nádrž	[-]	I
TU 6.3	Aktivační nádrž	[-]	I
TU 6.4	Regenerační nádrž	[-]	I
TU 6.5	Dosazovací nádrž	[-]	I
TU 6.6	Vyhnivací nádrž	[-]	I
TU 6.7	Uskladňovací nádrž	[-]	I
TU 6.8	Strojní odvodnění kalu	[-]	I
TU 6.9	Další	[-]	I

Tab. č. 3.2-11 Technické ukazatele pro údaje o elektrické energii

Dílčí údaje	Popis	Jednotka	Stanovení
TU 7.1	Výroba bioplynu	[-]	I
TU 7.2	Dávkování kalu z jiných ČOV	[-]	I
TU 7.3	Specifická produkce el. energie (na m ³ bioplynu)	[kWh/ m ³]	M
TU 7.6	Kogenerační jednotka - výroba elektrické energie	[kWh/kg sušiny]	I
TU 7.12	Zateplení vyhnivací nádrže	[-]	I

Tab. č. 3.2-12 Technické ukazatele pro údaje o řízení provozu čistírny odpadních vod

Dílčí údaje	Popis	Jednotka	Stanovení
TU 8.1	Časové řízení	[-]	I
TU 8.2	Kyslíková sonda	[-]	I
TU 8.3	Dmyhadla s frekvenčním měničem	[-]	I
TU 8.4	Dvouotáčková dmyhadla	[-]	I
TU 8.5	Čerpadla s frekvenčním měničem	[-]	I
TU 8.6	Řídicí systém	[-]	I

DOPLŇUJÍCÍ UKAZATELE PRO VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU

Jako doplňující ukazatele byly vybrány údaje o kanalizaci a ČOV, jejichž způsob stanovení je instalací zařízení (I) nebo měřením (M).

Tab. č. 3.2-13 Technické ukazatele pro vybrané údaje o kanalizaci a ČOV

Dílčí údaje	Popis	Jednotka	Stanovení
TU 2.4	Typ kanalizace	[-]	I
TU 2.6	Stáří kanalizace	[rok]	I
TU 2.7	Materiál stokové sítě	[-]	I
TU 2.8	Množství balastních vod	[%]	M
TU 2.9	Poslední rekonstrukce	[rok]	I

3.2.1 VYHODNOCOVACÍ FORMULÁŘ ENERGETICKÉHO AUDITU ČOV

Hodnocení ve vyhodnocovacím formuláři probíhá tak, že je vybráno ohodnocení 1 až 4 dle odpovědí vyplněných v dotazníku pro možnou úsporu elektrické energie. Do sloupce „Hodnocení“ se zapíše toto vybrané ohodnocení a na základě tohoto se zjistí, které ukazatele nesplňují požadované parametry. Ke každému dílčímu údaji v technickém ukazateli je připsána jednotka, aby nedošlo k záměně a vyplnění do jiné kolonky, čímž by došlo k chybě.

Popis jednotlivých hodnocení:

Hodnocení 1 – „Velmi dobrý stav“ nevyžaduje v horizontu cca 5 – 10 let žádnou změnu, ale po 10 letech by bylo vhodné opět provést vyhodnocení.

Hodnocení 2 – „Dobry stav“ také nevyžaduje žádnou změnu v řádu 3 – 5 let, ale je doporučeno zařízení věnovat pozornost a po cca 5 letech provést opět vyhodnocení.

Hodnocení 3 – „Špatný stav“ vyžaduje zvýšenou pozornost a následně řešení do cca 3 let.

Hodnocení 4 – „Stav velmi špatný“ vyžaduje akutní nápravu do 1 roku.

Následující část práce obsahuje vyhodnocovací formuláře energetického auditu ČOV.

Vyhodnocovací formulář energetického auditu ČOV

2) Základní údaje o čistírně odpadních vod a kanalizaci

Technické ukazatele pro vybrané údaje o kanalizaci a ČOV

TU	Vybrané údaje o kanalizaci a ČOV	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
		1	2	3	4		
2.4	Typ kanalizace						[-]
2.6	Poměr stáří kanalizace	< 0,35	0,36 - 0,65	0,66 - 0,90	> 0,91		[-]
2.8	Množství balastních vod	< 10	11 - 15	16 - 20	> 21		[%]
2.9	Poslední rekonstrukce ČOV	< 8	9 - 15	16 - 24	> 25		[počet let]

6) Objekty a strojní zařízení

Technické ukazatele pro objekt čerpací jímka

TU	6.1 Čerpací jímka	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.1.3	Počet poruch za rok	Čerpadlo OV na UN	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.1.4	Údržba zařízení	Čerpadlo OV na UN	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.1.5	Účinnost	Čerpadlo OV na UN	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.1.6	Poměr stáří zařízení	Čerpadlo OV na UN	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekt usazovací nádrž

TU	6.2 Usazovací nádrž	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.2.3	Počet poruch za rok	Čerpadlo surového kalu do VN	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Čerpadlo OV	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.2.4	Údržba zařízení	Čerpadlo surového kalu do VN	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Čerpadlo OV	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.2.5	Účinnost	Čerpadlo surového kalu do VN	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
		Čerpadlo OV	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.2.6	Poměr stáří zařízení	Čerpadlo surového kalu do VN	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Čerpadlo OV	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekt aktivační nádrž

TU	6.3 Aktivační nádrž	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.3.3	Počet poruch za rok	Čerpadlo OV na DN	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Čerpadlo - interní recirkulace	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Dmyhadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Míchadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.3.4	Údržba zařízení	Čerpadlo OV na DN	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Čerpadlo - interní recirkulace	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Dmyhadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Míchadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.3.5	Účinnost	Čerpadlo OV na DN	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
		Čerpadlo - interní recirkulace	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.3.6	Poměr stáří zařízení	Čerpadlo OV na DN	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Čerpadlo - interní recirkulace	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Dmyhadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Míchadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekt regenerační nádrž

TU	6.4 Regenerační nádrž	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.4.3	Počet poruch za rok	Dmyhadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.4.4	Údržba zařízení	Dmyhadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.4.6	Poměr stáří zařízení	Dmyhadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekt dosazovací nádrž

TU	6.5 Dosazovací nádrž	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.5.3	Počet poruch za rok	Čerpadlo VK na AN	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Čerpadlo PK do VN	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.5.4	Údržba zařízení	Čerpadlo VK na AN	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Čerpadlo PK do VN	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.5.5	Účinnost	Čerpadlo VK na AN	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
		Čerpadlo PK do VN	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.5.6	Poměr stáří zařízení	Čerpadlo VK na AN	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Čerpadlo PK do VN	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekt vyhnívací nádrž

TU	6.6 Vyhnívací nádrž	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.6.3	Počet poruch za rok	Míchadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Čerpadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.6.4	Údržba zařízení	Míchadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Čerpadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.6.5	Účinnost	Čerpadlo	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.6.6	Poměr stáří zařízení	Míchadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Čerpadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekt uskladňovací nádrž

TU	6.7 Uskladňovací nádrž	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.7.3	Počet poruch za rok	Čerpadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Dmychadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Míchadlo	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.7.4	Údržba zařízení	Čerpadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Dmychadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Míchadlo	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.7.5	Účinnost	Čerpadlo	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.7.6	Poměr stáří zařízení	Čerpadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Dmychadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Míchadlo	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro objekty strojního odvodnění kalu

TU	6.8 Strojní odvodnění kalu	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.8.3	Počet poruch za rok	Odvodňovací zařízení	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
		Čerpadlo kalu	0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.8.4	Údržba zařízení	Odvodňovací zařízení	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
		Čerpadlo kalu	Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.8.5	Účinnost	Čerpadlo kalu	> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.8.6	Poměr stáří zařízení	Odvodňovací zařízení	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]
		Čerpadlo kalu	< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

Technické ukazatele pro další objekty

TU	6.9 Další zařízení	Strojní zařízení	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
			1	2	3	4		
6.9.3	Počet poruch za rok		0	1 - 2	3 - 4	> 4		[-]
6.9.4	Údržba zařízení		Dle výrobce	Výjimečně	Po poruše	Ne		[-]
6.9.5	Účinnost		> 50	40 - 50	30 - 40	< 30		[%]
6.9.6	Poměr stáří zařízení		< 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,8	> 0,81		[-]

7) Elektrická energie za rok:.....

Technické ukazatele o údajích o elektrické energii

TU	Údaje o elektrické energii za rok:.....	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
		1	2	3	4		
7.1	Výroba bioplynu	ANO			NE		[-]
7.2	Dávkování kalu z jiných ČOV	ANO			NE		[-]
7.3	Specifická produkce el. energie (na m ³ bioplynu)	> 1,7	1,35 - 1,69	1,0 - 1,34	< 0,9		[kWh/ m ³]
7.6	KGJ - výroba elektrické energie (mezofilní 7 % sušiny)	> 0,60	0,45 - 0,59	0,35 - 0,44	< 0,34		[kWh/kg sušiny]
	KGJ - výroba elektrické energie (termofilní 7 % sušiny)	> 0,90	0,75 - 0,89	0,65 - 0,74	< 0,64		[kWh/kg sušiny]
	KGJ - výroba elektrické energie (termofilní + desintegrace)	> 1,00	0,85 - 0,99	0,75 - 0,84	< 0,74		[kWh/kg sušiny]
	KGJ - výroba elektrické energie (termofilní + termická hydrolyza)	> 1,15	1,0 - 1,14	0,85 - 0,99	< 0,84		[kWh/kg sušiny]
7.12	Zateplení vyhnivací nádrže	ANO			NE		[-]

8) Řízení provozu čistírny odpadních vod

Technické ukazatele pro řízení provozu na ČOV

TU	Řízení provozu čistírny odpadních vod	Ohodnocení	Hodnocení
8.1	Časové řízení	4	
8.2	Kyslíková sonda	3	
8.3	Dmychadla s frekvenčním měničem	2	
8.4	Dvouotáčková dmychadla	3	
8.5	Čerpadla s frekvenčním měničem	2	
8.6	Řídicí systém	1	

10) Vyhodnocení energie na ČOV za rok:.....

Technické ukazatele pro vyhodnocení energie

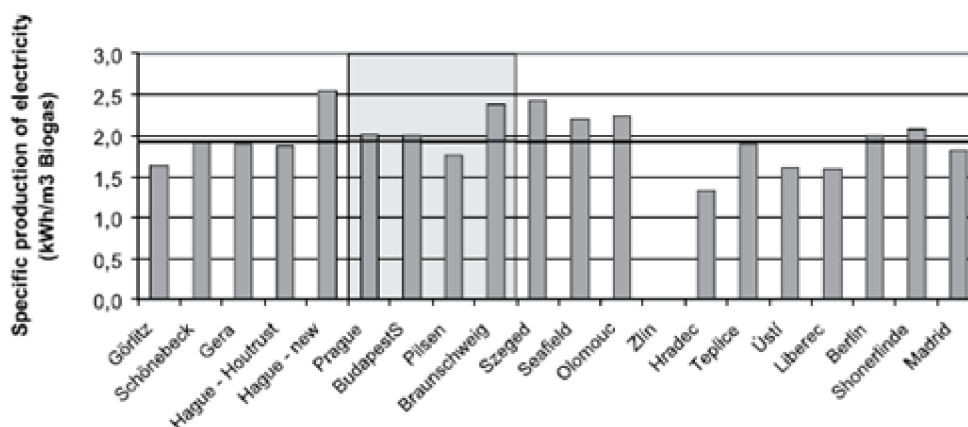
TU	Vyhodnocení energie za rok:.....	Ohodnocení				Hodnocení	Jednotka
		1	2	3	4		
10.1	Spotřeba elektrické energie na kg odstraněného BSK ₅	< 1,0	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0	> 2,1		[kWh/kg BSK ₅]

Vysvětlení číselných hodnot ve vyhodnocovacím formuláři energetického auditu ČOV

Poměr stáří kanalizace je v rozmezí $< 0,35$ až $> 0,91$, tohoto hodnocení je dosaženo výpočtem, kdy se skutečné stáří zařízení vydělí teoretickou životností daného materiálu kanalizace. Pro výpočet jsou použity maximální hodnoty teoretické doby životnosti. Životnost materiálu kanalizačního potrubí vychází ze standardů vodárenských společností a ve většině případů je přibližně stejná.

Poměr stáří zařízení je v rozmezí $< 0,2$ až $> 0,81$, tohoto hodnocení je dosaženo výpočtem, kdy se skutečné stáří zařízení vydělí teoretickou životností. Pro čerpadla je teoretická doba životnosti uvažována 7 – 15 let, pro dmychadla a míchadla 10 – 20 let a pro další zařízení (např. odstředivky) dle výrobce. Pro výpočet jsou použity maximální hodnoty teoretické doby životnosti.

Specifická produkce elektrické energie (na m^3 bioplynu) je stanovena v rozmezí $< 0,90$ až $> 1,70$ kWh/ m^3 , toto rozmezí je stanoveno na základě benchmarkingu a využitých dat společnosti Veolia Voda. Na Obr. č. 3.2.1-11 je vidět graf, dle kterého byly nastaveny hodnoty pro vyhodnocení.



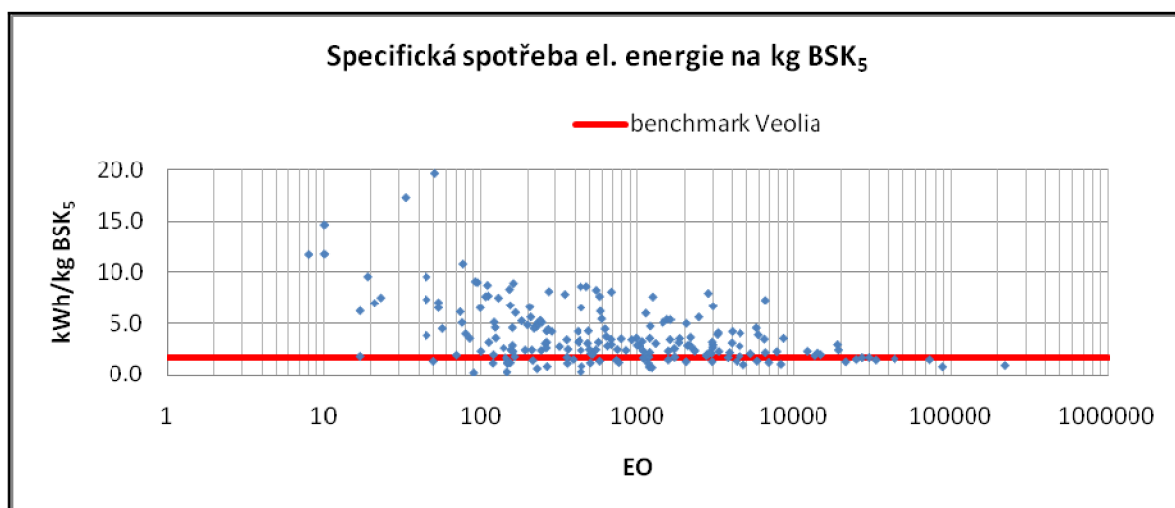
Obr. č. 3.2.1-11 Specifická produkce elektrické energie vztažená na m^3 bioplynu [39]

Výroba elektrické energie v KGJ, hodnoty jsou stanoveny dle Tab. č. 3.2.1-14, ve které jsou vidět hodnoty výtěžnosti elektrické energie v kWh/kg sušiny kalu v závislosti na způsobu intenzifikace procesu. Tyto hodnoty byly předvedeny na semináři „Energetická náročnost ČOV“ v Brně, roku 2010.

Tab. č. 3.2.1-14 Možnosti zvýšení produkce bioplynu (všechny účinnosti jsou vztaženy k celkovému energetickému obsahu surového směsného kalu) [38]

	Způsob intenzifikace procesu	Energie v bioplynu %	Energie přeměněná na elektrickou %	Výtěžnost elektrické energie kWh/kg suš.	Čistá využitelná energie %
1	Mezofilní 7 % suš.	44,1	14,9	0,67	29,6
2	Termofilní 7% suš.	63,7	21,5	0,97	39,5
3	ř. 2 +rekuperace 40% tepla	63,7	21,5	0,97	46,1
4	Termofilní 8% suš.	63,7	21,5	0,97	41,5
5	Termofilní + desintegrace	70,5	23,8	1,08	45,5
6	Termofilní + termická hydrolýza	78,3	26,4	1,20	52,4

Spotřeba elektrické energie na kg BSK₅ je odečtena z grafu na Obr. č. 3.2.1-12, který byl vytvořen Britskou firmou Meniscus Systems Limited v rámci studie „Energetický benchmarking ČOV“. Zdrojem dat je databáze skupiny Energie AG Bohemia publikovaných v „Databáze ČOV provozovaných společnostmi skupiny Energie AG Bohemia, 2007-2009“.



Obr. č. 3.2.1-12 Specifická spotřeba elektrické energie vztažená na BSK₅ [38]

V dotazníku jsou zahrnuty i přepočty spotřeby elektrické energie na EO a m³ vyčištěné OV. Jelikož pojem „ekvivalentní obyvatel“ není hodnota skutečně napojených obyvatel, ale hodnota součtu skutečně napojených obyvatel plus zemědělství a průmysl, tak není toho hodnocení zahrnuto do vyhodnocení. Co se týče spotřeby energie na m³ vyčištěné odpadní vody, vzniká otázka „Kolik je skutečně vod splaškových, bez vod dešťových a balastních?“, protože velká spotřeba energie je zbytečně použita právě na čištění vod vskutku „čistých vod“, které přitékají na ČOV (ať už z důvodu špatného technického stavu kanalizace – balastní vody nebo vody dešťové) tudíž toho hodnocení není také směrodatné pro vyhodnocení.

Jelikož je každá ČOV jiná a nedá se dopodrobna posoudit, jestli jsou zvolené hodnoty přiměřené, může mít každý svůj názor a může si přiřadit hodnoty mírně se lišící. Pro návrh

hodnot byly vždy voleny hodnoty z benchmarkingů a jiných výzkumů a studií, popřípadě standardy, které používají provozovatelé vodovodů a kanalizací.

3.3 IMPLEMENTACE METODIKY NA KONKRÉTNÍ ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD

Pro vyhodnocení praktické části byly získány údaje z ČOV Nový Jičín nacházející se v Moravskoslezském kraji. Jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod v majetku akciové společnosti Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. [26]

Čistírna odpadních vod slouží k čištění odpadních vod pro město Nový Jičín a přilehlé obce. Původní zařízení bylo do provozu uvedeno v roce 1976 a v minulých letech prošlo postupně několika částečnými rekonstrukcemi. Celková rekonstrukce proběhla v letech 2003 – 2005. Během této rekonstrukce byl vybudován nový biologický stupeň s chemickým srážením fosforu, dále byl rozšířen systém řízení technologických procesů, proběhla výstavba nové budovy odvodnění kalu a bylo osazeno stacionární odvodňovací zařízení s krytou skládkou a také byl vybudován nový plynojem a kogenerační jednotka. V roce 2012 proběhla výstavba alternující aktivační nádrže, která umožnila napojení dalších lokalit v regionu.

Projektované parametry: $Q_{24} = 9\,600\text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$

$$Q_D = 12\,000\text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

$$BSK_5 = 1\,620\text{ kg} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$\text{Počet EO} = 35\,000$$

[26]

Technologická část: Odpadní vody jsou na ČOV přiváděny jednotným kanalizačním systémem. Jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu s biologickou eliminací organického a dusíkatého znečištění, chemickým srážením fosforu a s anaerobní stabilizací kalu. [26]

1. Hrubé předčištění – odpadní voda přitéká do vstupní šnekové čerpací stanice, odkud je čerpána šnekovými čerpadly přes dvě galerie do dvou přítokových žlabů. Těmi natéká gravitačně do objektu hrubého předčištění, kde jsou osazeny dvoje jemné česle s průlinami 6 mm, které jsou strojně stírané s lisem na shrabky, dále odstředivé (vírové) lapáky písku, za kterými je umístěn odlehčovací objekt. [26]



Obr. č. 3.3-13 ČOV Nový Jičín - šneková čerpací stanice [zdroj: Čížová]



Obr. č. 3.3-14 ČOV Nový Jičín - lapák písku, strojně stírané česle [zdroj: Čížová]

2. Mechanické čištění – přes měrný žlab přitéká odpadní voda do kruhové usazovací nádrže o průměru 20 m a objemu 673 m³, kam je zaústěn také přebytečný kal z dosazovacích nádrží (PK zde natéká pouze při poruše zahušťovače). Surový kal je čerpán přes čerpací stanici do vyhnívací komory. [26]



Obr. č. 3.3-15 ČOV Nový Jičín - usazovací nádrž, kaskádová aktivační nádrž [zdroj: Čížová]

3. Biologické čištění – předčištěná odpadní voda odtéká do čerpací stanice předčištěných vod, odkud se čerpá do kaskádové aktivační nádrže o objemu 3 300 m³, před kterou se oddělí část této vody pro přítok do alternující aktivace o objemu 1 539 m³. V obou linkách biologického čištění je tak zajištěno srážení fosforu dávkováním Prefloku. Aktivační směs z KAN odtéká z nitrifikace do tří dosazovacích nádrží, které jsou vybaveny stíráním plovoucích nečistot. Z AAN odtéká aktivační směs pouze do dvou dosazovacích nádrží. Vyčištěná odpadní voda ze všech DN odtéká přes měrný objekt do recipientu Jičínka. Vratný kal z DN je přes ČS vratného kalu vrácen zpět do obou aktivačních nádrží. [26]



Obr. č. 3.3-16 ČOV Nový Jičín - kaskádová aktivační nádrž [zdroj: Čížová]



Obr. č. 3.3-17 ČOV Nový Jičín - čerpání vratného kalu [zdroj: Čížová]



Obr. č. 3.3-18 ČOV Nový Jičín - dosazovací nádrže [zdroj: Čížová]

4. Kalové hospodářství – surový kal z jímky surového kalu je čerpán do vyhnívací nádrže o objemu 812 m³. Přebytkový kal je zahušťován rotačním síťovým zahušťovačem a následně je čerpán do vyhnívací nádrže. Vyhníly kal je vypouštěn do uskladňovací nádrže o objemu 1 493 m³. V uskladňovací nádrži je kal gravitačně zahušťován a odsazená kalová voda je přiváděna zpět do technologického procesu čištění odpadních vod. V budově odvodnění kalu je instalována stacionární odstředivka kalu o výkonu 8 – 11 m³.hod⁻¹. Odvodněný kal je přechodně skladován na zastřešené skládce, případně kalových polích, a odebírán specializovanou firmou k likvidaci. [26]



Obr. č. 3.3-19 ČOV Nový Jičín - vyhnívací a usazovací nádrž [zdroj: Čížová]



Obr. č. 3.3-20 ČOV Nový Jičín - odstředivka [zdroj: Čížová]

5. Plynové hospodářství – vyrobený bioplyn z vyhnívací komory je jímán do suchého plynojemu s membránou o objemu 350 m³. Dále je prvořadě využíván k výrobě elektrické energie a tepla v kogenerační jednotce, v případě poruchy kogenerační jednotky je spálen v kotelně k výrobě tepla a ostatní potřebné teplo je vyrobeno spálením zemního plynu v kotelně (kogenerační jednotka je také záložním zdrojem pro případ výpadku el. energie). [26]



Obr. č. 3.3-21 ČOV Nový Jičín - budova kogenerační jednotky [zdroj: Čížová]

6. Systém řízení technologických procesů – celá technologie je vybavena systémem měřících a regulačních prvků, napojených automatizovaným systémem řízení na dispečink čistírny a následně do dispečerského systému pro provoz kanalizací a čistíren odpadních vod SmVaK Ostrava a.s., kam jsou hlášeny poruchové stavy různých druhů strojů a zařízení. [26]

3.3.1 SHRnutí ÚDAJŮ Z DOTAZNÍKU PRO MOŽNOU ÚSPORU ELEKTRICKÉ ENERGIE NA ČOV NOVÝ JIČÍN

Jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod s chemickým srážením fosforu. Na ČOV jsou 2 typy aktivačních nádrží (kaskádová a alternující aktivační nádrž), což způsobuje „zdvojené“ náklady na aktivaci.

Kal je zahušťován rotačními zahušťovači a odvodňován na odstředivce. Finálně je kal používán pro výrobu průmyslových kompostů.

Největšími spotřebiči elektrické energie jsou šneková čerpadla na přítoku (2 x 40 kW a 4 x 11 kW), čerpadla mechanicky vyčištěných vod z UN (2 x 37 kW, 1 x 13,5 kW), dmychadla pro KAN (2 x 18,5 kW, 2 x 22 kW), dmychadla pro AAN (2 x 37 kW) a odstředivka (16,5 kW). Údržba strojního zařízení je prováděna dle nařízení výrobce. Poruchy, které se vyskytují, jsou známy jako maximálně 1 větší porucha ročně. Bohužel účinnosti čerpadel nebyly od ČOV získány.

Pro vyhodnocení provozu byl zvolen rok 2013. V tomto roce bylo v kogenerační jednotce vyrobeno 156 280 kWh elektrické energie z 140 092 m³ bioplynu. Zisk za tuto vyrobenou energii byl cca 411 416 Kč, při ceně 1,91 Kč za kWh energie. Spotřeba elektrické energie ze sítě byla 1 107 705 kWh, celková spotřeba elektrické energie byla 1 263 985 kWh. Náklady na elektrickou energii ze sítě byly 2 737 382 Kč, při průměrné ceně 2,48 Kč za kWh.

Na ČOV je instalován řídicí systém SIMATIC od společnosti Siemens řady S7-300.

Co se týče spotřeby elektrické energie na kg odstraněného BSK₅, která je směrodatná pro zařazení ČOV do kategorie, je to 2,37 kWh/kg BSK₅, což je vysoká hodnota a řadí ČOV do nejhorší kategorie.

Celkový přehled o čistírně odpadních vod v Nový Jičín je uveden v příloze č. 1 – Vyplněný dotazník pro možnou úsporu elektrické energie na ČOV Nový Jičín.

3.3.2 ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ

Vyhodnocení ČOV Nový Jičín je uveden v příloze č. 2 – Vyhodnocení formuláře primárního průzkumu energetického auditu na ČOV Nový Jičín. V této části diplomové práce je ukázán stručný přehled vyhodnocovacího formuláře a formulář celkového hodnocení čistírny odpadních vod Nový Jičín, ve kterém jsou uvedeny nejdůležitější výsledky.

Ve stručném přehledu jednotlivých hodnocení ČOV jsou uvedeny jednotlivé ukazatele a jejich hodnocení. Nakonec je ke každému ukazateli uvedeno celkové hodnocení daného ukazatele. Toto celkové hodnocení je vytvořeno aritmetickým průměrem jednotlivých hodnocení.

V úvodu formuláře celkového hodnocení čistírny odpadních vod je uvedeno zařazení ČOV do kategorie. Tyto kategorie jsou rozděleny podle spotřeby elektrické energie na kg BSK₅, protože tato hodnota je nej přesnější (oproti hodnotám kWh/m³ vyčištěné OV, popř. kWh/EO). V Tab. č. 3.3.2-15 je uvedeno rozdělení ČOV do kategorií.

Tab. č. 3.3.2-15 Rozdělení ČOV do kategorií

Spotřeba elektrické energie na kg odstraněného BSK ₅	1	2	3	4	Jednotka
	< 1,0	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0	> 2,1	[kWh/kg BSK ₅]

Následuje vysvětlení, proč byla ČOV takto zhodnocena a podrobnosti, kde je uvedeno podrobnější hodnocení ostatních ukazatelů. Na závěr je uvedeno doporučení pro každý ukazatel. Toto doporučení je pouze orientační a všeobecné, vždy je nejlepší sejit se vlastníkem s provozovatelem, vše společně probrat a navrhnout řešení.

V poslední fázi bude výsledné hodnocení odesláno jako soubor v MS EXCEL, kde je na první straně celkové hodnocení čistírny odpadních vod a následně v jednotlivých záložkách je podrobně a přehledně zpracováno hodnocení jednotlivých ukazatelů.

Stručný přehled jednotlivých hodnocení ČOV Nový Jičín

Základní údaje o čistírně odpadních vod a kanalizaci		
Dílčí údaje	Popis	Hodnocení
TU 2.6	Poměr stáří kanalizace	3
TU 2.8	Množství balastních vod	3
TU 2.9	Poslední rekonstrukce ČOV	1
Celkové základních údajů o čistírně odpadních vod a kanalizaci		2,33

Objekty a strojní zařízení		
Dílčí údaje	Popis	Hodnocení
TU 6.1	Čerpací jímka	1,67
TU 6.2	Usazovací nádrž	2,00
TU 6.3	Aktivační nádrž I	2,11
	Aktivační nádrž II	1,13
TU 6.5	Dosazovací nádrž	2,00
TU 6.6	Vyhnívací nádrž	2,00
TU 6.7	Uskladňovací nádrž	2,00
TU 6.8	Strojní odvodnění kalu	1,89
TU 6.9	Další zařízení	1,50
Celkové hodnocení objektů a strojního zařízení		1,81

Elektrická energie za rok: 2013		
Dílčí údaje	Popis	Hodnocení
TU 7.1	Výroba bioplynu	1
TU 7.2	Dávkování kalu z jiných ČOV	1
TU 7.3	Specifická produkce el. energie (na m ³ bioplynu)	3
TU 7.6	KGJ - výroba elektrické energie	3
TU 7.12	Zateplení vyhnívací nádrže	1
Celkové hodnocení údajů o elektrické energii		1,80

Řízení provozu čistírny odpadních vod		
Dílčí údaje	Popis	Hodnocení
TU 8.2	Kyslíková sonda	3
TU 8.3	Dmyhadla s frekvenčním měničem	2
TU 8.5	Čerpadla s frekvenčním měničem	2
TU 8.6	Řídicí systém	1
Celkové hodnocení údajů o řízení provozu		2,00

Ekonomické údaje za rok: 2013		
Dílčí údaje	Popis	Hodnocení
TU 10.1	Spotřeba elektrické energie na kg odstraněného BSK ₅	4
Celkové hodnocení ekonomických údajů		4,00

Celkové hodnocení čistírny odpadních vod Nový Jičín

Zařazení ČOV do kategorie: **4**

Vysvětlení:

Z dotazníku pro možnou úsporu elektrické energie na městské ČOV je zřejmé, že spotřeba elektrické energie je vysoká. Jak je vidět z vyhodnocení, spotřeba elektrické energie na kg BSK₅ je v kategorii 4, tudíž nejhorší, z tohoto důvodu je nutné přikročit k možným opatřením na ČOV.

Podrobnosti:

Základní údaje o čistírně odpadních vod a kanalizaci:	2,33
Objekty a strojní zařízení:	1,81
Elektrická energie za rok 2013:	1,80
Řízení provozu čistírny odpadních vod:	2,00
Vyhodnocení energie na ČOV za rok: 2013	4,00

Doporučení:

Základní údaje o čistírně odpadních vod a kanalizaci

Vzhledem k tomu, že kanalizační systém je zastaralý a v obci dominuje jednotná stoková síť, jsou na ČOV zbytečně přiváděny dešťové a v nemalé míře také balastní vody (cca 20 %, což je poměrně hodně), bylo by tedy vhodné začít hledat "úspory" u kanalizačního systému. Tyto balastní a dešťové vody zbytečně nařezávají splaškové vody a je zapotřebí mnohonásobně více elektrické energie na jejich vyčištění. Náklady na rekonstrukci kanalizační sítě budou vysoké, ale na druhou stranu se sníží náklady na čištění odpadních vod a také se zvýší životnost kanalizačního systému.

Objekty a strojní zařízení

Z dotazníku lze vidět, že většina strojního zařízení je zastaralá. Dnes ještě nevykazují zvýšenou poruchovost, ale v budoucnu se poruchovost bude zvyšovat a je nezbytné hledat řešení právě zde a tyto zařízení postupně měnit za novější a úspornější. Výměna strojního zařízení je sice nákladná, ale jelikož nejvýznamnějšími spotřebiteli energie jsou dmychadla a čerpadla, bude návratnost investice rychlá. Co se týče údržby zařízení, z dotazníku vyplývá, že všechna zařízení jsou kontrolována a soustavně udržována tak, jak je dáno výrobcem.

Elektrická energie za rok: 2013

Vzhledem k tomu, že kogenerační jednotka je zařízení velice nákladné a nepředpokládá se, že by se v budoucnu pořizovala nová, můžeme maximálně doporučit navýšit výrobu elektrické energie, aby se ČOV postupem času stala energeticky soběstačná. Jednou z možností je dotace externích substrátů (kuchyňských a dalších dobře rozložitelných odpadů) do anaerobního zpracování kalu.

Řízení provozu čistírny odpadních vod

Jelikož, na ČOV již funguje řídicí systém a jsou instalovaná čerpadla a dmychadla s frekvenčními měniči, měl by být proces čištění nastaven v optimálním režimu a úspory by se měly hledat u strojního zařízení, které je nejčastěji v provozu, má nejvyšší spotřebu elektrické energie a je zastaralé.

Vyhodnocení energie na ČOV za rok: 2013

Čistírna byla zařazena do kategorie 4, tudíž nejhorší a je nutné začít hledat řešení a nápravu. Jak již bylo zmíněno výše, největším spotřebitelem energie jsou čerpadla a dmychadla, která jsou zastaralá, tudíž je vhodné začít se zaměřovat na tyto spotřebitele a postupně snižovat celkovou spotřebu elektrické energie.

4 ZÁVĚR

Rešeršní část diplomové práce se zabývá problematikou čištění odpadních vod z různých typů bydlení. Jedná se o rodinné domky, malé obce až po velké městské aglomerace. Konkrétněji je práce zaměřena na kalové hospodářství těchto typů čistíren a spotřebu elektrické energie, jak celkovou, tak i na jednotlivé procesy kalového hospodářství (městské ČOV). Dále jsou uvedeny příklady čistíren odpadních vod v České Republice i v zahraničí a jejich dosažené výsledky ohledně spotřeby a výroby elektrické energie. V závěru rešeršní práce je zmínka o kalu, jako samotném a jeho využívání a nakládání s ním na čistírnách odpadních vod.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na stanovení možných ukazatelů pro energetické posouzení městských čistíren odpadních vod a navržení hodnotících kritérií pro posouzení energetického stavu čistíren. Pro navržení hodnotících kritérií byly využity zkušenosti z různých čistíren odpadních vod, benchmarkingů, studií a standardů vodárenských společností. Celkové zhodnocení ČOV je provedeno dle databáze skupiny Energie AG Bohemia publikovaných v „Databáze ČOV provozovaných společnostmi skupiny Energie AG Bohemia, 2007-2009“. Data pochází z 243 ČOV provozovaných v rámci skupiny Energie AG Bohemia.

Cílem práce bylo vytvoření „Dotazníku pro možnou úsporu elektrické energie na ČOV“, „Vyhodnocovacího formuláře energetického auditu na ČOV“ a nakonec vytvoření formuláře „Celkového hodnocení čistírny odpadních vod“. Dotazník obsahuje několik bodů, díky nimž je možno hledat energetické úspory na ČOV.

Na závěr praktické práce byl dotazník použit v praxi a byl vyplněn čistírnou odpadních vod v Novém Jičíně v Moravskoslezském kraji a následně byl vyhodnocen. Po vyhodnocení dotazníku byla čistírna zařazena do kategorie 4, nejhorší kategorie. Zařazení bylo provedeno dle spotřeby elektrické energie na kg odstraněného BSK₅. Jelikož je tento stav velice špatný, je nutná náprava. Ostatní ukazatele má čistírna vyhodnoceny vždy hodnotou okolo 2, což je stav dobrý, ale stáří strojního zařízení je vždy v hodnotě 3, což svědčí o vysokém stáří zařízení, tudíž navyšování spotřeby elektrické energie. K zvyšování spotřeby elektrické energie také přispívá vysoké stáří kanalizačního systému v obci a také jednotná stoková síť (je tedy zapotřebí čistit jak vody balastní, tak i dešťové). Veškeré návrhy a doporučení je ovšem vždy nutno projednat s vlastníkem a provozovatelem a najít vhodné řešení a východiska pro danou čistírnu odpadních vod. Vzhledem k tomu, že každá čistírna odpadních vod je jiná a vždy se musí na čistírnu pohlížet, jako na celek s kanalizačním systémem není možno nikdy udělat taková doporučení a následná řešení, aby vyhovovaly všem. Také je zapotřebí do výsledného řešení vkládat vlastní úsilí a nemalé finanční prostředky, což se někdy jeví jako neřešitelný problém.

Přínosem práce do budoucna bude využití dotazníku a vyhodnocovacího formuláře na dalších městských čistírnách odpadních vod a hledání možných úspor a energetická optimalizace na ČOV.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Možné úspory energie na stávajících ČOV. In: *ASIO čištění a úprava vod* [online]. 2011 [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/59.mozne-uspory-energie-na-stavajicich-cov>.
- [2] Způsoby likvidace odpadních vod. In: *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. 2007 [cit. 2014-06-18]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/uchop/velebudice/voda/COV/zpusoby_likvidace_odpad_vod_vse.pdf
- [3] History of Wastewater Treatment in the United States. In: Macalester College [online]. 2012 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <http://www.macalester.edu/academics/environmentalstudies/students/projects/urbanwastewaterwebsite/history.html>
- [4] *Technika: Časopis o priemysle, vede a technike*. Žilina: MEDIA PRINT KAPA, 2014, 12. ročník, 7 – 8/2014. ISSN 1337-0022.
- [5] Domovní čistírna (domácí čistička) odpadních vod ČOV D5 - D35. In: www.EKONA.cz: Čištění odpadních vod [online]. 2014 [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <http://www.ekona.cz/odbornici-cistirny-a-cisticky-odpadnich-vod/item/101-domovni-cistirna-domaci-cisticka-odpadnich-vod-cov-d5-d35>
- [6] Informace o vyvážení domovních jímek odpadních vod – žump. In: *Obec Křečovice* [online]. 2012 [cit. 2014-06-18]. Dostupné z: <http://www.obec-krecovice.cz/urad-obce/uredni-deska/informace-onbspvyvazeni-domovnich-jimek-nanbspcov-100.html>
- [7] Jímka, septik, nebo domovní čistírna odpadních vod? Výhody i nevýhody. In: *Bydlení idnes.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-06-18]. Dostupné z: http://bydleni.idnes.cz/likvidacce-odpadnich-vod-u-rodinnych-domu-fj9-/stavba.aspx?c=A120915_214233_stavba_rez
- [8] ŠORM, Ing. Ivo. Technologické nároky na čistírenská zařízení. In: HLAVÍNEK, Petr. *Možnosti čištění odpadních vod z malých sídel a obcí*. Luhačovice: NOEL 2000 s. r. o., 1997, s. 2-15. ISBN 80-86020-16-9
- [9] AS-VARIOcomp D (400 - 5000 EO). In: *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. 2014 [cit. 2014-06-29]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-variocomp-d-400-5000-eo>
- [10] Čištění - přehled. In: *Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství: Oddělení rybářství a hydrobiologie* [online]. 2013 [cit. 2014-06-29]. Dostupné z: <http://www.rybarstvi.eu/vyuka.html>

- [11] Čistírna odpadních vod. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2014-06-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org>
- [12] *Sborník přednášek a posterů z 26. konference: KALY A ODPADY 2014*. Brno 2014: Tribun EU s. r. o., 2014. ISBN 978-80-263-0712-9.
- [13] *SOVAK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. Jílové u Prahy: Mgr. Pavel Fučík, Čs. armády 488, 2014, 23. ročník, č. 6. ISSN 1210-3039.
- [14] Water2Energy v praxi: ČOV Plzeň letos téměř v plné energetické soběstačnosti. In: *Vodarenstvi.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-11-03]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/water2energy-v-praxi-cov-plzen-letos-temer-v-plne-energeticke-sobestacnosti>
- [15] *Vodní hospodářství*. Praha: Vydává spol. s r. o. Vodní hospodářství, Bohumilice 89, 384 81 Čkyně, 2012, roč. 62, č. 2. ISSN 1211-0760.
- [16] Ústecký kraj. In: *Možnosti využití energetických zdrojů čistíren odpadních vod a úpraven vod: Případová studie* [online]. Ústí nad Labem, 2012 [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: www.kr-ustecky.cz
- [17] Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. In: KUTIL, Josef a Michal DOHÁNYOS. *Biom.cz: biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využití* [online]. 2004 [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu-2>
- [18] Energetický potenciál odpadních vod. In: *Vodarenstvi.com* [online]. 2012 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.com/media/konference/fin-infrastruktury-prednasky/Uher,%20ASIO.pdf>
- [19] *Stokování a čištění odpadních vod: Čištění odpadních vod*. Brno, 2006. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební.
- [20] Čistírny odpadních vod. In: *ENVIREGION* [online]. 2012 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://ucebnice2.enviregion.cz/voda/znecistenivod/cistirnyodpadnichvod>
- [21] Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově. In: *Množství a kvalita odpadních vod* [online]. Brno, 2007 [cit. 2014-11-14]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/26962/cisteniodpadnichvod.pdf>
- [22] Fyzikálně-chemické čištění odpadních vod. In: *Ústav technologie vody a prostředí* [online]. 2009 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/homepage/tvp/index/vyzkum/fyzchem>

- [23] *Anaerobní čistírenské procesy*. Praha, 2008. Studijní opora. Ústav procesní a zpracovatelské techniky FS ČVUT.
- [24] PYTL A KOLEKTIV, Ing. Vladimír. *Příručka pro provozovatele čistírny odpadních vod*. Hovorčovická 382, 250 65 Líbežice u Prahy: Medim, spol. s.r.o., 2004. ISBN 80-239-2528-8.
- [25] *Vybrané statě ze stokování a ČOV*. Brno, 2009. Studijní opora. Vysoké učení technické, fakulta stavební.
- [26] Ing. MAREK HOPP, technolog ČOV, SmVaK Ostrava, a.s.
- [27] Zpracování kalů: Kalové hospodářství. In: ČVUT Fakulta stavební [online]. 2012 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_7.pdf
- [28] K&H KINETIC [online]. 2013 [cit. 2014-11-03]. Dostupné z: <http://www.kh-kinetic.cz/home/pdf/53.pdf>
- [29] Energy Recovery from Wastewater Treatment Plants in the United States: A Case Study of the Energy-Water Nexus. *Sustainability 2010* [online]. 2010, 1 - 18 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: www.mdpi.com/journal/sustainability
- [30] Nařízení vlády č. 23/2011. *O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. Praha, 2010.
- [31] Dmyhadla/vývěvy s bočním kanálem - BECKER. In: *YNNA* [online]. 2012 [cit. 2014-09-04]. Dostupné z: <http://www.ynna.cz/o-firme-profil-firmy/novinky/30-dmyhadla-vyvevy-sbocnim-kanalem-becker>
- [32] KUBÍČEK: Dmyhadla roots blowers. In: *KUBÍČEK VHS, s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: http://kubicekvhs.cz/download/CZ_KUBICEK-Navod-na-montaz-dmyhadloveho-stupne---2012-10.pdf
- [33] DOKONALÉ ŘÍZENÍ - ABSOLUTNÍ SVOBODA: Řešením je použití inteligentního čerpadla. In: *E-KONCEPCE GRUNDFOS* [online]. 2012 [cit. 2014-9-20]. Dostupné z: http://cbs.grundfos.com/export/sites/dk.grundfos.cbs/GCZ_Czech_Republic/download_s/Download_Files/GCZ_Downloads_E-koncepce_Grundfos.pdf
- [34] Komunální čistírny odpadních vod (100 – 5000EO). In: *TOPOL WATER* [online]. 2012 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: <http://www.topolwater.com/obecni-cov-popis.htm>
- [35] *Co je kogenerace?*. 2014. Dostupné z: www.karlaenergize.com
- [36] Flotace pro odpadní vody (DAF). In: *ENVI-PUR: Čistírny odpadních vod a úpravny vod* [online]. 2014 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.envi-pur.cz/cz/flotace-pro-cistirny-odpadnich-vod/>

- [37] Plánu financování obnovy vodovodů a kanalizací. In: *Vodárenská společnost Tábořsko s.r.o* [online]. 2009 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://www.vstab.cz/ftp2/provoz/PFO_09_18.pdf
- [38] *Sborník přednášek: Energetická náročnost ČOV*. Brno: Vydalo Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2010.
- [39] *Vodní hospodářství*. Praha: Vydává spol. s r. o. Vodní hospodářství, Bohumilice 89, 384 81 Čkyně, 2010, roč. 60, č. 6. ISSN 1211-0760
- [40] *Český statistický úřad* [online]. 2014, 17. 12. 2014 [cit. 2014-12-24]. Dostupné z: www.czso.cz.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV...	čistírna odpadních vod
EO...	ekvivalentní obyvatel
OV...	odpadní voda
ČR...	Česká Republika
USA...	United States of America (Spojené státy americké)
CWNS...	Clean Watersheds Needs Survey
EPRI...	Electric Power Research Institute
WTOS...	Water Treatment Optimisation System
OZE...	obnovitelné zdroje energie
ČSN...	česká technická norma
NV...	nařízení vlády
$Q_{24}...$	průměrný denní průtok [$m^3 \cdot den^{-1}$]
$Q_d...$	maximální denní průtok [$m^3 \cdot den^{-1}$]
$Q_{max}...$	maximální hodinový průtok [$m^3 \cdot hod^{-1}$]
BSK ₅ ...	biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní [$mg \cdot l^{-1}$]
CHSK...	chemická spotřeba kyslíku [$mg \cdot l^{-1}$]
H ₂ O...	voda
O ₂ ...	kyslík
N ₂ ...	dusík
H ₂ ...	vodík
CaO...	oxid vápenatý
Ca(OH) ₂ ...	hydroxid vápenatý
CH ₄ ...	metan
CO ₂ ...	oxid uhličitý
H ₂ S...	sirovodík
PVC...	polyvinylchlorid
ŽB...	železobeton
R-D-N...	proces regenerace - nitrifikace - denitrifikace
D-N...	proces denitrifikace - nitrifikace

SBR ...	Sequencing Batch Reactor
UN...	usazovací nádrž
AN...	aktivační nádrž
AAN...	alternující aktivační nádrž
KAN...	kaskádová aktivační nádrž
DN...	dosazovací nádrž
VN...	vyhňivací nádrž
ČS...	čerpací stanice
NL...	nerozpuštěné látky
KI...	kalový index
PK...	přebytečný kal
VK...	vratný kal
SSK...	směsný surový kal

SEZNAM TABULEK

TAB. Č. 2.5.1-1 VÝVOJ ENERGETICKÉ SOBĚSTAČNOSTI NA ČOV PLZEŇ [14]	22
TAB. Č. 2.5.1-2 VÝVOJ VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE NA ČOV PLZEŇ [14]	22
TAB. Č. 2.5.1-3 ODHAD VYUŽITÍ ENERGIE Z ANAEROBNÍHO VYHNÍVÁNÍ S VYUŽITÍM BIOPLYNU (PŘÍPAD AD-1 AŽ AD-2) A SPALOVÁNÍ ORGANICKÉ HMOTY S VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE (PŘÍPAD BI-1 AŽ BI-2) UKAZUJE VÝZNAMNÝ POTENCIÁL PRO SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE NA ČOV [29]	25
TAB. Č. 2.8-4 POROVNÁNÍ VÝTĚŽNOSTI ENERGIE PŘI RŮZNÝCH PROCESECH ZPRACOVÁNÍ KALŮ [16]	28
TAB. Č. 2.7.2-5 ENERGETICKÝ POTENCIÁL KALU [18]	29
TAB. Č. 3.1.3-6 ROZPĚTÍ TEPLOT PRO RŮZNÉ ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ KALU [27]	44
TAB. Č. 3.1.3-7 DOBA POTŘEBNÁ NA ZPRACOVÁNÍ KALU V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ [27]	44
TAB. Č. 3.1.5-8 EMISNÍ STANDARDY: PŘÍPUSTNÉ HODNOTY (P), MAXIMÁLNÍ HODNOTY (M), A HODNOTY PRŮMĚRU KONCENTRACE UKAZATELŮ ZNEČIŠTĚNÍ VYPOUŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD V MG/L [30]	48
TAB. Č. 3.2-9 TECHNICKÉ UKAZATELE O EKONOMICKÝCH ÚDAJÍCH	56
TAB. Č. 3.2-10 TECHNICKÉ UKAZATELE PRO ÚDAJE O OBJEKTECH A STROJNÍM ZAŘÍZENÍ	56
TAB. Č. 3.2-11 TECHNICKÉ UKAZATELE PRO ÚDAJE O ELEKTRICKÉ ENERGII	57
TAB. Č. 3.2-12 TECHNICKÉ UKAZATELE PRO ÚDAJE O ŘÍZENÍ PROVOZU ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD	57
TAB. Č. 3.2-13 TECHNICKÉ UKAZATELE PRO VYBRANÉ ÚDAJE O KANALIZACI A ČOV	57
TAB. Č. 3.2.1-14 MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ PRODUKCE BIOPLYNU (VŠECHNY ÚČINNOSTI JSOU VZTAŽENY K CELKOVÉMU ENERGETICKÉMU OBSAHU SUROVÉHO SMĚSNÉHO KALU) [38]	63
TAB. Č. 3.3.2-15 ROZDĚLENÍ ČOV DO KATEGORIÍ	70

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. Č. 2.3-1 TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA ČOV 1000 EO - AS-VARIOCOMP 1000 D [9].....	14
OBR. Č. 2.4-2 SCHÉMA TROJSTUPŇOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD [2]	16
OBR. Č. 2.4-3 PROCENTUÁLNÍ ROZDĚLNÍ ZPŮSOBU ZNEŠKODNĚNÍ KALŮ V ROCE 2011 [40].....	20
OBR. Č. 2.5-4 PODÍL JEDNOTLIVÝCH PROCESŮ NA SPOTŘEBĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE [1]	21
OBR. Č. 2.5.1-5 ROZLOŽENÍ ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD V TEXASU A JEJICH KAPACITA [29]	24
OBR. Č. 2.6-6 SCHÉMA KLASICKÉ BIOLOGICKÉ ČOV A MÍSTA, NA KTERÝCH VZNIKÁ KAL [16].....	25
OBR. Č. 3.1.3-7 BLOKOVÉ SCHÉMA PŘEDŘAZENÉ DENITRIFIKACE [26]	40
OBR. Č. 3.1.3-8 BLOKOVÉ SCHÉMA PŘEDŘAZENÉ DENITRIFIKACE S REGENERACÍ KALU [26]	41
OBR. Č. 3.1.3-9 BLOKOVÉ SCHÉMA KASKÁDOVÉ AKTIVACE [26]	41
OBR. Č. 3.1.3-10 BLOKOVÉ SCHÉMA OBĚHOVÉ AKTIVACE [26].....	42
OBR. Č. 3.2.1-11 SPECIFICKÁ PRODUKCE ELEKTRICKÉ ENERGIE VZTAŽENÁ NA M ³ BIOPLYNU [39]	62
OBR. Č. 3.2.1-12 SPECIFICKÁ SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE VZTAŽENÁ NA BSK ₅ [38].....	63
OBR. Č. 3.3-13 ČOV NOVÝ JIČÍN - ŠNEKOVÁ ČERPAČÍ STANICE [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	65
OBR. Č. 3.3-14 ČOV NOVÝ JIČÍN - LAPÁK PÍSKU, STROJNĚ STÍRANÉ ČESLE [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	65
OBR. Č. 3.3-15 ČOV NOVÝ JIČÍN - USAZOVACÍ NÁDRŽ, KASKÁDOVÁ AKTIVAČNÍ NÁDRŽ [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	66
OBR. Č. 3.3-16 ČOV NOVÝ JIČÍN - KASKÁDOVÁ AKTIVAČNÍ NÁDRŽ [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	66
OBR. Č. 3.3-17 ČOV NOVÝ JIČÍN - ČERPÁNÍ VRATNÉHO KALU [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	67
OBR. Č. 3.3-18 ČOV NOVÝ JIČÍN - DOSAZOVACÍ NÁDRŽE [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	67
OBR. Č. 3.3-19 ČOV NOVÝ JIČÍN - VYHNÍVACÍ A USAZOVACÍ NÁDRŽ [ZDROJ: ČÍŽOVÁ].....	68
OBR. Č. 3.3-20 ČOV NOVÝ JIČÍN - ODSTŘEDIVKA [ZDROJ: ČÍŽOVÁ]	68
OBR. Č. 3.3-21 ČOV NOVÝ JIČÍN - BUDOVA KOGENERAČNÍ JEDNOTKY [ZDROJ: ČÍŽOVÁ].....	69

SUMMARY

The research part of the diploma thesis called “Energy Balance of Urban Wastewater Treatment Plants” deals with problems of wastewater treatment in various types of housing. These types are houses, small villages and big urban agglomerations. Generally, this part deals with an issue of sludge treatment in these types of wastewater treatment plants, and energy consumption for various processes, and all processes in wastewater treatment and sludge treatment (mostly in urban wastewater treatment plants).

The practical part of the diploma thesis focuses on determination of indicators important for the analysis of the urban wastewater treatment plant, which results in a proposal of evaluative criteria concerning the energetic state of the plant. Data for evaluative criteria stem from the experiences of various wastewater treatment plants, benchmarkings, and general studies and standards of wastewater treatment plants.

The total rating was accomplished in accordance with database of Energy AG Bohemia. The aim of this thesis was to build up: “Questionnaire for the Possible Energy Saving in Wastewater Treatment Plants,” “Evaluation Form of an Energy Audit in the Wastewater Treatment Plants,” and a form called “Total Rating of Wastewater Treatment Plants.” The questionnaire includes several parts, which enables to find the energy savings in wastewater treatment plants. At the end of the practical part, this questionnaire was used in practice, and completed by the wastewater treatment plant in Novy Jicin. The total rating for this wastewater treatment plants was number 4, which is the worst rating. This wastewater treatment plant has very high power consumption for kg BOD₅. Based on recommendations it would be appropriate to take precautions, reduce power consumption and produce more energy.

SEZNAM PŘÍLOH

1. Vyplněný dotazník pro možnou úsporu elektrické energie na ČOV Nový Jičín
2. Vyhodnocení formuláře primárního průzkumu energetického auditu na ČOV Nový Jičín