

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Bakalářská práce

**Analýza technologických procesů čištění odpadních vod,
které působí obtíže v praxi jednotlivých ČOV**

Miroslava Vajgantová

Vedoucí práce: RNDr. Lukáš Šimek

České Budějovice 2009

Anotace

Cílem této bakalářské práce je formou literární rešerše podat přehled současných vědeckých poznatků o jednotlivých procesech čištění odpadních vod v městských čistírnách odpadních vod. Práce hodnotí co způsobuje překročení limitů na odtoku a jak se to dá ovlivnit.

Klíčová hesla: odpadní vody, městské čistírny odpadních vod, nutrienty, kaly.

Annotation

Aim those baccalaureate work is form literary background research digest contemporary scientific piece of knowledge about single suits sewage purification in waste – treatment plant. Work values what makes overfullfilment limits on outlet and how it puts influence.

Keywords: wastewaters, waste – treatment plant, sludges.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 12.4.2009

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému školiteli RNDr. Lukáši Šimkovi za trpělivost, ochotu a rady při zpracování této práce. Dále děkuji všem technologům ČOV, kteří mi poskytli informace.

Velmi děkuji mým rodičům, kteří mi celou dobu mého studia na vysoké škole byli velkou oporou.

Obsah

1 Úvod	7
2 Literární přehled	9
2.1 Předčištění odpadních vod.....	9
2.1.2 Cezení.....	9
2.1.3 Lapák písku a štěrku.....	10
2.1.4 Lapáky tuků a olejů.....	10
2.2 Mechanické čištění odpadních vod.....	11
2.2.1 Usazování.....	11
2.2.2 Usazovací nádrže.....	11
2.2.3 Dosazovací nádrže.....	12
2.3 Biologické čištění odpadních vod.....	12
2.3.1 Aktivační čištění.....	13
2.3.2 Biologické filtry.....	14
3. Odstraňování nutrietů v odpadních vodách.....	14
3.1 Normy pro odstraňování nutrientů.....	15
3.1.2 Chemické odstraňování fosforu.....	17
3.1.3 Biologické odstraňování fosforu.....	18
3.1.4 Biologické odstraňování dusíku.....	18
4. Dočišťovací biologické nádrže.....	19
5. Kalové hospodářství.....	20
5.1 Zahušťování kalu.....	22
5.2 Stabilizace kalu.....	23
5.2.1 Anaerobní stabilizace.....	23
5.2.2 Aerobní stabilizace.....	24
5.2.3 Chemická stabilizace.....	24
5.3. Odvodňování kalu.....	25
5.3.1 Přirozené odvodňování kalu.....	25
5.4 Využití odpadních kalů.....	26
3. Metodika	28

4. Výsledky a diskuse.....	29
5. Závěr.....	39
6. Seznam použité literatury.....	40
7.Přílohy	

1 Úvod

Odvádění odpadní vody se vyvíjelo postupně a velmi dlouho. Většina měst starověkého Řecka a Říma byla vybavena poměrně dokonalou sítí stok, svádějící odpadní vodu do nejbližšího toku. Pravděpodobně nejznámější je Cloaca maxima v Římě. Z antiky jsou také známy první pokusy zneškodňovat centrálně svedenou odpadní vodu metodami, které dnes znovu propagujeme jako "přirozené čištění" (např. vsakování vod do porézních půd ve starověkém Řecku) (Anonymus 2009b).

Oproti tomu byla středověká Evropa velmi špinavá. Ulicemi vedly otevřené rigoly, kterými se odváděly všechny odpady s tekutou konzistencí. Tento způsob byl původcem nejen nesnesitelného zápachu, ale i zárodkem častých epidemií jako mor a cholera. To vedlo k potřebě stavět uzavřené kanalizace, zpočátku mělké, později hlubší a budované z klasických zdících materiálů (cihla, kámen). Tyto kanalizace obvykle končily v blízkých vodotečích nebo rybnících (Anonymus 2009a). V r. 1660 je dokončeno odvodnění areálu jezuitské koleje v Klementinu proplachovací kanalizací jako první větší dílo zdravotního inženýrství v Praze (Wanner & Hlavínek, 1997).

Odváděním odpadních vod stokovou sítí se sice zlepšily hygienické podmínky ve městech, ale problém znečištění se přenesl do recipientů. To nevadilo dokud se říční voda nestala významným zdrojem průmyslové a pitné vody. Např. v Praze byly studny rozhodujícím zdrojem pitné vody až do 1.1.1914 (Wanner & Hlavínek, 1997).

S největšími problémy se znečištěnými toky se potýkala Anglie. Ta v té době měla nejvíce průmyslu a obyvatelstva. Systematicky se zabývat kvalitou vody v řekách vedly požadavky průmyslu na kvalitní vodu. Výsledkem toho bylo vynalezení aktivačního procesu v r. 1914.

Další země, ve které se nejvíce rozvíjelo stokování a čištění odpadních vod bylo Německo.

V Praze na konci devatenáctého století byla postavena pod vedením Angličana Sira Williama H. Lindleyho kanalizace a také, v té době, nejmodernější čistírna odpadních vod. Jádrem použité technologie bylo mechanické čištění s možností intenzifikace jeho výkonu chemickým srážením. Dále pak je v roce 1910 do provozu uveden první zkrápěný biofiltr zpracovávající odpadní vody z paláce Rádium

v lázních Jáchymov. A v šedesátých letech byla uvedena do provozu na Císařském ostrově v Praze největší aktivační čistírna ve střední Evropě.

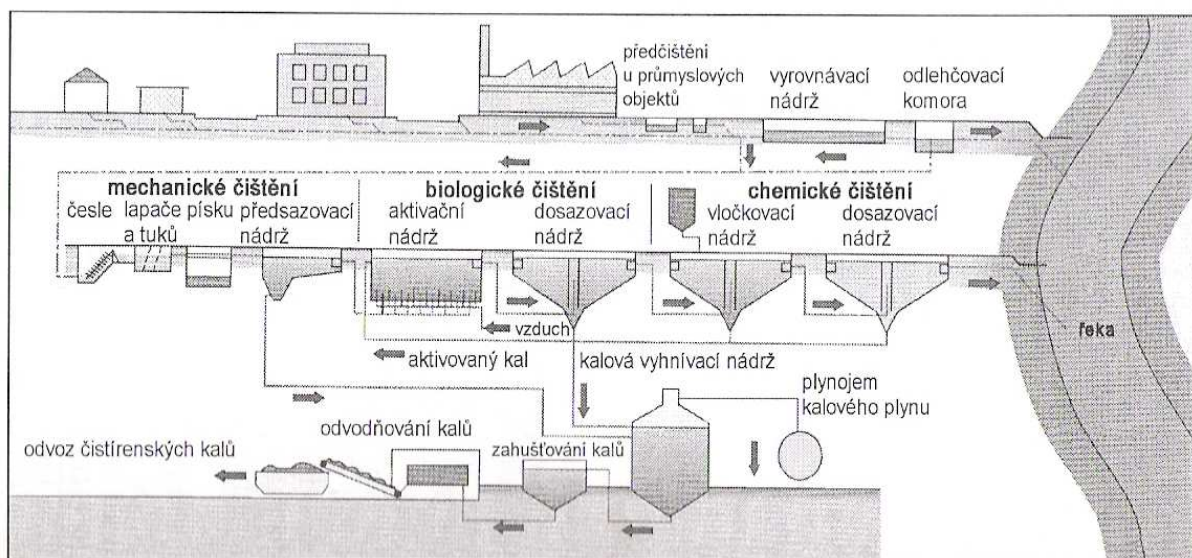
Tab. č. 1 Stokování a čištění odpadních vod ve střední a východní Evropě pro města s více než 25 tis. obyvatel (Somlyódy,1993; Wanner & Hlavínek,1997)

Země	Polsko	ČR	SR	Maďarsko	Bulharsko
Obyvatelstvo (mil.)	38,2	10,3	5,3	10,4	9
Zásobování vodou (%)	90	96	76	92	98
Odkanalizování (%)	80	94	51	51	67
Čištění odpadních vod (%)	60	82	42	42	59
Počet měst	152	51	27	52	45

2 Literární přehled

Technologie čištění odpadních vod je dána především jejich složením, obsahem, druhem, původem a charakterem látek. Odpadní voda různého složení prochází při čištění celkem třemi stupni, které se mohou i navzájem kombinovat. Jedná se o stupeň mechanický, biologický a chemický (*obr. 1*) (Říhová – Ambrožová 1997).

Obr. č.1 Schéma postupu čištění odpadních vod v městské čistírně (Adámek & Jurečka, 2005)



2.1 Předčištění odpadních vod

Předčištění odpadních vod znamená odstranění hrubě dispergovaných částic, písku, tuků a olejů z odpadních vod. Zahrnuje cezení, odstraňování štěrků a písku, odpachování a měření průtoku (Hlavínek, 2006).

2.1.2 Cezení

Hrubé česle odstraňují velké částice či dřev, které by mohly narušovat další provoz čistírny. Většina čistíren má dva česlové kanály, zejména při mechanicky stíraných česlích a nebo v případě poruchy jedněch česlů. Česlové kanály mají být vybaveny uzávěry, aby mohl být proud odpadní vody odkloněn v případě čištění, údržby či

opravy česlí. Tlakové ztráty na česlích by neměli překročit 50-150 mm vodního sloupce. Jestliže jsou tlakové ztráty vyšší, je nutno zvětšit frekvenci stírání česlí. To může nastat zejména při dešťovém přítoku u jednotné stokové soustavy (Hlavínek, 2006).

U aktivačního čištění bez předcházející sedimentace se před vtokem do aktivace používá místo česlí norná stěna, před níž se zachytí a z vody odstraní alespoň hrubé plovoucí nečistoty. Vzplývavé nečistoty bývají při aktivačním čištění obvykle podstatně rozrušeny (Herle & Bareš, 1990).

2.1.3 Lapák písku a štěrku

Těžké (sunuté) nečistoty, které se vyskytují i v oddílné (splaškové) kanalizaci, např. písek, mycí prášky, kovové úlomky, kosti apod., jsou v dalším provozu čistírny naprosto nežádoucí. Usazeniny v kalu vytvoří pevnou usazeninu, kterou nelze hydraulicky dopravovat. Je jí třeba mechanicky rozrušit a odstranit náročnou a nehygienickou ruční prací nebo sacím vozem (Herle & Bareš, 1990).

Lapáků písku je několik druhů. Podmínkou jejich správné funkce je malé kolísání rychlosti průtoku (Herle & Bareš, 1990). Jinak organická hmota v lapáku zahnívá, znesnadňuje praní písku a jeho odstraňování (Šálek & Tlapák, 2006).

U horizontálních lapáků písku se střední průtoková rychlost navrhuje v rozmezí 0,25 až 0,50 m.s. Při této rychlosti sedimentují částice o průměru 0,1 až 0,3 milimetru. Doba zdržení nemá klesnout pod 30 sekund. Nejčastěji se používají horizontální štěrbinové lapáky písku. U vertikálních lapáků písku nemá přestoupit povrchové zatížení 1m^2 za hodinu 180 m^3 (Šálek & Tlapák, 2006).

2.1.4 Lapáky tuků a olejů

Lapáky tuků a olejů zachycují z odpadní vody částice tuků, olejů, naftových derivátů apod. K nejjednodušším konstrukcím patří lapáky tuků a olejů, které tvoří jednoduchá norná stěna, umístěna v nádrži. Doba zdržení v lapáku tuku bývá 3 minuty (Šálek & Tlapák, 2006).

Odpadní vody z restaurací, hotelů a motorestů musí před vypouštěním do kanalizace protéci lapačem tuků. Podobně odpadní vody a dešťové splachy

z umývacích ploch motorových vozidel apod. musí být před vypuštěním do kanalizace zbaveny alespoň vzplývavých ropných látek (Herle & Bareš, 1990).

2.2 Mechanické čištění odpadních vod

Spočívá v zachycení popř. sedimentaci částic, suspenzí a unášeného hrubozrnného a makroskopického materiálu (Říhová - Ambrožová, 1997).

Nutnou podmínkou je průchodnost disperzního prostředí (např. vody) přes filtr. Při filtraci nedochází zpravidla k chemické reakci mezi filtračním materiálem a látkami disperzního prostředí (Hlavínek & Wanner, 1997).

2.2.1 Usazování

Usazení odpadní vody zůstává stále důležitým technologickým požadavkem při jejím čištění, i když se též používají technologie biologického čištění, u nichž není předcházející usazení odpadních vod nutné (Herle & Bareš, 1990).

2.2.2 Usazovací nádrže

Tyto nádrže slouží buď k usazení odpadní vody, nebo jsou spojeny v jednu objektu s vyhnívacím kalovým prostorem, do něhož usazující se kal propadá.

V usazovacích nádržích vyplouvají k hladině látky suspendované, vzplývavé, lehčí než voda (hrubší pevné nečistoty, oleje a tuky). Plovoucí nečistoty se zachycují nornou stěnou před výtokem z usazovacího prostoru a z hladiny se stírají.

Takto vyčištěná voda je vedena na biologické čištění, při kterém je vyprodukován další kal, který se usazuje v dosazovacích nádržích (Herle & Bareš, 1990).

Čistící účinek usazovacích nádrží podle ČSN 75 6401 je uveden v závislosti na době zdržení v *tab.č.2*.

Tab č.2 Hodnoty specifického znečištění v g/obyvatele za usazovacími nádržemi při průtoku Q_v podle střední doby zdržení v usazovacích nádržích podle ČSN 75 6401 (Šálek & Tlapák, 2006).

Ukazatel	Specifické znečištění [g.obyv. ⁻¹ .d ⁻¹] pro střední dobu zdržení v usazovacích nádržích při průtoku Q_v		
	Od 0,5 do 1,0 hod.	Od 1,0 do 1,5 hod.	Nad 1,5 hod.
BSK ₅	50,0	45,0	40,0
CHSK	100,0	90,0	80,0
Nerozpuštěné látky	30,0	27,0	23,0
Dusík celkový	10,0	10,0	10,0
Fosfor celkový	2,3	2,3	2,3

2.2.3 Dosazovací nádrže

Dosazovací nádrže jsou vybavovány speciálními systémy stahování plovoucího kalu z hladiny. Recirkulace kalu je buď řešena mamutkami nebo odstředivými čerpadly umístěnými v oddělené čerpací jímce. Přebytečný kal je odpouštěn buď přímo do uskladňovací nádrže nebo do jímky přebytečného kalu a z ní je čerpán do uskladňovací nádrže nebo k zahuštění (Kos, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

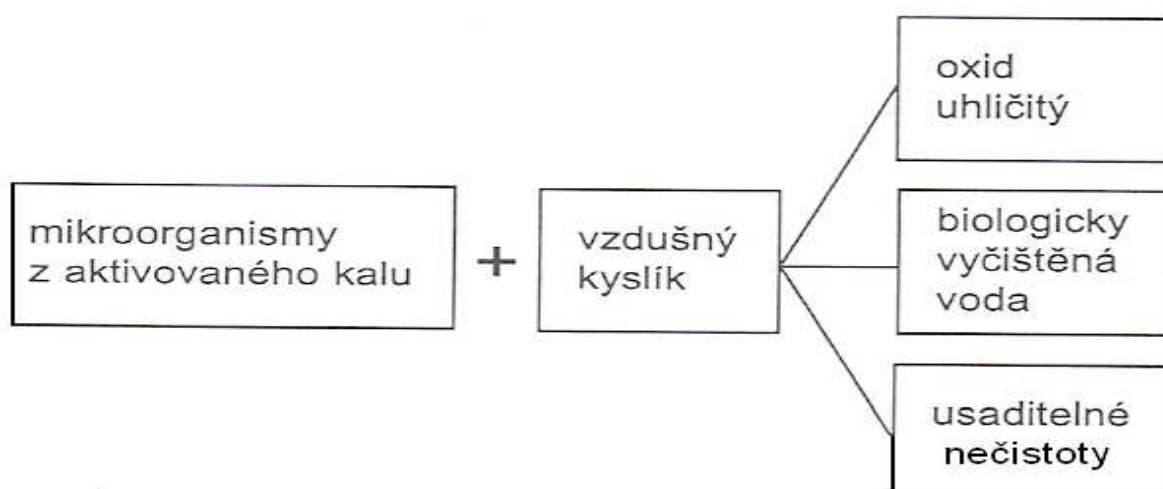
2.3 Biologické čištění odpadních vod

Biologický způsob čištění odpadních vod využívá základních hydrobiologických znalostí o biocenózách organismů a samočisticích procesech, aerobních a anaerobních společenstev, jejich sukcesi při odbourávání jednotlivých komponent a obsah organických látek schopných biochemického rozkladu (Říhová - Ambrožová, 1997).

Biologické čištění probíhá buď v prostředí aerobním, nebo anaerobním. Aerobní pochody probíhají podstatně rychleji než anaerobní, vyžadují však přísun kyslíku a kladou vyšší nároky na energii (Herle & Bareš, 1990).

Měřítkem spotřeby kyslíku je BSK₅ charakterizující spotřebu kyslíku aerobními mikroorganismy přítomnými ve vodě (Říhová - Ambrožová, 1997).

Obr. 2. Schéma rozkladu organického znečištění v biologické části čistírny (Adámek & Jurečka, 2005)



2.3.1 Aktivační čištění

Princip aktivace spočívá ve vytvoření směsné kultury mikroorganismů, které jsou volně rozptýlené ve vodě a ve větších počtech vázány ve vločkách tvořících tzv. aktivovaný kal. Směsná kultura mikroorganismů je výsledkem spontánního směšování přitékající odpadní vody s recirkulovaným aktivovaným kalem a provzdušňováním vzduchem za intenzivního míchání po určitou dobu (doba zdržení) v aktivační nádrži. Aktivovaný kal se s čištěnou odpadní vodou vede do dosazovací nádrže, kde se odděluje a zahušťuje, část takto zahuštěného kalu se vrací zpět do aktivační nádrže (recirkulace) a přebytečný kal se zpracovává vyhníváním (Říhová - Ambrožová, 1997).

Přitékající voda přináší s sebou živiny, které jsou mikroorganismy v kalu využity při další tvorbě kalových vloček. Pokud je přítok odpadní vody, a tedy přísun živin

malý, rozkládají mikroorganismy i organické látky v kalu, který se stabilizuje a jehož objem se podstatně zmenšuje (dlouhodobá aktivace) (Herle & Bareš, 1990).

Základními parametry aktivačního procesu z hlediska biocenózy je doba zdržení (poměr objemu nádrže k přítoku odpadní vody), stáří kalu (průměrná doba od vzniku vločky po její odstranění v přebytečném kalu), objemové zatížení (množství znečištění vyjádřené jako BSK_5 připadající na jednotku funkčního objemu technologického zařízení za jednotku času) a zatížení kalu (množství substrátu připadající na jednotku biomasy aktivovaného kalu za jednotku času) (Říhová - Ambrožová, 1997).

2.3.2 Biologické filtry

Biofiltr, též skrápěný filtr či biologická kolona, je nejstarším biologickým způsobem čištění a dočišťování odpadních vod (první zmínky udává popis Semiramidinych zahrad). Nejedná se o klasický filtr používaný pro filtraci, ale o válcovité těleso naplněné materiálem přírodním (kámen, struska) či umělým (desky, prvky z plastových hmot). Biologické filtry s kamenitou náplní byly navrhovány na povrchové zatížení $0,6 - 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ (Říhová - Ambrožová, 1997).

Na principu biologické filtrace jsou založeny dva základní způsoby biologického čištění. Pomalé biofiltry a rychlofiltry.

Pomalé biofiltry je vhodné používat hlavně pro malé počty obyvatel. Účinnost se uvažuje v rozmezí 60 až 90 % podle BSK_5 , u suspendovaných látek 70 až 90 %.

Biologické rychlofiltry jsou vhodné pro větší počty obyvatel, alespoň pro 1000 EO. Nevýhodou biofiltrů je to, že náplň nesmí vyschnout (Herle & Bareš, 1990).

3. Odstraňování nutrietů v odpadních vodách

Pod pojmem nutriety v odpadních vodách rozumíme anorganické sloučeniny dusíku a fosforu. Zvýšená přítomnost sloučenin těchto dvou prvků ve vypouštěných odpadních vodách může vést k následujícím problémům v recipientech:

- toxicita amoniaku (zejména nedisociované formy) na vodní organismy

- zvýšení náklady na úpravu vody při vodárenském využívání, případně jeho znemožnění a nebezpečí tvorby karcinogenních sloučenin, např. chloraminy při zdravotním zabezpečování vody chlorem
- dusičnany v pitné vodě jsou zdravotně závadné zvláště pro kojence, mohou způsobit methemoglobinemii (tzv. Blue babies)
- eutrofizace povrchových vod se všemi průvodními negativními vlivy jako stimulace růstu řas a ostatních fotosyntetizujících organismů, nadměrné ztráty kyslíku a nežádoucí změny v ekosystémech vod (Wanner & Hlavínek,1997; Hlavínek,2006).

Dusík je ve vodách přítomný v různých molekulových a iontových formách: NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , CN^- , SCN^- , močovina, aminokyseliny, aminy a pod. (Kalavská & Holoubek,1987).

Při odstraňování anorganických dusíkatých složek se většinou využívá oxidačních, popř. sorpčních metod, výměny iontů a chemické či biochemické redukce. Organické dusíkaté látky se většinou odstraňují metodami používanými pro organické látky (čiření, sorpci,oxidaci) (Žáček,1981).

Fosfor se dostává do vod smyvem z polnohospodářských půd (Kalavská & Holoubek,1987). Z vodohospodářského hlediska lze rozdělit sloučeniny fosforu do tří skupin: a) fosforečnany, b) kondenzované fosforečnany, c) organické sloučeniny fosforu. Při odstraňování fosforečnanů z vody se nejčastěji používají železité a hlinité soli a hydroxid vápenatý (Žáček,1981).

3.1 Normy pro odstraňování nutrientů

V rámci Evropské unie byla přijata závazná směrnice Rady ES z 21.5.1991 č.91/271/EEC. Ta uložila členským zemím do 31.12.1993 identifikovat tzv. citlivé oblasti, ve kterých odtoky z čistíren o kapacitě nad 10 000 EO (1 EO = 60 g BSK5) musí po 1.1.1999 splňovat přísnější kritéria obsahující i parametry N a P (Wanner & Hlavínek,1997). Další směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES je ze dne 23. října 2000, stanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

V České republice je v současné době, včetně směrnic z EU, zásadním právním předpisem v oblasti vody Zákon č. 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 s účinností od 1. ledna 2002 (Desertová & Havel, 2002; v publikaci Ambrožová, 2002).

Dále máme nařízení vlády č. 61/2003 Sb., doplněné novelou 229/2007 Sb. a k tomu ještě Metodický pokyn MŽP z roku 2007 (Nařízení vlády č. 61 ze dne 29. ledna 2003, Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.).

Tab. č.3 Požadavky na odstranění N a P podle směrnice č.91/271/EEC (Wanner & Hlavínek,1997).

Parametr	Kapacita ČOV v EO	Přípustná koncentrace v mg/l (roční průměr)	Minimální účinnost snížení zatížení recipientu v %
Celkový fosfor	10.000 – 100.000	2	80
	nad 100.000	1	80
Celkový dusík	10.000 – 100.000	15	70 – 80
	nad 100.000	10	70 – 80

Tab. č.4 Emisní standarty ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod - městské odpadní vody

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺	
	p	m	p	m	p	m	p	m
<500								
500-2000	125	180	30	60	35	70		
2001-10000	120	170	25	50	30	60	15	30
10001-100000	90	130	20	40	25	50		
>100000	75	125	15	30	20	40		

3.1.2 Chemické odstraňování fosforu

Při chemickém odstranění fosforu jsou z odpadní vody odstraňovány fosforečnany procesy srážení, při kterých jsou tvořeny málo rozpustné sloučeniny fosforu. Odstranění fosforečnanů z vodného roztoku je výsledkem dvou procesů: a) tvorby nerozpustných sloučenin, b) adsorpce na vzniklé sraženiny (Wanner & Hlavínek, 1997).

Rozpuštěný fosfor lze z odpadní vody spolehlivě vysrážet přidáním železitých, železnatých nebo hlinitých solí, případně vápna. Vápno nelze většinou aplikovat v hlavní lince bez následné neutralizace, protože by bylo příliš vysoké pH aktivační směsi. Samotné chemické srážení může být aplikováno v primárním nebo sekundárním stupni čištění, nebo lze navrhnout jako samostatný terciární stupeň čištění.

Procesy chemického srážení

Samotný srážecí proces se skládá ze 4 částí:

1. dávkování srážecího činidla spojené s potřebou intenzivního rozmíchání
2. srážení fosfátů a vznik malých vloček
3. koagulace a flokulace vloček do větších agregátů
4. separace vloček pomocí sedimentace, filtrace popř. flotace

Používané chemikálie

Ke koagulaci a flokulaci se používají soli Al, Fe a vápno.

Z hlinitých solí se používají:

síran hlinitý	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (i bezvodý)
chlorid hlinitý	AlCl_3
hlinitan sodný	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$
síran hlinito-amonný	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Ze solí železa:

chlorid železitý	FeCl_3
síran železitý	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
chlorid železnatý	FeCl_2
síran železnatý	FeSO_4

(Hlavínek, 2006).

3.1.3 Biologické odstraňování fosforu

Při biologickém čištění odpadních vod dochází vždy k částečnému odstraňování fosforu z odpadních vod, neboť tento nutrient je inkorporován do nově syntetizované biomasy, odstraňované jako přebytečný kal. V aktivovaném kalu z konvečních čistírnách je obsah fosforu v sušině kolem 2 %. V biocenóze aktivovaného kalu se však nalézají i bakterie schopné zvýšené akumulace fosforu do buněk. Tyto bakterie se nazývají poly – P a jsou převážně z rodu *Acinetobacter* (Wanner & Hlavínek, 1997).

3.1.4 Biologické odstraňování dusíku

Cílem biologického odstraňování sloučenin dusíku je zoxidovat většinu redukovaného dusíku na dusičnany a poté snížit koncentraci dusičnanů na hodnoty přijatelné jak z hlediska odtokových standardů, tak technologické a ekonomické náročnosti procesu (Wanner & Hlavínek, 1997).

Biologická oxidace dusíku se nazývá nitrifikace a probíhá ve dvou stupních: oxidace amoniakálního dusíku na dusík dusitanový (nitritace) a oxidace dusitanového dusíku na dusík dusičnanový (nitratice).

Oba procesy jsou prováděny chemolithotrofními nitrifikačními bakteriemi (např. rody *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*). Nitrifikační bakterie využívají oxidaci dusíkatých sloučenin jako zdroje energie, jsou pomalu rostoucí a podléhají celé řadě inhibičních vlivů. Při biologickém čištění odpadních vod, kdy je nutno provádět nitrifikaci souběžně s odstraněním organického znečištění, vstupuje do hry i jev kompetice

s rychle rostoucími organotrofními baktériemi, které tvoří základ vloček aktivovaného kalu či biofilmů.

Na proces nitrifikace musí navazovat denitrifikace, neboť jinak by sloučeniny dusíku zůstávaly ve finálním odtoku přítomny, pouze jejich forma by se změnila z redukované na oxidovatelnou. Při denitrifikaci je dusičnanový a dusitanový dusík využíván jako konečný akceptor elektronů místo kyslíku. Podmínky, při kterých k denitrifikaci dochází jsou anoxické.

Kombinací nitrifikace s denitrifikací tak lze využít téměř 67 % kyslíku vynaloženého na nitrifikaci i na oxidaci organického znečištění za anoxických podmínek.

V čistírenské praxi se jen výjimečně vyskytují situace, kdy z hlediska ochrany recipientu před eutrofizací postačuje odstraňovat jen jeden z nutrientů. Obvykle neznáme látkovou bilanci recipientu natolik přesně, abychom mohli tuto otázku zodpovědět a priori, a proto je vyžadována souběžná eliminace obou nutrientů (Wanner & Hlavínek, 1997).

4. Dočišťovací biologické nádrže

Kořenové čistírny jsou vhodným způsobem čištění odpadních vod z malých sídel. Principem čištění v kořenové čistírně je velmi pomalá filtrace odpadní vody propustným štěrkovým ložem, které je osázeno rákosem obecným a dalšími druhy hlubokokořenících vodních rostlin (Sága & Št'astný, 1992).

Dočišťovací biologické nádrže (dočišťovací rybníky) patří u nás k nejrozšířenějšímu způsobu využití malých vodních nádrží. Využívají se k dočištění čištěných odpadních vod pod čistírnami a tvoří druhý stupeň biologického čištění. Jejich hlavním úkolem je odstranění zbývajícího organického znečištění a eliminace značné části nutrientů (Šálek & Tlapák, 2006).

Na základě podrobných šetření zjistili Effenberger a Duroň (1989) při maximálním zatížení dočišťovacího rybníka 30 až 35 kg BSK₅ na 1 ha za 1 den. Při minimálně 5 denním zdržení je čistící účinek u BSK₅ 35 až 40 %, u CHSK 15 až 20 %, u P_{celk.} 35 až 40 %, u N_{celk.} 20 až 25 % a u koliformních zárodků minimálně 95 %. Zachycení a poutání živin (N, P) v dočišťovací nádrži závisí na druhu a rozsahu znečištění, klimatických podmínkách (teplotě vody, sluneční radiaci) a poměru C:N:P, který by měl být 40:10:1 (Šálek & Tlapák, 2006).

5. Kalové hospodářství

Odpady z hrubého předčištění odpadních vod tvoří shrabky z česlí, písek z lapáku písku, tuky a oleje z lapáku tuku a olejů. Množství shrabků z česlí v čerstvém stavu činí 4 až 6 kg na 1 obyvatele na rok, písku 5,5 až 7,3 l na 1 obyvatele za rok a tuků 3 až 8 kg na 1 obyvatele za rok (Šálek & Tlapák, 2006).

Shrabky z česlí se odvodní, vysuší, uloží se do kontejneru a odváží se na skládky. Stejný postup je i písku z lapáku písku. Odstraňování tuků a olejů se řeší individuálně (Šálek & Tlapák, 2006).

Hlavním produktem čištění je však kal. Jeho množství je různé, závisí na druhu (původu) odpadních vod, na technologii čištění a na způsobu jeho zpracování.

Orientačně lze pro odpadní vody od obyvatelstva uvažovat produkovaná množství kalu dle *tab. 5* (Herle & Bareš, 1990).

Druh kalu (technologie čištění)	Pevné látky (v sušině)		Voda %	Množství na osobu a den (l)
	g na osobu a den	%		
Usazovací nádrže (1. stupeň)				
Čerstvý kal	54	2,5	97,5	2,16
Zahuštěný kal	54	5,0	95	1,08
Smíšený kal (1. a 2. stupeň)				
Čerstvý – pomalé filtry	67	5,5	94,5	1,22
Čerstvý – rychlofiltry	74	5	95	1,48
Čerstvý – dlouhodobá aktivace	85	4,5	95,5	1,87
Stabilizovaný kal (oxidační příkop)	50	<4	>96	1,5 - 2,0
Vyhníly kal vysušený na vzduchu				
Smíšený kal – pomalé filtry	43	45	55	0,17
Smíšený kal – rychlofiltry	48	45	55	0,19
Smíšený kal – dlouhodobá aktivace	55	45	55	0,23

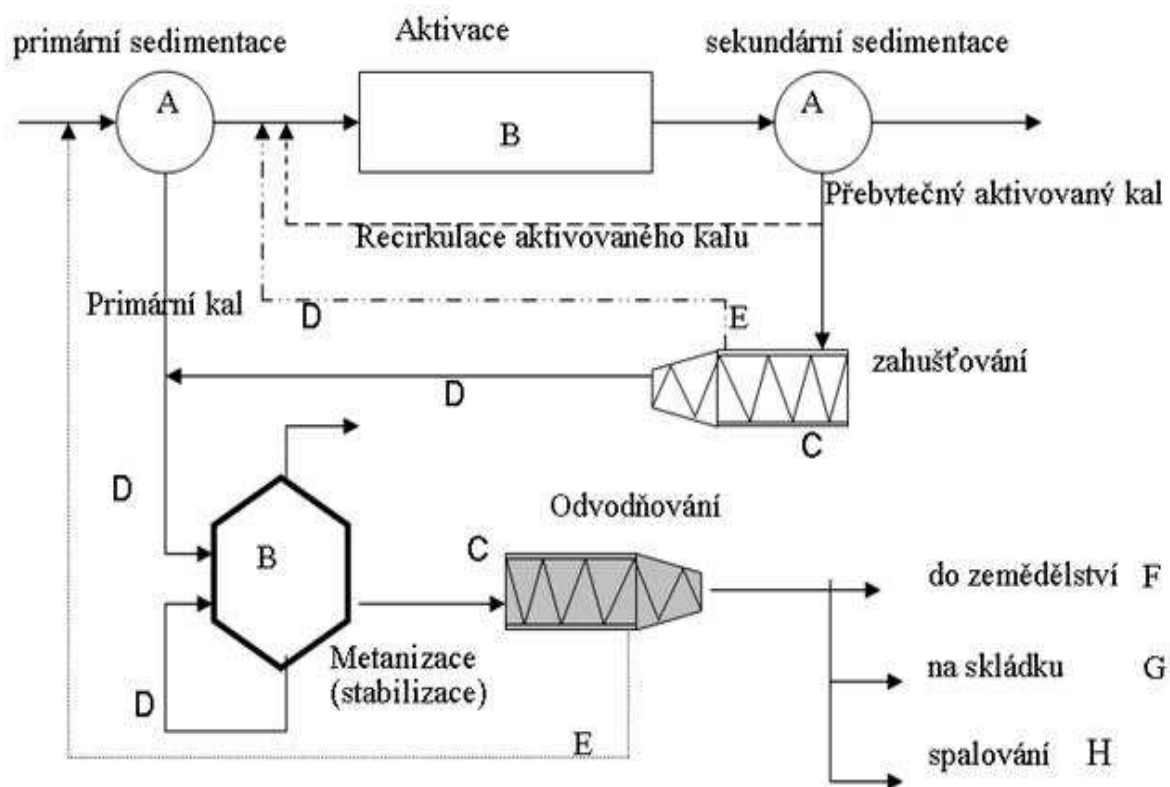
Produkce čistírenských kalů v ČR v absolutní sušině je přibližně 200 000 t/rok a vzhledem k mezinárodním dohodám a závazkům by mělo dojít v nejbližších letech k vybudování čistíren odpadních vod ve všech obcích nad 2 000 obyvatel, čímž se produkce kalů ještě zvýší. V příštích letech je odhadována na 220 000 až 340 000 t sušiny za rok.

Kaly se v ČOV usazují jednak ve formě primárního kalu, který se odděluje ze surové vody sedimentací v usazovacích nádržích, má zpravidla zrnitou strukturu a je tvořen nerozpuštěnými látkami, které prošly lapákem písku a česlemi, jednak ve formě sekundárního (aktivovaného) kalu, který vzniká v biologickém stupni čištění odpadních vod a odděluje se od vyčištěné vody v dosazovacích nádržích, má vločkovitou strukturu a je ovlivněn čistícím zařízením, v němž vznikl (Lyčková et al., 2008).

V aktivovaném kalu se vyskytuje mnoho druhů bakterií, nálevníků, vířníků, hlístic aj. Bakterie vyskytují převážně ve formě zoogelí. Z bakterií se nejčastěji vyskytují rody *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Azotobacter*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium* aj. (Lyčková et al., 2008).

Přítomny jsou ve velkém počtu také vláknité sphaerotilové organismy, drobné limaxové měňavky, nálevníci rodů *Colpidium*, *Glaucoma*, přisedlý druh *Vorticella microstoma*. Výskyt nálevníků rodů *Aspidisca* je indikátor probíhající nitrifikace, zejména nitratace (živí se nitrifikačními bakteriemi) (Říhová - Ambrožová, 1997).

Obr. č. 3 Základní schéma kalového hospodářství na ČOV (Lyčková et al., 2008).



5.1 Zahušťování kalu

Zahušťování je definováno jako schopnost kalu zvýšit koncentraci obsahu tuhých částic (2-3x). Zahušťování se provádí filtrací, gravitačně nebo centrifugací (Lyčková et al., 2008).

Po zahuštění zůstane kal v tekuté konzistenci aby jej bylo možno transportovat čerpáním. Zahuštění kalu může mít význam nejen pro úsporu času a energie vynaloženou na jeho čerpání, ale i pro úsporu technologických objektů (stabilizačních nádrží) (Hlavínek, 1996).

Přetížení nebo špatně nadimenzované zahušťování kalu ovlivňuje kapacitu ČOV. Obecně biologické kaly mohou být zahuštěny v rozmezí 3 až 6 %, primární kal může být zahuštěn v rozmezí 6 až 8 % sušiny (Lyčková et al., 2008).

Orientační hodnoty střední doby zdržení pro přerušovaně provozované zahušťovací nádrže podle ČSN 75 6401 v tab.č.6, (Lyčková et al., 2008).

Tab. č. 6

Druh kalu	Střední doba zdržení v hodinách
Primární kal	Od 8 do 12
Směsný surový kal	Od 5 do 8
Aktivovaný kal	Od 4 do 6

5.2 Stabilizace kalu

Úkolem stabilizace kalu je zlepšení jeho sensorických (pachových), hygienických a fyzikálních vlastností. Stabilizovaný kal se snadněji zahušťuje i odvodňuje. Postupy stabilizace kalu jsou biologické a chemické. Nejobvyklejší jsou postupy mikrobiálního rozkladu jejich biologicky přístupné organické hmoty, a to v aerobním prostředí či prostředí anaerobním (Šálek & Tlapák, 2006).

Při vyhnívání kalu (anaerobní stabilizaci) vzniká kalový plyn (bioplyn), obsahující kolem 70 % metanu a zbytek je převážně oxid uhličitý (Herle & Bareš, 1990; Šálek & Tlapák, 2006).

Množství kalového plynu získaného studeným vyhníváním při teplotě 8 až 10 °C činí za dobu 90 dní 300 až 400 l z 4 kg organické (nikoli celkové) sušiny kalu (Herle & Bareš, 1990).

5.2.1 Anaerobní stabilizace

Anaerobní stabilizace je obvyklá ve velkých městských ČOV. Provádí se ve vyhnívacích nádržích při teplotě mesofilní (27 – 45 °C) nebo méně běžně termofilní (45 – 60 °C). Obsah nádrží je míchán buď nepřetržitě nebo přerušovaně. Na městských ČOV se stabilizuje společně kal primární i přebytečný biologický kal, i když jsou v některých případech zahuštěny odděleně (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

Vznikající bioplyn (v množství 250 – 450 m³ na tunu sušiny zpracovaného kalu) je využíván k výrobě tepla a případně elektrické energie. Vyhnílý – anaerobně stabilizovaný kal je zahušťován na sušinu 20 – 35 % (Lyčková et al., 2008).

5.2.2 Aerobní stabilizace

Při aerobní stabilizaci kalu dochází k rozkladu organické hmoty biomasy autooxidačním procesem a současně je oxidačními procesy rozkládána organická hmota exogenního substrátu, která nebyla rozložena v procesu čištění (např. v průběhu biologického čištění).

Pro rozložení 1 kg organické hmoty je třeba 1,42 kg O₂ a při současné oxidaci amoniakálního dusíku se spotřeba kyslíku zvyšuje na 2 kg.kg⁻¹ organických látek (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

5.2.3 Chemická stabilizace

Chemická stabilizace kalu se provádí přidávkem zásady do odvodněného kalu, obvykle oxidu nebo hydroxidu vápenatého, čímž se zvýší pH na cca 12 nebo i více. Při tomto pH dochází k usmrcení patogenů, ale organická hmota zůstane nerozložena (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

S ohledem na odbytové možnosti kalů v zemědělství a používané způsoby odvodňování kalů lze předpokládat především dávkování CaO do kalového koláče, tj. do odvodněného kalu. Obvyklá dávka CaO je 10 – 30 % v přepočtu na sušinu kalu, čímž dochází k navýšení produkce kalu (Lyčková et al., 2008).

Při aplikaci páleného vápna dochází po smíchání s odvodněným kalem k reakci CaO s přítomnou vodou (hašení vápna) s následným zvýšením teploty v důsledku uvolněného reakčního tepla (lokálně se teplota zvyšuje až na 50-70 °C) (Lyčková et al., 2008).

5.3. 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 od 20 do 50 % (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

Optimální odvodnění kalu je také základní podmínkou pro jeho spalování. Zmenšením objemu kalu odstraněním přebytečné kalové vody dochází také ke snížení dávek Ca(OH)_2 nebo CaO při hygienizaci kalu. To vše vede k úsporám nákladů na zpracování, využití a likvidaci kalů (Lyčková et al., 2008).

5.3.1 Přirozené odvodňování kalu

Z přirozených způsobů odvodňování jsou nejobvyklejší kalová pole a kalové laguny (Šálek & Tlapák, 2006).

Kalová pole tvořená vrstvou písku, uloženém na betonovém drenovaném dnu, jsou jednoduchým, ale investičně a plošně náročným zařízením, užívaným jen pro menší produkce kalu. Napouští se vrstvě 20 – 40 cm (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

Výkon kalových polí závisí na klimatických podmínkách a na době uložení; je možné dosáhnout až 45 % obsah sušiny (Šálek & Tlapák, 2006).

Kalové laguny tvoří zemní nádrže hloubky 1 až 2 m. Odvodnění spočívá ve výparu vody; její část však podle kvality podloží infiltruje do spodních vrstev, čímž ohrožuje kvalitu podzemní vody. Kalové laguny se navrhují výjimečně, jedná se o nouzové opatření. Odvodnění nepřesahuje 25 % obsahu sušiny (Šálek & Tlapák, 2006).

5.4 Využití odpadních kalů

Pro zacházení s kaly platí vyhláška. V podstatě jsou u nás možné tyto způsoby konečného zpracování kalu: kompostování, skládkování, spalování a zemědělské využití (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

Kompostování je způsob využití biodegradabilních odpadů k výrobě organického hnojiva - kompostu. Přeměnu organické hmoty odpadů na humusové složky při kompostování zabezpečují převážně aerobní mikroorganismy (Lyčková et al., 2008).

Proces kompostování probíhá při obsahu vody v kompostovaném materiálu kolem 60 %, jejíž množství se v průběhu procesu poněkud zmenšuje. Při procesu se uvolňuje teplo, a teplota materiálu dosahuje 60 °C i víc e. Již při dosažení teploty 35 °C dochází k usmrcení patogenů. Doba kompostování trvá 15 až 45 dnů a s následným skladováním dalších 30 dnů, během nichž dochází ke stabilizaci produktu (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

Podmínkou pro skládkování kalu na řízené skládce je jeho stabilizace a odvodnění. V SRN je např. stanovena spodní hranice sušiny pro možnost skládkování 45 %. U nás zatím takové omezení neexistuje (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

Opadní kaly lze spalovat, pokud obsahují alespoň zčásti spalitelné složky. Spalitelné složky mohou být přítomny v tuhé i v kapalné fázi. Při spalování odpadních kalů jsou důležité parametry: teplota, obsah sušiny a organické složky (Lyčková et al., 2008).

Závažným problémem při spalování je kvalita exhalátů, které musí být odpovídajícím způsobem čištěny (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997).

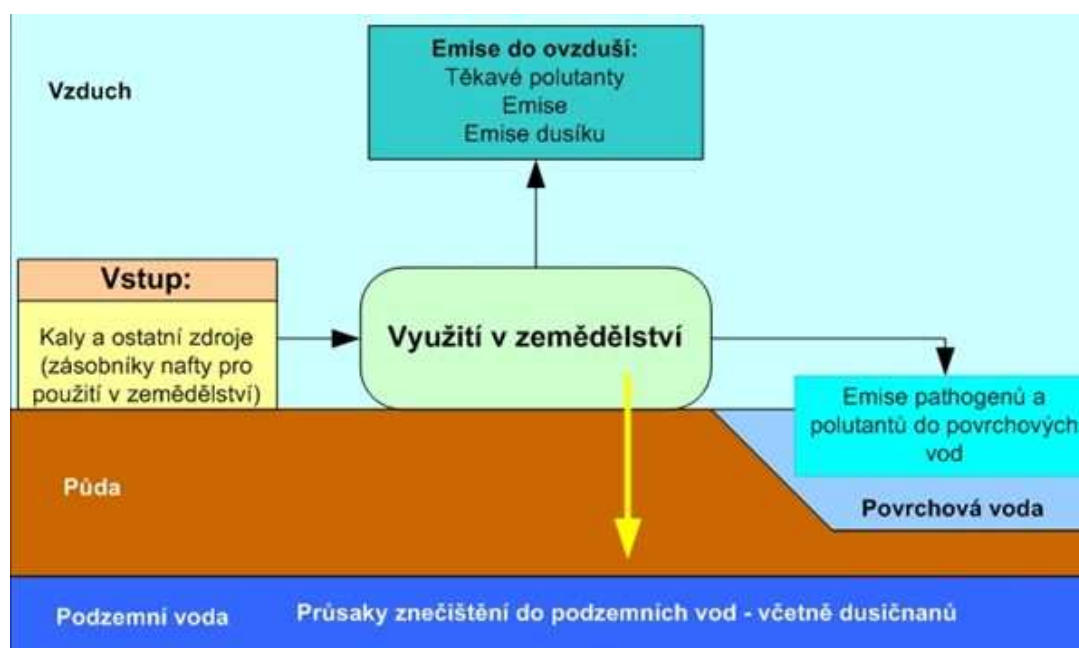
Kal k zemědělskému využití se používá v tekutém a tuhém stavu k přímému hnojení zemědělských plodin, k závlaze a hnojení rychlorostoucích dřevin, školkařských kultur aj., k rekultivaci půd narušených těžbou a rekultivaci neplodných a jinak poškozených půd, na asanaci povrchu uzavřených skládek (Šálek & Tlapák, 2006).

Negativním faktorem je přítomnost škodlivých látek, jejichž limitní koncentrace nesmí být překročeny, zejména na zemědělské půdě (Hlavínek, 1997; v publikaci Wanner & Hlavínek, 1997). Dále pak velké náklady na skladování, neboť kal může

být aplikován na půdu jen několikrát ročně. Nedostatek znalostí o obsahu organických mikropolutantů a patogenních organismů v kalech a jejich účinek na potravní řetězce (Lyčková et al., 2008).

Podmínky pro využití upravených kalů na zemědělské půdě určuje vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 382/2001 Sb. (Šálek & Tlapák, 2006).

Obr. č. 4 Ovlivnění jednotlivých složek životního prostředí při využívání kalů na zemědělské půdě (Lyčková et al., 2008).



3 Metodika

Tato práce vznikla na základě spolupráce několika čistíren odpadních vod. Korespondovala, shromažďovala a třídila jsem jednotlivé informace od jednotlivých ČOV, zákonné normativy, limity množství látek vypouštěných do recipientů. Zajímaly mne hlavně hodnoty jednotlivých složek na přítoku odpadních vod a na odtoku čistíren odpadních vod. Na odtoku pak, zda – li jsou dodržovány limity vypouštění nutrietů do recipientu. Dále jsem také zjišťovala jestli daná čistírna čistí vodu pouze od místního obyvatelstva, nebo i znečištěnou vodu z místního průmyslu.

4 Výsledky a diskuse

ČOV Aš, Cheb, Mariánské Lázně

Přítoky na čov v Aši, Chebu a Mariánských Lázních

ČOV AŠ 2008				
ukazatel	CHSK	P-celk	N-anorg	N celk
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	179,51	2,44	17,76	24,72
min	52,5	1,22	8,87	13,01
max	795	4,98	33,81	44,32

ČOV Cheb - přítok za česly 2008				
ukazatel	CHSK	P-celk	N-anorg	N celk
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	446,463	6,80	34,97	43,90

ČOV Mar. Láz.- přítok 2008				
ukazatel	CHSK	P-celk	N-anorg	N celk
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	195,1	3,0	19,1	25,6

Odtoky na čov v Aši, Chebu a Mariánských Lázních

ČOV Aš 2008 odtok			
ukazatel	CHSK	P-celk	N celk
limit nař.	p80/m130	prů 2	prů 15/m20
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	23,09	0,35	11,57
min	2,8	0,07	6,36
max	57,4	2,23	22,31

Vysvětlivky: p – přípustné hodnoty

prů – roční průměr

m – maximální nepřekročitelné hodnoty

Projektová kapacita 25 000 EO, doporučená kapacita dle zkušebního provozu cca 20 000 EO.

ČOV v Aši splnila při pravidelném odběru (několikrát měsíčně) vždy dané limity až na dvě hodnoty. Hodnotu N celk překročila 20.11.2008 o 7,31 na 22,31 mg/l. A podruhé 26.11.2008 o 6,32 na 21,32 mg/l. Tyto zvýšené hodnoty byly způsobeny sněhem, solením vozovek a prudkým poklesem teploty vody. Hodnoty N_{celk} na odtoku z ČOV z 20. a 26.11.2008 byly pravděpodobně dále ovlivněny sníženou dodávkou vzduchu do levé nitrifikace (porucha dmychadla), což ovlivnilo proces nitrifikace. Pro odstraňování fosforu je dávkován koagulant PIX 113 (roztok síranu železitého). Průměrná dávka PIX 113 je dostačující pro udržení nízkých hodnot koncentrací P_{celk} na odtoku z ČOV. Limity CHSK jsou splňovány.

ČOV Cheb 2008 odtok				
<i>ukazatel</i>	CHSK	P-celk	N-anorg	N-celk
<i>limity nař.</i>	p90/m130	pr3 m 6	p20/m30	
<i>dat./jedm</i>	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
<i>Průměr</i>	36,72	1,05	16,46	18,79
<i>min</i>	16,6	0,11	8,49	10,8
<i>max</i>	66,5	2,56	28,1	32

ČOV Cheb pracuje se současným zatížením kolem 40000 – 45000 EO na hranici své látkové a hydraulické kapacity. Proto jsou také překročena průměrná hodnota anorganického dusíku. A to hned 6x. Nejvíce 9.10.2008 o 8,1 na 28,1 mg/l.

V ČOV v Chebu nebyla stanovena hodnota pro celkový dusík, tudíž není možné zjistit jestli byla hodnota překročena. Odstraňování fosforu je zabezpečováno dávkováním železitého nebo železitohlinitého koagulantu a je i v současné době dostatečné. CHSK limity nebyly překročeny.

ČOV Mariánské Lázně 2008 odtok				
datum	P-celk	N-anorg	N celk	CHSK
<i>limity nař.</i>	pr2/m6		pr30/m50	mg/l
<i>dat./jedm</i>	mg/l	mg/l	mg/l	90
průměr	1,28	19,1	25,6	26,79

V ČOV v Mariánských Lázních nebyla stanovena hodnota pro anorganický dusík, tudíž není podle čeho porovnat výsledky jednotlivých měření a zjistit zda – li nebyla hodnota překročena. Průměrná hodnota celkového dusíku byla překročena nejvíce 2.1.2008 o 13,07 na 43,07 mg/l a následně 7.1.2008 o 9,32 na 39,32 mg/l. Tyto zvýšené hodnoty byly způsobeny sněhem, solením vozovek a prudkým poklesem teploty vody. Odstraňování fosforu je zabezpečováno dávkováním železitého nebo železitohlinitého koagulantu a je v současné době dostatečné. Limity dané platným rozhodnutím byly po celý rok dodrženy. Limity CHSK nebyly překročeny.

ČOV Horažďovice

Čov Horažďovice čistí odpadní vody celkem pro 28 670 EO, z toho pro město je 11 867 EO. Průtok Q je 4 070 m³/den.

V období leden-srpen jsou na ČOV čištěny pouze odpadní vody z města, v provozu jsou pouze dvě technologické linky. V období září-prosinec jsou na ČOV čištěny i odpadní vody ze škrobárny (po jejich vlastním předčištění), v provozu jsou všechny 4 linky. Protože OV ze škrobárny obsahují (vzhledem k organickému zatížení) menší množství fosforu, v době škrobárenské kampaně není nutné fosfor srážet síranem železitým. Odstraňování dusíku probíhá s vysokou účinností, problém může nastat při studeném podzimu, kdy teplota aktivace může poklesnout pod 12°C, potom se snižuje účinnost nitrifikace a s tím i odstraňování celkového dusíku. V ČOV proběhlo 15 škrobárenských kampaní, téměř vždy se spolehlivým plněním požadavků povolení k vypouštění odpadních vod, ojedinělé problémy nastávají v případě sklizně brambor v deštivém období (vysoký podíl hlinitých složek v odpadní vodě) s negativním dopadem na kvalitu a funkčnost aktivovaného kalu.

Přítok na čov v Horažďovicích

HORAŽĎOVICE - ČOV	město		škrobárna			přítok celkem	
	průměr	suma	průměr	suma	podíl	průměr	suma
	mg/l	kg (m3)	mg/l	kg (m3)	%	mg/l	kg (m3)
Bilance zatížení přítoku							
přítok		381 485		32 542	8%		414 027
BSK5	119,9	45 727	1 944	63 262	58%	263	108 989
CHSK-Cr	308,9	117 853	3 134	101 975	46%	531	219 828
P celkový	5,3	2 030	17,8	579	22%	6,3	2 609
N-NH4	40,2	15 351	101,6	3 306	18%	45,1	18 657
N celkový	54,3	20 727	192,0	6 248	23%	65,2	26 975

Odtok - limity

		mg/l				roční průměr	kg(m3)/r
		mimo kampaň		v kampani			
doba slévání :	24/2p						
ukazatel	rozměr	"p"	"m"	"p"	"m"	mg/l	
průtok-objem	m3						1 500 000
BSK5	mg/l	20	40	20	40	12	18 000
CHSK-Cr	mg/l	80	120	90	130	54	81 000
P celkový	mg/l	3	6	2	6	2	3 000
N-NH4	mg/l	10	20	15	20	6	9 000
N celkový	mg/l	20	40	15	20	15	22 500

Odtok mimo kampaň

datum		30.1.	27.2.	26.3.	23.4.	28.5.	25.6.	23.7.
ukazatel	rozměr							
průtok-objem	m3	29 700	23 584	33 243	28 626	32 496	32 275	35 511
BSK5	mg/l	10	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0
CHSK-Cr	mg/l	21	25	22	29	28	20	22
P celkový	mg/l	0,35	2,1	1,3	1,4	2,2	2,2	1,3
N-NH4	mg/l	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4,3
N celkový	mg/l	20	17	10	14	7,1	5,0	8,3

Odtok v kampani:

datum	27.8.	10.9.	24.9.	15.10.	30.10.	12.11.	26.11.	16.12.
ukazatel	rozměr	kampaň	kampaň	kampaň	kampaň	kampaň	kampaň	kampaň
průtok-objem	m ³	39 742	41 718		45 080		36 122	
BSK5	mg/l	3,0	4,0	3,0	3,0	6,0	4,0	4,0
CHSK-Cr	mg/l	21	36	41	60	46	13	23
P celkový	mg/l	0,28	0,72	0,24	0,19	0,22	0,25	0,14
N-NH ₄	mg/l	1,0	4,5	0,48	0,5	5,5	0,5	0,5
N celkový	mg/l	9,1	11	8,6	14	13	19	15

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že hodnoty jsou v normě až na dva údaje. Kdy hodnoty celkového dusíku byly 2x mírně zvýšené (prvně pouze na hodnotu průměru a podruhé hodnota dusíku nedosáhla ani maxima). Tyto o málo vyšší hodnoty dusíku byly způsobeny nízkými teplotami, kdy teplota aktivace poklesla pod 12°C, poté se snížila účinnost nitrifikace a s tím i odstraňování celkového dusíku.

Co se týče dalších komponentů, tak s tím čov v Horažďovicích nemá žádné problémy – splňuje všechny limity na odtoku.

ČOV Vodňany

Čov Vodňany čistí odpadní vody celkem pro 28 500 EO, z toho pro město je 9 200 EO. Průtok Q je 3 258 m³/den.

Přítok

	Město		JD předčištěná		
objem	m ³	422 325	m ³	252 084	37%
denní bilance	průměr mg/l	tuny (m ³) / rok	průměr mg/l	tuny (m ³) / rok	podíl v %
BSK5	137	58,0	389	98,0	63%
CHSK-Cr	313	132,4	656	165,4	56%
P celkový	6,3	2,7	6,1	1,5	37%
N-NH ₄	40,5	17,1	34,6	8,7	34%
N celkový	49	20,8	96	24,3	54%

Odtok

ukazatel	rozměr	celkem		skutečnost 2007	
průtok-objem	m ³	mg/l	kg m ³	mg/l	kg m ³
BSK5	mg/l	3,8	2563	3,4	2263
CHSK-Cr	mg/l	26,9	18128	27,6	18394
P celkový	mg/l	0,8	518	0,7	480
N-NH ₄	mg/l	2,4	1611	2,5	1674
N celkový	mg/l	12,2	8249	12,4	8286

ČOV Vodňany splňuje limity na odtoku u BSK, CHSK a N - NH₄. Hodnota N celkového byla na maximu (20 mg/l) v lednu v důsledku nízké teploty pod 12 ° C, jinak limity byly dodržovány. Hodnoty P celkového byly splňovány až na leden, kdy byla hodnota na maximu (5 mg/l).

ČOV Zlín – Malenovice

Denní průtok je 40 000 m³/den a zatížení má 207 000 EO.

Rekonstrukce čistírny odpadních vod pro město Zlín byla v 90. letech nejvýznamnější a nejnáročnější investicí akciové společnosti Vodovody a kanalizace Zlín a má zcela zásadní význam pro zlepšení životního prostředí v povodí řeky Dřevnice.

Po dokončené rekonstrukci je čistírna odpadních vod schopna plnit nejenom legislativní požadavky České republiky, ale především požadavky směrnice Evropské unie o čištění městských odpadních vod. Proto také limity jednotlivých komponentů nejsou dlouhodobě překračovány.

Lze konstatovat, že čistírna odpadních vod Zlín se může použitou technologií zařadit mezi nejmodernější technologie v čistírenství odpadních vod České republiky.

Dosažené hodnoty čištění vod:

ČOV Zlín - Malenovice			
parametr	jednotka	průměrné hodnoty	limity vypouštění
průtok Q	m ³ .s ⁻¹	0,274	0,65
BSK5	mg.l ⁻¹	4,2	15
CHSKCr	mg.l ⁻¹	26,3	75
NL	mg.l ⁻¹	5,3	20
N-NH4+	mg.l ⁻¹	2	5
Nanorg	mg.l ⁻¹	10,6	15
Ncelk	mg.l ⁻¹	9,8	10
Pcelk	mg.l ⁻¹	1,05	1,5

ČOV Olomouc – Nové sady

Počet ekvivalentních obyvatel v současné době je 259 500. Průměrný denní průtok ČOV je 55 000 m³.

Období od konce roku 2002 do roku 2005 je období provozu po první intenzifikaci čov, kdy je vyřešeno čištění odpadních vod v souladu s nařízením vlády č. 82/1999

Sb. Po druhé intenzifikaci v roce 2007 zabezpečuje čištění odpadních vod v souladu s platnou legislativou jak v ČR tak EU.

Odtok na čov v Olomouci

ČOV Olomouc - Nové Sady			
parametr	jednotka	průměrné hodnoty	limity vypouštění
průtok Q	m ³ .s ⁻¹	0,355	0,636
BSK5	mg.l ⁻¹	2,4	15
CHSKCr	mg.l ⁻¹	14,3	75
NL	mg.l ⁻¹	3,8	20
N-NH4+	mg.l ⁻¹	0,21	-
Ncelk	mg.l ⁻¹	9,05*	10
Pcelk	mg.l ⁻¹	0,6*	1

* aritmetický průměr za posledních 12 měsíců, dle rozhodnutí

Přítok na čov v Olomouci

ČOV Olomouc - Nové Sady		
parametr	jednotka	
průtok Q	m ³ .s ⁻¹	636
BSK5	mg.l ⁻¹	283
CHSKCr	mg.l ⁻¹	530
NL	mg.l ⁻¹	164
N-NH4+	mg.l ⁻¹	27
Ncelk	mg.l ⁻¹	45
Pcelk	mg.l ⁻¹	7

ČOV v Olomouci se díky moderní technologii řadí k nejmodernějším ČOV a je schopna zabezpečit čištění odpadních vod v souladu s platnou legislativou ČR i EU. Systém vykazuje stabilně úplnou nitrifikaci a požadované hodnoty N_{celk} na odtoku pod 10 mg/l je možné dosáhnout řízením dávky externího substrátu do profilu postdenitrifikace. Přijatelné odtokové koncentrace P_{celk} jsou dávkováním síranu

železitého dosahovány dlouhodobě. Ostatní komponenty taktéž splňují limity na odtoku, to vše z důvodu nedávné intenzifikace ČOV.

ČOV Poděbrady a Nymburk

Průměrný průtok na čov v Poděbradech činí 44,568 m³/den a v Nymburce 45,477 m³/den. Počet EO Poděbraday –13 255 a Nymburk 14351 EO.

Přítoky

ČOV Poděbrady 2008			
ukazatel	CHSK	P-celk	N-amon
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	493,9	8,1	19,3
min	198	2,9	7,9
max	1755	21,2	37

ČOV Nynburk 2008			
ukazatel	CHSK	P-celk	N-amon
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	565,8	8,6	27,7
min	144	2,6	0
max	1950	26	44

Odtoky

ČOV Poděbrady 2008			
ukazatel	CHSK	P-celk	N-amon
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	30	1,2	1,9
min	20	0,44	0,12
max	55	2,1	18,3

ČOV Nymburk 2008				
ukazatel	CHSK	P-celk	N-amon.	N celk
dat./jedm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr	30,6	0,9	1,3	10,4
min	20	0,21	0,04	6,4
max	58	2,6	7,8	14,3

Limity CHSK nebyly překročeny ani na jedné z čistíren. Celkový fosfor byl překročen v Poděbradech i v Nymburce. V Poděbradech 2x na hodnotu 2,1 (max. 2). Bylo to způsobeno špatným dávkováním síranem železitým pro srážení fosforu. V Nymburce byl limit překročen jen jednou o 0,6. Překročení bylo způsobeno velkými dešťovými srážkami, kdy se koagulant zředil velkým množstvím vody, a tím pádem nebylo čištění fosforu tak účinné. Celkový dusík nebyl překročen ani na jedné z čistíren. Amoniakální dusík byl překročen v Poděbradech o 3,3 (max. limit 15 mg/l). Toto zvýšení zapříčinila havárie vzduchu.

ČOV Plzeň

ČOV je navržena na 385 tis. EO, v současné době je zatížena na cca 416 670 EO. Průměrný denní průtok ČOV je 56 030 m³.

Co se týče průmyslu, tak dominantní je Plzeňský Prazdroj, který zatěžuje ČOV z 50 % (míněno z hlediska množství nečistot na vtoku odpadních vod). Na ČOV se již 5 tím rokem odkládá intenzifikace ČOV na odstraňování celkového dusíku, neboť po roce 2010 nebude ČOV garantovat potřebný limit N celk na odtoku a to je 10 mg/l (dle EU legislativy). Překročením zatížení ČOV je způsobena větší hodnota celkového dusíku, kdy je v důsledku nedostatečné aerační kapacity snížena účinnost nitrifikace. Co se týká fosforu, BSK5, CHSK a NL, tak zde ČOV nemá problém (viz odtokové parametry). Jinak do roku 2010 má ČOV limity na vypouštění dle naší legislativy a bez problému je plní.

	BSK5	CHSK	NL	Ncelk	Pcelk
Přítok	446	973	465	54,9	9,9
Odtok	4,6	36,3	6,2	11,0	0,3

5 Závěr

Z výsledků je patrné, že vliv na vypouštěné hodnoty jednotlivých komponentů odpadních vod má:

- intenzifikace ČOV, kdy na ČOV Olomouc a Zlín proběhla a z tohoto důvodu plní dlouhodobě bez problémů limity na odtoku odpadních vod. Zároveň dané limity od r.2010 bude taktéž plnit.
- teplota odpadních vod, kdy jestliže klesne teplota pod 12 °C, snižuje se nitrifikace N a tím i účinnost čištění. To se stává především v podzimních měsících a na začátku roku. To se stalo na ČOV v Aši, Mariánských Lázních, ve Vodňanech a Horažďovicích.
- špatné dávkování koagulantu na srážení P (na ČOV v Poděbradech) a velké dešťové srážky, kdy se koagulant zředil velkým množstvím vody, a tím pádem nebylo čištění fosforu tak účinné (na ČOV v Nymburce).
- vzájemný poměr : kapacita x skutečné zatížení : čím se zatížení čistírny blíží projektované kapacitě, je menší rezerva pro mimořádné nátoky (z hlediska množství i zatížení), může dojít ke krátkodobému přetížení (např. nedostatečná aerační kapacita, pak dojde ke snížení účinnosti nitrifikace) s negativním dopadem do účinnosti čištění. To se týká ČOV Cheb, kdy pracuje se současným zatížením kolem 40000 – 45000 EO na hranici své látkové a hydraulické kapacity . Plzeňská ČOV je navržena na 385 tis. EO, v současné době je zatížena na cca 416 670 EO.

ČOV, ve kterých nebyly dodnes udělány nutné intenzifikace se obávají vzniku problémů s dodržováním limitů na odtoku po roce 2010, kdy se mají dle evropské směrnice č.91/271/EEC tyto limity zpřísnit.

V této směrnici bylo vyjednáno pro ČR přechodné období do 31. 12. 2010. Jedná se o přechodné období pro praktickou implementaci požadavku na výstavbu čistíren odpadních vod u obcí kategorie 2000-10 000 EO (ekvivalentních obyvatel), v případě obcí kategorie pod 2000 EO pak jen u těch, kde je již vybudovaná kanalizace.

Problém je s financemi na výstavbu nových popř. modernizaci stávajících čistíren, kdy pokud nedostane ČOV dotaci, tak jen těžko bude splňovat nové limity.

6 Seznam použité literatury

Adámek M., Jurečka A.: Instalace vody a kanalizace II. Praha, Informatorium, 2005.

Ambrožová J.: Biologické parametry v současných a připravovaných normách ve vztahu ke směrnicím EU. – In: Sb. 18. sem. Aktuální otázky vodárenské biologie. Praha, 2002.

Anonymus 2009a [online] <http://www.bvk.cz>, 26.2.2009

Anonymus 2009b [online] <http://www.ekotechnickemuseum.cz>, 26.2.2009

Herle J., Bareš P.: Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění., Praha, SNTL 1990.

Hlavínek P., 2006.: [online]

<http://water.fce.vutbr.cz/zamestnanci/hlavinek/kurz1pr.htm>, 23.1.2009

Kalavská D., Holoubek I.: Analýza vod. Bratislava, Vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1987.

Lyčková B., Fečko P., Kučerová R.: Multimediální učební texty zaměřené na problematiku zpracování kalů. Ostrava, VŠB, 2008

Říhová – Ambrožová J.: Encyklopedie hydrobiologie. Praha, VŠCHT, 2007.

Sága P., Šťastný M.: Malé čistírny odpadních vod. Praha, Stud. Inform., ÚVTIZ, 1992.

Šálek J., Tlapák V.: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Praha, ČKAIT, 2006.

Wanner J., Hlavínek P.: Sb. předn. Moderní trendy v čištění odpadních vod. Brno, Noel 2000, 1997.

Žáček L.: Chemické a technologické procesy úpravy vody. Praha, SNTL, 1981.

7 Přílohy

ČSÚ: Způsob zneškodňování kalu

Území, kraj	Kaly produkované v ČOV celkem (tuny sušiny)	Způsob zneškodnění kalu <i>Method of sludge disposal</i>				
		přímá aplikace a rekultivace	kompostování	skládkování	spalování	jinak
<i>Territory, region</i>	<i>Total sludge production</i>	<i>Agricultural use</i>	<i>Composting</i>	<i>Landfilling</i>	<i>Incinerating</i>	<i>Other</i>
Česká republika	172 303	55 349	80 393	8 536	47	27 978
<i>Czech Republic</i>						
Hl. město Praha	23 918	0	23 901	5	0	12
Středočeský	16 698	553	9 665	3 179	0	3 301
Jihočeský	11 444	3 599	7 710	49	0	86
Plzeňský	10 318	1 594	1 184	526	0	7 014
Karlovarský	3 389	1 248	1 364	685	0	92
Ústecký	12 445	6 553	5 362	37	0	493
Liberecký	5 807	2 550	3 070	99	0	88
Královéhradecký	7 612	2 872	2 780	915	0	1 045
Pardubický	8 240	1 096	3 570	1 180	0	2 394
Vysočina	7 333	1 696	1 669	189	0	3 779
Jihomoravský	19 294	1 661	10 958	643	47	5 985
Olomoucký	10 136	3 930	5 501	400	0	305
Zlínský	16 628	12 537	1 394	347	0	2 350
Moravskoslezský	19 041	15 460	2 265	282	0	1 034

ČSÚ : Vody vypouštěné do kanalizace, čišťené vody

Území, kraj	Vypouštěné odpadní vody do kanalizace			Čišťené vody			
	<i>Wastewater discharged into sewerage systems</i>			<i>Treated water</i>			
	celkem	v tom: <i>incl.:</i>		celkem	v tom: <i>incl.:</i>		
		splaškové	průmyslové a ostatní		splaškové	průmyslové a ostatní	srážkové (balastní)
<i>Territory, region</i>	<i>Total</i>	<i>Sewage</i>	<i>Industrial and other</i>	<i>Total</i>	<i>Sewage</i>	<i>Industrial and other</i>	<i>Precipitation</i>
Česká republika	519 331	340 753	178 578	841 194	320 898	176 683	343 613
Czech Republic							
Hl. město Praha	76 292	60 210	16 082	121 343	60 210	16 082	45 051
Středočeský	51 351	34 169	17 182	71 928	34 068	17 179	20 681
Jihočeský	37 143	21 694	15 449	54 573	20 067	15 329	19 177
Plzeňský	32 349	17 195	15 153	45 843	15 627	15 102	15 114
Karlovarský	16 354	9 797	6 557	32 669	9 744	6 429	16 496
Ústecký	34 541	25 720	8 821	59 852	24 799	8 819	26 234
Liberecký	16 636	12 755	3 882	38 156	12 585	3 882	21 689
Královéhradecký	24 992	15 634	9 358	58 339	14 098	9 160	35 081
Pardubický	22 371	12 694	9 676	39 796	11 755	9 562	18 479
Vysočina	22 190	17 617	4 573	39 625	13 770	4 400	21 455
Jihomoravský	55 598	37 753	17 844	75 499	35 930	17 749	21 820
Olomoucký	29 066	18 597	10 469	53 471	17 662	10 367	25 442
Zlínský	27 284	15 926	11 359	45 770	14 523	11 289	19 958
Moravskoslezský	73 164	40 991	32 174	104 331	36 061	31 335	36 935

