

# HOSPODAŘENÍ S BIOODPADY Z MALÝCH ČOV A DOMÁCNOSTÍ

Jan Šálek <sup>14</sup>

## Abstrakt

Problematika nakládání s bioodpady z malých čistíren odpadních vod a domácností je aktuální téma, které se týká zejména malých producentů těchto bioodpadů. Jedná se především o způsoby hospodaření s kaly a odpady malých čistíren, bioodpady produkovanými domácnostmi, biomasu ze zahrádek a zelených ploch, domovních travnatých komunikací apod. Referát je zaměřen na původ a charakteristiku jednotlivých druhů odpadu, jednoduché, ekonomické a ekologické způsoby nakládání s těmito materiály a jejich využití.

## Úvod do problematiky

Problematika hospodaření s bioodpady vychází ze znalosti druhu, množství a složení bioodpadů, způsobů jejich zpracování, skladování a následné využití.

V podstatě dělíme bioodpady produkované malými producenty do těchto skupin:

- bioodpad produkovaný domácnostmi (organické zbytky ze zpracování ovoce a zeleniny, zbytky pokrmů, květin) aj.;
- kaly a odpady z domovních a malých čistíren odpadních vod;
- bioodpad ze zahrádek a zatravněných ploch, který rovněž tvoří tráva ze zatravněných ploch v okolí čistírenských zařízení, dřevní odpad z údržby ovocných, okrasných a rychlerostoucích dřevin.

Množství bioodpadu produkovaného domácnostmi, podle vlastních tříletých šetření se pohybuje od 90 do 125 kg surového odpadu na osobu za rok. Množství bioodpadu ze zahrádek a zatravněných ploch se stanoví podle konkrétního uspořádání, velikosti apod.

Odpady z malých čistírenských zařízení tvoří:

- odpady a kaly z mechanického stupně čištění (česle, lapáky písku a tuku, usazovací nádrže, kal ze septiků apod.);
- mokřadní rostliny z vegetačních čistíren, biomasa z biologických nádrží a ze zařízení s akvakulturami;
- kaly z regenerace filtračních náplní zemních filtrů, filtračních náplní vegetačních kořenových čistíren aj.
- sedimenty z biologických nádrží, vyrovnávacích a akumulčních nádrží;
- splaveniny a kaly z úpravy srážkových vod, filtračních zařízení, kaly z filtrů pro úpravu závlahové vody pro mikrozávlahy a podpovrchové závlahy.

Shrabky ze sít a jemných česlí obsahují množství organických látek a přibližně 80 % vody. Musí nejprve odvodnit, vysušit a potom se odvážejí nejčastěji na skládky, nebo do spaloven. Lapáky tuků a olejů se navrhuje bezprostředně u zdroje znečištění, navrhuje se samostatně, vkládají se rovněž do biologických septiků apod. Odpady z lapáku tuků a olejů se spalují v určených spalovnách, kam se transportují ve speciálních kontejnerech.

---

<sup>14</sup> Prof.Ing.Jan Šálek,CSc, Vránova 96, 621 00 Brno, tel. 544 525 632, e-mail: [salek.j@centrum.cz](mailto:salek.j@centrum.cz)

Množství čistírenských kalů (v ČR uvádí ČSN 75 6401), 1 EO produkuje 55 g nerozpuštěných látek, přesný údaj je třeba stanovit individuálně.

Složení kalů je vzhledem k různému původu rozdílné a vyžaduje individuální šetření. V kalech se stanoví množství organických a minerálních látek, zvýšenou pozornost je třeba věnovat obsahu těžkých kovů (arzenu, kadmiu, chrómu, mědi, rtuti, niklu, olova, zinku), stanovení absorbovatelných organických halogenů (AOX), polychlorovaných bifenyly (PCB). Toxické látky se u malých producentů vyskytují spíše výjimečně.

## Metoda a uspořádání

Při řešení problematiky je nezbytné navrhnout jednoduchý a účinný způsob zpracování. Bioodpad z domácností převážně nevyžaduje zvláštní úpravu vlastností, výjimečně homogenizaci. Ke krátkodobému skladování se použijí jednoduché kontejnery vybavené rošty a provzdušovacími otvory. Krátkodobě je možné skladovat pokosenou trávu v otevřených skladovacích boxech. Hrubší bioodpad, např. větve z prořezu stromů se drtí ve štěpkovačích (obr.1), štěpky se skladují v otevřených boxech. Podstatně náročnější je zpracování bioodpadů z čistíren odpadních vod.

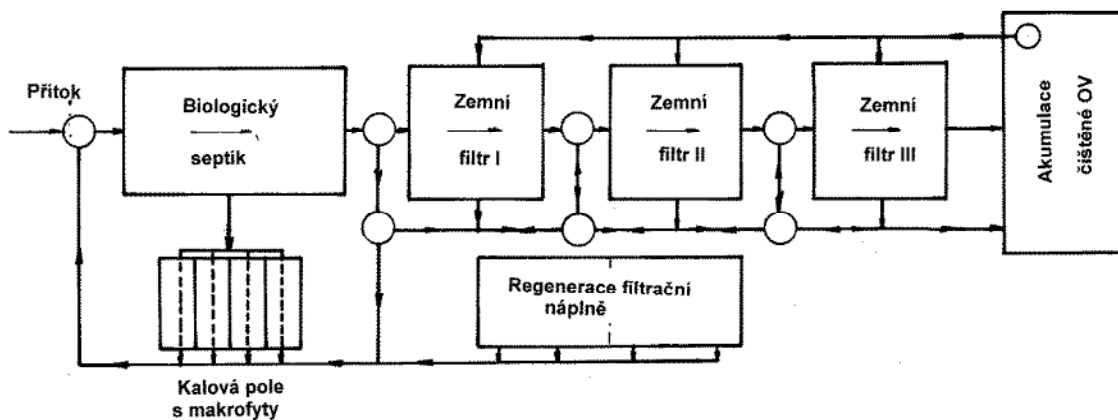


Obr.1 Jednoduchý štěpkovač

## Uspořádání malé čistírny odpadních vod s řešením odpadového hospodářství

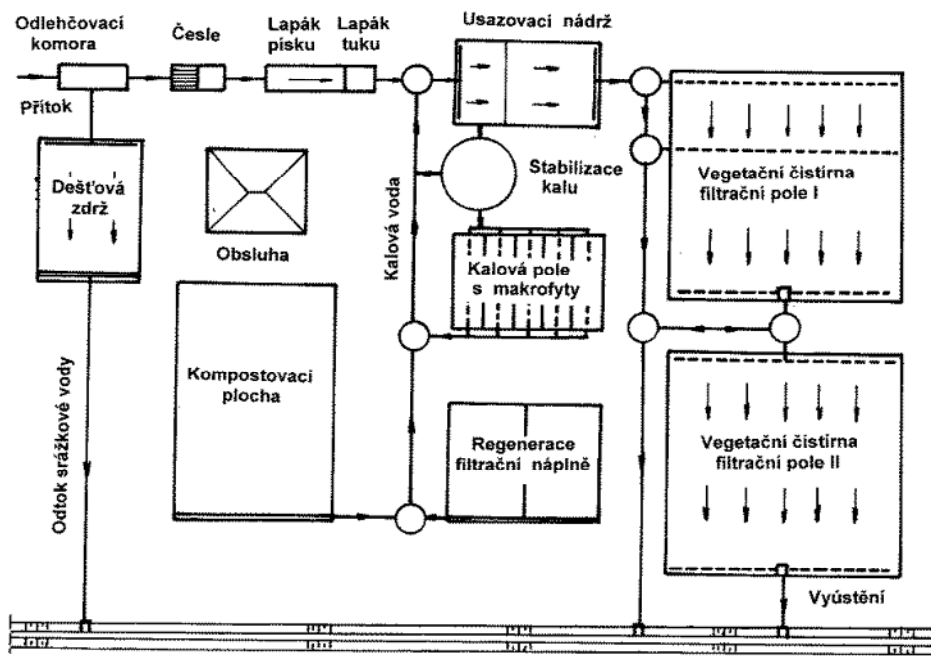
Při řešení odpadového hospodářství malých čistíren odpadních vod je třeba zpracovat blokové schéma nakládání s odpady. Příklad řešení odpadového hospodářství u malé domovní čistírny vybavené biologickým septikem a kaskádou zemních filtrů je znázorněn na obr. 2. Čistírenské zařízení je doplněné zpevněnou a odvodněnou plochou, vybavenou odvoňovacími kanálky, nebo perforovaným dnem, určenou k regeneraci filtrační náplně. Filtrační materiál se plošně rozprostírá ve vrstvě 10-15 cm, nižší hodnota platí pro jemnější filtrační materiál. Vyplavený kal se zpětně přivádí před vtok do septiku, kde se zachycuje. Kal z biologického septiku, po přiměřené stabilizaci, se vypouští na kalová pole, různého uspořádání, s vegetací, nebo bez vegetace a postupně se odvodňuje. Odvodněný kal se použije ke kompostování. Alternativně je možné využít tekutý stabilizovaný kal přímo na pole ke hnojení, nebo k navlažování (řízení vlhkosti) kompostů.

Pro větší počet obyvatel, např. menší obce, je možné použít k čištění odpadních vod vegetační kořenovou čistírnu, znázorněnou na obr. 3.



Obr.2 Blokové schéma uspořádání malé čistírny s kalovým hospodářstvím

Mechanický stupeň čištění je vybaven místo nedostatečně funkční štěrbinové nádrže usazovací nádrží s horizontálním prouděním, odděleným kalovým hospodářstvím zajišťujícím stabilizaci a zahuštění kalu. Součástí řešení jsou zpevněné a odvodněné plochy pro regeneraci filtrační náplně a kompostování kalu.



Obr.3 Blokové schéma vegetační kořenové čistírny s kalovým hospodářstvím

Alternativními řešeními je malá „strojná“ aktivační čistírna, kaskáda aerobních biologických nádrží. Kal se z jednotlivých nádrží přečerpává do kalových polí, po odvodnění a vysušení se kompostuje. Příslušná schémata budou uvedena v prezentaci.

## Odvodnění kalu

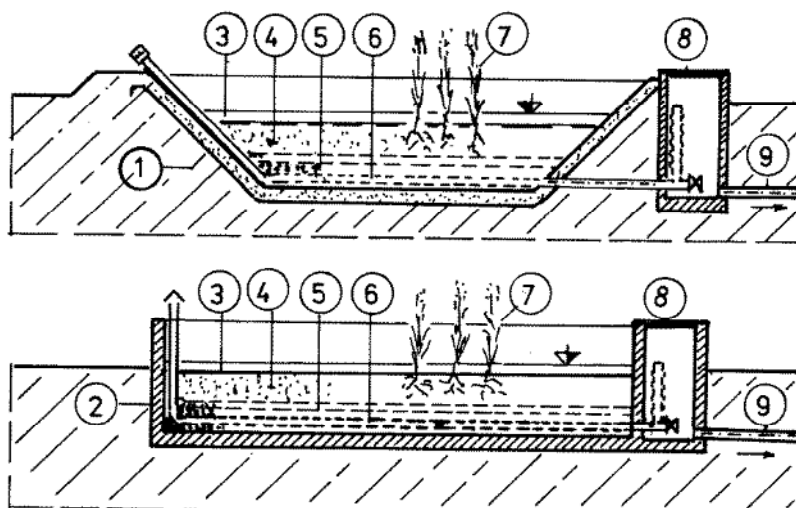
Způsobů odvodnění kalů pro malé čistírny je celá řada, některé mají charakter více přírodní, jiné technický; v podstatě je můžeme rozdělit do následujících skupin:

- odvodnění kalu na kalových polích různého konstrukčního uspořádání;
- solární vysoušení kalu v krytých vysoušecích hangárech;
- odvodnění kalu pomocí mokřadních rostlin;
- gravitační odvodnění textilními filtry, od nejjednodušších pytlových až po kalolisy;
- odvodnění mobilními odstředivkami pracujících s přísadkou koagulantů aj.

Z přírodních způsobů jsou nejužívanější způsoby odvodnění kalů na kalových polích a kalových polích s makrofyty. Alternativním řešením je odvoz kalů fekálními vozy na čistírnu odpadních vod s vybudovaným kalovým hospodářstvím.

Odvodnění stabilizovaných kalů mokřadními rostlinami spočívá ve využití vysoké transpirační schopnosti mokřadních rostlin, především rákosu obecného, zblochanu vodního, chrastice rákosovité, orobince širokolistého a úzkolistého aj. Tyto rostliny využívají z kalů k tvorbě biomasy potřebné živiny (nutrienty). Mokřadní rostliny při dostatku vody a živin vytvářejí mohutný porost velkým objemem i hmotností biomasy.

K odvodnění stabilizovaných kalů se používají těsněné a odvodnitelné kalové nádrže (kalové laguny), nejčastěji pravidelného tvaru, zemní, prismatické plastové a železobetonové (2) aj. K těsnění kalových nádrží se nejčastěji používají těsnicí fólie z plastů (1), kryté ochrannou geotextilií, použitelné je i jílové těsnění. Nad dnem nádrže je umístěna vrstva štěrkopísků s odvodňovacími drény (6), opatřenými filtračním obsypem (5), nad ní je vrstva zemitého substrátu s makrofyty (4,7). Uspořádání zemní kalové nádrže s makrofyty je znázorněné na obr. 4. Výška hladiny vody je regulovaná výškově nastavitelným přelivem (8).



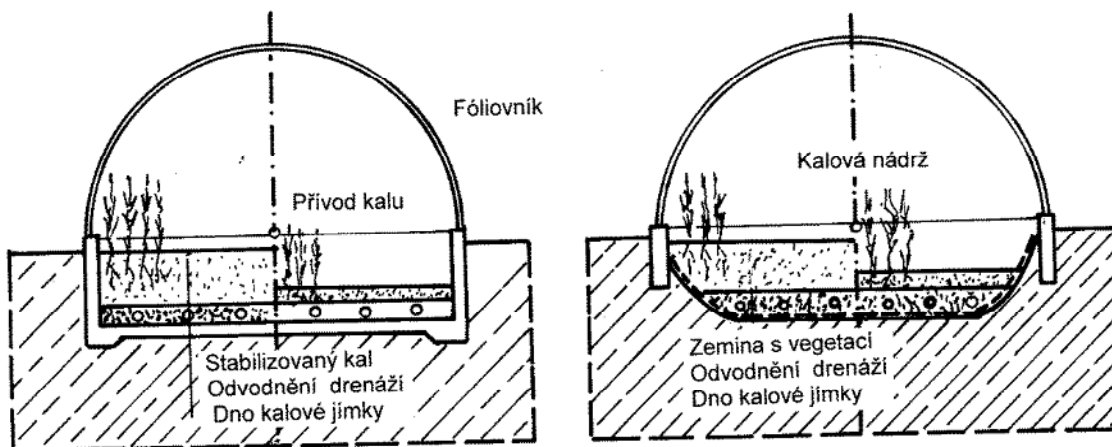
Obr.4 Uspořádání kalové nádrže s makrofyty

S napouštěním stabilizovaných (kvalitně vyhnílych) čistírenských kalů se započne v druhé polovině května, závisí to na vývoji porostu. Velikost dávek kalů a jejich počet se volí podle vývoje rostlin a klimatických podmínek dané lokality. Po ukončení vegetační doby se rostliny pokosí a ponechají v nádrži, jejich biomasa významně zvyšuje podíl organické hmoty v substrátu. Po šesti až osmi letech provozu je kalová laguna vyplněná organo-minerálním substrátem, tvořeným sušinou kalu a biomasou mokřadních rostlin, napouštění se ukončí, substrát se odvodní, vysuší, homogenizuje rotavátorem, vytěží a kompostuje s ostatními domovními bioodpady.

Množství odvedené (odvodněné) vody  $M_k$  z jednotky plochy se vypočte z bilanční rovnice

$$M_k = W_{ET} + W_D - \alpha \cdot S_R - W_P \quad \dots\dots\dots (1)$$

kde  $W_{ET}$  je hodnota evapotranspirace,  $W_D$  – velikost drenážního odtoku,  $\alpha$  – součinitel využití dešťových srážek,  $S_R$  – roční srážkový úhrn,  $W_P$  – množství vody poutané v půdním prostředí. Podle zahraničních zkušeností Bergholda et al.1992, Grosera a Gerta (1996), Kuhlendahla (2000), Paulyho et al. (1997) se zatěžují kalová pole jednotlivými dávkami až 100mm tekutého stabilizovaného kalu, podle výšky porostu. Tekutý stabilizovaný kal o obsahu 4 až 6 % sušiny se přivádí potrubím nebo přiváží cisternovými vozy. Na 1 EO, podle citovaných zahraničních autorů, se počítá 0,25 až 0,40 m<sup>2</sup> plochy „kalové nádrže“ (kalového pole). V našich klimatických poměrech se doporučuje 0,30 až 0,60 m<sup>2</sup> na jednoho obyvatele. Odvodňovací účinek kalových nádrží se zvýší umístěním do fóliovníku, který eliminuje vliv dešťových srážek, prodlužuje vegetační období a vytváří příznivé teplotní podmínky pro rozvoj mokřadní vegetace. Schéma uspořádání je znázorněné na obr.5. V podstatě se jedná o kryté kalové pole, vlastní kalová nádrž se navrhuje obdobným způsobem, jako v předchozím případě.



Obr.5 Uspořádání kalových nádrží s makrofyty krytých fóliovníkem

#### Přímá aplikace stabilizovaných a hygienizovaných kalů na zemědělských půdách

Zemědělské využití kalů je podmíněno dostatkem vhodných ploch s příznivými půdními, geologickými a hydrogeologickými podmínkami, přípustným složením kalů a vhodným způsobem jejich aplikace. Podmínky pro využití upravených (stabilizovaných) kalů na

zemědělské půdě určuje v ČR vyhláška MŽPČR č.382/2001 Sb. K nejdůležitějším podmínkám pro aplikaci kalů na zemědělské půdy patří:

- stabilizované kaly je nezbytné zapravit do půdy nejpozději do 48 hodin;
- nesmí se použít více než 50kg sušiny kalů na 100m<sup>2</sup> hnojené půdy v průběhu 3 po sobě následujících letech;
- množství dusíku dodaného v kalech nesmí přesáhnout 70% spotřeby dusíku rostlinami, při zohlednění obsahu všech forem dusíku v půdě;
- minimální obsah sušiny v kalech pro tlakové zapravení do půdy radlicovými aplikátory je 5%; použijí-li se mechanická rozmetadla, minimální obsah sušiny je 18%;
- na zemědělskou půdu mohou být aplikovány kaly, které vyhovují mezním hodnotám rizikových látek, prvků (tab.1) a mikrobiologickým kritériím (tab.2).
- v půdách, na nichž se využívají kaly, nesmí být překročené limitní (mezní) koncentrace, uvedené v tab.3

Podrobnosti z výzkumu vlivu aplikace tekutých stabilizovaných kalů na životní prostředí, povrchové a podzemní vody uvádí Šálek (1995,1997).

**Tab.1 Mezní koncentrace vybraných prvků v kalech (mg.kg<sup>-1</sup> sušiny)-vyhl. č.382/2001 Sb.**

Sledovaný ukazatel	Mezní hodnoty koncentrací v kalech v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny	Sledovaný ukazatel	Mezní hodnoty koncentrací v kalech v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny
Arzen-As	30	Nikl-Ni	100
Kadmium-Cd	5	Olovo-Pb	200
Chrom-Cr	200	Zinek-Zn	2500
Měď-Cu	500	AOX	500
Rtuť-Hg	4	PCB x)	0,6

Pozn.: x) – suma 6 kongenerů (28+52+101+138+153+180)

**Tab.2 Mikrobiologická kritéria pro použití kalů na zemědělské půdě**

Kategorie kalů	Přípustné množství mikroorganismů (KTJ) v 1g sušiny kalů		
	Termotolerantní koliformní bakterie	Enterokoky	Salmonella sp.
I.	< 10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>	Negativní nález
II.	10 <sup>3</sup> až 10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup> až 10 <sup>6</sup>	Nestanovuje se

Pozn.: KTJ – kolonie tvořící jednotku

Kategorie I – kaly, které je možné obecně aplikovat na zemědělské půdy při dodržení zásad uvedených ve vyhlášce. Kategorie II – kaly, které je možné aplikovat na zemědělské půdy určené k pěstování technických plodin, na půdy na kterých se nebude minimálně 3 roky po aplikaci kalů pěstovat zelenina a intenzivně plodící ovocná výsadba, při dodržování zásad ochrany zdraví při práci a ostatních ustanoveních vyhlášky.

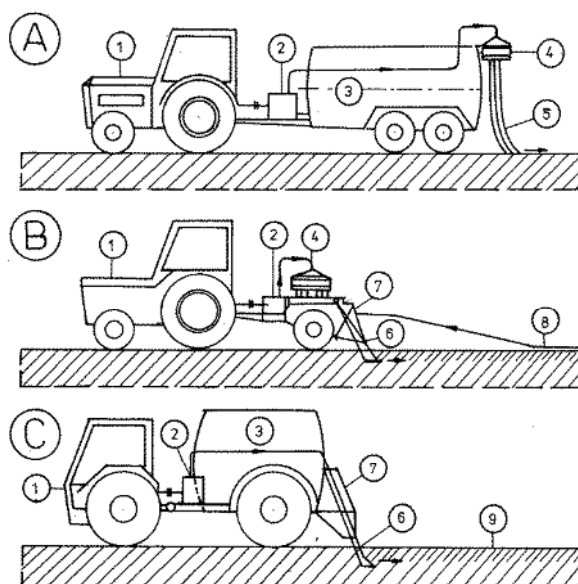
Tab. 3 Mezní hodnoty koncentrací vybraných prvků v půdách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ sušiny)

Rizikové prvky	Mezní hodnoty koncentrací rizikových prvků v půdách		Rizikové prvky	Mezní hodnoty koncentrací rizikových prvků v půdách	
	Běžné půdy	Písčité půdy		Běžné půdy	Písčité půdy
Arzen-As	20,0	15,0	Rtuť-Hg	0,3	0,3
Kadmium-Cd	0,5	0,4	Nikl-Ni	50,0	45,0
Chrom-Cr	90,0	55,0	Olovo-Pb	60,0	55,0
Měď-Cu	60,0	45,0	Zinek-Zn	120,0	105,0

Pozn.: x) v  $\text{mg.kg}^{-1}$ sušiny

Rychlost rozkladu kalu závisí na mikrobiálním oživení, teplotě, půdním druhu a vlhkosti, hnojivé dávce kalu a množství organické hmoty. Při přetěžování půd kaly dochází k zakolmatování půdy, redukčním pochodům, snižování půdní reakce a k zhoršení čistícího účinku půd.

Aplikace kalů na zamrzlé půdy, na sníh, před a za deště je nepřijatelná. Nejlepší výsledky se docílí při aplikaci kalů na povrch půdy a ještě příznivější je okamžité zapravení kalů do půdy- obr.6.



Obr.6 Způsoby aplikace kalů do půdy A-tažená cisterna a rozmíst'ování na povrch půdy, B-tažené potrubí připojené na cisternu a zapracování kalů do půdy, C-tažená cisterna a zapracování kalů do půdy 1- traktor, 2-čerpadlo, 3-cisterna, 4-rozdělovač kalu, 5-výtokové hadice, 6-zapracovací radlice, 7-připojení radlic, 8-tažené potrubí připojené na mobilní cisternu

## Kompostování bioodpadu

Nejvhodnějším způsobem zpracování všech druhů bioodpadů malých producentů je kompostování. Kompostování je aerobní termofilní biologický proces, jehož hlavním úkolem je rozložit biodegradabilní látky ve vybraných odpadech a převést je na stabilní humusové sloučeniny. Termofilní režim vytváří dostatečně vysoké teploty nezbytné k zneškodnění plevelů a patogenních mikroorganismů. Kompostováním se z biologického odpadu získá plnohodnotné organické hnojivo. Komposty tvoří tři základní složky organické (bioodpad z

domácností, dřevní štěrky, biomasa mokřadních rostlin, tráva, kal), minerální ( domovní smetky, popel, půda, kal aj.) a speciální (hnůj od domácích zvířat apod.).

#### Maloprovozní výroba kompostů

K výrobě kompostů se nejčastěji používají nezastřešené kompostové zakládky v příčném profilu lichoběžníkové tvaru tzv. „krechtů“ o šířce základny 2 až 4 m, výšky 1,2 až 2,0 m, podle množství kompostovatelného materiálu. Plocha zakládky se navrhuje vodotěsně zpevněná, odvodněná do sběrné nádrže, nebo přímo do čistírny. Podle vlastností jednotlivých složek, které jsou k dispozici, zpracuje se poměr jejich míšení, který vychází z počtu a hmotnosti jednotlivých složek, obsahu uhlíku, dusíku a vlhkosti materiálů. V dolní části krechtu se umístí provzdušovací perforované potrubí.

Kompost se zakládá po vrstvách, první vrstvu výšky 0,2 až 0,3 m tvoří nasákový (filtrační) materiál, kterými jsou sláma, piliny, dřevní štěrky, sklizená makrofyta apod. Na tuto vrstvu se postupně ukládají minerální a organické materiály a doplňuje se mikrobiální složka.

Na povrchu krechtu se vytvoří mělká nádržka, do níž se napouští zvlhčovací voda, tekuté stabilizované kaly aj. V krátké době po navržení zakládky je třeba provést první překopání s homogenizačním účinkem. Během zrání je nezbytné kompost ještě jedenkrát překopat; interval mezi první překopávkou musí být delší než 21 dnů, výjimečně méně. Uspořádání krechtových kompostů je znázorněné na obr.7.



Obr.7 Uspořádání krechtových kompostů

Komposty z tuhých domovních odpadů, čistírenských kalů apod. musí podle ČSN 46 5735 dosáhnout po dobu 21 dnů zrání min. teploty 55°C, u ostatních kompostů, kde není nebezpečí patogenních organismů, vystačí se s teplotou 45°C po dobu 5 dnů.

Průběh zrání kompostů probíhá ve třech fázích. V první fázi, mezofilní, dochází působením mikroorganismů ke zvýšení teploty na 25 až 45 °C. Mezofilní mikroorganismy a plísně se podílejí na rozkladu lehce rozložitelných látek (cukru, škrobu aj. V druhé fázi, termofilní, se teplota zvyšuje působením biologické oxidace termofilními bakteriemi (myxobaktérie, aktinomycety aj.), až na teplotu 45 až 70 °C. V této fázi dochází k rozkladu celulózy, ligninu a



jejich přeměně na humus. Při teplotách nad 55°C dochází k odstranění patogenních mikroorganismů a narušení plevelů. Ve třetí fázi probíhá dozrávání kompostů.

Optimální poměr mezi C:N (v hotovém kompostu by měl být rozmezí 30 až 35:1), optimální vlhkost a teplota kompostu se udržuje zálivkou a zakrýváním plastovými fóliemi při dešti u venkovních zařízení. Důležitá je dostatečná homogenita, vhodné zrnitostní složení kompostů, které se zajistí proséváním a příznivá mikrobiální skladba.

### Speciální komposty

Speciální komposty se vyznačují specifickým složením, které je zaměřené na určitou oblast využití např. zahradnictví, nebo na zpracování materiálů vyznačujících se zvláštními vlastnostmi, jako jsou nádržní sedimenty z akumulčních nádrží, dočišťovacích rybníčních a biologických nádrží, které dávají výslednému produktu určité typické vlastnosti.

Kompostování nádržních sedimentů podle Gergela et al. (1995) je možné provádět podle zásad uvedených v ČSN 46 5735. Podle zkušeností s kompostováním rybníčních sedimentů (bahna) a materiálů z okrajů Gergel et al. (1995) doporučuje následující opatření:

- poměr C:N upravit minimálně na hodnotu 1:15; surovina použitá ke kompostování musí obsahovat více dusíku;
- přechod z mineralizace do humifikace vyžaduje zvýšenou hladinu volného fosforu. Doporučuje přidávat např. superfosfát v množství 0,2 % P v přepočtu na sušinu výchozí suroviny. Fosfor nesmí být blokován železem. Reakce suroviny by se měla pohybovat během přípravy a fermentace v rozmezí pH 5,8 až 6,8;
- enzymatické procesy je možné podpořit přidáním 1% mletého dolomitického vápence;
- vyšší intenzity humifikace se docílí mírným omezením aerobiózy, která nesmí se přejít do anaerobiózy. Časté překopávání kompostu vede k tepelným ztrátám a zpomalení postupu zrání;
- pro přenos kyslíku a zabezpečení aerobního režimu je důležitá jeho pomalá difúze. Toho se docílí pomocí např. rákosu, který se položí kolmo na podélnou osu tělesa zakládky;
- kompost se rovněž dvakrát překopává, doba zrání je u těchto materiálů podstatně delší, než uvažuje ČSN 46 5735; minimálně se počítá s devíti měsíci;
- ztrátám tepla a vysokému přemokření se dá zabránit překrytím fóliemi z plastů.

Tyto poznatky je možné využít při zneškodňování a využívání sedimentů z aerobních biologických nádrží.

Komposty z travních porostů jsou u nás mimořádně aktuální. Kompostují se bioodpady z městské zeleně, nevyužitá tráva z okolí čistíren, zatravněných ploch, infiltračních pásů apod. Leifeld et al. (1996) řadou šetření zjistili, že sklizená zelená hmota má nepatrné množství škodlivých látek, dostatečný obsah živin a organické hmoty, příznivý poměr C/N; při včasné sklizni má sklizená tráva poměrně málo semen plevelů. Odzkoušeli jsme prokládat travní hmotu v kompostech vrstvou dřevních štěpků, což zlepšovalo provzdušení. Konečný produkt plně vyhovuje.

Podrobnosti nakládání s odpady a také způsoby kompostování podrobně uvádějí Filip, J., Orel, J. (2003), Prax–Rovnaníková–Šálek (2006) aj.

## Diskuze poznatků

Zpracování bioodpadů z domácností a malých čistíren odpadních vod vyžaduje zcela odlišné řešení od zpracování těchto materiálů z měst a velkých čistíren odpadních vod. Problémem většiny obcí a měst je najít spolehlivý a ekonomický způsob zneškodnění bioodpadů, zejména čistírenských kalů. Průmyslově vyspělé státy upřednostňují spalování, státy s intenzivní zemědělskou výrobou používají vhodné kaly v zemědělství; ve většině evropských států hledají se nové, pokud možná ekonomické způsoby využití a zneškodnění čistírenských kalů.

Způsoby využívání a zneškodňování čistírenských kalů můžeme rozdělit do těchto skupin:

- skládkování bioodpadů a čistírenských kalů, tento způsob je výhledově neudržitelný;
- spalování a pyrolýza bioodpadů je realizovatelná u velkých zařízení.
- U malých producentů, které jsou předmětem referátu, přichází v úvahu:
- přímé využívání stabilizovaných a hygienizovaných bioodpadů v zemědělství;
- kompostování kalů společně s jinými vhodnými pevnými odpady z domácností a následné využití v zemědělství;
- využívání kalů a bioodpadů z domácností na rekultivace neplodných a jiným způsobem narušených půd (např. stavební činnosti).

## Závěr

Předložený referát stručnou formou uvádí poznatky z hospodaření bioodpady z domácností a malých čistíren splaškových odpadních vod. Hlavní pozornost je věnována kombinaci hospodaření, společným zpracování bioodpadů z domácností a čistíren, využívající přírodní (zemědělské) využití bioodpadů. Jedná se o způsoby, které jsou poměrně jednoduché, nevyžadující náročné speciální technické vybavení, poměrně dobře zvládnutelné zaškolenými pracovníky. Jsou to řešení ekologická, která z bioodpadů vytvářejí kvalitní organické hnojivo. Podrobnosti řešení uvádějí jednotliví autoři, citovaní v seznamu použité literatury

## Literatura

1. Berghold, H. Kläschlammvererdung mit Hilfe von Helophyten. Graz: 1992, 61s
2. Dohányos, M., Zábranská, J. Minimalizace produkce čistírenských kalů. *Vodní hospodářství*, 2004, 3, s.57 – 60
3. Dohányos, M., Zábranská, J. et al. Kritéria pro posuzování stabilizovanosti kalů. *In: Hygienizace kalů*. Praha: AČE, VŠCHT, 2001, s.7-57
4. Filip, J., Orel, J. *Odpadové hospodářství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003, 78 s.,
5. Gergel, J. a kol. *Těžba a využití sedimentů z malých vodních nádrží*. Metodika č. 18, Praha: VÚMOP, 1995, 23 s.
6. Grosser, W., Gert, A. Vom Klärschlammstapelplatz zum Biotop, *Wasserwirtschaft – Wassertechnik*, 1996, 2, s.24 – 26
7. Hlavínek, P., Mičín, J. Prax, P. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, 2001, 251 s.,
8. Kuhlendahl, R. Kläschlammvererdung in Schilfbeet *Abfal – Brief*, 2000, 3, s.7- 9

9. Kuraš, M. Odpady, jejich využívání a zneškodňování. Praha: VŠCHT, 1994, 241 s.
10. Leifeld, J., Rohde, D., Hed, T. Untersuchungen zur Grünabfall-kompostierung in der Stadt Witten. 48. *Wasser und Boden*, 1996, 11, s.17-23
11. Landwirtschaftliche Klärschlamm-verwertung. *ATV-Information*, Hennef, 30 s.
12. Pauly, U. et al. Zehn Jahre Klärschlammvererdung in den Schilfbeeten. 44. *Korrespondenz Abwasser*, 1997, 10, s.1812 - 1822
13. Prax, P., Rovnaníková, P., Šálek, J. *Odpadové hospodářství*. Brno: FAST VUT, 2006,
14. Nielsen, S. *Sludge treatment and drying reed bed systém*. Roskilde: Env.andEnergy A/S, 2003, 19 s.
15. Nielsen, S. Sludge Reed Bed Facilities – Operation and Problems. In: *Wetland Systems*. Avignon: IWA, 2004, s.203-210
16. Šálek J. Vliv zemědělského využití vyhnílych čistírenských kalů na kvalitu povrchových a podzemních vod. Sbor.př. konf. *Kaly a odpady 1993*, Brno: 1993, s. 221-226,
17. Šálek, J.: Využívání odpadních vod a tekutých odpadů k výrobě biomasy. In.: *Obnovitelné zdroje energie*, Brno, 95, část 3, 1995 s. 239-24
18. Šálek, J.: Vlivy zemědělského využití kalů na životní prostředí. In.: *Kaly a odpady*, Brno, 1995, s. 143-150, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Brno: ČSVTS,
19. Šálek, J. Nové způsoby aplikace tekutých vyhnílych čistírenských kalů na zemědělských půdách. In: *Kaly a odpady 97*, 1997, s.227 - 236
20. Šálek, J. Přírodní způsoby čištění odpadních vod. VUT Brno, 1995, 115 s.
21. Šálek, J., Tlapák, V. Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod.
22. Praha: ČKAIT, 2006, 283 s.
23. Šálek, Jiří Využití mokřadní vegetace k odvodnění tekutých stabilizovaných čistírenských kalů. In: *Přírodní způsoby čištění odpadních vod III*. Brno: FAST VUT, 2003, s.71-76
24. Šálek, Jan, Šálek, Jiří Možnosti přímého využití stabilizovaných tekutých čistírenských kalů v zemědělství. In: *Kaly a odpady 2004*. Bratislava: Asociace čistírenských expertů, 2004, s. 112 – 119,
25. Šálek, Jiří, Šálek, Jan: Odvodnění stabilizovaných čistírenských kalů pomocí mokřadních rostlin. *4.vodohospodářská konference 2004 s mezinárodní účastí*. Brno: Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, Brno: 2004, Sešit 6, s. 458 – 463
26. Šálek, Jiří, Kriška, M., Šálek, J. Uspořádání zařízení na odvodnění a využití stabilizovaných čistírenských kalů malých producentů. In: *Přírodní způsoby čištění vod*. Brno: Kabinet ŽP ÚVHK FAST VUT, 2009, s.80 – 87,
27. Šálek, J., Kriška, M., Pírek, O., Plotěný, K., Rozkošný, M., Žáková, Z. Voda v domě a na chatě – využití srážkových a odpadních vod. Praha: Nakladatelství Grada Publishing a.s., 2012, 144 s.
28. Šálek, J.-Malý, J. *Vodní hospodářství rodinného domu*. Praha: UZPI, Studijní informace-zemědělská technika č.1, 2000, 52 s.

29. Teichmann H. Die Rekultivierung von Sandflächen mit ausgefaultem Klarschlamm. *Wasserwirtschaft*, 64, 1974, č. 5, s. 148-152.
30. Váňa, J. *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1997, 38 s.
31. Wähning, U. Entwässerung von Dünschlamm aus der Reinigung von Deponie- und Kompost-sickerwasser mittels Schilfbeeten 44. *Korespondenz Abwasser Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall*, 2000, 10, s.527 – 532
32. Zimová, M. Možnosti využití čistírenských kalů k rekultivacím podle stávající legislativy. *Kaly a odpady 02*, Brno: AČE, 2002, s.13-17