



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova: Evropa investuje do venkovských oblastí

# ***OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V SOUVISLOSTI SE ZEMĚDĚLSKÝM HOSPODAŘENÍM***

**Ing. Michaela Budňáková**

**Dr. Ing. Pavel Čermák**

**Ing. Jan Klír, CSc.**

**JUDr. Ing. Emil Rudof**

**Ing. Vít Matějů**

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKOU UNIÍ  
Z EVROPSKÉHO ZEMĚDĚLSKÉHO FONDU PRO ROZVOJ VENKOVA

**ZÁKON Č. 9/2009 SB., KTERÝM SE MĚNÍ ZÁKON Č. 156/1998 SB.,  
O HNOJIVECH, POMOCNÝCH PŮDNÍCH LÁTKÁCH, POMOCNÝCH  
ROSTLINNÝCH PŘÍPRAVCÍCH A SUBSTRÁTECH A O AGROCHEMICKÉM  
ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD (ZÁKON O HNOJIVECH), VE ZNĚNÍ  
POZDĚJŠÍCH PŘEDPISŮ, DALŠÍ SOUVISEJÍCÍ ZÁKONY A PROVÁDĚCÍ  
PŘEDPISY**

**Michaela Budňáková**

*Ministerstvo zemědělství České republiky, Těšnov 17, 117 05 Praha 1,  
e-mail: budnakova@mze.cz*

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd v platném znění (zákon o hnojivech), který je účinný od 1.9. 1998, řeší problematiku registrace hnojiv a pomocných látek (tj. pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů) před jejich uvedením do oběhu a problematiku jejich označování, skladování a používání. Upravuje též odborný dozor vykonávaný příslušným orgánem, Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (UKZÚZ), agrochemické zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. Novela zákona o hnojivech č. 9/2009 Sb., řeší několik okruhů problémů, které se týkají především:

**Změny a upřesnění terminologie.** V novele došlo k úpravě vymezení pojmu „hnojivo“, neboť pro účely zákona bylo nutné přesněji definovat tento pojem pro zamezení dvojího výkladu nejen uvnitř zákona a jeho prováděcích vyhlášek, ale i v dalších předpisech (zákon č.254/2001 Sb. o vodách apod.). Nově vymezený pojem „hnojiva = látky způsobilé poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce“.

Hnojiva se dle nové dikce § 2 zákona o hnojivech se dělí na:

minerální hnojiva, v nichž jsou deklarované živiny obsaženy ve formě minerálních látek získaných extrakcí nebo jiným fyzikálním nebo chemickým postupem; za minerální hnojivo se považuje také dusíkaté vápno, močovina a její kondenzační a asociační produkty a hnojivo obsahující stopové živiny ve formě chelátů nebo komplexů;

organická hnojiva, v nichž jsou deklarované živiny obsaženy v organické formě (např. průmyslové komposty, digestáty z BPS);

organominerální hnojiva, v nichž jsou deklarované živiny obsaženy v organické a minerální formě;

kapalná hnojiva jsou hnojiva v suspenzi nebo roztoku;

tekutá hnojiva, jsou statková hnojiva s obsahem sušiny do 13 %;

sedimenty, jsou usazeniny na dně rybníků, vodních nádrží a vodních toků vznikající převážně usazováním erodovaných půdních částic;

statková hnojiva jsou hnojiva vznikající jako vedlejší produkty chovu hospodářských zvířat nebo produkt při pěstování kulturních rostlin nejsou-li dále upravovány (např. chlévská mrva, hnůj, močůvka kejda, pevné výkaly a moč zanechané na pastvě, drůbeží trus, sláma, řepný chrást, silážní šťávy, zelené hnojení, tráva). Za úpravu se nepovažují přirozené procesy přeměn při skladování, mechanická separace kejdy a přidávání látek snižující ztráty živin nebo zlepšující účinnost živin.

**Vyloučení duplicitních ustanovení v zákoně o hnojivech**, která se týkají hnojiv ES ve vztahu k nařízení ES č.2003/2003 o hnojivech. Platné znění zákona o hnojivech obsahovalo části, které řeší uvádění hnojiv ES do oběhu na území ČR (duplicita nařízení ES č.2003/2003). Zákon o hnojivech se tak nyní na hnojiva ES vztahuje již jen ve výslovně uvedených částech, kterými jsou § 8 (skladování), § 9 (používání), § 12 (odborný dozor), § 13 (zvláštní opatření) a §14 a až14c (přestupky a jiné správní delikty). Skladování a používání hnojiv (§ 8 a 9) není nařízením ES č.2003/2003 upraveno, tudíž může být upraveno předpisem národním. Zavedení efektivních kontrolních systémů a pokut (§ 12 až 14c) je citovaným nařízením členským zemím přímo uloženo.

**Vymezení pojmu „zemědělský podnikatel“**, Novela zákona o zemědělství (zák.č. 85/2004 Sb.) vymezila pojem „zemědělský podnikatel“, pod který jsou zahrnuty jak fyzické, tak právnické osoby, přičemž za podnikání je považováno i „hospodaření v lese“, ať už na pozemcích vlastních, nebo pronajatých, nebo užívaných z jiného právního důvodu. Lze říci, že i „vlastník lesních pozemků hospodařící na těchto pozemcích“ spadá pod definici „zemědělského podnikatele“. Tuto skutečnost bylo nutno zohlednit při úpravě pojmů užívaných v zákoně o hnojivech.

#### **Úprava podmínek registračního řízení:**

Posuzování nebo přezkušování netypových hnojiv dle § 4 odst. 5 ve svém striktním výkladu dosud znamenalo, že veškerá netypová hnojiva musela být přezkušována. Toto opatření bylo v mnoha případech zbytečně přísné, neboť mnohdy jde o materiály dobře známých vlastností, kde je naprosto dostatečné i odborné posouzení, bez dalšího časově a finančně náročného biologického přezkoušení. Nové znění § 4 odst.7 umožňuje, aby ÚKZÚZ uznal výsledky posouzení či přezkoušení jiných odborných stanovišť. Nový odstavec 4 v § 5 umožňuje provést drobné změny v rozhodnutí o registraci bez toho, aby muselo být vydáno zcela nové rozhodnutí o registraci. Změny v rozhodnutí o registraci tak budou rychlejší a poplatek za jejich provedení nižší. Změna v § 5 odst. 7, týkající se doby uvádění hnojiva na trh byla provedena proto, aby nebylo možné neúnosně dlouhou uvádět do oběhu hnojivo, které již není registrováno, ale má relativně dlouhou dobu trvanlivosti. Omezení této doby na 1 rok je dostatečné pro běžné doprodání zásob.

**Ohlášení hnojiv a pomocných látek** Výrobce, dovozce nebo dodavatel, který hodlá uvést do oběhu hnojivo nebo pomocnou látku, které odpovídají typu uvedenému ve vyhlášce (474/2000 Sb.), je povinen dle nového § 3a) zákona o hnojivech, před jeho prvním uvedením do oběhu v České republice zaslat ústavu ohlášení o uvedení hnojiva nebo pomocné látky do oběhu.

Ohlášení obsahuje kromě náležitostí podle správního řádu další údaje a to:

- a) je-li ohlašovatelem dovozce nebo dodavatel, jméno, příjmení a pobyt výrobce, případně identifikační číslo, bylo-li přiděleno, jde-li o fyzickou osobu, nebo název nebo obchodní firmu, sídlo, případně právní formu podnikání a identifikační číslo výrobce, bylo-li přiděleno, jde-li o právnickou osobu,
- b) název hnojiva nebo pomocné látky, jeho druh a typ podle vyhlášky,
- c) potvrzení, že se nejedná o výbušninu podle zvláštního právního předpisu, jde-li o hnojivo nebo pomocnou látku obsahující dusičnan amonný.

Hnojivo nebo pomocnou látku, které jsou předmětem ohlášení podle §3, odstavce 1, může ohlašovatel uvést do oběhu na základě písemného souhlasu ústavu. Nebude-li ohlašovateli takový souhlas doručen do 30 dnů ode dne, kdy ohlášení došlo ústavu, ani mu v této lhůtě nebude doručen zákaz uvádění do oběhu podle § 3, odstavce 4, platí, že ústav souhlas udělil. Souhlas ústavu je platný po dobu pěti let. Tato doba počíná běžet dnem následujícím po dni,

kdy byl ohlašovatel takový souhlas doručen, nebo dnem následujícím po dni, kdy uplynulo 30 dnů ode dne, kdy ohlášení došlo ústavu. Pokud by ohlášení uvedení hnojiva nebo pomocné látky do oběhu podle odstavce 1 neodpovídalo typu hnojiva nebo pomocné látky uvedenému ve vyhlášce, nebo nesplňovalo podmínky stanovené tímto zákonem nebo s ním bylo v rozporu, ústav rozhodnutím, které je prvním úkonem v řízení, uvedení hnojiva nebo pomocné látky do oběhu zakáže. Takové rozhodnutí musí být ústavem vydáno do 20 dnů ode dne, kdy mu ohlášení uvedení hnojiva nebo pomocné látky do oběhu došlo.

**Změny v § 9** odst. 2 c) odrážejí závěry z návštěvy zástupců Komise (DG ENVI), kteří hodnotili implementaci nitrátové směrnice. Jejich požadavky zněly ve smyslu zpřísnění uvedených podmínek pro aplikaci hnojiv a tyto jsou promítnuty do rozšíření povinností uložených dle § 9, odst.2, tj. zákaz používání hnojiv na zaplavené půdě.

V § 9 odst.4, povinnost registrace organického hnojiva digestát neplatí, pokud je hnojivo vyrobeno výhradně ze statkových hnojiv, nebo objemných krmiv.

V § 9 odst.8, je nově uložena povinnost zemědělským podnikatelům provést záznam do evidence použití hnojiv do jednoho měsíce od použití hnojiva. Toto je nutné pro efektivní vykonávání kontrol, zejména s ohledem na kontrolu hospodaření ve zranitelných oblastech podle NV č. 103/2003 Sb. (Nitrátová směrnice) a systém kontrol „Cross-Compliance“.

**Novely prováděcích předpisů k zákonu o hnojivech:** V návaznosti na novelu zákona o hnojivech bylo nutno provést také změny v jeho následujících prováděcích předpisech.

#### **Vyhláška č. 274/1998 Sb. o skladování a způsobu používání hnojiv.**

Novela vyhlášky č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv nabyla účinnosti dne 1. listopadu 2009. Novela vyšla ve Sbírce zákonů jako vyhláška, pod číslem 353/2009 Sb. a přímo navazuje na novelu zákona o hnojivech. Touto legislativní úpravou došlo ke sjednocení terminologie, kdy zákon o hnojivech již nepracuje s pojmy hnojivo a statkové hnojivo jako se dvěma rovnocennými kategoriemi, nýbrž statkové hnojivo podřazuje pod obecný termín hnojivo. Novela vyhlášky umožňuje skladovat balená hnojiva (minerální, organická i organominerální) i mimo sklady na volné ploše, při splnění základních požadavků na ochranu kvality výrobku, životního prostředí a pouze na omezenou dobu 1 měsíc. Tato eventualita je úlevou pro ty zemědělské podnikatele, kteří nemají možnost zajistit odpovídající skladové kapacity. Je omezeno / z hlediska ochrany životního prostředí / ukládání tuhých organických hnojiv na zemědělské půdě před jejich použitím. Změna spočívá ve výslovném uvedení kompostu jako jediného přijatelného výrobku pro deponování tímto způsobem. Ustanovení § 9 odst. 6 zákona o hnojivech stanoví povinnost pro zemědělské podnikatele, kteří používají upravené kaly na zemědělské půdě, zaslat Ústřednímu kontrolnímu a zkušebnímu ústavu zemědělskému hlášení. V souladu se zmocněním v § 9 odst. 9 písm. c) zákona je ve vyhlášce uvedena forma tohoto hlášení (nová příloha č. 4).

#### **Vyhláška č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva.**

Novela vyhlášky č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, nabyla účinnosti dne 1. září 2009. Novela vyšla ve Sbírce zákonů jako vyhláška, pod číslem 271/2009 Sb. Novela přímo navazuje na novelu zákona o hnojivech. V novele vyhlášky jsou nově uvedeny limity obsahu těžkých kovů, a to zvlášť pro substráty a pro organická a statková hnojiva se sušinou nejvýše 13 % a nad 13 %. Hodnoty v případě kadmia, olova, rtuti, arsenu, chromu a niklu jsou stejné pro všechny tři skupiny, výrazně se však liší u molybdenu, mědi a zinku. Limitní hodnota arsenu se u minerálních vápenatých a hořčnatovápenatých hnojiv, substrátů, organických a statkových hnojiv bez ohledu na jejich sušinu zvýšila z 10 mg As/kg na 20 mg As/kg. Pro hnojiva se sušinou nad 13 % se limit obsahu zinku stanovil na 600 mg Zn/kg, mědi 150 mg Cu/kg sušiny, nově však přibýlo omezení celkové aplikace těchto hnojiv na nejvýše

20 tun sušiny na hektar v průběhu 3 let. U hnojiv se sušinou nejvýše 13 % je limit pro obsah zinku 1 200 mg Zn/kg, mědi 250 mg Cu/kg a použití nejvýše 10 tun sušiny na hektar v průběhu 3 let. Z tabulky typů hnojiv bylo vypuštěno hnojivo typu 18. 1. a) průmyslový kompost. Toto hnojivo tedy přestává být typovým hnojivem, a proto musí být v případě uvádění do oběhu vždy registrováno. Dalšími, čistě technickými změnami jsou úpravy u některých tolerancí a opravy v terminologii, které však u výrobků nemění jejich podstatu.

#### **Vyhláška č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě.**

Společně s novelou zákonů o odpadech a o ochraně zemědělského půdního fondu dochází ke včlenění problematiky sedimentů využitelných na zemědělské půdě do zákona o hnojivech. Umožní se tak používání vhodných sedimentů na zemědělské půdě, za podmínky udělení souhlasu ze strany orgánů ochrany zemědělského půdního fondu (obce s rozšířenou působností). Tento krok umožní dobře kontrolovatelné používání sedimentů podle jasně daných pravidel. Podrobnosti uvádí nová vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, která nabyla účinnosti 1. září 2009. Vyhláška stanoví podmínky a způsob používání sedimentů na zemědělské půdě, způsob vedení evidence o použití sedimentů, požadavky na vlastnosti sedimentu, postupy při rozboru sedimentu a půdy, včetně metod odběru vzorků. Vyhláška dále stanoví maximální přípustné hodnoty rizikových prvků a látek, které mohou být v půdě a sedimentech obsaženy. V odůvodněných případech může být uloženo provedení ekotoxikologických testů. Dodržení limitních hodnot se prokazuje průvodním listem odběru vzorků sedimentu/půdy a protokolem o výsledcích analýz vzorků sedimentu (odebraných před a po jeho vytěžení) i vzorků půd. Musí být také veden evidenční list o použití sedimentu, který obsahuje evidenci o množství, druhu a době použití sedimentu podle jednotlivých pozemků, plodin a let. Při dodržení všech limitů rizikových prvků a rizikových látek lze sedimenty na zemědělské půdě použít. Ve vyhlášce je však uvedeno ještě několik dalších podmínek, které musí být současně splněny. Dodržování této vyhlášky ze strany zemědělských podnikatelů bude kontrolovat ÚKZÚZ.

## vyhláška č. 257/2009 sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě (komentované znění k vyhlášce, návrhy budoucích úprav)

**Pavel Čermák**

*Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, organizační složka státu  
Sekce úřední kontroly, Hroznová 2, 656 06 Brno, e-mail: pavel.cermak@ukzuz.cz*

Sedimenty jako jeden ze vstupů do půdy mohou mít vliv na půdní úrodnost. Neexistence obecného předpisu v minulosti vedla k tomu, že nakládání se sedimenty se posuzovalo individuálně, bez předem daných pravidel, což byla velmi nevýhodná situace jak pro orgány státní správy, tak pro subjekty, které se sedimenty potřebují nakládat. Významným způsobem to komplikovalo nakládání se sedimenty, což značně znesnadňovalo provádět důležité projekty odbahňování rybníků, dalších vodních nádrží a toků. Vzhledem k tomu, že se jedná o vstupy do půdy, tedy jedné ze základních složek životního prostředí, je nutné určitým způsobem regulovat a kontrolovat způsob nakládání se sedimenty. Proto bylo používání sedimentů z rybníků, vodních nádrží a vodních toků na zemědělské půdě zařazeno do věcné působnosti zákona o hnojivech. Novela zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů, počítá s tím, že sedimenty používané na zemědělské půdě mají být, jakožto zdroj živin, evidovány obdobně jako hnojiva, pomocné látky a upravené kaly.

Dne 1. září 2009 nabyla účinnosti Vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, kterou se provádí ustanovení § 9, zákona 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů. Cílem vyhlášky č. 257/2009 Sb. je zejména snaha upravit právní režim nakládání se sedimenty obdobně, jako je již v národní právní úpravě upraveno nakládání s hnojivy, pomocnými látkami a upravenými kaly, přičemž je nutné zdůraznit, že vyhláška č. 257/2009 Sb. nezavádí u sedimentů přísnější režim, než u ostatních vstupů do půdy. Zároveň tato vyhláška neodporuje žádným právním předpisům Evropských společenství, je v souladu s čl. 28 a 30 Smlouvy o založení Evropských společenství. Vyhláška není transpozičního charakteru a nezpracovává žádné právní předpisy Evropských společenství.

Vyhláška č. 257/2009 Sb. s ohledem na rámec vymezený zákonem stanovuje podmínky a způsob používání sedimentů na zemědělské půdě a způsob vedení evidence o použití sedimentů, požadavky na vlastnosti sedimentu, postupy při rozboru sedimentu a půdy, včetně metod odběru vzorků. Dále vyhláška stanovuje maximální přípustné hodnoty rizikových prvků a látek, které mohou být v půdě a sedimentech obsaženy.

Smyslem tohoto příspěvku není detailně citovat znění jednotlivých ustanovení vyhlášky, spíše je nutno se věnovat slovnímu výkladu k jednotlivým paragrafům, tj. co je vyhláškou míněno a vyžadováno.

### Stručný komentář a výklad k jednotlivým paragrafovým zněním vyhlášky č. 257/2009 Sb.

**K § 1:** Úvodní ustanovení návrhu vyhlášky vymezuje rozsah právní úpravy. Tento paragraf vymezuje v souladu se zmocňovacím ustanovením obsaženým v § 9 odst. 10 zákona o hnojivech předmět úpravy.

**K § 2:** Odstavec 1 s přílohou č. 1 upravuje limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu a dále stanoví způsob prokázání dodržení těchto limitních hodnot (protokol o výsledcích analýz při používání analytických postupů podle určených norem publikovaných ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví).

Odstavec 2 s přílohou č. 3 upravuje limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v půdě a obdobně jako v odstavci 1 také způsob prokázání dodržení těchto limitních hodnot.

Podle odstavce 3 nejsou stanoveny limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v půdě v oblastech s vyššími hodnotami obsahu rizikových prvků a rizikových látek v sedimentech, způsobenými přirozeným pozadím těchto látek v dané oblasti (například oblasti, kde se na vzniku půd podílejí horniny, případně žíly s vysokým stupněm polymetalického zrudnění), ze které se erozí

dostaly částice půd do vodních toků a nádrží. Obsahy rizikových prvků na těchto půdách jsou značně nevyrovnané a vysoké, zvláště Cr, Co, Ni, a to v celém půdním profilu. Odstavec 4 řeší případy, kdy vzhledem k místním specifickým podmínkám lze předpokládat další zatížení sedimentu, např. možné patogenní (infekční) zatížení sedimentu.

**K § 3:** Toto ustanovení upravuje podmínky a způsob použití sedimentů na zemědělské půdě.

**K § 4:** Ustanovení odstavce 1 upravuje postupy rozborů sedimentů a půdy. Takové rozborů lze provádět pouze v akreditovaných laboratořích, příp. v jiných odborných pracovištích, které mají posouzený systém kvality. Validované postupy využívané při rozbořech sedimentů posuzuje EURACHEM-ČR, což je národní organizace evropské sítě zaměřené na podporu kvality analytických měření a jejich metrologické návaznosti. Je organizací vědeckých, pedagogických a odborných pracovníků oboru analytické chemie, sdružených ke společné činnosti, jejímž účelem je podílet se v České republice na systémových opatřeních vedoucích k zabezpečení jakosti výsledků chemických analýz, osvětové činnosti v tomto oboru a zintenzivnění přenosu informací z vyspělých zemí. Odstavce 2 a 3 stanovují metody odběru směsných vzorků sedimentů a metody odběru půdy. Při stanovování metod odběru vzorků půdy lze použít již existující právní úpravu, a to vyhlášku č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů. V jejím § 1 je dostačujícím způsobem popsán odběr vzorků zemědělských půd.

**K § 5:** Tento paragraf stanoví způsob vedení evidence o použití sedimentu. Zákon o hnojivech stanoví, že zemědělský podnikatel musí evidenci mít a musí ji uchovávat po dobu 7 let (obdobně jako evidenci hnojení). Důvodem je to, že je třeba mít k dispozici záznamy o vstupech, které by mohly půdu ovlivnit z hlediska její úrodnosti a bezpečnosti, což dále vede k ovlivnění produkce a tím bezpečnosti krmiv a potravin.

Vyhláška má 6 příloh:

**Příloha č. 1:** Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu v mg/kg sušiny + Limitní hodnoty obsahu skeletu v sedimentu

**Příloha č. 2:** Průvodní listy odběru vzorků (A – sedimentu, B – půdy)

**Příloha č. 3:** Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v půdě, na kterou má být sediment použit, v mg.kg<sup>-1</sup> sušiny

**Příloha č. 4:** Kontaminace sedimentu jinými rizikovými prvky nebo rizikovými látkami, než které jsou uvedeny v příloze č. 1 (Ekotoxikologické testy + indikátorové mikroorganismy)

**Příloha č. 5:** Maximální aplikační dávka sedimentu na 1ha zemědělské půdy v tunách sušiny

**Příloha č. 6:** Evidenční list o použití sedimentu na zemědělské půdě

Zhruba po roce platnosti a používání vyhlášky č. 257/2009 Sb. se objevilo několik nezbytných skutečností vedoucích k budoucí novelizaci této vyhlášky. Asi nejvíce potřebné se jeví odstranění rozporu v § 2, odst. 1, týkající se odběru vzorků sedimentu před a po jeho vytěžení. Pro budoucí nakládání se sedimenty na zemědělské půdě a kontrolu jejich kvality je nutné používat pouze vzorek jediný. Bude to výhoda jak pro subjekt, který se sedimenty nakládá, tak i pro toho, kdo rozhoduje o jejich použití na zemědělské půdě a v neposlední řadě i pro toho, kdo bude provádět kontrolu jejich použití.

Nezbytné se také jeví intenzivní využívání Land Parcel Identification System (LPIS) pro používání sedimentů na zemědělské půdě. Zde je nutné prosazení novely zákona o ochraně zemědělského půdního fondu, což by opět umožnilo a zjednodušilo proces nakládání se sedimenty v zemědělství všem výše jmenovaným subjektům.

## VÝSLEDKY MONITORINGU SEDIMENTŮ NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ (DO R. 2009)

**Pavel Čermák, Šárka Poláková, Ladislav Kubík**

*Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, organizační složka státu  
Sekce úřední kontroly, Hroznová 2, 656 06 Brno, e-mail:pavel.cermak@ukzuz.cz*

Sediment z vodního toku či vodní nádrže (rybníku) vzniká prostou sedimentací (usazováním) erodovaných pevných částic, které jsou přirozeně unášeny vodou. Při poklesu rychlosti proudění, a to jak rozšířením profilu, poklesem spádu toku nebo zvětšením hloubky vodoteče, dochází k přirozené sedimentaci unášených částic. Vzniklý materiál může mít povahu štěrkopísků a písků v proudných úsecích toků, nebo až jílovitohlinitých až jílovitých substrátů v rybnících. Jde o přirozený děj, který je urychlován antropogenními zásahy do krajiny. Surový sediment vykazuje značný podíl zvodnění až do 80%, může obsahovat různé látky a cizorodé předměty v závislosti na struktuře zemědělské a průmyslové výroby v povodí.

Důvodem kumulace sedimentů a zanášení dna jsou nadále přetrvávající splachy zemědělské půdy z okolí rybníků, vodních děl a toků. Nevhodné hospodaření v povodí způsobuje nadměrnou erozi, pronikání a usazování rizikových prvků a látek v rybnících a tocích. V České republice vykazuje třetina rybníků nadměrné zatížení sedimenty. Sedimenty jsou ve velkých objemech do rybníků transportovány podle charakteru a stavu říční sítě a hospodářské činnosti v povodí a způsobují velmi rychlé zanášení méně proudných úseků povrchových vod.

Důsledkem ukládání sedimentů je postupné omezování až znemožňování vodohospodářských, biologických a ekologických funkcí vodních nádrží a toků. Celkové množství sedimentů je ve vodních nádržích ČR odhadováno na 197 mil. m<sup>3</sup>, v drobných vodních tocích a závlahových kanálech na 5 mil m<sup>3</sup> a v odvodňovacích kanálech 0,8 mil m<sup>3</sup>. Tato množství značně zmenšují objem akumulace vody a snižují i míru ochrany krajiny proti povodním.

Díky zvýšenému zájmu o „odbahňování“ vodních nádrží je sledování a hodnocení kvality sedimentů a jejich následné využívání stále velice aktuální téma dnešní doby.

Základní filozofií pro používání sedimentů na zemědělské půdě je využití pouze těch sedimentů (stejně jako ostatních materiálů), které maximálně respektují zachování základních původních vlastností půdy, na kterou jsou aplikovány (tj. hodnotu půdní reakce, obsah přístupných živin), případně je ještě lepší. Zvláštní důraz je kladen na dodržování limitů rizikových prvků a látek (jak v aplikovaných materiálech, tak i v půdě určené k aplikaci). Důvodem pro vyšší záchyt toxických kovů i ostatních polutantů v sedimentech jsou především vysoký specifický povrch minerálních částic, většinou vyšší obsah organické hmoty a specifické mikrobiální procesy, probíhající v anaerobním prostředí. Nejjemnější velikostní frakce sedimentů obsahují díky vyššímu specifickému povrchu vyšší koncentrace toxických prvků, než frakce hrubší

Pro využití sedimentů k aplikaci na zemědělskou půdu je tedy důležitá jednak tzv. „hnojivá“ hodnota sedimentů, tzn. zrnitostní složení, podíl organické hmoty, kyselost a obsah rostlinných živin, ale zejména míra kontaminace sedimentů rizikovými prvky ve vztahu k vyhlášce 13/1994 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu. Zejména zrnitostní složení sedimentů může být značně rozdílné, což vyplývá ze zákonitostí sedimentačních procesů. S variabilitou zrnitostního složení sedimentů do značné míry koreluje i jejich chemické složení.

Na vytěžené sedimenty z rybníků, vodních nádrží a vodních toků již není třeba pohlížet jako na odpad, pokud kvalita vytěženého sedimentu bude vyhovovat požadavkům uvedeným v příloze č. 9 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů (po vydání novely č. 9/2009 Sb.) a zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech ve znění pozdějších předpisů. Přímé použití sedimentů na zemědělském půdním fondu se řídí podle zvláštních právních předpisů zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu a ustanoveními vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.



Ověřováním kvality sedimentů se Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) začal zabývat v roce 1995, v souvislosti se zvyšujícím se podílem odbahňovaných rybníků. V rámci „monitoringu kvality a využití sedimentů“, který ÚKZÚZ provozuje, představují sedimenty pouze menší soubor vzorků, a to především sedimentů rybníčních; malým procentem jsou zastoupeny také říční a potoční sedimenty.

Zprvu byly rozборы prováděny na základě žádostí obecních úřadů, případně projektantů nebo i majitelů rybníků a byly zaměřeny především do oblasti obsahu rizikových prvků. Protože většina sedimentů byla směřována k aplikaci na zemědělskou půdu, logicky vyvstal požadavek na stanovení výživářské (nebo-li „hnojivé“) hodnoty sedimentů, a proto bylo doporučeno rozšířit rozборы i o stanovení zrnitosti, (tzn. alespoň podílu jemnozeme pod 0,01 mm), podílu organické hmoty (resp. spalitelných látek), kyselosti a základních živin.

Od roku 1995 do konce roku 2009 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 350 vzorků sedimentů. Z uvedeného počtu je 189 rybníků „polních“ a 112 rybníků „návesních“ (toto dělení vyplynulo z postupného hodnocení výsledků, kdy návesní rybníky vykazovaly častěji vyšší hodnoty zjišťovaných živin a hlavně rizikových prvků), dále je v souboru 33 rybníků lesních a 16 vzorků sedimentů pochází z vodních toků.

V roce 2009 pokračoval ÚKZÚZ ve sledování vybraných parametrů v sedimentech v rámci „monitoringu“, který zahrnuje ročně kolem 30 vzorků odebíraných především na základě žádostí místních samospráv nebo správců vodních ploch. Odběry vzorků byly v roce 2009 prováděny pouze pracovníky ÚKZÚZ ze sedimentárních částí rybníků nebo ze složišť vytěžených sedimentů jak rybníčních tak i říčních. V minulých letech byly některé vzorky dodány přímo zákazníkem. V současné době, v rámci samostatného úkolu, jsou již vzorky odebírány podle „Metodického pokynu č. 16/OBKP; Sledování rybníčních a říčních sedimentů“.

**Tab. 1** Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, pH a obsahy živin (1995–2009)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitel. látky (% sušiny)	pH/ CaCl <sub>2</sub>	přístupné živiny v mg.kg <sup>-1</sup> (Mehlich III)			
				P	K	Mg	Ca
<b>průměr</b>	29,2	8,99	5,89	41,4	217	333	3861
<b>medián</b>	27,9	8,00	5,83	24,2	186	293	2350
<b>min.</b>	5,40	1,00	2,80	1,00	8,70	7,10	4,20
<b>max.</b>	73,3	43,0	7,80	287	988	1640	28500
<b>poč. vz.</b>	107	257	296	255	256	256	255

**Tab. 2** Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizik. prvků a látek (1995 – 2009)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	AOX	PCB*
	mg.kg <sup>-1</sup> suchého vzorku (extrakce lučavkou královskou)									mg.kg <sup>-1</sup>	µg.kg <sup>-1</sup>
<b>průměr</b>	12,2	18,9	12,9	50,3	29,4	0,14	34,6	59,6	156	30,1	13,7
<b>medián</b>	8,00	0,40	12,6	43,2	25,1	0,10	30,8	27,2	113	26,9	5,88
<b>min.</b>	1,00	0,05	1,90	4,50	4,00	0,009	1,20	4,60	18,7	0,50	1,75
<b>max.</b>	228	1660	59,0	425	162	1,85	452	3350	1630	95,0	135
<b>poč. vz.</b>	336	344	290	345	343	347	342	337	345	82	42
<b>Limit</b>	30	1	30	200	100	0,8	80	100	300	není	200

\*suma 7 kongenerů (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

**Tab. 3** Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů – vodní tok, polní, návesní a lesní rybník (1995 – 2009)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitel. látky (% sušiny)	pH/ CaCl <sub>2</sub>	přístupné živiny v mg.kg <sup>-1</sup> (Mehlich III)			
				P	K	Mg	Ca
<b>Celkový průměr</b>	29,2	8,99	5,89	41,4	218	334	3861
<b>Vodní tok</b>	18,7	6,99	5,91	50,8	178	282	3011
<b>Polní rybník</b>	30,7	8,45	5,90	39,6	196	346	3571
<b>Návesní rybník</b>	27,1	9,62	6,05	45,6	276	337	5044
<b>Lesní rybník</b>	44,8	11,1	5,13	32,0	182	269	2133

**Tab. 4** Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů – vodní tok, polní, návesní a lesní rybník (1995 – 2009)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	AOX	PCB*
	mg.kg <sup>-1</sup> suchého vzorku (extrakce lučavkou královskou)										mg.kg <sup>-1</sup>
<b>Celkový průměr</b>	12,2	18,8	12,8	50,3	29,3	0,13 8	34,5	59,5	156	30,1	13,7
<b>Vodní tok</b>	10,5	0,61	11,1	51,1	32,4	0,15 2	28,6	41,3	141	42,7	6,55
<b>Polní rybník</b>	12,9	34,7	12,5	47,2	26,0	0,11 4	32,4	35,7	129	27,4	15,9
<b>Návesní rybník</b>	11,9	0,6	14,4	57,2	36,0	0,16 7	40,8	112	216	28,1	12,1
<b>Lesní rybník</b>	9,8	0,5	11,0	44,7	24,3	0,17 1	28,4	27,9	113	62,3	1,92

\*suma 7 kongenerů (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

**Tab. 5** Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní tok, polní, návesní a lesní rybník (1995 – 2009) – vyhláška č. 257/2009 Sb.

		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PCB*
		<b>Celkem</b>	počet	17	58	2	2	3	2	7	12
	%	5,1	16,9	0,7	0,6	0,9	0,6	2,1	3,6	8,7	0
<b>Vodní tok</b>	počet	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Polní rybník</b>	počet	10	28	0	1	1	0	2	5	12	0
	%	5,5	15,1	0	0,5	0,5	0	1,1	2,7	6,3	0
<b>Návesní rybník</b>	počet	6	22	2	1	2	2	5	7	17	0
	%	5,6	19,6	2,2	0,9	1,8	1,8	4,6	6,5	15,6	0
<b>Lesní rybník</b>	počet	1	4	0	0	0	0	0	0	1	0
	%	3,1	12,5	0	0	0	0	0	0	3,0	0

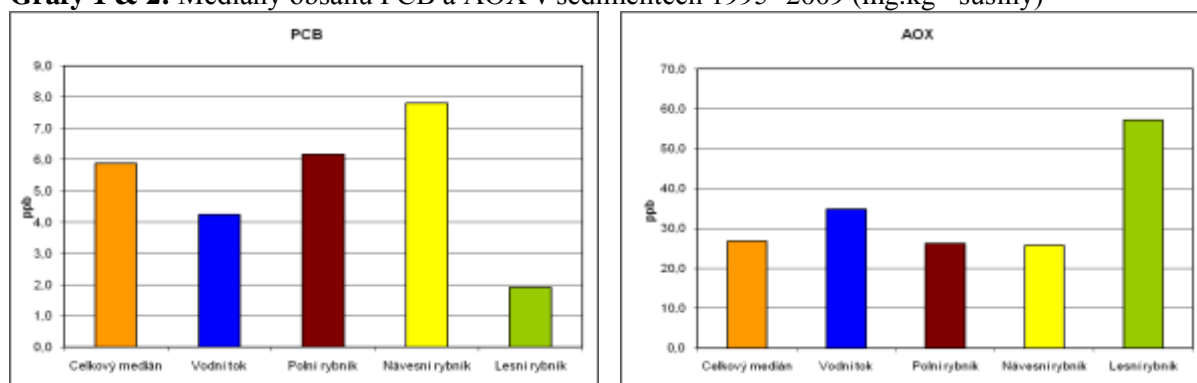
\*suma 7 kongenerů (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

Polní a návesní rybníky jsou převážně střední zrnitosti, s pH v oblasti převážně kyselé a neutrální, návesní rybníky mají obecně vyšší průměrné obsahy spalitelných látek než ostatní kategorie, polní rybníky se pohybují kolem celkového průměru. Průměrné obsahy přístupných živin u těchto kategorií rybníků jsou vysoké, nejvyšších průměrných obsahů pak dosahují P a Ca u návesních rybníků. Sedimenty návesních rybníků mají převážně vyšší průměrné obsahy rizikových prvků než ostatní kategorie. Sedimenty polních rybníků vykazují v průměru vyšší obsahy As a Cd, ale i ostatních prvků, které však nedosahují průměrných hodnot návesních rybníků. Rovněž průměrné obsahy PCB jsou vyšší.

Sedimenty lesních rybníků jsou zrnitostně těžší, s velkým podílem jemných částic, mají zvýšené průměrné obsahy spalitelných látek a jejich pH patří k nejnižším stejně tak i průměrné obsahy přístupných živin (P, K, Mg, Ca). Z rizikových prvků v porovnání s celkovým průměrem dominuje Hg. Průměrné obsahy PCB jsou velmi nízké, naopak průměrné obsahy AOX dosahují nejvyšších hodnot.

Sedimenty vodních toků jsou převážně hrubší zrnitosti s nízkým průměrným obsahem spalitelných látek a nižšími průměrnými obsahy přístupných živin kromě P, jehož hodnoty jsou nadprůměrné. Z rizikových prvků jsou významněji zastoupeny As, Cu a Zn, průměrné obsahy PCB jsou nízké.

**Grafy 1 & 2:** Mediány obsahů PCB a AOX v sedimentech 1995 -2009 ( $\text{mg.kg}^{-1}$  sušiny)



V tabulce 5 jsou uvedeny počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Nejčastěji překročeným prvkem je Cd (16,9 %) následuje Zn (8,7 %) a As (5,1 %). Nejméně překročených limitů je u vodních toků, u nichž je problém jen s Cd. Následují rybníky lesní, polní a návesní. Mezi posledními jmenovanými je však rozdíl v počtu překročených limitů velmi malý.

#### Stanovení BTEX a $C_{10}-C_{40}$ ve vzorcích sedimentů

V příloze č. 1 vyhlášky jsou mimo jiné stanoveny hodnoty pro ukazatele ropného znečištění (BTEX,  $C_{10} - C_{40}$ ). Tyto parametry se ve vzorcích dosud nestanovovaly, a proto bylo v roce 2009 vybráno 5 vzorků (tam, kde se předpokládaly nálezy těchto látek), jejichž analýza měla poskytnout základní informace o možném ropném znečištění sedimentů. Analýzy byly provedeny v laboratoři Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. v průběhu roku 2009.

Parametrem  $C_{10} - C_{40}$  se označují uhlovodíky charakterizující zbytkové znečištění lehkými kapalinami – ropnými látkami (benzín, olej). Tento parametr reflektuje antropogenní znečištění více, než dříve používaný parametr NEL (nepolární extrahovatelné látky). Parametr je vhodný k identifikaci ropných látek v půdě a podobných matricích, tedy i v sedimentech.

BTEX je zkratka pro benzen, toluen, etylbenzen a xyleny (bezbarvé čiré hořlavé tekutiny s charakteristickým zápachem, dobře rozpustné v organických rozpouštědlech a tucích). Patří do skupiny volatilních organických sloučenin (VOC – volatile organic compounds). Společná zkratka BTEX odráží fakt, že tyto sloučeniny se na kontaminovaných místech vyskytují společně. BTEX se používá jako indikátor znečištění benzínem. Velký význam má parametr BTEX při hodnocení kvality ovzduší. Tyto látky se přirozeně nachází v ropě, popř. v kamenouhelném dehtu. Používají se při výrobě benzínu a dalších ropných produktů, v chemickém průmyslu k výrobě dalších chemikálií, rozpouštědel, ředitel, barev, laků; v gumárenském a kožedělném průmyslu; k výrobě plastů.

Do půdy a vody vstupují po rozlití olejů a ropných produktů, nebo prostřednictvím úniků ze skladovacích tanků.

**Tab. 6** Obsah BTEX a C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> ve vybraných vzorcích sedimentů (ppb)

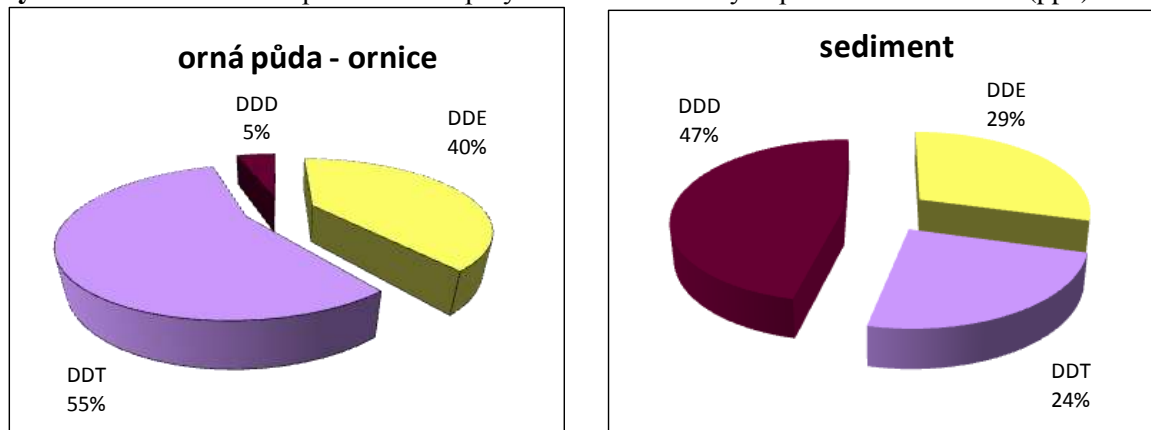
Lokalita / Rybník	Katastrální území	Datum odběru	benzen	Toluen	Etylbenzen	Xyleny	C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>
Horní Radkovický rybník	Jetišov	25. 5.	< 1,0	< 1,0	< 1,1	< 1,0	< 10
Naděje	Hlubová n./Vlt.	1. 6.	< 1,0	< 1,0	< 1,1	< 1,0	48
U Hájenky	Libchavy	14. 7.	< 1,0	1,5	< 1,0	< 1,0	30
Na návsi	Bartouňov	23. 7.	< 1,0	1,9	< 1,0	< 1,0	72
Utopený rybník	Dnešice	3. 9.	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	29

Limitní hodnota stanovená v příloze č. 1 vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, pro BTEX (uvedená jako suma benzenu, toluenu, etylbenzenu a xylenů) činí 0,4 ppm (400 ppb), pro C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> 300 ppm (300 000 ppb). Žádná ze stanovených hodnot nepřesahuje limitní hodnotu (tabulka 6).

#### Stanovení organochlorových pesticidů ve vzorcích sedimentů

V roce 2009 byly poprvé v 8 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCB, látek skupiny DDT). Konkrétní hodnoty jednotlivých parametrů jsou graficky vyjádřeny v grafech 3 a 4.

Rozsah obsahu sumy látek DDT činí 6,7 – 67,5 ppb. Limitní hodnota pro obsah DDT (včetně metabolitů) stanovená v příloze č. 1 vyhlášky č. 257/2009 Sb. je stanovena na 0,1 ppm (100 ppb). Limitní hodnota pro tento parametr nebyla překročena. Zjištěné hodnoty jsou o řád až o dva řády nižší než obsahy v půdách (orná půda, ornice). Vzájemný poměr látek skupiny DDT v sedimentech je značně odlišný od poměru těchto látek v ornících orných půd (grafy 3 a 4).

**Grafy 3 & 4** Poměrné zastoupení látek skupiny DDT v ornici orných půd a v sedimentech (ppb)

Rozsah obsahů HCB kolísá v rozmezí < 0,5 – 4,9 ppb. Limitní hodnota pro tuto látku není vyhláškou č. 257/2009 Sb. stanovena. Zjištěné obsahy se shodují s obsahy v ornících orných půd.

#### ZÁVĚRY Z MONITORINGU SEDIMENTŮ

- Z uvedených výsledků vyplývá značná variabilita rybníčních sedimentů ve všech zjišťovaných parametrech.
- Zrnitostně zkoušené sedimenty zahrnují prakticky všechny kategorie podle Novákovy klasifikační stupnice pro půdy, přičemž více jak polovinu tvoří sedimenty „středně těžké“; do určité míry je zrnitost odrazem charakteru půd v povodí jednotlivých rybníků.

- Pro zemědělskou půdu je významný obsah organické hmoty v sedimentech, která je základem pro tvorbu humusu. Její množství ovšem rovněž silně kolísá, medián obsahu organické hmoty je 8,00 % sušiny.
- Reakce sedimentů je u většiny vzorků v oblasti slabě kyselé a neutrální; kyselá reakce byla zjištěna u 52,7 % sedimentů, neutrální u 33,1 % a zásaditá u 14,2 %. Předpokládá se, že po vytěžení a provzdušnění dojde k určitému následnému okyselení sedimentů.
- Obsah přístupných živin podle kritérií pro hodnocení orných půd se v procesu sedimentace mění oproti obsahům v půdách v povodí; prokazují se především nižší obsahy fosforu oproti obsahům zjišťovaným v průměru orných půd, obsahy draslíku jsou podobné obsahům v půdách, naopak obsah hořčíku je téměř dvojnásobný.
- Obsah rizikových prvků hodnocených podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. v letech 1995 - 2009 (extrakt lučavkou královskou) ukazuje na nejčastější kontaminaci kadmíem - 58 vzorků (16,9%), zinkem - 30 vzorků (8,7%) a arsenem - 17 vzorků (5,1%). Vzorky testované na PCB nepřekročily v žádném případě limitní hodnotu danou vyhláškou. Počet vzorků s nadlimitními hodnotami je nejvyšší u „návesních“ rybníků.
- Žádná ze stanovených hodnot BTEX a C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> nepřesahuje limitní hodnotu.
- Rozsah obsahu sumy látek DDT činí 6,7 – 67,5 ppb. Limitní hodnota pro obsah DDT v sedimentu nebyla překročena. Vzájemný poměr látek skupiny DDT v sedimentech je značně odlišný od poměru těchto látek v orných půdách.
- Rozsah obsahů HCB kolísá v rozmezí < 0,5 – 4,9 ppb. Zjištěné obsahy se shodují s obsahy v orných půdách.

#### **Použitá literatura**

- [1] Agency for Toxic Substance and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/> (accessed Aug 03, 2010).
- [2] U. S. Geological Survey. <http://toxics.usgs.gov/definitions/btex.html> (accessed Aug 03, 2010).
- [3] IRZ – Integrovaný registr znečištění. <http://www.irz.cz> (accessed Aug 04, 2010)

## OCHRANA VOD PŘI ZEMĚDĚLSKÉM HOSPODAŘENÍ

Jan Klír

*Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507,  
161 06 Praha 6 – Ruzyně, e-mail: klir@vurv.cz*

Při zemědělském hospodaření je nutné dodržovat základní pravidla v oblasti ochrany vody, půdy a ovzduší. Hlavní požadavky jsou formulovány nejen v české legislativě, ale i v přímo platných předpisech Evropské unie. Vybrané požadavky na hospodaření jsou nyní i součástí podmínek pro dotace. Za jejich neplnění pak hrozí zemědělcům krácení dotací.

Ve spotřebě minerálních hnojiv v České republice dlouhodobě převažují dusíkatá hnojiva (N tvoří okolo 80 % z dodaných živin NPK). V roce 2009 však bylo zastoupení dusíku ve spotřebě minerálních hnojiv větší než 93 %, kdežto fosforu bylo jen 6 % a draslíku dokonce méně než 0,5 %. Pokles spotřeby minerálních hnojiv v roce 2009 proti roku 2008 činil podle údajů MZe téměř 40 %. Hlavním důvodem byly vysoké ceny hnojiv, zejména v období 2008/2009.

Situace ve spotřebě hnojiv se však nyní opět vrací k „normálu“ posledních let, o čemž svědčí údaje o spotřebě hnojiv v hospodářském roce 2009/2010. Dlouhodobé nevyrovnané hnojení může vést ke snížení úrodnosti půdy a následně i výnosů. Z hlediska výživy rostlin může při nedostatku ostatních živin docházet k nižšímu využití dodaného dusíku. Důsledkem toho mohou být jeho vyšší ztráty z půdy, zejména vyplavením.

**Tab. I: Průměrný přívod živin do půdy v ČR v minerálních hnojivech (kg na 1 ha z. p.)**

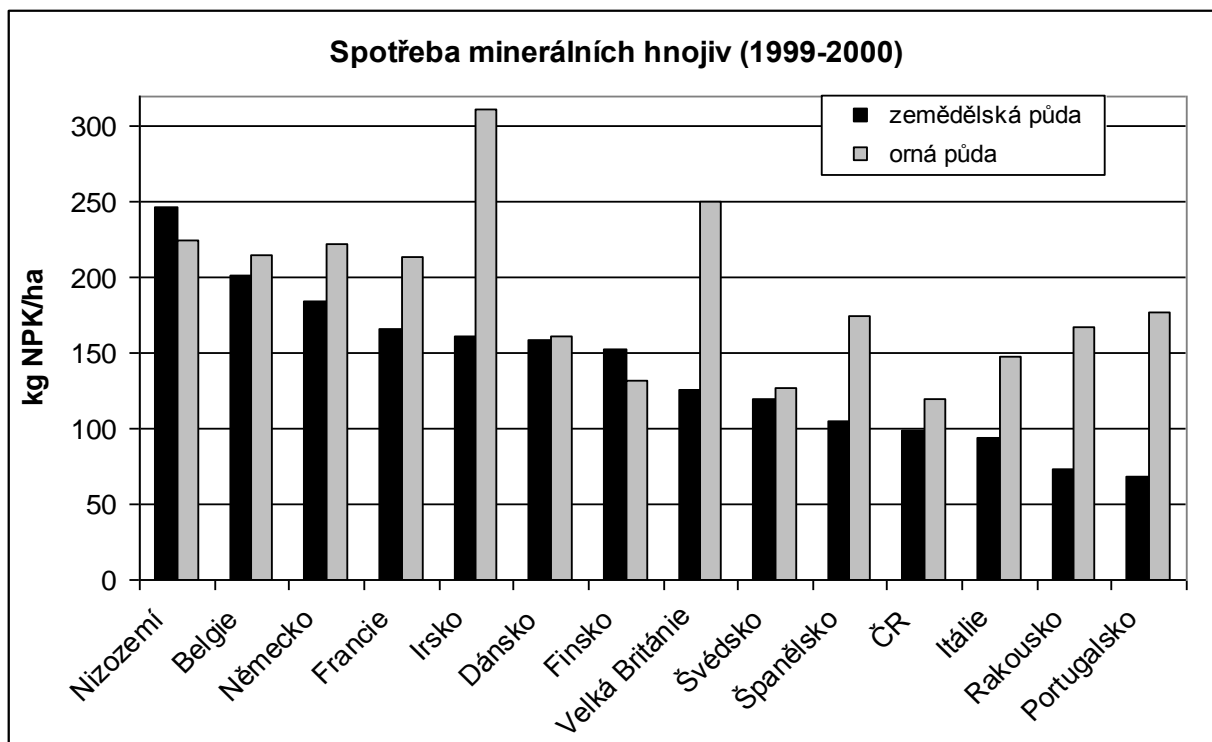
	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Započtená z. p. (tis. ha)	4 327	4 287	4 280	4 100	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
N	102,7	89,8	55,4	58,9	73,2	77,4	83,8	85,4	63,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	84,3	56,8	14,6	10,8	11,7	11,7	15,3	13,8	4,3
K <sub>2</sub> O	80,7	50,8	12,8	6,2	7,7	9,4	9,9	11,4	0,3
<b>Celkem</b>	<b>267,7</b>	<b>197,4</b>	<b>82,8</b>	<b>75,9</b>	<b>92,6</b>	<b>98,5</b>	<b>109,0</b>	<b>110,6</b>	<b>68,0</b>

*Zdroj: MZe ČR*

Postupné snižování spotřeby minerálních hnojiv můžeme pozorovat i v ostatních státech Evropské unie. Hlavním důvodem jsou zpřísněné předpisy na ochranu životního prostředí, zejména tzv. nitrátová směrnice. Co je však zajímavé, výnosy plodin i nadále postupně rostou. To svědčí o zlepšování agrotechnických postupů i o efektivnějším využití živin ze statkových hnojiv. Je ale velký rozdíl, když snížení spotřeby hnojiv vychází z původní spotřeby okolo 300 kg čistých živin NPK/ha. Navíc, v některých zemích původní „patnáctky“ (EU15) se do půdy vrací i značné množství živin ve statkových hnojivech, např. v Nizozemí a Belgii (Vlámsko), při intenzitě chovů hospodářských zvířat okolo 3 DJ/ha.

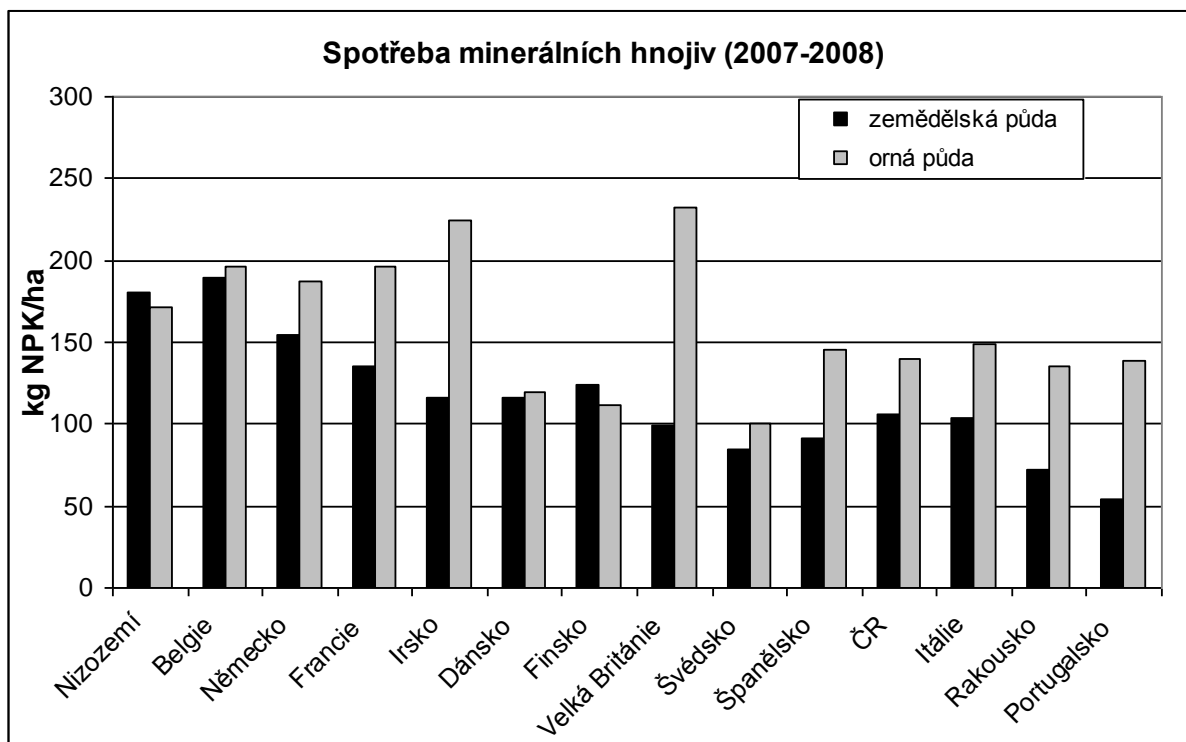
V České republice je nyní průměrná „hustota“ hospodářských zvířat pouze 0,35 DJ/ha zemědělské půdy. Jedna dobytčí jednotka (DJ) přitom představuje 500 kg živé hmotnosti zvířat. Průměrná roční produkce dusíku na 1 DJ je u skotu 80 kg N, u prasat 100 kg N a u drůbeže až 300 kg N. Do půdy se však ve formě statkových hnojiv dostane méně, neboť část dusíku uniká ve stájích a při skladování statkových hnojiv volatilizací amoniaku. Tyto ztráty činí v bezstelivových provozech cca 15 %, ve stelivových 35 % a u drůbeže až 50 %. Další ztráty únikem amoniaku mohou nastat po aplikaci statkových hnojiv na zemědělskou půdu, zejména při jejich opožděném zapravení do půdy.

**Graf 1: Průměrná spotřeba minerálních hnojiv na zemědělské a orné půdě v původních zemích EU a v ČR za období 1999/2000 (vyjádřeno v N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)**



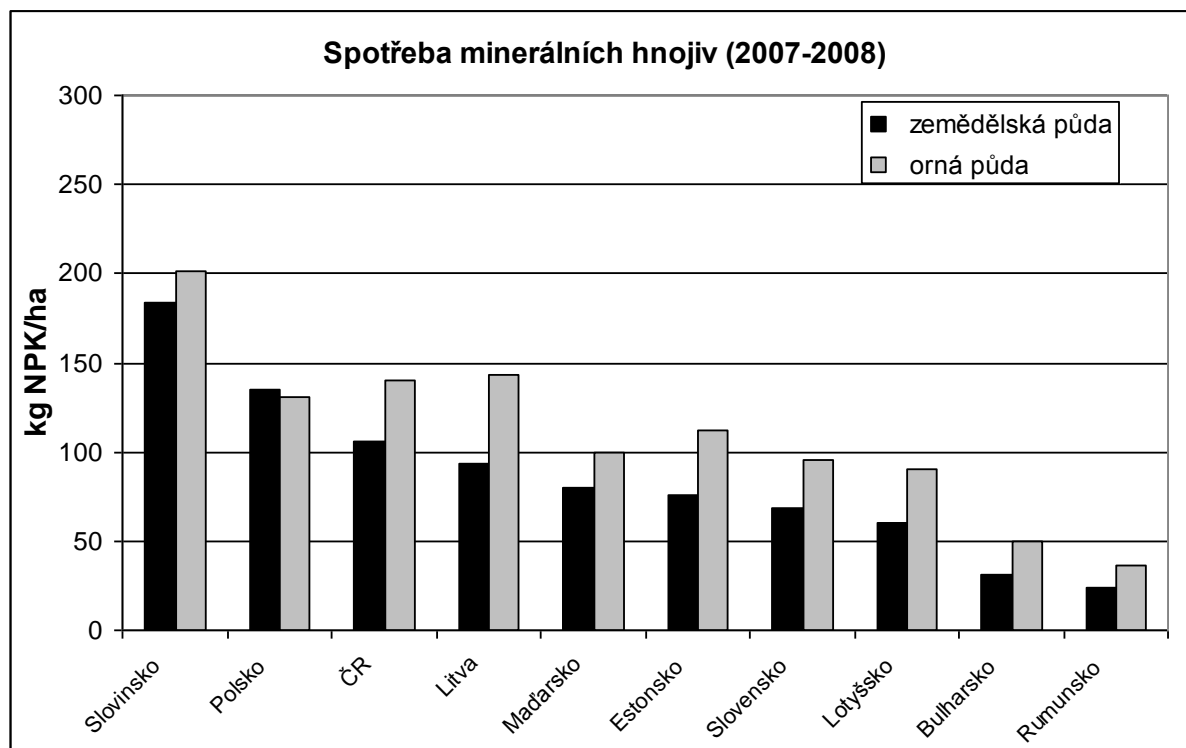
Zdroj: EFMA, 2010

**Graf 2: Průměrná spotřeba minerálních hnojiv na zemědělské a orné půdě v původních zemích EU a v ČR za období 2007/2008 (vyjádřeno v N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)**



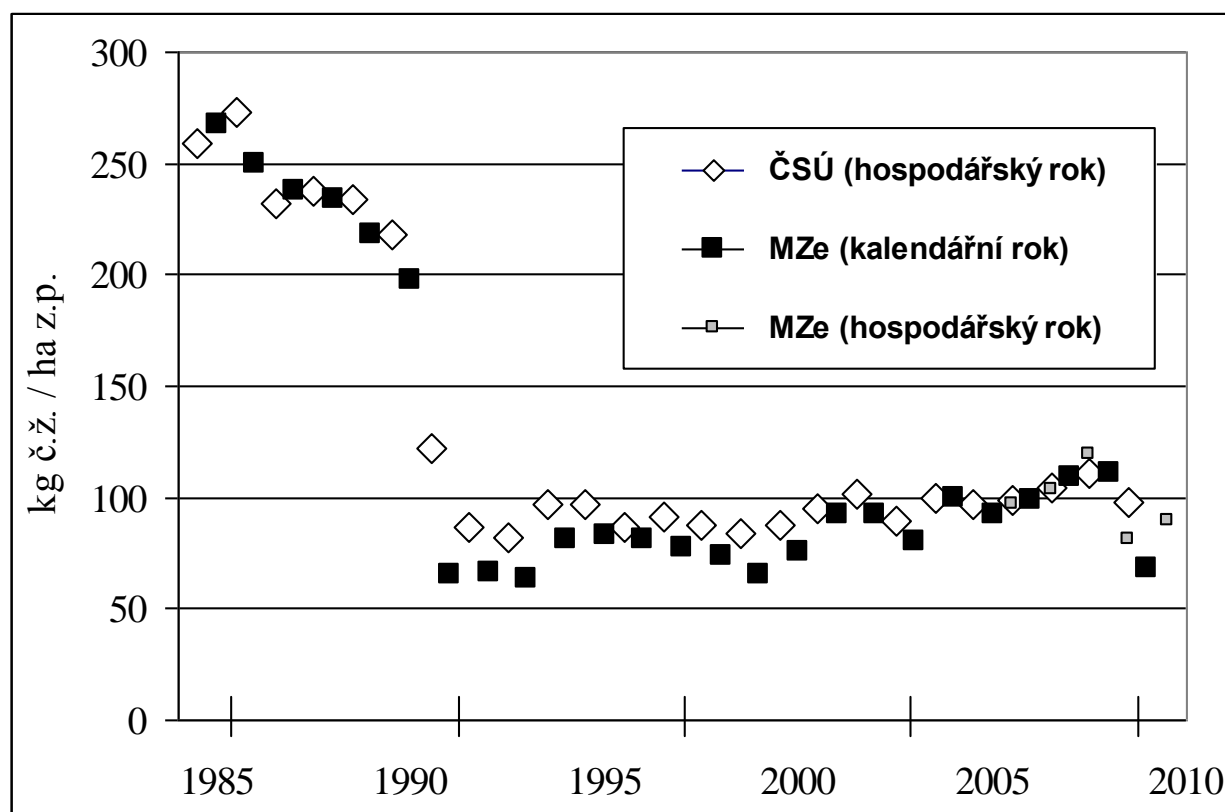
Zdroj: EFMA, 2010

**Graf 3: Průměrná spotřeba minerálních hnojiv na zemědělské a orné půdě v nových zemích EU za období 2007/2008 (vyjádřeno v N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)**



Zdroj: EFMA, 2010

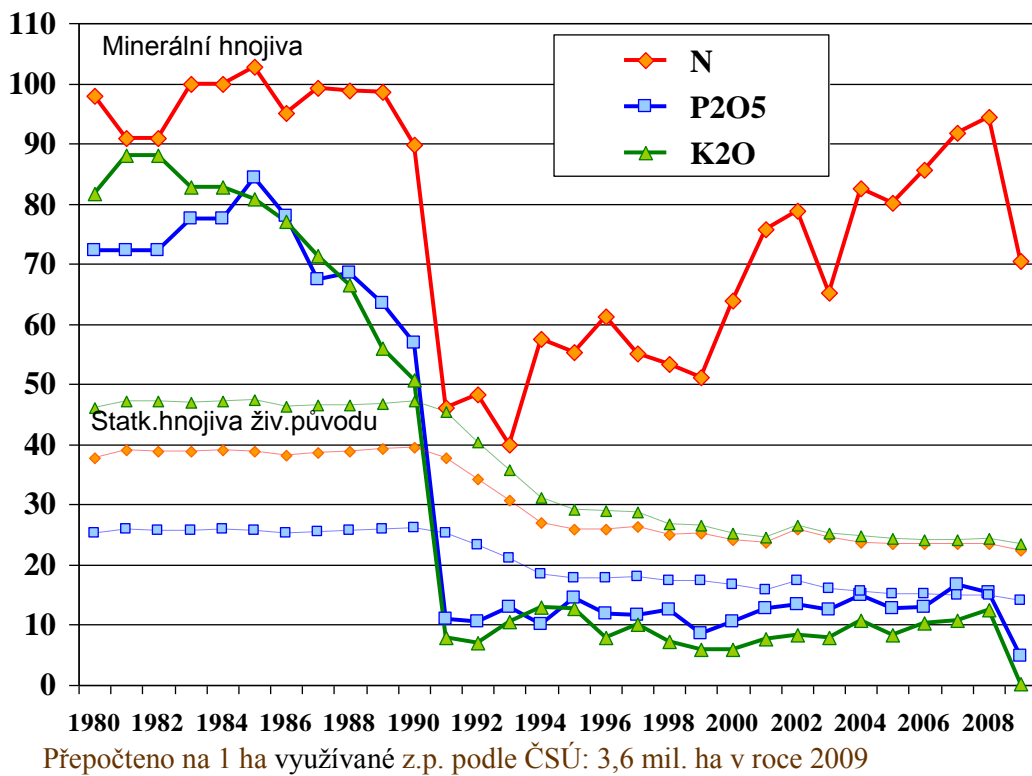
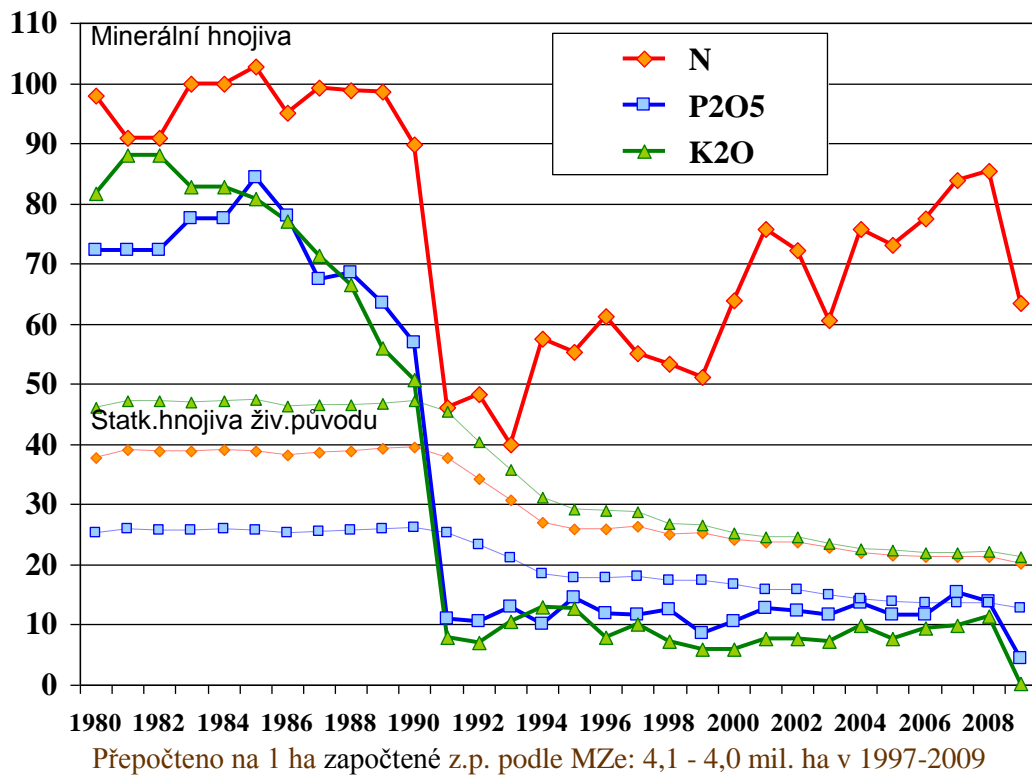
**Graf 4: Průměrná spotřeba minerálních hnojiv v ČR (kg č. ž. N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O na 1 ha z. p.)**



Zdroj: MZe ČR, ČSÚ

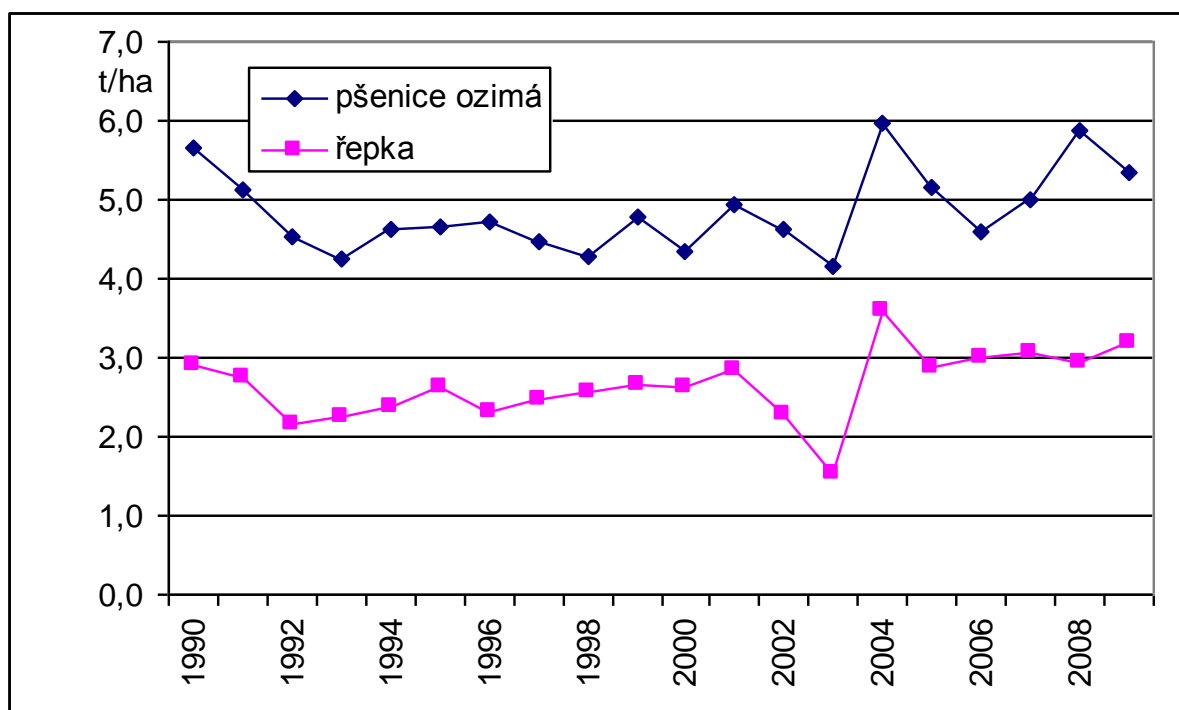


Grafy 5 a 6: Průměrná spotřeba minerálních hnojiv podle MZe (kg č. ž. N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O)



Zdroj: MZe (minerální hnojiva); ČSÚ, VÚRV, v.v.i. (statková hnojiva – v exkrementech)

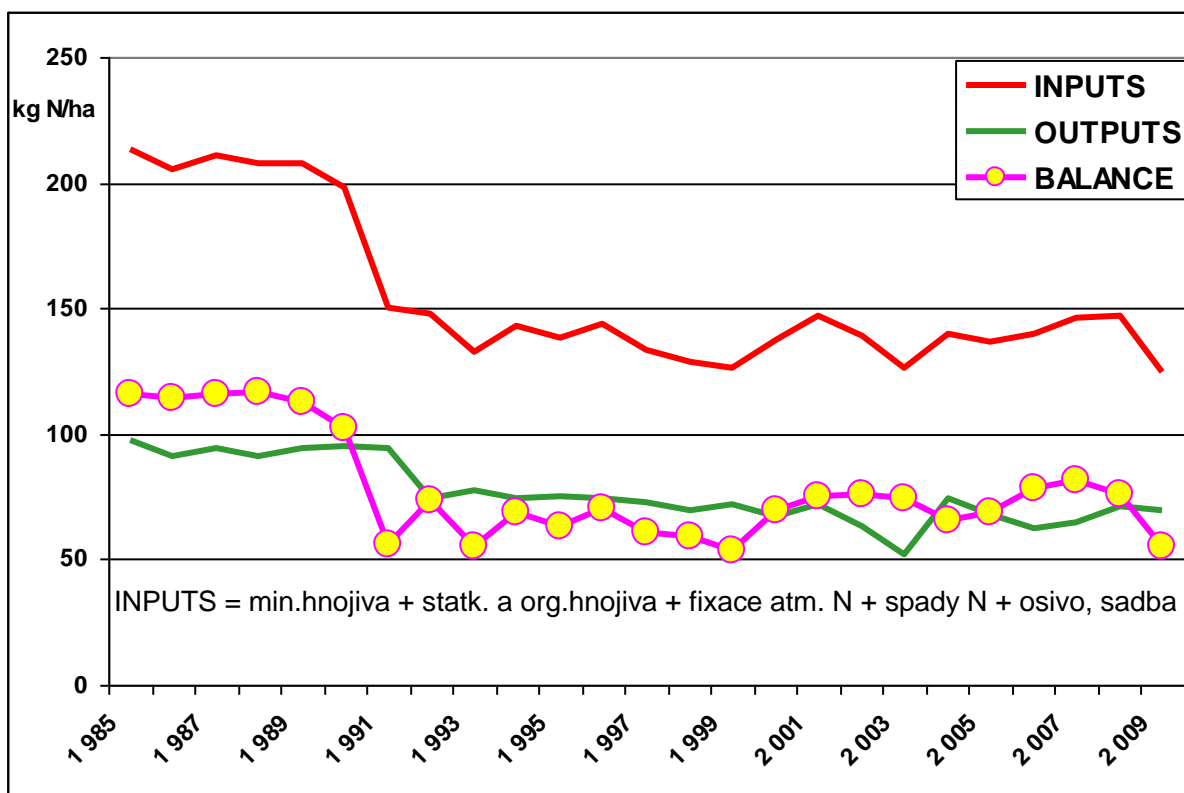
**Graf 7: Vývoj průměrných výnosů pšenice ozimé a řepky v České republice**



Zdroj: ČSÚ

**Graf 8: Povrchová bilance dusíku na zemědělské půdě v České republice**

(vedlejší rostlinné produkty, např. sláma nejsou započítány ve výstupech ani ve vstupech, vstup N ve statkových hnojivech je po odpočtu ztrát ve stájích a skladech)



Zdroj: VÚRV, v.v.i.

## **Základní požadavky na používání hnojiv**

Základní požadavky na kvalitu hnojiv, jejich skladování a používání jsou obsaženy v různých předpisech (zde jsou uvedena čísla aktuálních novel):

- zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech (novela č. 9/2009 Sb.)
- vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva (novela č. 271/2009 Sb.)
- vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv (nov. č. 353/2009 Sb.)
- vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (novela č. 150/2010 Sb.)
- nařízení vlády č. 103/2003 Sb. (novela č. 108/2008 Sb.)

Z pohledu vodního zákona jsou minerální hnojiva obsahující dusík nebo fosfor, organominerální hnojiva, statková hnojiva, organická hnojiva, příp. jejich výluhy a výluhy ze skladovaných objemných krmiv nebezpečnými závadnými látkami. Pro zacházení s nimi tedy platí požadavky § 39 vodního zákona, zejména povinnost činit přiměřená opatření, aby tyto závadné látky nevnikly do povrchových nebo podzemních vod a neohrozily jejich prostředí. Ve zranitelných oblastech platí přísnější požadavky na používání hnojiv, na základě opatření akčního programu nitrátové směrnice, uvedeného v nařízení vlády č. 103/2003 Sb.

Základní požadavky na používání hnojiv jsou uvedeny v § 9 zákona o hnojivech. Hnojiva nesmějí být používána na zemědělské půdě a lesních pozemcích, pokud jejich vlastnosti nebo způsob použití neumožňují rovnoměrné pokrytí pozemku. Rovněž nesmí dojít k poškození fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností zemědělské půdy, lesního pozemku nebo pozemků sousedících s tímto pozemkem, popřípadě i jeho širšího okolí. Hnojiva se nesmějí používat na půdě zaplavené, přesycené vodou, pokryté vrstvou sněhu vyšší než 5 cm nebo promrzlé tak, že povrch půdy do hloubky 5 cm přes den nerozmrzá.

Podrobnosti o používání hnojiv a jejich evidence uvádí vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv. Při používání hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů nesmí dojít k jejich přímému vniknutí do povrchových vod nebo na sousední pozemek. Diferencované hnojení na základě údajů o vlastnostech půdy nebo stavu porostu splňuje podmínky rovnoměrného pokrytí pozemku podle § 9 zákona o hnojivech. Pro určování potřeby hnojiv se vychází:

- z potřeby živin porostu pro předpokládaný výnos a kvalitu produkce,
- z množství přístupných živin v půdě a stanovištních podmínek (zejména vlivu klimatu, půdního druhu a typu),
- z půdní reakce (pH), poměru důležitých kationtů (vápníku, hořčíku a draslíku) a množství půdní organické hmoty (humusu),
- z pěstitelských podmínek ovlivňujících přístupnost živin (předplodina, zpracování půdy).

## **Evidence hnojení**

Povinnost vést evidenci o hnojení je dána zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech (§ 9). Zemědělství podnikatelé jsou povinni řádně vést evidenci o hnojivech a pomocných látkách použitých na zemědělské půdě a lesních pozemcích. Tato povinnost se nevztahuje na evidenci vedlejších produktů při pěstování kulturních rostlin, s výjimkou slámy. Zemědělství podnikatelé jsou povinni řádně vést evidenci též o upravených kalech a sedimentech použitých na zemědělské půdě. Zemědělství podnikatelé, kteří používají upravené kaly na zemědělské půdě, jsou povinni zaslat ústavu nejpozději 14 dnů před jejich použitím hlášení podle prováděcího právního předpisu.

Evidence hnojení se vede o množství, druhu a době použití hnojiv, pomocných látek, upravených kalů a sedimentů podle jednotlivých pozemků, plodin a let a uchovává se nejméně 7 let. Na požádání ústavu jsou zemědělství podnikatelé povinni evidenci předložit a umožnit ověření v ní uvedených údajů.

Záznam o použití hnojiva, pomocné látky, upraveného kalu nebo sedimentu musí být v evidenci proveden do jednoho měsíce od ukončení jeho použití.

Podrobnosti pro vedení evidence hnojení upřesňuje vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.

Evidence se vede nejen o použití hnojiv, ale i pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků, substrátů a upravených kalů. Forma vedení evidence není důležitá, lze ji vést v papírové formě nebo v počítači. Do evidence hnojení se zaznamenávají pouze živiny uvedené v příbalovém letáku nebo na dodacím listu hnojiva.

V evidenci se zaznamenávají údaje stanovené v příloze č. 1 vyhlášky č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.

Pokud nejsou k dispozici výsledky rozborů pro účely určení přívodu živin do půdy v použitých statkových hnojivech, používají se údaje stanovené v příloze č. 2.

Pokud se ponechají na pozemku vedlejší či hlavní produkty vzniklé při pěstování kulturních rostlin, tedy sklíditelné rostlinné zbytky, zejména sláma, chrást, plodina na zelené hnojení, tráva, zaznamenávají se do evidence bez uvedení množství hmoty a živin.

Pro evidenci přívodu živin výkaly a moči hospodářských zvířat při pastvě nebo pobytu zvířat na zemědělské půdě se použijí údaje o produkci výkalů a moči celkem stanovené v příloze č. 3, tabulce A a údaje o přívodu živin do půdy ve výkalech a moči stanovené v příloze č. 2. Datem použití statkového hnojiva jsou v tomto případě časová rozpětí jednotlivých pastev nebo pobytů zvířat na pozemku. Ukončením použití hnojiva pro účely zápisu do evidence je potom datum, kdy zvířata daný rok naposledy opustí příslušný pozemek. V položce druh statkového hnojiva se v případě zanechání výkalů a moči hospodářských zvířat na zemědělské půdě uvede označení „pasevní období“ nebo „pobyt“ s určením druhu nebo kategorie zvířat.

## **Nitrátová směrnice**

Nitrátová směrnice (směrnice Rady 91/676/EHS) požaduje:

1. vymezit zranitelné oblasti (oblasti, kde kontaminace podzemních a povrchových vod dusičnany již přesáhla nebo by mohla přesáhnout stanovenou mez koncentrace dusičnanů ve výši 50 mg/l)
2. připravit tzv. akční program (povinná opatření pro zemědělce ve zranitelných oblastech, vedoucí ke snížení obsahu dusičnanů ve vodách)

Uplatnění směrnice Rady 91/676/EHS v ČR:

- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (§ 33 zranitelné oblasti, akční program)
- nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech (ve znění nařízení vlády č. 219/2007 Sb. a nařízení vlády č. 108/2008 Sb.)
- zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech (§ 9: zákaz hnojení na sníh, zamrzlou, zaplavenou nebo přemokřenou půdu; požadavek rovnoměrného hnojení)

Zranitelné oblasti byly v ČR vymezeny v roce 2003. První revize vymezení byla v roce 2007, druhá revize se připravuje na rok 2011. První akční program (1. AP) byl účinný v období 2004 – 2007, 2. AP v období 2008 – 2011. V současné době se připravuje 3. AP na období 2012 – 2015. K tomu je využíváno výsledků monitoringu akčního programu, nových výzkumných poznatků, připomínek Evropské komise a návrhů odborné a zemědělské praxe.

Přehled opatření akčního programu:

1. Období zákazu hnojení
2. Omezení hnojení
3. Skladování statkových hnojiv
4. Limit 170 kg N/ha ve statkových hnojivech
5. Hospodaření na svažitých pozemcích
6. Hnojení okolo vod

1. Období zákazu hnojení

Zemědělský pozemek s pěstovanou plodinou nebo připravený pro založení porostu plodiny		Období zákazu hnojení	
Plodina nebo kultura	Klimatický region*	Hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem	Minerální dusíkatá hnojiva
Plodiny na orné půdě (mimo travních a jetelovinotravních porostů), trvalé kultury	0 - 5	15. 11. - 31. 1.	1. 11. - 31. 1.
	6 - 9	5. 11. - 28. 2.	15. 10. - 15. 2.
Travní (jetelovinotravní) porosty na orné půdě, trvalé travní porosty	0 - 5	15. 11. - 31. 1.	1. 10. - 28. 2.
	6 - 9	5. 11. - 28. 2.	15. 9. - 15. 3.

Používání hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem a upravené kaly na orné půdě je zakázáno v období 1. 6. – 31. 7. (toto ustanovení neplatí v případě následného pěstování ozimých plodin a meziplodin) a v období 1. 12. – 31. 1.

2. Omezení hnojení

a) Limity hnojení plodin

Plodina	Limit hnojení* (kg N . ha <sup>-1</sup> )	Plodina	Limit hnojení* (kg N . ha <sup>-1</sup> )
pšenice ozimá	220	brambory průmyslové	220
pšenice jarní	160	cukrovka	220
žito ozimé	150	krmná řepa	200
ječmen ozimý	180	řepka ozimá	240
ječmen jarní	150	slunečnice	160
oves	150	mák	120
triticale	160	len	100
kukuřice na zrno	260	kukuřice na siláž	260
luskoviny	70	jetel	0
brambory sadbové	170	vojtěška	0
brambory konzumní	200	trávy na orné půdě	200

Do limitu hnojení plodiny se započítává dusík z minerálních hnojiv a tzv. využitelný dusík ze statkových a organických hnojiv, a to prvním rokem jeho využití. Např. u hnoje to je 40 % z obsahu celkového N, u kejdy 60 %. Dusík použitý na podporu rozkladu slámy se do limitu hnojení následné plodiny nezapočítává.

#### b) Omezení letního a podzimního hnojení

Omezení hnojení na orné půdě (podle aplikačního pásma) se vztahuje na období (na zakládané porosty) od 15.6. do období zákazu hnojení, a to

- na hnojení minerálními dusíkatými hnojivy a hnojivy s rychle uvolnitelným dusíkem (kejda, močůvka, drůbeží trus, digestát z bioplynových stanic apod.)
- k vyjmenovaným plodinám nebo způsobům
- hnojení je možné jen jedním způsobem (jeden čtvereček tabulky)
- dávky nelze kombinovat ani sčítat.

Způsob používání dusíkatých hnojivých látek na orné půdě závisí na začlenění zemědělského pozemku do jednoho ze tří aplikačních pásem (stupně I až III), která jsou vymezena dle BPEJ. Ve III. aplikačním pásmu byly navíc vymezeny půdy s vysokým rizikem infiltrace, tedy průsaku vody.

Jde-li o hnojení minerálními dusíkatými hnojivy nebo hnojivy s rychle uvolnitelným dusíkem na orné půdě k následným ozimým plodinám, k mezplodinám, k podpoře rozkladu slámy nebo pro následné jarní plodiny v období od 15. června do začátku období zákazu hnojení, lze tato hnojiva používat výlučně jen jedním ze způsobů uvedených v následující tabulce:

Podmínka hnojení	I. aplikační pásmo		II. aplikační pásmo		III. aplikační pásmo			
					a) půdy se středním rizikem infiltrace		b) půdy s vysokým rizikem infiltrace	
	A	B	A	B	A	B	A	B
k ozimé plodině následující po obilnině	60	120	50	100	40	80	20	0
k ozimé plodině následující po jiné předplodině než je obilnina	40	80	20	0	15	0	10	0
k mezplodinám, s výjimkou čistých porostů jetelovin a luskovin nebo k podpoře rozkladu slámy, s výjimkou slámy luskovin a olejnin	60	120	50	100	40	80	0	80
pro následné jarní plodiny*	0	120	0	100	0	100**	0	0

Poznámky:

A. max. limit přívodu dusíku v minerálních dusíkatých hnojivech, v kg N . ha<sup>-1</sup>.

B. max. limit přívodu dusíku v hnojivech s rychle uvolnitelným dusíkem, v kg N . ha<sup>-1</sup>.

\* použití hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem je možné až v období od 15. října do začátku období zákazu hnojení

\*\* pouze s inhibátorem nitrifikace.

### 3. Skladování statkových hnojiv

#### a) Velikost skladovacích kapacit na statková hnojiva

Velikost skladovacích prostor je i ve zranitelných oblastech zatím stanovena vyhláškou 274/1998 Sb. (na kejdu - 4 měsíce, na močůvku a hnojůvku - 3 měsíce). Zároveň však musí být dostatečná pro období zákazu hnojení. Od 1.1.2014 budou ve zranitelných oblastech vyžadovány skladovací prostory odpovídající šestiměsíční produkci hnojiv.

#### b) Uložení tuhých statkových nebo organických hnojiv na zemědělské půdě

Uložení hnoje nebo kompostu na zemědělském pozemku je možné nejdéle po dobu 12 měsíců (mimo zranitelnou oblast 24 měsíců) a nové uložení na stejném místě po 4 letech. Místa vhodná k uložení musí být odsouhlasena vodoprávním úřadem v havarijním plánu nebo v jeho dodatku. Vhodnost místa je posuzována na základě map v registru půdy (LPIS).

Od 1.1.2014 bude možné uložení hnoje na zemědělské půdě až po jeho tříměsíčním skladování nebo po jednorázovém vyskladnění stáje s hlubokou podestýlkou.

### 4. Limit 170 kg N/ha ve statkových hnojivech

V podniku hospodařícím ve zranitelné oblasti (bez ohledu na to, jakou částí výměry) je nutné dodržet limit přívodu organického dusíku živočišného původu ve výši 170 kg N v průměru na 1 ha zemědělské půdy podniku za rok.

### 5. Hospodaření na svažitých pozemcích

Na půdách ohrožených erozí (vymezeno dle HPJ) se provádějí vhodná agrotechnická protierozní opatření. Na zemědělských pozemcích se sklonitostí nad 7°, které sousedí s útvary povrchových vod, nesmí být pěstovány širokořádkové plodiny. Na pozemcích s trvalými travními porosty se sklonitostí nad 7° je omezena jednorázová dávka dusíku na 80 kg N/ha.

### 6. Hnojení okolo vod

Povinnost zachování ochranného nehnojeného pásu v šíři 3 m od břehové čáry. Netýká se pastvy hospodářských zvířat. Zachování ochranného pásu 25 m od břehové čáry, kde nelze používat kejdu, močůvku apod. na zemědělských pozemcích se sklonitostí nad 7°.

*Tento příspěvek do sborníku byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV MZe ČR č. QH82283*

## NAKLÁDÁNÍ S ODPADY ZE ZEMĚDĚLSTVÍ VE SVĚTLE PLATNÝCH PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ

### Emil Rudolf

*Ministerstvo životního prostředí, odbor výkonu státní správy,  
Resslova 1229/2a, 500 02 Hradec Králové, e-mail: emil.rudolf@mzp.cz*

Oblast nakládání s odpady je systematicky právně ošetřena od roku 1991, v současné době je účinný zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. a suma 13 prováděcích předpisů (příloha).

Také zemědělská výroba (živočišná i rostlinná) je nesporně spojena s produkcí charakteristických odpadů, které jsou koncentrovány v kategorii 02 přílohy č. 1 vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, v platném znění.

V první řadě je třeba naplnit definici odpadu uvedenou v ustanovení § 3 odst. 1 zákona o odpadech, o tom v 1. fázi si musí udělat úsudek původce odpadů (v případě pochybnosti, zda daná movitá věc je odpadem, rozhoduje příslušný krajský úřad).

Další skutečností je, že pokud jde o odpady, ne všechny se řídí zákonem o odpadech, ale vybrané odpady se řídí ustanoveními zvláštních předpisů. V zemědělství je to především aplikace § 2 odst. 1 písmeno d) a e) zákona o odpadech, kdy se řídíme zákonem veterinárním nebo zákonem o hnojivech.

Opadem není ani vedlejší produkt, pokud splní podmínky obsažené v ustanovení § 3 odst. 5 zákona o odpadech.

Odpady, které spadají pod obecný zákon o odpadech (živočišné exkrementy, které nenaplní kritérium statkového hnojiva, znečištěné rostlinné materiály, zbytky chemických přípravků apod.) se musí předat oprávněné osobě (§ 14 odst. 1 zákona o odpadech), to je provozovateli zařízení ke sběru, výkupu, využití a odstranění odpadů (tento subjekt musí mít platné povolení krajského úřadu dle zákona o odpadech). Některý specifický odpad (upravené kaly z čistíren odpadních vod) se za určitých podmínek může zapravit na vybranou zemědělskou půdu v režimu § 14 odst. 2 zákona o odpadech.

Odpady biologicky rozložitelné, které sumárně uvádí příloha č. 1 vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady jsou vhodné pro zpracování aerobní (kompostování) nebo anaerobní (bioplynové stanice).

Sumárně lze další základní povinnosti původců zemědělských odpadů koncentrovat do těchto okruhů

- zařazovat odpady ke Katalogu odpadů
- shromažďovat odpady dle druhů a kategorií (možnost získat souhlas s upuštěním od této povinnosti)
- ověřovat nebezpečné vlastnosti odpadů
- k nakládání s nebezpečným odpadem mít potřebný souhlas
- vést průběžnou evidenci odpadů



- plnit každoroční ohlašovací povinnost (k 15. 2. běžného roku za skutečnost uplynulého roku) v případě produkce více než 100 kg nebezpečných nebo 100 tun ostatních odpadů v roce
- mít plán odpadového hospodářství v případě roční produkce odpadů nad 10 tun nebezpečných nebo 1 000 tun ostatních v roce
- vést speciální evidenci při přepravě nebezpečného odpadu (§ 40 zákona o odpadech)

## Závěr

Zemědělská výroba základní je charakterizována vznikem (produkcí) movitých věcí, které se dnes považují jednak za vedlejší produkty, jednak za odpady, které se řeší podle zvláštních předpisů.

Produkovány jsou jak odpady nebezpečné, tak i ostatní.

Tento příspěvek není vyčerpávající kuchařkou, která podrobně krok za krokem řeší aplikaci předpisů v oblasti odpadového hospodářství. Zemědělská prvovýroba dnes nepatří k rozhodujícím producentům odpadů, přesto některé aspekty (hranice mezi zákonem o odpadech a speciálními předpisy, udržitelnost potřebné kvality zemědělské půdy, potravinového řetězce) této problematiky jsou zajímavé.

## **Legislativa na úseku odpadů**

- Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb, ve znění zákona č. 477/2001 Sb., zákona č. 76/2002 Sb., zákona č. 275/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 356/2003 Sb., zákona č. 167/2004 Sb., zákona č. 188/2004 Sb., zákona č. 317/2004 Sb., zákona č. 7/2005 Sb., (úplné vyhlášení pod č. 106/2005 Sb.), zákona č. 444/2005 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 222/2006 Sb., zákona č. 314/2006 Sb., zákona č. 296/2007 Sb., zákona č. 25/2008 Sb., zákona č. 34/2008 Sb., zákona č. 383/2008 Sb., zákona č. 9/2009 Sb., zákona č. 157/2009 Sb., zákona č. 223/2009 Sb., zákona č. 227/2009 Sb. (1.7.2010), zákona č. 281/2009 Sb. (1.1.2011), zákona č. 291/2009 Sb., zákona č. 297/2009 Sb., zákona č. 326/2009 Sb. a zákona č. 154/2010 Sb.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve znění vyhlášky č. 502/2004 Sb.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů, ve znění vyhlášky č. 503/2004 Sb., vyhlášky č. 168/2007 Sb. a vyhlášky č. 374/2008 Sb.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, ve znění vyhlášky č. 504/2004 Sb.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění vyhlášky č. 41/2005 Sb. a vyhlášky č. 294/2005 Sb., vyhlášky č. 353/2005 Sb., vyhlášky č. 351/2008 Sb., vyhlášky

č. 478/2008 Sb., vyhlášky č. 61/2010 Sb. a vyhlášky č. 170/2010 Sb.

- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 384/2001 Sb., o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachlordifenylmetanem, monometyldichlordifenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 50 mg/kg (o nakládání s PCB)
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků ve znění vyhlášky č. 505/2004 Sb. a vyhlášky č. 353/2005 Sb.
- Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky ve znění NV č. 473/2009 Sb.
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a o změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění vyhlášky č. 341/2008 Sb. a vyhlášky č. 61/2010 Sb.
- Vyhláška č. 352/2005 Sb., o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi, ve znění vyhlášky č. 65/2010 Sb. a vyhlášky č. 285/2010 Sb.
- Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb.
- Vyhláška č. 352/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s autovraky, ve znění vyhlášky č. 54/2010 Sb.
- Vyhláška č. 374/2008 Sb., o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb.
- Vyhláška č. 170/2010 Sb., o bateriích a akumulátorech a o změně vyhlášky č. 383/2001 Sb. (od 15. 6. 2010)

#### **Legislativa na úseku obalů**

- Zákon o obalech č. 477/2001 Sb., ve znění zákona č. 274/2003 Sb., zákona č. 94/2004 Sb., zákona č. 237/2004 Sb., zákona č. 257/2004 Sb., zákona č. 444/2005 Sb., zákona č. 66/2006 Sb., zákona č. 296/2007 Sb., zákona č. 25/2008 Sb., zákona č. 126/2008 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 281/2009 Sb.
- Nařízení vlády č. 111/2002 Sb., kterým se stanoví výše zálohy na vybrané druhy vratných zálohovaných obalů, ve znění nařízení vlády č. 209/2010 Sb.  
Vyhláška ministerstva č. 116/2002 Sb., o způsobu označování vratných zálohovaných obalů
- Vyhláška č. 641/2004 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence obalů a ohlašování údajů z této evidence

# BIOLOGICKÁ ÚPRAVA ZEMĚDĚLSKÝCH ODPADŮ A STATKOVÝCH HNOJIV

## Vít Matějů

*ENVISAN-GEM, a.s., Biotechnologická divize,  
Budova VÚPP, Radiová 7, 102 31 Praha 10, e-mail: [envisan@grbox.cz](mailto:envisan@grbox.cz)*

### 1.0 ÚVOD

Při zemědělské výrobě vzniká poměrně značné množství odpadů. Z nich některé se běžně dál využívají dlouhá desetiletí. Koncentrace a intenzifikace zemědělské výroby však vede k tomu, že některých odpadů vznikají na jednom místě velká množství, která již nejsou klasickou cestou využitelná. Příkladem lze nalézt velké množství nejen v Evropě, ale i v Asii a Americe. Například Nizozemí se již léta potýká s problémem, jak nakládat s hovězími exkrementy a chlévskou mrvou. Intenzifikace chovu hovězího dobytka vede ke koncentraci v takové míře, že vyprodukované množství tohoto druhu odpadu není možné využívat klasickou cestou jako hnojiva. V Nizozemí to vedlo k výzkumu a rozvoji nových technologických postupů pro využití chlévské mrvy a dalších zemědělských odpadů netradičními cestami. Situace v Nizozemí přispěla k rychlému rozvoji kompostování, anaerobního rozkladu a některých dalších technologií pro úpravu zemědělských odpadů.

Pod pojmem zemědělské odpady jsou obvykle myšleny odpady uvedené ve vyhlášce č. 381/2001 Sb. Katalog odpadů, kde nejdůležitější zemědělské odpady jsou v podskupině 01 skupiny 02:

02	ODPADY ZE ZEMĚDĚLSTVÍ, ZAHRADNICTVÍ, RYBÁŘSTVÍ, LESNICTVÍ, MYSLIVOSTI A Z VÝROBY A ZPRACOVÁNÍ POTRAVIN
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 01	Kaly z praní a z čištění
02 01 02	Odpad živočišných tkání
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 04	Odpadní plasty (kromě obalů)
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředěvané odděleně a zpracováváné mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 01 08*	Agrochemické odpady obsahující nebezpečné látky
02 01 09	Agrochemické odpady neuvedené pod číslem 02 01 08
02 01 10	Kovové odpady
02 01 99	Odpady jinak blíže neurčené

\* - nebezpečný odpad

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že ne všechny zemědělské odpady jsou dále využitelné. Množství odpadů ze zemědělství může být kontaminováno nejrůznějšími herbicidy, pesticidy, ale i ropnými látkami a některými rozpouštědly, takže jejich využití není možné nebo jen s velkými náklady na odstranění nežádoucích látek. Velkým problémem, který dosud není vyřešen, je obsah některých veterinárních léčiv a dalších nežádoucích látek v exkrementech zvířat ať již v důsledku prevence chorob (např. antibiotika), samotného léčení nebo v důsledku fyziologie zvířat (např. vylučování steroidních hormonů) (Jorgensen a Halling-Sorensen, 2000, Winkler a Grafe, 2000, Hamscher a kol., 2000, Heur a kol., 2010, European Medicines Agency, 2010). Přítomnost těchto látek byla hodnocena mnoha studiemi a pracemi, avšak závěry jsou nejednoznačné.

V současné době jsou zemědělské biologicky rozložitelné odpady jednou z nejvýznamnějších surovin pro výrobu bioplynu anaerobním rozkladem. Pro tuto cestu zpracování jsou vhodné odpady ze živočišné i rostlinné výroby, často se však využívá i směsných surovin vzniklých ze zemědělských odpadů a dalších biologicky rozložitelných odpadů. Tato alternativa je výhodná také proto, že lze do jisté míry optimalizovat poměr C : N ve vstupní surovině a tím dosáhnout zvyšování výtěžnosti bioplynu i optimalizace procesních parametrů (Hoffman a kol., 2010, Wu a kol., 2010, Pilar Anzola Rojas a kol., 2010).

Nakládání se zemědělským, odpady se výrazně liší od místa vzniku. Proto následující informace budou zaměřeny především na Evropu a Českou republiku. Informace z dalších světových regionů budou spíše použity pro ilustraci celého tématu.

## **2.0 BIOLOGICKÉ METODY ÚPRAVY ZEMĚDĚLSKÝCH ODPADŮ**

### **2.1 Obecně**

Úprava zemědělských odpadů biologickými postupy má několik cílů. Cíle lze shrnout do následujících bodů:

- využití zemědělského odpadu pro výrobu energie (anaerobní rozklad s výrobou bioplynu)
- změna vlastností a kvality odpadů (kompostování, úprava bioenzymatickými přípravky)
- snížení jeho množství (kompostování, anaerobní rozklad, úprava bioenzymatickými přípravky)
- ochrana zdrojů vody, energie, surovin a živin
- zamezit znečištění půdy, vzduchu, vody a sedimentů
- zlepšit hygienické a zdravotní podmínky pro práci (biofiltrace, aplikace bioenzymatických přípravků)
- rozšíření obchodních příležitostí (kompostování, anaerobní rozklad)
- omezit nepříjemné vlivy nakládání s odpady na okolí (biofiltrace, anaerobní rozklad, aerobní rozklad a kompostování)

V následujícím textu budou podrobněji probrány některé nejvyžívanější postupy založené na biologických principech a pozornost bude zejména zaměřena na některá úskalí biologických metod úpravy.

### **2.2 Kompostování**

Kompostování je definováno jako aerobní proces, při které probíhá rozklad a transformace organických látek přítomných v odpadech v přítomnosti kyslíku. Organické látky jsou přitom převáděny na oxid uhličitý a energii. Kompostování za aerobních podmínek není příliš běžné v zemědělské praxi.

V zahraničí však lze najít v literatuře i anaerobní nebo pasivní kompostování. Netrvá se tedy striktně na tom, že kompostování je proces, který musí probíhat v přítomnosti kyslíku, tedy za aerobních podmínek. Tyto dvě druhé možnosti se v zemědělství běžně využívají.

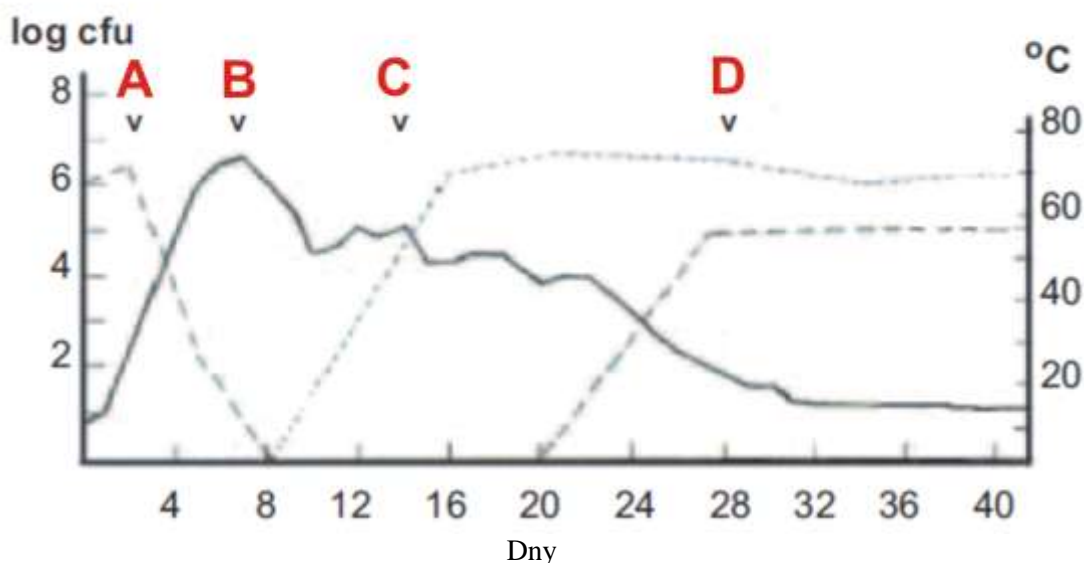
Při kompostování dochází k mikrobiologickému rozkladu celulosy, bílkovin, tuků, cukrů a dalších organických látek, nejprve na jednodušší organické sloučeniny, dále pak až na oxid uhličitý či methan (podle podmínek kompostování aerobní versus anaerobní) a uvolňuje se energie. Druh vznikajících plynů závisí na podmínkách kompostování. Z jednoduchých organických látek (aminokyseliny, monosacharidy, organické kyseliny a pod.) se syntetizují huminové látky. Kompostováním tak dochází ke změnám fyzikálních vlastností odpadu i ke změně chemického složení (Larney a kol., 2000). V průběhu kompostování se snižuje obsah vody v kompostovaném odpadu (až o 85 %), zvyšuje se sypná hmotnost (3krát až 6krát podle druhu kompostovaných odpadů), snižuje se objem (o 30 % až 70 % podle druhu kompostovaného materiálu).

Kompostovaný materiál by měl mít poměr C : N rovný přibližně 30 : 1. Mírné odchylky od této hodnoty poměru C : N (20 : 1 až 40 : 1) nemají zásadní význam pro průběh kompostování, avšak výrazné zvýšení nebo snížení tohoto poměru se může projevit poruchami kompostování.

### 2.2.1 Aerobní (aktivní) kompostování

Aerobní kompostování se provádí mnoha způsoby a má mnoho technických variant. Zásadním význakem tohoto způsobu výroby kompostu je pravidelné promíchávání a přehazování kompostu nebo aktivní zapravování vzdušného kyslíku do kompostovaného odpadu. Nevýhodou jsou požadavky na energii pro přehazování a zapravování kyslíku, tedy vyšší náklady na výrobu kompostu. Aerobní mikroorganismy rozkládají organické látky za vzniku oxidu uhličitého, vody, energie a z výše zmíněných jednodušších organických sloučenin se syntetizují huminové látky.

Při tomto způsobu kompostování a za předpokladu, že se do kompostovaného materiálu dostává dostatečné množství kyslíku, dochází jednak k výraznému zvyšování teploty až na 80 °C (v systémech s nuceným vháněním vzduchu). Při přehazování či překopávání hromad se rovněž teplota zvyšuje, avšak již jen na cca 60 °C, krátkodobě na 80 °C. Zvyšování teploty je významné nejen z hlediska rychlosti rozkladných procesů ale i z hlediska hygienizace kompostu, tedy pro eliminaci patogenních organismů a semen plevelů. K nejvyššímu zvyšování teploty dochází na počátku kompostování (obrázek č. 1). Na degradačním procesu se podílí konsorcium mikroorganismů včetně bakterií, aktinomycet a nižších hub. V průběhu kompostování se mění složení mikrobiálního konsorcia podle teploty a dalších podmínek v prostředí.



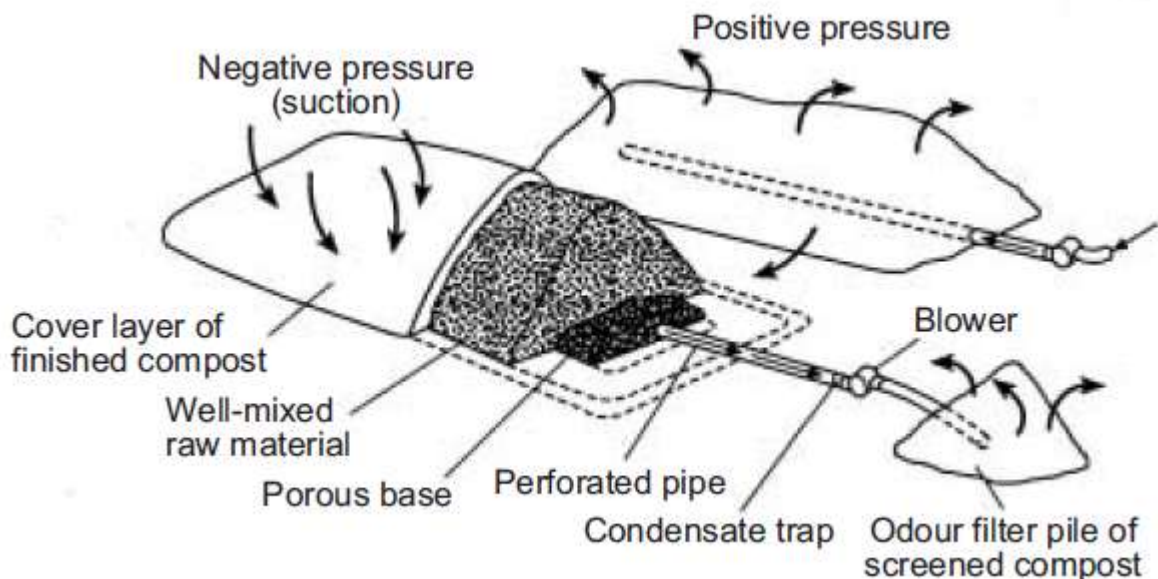
**Obrázek č. 1** Teplota a počty nižších hub v kompostu z pšeničné slámy (Misra a kol., 2003).

Poznámky: Plná čára – teplota, čárkovaná čára – mezofilní houby, tečkovaná čára – termofilní houby, levá osa – počty hub – logaritmus kolonií tvořících jednotek (log CFU) na gram kompostu, pravá osa - teplota

Po ukončení aktivního kompostování následuje fáze dozrávací. K dozrávání by se měl kompost přemísťovat v okamžiku, kdy přehození hromady nepřinese již zvýšení teploty. Dozrávání kompostu je velice důležitá fáze, při které se kompost stabilizuje a získává příznivé vlastnosti.

V zemědělství se pro kompostování zemědělských odpadů (směsi slámy s kejdou, hovězím či slepičím hnojem, odpady z rostlinných produktů (oklasky, plevy atd.)) využívá především tzv. aerovaná statická hromada a překopávané hromady, popřípadě některé varianty těchto technických řešení.

Statická aerovaná hromada (obrázek č. 2) se využívá při průmyslovém charakteru výroby kompostu, kdy jedním z nejdůležitějších parametrů procesu je doba aktivního kompostování. Ve většině případů se využívá překopávaných hromad s různým řešením překopávání a přehazování (čelní nakladač, překopávače kompostu). Toto řešení je technicky jednoduché a zaručuje dosažení dobrých výsledků. Energetická náročnost je nižší ve srovnání se statickou aerovanou hromadou.

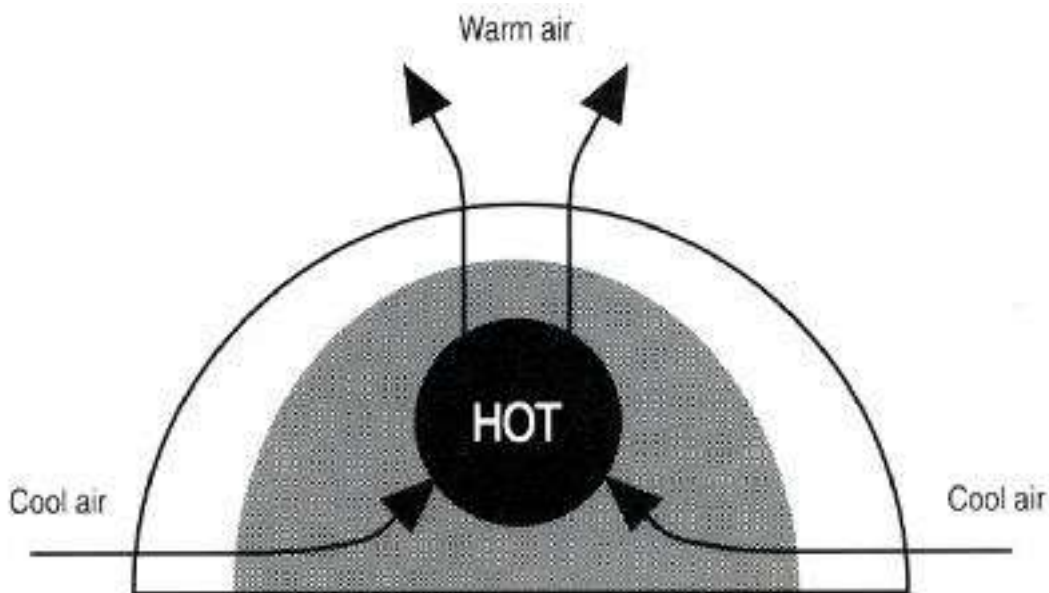


**Obrázek č. 2** Aerovaná statická hromada. Do tělesa hromady se vzduch vhání nuceně například dmychadlem

Vysvětlivky: Negative pressure (suction) – negativní tlak (sání), Positive pressure – pozitivní tlak, Blower – dmychadlo, Odour filter pile of screened compost - hromada prosátého kompostu pro eliminaci zápachu, Condensate trap – jímka na kondenzát, Perforated pipe – perforovaná trubka, Porous base – porézní lože, Well-mixed raw material – homogenizovaný materiál (zakládka), Cover layer of finished compost – krycí vrstva z hotového kompostu

### 2.2.2 Pasivní kompostování

Pasivní kompostování je dlouhotrvající proces., který však má minimální náklady a využívá se především při kompostování velmi porézních materiálů jako jsou různé druhy slámy, tráva, listí a nadrcené oklasky (Anonym, 2010, Anonym, 2010A) nebo se využívá při skladování hnojů. V podstatě se odpad uloží na hromadu a vzdušný kyslík se zapravuje do hromady přirozeným prouděním vzduchu (obrázek č. 3 a 4). Aby se tento jev mohl uplatnit, výška hromady by neměla přesahovat 1,5 m a šířka 3,5 m při pasivním kompostování hovězího hnoje s podestýlkou.



**Obrázek č. 3** Pasivní kompostování. V hromadě kompostovaného odpadu vzniká proudění (tzv. komínový efekt). Teplý vzduch z hromady uniká a studený vzduch s obsahem kyslíku je do hromady nasáván (Anonym, 2010A).

Vysvětlivky: Warm air – teplý vzduch, cold air – chladný vzduch



**Obrázek č. 4** Hromady při pasivním kompostování s trubkami pro přívod vzduchu a cirkulaci

Je samozřejmé, že při tomto způsobu kompostování není v kompostovaném odpadu dostatek kyslíku a vzniká tak nebezpečí tvorby zápachu. Jedná se o velice jednoduchý a levný způsob kompostování, avšak proces je náročný na čas a kvalita kompostu není vždy rovnoměrná, protože přehazování je omezeno na minimum a v hromadě jsou heterogenní podmínky.

Protože rozkladné procesy probíhají pomalu, vzniká jen malé množství tepla. Proto se někdy tento způsob kompostování v literatuře označuje také jako „chladné kompostování“ (v angličtině cold composting).

V zemědělských státcích či farmách se lze velmi často setkat s pasivním kompostováním hnojů. Pasivní kompostování spočívá v uložení hnoje do hromad, aby docházelo k postupnému rozkladu po dlouhou dobu prakticky bez žádného přehazování, míchání a ošetřování. Je však třeba si uvědomit, že pouhé složení hnoje do hromady neuspokojuje požadavky na průběžné aerobní kompostování. Bez velkého množství podestýlky obsah vlhkosti v exkrementech přesahuje hranici, která by umožňovala vznik porézních struktur v hromadě. Proto hromadou prochází jen velmi malé množství vzduchu nebo také žádný. Proto dominují anaerobní mikroorganismy a vznikají všechny nežádoucí efekty spojené s anaerobním rozkladem včetně nízké teploty, pomalého rozkladu a uvolňování sirovodíku a dalších zápašných látek. Pokud je

chov dobytka prováděn na podestýlce, podestýlka s exkrementy vytváří mnohem poréznější materiál s nižším obsahem vlhkosti, takže je možné vytvářet hromady, v nichž dochází k cirkulaci vzduchu. Podestýlka také pomáhá zvyšovat poměr C : N.

Aby bylo dosaženo struktury vhodné pro kompostování, je třeba velké množství podestýlky. Je třeba přinejmenším stejný objem podestýlky jako je objem exkrementů. Pokud je množství podestýlky malé na to, aby vznikl porézní materiál, je třeba přidávat další materiály pro snížení obsahu vlhkosti. Obecně je možné kompostovat koňský hnůj bez dalších přísad materiálu pro snížení vlhkosti, kdežto prasečí, hovězí a drůbeží hnoje je třeba vždy obohatit slámou nebo nějakým podobným materiálem. Pasivní kompostování je pomalé a většinou přináší problémy s tvorbou zápachu (Anonym, 2010B, Barrington a kol., 2003).

### 2.2.3 Anaerobní kompostování

Při anaerobním kompostování rozkladný proces probíhá za nepřítomnosti kyslíku. Za těchto podmínek převládají v kompostovaných odpadech anaerobní mikroorganismy, které produkují nejrůznější látky jako jsou methan, organické kyseliny, sulfan a další. Za nepřítomnosti kyslíku se tyto jednoduché látky již dále nemetabolizují nebo metabolizují jen velice pomalu, takže dochází k jejich hromadění v kompostovaném odpadu. Mnoho z těchto látek výrazně zapáchá a někdy způsobují i fytotoxicitu. I anaerobní kompostování probíhá za nízkých teplot, takže prakticky nemá vliv na hygienizaci kompostovaných materiálů ani na redukci počtu semen plevelů. Anaerobní proces je pomalý, trvá někdy i několik let. Jeho nedostatky často převažují nad jeho výhodami – téměř žádná práce a jen velice nízká ztráta živin.

### 2.2.4 Vermikompostování – kompostování se žížalami

Tzv. vermikompostování neboli výroba biohumusu se v současnosti rozvíjí po celém světě. V našich podmínkách se využívá druh žížaly *Eisenia fetida* - kalifornský červený hybrid s vysokou produktivitou a plodností. Princip výroby biohumusu je založen na schopnosti žížal přeměňovat ve svém trávicím traktu organické látky. Kalifornský hybrid pohlavně dozrává ve 3 měsících a dva hermafroditní jedinci ročně v průměru produkují 1500 mladých červů a to po dobu 16 let. Při dobrých podmínkách je možno chov dvojnásobně reprodukovat za 3 měsíce. Dospělý červ spotřebuje denně tolik krmiva, co sám váží a z něhož vyrobí 60 % biohumusu a 40 % využije pro vlastní metabolismus (Váňa, 1994).

Pro kalifornského hybridu je nutno zabezpečit optimální teplotu prostředí 19 až 22°C. Při teplotě pod 7°C a nad 33°C jsou již žížaly netečné a při teplotě pod 0 °C a nad 42 °C nastává jejich úhyn. Optimální vlhkost substrátu je 78 až 82 %. Vlhkost nižší než 60 % a vyšší než 90 % působí úhyn žížal. Žížaly požadují neutrální pH, pH nižší než 6 a vyšší než 8 žížaly zabíjí. Žížaly se pohybují ve vrstvách krmiva s dostatkem vzdušného kyslíku.

Krmivo nesmí obsahovat zvýšené množství čpavku a bílkovin. Obsah 45% proteinu v krmivu působí úhyn žížal. Žížaly zabíjejí již nízké koncentrace pesticidů, nesnášejí sluneční paprsky a vítr. Jejich přirození nepřátelé jsou ptáci, žáby, stonožky, mravenci, krty a další hlodavci. Optimální koncentrace žížal je 50000 jedinců na m<sup>2</sup> záhonu krmiva.

Nejvhodnějším krmivem a zároveň životním prostředím pro žížaly je předkompostovaný substrát z hnoje různých zvířat, slámy, pilin, stromové kůry, kejdy, papíru apod. s poměrem C:N = 20. Aerobní předfermentace by měla trvat v létě 2 až 3 měsíce, v zimě 3 až 5 měsíců a neměla by být delší než 8 měsíců. Dokonale zkompostovaný substrát není vhodné krmivo pro nedostatek cukrů, bílkovin a vitaminů. Předfermentovaný substrát musí být upraven na požadovanou teplotu, vlhkost, pH, zbaven čpavku apod., nejlépe přímo na připravovaném záhonu krmiva o výšce 30 cm. Před vlhčením se na povrch krmiva rozhazuje mletý vápenec. Před navezením žížal do záhonu krmiva se osvědčuje provést test krmiva v dřevěné bedýnce se substrátem o objemu 2 až 4 l, do kterého vložíme 50 žížal při teplotě 20°C. V případě, že jsou žížaly živé a aktivní po 24 hodinách, je krmivo v pořádku (Váňa, 1994)



Další krmivo přidáváme až po 30 dnech a to vrstvu 6 až 7 cm. Do předfermentovaného substrátu je možné přidávat veškeré rostlinné zbytky, odpady ze zeleniny, ovoce, navlhčený papír a karton apod. V zimním období dodržujeme interval krmení po 30 dnech, v období jaro až podzim přikrmujeme s výjimkou prvního delšího intervalu po 7 až 10 dnech.

Záhony krmiva v kterých chováme žížaly je výhodné vytvářet o šířce 2 až 2,4 m, pro využití mechanizace ponecháme mezi záhony mezeru 0,5 m a mezi dvojicemi záhonů mezeru 2,5 m. Pro venkovní chov je vhodná plocha s mírným sklonem 2 až 3° pro odvod přebytečné vláhly při vlhčení záhonů. Před příchodem mrazů zateplíme záhony vyšší vrstvou krmiva, slámou, listím. V případě, že použijeme tepelně izolační rohože, je nutno zabezpečit pravidelnou aeraci záhonů (Váňa, 1994).

Ve vytápěných objektech nebo využitím topných panelů pod záhony je možno provozovat celoroční chov. Chov žížal je náročný na potřebu plochy. Pro milion žížal potřebujeme 20 m<sup>2</sup> plochy záhonů, což je polovina celkové provozní plochy. Pro milion žížal je třeba ročně zabezpečit 10 t organické hmoty krmiva a zpracováním získáme cca 6 t biohumusu. Biohumus odebíráme ze záhonů založených v dubnu již v říjnu a ze záhonů založených v říjnu další rok v dubnu. Žížaly z jednoho záhonu je v uvedených termínech teoreticky možno využít k založení třech dalších záhonů. V červenci je možno ze záhonů založených v dubnu odebrat namnožené žížaly pro případné založení dalších záhonů nebo k jinému využití.



**Obrázek č. 5** Vermikompostování zemědělských odpadů

Odběr žížal ze substrátu je možno provést přidávkem zvláště atraktivního krmiva (s podílem šrotu apod.). Do této vrstvy postupně přesídí až 97% žížal a můžeme je i se substrátem přenést do nových záhonů. V zahraničí jsou rozpracované další metody odběru žížal pomocí světla, el. proudu, formalínu, na sítích apod. (Váňa, 1994).

Přebytečné žížaly je možné využít k přímému krmení (ryby, drůbež, prasata), dále k výrobě krmné moučky, ke zpracování ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Biohumus získaný s pomocí žížal je považován za nejúčinnější organické hnojivo. V literatuře se uvádí 60 až 70krát vyšší účinnost ve srovnání s hnojem. Tyto údaje je nutno brát s rezervou a vysokou účinnost vykazují pouze nejjemnější frakce biohumusu. Biohumus je nutno především usušit na 40 až 50% vlhkost a rafinovat na sítích.

Nejcennější je frakce do 1 mm, nejčastěji se vyrábí frakce do 3 mm s doporučenou dávkou 3 t na 1 ha jednou za čtyři roky. Nestandardní biohumus s podílem hmot nezpracovaných žížalami má vlastnosti kvalitního kompostu a je nutno ho aplikovat ve vyšších dávkách.

Podle literatury rafinovaný biohumus obsahuje 50 až 60 % organických látek až s 35 % humifikací. Zvláště vysoký je podíl neúčinnějších huminových kyselin a to až 17,6 % v sušině. Obsah dusíku v sušině je 1,5 až 3 %,  $P_2O_5$  1,5 až 2,5 %,  $K_2O$  1 až 2,5 %,  $CaO$  4 až 8 % (Váňa, 1994).

Biohumus se zřejmě nejlépe osvědčuje v tzv. biodynamickém hospodaření na půdě za účelem získání zdravotně nezávadných produktů, vzhledem k jeho pozitivnímu účinku na nutriční hodnotu produktů, omezování vstupu cizorodých látek do rostlin a potlačování rostlinných chorob. Tyto schopnosti jsme však zjistili i u kvalitních vyzrálých kompostů připravených pouze mikrobiologickým rozkladem organických látek organických hnojiv a odpadů (Váňa, 1994).

### 2.3 Anaerobní rozklad s výrobou bioplynu

V posledních letech jsme svědky vysokého nárůstu bioplynových stanic využívajících anaerobního biologického rozkladu ke zpracování a stabilizaci různých druhů organických materiálů, odpadů a biomasy. Anaerobní rozklad má velikou přednost v tom, že za pomoci mikroorganismů transformuje biologicky rozložitelné organické látky na bioplyn (60 až 70 %  $CH_4$ ) a může zpracovávat organické materiály i s vysokým obsahem vody, kdy spalování je neekonomické. Bioplyn patří mezi obnovitelné zdroje energie se širokými možnostmi využití. Jeho hlavní přednosti jsou:

- je skladovatelný a po úpravě může být použit i rozvodech pro zemní plyn,
- je použitelný k pohonu vozidel,
- je použitelný ke kogenerační výrobě elektrické energie a tepla,
- je využitelný v palivových článcích k přímé výrobě elektrické energie.

#### 2.3.1 Základy anaerobních procesů

Anaerobní metanová fermentace organických materiálů - *metanizace* - je souborem procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny ( $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$ ) a nerozložený zbytek organické hmoty, který je již z hlediska hygienického a senzorického nezávadný pro prostředí, tedy je stabilizován. Metanová fermentace je soubor několika dílčích, na sebe navazujících procesů, na kterých se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem skupiny druhé a proto výpadek jedné skupiny může způsobovat poruchy v celém systému.

V prvním stadiu rozkladu - hydrolyze - jsou rozkládány makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky (polysacharidy, lipidy, proteiny) na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě extracelulárními hydrolytickými enzymy, produkovanými hlavně fermentačními bakteriemi. Produkty hydrolyzy jsou během druhé fáze - acidogeneze - rozkládány dále na jednodušší organické látky (kyseliny, alkoholy,  $CO_2$ ,  $H_2$ ). Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukovaných produktů. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová,  $H_2$  a  $CO_2$ , při vyšším jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, mléčná kyselina, etanol apod. V dalším stadiu rozkladu - acetogenezi - probíhá oxidace těchto látek na  $H_2$ ,  $CO_2$  a kyselinu octovou. V posledním stadiu - metanogenezi - dochází k tvorbě methanu pomocí metanogenních mikroorganismů, jejichž substrátem jsou jednoduhlikaté látky - metanol, kyselina mravenčí, methylaminy,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$  a kyselina octová.

Jak je z výše uvedeného patrné, tvorba methanu (bioplynu) je složitým procesem, který závisí na mnoha faktorech. Jaká bude výtěžnost methanu ze zpracovávaného materiálu, je jednou

z hlavních otázek provozovatele bioplynové stanice. Obecně lze konstatovat, že výtěžnost methanu závisí na třech skupinách faktorů:

- na chemickém složení a chemické struktuře daného materiálu
- na biologické rozložitelnosti zpracovávaného materiálu
- na technologických podmínkách procesu (teplota, pH, zatížení, doba zdržení, míchání, přítomnost toxických nebo inhibujících látek, uspořádání fermentace a dalších).

### 2.3.2 Využití zemědělských odpadů pro výrobu bioplynu

Zpracování exkrementů zvířat je jednou z tradičních aplikací anaerobních procesů v zemědělství. Podle typu provozu v chovných zařízeních se řídí použitá anaerobní technologie. V bezstelivových provozech vzniká surovina, která je zpracovávána v klasických míchaných anaerobních reaktorech (tzv. mokrá fermentace) s podobným provozem jako na čistírnách odpadních vod. Na rozdíl od čistírenských provozů se musí anaerobní stabilizace kejdy vyrovnávat s problémy vysoké koncentrace amoniaku ve fermentačním mediu a v případě prasečí kejdy s přítomností vyšších koncentrací sulfanu v bioplynu. V těchto případech je výhodné zpracovávat společně s kejdou další organické materiály, které příznivě ovlivňují poměr uhlíku k dusíkatým a sírným sloučeninám ve vstupní surovině. Proto má anaerobní fermentace používaná ke stabilizaci slámatého hnoje oproti klasické stabilizaci kejdy hospodářských zvířat v bezstelivových provozech mnohé výhody. Možným přídatným materiálem je rostlinná biomasa různého původu, která obsahuje malý podíl dusíku i síry.

Kofermentace fytomasy slámy s kejdou stabilizuje proces produkce bioplynu vyšší pufovací schopností kejdy. Neutralizační kapacita měřená jako spotřeba 1N HCl v ml na titraci do pH 4 na 100 g sušiny substrátu může být u fytomasy 10-30 krát nižší než u substrátu na bázi zvířecích fekálií a omezuje dysfunkce způsobené vyššími koncentracemi amoniaku. Přídavek fytomasy optimalizuje poměr C : N a kejda vnáší do substrátu živiny a mikroelementy, nezbytné pro rozvoj mikroorganismů. Anaerobně stabilizovaný produkt ze směsného substrátu má lepší agronomickou účinnost než pouze stabilizovaná kejda (Váňa a Slejška, 2002, Philipp a kol., 2002, Philipp a kol., 2003).

Problémem v zavádění anaerobní fermentace rostlinných materiálů je však nízká účinnost rozkladného procesu způsobená relativně špatnou rozložitelností těchto materiálů. Nízká rozložitelnost se odráží v nízké produkci bioplynu a potřebě velkoobjemových reaktorů s vysokými požadavky na energii, čímž nelze zajistit požadovanou ekonomiku procesu. Vzhledem k tomu, že v případě rostlinných substrátů je limitujícím krokem pro rychlost celkového rozkladu hydrolýza lignocelulózového komplexu, budou s úspěchem aplikovatelné jen ty technologie, které hydrolýzu podporují.

Z experimentální zkušenosti vyplývá, že při kofermentaci rostlinné biomasy s kejdou je organická hmota biomasy zdrojem větších výtěžků bioplynu nežli organická hmota pouze zvířecích fekálií. Například kofermentací s přídavkem sena bylo dosaženo produkce bioplynu 500 l/kg organických látek, kukuřičné slámy 500 až 600 l/kg organických látek, zatímco produkce ze zvířecích výkalů se pohybuje mezi 400 až 470 l/kg organických látek. Problémem však stále zůstává nízká účinnost procesu v případě substrátů s vysokým obsahem lignocelulózy. Například kofermentací obilné slámy bylo dosaženo produkce jen 250 až 350 l/kg organických látek (Váňa a Slejška, 2002).

Mletí, drcení a sekání je prvním a velice často využívaným způsobem předúpravy rostlinného materiálu. Je vhodné vzhledem k redukci objemu fytomasy, z níž plyne lepší skladovatelnost a manipulovatelnost. Dochází ke snížení velikosti částic a tím zvýšení měrného povrchu substrátu, který je napadán hydrolytickými enzymy a tudíž dochází i ke zvyšování intenzity hydrolýzy, také je ale dosahováno hlubšího rozkladu a s ním spojené zvýšené produkce bioplynu a to na základě otevření lignocelulózové matrice.

Klasická jednostupňová anaerobní technologie doposud nenalezla možnost výrazného zvýšení rozložitelnosti lignoceluloliticke frakce organického materiálu. Slibně se rozvíjejícím technologickým řešením anaerobního rozkladu rostlinné biomasy jsou dvoustupňové systémy. Základním principem tohoto řešení je oddělit hydrolyzační resp. acidogenní fázi od fáze metanogenní a tak umožnit provozovat jak hydrolyzu tak metanogenezi v optimálních podmínkách, a tím dosáhnout větší intenzity a účinnosti procesu.

V prvním stupni se pevný materiál mění na kapalné produkty, jež jsou dále zpracovávány v druhém metanogenním stupni. Výhodou je možnost provozovat druhý stupeň jako reaktor s agregovanou biomasou namísto suspenzí v jednostupňových procesech používaných směšovacími reaktory. Při pokusech s čerstvou trávou, jež obsahovala 14 % hemicelulos, 28,3 % celulosy a 5,4 % ligninu, bylo po dvou dnech hydrolyzy (37 °C) a následné metanizaci s dobou zdržení pět dní dosaženo po sedmi týdnech provozu až 80 % rozkladu dle celkové CHSK (Sonakya a kol., 2001).

S rozvojem dvoustupňových systémů již však nemůže zůstat nepovšimnuta skutečnost, že přežvýkaví živočichové jsou ve svém trávicím traktu schopni rozkládat a využívat celulosu z fytomasy a to s účinností výrazně přesahující doposud zaznamenané výsledky. Mikrobiální osídlení žaludku přežvýkavců obsahuje na rozdíl od anaerobní biomasy ve větší míře také další zástupce živočišné říše – houby a prvoky (na př. *Neocalimastix*, *Piromonas*, *Sphaeromonas* aj. (Srinivasan a kol., 2001)). Kofermentace s obsahem žaludku přežvýkavců je další z možností intenzifikace hydrolyzy a acidogenní fáze pro užití ve dvoustupňovém procesu. Problémem je přenést tuto mikrobiální kulturu do technologického konceptu a zajistit takové podmínky, aby její druhové složení a tudíž i aktivita zůstala zachována.

### 3.0 ZÁVĚR

Konverze zemědělských odpadů se provádí především kompostováním a anaerobním rozkladem za tvorby bioplynu. Tyto dvě technologie jsou hlavními metodami pro biologickou úpravu a využití zemědělských odpadů. Produkty obou postupů mohou být s výhodami využity přímo na farmách a v zemědělských podnicích. Při správném plánování lze tyto systémy využít bez závislosti na vnějším trhu, takže pro jejich aplikaci jsou nejdůležitější ekonomická kritéria procesu.

### 4.0 POUŽITÁ LITERATURA

**ANONYM (2010):** Passive composting, Yardener 2007-2010, dostupné na internetu <http://yardener.com/YardenersPlantHelper/YardCareTechniques/Composting/MakingCompost/PassiveComposting>

**ANONYM (2010A):** Passive composting, Earth911, dostupné na internetu <http://earth911.com/recycling/garden/composting/passive-composting/>

**ANONYM (2010B):** On-farm composting methods: Traditional methods (anaerobic decomposition), TECA, dostupné na internetu <http://www.fao.org/teca/content/farm-composting-methods-traditional-methods-anaerobic-decomposition>

**BARRINGTON, S., CHOINIÈRE, D., TRIGUI, M., KNIGHT, W. (2003):** Compost convective airflow under passive aeration, *Bioresource Technology* 86(3):259-266

**EUROPEAN MEDICINES AGENCY (2010):** Guideline on determining the fate of veterinary medicinal products in manure, Committee for medicinal products for veterinary use (CVMP), 15 February 2010, EMA/CVMP/ERA/430327/2009

**HAMSCHER, G., SCZESNY, S., ABU-QARE, A., HÖPER, H., NAU, H. (2000).** Stoffe mit pharmakologischer Wirkung einschließlich hormonell aktiver Substanzen in der Umwelt: Erster Nachweis von Tetracyclinen in güllegedüngten Böden. *Dtsche. tierärztl. Wschr.*, Heft 8, 332-334.

**HEUER, H., BINH, C.T.T., KOPMANN, C., ZIMMERLING, U., KRÖGERRECKLENFORT, E., SMALLA, K. (2010):** Effects of Veterinary Medicines Introduced via Manure into Soil on Microbial Communities, in N. Hamamura, S. Suzuki, S. Mendo, C. M. Barroso, H. Iwata and S. Tanabe, Eds., *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry — Biological Responses to Contaminants*, pp. 9–13. © by TERRAPUB, 2010.

- HOFFMANN, L., DELFOSSE, P., BOONEN, S., PROBST, M. (2010):** The biogas' doctor, *3<sup>eme</sup> Luxinnovation, Business Meets Research, 19. May 2010*, Chambre de Commerce Luxembourg
- JORGENSEN, S.E., HALLING-SORENSEN, B. (2000):** Drugs in the environment. *Chemosphere* 40 (7), 691-699.
- LARNEY, F.J., OLSON, A.F., CARCAMO, A.A., CHI, C. (2000):** Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer, *Bioresource Technology* 75(2):139-148
- MISRA, R.V., ROY, R.N., HIRAOKA, H. (2003):** *On-Farm Composting, Methods*, Land and Water Discussion Paper 2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy
- PHILIPP, W., ADE, K., DRCA, M., LORENZ, H., BÖHM, R. (2003):** Anaerobic treatment of manure and co-fermentation substrate - strategies of epidemic and phytohygienic monitoring, *ISAH 2003, Mexico*,
- PHILIPP, W., BEYER, C., BEYER, W., BUCHENAUER, H., KNIE, A., LORENZ, H., HELLWALD, K.-H., BÖHM, R. (2002):** Optimierung der Anaerob-Technik zur Behandlung von Bioabfällen aus hygienischer Sicht. In: Bioabfallverwertung-know-how-Transfer aus Forschung und Praxis. In. Editors: Kleinke/Bidlingmaier, ESV-Verlag-Initiativen zum Umweltschutz, volume 49, pp.108-131, ISBN 3 503 07025 7
- PILAR ANZOLA ROJAS, M. DEL, ZAIAT, M., SILVA, W.L. DA (2010):** Influence of the Carbon/Nitrogen Ratio on the Hydrogen Production in a Fixed-bed Anaerobic Reactor, In Detlef Stolten, Thomas Grube (Eds.): *18th World Hydrogen Energy Conference 2010 - WHEC 2010*, Parallel Sessions Book 2: Hydrogen Production Technologies, Part 1, *Proceedings of the WHEC, May 16.-21. 2010, Essen*, Schriften des Forschungszentrums Jülich / Energy & Environment, Vol. 78-2, Institute of Energy Research - Fuel Cells (IEF-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Zentralbibliothek, Verlag, 2010, ISBN: 978-3-89336-652-1
- SONAKYA, V., RAIZADA, N., DALLHOF, R., WILDERER, P.A. (2001)** Optimisation of hydrolysis of lignocellulosic waste (grass) and production of biogas using rumen microbes as a source of inoculum. IWA Konferenz „Anaerobic Digestion 2001“, Antwerpen
- SRINIVASAN K., MURAKAMI M., NAKASHIMADA Y., NISHIO N. (2001)** Efficient production of cellulolytic and xylanolytic enzymes by the rumen bacteria. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol.91, No.2, 153-158
- VÁŇA, J. (1994):** Příručka Výroba a využití kompostů v zemědělství, Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze, 1994
- VÁŇA J., SLEJŠKA A. (2002)** Bioplyn z fytomasy. Sborník konference „Možnosti využití bioplynu“, Třeboň 2002
- WINCKLER, C., GRAFE, A. (2000).** Abschätzung des Stoffeintrags in Böden durch Tierarzneimittel und pharmakolo-gisch wirksame Futterzusatzstoffe unter besonderer Berücksichtigung der Tetracycline. Herausgeber:Umweltbundes-amt, Forschungsbericht 29 733 911.
- WU, X., YAO, W., ZHU, J., MILLER, C. (2010):** Biogas and CH<sub>4</sub> productivity by co-digesting swine manure with three crop residues as an external carbon source. *Bioresour.Technol.* 101(11):4042-4047.

# ALTERNATIVNÍ METODY PRO NAKLÁDÁNÍ SE ZEMĚDĚLSKÝMI ODPADY

## Vít Matějů

*ENVISAN-GEM, a.s., Biotechnologická divize,  
Budova VÚPP, Radiová 7, 102 31 Praha 10, e-mail: [envisan@grbox.cz](mailto:envisan@grbox.cz)*

### 1.0 ÚVOD

Většina zemědělských odpadů jsou organické materiály a mají charakter biologicky rozložitelných odpadů, pokud pomineme nebezpečné odpady vzniklé kontaminací například herbicidy a pesticidy, ropnými látkami či rozpouštědly a některé další jako obaly, plasty, kovový odpad a pod., které však mají minoritní význam. Snaha o využití zemědělských odpadů novými způsoby, které poskytují výrobky s vyšší přidanou hodnotou, se neustále zvyšuje. V dalším textu budou zmíněny některé nové způsoby úpravy a přepracování zemědělských odpadů jako alternativa ke klasickým způsobům zpracování, především kompostováním a anaerobním rozkladem.

### 2.0 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY NAKLÁDÁNÍ SE ZEMĚDĚLSKÝMI ODPADY

#### 2.1 Výroba biopaliva ze zemědělských odpadů, zejména posklizňových zbytků a dalších lignocelulosových odpadů

Nový patentovaný postup byl vyvinut na „Purdue University. Je založen na rychlé hydropyrolýze a hydrodeoxygenaci lignocelulosových zemědělských odpadů. Proces byl nazván H2Bioil. Jeho realizace se předpokládá jako mobilní jednotka, která umožní výrazné snížení nákladů za přepravu velkoobjemových odpadů. Tím filosofie řešení odstraňuje základní ekonomickou překážku při výrobě biopaliv.

Proces H2Bioil může zpracovávat kukuřičné palice a stonky, dřevnou štěpku a další lignocelulosové odpady. Proces je založen na přidavku vodíku do vysokotlakého reaktoru na zpracování biomasy. V něm dochází k extrémně rychlému zahřátí až na 500 °C za méně než 1 sekundu. Vodík pro mobilní jednotku bude získáván reformací ze zemního plynu nebo ze syntézního plynu vyráběného rovněž ze zemědělských odpadů. Alternativně lze v budoucnu uvažovat i o využití sluneční energie k výrobě vodíku rozkladem vody. Tím by se technologie stala zcela obnovitelnou.

Nová technologie by měla produkovat 2krát více biopaliva než současné technologie, pokud je vodík získáván ze zemního plynu a 1,5krát více, pokud se vodík získává ze samotné biomasy (Anonym, 2010).

Biomasa se bude rozkládat na menší molekuly v přítomnosti horkého vodíku a vhodného katalyzátoru. Reakční produkty se potom zkondenzují na kapalné palivo. Nezkondenzovatelný podíl jako methan, oxid uhelnatý, oxid uhličitý a vodík se oddělují a vrací se do reaktoru s biomasou a reformační jednotky (Anonym, 2010).

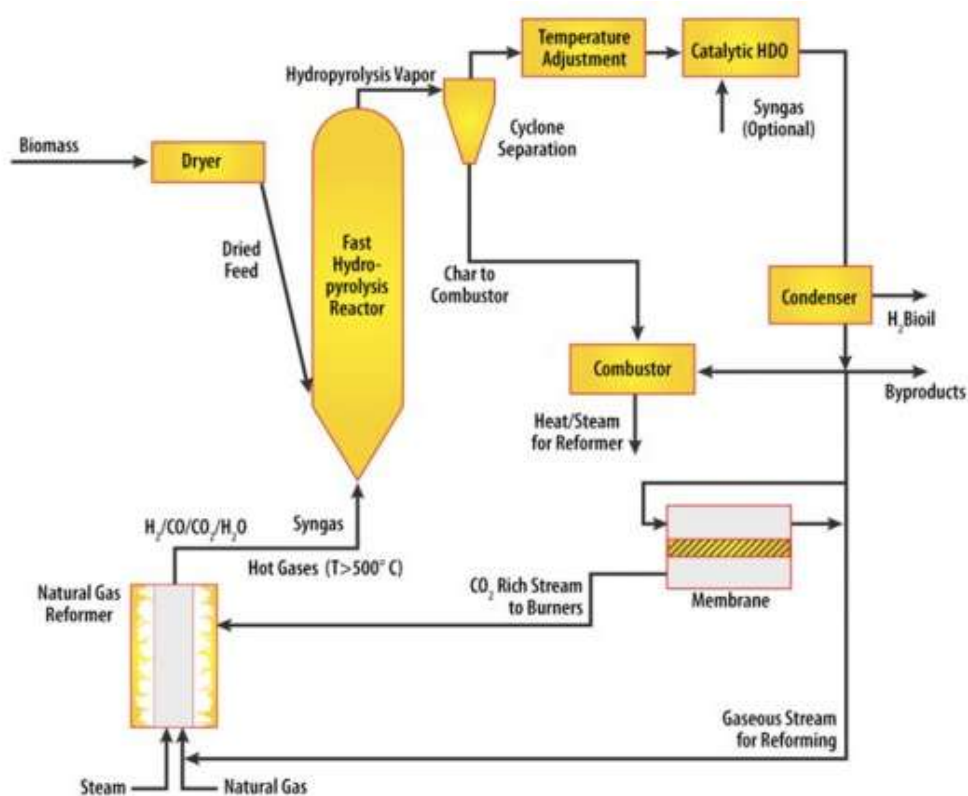
Schéma procesu je patrné z obrázku č. 1.

#### 2.2 Alkohol z lignocelulosových zemědělských odpadů

Snaha o využití zemědělských lignocelulosových odpadů pro výrobu ethanolu se poprvé realizovala za 2. světové války v Německu. Lignocelulosový materiál po kyselé hydrolyze a úpravě hydrolyzátu byl podroben alkoholickému kvašení. Po válce nebyl dále využíván, protože byl neekonomický. Tento proces byl v 60. letech minulého století modernizován s využitím enzymatické hydrolyzy, ale nikdy nebyl v Evropě realizován v průmyslovém měřítku.

V posledních letech se snaha o využití lignocelulosových odpadů k výrobě alkoholu obnovila, kdy bylo shledáno, že výroba tzv. bioethanolu jako náhražky fosilních paliv z obilí či cukrové třtiny (potravinářských produktů) má negativní ekonomické ale i jiné dopady.

Hledání jiných surovin pro výrobu bioethanolu (tzv. substráty druhé generace) než potravinářských opět přivedla svět k výzkumu využití lignocelulosových odpadů a lignocelulosity vůbec. Konverze lignocelulosity na roztok různých cukrů je technicky zvládnuta. Problémem zůstává nízká výtěžnost ethanolu, protože kvasinky jsou schopné konvertovat pouze glukosu (monosacharid se šesti uhlíky v molekule) na ethanol. Roztok však obsahuje velké množství xylosy (monosacharid s pěti uhlíkovými atomy v molekule) a dalších cukrů, která zůstávají nevyužitá.



**Obrázek č. 1** Nová technologie zpracování zemědělských odpadů na biopalivo v mobilní jednotce (obrázek Rakesh Agrawal, Purdue University School of Chemical Engineering) (Anonym, 2010).

Jedna z cest jak i xylosu využít pro výrobu ethanolu je příprava geneticky modifikovaných kvasinek s genem nesoucím informace pro konverzi xylosy na ethanol. Geneticky modifikované kvasinky s tímto genem se podařilo připravit na Technické universitě v Delftu. Gen pro konverzi xylosy na ethanol byl získán z houby izolované z exkrementů slona. Zkoušky s geneticky modifikovanou kvasinkou *Saccharomyces cerevisiae* byly úspěšné a pokud by se podařilo proces převést do provozního měřítka, mohlo by být dosaženo podstatného zlepšení ekonomiky procesu (Anonym, 2006, Hossain a kol., 2008).

Stejně zaměřený výzkum, jehož cílem je využití xylosy pro zvýšení výtěžnosti ethanolu z lignocelulosových surovin, prováděli i vědci z ARS National Center for Agricultural Utilization Research v Peoria, Illinois. Podařilo se jim geneticky modifikovat kvasinku tak, aby byla schopná množení v anaerobním prostředí a aby jako zdroj energie pro růst a množení

využívala xylosu. Tím se podstatně zvýší výtěžnost ethanolu ze zbylých šestiuhlíkatých monosacharidů, především glukosy (Anonym, 2009). Tento proces zatím nebyl komercializován.

Ve Velké Británii společnost TMO Renewables vybudovala demonstrační závod v Surrey v Dunsfold Park, který vyrábí v provozním měřítku bioethanol ze zemědělských odpadů a z biologicky rozložitelného odpadu separovaného z komunálního odpadu (Brown, 2010).

Technologie TMO využívá termofilní mikroorganismy, které mohou spotřebovat polysacharidy. Tyto mikroorganismy za vyšších teplot nejprve rozkládají lignocelulosevé odpady a vzniklé polysacharidy využívají k růstu a jako vedlejší produkt vytvářejí ethanol. Proces byl zvětšen do průmyslového měřítku a zařízení slouží jako demonstrační jednotka pro zákazníky.

Nový termofilní mikroorganismus je bakterie označená TM242 a je odvozena od bakterie rodu *Geobacillus* izolované z kompostové hromady, která v původním stavu produkuje kyselinu mléčnou během rozkladu biomasy. Genetickou modifikací tohoto kmene se podařilo získat kmen, který místo kyseliny mléčné produkuje ethanol. Tato bakterie pracuje při teplotách 60 °C až 70 °C (Anonym, 2010)



**Obrázek č. 2** Demonstrační jednotka společnosti TMO pro výrobu bioethanolu ze zemědělských odpadů (Brown, 2010).

Společnosti se podařilo získat investory, takže provozní jednotka TMO byla dokončena a úspěšně spuštěna. O technologii je velký zájem z USA a Číny (Brown, 2010). V září 2010 společnost TMO podepsala kontrakt na stavbu závodu na výrobu bioethanolu ze zemědělských odpadů v USA v hodnotě 25 mil. US dolarů (Anonym, 2010B).

Sanchez a kol. (2010) publikovali informaci o vytvoření geneticky modifikované kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, která měla vneseny geny pro využívání xylosy a arabinosy (pětiuhlíkaté cukry vznikající při hydrolýze hemicelulos z lignocelulosevých odpadů) pro tvorbu ethanolu. Vytvořená kvasinka zvyšovala výtěžnost ethanolu, protože byla schopná xylosu transformovat na ethanol, avšak arabinosa byla téměř 100 % převáděna na arabitol.

Technologie s geneticky modifikovanými mikroorganismy zatím byly převedeny do provozního měřítku pouze v jediném případě, výše popsaném demonstračním závodě společnosti TMO Renewables.

### 2.3 Výroba nafty ze zemědělského odpadu



Proces byl vyvinut v rámci řešení projektu BIOCUP pod vedení University Twente, Nizozemí. Technologie převádí odpadní biomasu na naftu, která pak může být zpracována v konvenčních rafinériích na běžná paliva pro automobily. Proces využívá biomasu druhé generace.



**Obrázek č. 3** Proces pyrolýsní konverze zemědělských odpadů na naftu vyvinutý Universitou Twente (Anonym, 2010A)

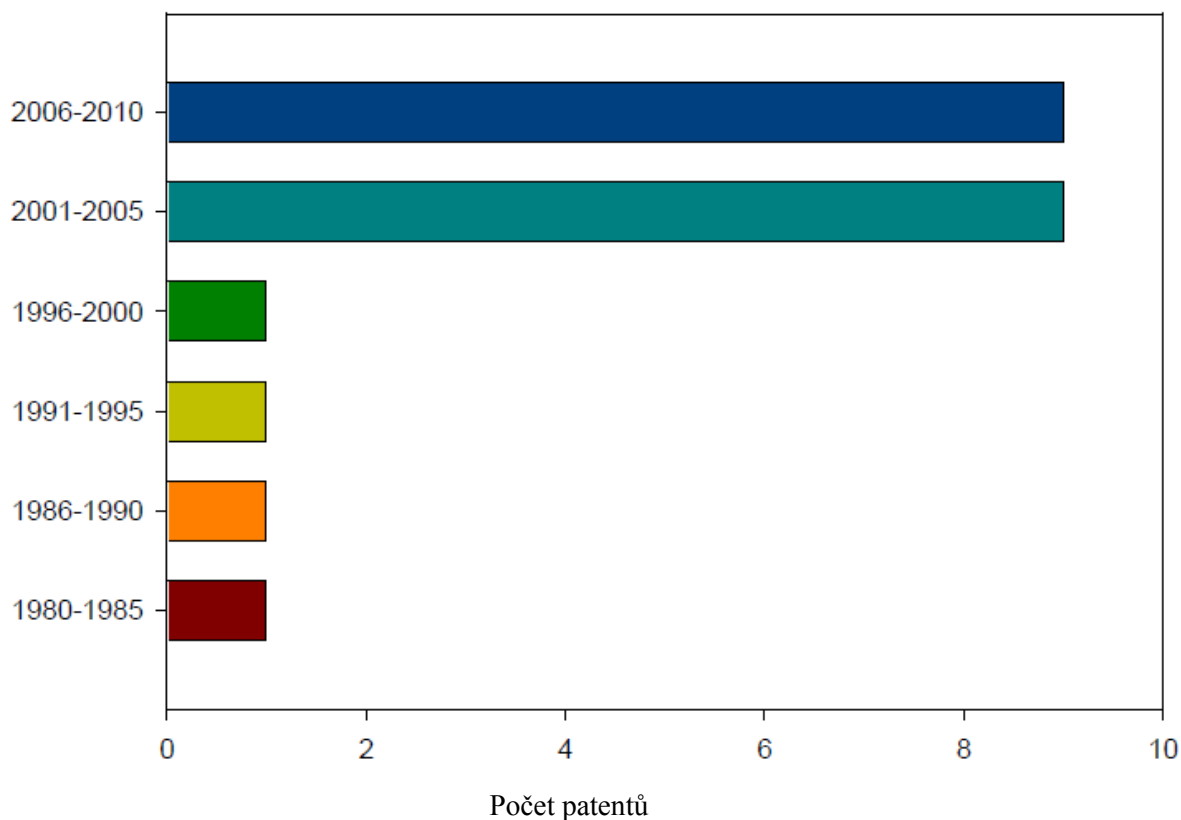
Základním procesem využívaným v této technologii je pyrolysa. Biomasa po pyrolyse poskytuje materiál velmi podobný ropě. Pyrolysa probíhá v nepřítomnosti kyslíku, takže bylo nezbytné nalézt cestu, jak biomasu obsahující kyslík ho zbavit. Tento krok byl vyřešen přidáváním vodíku, který reagoval s kyslíkem na vodu. Reakce probíhá jen za vysokého tlaku, vysoké teploty a v přítomnosti katalyzátoru. Vzniká vodná frakce a frakce naftová. Naftová frakce může jít rovnou do existujících rafinérií (Anonym, 2010A).

Zatím velkým nedostatkem vyvinuté technologie je spotřeba vodíku, která výrazně prodražuje proces. Hledají se cesty, jak tento nedostatek překonat.

#### 2.4 Výroba vodíku ze zemědělských odpadů

Výroba vodíku ze zemědělských odpadů je velice intenzivně zkoumaný proces vzhledem k tomu, že možnost získání levného zdroje vodíku může vyřešit vysoké náklady některých konverzních technologií právě v důsledku vysoké ceny vodíku. Důkazem je množství patentů týkajících se využívání odpadů pro biologickou výrobu vodíku (obrázek č. 4). Pokud by byla zvládnuta ekonomicky schůdná cesta výroby vodíku například ze zemědělských odpadů, bylo by možné zavést do provozního měřítko již vyvinuté konverzní technologie (pro výrobu ethanolu, bionafty, butanolu), které jsou ekonomicky neschůdné díky vysoké ceně vodíku.

Výroba vodíku ze zemědělských odpadů většinou probíhá za anaerobních podmínek. Používají se nejrůznější směsné substráty (například syrovátka a hovězí hnůj) nebo samostatné substráty jako seno, hovězí hnůj a pod. Velkým problémem je ve většině případů nestabilita procesu a malá výtěžnost.



**Obrázek č. 4** Množství patentů v jednotlivých letech týkajících se biologické výroby vodíku z odpadů (APEC, 2011)

Výtěžnosti vodíku ze zemědělských odpadů jsou opravdu nízké, například z hovězí hnoje jen 1 ml vodíku na 1 g organických látek. Podstatně větších výtěžností je dosahováno ze substrátů, které obsahují například glukosu nebo sacharosu. Předúprava kyselou hydrolyzou může výrazně zvýšit produkci vodíku ze zemědělských odpadů. Kyselá hydrolyza kukuřičných stonků například zvýšila produkci vodíku anaerobním rozkladem 22krát na 58,6 ml na 1 g organických látek ve srovnání s neupravenými stonky.

Vodík za anaerobních podmínek produkují heterotrofní anaerobní bakterie nebo bakterie fixující dusík, popřípadě směsné kultury. Vzniká směs plynů obsahující vodík (40 % až 50 %obj.) a oxid uhličitý (50 % až 60 %obj.). Složení závisí jednak na fyziologii použitých mikroorganismů, jednak na kvalitě zemědělských odpadů.

Pro výrobu vodíku lze použít také tzv. BWGSR postup (Biomass based Biological Water Gas Shift Reaction). Tento postup je poměrně nový a využívá toho, že některéfotoheterotrofní bakterie jsou schopné oxidovat oxid uhelnatý za vzniku vodíku a oxidu uhličitého. Reakce musí probíhat ve tmě za normální teploty a tlaku (Kalinci a kol., 2009, Khan a kol., 2010). Tyto bakterie využívají jednoduhlíkatých substrát (oxid uhelnatý) a vytvářejí adenosin trifosfát, který je svázán s oxidací oxidu uhelnatého a redukcí  $H^+$  na  $H_2$ . Protože reakce probíhá za nízké teploty a tlaku, termodynamika procesu preferuje tvorbu vodíku (Holladay a kol., 2009). Produkce vodíku v kontinuálním systému s fotosyntetickou anaerobní bakterií *Rhodospirillum rubrum* 16 mmol na gram buněk za hodinu a koncentrace vodíku dosahovala až 80 % (Najafpour a kol., 2003).

## 2.5 Výroba butanolu ze zemědělských odpadů

Butanol je alkohol, který lze vyrábět fermentací z kukuřice, trávy, listí, zemědělských odpadů a ostatní biomasy. Tradiční způsob výroby využívá bakterie rodu *Clostridium* a produkty jsou

aceton, butanol a ethanol. Butanol má příznivější vlastnosti než ethanol, zejména vyšší energetický obsah, je méně těkavý než ethanol, méně korozivní, příměs do benzínu není omezená a může být až 100 % bez úpravy motorů.

Největším problémem při výrobě butanolu je zpětnovazebná inhibice produktem, což vede k tomu, že prokvašená zápara má jen nízkou (cca do 3,5 %) koncentraci butanolu, takže destilace je energeticky velice náročná a nepříznivě ovlivňuje ekonomiku celého procesu.

Snahou výzkumu je získat takové bakterie, které jsou schopné snášet vyšší koncentrace butanolu v prostředí. Pro dosažení tohoto cíle jsou investovány veliké částky a snaží se o něj množství vědeckých týmů. Doposud se ho nepodařilo dosáhnout.

### 3.0 ZÁVĚR

Kromě uvedených alternativních postupů nakládání se zemědělskými odpady existují i postupy fyzikální jako je pyrolýza, zplyňování na syntézní plyn a pod. V současné době je k dispozici poměrně značné množství technologií pro využití zemědělských odpadů, jsou však ve většině případů v současných ekonomických poměrech příliš drahé.

### 4.0 POUŽITÁ LITERATURA

**ALEKSIC, S. (2009):** Butanol production from biomass, Chemical Engineering Program, Youngstown State University, May 2009

**ANONYM (2006):** Producing Bio-Ethanol From Agricultural Waste A Step Closer, Science Daily, dostupné na internetu, <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/06/060607151335.htm>

**ANONYM (2009):** New Yeasts Could Help Fast-Track Biofuel Production, Science Daily, dostupné na internetu <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/08/090801193917.htm>

**ANONYM (2010):** Purdue Engineers Proposing Mobile Biomass to Biofuels Plants Using H2Bioil Process. FavStocks, dostupné na internetu <http://www.favstocks.com/purdue-engineers-proposing-mobile-biomass-to-biofuels-plants-using-h2bioil-process/0820205/>

**ANONYM (2010A):** Oil from forestry and agricultural waste, University Twente technology converts biomass into transport fuel, dostupné na internetu <http://www.utwente.nl/organization/stories/oil-from-forestry-and-agricultural-waste>

**ANONYM (2010B):** TMO Renewables Wins \$25 million US Bioethanol Plant Contract, *Renewable Energy World.Com*, dostupné na internetu <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/09/tmo-renewables-wins-25-million-us-bioethanol-plant-contract>

**APEC (2011):** APEC Advanced Biohydrogen News, Issue No. 1, January 12

**BROWN, M. (2010):** Bioethanol from Waste, *Chemistry World News*, April, 19, 2010, dostupné na internetu <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2010/April/19041001.asp>

**HOLLADAY, J.D., HU, J., KING, D.L., WANG, Y. (2009):** An overview of hydrogen production technologies, *Catal. Today*, 139:244–260.

**HOSSAIN, A.B.M.S., SALEH, A.A., AISHAH, S., BOYCE, A.S., CHOWDHURY, P.P., NAQUIDDIN, A. (2008):** Bioethanol Production from Agricultural Waste Biomass as a Renewable Bioenergy Resource in Biomaterials, *4th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2008, IFMBE Proceedings, 2008*, Volume 21, Part 3, Part 6, 300-305, DOI: 10.1007/978-3-540-69139-6\_77

**KALINCI, Y., HEPBASLI, A., DINCER, I. (2009):** Biomass-based hydrogen production: A review and analysis, *Int. J. Hydrogen Energy*, 34:8799-8817

**KHAN, Z., YUSUP, S., AHMAD, M.M., CHOK, V.S., UEMURA, Y., SABIL, K.M. (2010):** Review on hydrogen production technologies in Malaysia, *International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol:10 No:02:111*

**NAJAFPOUR, G., YOUNESI, H., MOHAMED, A.R. (2003):** Continuous hydrogen production via fermentation of synthesis gas, *Pet. Coal* 45(3-4):154-158.

**SANCHEZ, R.G., KARHUMAA, K., FONSECA, C., SANCHEZ NOGUÉ, V., ALMEIDA, J.R.M., LARSSON, C.U., BENGSSON, O., BETTIGA, M., HAHN-HÄGERDAL, B., GORWA-GRAUSLUND, M.F. (2010):** Improved xylose and arabinose utilization by an industrial recombinant *Saccharomyces cerevisiae* strain using evolutionary engineering, *Biotechnology for Biofuels* 2010, 3:13doi:10.1186/1754-6834-3-13

**THOMPSON, REESE S. (2008):** "Hydrogen Production By Anaerobic Fermentation Using Agricultural and Food Processing Wastes Utilizing a Two-Stage Digestion System" All Graduate Theses and Dissertations. Paper 208. <http://digitalcommons.usu.edu/etd/208>



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova: Evropa investuje do venkovských oblastí



**Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.  
oddělení seminářů a konferencí  
Píšťovy 820, 537 01 Chrudim III**

**tel. 469 682 303 - 305 (ústředna)**

**469 318 421 – 423 (přímý)**

**fax 469 682 310**

**e-mail: [seminare@ekomonitor.cz](mailto:seminare@ekomonitor.cz)**

**<http://www.ekomonitor.cz>**

**informační kanál - semináře:**

**<http://www.ekomonitor.cz/rss/seminare.xml>**

**informační kanál - publikace**

**<http://www.ekomonitor.cz/rss/publikace.xml>**