

## PRŮSAK KEJDY DO PODLOŽÍ BĚHEM SKLADOVÁNÍ SEEPAGE OF CATTLE LIQUID SLURRY

*J. Vegrícht<sup>1)</sup>, J. Šimon<sup>1)</sup>, D. Hájek<sup>1)</sup>, P. Svoboda<sup>2)</sup>*

*<sup>1)</sup>Výzkumný ústav zemědělské techniky v.v.i., <sup>2)</sup>Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. .v. i.*

### Abstract

Under laboratory conditions were monitored leakage of liquid cattle slurry to sandy substrate. Measurements were performed at overpressure of  $90 \pm 10$  kPa. The obtained results showed that the amount of slurry that penetrates the substrate is significantly dependent on the dry matter content of the tested slurry. It has also been shown that due to the self-sealing effect of the leakage of slurry manure, after its placing, with values falling to the desired CSN 75 0905. These results are important for designing the storage of slurry and legislative requirements of warehouses slurry in terms of their impact on the environment.

**Keywords:** liquid cattle slurry, leakage, sealing, organic sludge

### ÚVOD

Kejda je v ČR skladována převážně ve volně stojících nebo částečně zapuštěných vertikálních skladech s výškou skladování až 10 m. Tyto sklady mají většinou kruhový půdorys a jako stavební materiál je používán armovaný beton nebo ocelový plech chráněný proti korozním účinkům kejdy. V menším rozsahu jsou užívána pro skladování kejdy zemní foliové jímky. Dno věžových skladů je tvořeno vrstvou armovaného betonu. Tyto sklady jsou konstruovány tak, aby bylo zabráněno průsaku kejdy do půdního podloží a znečištění spodních vod.

Česká legislativa požaduje pravidelné kontroly všech skladů kejdy tak, aby byl včas zjištěn případný únik kejdy do podloží. K tomu slouží různé zachytivé kontrolní systémy (drenáže) umístěné pode dnem jímky, zaústěné do kontrolních jímek. Tyto systémy zvyšují cenu skladů kejdy.

Kontrolní systémy však nejdou dost dobře uplatnit např. u podlah ve stájích s bezstelivovým ustájením, přerovných kanálů apod., kde také může docházet k únikům kejdy do podloží. Je proto potřebné analyzovat množství kejdy prostoupené do podloží a dynamiku jejího průniku během skladování.

Již delší dobu je v odborné literatuře dokladováno, že během skladování kejdy se na dně skladu vytváří vrstva jemných organických částic (organic sludge), která má těsnicí účinek a postupně snižuje průsak kejdy (sealing) do podloží (Glanville et al., 1974; Ham, 2002; Cihel et al 2006). Po určité době se snižuje průsak kejdy na hodnotu, která již není škodlivá z hlediska požadavků na ochranu spodních vod (Barrington, Jutras, and Broughton, 1987a; Ham, 2002; Cihan, 2006).

Některé studie dokonce ukazují, že správně konstruované sklady kejdy se utěsní samy (Fleming R., Johnston J., Fraser H., 1999).

### CÍLE PRÁCE

Cílem práce je ověřit a potvrdit hypotézu, že během skladování kejdy dochází k sedimentaci jemných částic, které postupně vytvářejí na dně skladu těsnicí vrstvu, která po určité době snižuje průstup kejdy do podloží na minimální hodnoty, které již neznamenají významné nebezpečí pro životní prostředí.

Provedené práce byly zaměřeny na stanovení prostupu hovězí kejdy s rozdílnou sušinou do půdního prostředí během jejího skladování a vyhodnocení celkového množství kejdy, která prostoupí do podloží a stanovení dynamiky tohoto procesu v průběhu skladování v závislosti na obsahu sušiny skladované kejdy.

Tyto výsledky budou využity pro upřesnění požadavků na sklady kejdy a kontrolu jejich těsnosti během skladování. Následně také budou využity v rámci projektových prací a realizaci skladů pro skladování kejdy a legislativu.

### METODIKA A MATERIÁL

Pro měření prostupu kejdy do půdního prostředí bylo navrženo a ověřeno zařízení, jehož schéma je znázorněno na obr. 1.

Zařízení sestává ze dvou souose nad sebou umístěných válců o průměru 150 mm a 300 mm. Menší válec obsahuje dvě komory oddělené pohyblivým pístem s těsněním a zasahuje 100 mm do prostoru většího válce 7, který je určen pro naplnění zkoumaným substrátem. V komoře 6 je náplň kejdy, na kterou působí píst 5 v důsledku přetlaku vzduchu přiváděného od kompresoru s automatickou regulací tlaku. Ve víku vzduchové komory 4 je uchyceno tlakové čidlo, které průběžně monitoruje velikost tlaku v komoře 4. Vedle toho je ve víku zabudováno ultrazvukové čidlo, které zaznamenává pohyb pístu 5 během pokusu.

Zkoumaný substrát je před měřením naplněn do komory 7 tak, aby horní úroveň hladiny substrátu byla 100 mm nad úrovní spodního konce menší trubky. Tímto způsobem je vytvořena situace obdobná ve skladech kejdy, kdy kejda může prosakovat do podloží nejen souběžně s osou skladu, ale i do stran půdorysu dna skladu kejdy.

Po naplnění komory 7 substrátem, je do komory 6 naplněno změřené množství kejdy a vložen píst 5, který je opatřen odvodušňovacím ventilem pro odvodušňení komory 6.

Během měření působí na píst 5 zvolený přetlak, který odpovídá modelové skladovací výšce kejdy. Píst potom postupně protlačuje kejdu substrátem. Pohyb pístu je zaznamenáván čidlem 1. Prosáklá kejda je jímána do mísky 8, která je umístěna na tenzometrické váze. Všechny hodnoty (čas, tlak, dráha pístu, množství a hmotnost vsáklé a proteklé kejdy) jsou průběžně ukládány do počítače (četnost vzorkování údajů jednotlivých čidel byla  $60 \cdot h^{-1}$ ).

Získané údaje byly následně zpracovány a vyhodnocovány pomocí Excelu a speciálního statistického software.

Jako substrát, kterým kejda prostupovala, byl použit fluviální šterkopísek, tříděný, 2x praný o zrnitosti frakcí 0/4 mm, odpovídající ČSN EN 12620+A1,13043,13139,13242.

Tlak v komoře 4 byl zajištěn kompresorem s automatickou regulací nastavené hodnoty tlaku. Průměrný tlak v komoře 4 odpovídal systému automatické regulace tlaku kompresoru a pohyboval se na průměrné hodnotě  $90 \pm 10$  kPa. Tomu odpovídá průměrná modelová výška kejdy v nádrži 9 m.

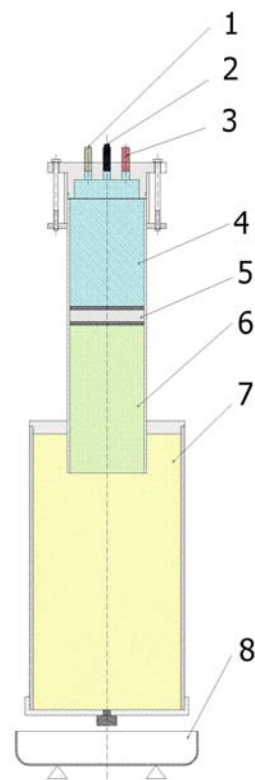
Každý experiment trval nejméně 48 hodin. V průběhu měření byla kejda podle potřeby průběžně doplňována do komory 6.

Hovězí kejda měla při každém měření stejnou sušinu. Měření se opakovala tak, že sušina kejdy byla postupně 3;4,5; 6,5 a 8 % , aby bylo možné vyhodnotit vliv sušiny na prostup kejdy do standardizovaného pískového substrátu.

## ZÍSKANÉ VÝSLEDKY A DISKUZE

Prostup kejdy v závislosti na její sušině je znázorněn v grafu na obr. 2.

Z grafu na obr. 2 je zřejmé, že dynamika prostupu kejdy písčitém substrátem s postupem času skladování postupně klesá a po určité době se začíná projevovat samotěsnící účinek kejdy v důsledku tvorby vrstvy jemných částic organického podílu kejdy na vstupu kejdy do substrátu, tzv. koláče.



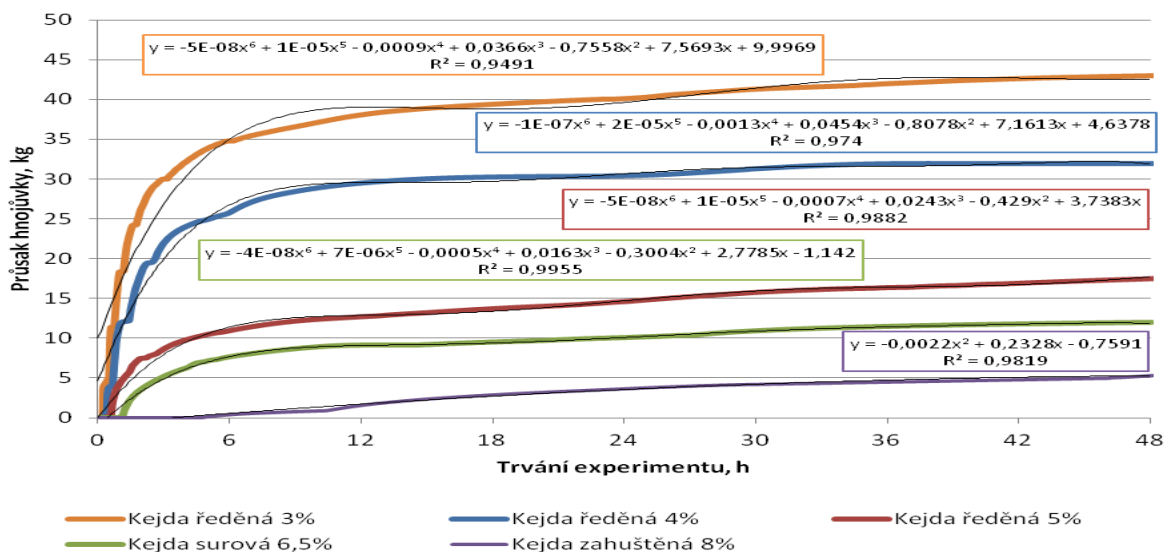
Obr. 1: Schéma zařízení pro měření prostupu kejdy půdním substrátem

- 1 – ultrazvukový snímač vzdálenosti
- 2 – přívod tlakového vzduchu
- 3 – čidlo měření tlaku
- 4 – tlakový vzduch
- 5 – píst s těsněním
- 6 – náplň kejdy
- 7 – půdní substrát
- 8 – záchytná nádoba s tenzometrickou váhou

Koláč má tvar obráceného hříbu a odpovídá předpokládanému způsobu prostupu kejdy do podloží. Příklad koláče vytvořeného při prostupu hovězí kejdy je na obr. 3.

Po uplynutí krátké doby po naskladnění již prostup kejdy do podloží prakticky ustává. Přitom intenzita prostupu kejdy se postupně u všech zkoumaných vzorků kejdy vyrovnává a vliv obsahu sušiny na prostup kejdy je po určitém čase zanedbatelný.

Například po 48 h skladování je změřený prostup kejdy do podloží na průměrné úrovni  $0,001 \text{ kg/h}$  ( $0,282 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ ).



Obr. 2: Prostup hovězí kejdy písčitým substrátem o tloušťce vrstvy 600 m v závislosti na obsahu sušiny



Obr. 3: Těsnící koláč vytvořený částicemi kejdy s 3% sušiny, v oblasti vstupu kejdy do písčitého substrátu během experimentu (rozhraní mezi komorou 6 a 7)

Prakticky to např. znamená, že pokud bude hovězí kejda skladována v nádrži o průměru 10 m a výšce hladiny kejdy 9 m a celková plocha trhliny bude menší než 17,5 m<sup>2</sup>, vyhoví sklad kejdy požadavkům ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží.

Tyto výsledky odpovídají i údajům odborné literatury, kde se uvádí, že po určité době skladování se sníží průsak kejdy na hodnotu, která již není škodlivá z hlediska požadavků na ochranu spodních vod (Barrington, Jutras, and Broughton, 1987a; Ham, 2002; Cihan, 2006).

Z praktického hlediska je potřebné mít na zřeteli, že experimenty se konaly za podmínky, kdy dno

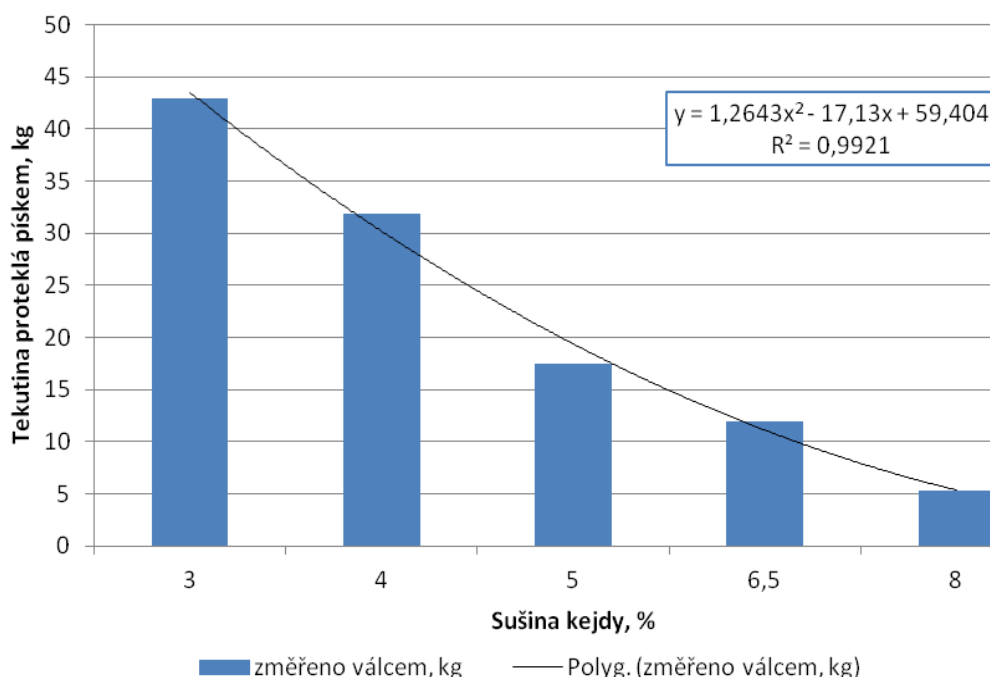
skladovací jímky je tvořeno vrstvou písku vysokou 600 mm bez jakékoli izolace při výšce hladiny skladované kejdy 9m.

Tak nepříznivé podmínky však nemohou v praktických podmínkách nastat s ohledem stavebně technické řešení skladů kejdy, které vyžaduje zpevněné dno s důkladnou, vodě nepropustnou, izolací.

K únikům kejdy do podloží může v praxi docházet jen v případě poškození izolace, např. vznikem trhlin ve dně nebo plášti nádrže, které jsou však velmi rychle utěsněny organickými částicemi kejdy vytvořením těsnícího koláče. Vznik velkých trhlin, které by mohly ohrozit spodní vody, nemůže v běžných podmínkách nastat. Takové trhliny by znamenaly havárii nádrže např. v důsledku tektonické činnosti nebo protržení jejího pláště.

Jak již bylo uvedeno, k největším únikům kejdy do podloží dochází bezprostředně po prvním naskladnění kejdy do skladovací jímky. Množství kejdy, které prostoupí do podloží během prvních 48 h je statisticky významně závislé na obsahu sušiny (p=0,0013), jak je dokumentováno v grafu na obr. 4.

Toto množství kejdy prostupuje do podloží je při prvním naplnění. Při dalších plnicích cyklech je již nádrž utěsněna a k únikům kejdy do podloží prakticky nedochází.



Obr. 4: Prostup kejdy do písčitého substrátu v závislosti na obsahu sušiny. Byla prokázána statistická závislost množství kejdy, která prostoupí za prvních 48 h po naskladnění do podloží na obsahu sušiny, na úrovni  $p=0,0013$

## SOUHRN

Provedené experimenty potvrdily hypotézu, že skladovaná kejda má samotěsnící účinek a případné netěsnosti jsou rychle utěsněny tak, že nevzniká žádné nebezpečí ohrožení spodních vod. Bylo prokázáno, že již po krátké době skladování dochází k utěsnění případných netěsností tak, že sklad kejdy spolehlivě vyhoví požadavkům ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských kanalizačních nádrží.

Byla prokázána vysoká statistická závislost ( $p=0,0013$ ) závislost mezi množstvím prosáklé kejdy a její sušinou.

Získané výsledky jsou významné z hlediska jejich využitelnosti při stanovování legislativních požadavků na sklady statkových hnojiv.

## POZNÁMKA

Článek vznikl v souvislosti s řešením projektu NAZV ČR č. QJ 1330214

## LITERATURA

BARRINGTON, S. F., P. J. JUTRAS, AND R. S. BROUGHTON. 1987a. The sealing of soils by manure. I. Preliminary investigations. Can. Agric. Eng. 29:99-103.

BARRINGTON, S. F., P. J. JUTRAS, AND R. S. BROUGHTON. 1987b. The sealing of soils by manure. II. Sealing mechanisms. Can. Agric. Eng. 29:105-108.

Generic Environmental Impact Statement for Animal Agriculture in Minnesota  
[https://www.eqb.state.mn.us/sites/default/files/geis/TWP\\_Soil.pdf](https://www.eqb.state.mn.us/sites/default/files/geis/TWP_Soil.pdf)

MILLER, T. P., J. R. PETERSON, C. F. LENHART, AND Y. NOMURA. 2012. The Agricultural BMP Handbook for Minnesota. Minnesota Department of Agriculture.

GLANVILLE, T.D., J.L. BAKER, S.W. MELVIN, M.M.AGUA. 2001. Measurement of leakage from earthen manure structures in Iowa. Transactions of the ASABE. 44(6):1609-1616.

Darcyho zákon.  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Darcyho\\_z%C3%A1kon](https://cs.wikipedia.org/wiki/Darcyho_z%C3%A1kon)

Nasyčená hydraulická vodivost - dvouválcový infiltrometr  
<http://hydropedologie.agrobiologie.cz/dvouvalec.ht ml>

ČSN CEN ISO/TS 17892-11 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin, Část 11: Stanovení propustnosti zemin při konstantním a

proměnném spádu již uvedenou tabulku neobsahuje

S.F. BARRINGTON<sup>1</sup>, J. DENIS<sup>1</sup> and N.K. PATNI  
Leakage from two concrete manure tanks,  
[http://agrienvarchive.ca/bioenergy/download/barrington\\_1991.pdf](http://agrienvarchive.ca/bioenergy/download/barrington_1991.pdf)

FLEMING R., JOHNSTON J., FRASER H., 1999,  
Leaking of Liquid Manure Storages - Literature  
Review, Ridgetown College - University of Guelph  
Ridgetown, Ontario NOP 2C0  
[http://agrienvarchive.ca/res\\_papers/download/fleming\\_leakmanure.pdf](http://agrienvarchive.ca/res_papers/download/fleming_leakmanure.pdf)

A. CIHAN, J. S. TYNER, W. C. WRIGHT SEAL  
FORMATION BENEATH ANIMAL WASTE  
HOLDING PONDS , 2006, Transactions of the  
ASABE, Vol. 49(5): 1539–1544 \_ 2006 American  
Society of Agricultural and Biological Engineers  
ISSN 0001–2351

HEATHER SCULLY, TIMOTHY GLEESON,  
PATRICK J. PURCELL, EDWARD G.  
O'RIORDAN, MIKE LONG, SÉAMUS CROSSE,  
2006, AN EVALUATION OF EARTH-BANKED  
TANKS FOR SLURRY STORAGE, Beef  
Production Series No. 53, Grange Beef Research  
Centre Dunsany Co. Meath, Ireland, ISBN 1 84170  
465 2

<http://tstor.teagasc.ie/bitstream/11019/976/1/eopr-4679.pdf>

FLEMING, R. ; JOHNSTON J.; FRASER H.; 1999,  
Leaking of Liquid Manure Storages – Literature  
Review, University of Guelph  
[http://agrienvarchive.ca/res\\_papers/download/fleming\\_leakmanure.pdf](http://agrienvarchive.ca/res_papers/download/fleming_leakmanure.pdf)

### Abstrakt

V laboratorních podmínkách byl sledován prostup hovězí kejdy písčitém substrátem. Měření bylo prováděno při přetlaku 90 ±10kPa. Získané výsledky prokázaly, že množství kejdy, které prostoupí substrátem je statisticky významně závislé na obsahu sušiny testované kejdy. Bylo také prokázáno, že v důsledku samotěsnícího účinku kejdy průsak kejdy, po jejím naskladnění, klesá na hodnoty požadované ČSN 75 0905. Tyto výsledky jsou důležité pro navrhování skladů statkových hnojiv a přípravu legislativních požadavků na sklady kejdy z hlediska jejich vlivu na životní prostředí.

**Klíčová slova:** hovězí kejda, průsak do podloží, těsnící účinek, těsnící koláč

#### **Kontaktní adresa:**

**doc., Ing. Jiří Vegracht, CSc.**

tel.: 233 022 281, 731 615 044

e-mail: [jiri.vegracht@vuzt.cz](mailto:jiri.vegracht@vuzt.cz)

**Ing. Josef Šimon**

tel.: 233 022 301, 731 471 749

e-mail: [josef.simon@vuzt.cz](mailto:josef.simon@vuzt.cz)

**Ing. David Hájek, Ph.D.**

tel.: 233 022 473

e-mail: [david.hajek@vuzt.cz](mailto:david.hajek@vuzt.cz)

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně

**Ing. Pavel Svoboda**

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně

**Recenzovali:** Ing. Vach, CSc., doc. Ing. B. Čech, Ph.D.