

Radko Loučka  
a kolektiv

# MĚŘENÍ ZTRÁT SILÁŽOVÁNÍM







Ministerstvo zemědělství  
Těšnov 65/17  
110 00 Praha 1

v y d á v á

## OSVĚDČENÍ

č. 59973/2019-MZE-18142

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, číslo 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

Název metodiky: **Měření ztrát silážováním**

Autoři: **Ing. Loučka Radko, CSc., Ing. Jančík Filip, Ph.D., doc. Ing. Homolka Petr, CSc., Ph.D.,  
Ing. Koukolová Veronika, Ph.D., Ing. Kubelková Petra, Ph.D., Ing. Tyrolová Yvona,  
Ing. Výborná Alena**

Název organizace: **Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i., Praha Uhřetěves**

Místo vydání: **Praha**

Rok vydání: **2019**

Metodika byla vypracována v rámci výzkumného projektu č. **MZE-RO0718**

Využívá projekt „Pravidla pro odvětví zemědělství, lesnictví, rybolov“? **NE**

V Praze dne 11. 12. 2019



*M. C. Ehrlichová*

Razítko a podpis zástupce odborného útvaru státní správy

Jméno zástupce odborného útvaru státní správy:  
Funkce zástupce odborného útvaru státní správy:

Ing. Miroslava Czetmayer Ehrlichová  
ředitelka Odboru zemědělských komodit MZe

Souhlas ředitelky Odboru vědy, výzkumu a vzdělávání MZe:

V Praze dne 12-12-2019

*P. Adam*  
.....  
Ing. Pavlína Adam, Ph.D.

Oddělení Výživy a krmení hospodářských zvířat

## CERTIFIKOVANÁ METODIKA

# MĚŘENÍ ZTRÁT SILÁŽOVÁNÍM

---

Autoři:

Ing. Loučka Radko, CSc., Ing. Jančík Filip, Ph.D., doc. Ing. Homolka Petr, CSc., Ph.D.,  
Ing. Koukolová Veronika, Ph.D., Ing. Kubelková Petra, Ph.D., Ing. Tyrolová Yvona,  
Ing. Výborná Alena

Oponenti:

Ing. Boris Hučko, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze  
Ing. Jan Vodička, MZe, oddělení komodit skotu a krmiv

Výstup je výsledkem řešení podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0718 s  
názevem: Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.

## Obsah

1	Cíl metodiky .....	5
2	Vlastní popis metodiky .....	5
2.1	METODY MĚŘENÍ ZTRÁT .....	5
2.1.1	Metoda prostým vážením, doplněným analýzou sušiny .....	5
2.1.2	Metoda vážením pytle, zahrabaného do silážované hmoty .....	5
2.1.3	Metoda analýzou popelovin.....	6
2.2	KVALIFIKOVANÉ ODHADY .....	7
2.2.1	Odhad podle zvýšení teploty .....	7
2.2.2	Odhad podle objemové hustoty siláže .....	8
2.2.3	Odhad podle podmínek při silážování .....	8
2.2.4	Odhad podle organoleptických vlastností.....	9
2.2.5	Odhad podle chemické analýzy .....	10
3	Srovnání „novosti postupů“ .....	12
4	Popis uplatnění metodiky .....	12
5	Ekonomické aspekty.....	12
6	Seznam použité související literatury .....	12
7	Seznam publikací, které předcházely metodice.....	13

## 1 Cíl metodiky

Cílem metodiky je shrnout informace z literatury a představit vlastní poznatky a zkušenosti, jak měřit ztráty sušiny při silážování, resp. senážování (dále jen silážování) případně jak ztráty kvalifikovaně odhadovat.

## 2 Vlastní popis metodiky

### 2.1 METODY MĚŘENÍ ZTRÁT

Prvním krokem pro zemědělce ke zlepšení efektivity v jejich silážních systémech je znát skutečné ztráty, ať již sušiny nebo organické hmoty, či ztráty pouze fermentací, aerobní degradací nebo v celém procesu od sklizně pícniny po její zkrmení zvířatům. Ztráty se většinou pouze odhadují, což bývá velmi nepřesné. Přesnější je změřit je s použitím jedné ze třech používaných metod.

Pro měření ztrát jsou k dispozici metody:

- **prostým vážením, doplněným analýzou sušiny** (Köhler a kol., 2013),
- **vážením pytle, zahrabaného do silážované hmoty** (Borreani a kol., 2007),
- **analýzou popelovin** (Dickerson a kol. 1991; Ashbell a Weinberg, 1992).

Všechny 3 metody byly postupně s úspěchem vyzkoušeny na účelovém hospodářství VÚŽV, v.v.i. v Netlukách.

#### 2.1.1 Metoda prostým vážením, doplněným analýzou sušiny

Prostým vážením lze zjistit **celkové ztráty sušiny**. Během sklizně pícniny se zváží řezanka z každého vozu (doporučuje se s přesností měření  $\pm 10$  kg). Z řezanky se doporučuje odebrat čtyři vzorky (na hektar, nebo z každého vozu) za účelem zjištění sušiny (případně i popelovin). Po skončení skladovací fáze se zváží (opět s přesností  $\pm 10$  kg) veškerá siláž, odebíraná ze sila. Počet vzorků siláže pro analýzy na sušinu není stanoven, ale doporučuje se odebrat alespoň jeden reprezentativní vzorek za týden po smíchání z několika odběrových míst. Pro vážení je možné využít digitální váhící systém na řezačce, případně v krmném voze. Ztráta sušiny je vypočtena jednoduchým **odečtením celkové hmotnosti sušiny siláže od celkové hmotnosti sušiny řezanky**. Zkaženou a odstraněnou siláž nebo krmné zbytky je možné evidovat zvlášť.

Příklad: Hmotnost naskladněné řezanky byla 1000 t při průměrném obsahu sušiny 33 % (tj. 330 t absolutní sušiny), hmotnost vyskladněné siláže byla 950 t při průměrném obsahu sušiny 31,5 % (tj. 299 t absolutní sušiny). Výsledná ztráta byla 31 t sušiny, což představuje 9,4 %.

Köhler a kol. (2019) zjišťovali touto metodou fermentační ztráty sušiny siláží z trvalých travních porostů a kukuřice. Siláže byly uloženy v silážních žlabech na 64 farmách, kde byl zajištěn dobrý management silážování. Analyzovali nejen sušinu, ale i živiny. Průměrné hodnoty vykazovaly trend k vyšším ztrátám sušiny u siláží trav (9 %), než u kukuřice (7 %). Celkové ztráty dusíku a fosforu byly nižší než 10 %. Silážování vedlo k významnému snížení koncentrace neutrálně-detergentní vlákniny (NDF), u siláží trav o 11 %, u siláží kukuřice o 15 %, zatímco koncentrace acido-detergentní vlákniny (ADF) nebyla silážním procesem ovlivněna.

#### 2.1.2 Metoda vážením pytle, zahrabaného do silážované hmoty

**Fermentační ztráty sušiny** lze zjistit metodou vážením pytle, zahrabaného do silážované hmoty, kterou doporučují Borreani a kol. (2007). Základ je v použití tkaných pytlů z polypropylenové (nebo nylonové) síťoviny, naplněných dobře promíchaným a pořezaným čerstvým materiálem (od 3 do 10 kg hmotnosti v pytli), zvážených a zahrabaných do řezanky v různých částech sila (umístění

záleží na cíli, co má být zjištěno). Pytle by měly mít schopnost pojmout všechny vážené částice pícniny, ale zároveň by měly umožňovat výměnu plynu a tekutin s okolní siláží. Nejlépe se osvědčil pytel ze síťoviny SILONET, který se používá jako zátěžový na silážní plachty.

Pytle se doporučují pokládat tak, aby je bylo možné snadno vytáhnout (delší stranou napříč), když se je podaří při odběru z čelní stěny siláže identifikovat. V každém případě je nutné pytle označit tak, aby je bylo možné identifikovat dříve, než k nim dorazí nože vybírače siláží. Aby se podařilo získat zpět pytle během odběru siláže ze sila neporušené, je k nim navázána páska (nejlépe plastová), která je položena v očekávaném směru odběru v délce asi 50 cm. Z důvodu potvrzení výsledku se doporučuje od každé varianty připravit 2 až 3 pytle. Pytle se po vyjmutí ze siláže očistí, zváží a z nich se odeberou vzorky k biochemické analýze. Ztráta sušiny se vypočte odečtením celkové hmotnosti sušiny siláže z pytle, vytaženého ze siláže, od celkové hmotnosti sušiny řezanky do pytle vložené. Pokud se váží řezanka i s pytlem, pak je samozřejmě nutné z celkové hmotnosti každého naplněného pytle nejprve odečíst hmotnost samotného suchého pytle (po vysypání siláže z pytle je tedy nutné pytel usušit).

### 2.1.3 Metoda analýzou popelovin

Nepřímou metodou pro odhad fermentačních ztrát sušiny, případně organické hmoty, je měřením obsahu popelovin (organická hmota je zbytek po odečtení popelovin od sušiny). **Vychází se z předpokladu, že absolutní množství popelovin zůstává konstantní** (Ashbell a Weinberg, 1992). Vzorky siláže se odešlou do laboratoře na chemický rozbor nejdříve při plnění sila a pak při odběru siláže ze sila. Kromě sušiny je nutné ve vzorcích analyzovat také obsah popelovin. Přesnost odhadu ztrát sušiny závisí hlavně na přesnosti a reprezentativnosti odběru a analýz vzorků. I velmi malé rozdíly v obsahu popelovin mohou znamenat velkou ztrátu sušiny.

Dickerson a kol. (1991) sestavili rovnici pro ztráty sušiny následovně:

$$ZS (\%) = [1 - (P\check{R} / PS)] \times 100$$

*Kde ZS = ztráty sušiny; PŘ = obsah popelovin v řezance při silážování; PS = obsah popelovin v siláži při odběru ze sila*

Ztráty organické hmoty (ZOH) pak odvodili z rovnice:

$$ZOH (\%) = [1 - (P\check{R} \times OHS) / (PS \times OH\check{R})] \times 100$$

*Kde ZOH = ztráty organické hmoty; PŘ = obsah popelovin v řezance při silážování; OHS = obsah organické hmoty v siláži při odběru ze sila; PS = obsah popelovin v siláži při odběru ze sila; OHŘ = obsah organické hmoty v řezance při silážování*

Ashbell a Weinberg (1992) upravili výše uvedenou rovnici pro odhad ztrát organické hmoty, způsobených **znehodnocením siláže** v silážním žlabu:

$$ZZOH (\%) = [1 - (PK \times OHZ) / (PZ \times OHK)] \times 100$$

*Kde ZZOH = ztráty znehodnocením organické hmoty; PK = obsah popelovin ze siláže dobré kvality z čela žlabu; OHZ = obsah organické hmoty ze zkažené siláže; PZ = obsah popelovin ze zkažené siláže; OHK = obsah organické hmoty ze siláže dobré kvality z čela žlabu*

Během vybírání ze silážních prostor mohou být v odběrové vrstvě siláže současně přítomny různé fáze jejího aerobního znehodnocení. Zkaženou, či dokonce plesnivou siláž, lze snadno vizuálně identifikovat. Zkažená siláž bývá v horní části silážního žlabu, v blízkosti stěny sila, ale lze najít i její ložiska uvnitř siláže. Ztráty organické hmoty, zjištěné analýzou popelovin, lze doplnit odhadem podílu zkažené siláže k celkové siláži. V ideálním případě by se měla odstranit veškerá kazící se siláž, její začlenění do krmné dávky je kontraproduktivní. Někdy je problémem, jak to udělat, nebo jak rozlišit ještě dobrou a již nezkrmitelnou siláž, když je známo, že toxiny plísní se vyskytují až v podhoubí, jehož vzdálenost od ložiska plísní ale pouhým okem nelze přesně odhadnout.

## 2.2 KVALIFIKOVANÉ ODHADY

Nelze-li z nějakého důvodu ztráty změřit pomocí jedné ze tří výše uvedených metod, mohou se ztráty odhadnout. Použijí se k tomu určité indicie, které charakterizují buď důvod (podmínky), proč ztráty vznikly, nebo charakterizují výsledek fermentace, z čehož se dá usoudit, zda fermentace neproběhla dobře a tudíž i fermentační ztráty budou vyšší. Na výši ztrát aerobní degradací lze usoudit nejen podle zvýšení teploty s použitím metody podle Honiga (1990), ale také podle nízké kyselosti vodního výluhu (rozkladem kyselin).

Pro kvalifikovaný odhad ztrát jsou k dispozici metody podle:

- **zvýšení teploty silážované hmoty i hotové siláže,**
- **objemové hustoty siláže,**
- **podmínek při silážování,**
- **senzoriky a výsledku analýz,**
- **sušiny při přípravě vzorku.**

### 2.2.1 Odhad podle zvýšení teploty

Ztráty respirační a fermentační lze odhadovat i podle teploty sklízené hmoty či hotové siláže. Mikrobiální procesy jsou totiž doprovázeny zvýšením teploty. Každé zvýšení teploty pak znamená ztrátu na množství i kvalitě. Výši ztráty energie lze odvodit z kinetických rovnic převládajícího typu fermentačního procesu podle tepla, které při něm vzniká. Podle Honiga (1990) se každé zvýšení teploty siláže o 5 °C může údajně způsobit snížení netto energie laktace (NEL) o 0,5 % za den.

Přesné vyhodnocení mikrobiologické a biochemické kvality celé odebírané vrstvy siláže vyžaduje mnoho vzorků, drahou práci a vybavení, kvalifikovaný personál a časově náročné laboratorní analýzy. Z těchto důvodů nemůže být běžně prováděno na farmě. Proto je doporučeno využít jednoduchou metodu, umožňující technikům a farmářům rychle posoudit kvalitu siláže a odhadovat ztráty, resp. rozsah aerobního zhoršení. Tou **jednoduchou metodou je změření teploty.**

Působením vzduchu bakterie a kvasinky využívají ve vodě rozpustné sacharidy a také i kyselinu mléčnou, octovou, či mravenčí za vzniku různých meziproductů a konečných productů (oxidu uhličitého a vody), přičemž se vyvíjí teplo. Když nedojde ke ztrátě tepla do atmosféry, tak úplnou oxidací glukózy, za předpokladu její měrné tepelné kapacity 1,89 kJ/kg sušiny, se teplota siláže zvýší o 1 °C (McDonald a kol., 1991). Je pro to sestavena i rovnice:

$$NT (^{\circ}C) = (DM \times G) / (267,5 - 0,147 \times DM)$$

*Kde NT = nárůst teploty; DM = obsah sušiny v g/kg; G = obsah glukózy v g/kg*

Příklad: Úplnou oxidací sacharidů v izolované siláži o obsahu sušiny 320 g/kg a obsahu glukózy 11 g/kg sušiny (takový obsah redukujiících cukrů lze analyzovat i u vojtěšky) by se teplota zvýšila o 16 °C. Kdyby počáteční teplota byla 21 °C, tak by se za normálních podmínek zvýšila teplota na 37 °C (což lze zjistit i bez teploměru pouhým pohmatem). Protože na 1 °C připadá 1,89 kJ, tak na 16 °C připadá cca 32 kJ.

Ve většině praktických situací je část tepla produkovaného oxidací rozptylována do atmosféry, přesto se i nám několikrát podařilo naměřit teplotu 50 °C. Kdyby počáteční teplota byla 18 °C, tak by se na 50 °C zvýšila teplota o 32 °C, což by odpovídalo 64 kJ energie a bylo by k tomu potřeba 22 g/kg sušiny glukózy. Ztráta by byla větší, protože nelze postihnout, kolik tepla „uteče“ do ovzduší.

Z uvedeného je patrné, jak důležité je teplotu silážované hmoty a potažmo teplotu siláže sledovat. Jak již bylo uvedeno, tak významnou teplotu kolem 37 °C lze zjistit pohmatem. Přesnější zjištění je při využití různých kontaktních i dálkově měřících teploměrů (termovize). Teploměr



může být opatřen senzorem, který vysílá informace prostřednictvím data loggeru do počítače, či mobilu zootechnika. Zootechnik pak může rychle učinit nápravná opatření (např. zacelit díru v plachtě), aby se teplota nezvyšovala. Uložené informace může být podkladem pro příští sklizeň, aby se situace neopakovala.

## 2.2.2 Odhad podle objemové hustoty siláže

Při popisu vlastností sypkých a pórovitých látek se rozlišuje hustota (anglicky *particle density*) a objemová hmotnost (anglicky *bulk density*). Objemová hmotnost je definována jako poměr hmotnosti tělesa k celkovému objemu tělesa včetně pórů, mezer a dutin, tedy objemu stanoveného z tzv. vnějších rozměrů. Objemová hmotnost je tedy veličina závislá nejen na hustotě vlastní látky (v kompaktním stavu), ale i na hustotě látky, vyplňující póry. Pórovitost siláže je definována jako její vlastnost obsahovat množství drobných a poměrně rovnoměrně rozložených dutin či otvorů nejrůznějšího tvaru a původu. **Čím více pórů siláž má, resp. čím hůře je udusaná, tím má menší objemovou hmotnost, tím má obvykle horší kvalitu a vyšší ztráty.**

Když je siláž vystavena kyslíku (vzduchu), rychlost průniku kyslíku siláží je úměrná pórovitosti siláže. Větší objem dutin nebo pórovitost vede k většímu obsahu kyslíku. Na začátku fermentace píce kyslík uvnitř dutin umožňuje rostlinným enzymům a aerobním mikroorganismům využívat snadno dostupné sacharidy, čímž přispívá ke ztrátě sušiny.

Ruppel (1992) z toho odvodil, že ztráty sušiny siláže se snižují se zvyšující se objemovou hmotností siláže. Průměrnou míru ztráty sušiny stanovil na 2,5 % za měsíc. Holmes (2006) převedl jeho měření a hypotézu do rovnice:

$$ZS (\%) = 29,1 - 0,058 \times HS$$

Kde  $ZS$  = ztráta sušiny;  $HS$  = objemová hmotnost ( $\text{kg sušiny/m}^3$ )

## 2.2.3 Odhad podle podmínek při silážování

Pickert a kol. (2019) testovali (viz tabulka 1) na několika velkých farmách v severovýchodním Německu pro predikci kvality siláže u trav model, který poprvé představili Weise a kol. (1983). Využívali k tomu data o úrovni silážovatelnosti, technice silážování a aplikaci silážních aditiv. Model rozšířili i na leguminózy. Podle nich predikce měla regresní koeficient  $r^2 = 0,7$  pro NEL (netto energie laktace) v čerstvé hmotě a v siláži 0,64, pro hrubý protein (CP)  $r^2 = 0,77$  pro NEL v čerstvé hmotě a v siláži 0,65. Poznámka: Regresním koeficientem nezávisle proměnná (NEL, CP) vysvětluje pohyb závisle proměnné (ztráty). Při použití metody pytlů, zahrabaných do silážované hmoty, lze předpovídat podle tohoto modelu i ztráty sušiny.

Tabulka 1: Model hodnocení ztrát podle silážovatelnosti a úrovně techniky silážování (Pickert a kol., 2019; Weise a kol., 1983)

Stupeň Hodnocení	Stupeň silážovatelnosti	Úroveň techniky Silážování	Ztráty (% z čerstvé hmoty)	
			NEL (MJ/kg suš.)	CP (g/kg suš.)
1	Dobrá	Dobrá	3	3
2	Dobrá	Střední	4	5
3	Dobrá	Špatná	6	8
4	Střední	Dobrá a střední	6	8
5	Střední	Špatná	8	13
6	Špatná	Nezáleží	10	15

Kde NEL = netto energie laktace; CP = hrubý protein

Pro odhad ztrát někdy stačí znát dobře podmínky při silážování. Pokud silážování proběhne za ideálních podmínek, lze předpokládat, že ztráty budou minimální. Pokud bude nepříznivé počasí

nebo se v průběhu sklizně dojde např. k technickým problémům, ztráty budou vyšší. Velmi záleží např. na rychlosti a kvalitě zakrytí silážované hmoty. Studií na toto téma je v odborné i ve vědecké literatuře dostatek. Např. Wilkinson a Fenlon (2013) testovali pro zakrytí silážované hmoty v silážním žlabu použití fólie s tzv. kyslíkovou bariérou (OB) vs. standardní zakrytí černobílou plachtou. OB zakrytí mělo o 2,5 dne delší aerobní stabilitu a **ztráty sušiny se v horní vrstvě snížily o plných 42 %**.

#### 2.2.4 Odhad podle organoleptických vlastností

Kvalitu siláže a zároveň i ztráty lze zhruba odhadnout podle sensorického posouzení a fermentačních metabolitů. Pokud proběhne celý proces silážování optimálním způsobem, proběhne pouze tzv. primární kvašení, pH poklesne na hodnotu 4,0 až 4,2, vytvoří se cca 1,7 % kyseliny mléčné, 0,7 % kyseliny octové a 0,3 % kyseliny máselné (Wilkinson, 2015). Tyto hodnoty se mohou měnit v závislosti na podmínkách, ale i na použitém silážním přípravku. Proto vzorek siláže, dodaný do laboratoře, by měl být vždy doprovázen podrobnějšími údaji, aby hodnocení fermentačního procesu mohlo být objektivnější. Do hodnocení lze zahrnout i obsah živin, i když ty se během fermentace většinou výrazně nemění.

V praxi může pro odhad ztrát posloužit i tzv. „čichací zkouška“. Kvalitní siláže s nízkými ztrátami sušiny cca 3 % (Borreani a kol., 2018) by měly mít příjemnou nakyslou vůni (aromatickou, kořeněnou), neměly by být ani náznakem cítit kyselinou máselnou či octovou, biogenními aminy, ani cizími pachy (fekální, hnilobný, zatuchlý, po plísňích).

Je-li přítomna kyselina máselná, siláž páchne po potu, žluklém másle nebo dokonce až fekálně. Kyselina máselná je indikátorem máselného kvašení s velkými ztrátami (24 % sušiny), případně zvrhnutí fermentačního procesu po namnožení klostridií. Nejlépe se pozná po promnutí siláže mezi prsty. Za podmíněně zkrmitelnou lze siláž považovat, když identifikujete charakteristický zápach již ze vzdálenosti jednoho centimetru i bez promnutí mezi prsty.

Kyselina octová má štiplavý zápach, páchne po octu. Jakmile je tento druh zápachu nosu nepříjemný, lze usuzovat na ztráty sušiny minimálně 15 %.

Zřetelně moštový, alkoholový, či kvasný zápach způsobují kvasinky. Jejich vyšší přítomnost, a zároveň i na pohmat vyšší teplota siláže, ukazují na nižší aerobní stabilitu a ztráty energie. V tomto případě je nutné lépe zorganizovat odebrání siláží ze silážního žlabu nebo vaku. Obdobně je nutné se zachovat, pokud bude mít siláž zatuchlý pach. Dá se totiž usuzovat na přítomnost plísní a jejich toxinů. Pamatujte, toxiny se silážováním nemění. Je třeba odstranit plísňová ložiska nejen viditelná, ale je nutno odstranit i několik desítek centimetrů okolo.

Asi nejhorší pach vydávají vojtěškové siláže nedostatečně udusané, nebo kde proběhlo zakrytí silážními fóliemi se zpožděním, případně nedostatečně (Wilkinson a Fenlon, 2013). Vznikají tak produkty rozkladu aminokyselin dekarboxylací – biogenní aminy (hodně aromatické a zároveň i hodně toxické jsou histamin, tyramin, tryptamin, méně aromatické jsou putrescin, kadaverin).

Ucítíte-li pach po pražení nebo pach karamelový, můžete si být jisti, že v dané části siláže proběhla Maillardova reakce. Využitelnost živin, i kdyby byly chemicky stanoveny, bude velmi nízká, především využitelnost dusíkatých látek, které jsou vázány v ligno-hemicelulózovém komplexu. Důsledek Maillardovy reakce se pozná i podle barvy siláže.

Netypické zbarvení, většinou hnědé nebo šedé, mívá siláž v místech, kde se k ní dostal kyslík, především pod silážní plachtou poblíž stěny silážního žlabu, případně v místech, kde bylo silážování přerušeno. Hnědé (až černé) zbarvení způsobil chemický proces nazvaný Maillardova reakce. Vzniká již při teplotách nad 40 °C. Siláž pak mění nejenom barvu, ale i pach a strukturu. Nejprve zmažovává a zhnědne, někdy až zčerná, po delší době vyschne a zešedne. Paradoxně některým zvířatům taková siláž i chutná. Je však zdraví škodlivá a její výživná hodnota je téměř nulová.

Barvu siláže může významně ovlivnit počasí při zavádání, chybné kvašení, vyšší obsah dusičnanů nebo plíseň. Mokrý, na listy bohatá siláž má tmavší barvu než siláž suchá, bohatá na stébla. Tmavší barva také signalizuje octové, či máselné kvašení. Siláže s nízkou sušinou se zbarvují do tmavě žluta až zelena z důvodu vyššího obsahu kyselin. U siláží s vyšší sušinou se sice výrazně nemění barva, ale většinou v nich nacházíme stopy plísní. Horší jsou plísně barevné, červená, modrá. Enterobakterie mají schopnost redukovat dusičnany na toxické oxidy dusíku, zvláště v období sucha a v kukuřičných silážích. Způsobují tak masivní únik plynů, které jsou charakteristické acetonovým zápachem a žluto-oranžovou až hnědo-oranžovou barvou. Důvodem je, že na hodně pohnojených pozemcích vlivem nedostatku vláhy stoupají hladiny dusičnanů. Toto zabarvení přebírá i siláž.

Podle struktury řezanky lze usuzovat na intenzitu mikrobiálního rozkladu. Struktura by měla být mírně narušená, kolénka by měla být rozdrčena, stébla by měla být podélně rozmáčknuta (u kukuřičných siláží by mělo být rozdrčeno zrno i vřetenem). Podle struktury lze usuzovat na průběh fermentace. Pokud je struktura zachovaná, bakterie mléčného kvašení měly k buňkám špatný přístup, průběh fermentace tudíž nemohl být zejména v začátcích dostatečně intenzivní a lze očekávat vyšší ztráty sušiny. Když jsou částice řezanky na řezné hraně roztrženy, lze usuzovat na špatné nabroušení nožů řezačky. Pokud je struktura rozrušená a částice jsou velmi krátké, může to mít neblahé následky pro přežvýkavce, kteří potřebují pro dobrou motoriku bachoru strukturní vlákninu (tj. částice delší než 8 milimetrů).

Konzistence by měla být pevná. Jestliže se části rostlin, zejména na řezné ploše, lehce obalují slizem, přestává mít řezanka konzistentní charakter. Narušení se pak postupně projevuje na listech a na stoncích, to lze ještě tolerovat. Postupně má konzistence charakter mazlavý až kašovitý. Shnilá siláž bývá většinou i plesnivá, někde dokonce vyrůstají i houby. Taková siláž se nesmí zvířatům zkrmovat.

Prach a bláto působí pufrálně, fermentační proces pak probíhá pomaleji a s vyššími ztrátami. Doplňujícím ukazatelem kvality siláže je zkouška čistoty, která ukazuje na nedostatky při sklizni, tedy zaprášení (u píce zavádajících na poli) nebo zablácení silážované hmoty (především u kukuřice, sklizené po dešti s nízkým strništěm). Poznává se to pomocí tzv. ždímací zkoušky. Pokud v dlaních zůstanou po promnutí mezi prsty lehké stopy špíny, lze to tolerovat, pokud jsou zjevné, např. v dlani zůstanou drobná zrnka písku či prachu, pak je nutné hledat chyby v organizaci sklizně.

„Ždímací zkouška“ slouží i k rychlému odhadu sušiny siláže. Při sušině kolem 45 % ruce zůstávají suché, při 40 % se ruce lehce blýsknou vlhkostí, při 35 % je máte vlhké, při 30 % ulpí mezi prsty tekutina. Při sušině 25 % již můžete tekutinu ze siláže uvolnit i silným zmáčknutím v dlani.

### 2.2.5 Odhad podle chemické analýzy

Chemickým rozbohem siláže lze zjistit výsledek fermentace, který hodně napoví, jak proběhla a tedy i s jakými ztrátami.

Pro stanovení ztrát sušiny je nutné stanovit obsah sušiny. Sušinu lze stanovit odhadem (ždímací zkouškou) nebo jednoduchým testem zvážením hmoty před vysušením a po něm. To jsou ale metody orientační. Přesné stanovení sušiny se provádí ve specializovaných zemědělských laboratořích podle normy ČSN 467092-3. Sušina je neodpařitelný zbytek látky, který zbude po zahřívání a odpařování při maximální teplotě do 105 °C až do konstantní hmotnosti; tedy do stavu, kdy se všechny odpařitelné látky beze zbytku odpaří a žádné další se již dále neodpařují.

Při stanovení sušiny (a v praxi během manipulace s krmením) dochází u siláží kromě odpařování vody také ke ztrátám těkavých látek, mezi něž patří kyseliny, alkohol a čpavek. Proto je třeba pro stanovení skutečné sušiny výsledek korigovat, výsledná sušina siláží je tak tzv. **korigovaná sušina**. Kdyby sušina nebyla korigována, tak by např. stravitelnost organické hmoty byla nadhodnocena až o 4 %. Korekce sušiny je závislá na pH a navíc je rozdíl mezi korigovanou sušinou kukuřičné siláže a ostatních siláží. V tabulce 2 je korigovaná sušina v závislosti na druhu siláže, v tabulce 3 v závislosti na pH siláže.

Tabulka 2: Korigovaná sušina v závislosti na druhu siláže (ČSN 467092-43)

pH	Vzorec pro korekci sušiny
Kukuřičné siláže	$KS = 2,22 + 0,96 \times ZV$
Ostatní siláže	$KS = 2,08 + 0,975 \times ZV$

Kde  $KS$  = korigovaná sušina;  $ZV$  = zjištěný zbytek sušiny siláže (%)

Tabulka 3: Korigovaná sušina v závislosti na pH siláže

pH	Vzorec pro korekci sušiny
< 4	$KS = ZV + 0,94 \times TMK + 0,08 \times KM + 0,90 \times A + 0,16 \times NH_3$
4 – 5	$KS = ZV + 0,75 \times TMK + 0,08 \times KM + 0,90 \times A + 0,47 \times NH_3$
> 5	$KS = ZV + 0,52 \times TMK + 0,08 \times KM + 0,90 \times A + 0,74 \times NH_3$

Kde  $KS$  = korigovaná sušina;  $ZV$  = zbytek siláže po usušení;  $TMK$  = těkavé mastné kyseliny;  $KM$  = kyselina mléčná;  $A$  = alkohol;  $NH_3$  = čpavek

Mnohde ve světě se stále ještě používá rovnice dle Kaiser a kol. (1995).

$KS = 3,96 + 0,94 \times ZV$
------------------------------

Kde  $KS$  = korigovaná sušina;  $ZV$  = zjištěný zbytek sušiny siláže (%)

Pro hodnocení kvality siláží a potažmo i ztrát existují různé standardy, např. Norma 2004 (Loučka, 2013), podle které hodnotí siláže AgroKonzulta, s.r.o. Žamberk, nebo ČSN 467092-43 (1998).

V rámci řešení této metodiky bylo zjištěno, že dobrým indikátorem pokročilé aerobní degradace je nízký obsah kyselosti vodního výluhu (KVV), který se udává v mg KOH/100 g siláže. V zahraničí se označuje jako „titrační kyselost“ (titratable acidity, TA) a stanovuje se podle Silva a Queiroz (2002). V ČR se stanovuje podle ČSN 467092-19.

V pokuse na účelovém hospodářství VÚŽV v Netlukách jsme u 20 kukuřičných siláží stanovili KVV ihned po odebrání ze silážního žlabu a 2x po třech dnech uchování v laboratoři při 20 °C. Hodnoty KVV se snížily v průměru o 7 %, ale o další tři dny později už se hodnoty KVV snížily o 50 %!

Zajímavé jsou výsledky pokusu Giombelli a kol. (2019), kteří odebírali u 14 silážních sil vzorky systémem „W“ a porovnávali výsledky z jednotlivých míst. Zjistili, že KVV byla průkazně ( $p < 0,05$ ) vyšší ve vzorcích odebraných ze spodní části sila, než z ostatních míst. Horní vrstvy měly KVV nejnižší. Podobné výsledky prezentovali i Jobim a kol. (2007). Vyvodili z nich, že KVV je vhodnější koncept pro vysvětlení kvality siláže než pH, protože KVV souvisí s množstvím kyseliny mléčné vyprodukované v siláži, zatímco pH souvisí se všemi produkovanými kyselinami.

Za zmínku stojí také závislost KVV na obsahu biogenních aminů (Skládanka a kol., 2017). Čím nižší byly v experimentálních silážích hodnoty KVV, tím vyšší byl obsah biogenních aminů. Když byla KVV zhruba na průměrných hodnotách kolem 1500 mg KOH/100 g siláže, obsah biogenních aminů byl zhruba 12 mg/kg původní hmoty. Ovšem když byla KVV na hodnotě kolem 600 mg KOH/100 g siláže, pak byl obsah biogenních aminů dvakrát vyšší, tedy zhruba 24 mg/kg původní hmoty. Pokud tedy není v siláži dostatek kyselin, pak je nestabilní a dochází k rozkladu bílkovin, vzniku proteolýzy a následně k tvorbě biogenních aminů.

Co je tedy pro KVV podstatné a proč se stanovuje? V praxi se podle obsahu KVV dávkuje přípravek (nejčastěji hydrogenuhličitan sodný) pro neutralizaci krmné dávky. Obecně platí, že při KVV větší než 2000 mg KOH/100 g siláže už je přidavek neutralizačního přípravku nutný. Kyselost siláže zřejmě chrání siláž před vznikem vyššího množství škodlivých biogenních aminů. Hodnota KVV také ukazuje na to, jestli je siláž tzv. zvětralá, nebo ne. Pokud má siláž velmi nízké KVV, ukazuje to na to, že byla dlouho vystavena kontaktu se vzduchem, respektive trvalo dlouho, než byla rozborována, tudíž výsledek analýzy KVV ukazuje na ztráty těkavých látek, které sice nejsou velké (< 0,5 %), ale přičtou-li se k ostatním ztrátám, již to může být ekonomicky významně negativní.

### 3 Srovnání „novosti postupů“

Studiem literatury i vlastní praxí jsme zjistili, že ohledně měření ztrát při silážování existují velké rezervy. Nikde není předepsána nějaká standardní metoda, podle které by se ztráty hodnotily. Existují sice i ve vědecké literatuře ojedinělé informace, ale souhrnný materiál chybí. Přitom prvním krokem pro zemědělce ke zlepšení efektivity v jejich silážních systémech je znát skutečné ztráty, ať již sušiny nebo organické hmoty, ať již ztráty pouze fermentací, aerobní degradací nebo v celém procesu od sklizně píce po její zkrmení zvířatům. Ztráty se většinou pouze odhadují, což bývá velmi nepřesné. Přesnější je změřit je s použitím jedné ze třech popsaných metod. V metodice jsou popsány i doporučené metody odhadu ztrát.

### 4 Popis uplatnění metodiky

Metodika najde své uplatnění především v zemědělské praxi u velkých, středních i malých zemědělců, kteří chovají skot s vysokou užitkovostí. Metodiku mohou využívat především poradci zemědělských podniků, pracovníci služeb pro zemědělství a pracovníci prvovýroby, kteří mají s krmivem něco společného.

Metodika je určena zemědělským svazům, aby byla k dispozici na jejich jednáních a seminářích. Stejně tak bude k dispozici na seminářích, které bude pořádat VÚŽV, v.v.i. Praha Uhřetěves, nebo na kterých bude někdo z autorského kolektivu přednášet. Metodika bude také poskytnuta pracovníkům univerzit a středních škol, aby mohla být využita pro výuku. Předložená metodika má ambice být zásadním dokumentem, podle kterého se mohou pracovníci zemědělské praxe, výzkumu a školství řídit při své činnosti, a na který se mohou odkazovat.

### 5 Ekonomické aspekty

Při zavedení postupů uvedených v metodice lze odhadnout, že se přesnost odhadu ztrátlepší o 1 %, a i to jedno procento může při optimalizaci krmivové základny a potažmo pak při optimalizaci krmných dávek (TMR) pro dojnice hypoteticky znamenat významné zlepšení užitkovosti hospodářských zvířat.

Předpokládaný přínos lze odhadnout i z celkových výnosů a ceny pícnin. Vezmeme-li v úvahu vstupní údaje, tedy že podle ČSÚ bylo v roce 2018 vyprodukováno 6 686 996 tun kukuřice a 7 055 027 tun jednoletých pícnin (obojí o průměrné sušiny 35 %), 3 967 377 tun pícnin na orné půdě a 1 062 366 tun víceletých pícnin (obojí o průměrné sušiny 85 %), a budeme-li počítat průměrnou cenu za tunu sušiny 2 000 Kč, tak při ztrátě sušiny 1 % by byl přínos metodiky pro kukuřici cca 382 mil. Kč a pro všechny pícniny cca 904 mil. Kč.

### 6 Seznam použité související literatury

- Ashbell G., Weinberg Z.G. (1992): Top silage losses in horizontal silos. *Can. J. Eng.* 34, 171–175.
- Bernardes T.F., Nussio L.G., do Amaral R.C. (2011): Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. *Grass Forage Sci.* 67, 34–43.
- Bolsen K., Dickerson J.T., Brent B.E., Sonon R.N., Dalke B.S., Lin C., Boyer J.E. Jr. (1993): Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *J. Dairy Sci.* 76, 2940–2962.
- Borreani G., Tabacco E., Cavallarin L. (2007): A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. *J. Dairy Sci.* 90, 4701–4706.
- Borreani G., Tabacco E., Schmidt R.J., Holmes B.J., Muck R.E. (2018): Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101, 3952–3979.
- Buxton R., Muck R.E., Harrison F. (2003): *Silage science and technology*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

- ČSN 467092 (1998) Metody zkoušení krmiv.
- Dickerson J.T., Ashbell B., Pfaff L., Bolsen K.K., Brent B.E., Bradford J.E., Smith R.L. (1991): Top spoilage losses in horizontal silos in western Kansas. S. 71–74, In: Cattlemen's Day, Progress Report. Kansas State Univ., Manhattan.
- DLG e.V. (2016): "DLG Testing Guidelines for the award and use of the DLG Quality Mark for ensiling agents", prepared under the auspices of the DLG commission for ensiling agents.
- Giombelli D.D.L.C., Roscamp E., Gomes F.J., Zotti C.A., Schogor A.L.B. (2019): Qualitative monitoring of corn silage stored in commercial bunker silos and used as feed for dairy cattle in the western region of Santa Catarina State, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 40, 4, 1695–1708.
- Honig H. (1990): Evaluation of aerobic stability. In: Proc. Eurobac Conference. Grass Forage Report, Spec. Issue 3, 76–82.
- Jobim C.C., Nussio L.G., Reis R.A., Schmidt P. (2007): Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, Suplemento Especial. 36, 101–119.
- Köhler B., Diepolder M., Ostertag J., Thurner S., Spiekers H. (2013): Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. *Agric. Food Sci.* 22, 145–150.
- Köhler B., Taube F., Ostertag J., Thurner S., Kluß Ch., Spiekers H. (2019): Dry matter losses and changes in nutrient concentrations in grass and maize silages stored in bunker silos. *Grass Forage Sci.* 74, 274–283.
- McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. (1991): *The Biochemistry of Silage*. Marlow: Chalcombe Publications, Bucks, UK.
- McGechan M.B. (1990): A review of losses arising during conservation of grass forage: Part 2, Storage losses. *J. Agric. Eng. Res.* 45, 1-30.
- Mitřík, T. (2007): *Silážovanie*. Creative Studio Slovakia, 88 s.
- Mitřík, T. (2019): *Silážovanie*. Creative Studio Slovakia, 190 s.
- Pickert J., Brüning D., Mersch F., Herrmann A., Weise G. (2019): Field-related quality management system for grass silage production. *Grass Forage Sci.* 74, 314–319.
- Ruppel K.A. (1992): Effect of bunker silo management on hay crop nutrient management. MS Thesis. Department of Agricultural and Biological Engineering, Cornell University, Ithaca, NY.
- Silva D.J. a Queiroz A.C. (2002): *Análise de alimento: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 303.
- Skládanka J., Knotová D., Mikyska F., Pelikán J., Adam V., Dohnal V., Konečná K., Balabánová M., Hodulíková L., Horký P., Mlejnková V. (2017): Metodika výroby zdravotně bezpečných siláží z bílkovinných píceňin v nepříznivých povětrnostních podmínkách. Certifikovaná metodika. 40/2017, ISBN 978-80-88000-19-8.
- Undersander D., Shaver R., Linn J., Hoffman P., Peterson P. (2005): Sampling hay, silage, and total mixed rations for analysis. Univ. of Wisconsin Ext. A2309. Dostupné na: <http://learningstore.uwex.edu/pdf/A2309.pdf>
- Weise G., Rambusch H., Schoeppler W. (1983): More experience from use of standard silo file. Wissenschaftlich-Technisches Zentrum der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft, Feldwirtschaft
- Wilkinson J.M. (2015): Managing silage making to reduce losses. *Livestock*, 20, 280–286.
- Wilkinson J.M., Davies D.R. (2012): The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass Forage Sci.* 68, 1–19.
- Wilkinson J.M., Fenlon J.S. (2013): A meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. *Grass and Forage Science*, Nova Iorque, 69, 3, 385–392.

## 7 Seznam publikací, které předcházejí metodice

- Hakl J., Loučka R., Jirmanová J., Jambor V. (2017): Influence of Genotype, Site, and Year on Maize Nutritive Value - Yield Relationships. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 48, 47–53.

- Loučka R. (2013): Hodnocení fermentačního procesu siláží. In.: Hodnocení krmiv pro dojnice. Pohořelice: AgroDigest s.r.o., s. 80-105.
- Loučka R. (2017): Využití vlákniny a separace krmiv k hodnocení krmných dávek skotu. *Krmivářství*, 21(5), 37–40.
- Loučka R., Hakl J., Jirmanová J., Tyrolová Y. (2015): Yearly variation in maize silage fermentation and nutritive quality. *Grass and Forage Science*, 70, 674–681.
- Loučka R., Homolka P., Jančík F., Kubelková P., Tyrolová Y., Výborná A. (2018): Utilization of the continuous measurement technology to control the feeding of dairy cows. In *Book of Abstracts of the 69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, s. 482.
- Loučka R., Homolka P., Jančík F., Kubelková P., Tyrolová Y., Výborná A. (2017): Metody zajišťování pokusů pro stanovení kvality siláží. *Úroda*, LXV(12, vědecká příloha), 563–566.
- Loučka R., Jančík F., Kubelková P., Tyrolová Y., Výborná A., Koukolová V., Homolka P. (2019): Hodnocení směsné krmné dávky podle fyzikální struktury. *Krmivářství*, 23(3), 20–23.
- Loučka R., Nedělník J., Lang J., Jambor V., Třináctý J., Tyrolová Y. (2015): Evaluation of maize hybrids types harvested at the similar stage of maturity. *Plant, Soil and Environment*, 61, 560–565.
- Loučka R., Tyrolová Y., Jambor V. (2017): Vliv zmrazení siláže na NIR analýzy výživných hodnot. *Náš chov*, 77(3), 66–69.
- Loučka R., Tyrolová Y., Jančík F., Kubelková P., Homolka P. (2017): Vliv délky řezanky zavadlé vojtěšky na kvalitu fermentačního procesu a aerobní stabilitu siláže. *Krmivářství*. 21, 2, 8–12.
- Loučka, R., Lang, J., Jambor, V., Nedělník, J., Třináctý, J., Tyrolová, Y., Kučera, J. (2014): Verifikovaný metodický postup získávání a zpracování hodnot v národním systému hodnocení silážních hybridů kukuřice. *Certifikovaná metodika*.
- Tyrolová Y., Bartoň L., Loučka R. (2017): Effects of biological and chemical additives on fermentation progress in maize silage. *Czech Journal of Animal Science*, 62, 306-312.
- Velebný L., Loučka R. a kol. (2016): Vzorkování krmiv. In *Vzorkování III, potraviny, zemědělství, předměty běžného užívání*, Český Těšín: 2 THETA, 240–253.
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY, v.v.i. V UHŘÍNĚVSI a NUTRIVET, S.R.O. POHOŘELICE. Metody stanovení a hodnocení efektivní vlákniny krmiv pro přežvýkavce. Autoři: Loučka R., Homolka P., Jančík F., Kubelková P., Koukolová V., Tyrolová Y., Výborná A., Jambor V., Vosynková B. Česká republika. *Certifikovaná metodika 978-80-7403-173-1*. 2017-12-07.
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY, v.v.i. V UHŘÍNĚVSI. Technologie silážování s využitím kombinovaných přípravků. Autoři: Loučka R., Jančík F., Kubelková P., Tyrolová Y., Výborná A. Česká republika. *Ověřená technologie OT/VÚŽV/09/2018*. 2018-07-24.
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY, v.v.i. V UHŘÍNĚVSI. Využití vedlejších produktů pivovarského průmyslu v živočišné výrobě. Autoři: Loučka R., Homolka P., Jančík F., Kubelková P., Tyrolová Y., Výborná A. Česká republika. *Certifikovaná metodika 978-80-7403-194-6*. 2018-08-06.

Vydal:

Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

Název:

Měření ztrát silážováním

Autoři a jejich podíly práce:

Ing. Loučka Radko, CSc. (40 %), Ing. Jančík Filip, Ph.D. (10 %), doc. Ing. Homolka Petr, CSc., Ph.D. (10 %), Ing. Koukolová Veronika, Ph.D. (10 %), Ing. Kubelková Petra, Ph.D. (10 %), Ing. Tyrolová Yvona (10 %), Ing. Výborná Alena (10 %)

Oponenti:

Ing. Boris Hučko, CSc., ČZU, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 - Suchbát, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky,

Ing. Jan Vodička, MZe, oddělení komodit skotu a krmiv

ISBN: 978-80-7403-224-0

Dedikace:

Metodika je výsledkem řešení podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0718 s názvem: Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.



Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.  
Přátelství 815  
104 00 Praha Uhřetěves

[www.vuzv.cz](http://www.vuzv.cz)