

## STRAW STORAGE BY STACK FOLIATION TECHNOLOGY

ZDENĚK ABRHAM, DAVID ANDERT, MILAN HEROUT

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha

**Abstract:** Report solve the technology and economy straw storage by technology foliation of stacks from big prismatic straw bales. Foliation technology of stacks has a significant economics contributions about 52 CZK on 1 t stored straw. Next contributions are given decrease of stored biomass moisture and then increasing its heating power. Foliation technology of stacks is suitable for straw bales by moisture to the 25%.

**Keywords:** straw, storage, foliation stack, economy

**Souhrn:** Příspěvek řeší technologii a ekonomiky skladování slámy s technologií foliování stohů z velkých hranolovitých balíků slámy. Technologie foliování stohů má i významné ekonomické přínosy, které se pohybují okolo 52 Kč na 1 t uskladněné slámy. Další přínosy jsou dány snížením vlhkosti uskladněné biomasy a tedy zvýšení její výhřevnosti. Prokázalo se, že technologie foliování stohů je vhodná pro balíky o vlhkosti do 25%.

**Klíčová slova:** sláma, skladování, foliovaný stoh, ekonomika

## ÚVOD

Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020 představuje analýzu využití biomasy v ČR pro energetické účely. Největší význam pro energetické využití biomasy má zemědělská biomasa. Z hlediska technologie pěstování a ekonomiky produkce patří k nejvýznamnějším zdrojům zemědělské biomasy sláma a seno.

Energetické využití slámy a sena však sebou přináší problém vyřešit skladování této suché biomasy tak, aby nedocházelo v jeho průběhu ke zvyšování vlhkosti a tím ke zhoršení jejich palivoenergetických vlastností.

## 1. MATERIÁL A METODY

V současné době se většina slámy resp. sena pro energetické účely sklízí s využitím lisů na velké hranolovité balíky. V posledních letech se začala uplatňovat nová technologie uložení a skladování slámy lisované do velkých hranolovitých balíků ve stozích obalených smršťovacími foliemi (viz obr.1). Před zavedením této nové technologie foliování stohů byly velké balíky slámy skladované většinou ve volných stozích vrstvených na výšku do 5 vrstev bez překrytí. Při této technologii dochází vlivem klimatických podmínek ke zvýšení vlhkosti a tím znehodnocení značné části skladované slámy. Důsledkem je snížení výhřevnosti slámy a především zhoršení kvality spalování a emisí. Pro energetické využití spalováním jsou tyto balíky v podstatě nepoužitelné. Podle dosavadních zkušeností se ztráty při volném skladování balíkové slámy pohybují okolo 25 %.

Cílem práce bylo vyhodnotit parametry linky na zakládání a foliování stohu a především náklady a přínosy této nové technologie, sledován byl i vliv na fyzikální a palivové vlastnosti skladované biomasy. Ověřování bylo realizováno v zemědělském podniku Zemcheba Chelčice, který provozuje bioelektrárnu o výkonu 1MWe a skladuje touto technologií cca 12 tis. tun.

V průběhu skladování slámy ve foliovaném stohu byla dále sledována vlhkost slámy a její změny v průběhu uskladnění. Rozhodujícím parametrem hodnocení paliva je jeho výhřevnost a na ní má největší vliv vlhkost slámy. Při naskladňování byly všechny balíky u dvou pokusných stohů zváženy a na třech místech změřena jejich vlhkost. Dále byla vyhodnocována výhřevnost vzorků slámy.



Obr. 1 Technologie uložení a skladování slámy ve stozích obalených smršťovací folií

## 2. VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro dopravu balíků slámy z pole ke stohu se využívá souprava kolového traktoru 85 kW a speciálního přepravníku balíkové slámy, manipulace s balíky je řešena s využitím manipulátoru. Tato operace je shodná při původní i nové technologii. Pro vyhodnocení nákladů a přínosů nové technologie tedy uvažujeme jen náklady stroje na foliování stohu.

### 2.1 Náklady technologie foliování stohu

#### Výpočet provozních nákladů stroje na foliování stohu

Pro technologii balení stohu se využívá stroj:

POMI Industry ApS, model WRAP 7 (viz obr. 2)

Pořizovací cena stroje je 1 580 000 Kč.

Stroj je vybaven vlastním dieslovým motorem, který zajišťuje v jednotlivých cyklech jen pohon technologických částí stroje vytvářejících foliový tunel a posunutí stroje o 1 vrstvu balíků. Má tedy velmi nízkou spotřebu paliva.

Při foliování stohů slámy pro potřeby bioelektrárny Zemcheba Chelčice se předpokládá využití stroje při zpracování stohů v celkové hmotnosti 12 tis. t ročně. Při průměrné výkonnosti foliování 30 t/h to představuje roční využití 400 h/r.

Výsledné provozní ukazatele stroje na foliování stohů jsou zpracovány s využitím Expertního systému pro výpočet provozních nákladů strojů – VÚZT, v.v.i. Praha a jsou uvedeny v tabulce 1.

Při době odpisování stroje 10 roků jsou tedy průměrné náklady na provoz stroje 21,60 Kč/t slámy.

Tabulka 1 – Technické parametry a provozní náklady stroje na foliování stohu

Stroj	Pořizovací cena Kč	Roční nasazení h/r	Spotřeba paliva l/h	Osobní náklady Kč/h	Celkové provozní náklady	
					Odpis 5 roků Kč/h	Odpis 10 roků Kč/h
Stroj na balení stohu do folie	1580000	400	0,3	-	1043	648



Obr.2 Stroj na foliování stohu

## 2.2 Náklady na spotřební materiál při foliování stohu

Při zakládání foliovaného stohu se používají 2 druhy folie:

- smršťovací folie na vícenásobné obalení stohu,
- stoh se pokládá na silnější černou podkladovou folii, která zabraňuje přijímání vlhkosti z podkladu (nejčastěji pole, louka).

Průřez stohu je dán konstrukčními rozměry stroje na foliování a používá se zpravidla skládání stohu ze 2 sloupců balíků po 4 ks (celkem 8 ks) s odstupem a jejich uzavření devátým balíkem (viz obr. 3).

Tímto složením vznikne větrací chodba, která má příznivý vliv na větrání slámy a na snižování její vlhkosti v průběhu uskladnění. Délka stohu je dána délkou folie a zpravidla se tedy zakládají stohy o délce 42 až 43 skládaných vrstev balíků, tj. cca 50 až 52 m, jeho hmotnost je cca 170 tun.

Cena folie na 1 stoh je 13.500 Kč.

Celkové náklady na spotřební materiál tedy vychází cca 80 Kč/t.

### *Celkové náklady na foliování stohu*

Celkové náklady technologie foliování stohů slámy zahrnují náklady na provoz stroje a náklady na spotřební materiál. Po zaokrouhlení vychází tyto celkové náklady na 102 Kč na 1 t skladované slámy.

## 2.3 Přínosy technologie foliování stohu

Před zavedením technologie foliování stohů byla využívána technologie skladování velkých hranolovitých balíků ve volných stozích vrstvených na výšku do 5 vrstev bez přikrytí. Při této technologii docházelo k tomu, že minimálně vrchní vrstva balíků byla znehodnocena, jejich vlhkost vlivem otevřeného skladování vzrostla nad 25 % a pro provoz bioelektrárny byly tyto balíky nepoužitelné.

Při lisování slámy (sena) do velkoobjemových hranolovitých balíků jsou dobře dodrženy rozměry průřezu balíku, ale určitý problém je dodržení jednotné délky balíku. Délka balíků je nastavena na 250 cm, ale skutečná délka závisí na množství hmoty slámy na řádku těsně před

vázáním balíku. Výsledkem je to, že skutečná délka lisovaného balíku se liší od nastavené o  $\pm 10$  až 15 cm. Důsledkem je to, že stoh z balíků se nepodaří složit tak těsně, aby v některých místech nedocházelo k zatýkání srážek i do spodnějších vrstev stohu.



Obr.3 Ukládání balíků slámy do stohu při foliování stohu

Podle dosavadní zkušeností lze tedy shrnout, že při skladování velkých hranolovitých balíků ve volných stozích dochází ke ztrátám energetické biomasy ve výši cca 23 až 25 %.

Při využití technologie foliování stohů se podařilo snížit ztráty biomasy na cca 3-5 %. Výsledné přínosy nové technologie se tedy pohybují okolo 20 % hodnoty energetické biomasy.

Pro finanční vyhodnocení těchto ztrát vycházíme z toho, že hodnota energetické biomasy uložené do stohu činí 770 Kč/t a skládá se z těchto položek:

- současná tržní cena energetické biomasy na poli na řádku	400 Kč/t
- náklady na lisování velkých hranolovitých balíků	295 Kč/t
- náklady na odvoz balíků z pole na stoh	75 Kč/t

Výsledné ekonomické přínosy technologie foliování stohu se stanoví na základě rozdílu mezi úsporami energetické biomasy a náklady:

- úspory energetické biomasy (20 % tržní ceny)	154 Kč/t
- celkové náklady na foliování stohu	102 Kč/t
Výsledný ekonomický přínos technologie foliování stohu	52 Kč/t

#### 2.4 Vyhodnocení vhodnosti použití technologie foliování

Kotle bioelektrárny jsou určeny pro spalování balíků slámy do maximální vlhkosti 20%. Rozhodujícím parametrem hodnocení paliva je jeho výhřevnost a na ní má vlhkost slámy největší vliv.

Při ideální vlhkosti 15 % je teplo obsažené v balíku 7172 MJ a každá změna vlhkosti o 1% nám snižuje či zvyšuje energetický obsah balíku o cca 12 MJ.

Dále byla měřena výhřevnost vzorků slámy při stavbě stohů. Pohybovala se mezi 10,9 až 14,3 MJ/kg. Obsah popela byl 5,1 – 8,1 % v sušině.

Pro zkoušky vhodnosti použití byly založeny dva stohy o 72 balících. Při naskladňování byly všechny balíky zváženy a na třech místech změřena jejich vlhkost. V jednom stohu byly balíky do vlhkosti 25% a ve druhém 25 až 32%.

Medián vlhkosti u stohu do vlhkosti 25% byl 22,35, střední hodnota byla 21,25, směrodatná odchylka byla 3,50. Při vyskladňování stohu postaveného z těchto balíků byly opět měřeny vlhkosti a medián byl 19,53, střední hodnota byla 19,47, směrodatná odchylka byla 0,90.

U stohu s vlhkostí balíků 25 až 32 % byl medián vlhkosti 28,70, střední hodnota byla 28,52, směrodatná odchylka byla 1,82. U stohu postaveného z vlhčích balíků byla dosaženo minimálního přísušku a vlivem deformace některých balíků došlo k jeho destrukci.

### 3. ZÁVĚRY

Technologie foliování stohů má i významné ekonomické přínosy, které se pohybují okolo 50 Kč na 1 t uskladněné slámy. V rámci ověřovacího podniku, kde je průměrná spotřeba energetické biomasy ve výši 12 000 tun ročně jsou celkové ekonomické přínosy technologie foliování stohu v podniku Zemcheba Chelčice cca 600 000 Kč ročně. Pořízení investice je tedy výhodné, návratnost investice do stroje na foliování stohu je méně než 3 roky.

Další přínosy jsou dány snížením vlhkosti uskladněné biomasy a tedy zvýšení její výhřevnosti. Při předpokladu snížení vlhkosti jen u poloviny skladovaného materiálu v průměru o 2,5 procentních bodu dosáhneme další přínosy ve výši cca 35 000 Kč ročně.

Prokázalo se, že technologie foliování stohů je vhodná pro balíky o vlhkosti do 25%. Zde dochází k žádoucímu vyrovnání vlhkosti v rámci celého stohu a rovněž ke snížení celkového obsahu vody. Při vyšších vlhkostech nedojde k tak výraznému snížení vlhkosti a lze očekávat provozní komplikace se stabilitou stohů.

Používání technologie balených stohů rovněž zabraňuje protékání srážkové vody do stohu. Vlhkost může způsobit tvorbu plísní. Ty jsou rizikovým faktorem pro obsluhu manipulačních prostředků při naskladňování balíků u kotle.

#### Literatura:

- ABRHAM, Z., HEROUT, M., RICHTER, J. Provozní náklady zemědělských strojů. [Operating costs of agricultural machines]. Program je umístěn na internetových stránkách VÚZT v.v.i., v části Poradenství (<http://www.vuzt.cz?menuid=592>) a na poradenském portálu (<http://www.agroporadenstvi.cz>)
- ANDERT, D. Ověřená technologie přípravy a sklizně řepkové slámy pro energetické využití. [Verified technology for the preparation and harvesting of rape straw for energy use]. [Ověřená technologie]. Uživatel technologie: ZEMCHEBA s.r.o. Chelčice (IČ 25174797, smlouva uzavřena 2.9.2010)
- GONDA, L., ABRHAM, Z., ANDERT, D., GADUŠ, J., GUŠTAFÍKOVÁ, T., KANIANSKA, R., KIZEKOVÁ, M., KUNSKY, M., MOKOVNÍKOVÁ, J., MALIŠ, J., OBRČIANOVÁ, D., PEPICH, Š. Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj. Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany – Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva Banská Bystrica. Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica, 2010, 126 s. ISBN 978-80-89417-21-6
- KORENKO, M., ZITNAK, M., MACAK, M.: Transport efficiency of straw bales for energy purposes – Conference paper on Conference Proceeding - 5th International Conference, TAE 2013: Trends in Agricultural Engineering 2013, p. 335 - 338
- SOUČEK, J. Sklizeň slámy sklízecími lisy a možnosti jejího energetického využití. [Harvest of straw by harvest presses and possibilities of its energy utilization]. Mechanizace zemědělství, 2009, roč. 59, č. 4, s. 56-60
- VOYTENKO, Y. PECK, P. (2011), Organization of straw-to-energy systems in Ukraine and Scandinavia. Biofuels, Bioprod. Bioref., 5: 654–669. doi: 10.1002/bbb.311

Příspěvek byl zpracován na základě podpory MZe ČR v rámci institucionální podpory číslo RO 0614 na dlouhodobý rozvoj VÚZT, v.v.i. Praha.

#### Kontaktní adresa:

Ing. Zdeněk Abrham, CSc.

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha

Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně

tel.: +420 233 022 399, +420 731 615 041, e-mail: [zdenek.abrham@vuzt.cz](mailto:zdenek.abrham@vuzt.cz)