

Osnove tehnologije sušenja

Kmetje, sirarne in mlekarne iščejo nove priložnosti in tržne niše za prodajo pridelkov in izdelkov. Ena izmed tržnih niš, ki je bila prepoznana tudi v Sloveniji, je seno mleko. Za ekonomično prirejo senenega mleka je ključno seno. To predstavlja pomemben del krmnega obroka, zato je še toliko pomembnejša njegova kakovost. Pridelava kakovostnega sena je mogoča samo z dodatnim sušenjem na sušilnih napravah, saj pride pri sušenju na tleh do prevelikih izgub zaradi drobljenja krhkih delov travniških rastlin (lahko tudi do 30 %) in s tem do zmanjšanja hranilne vrednosti pridelanega sena. Poleg tega s sušenjem na sušilnih napravah zmanjšamo tveganja, povezana z neugodnimi vremenskimi razmerami, in se izognemo zmanjšanju hranilne vrednosti krme zaradi morebitnega deževanja med spravilom.

V osnovi ločimo dva načina sušenja na sušilnih napravah, in sicer sušenje s hladnim in sušenje s toplim zrakom. Glede na način spravila pa razlikujemo sušenje razsutega sena in sušenje sena v balah. Te so lahko valjaste ali kvadratne. Sušenje razsutega sena pa pomeni sušenje sena v boksih z rešetkastimi tlemi. Namen prispevka je predstaviti različne možnosti sušenja sena na sušilnih napravah.

Osnovni princip sušenja

Bistvo procesa sušenja je, da v krmi zmanjšamo vsebnost vlage na skladiščno vrednost. Seno je dovolj suho za skladiščenje, če vsebuje vsaj 86 % sušine. Voda, ki se nahaja celicah in v medceličnem prostoru, prehaja na površino rastline. Pri gibanju zraka ob površini rastline se voda uparja (izhlapeva) do nasičenosti plasti zraka, ki potuje ob rastlini. Zrak je nasičen z vodno paro – vlago, ko doseže relativno vlažnost 100 %. Relativna vlažnost

Preglednica 1: Absolutna in relativna vlažnost zraka pri različnih temperaturah.

T zraka [°C]	Relativna vlažnost [%]	Absolutna vlažnost [g vode/kg zraka]
20	65	11
20	100	14,7
25	65	15
25	100	20,1



Slika 1: Sistem sušenja z uporabo toplotnega izmenjevalca – dogrevanje z biomaso ali s toploto iz bioplinarne (mobilna sušilnica).

se meri v odstotkih, absolutna vlažnost pa se običajno podaja v gramih vode na kilogram zraka. Mejne vrednosti absolutne vlažnosti zraka so odvisne od temperature zraka (preglednica 1). Pri temperaturi 20 °C lahko 1 kg zraka sprejme 14,7 g vode, pri 25 °C pa 20,1 g vode, kar pomeni 37 % več. Sušenje pri višjih temperaturah je zato hitrejše.

Uporaba sistemov sušenja v praksi je pokazala, da lahko pri prevetrovanju s hladnim zrakom upoštevamo povprečen odzvem 1 g vode na m³ zraka, pri uporabi sončne strehe 2 g vode na m³ zraka in pri sušenju s toplotno črpalko tudi do 5 g vode na m³ zraka.

Osnovni princip sušenja krme je tako pogojen z zagotavljanjem zadostnega pretoka zraka skozi krmo. Tehnološki princip sušenja sena v boksu je tako sestavljen v osnovi iz ventilatorja, ki zagotavlja pretok zraka in boksa z rešetko, ki omogoča, da zrak enakomerno prehaja skozi krmo in jo suši. Osnovni princip velja za vse v nadaljevanju predstavljene tehnologije sušenja krme.

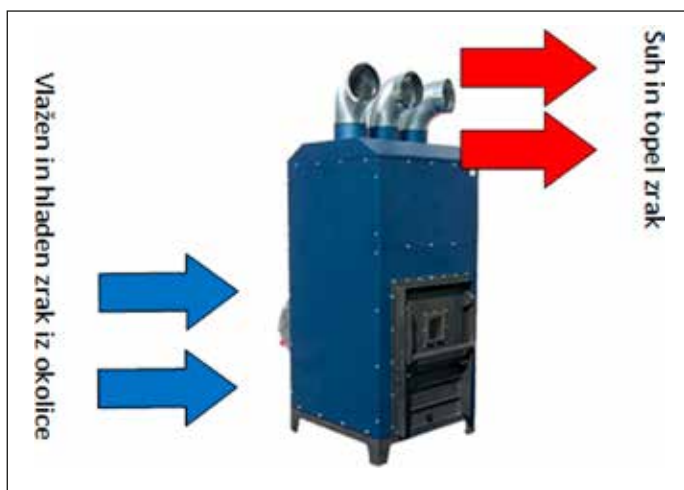
Toplota za sušenje

Z razvojem tehnologij segrevanja zraka in poznavanjem mehanizma adiabatnega sušenja so se poleg hladnega prevetrovanja in prevetrovanja z ogretim zrakom izpod kritine razvili tudi sistemi prevetrovanja s toplim zrakom, ki jih delimo glede na vir energije:

- biomasa: kot vir toplote se uporablja biomasa (drva, peleti, sekanci, žagovina),
- kurilno olje,
- plin.

Biomasa, kurilno olje in plin z gorenjem proizvajajo toploto. V primeru toplozračnih peči – termogenov toplota prehaja direktno na zrak. V primeru peči za segrevanje vode pa se ta preko toplovoda transportira do sušilne naprave, kjer preko toplotnega izmenjevalca ogreva zrak (slika 1).

- Toplotna črpalka: Upravlja dvojno funkcijo. Zrak razvlažuje in segreva (slika 3). Zrak, ki v procesu sušenja prihaja iz sušilnega boksa vstopi v toplotno črpalko, kjer se razvlaži in ponovno segreje. Energijo za segrevanje zraka toplotna črpalka v svojem procesu pridobi pri razvlaževanju iz zraka, ki izstopa iz sušičega sena.
- Termalna energija: Na območjih bogatih s termalno vodo se ta lahko koristi za segrevanje zraka. Tehnološka rešitev je enaka rešitvi ogrevanja z biomaso. Pri tej rešitvi sta ključna strošek vrtine in možnost uporabe tople vode tudi v časovnih obdobjih, ko ne sušimo sena.
- Odpadna toplota iz bioplinarn in toplota iz kogeneracije. Najcenejša rešitev je nedvomno odpadna toplota iz bioplinarn, saj bioplinarne pri obratovanju proizvajajo toploto, ki je sicer stranski produkt. Odpadne toplote je lahko več kot 50 %, odvisno od sistema in njegove tehnološke dovršenosti. Ugodna je tudi kogeneracija električne energije in toplote. Bioplinarne in kogeneracije razpolagajo s presežki toplote predvsem v poletnem času, ko ni drugih porabnikov. V kolikor želijo obratovati, morajo sicer odvečno toploto odvajati v ozračje. Sušilnice lahko to toploto koristno porabijo za sušenje krme.



Slika 2: Termogen (toplozračna peč) za sušenje.

Sušenje glede na potek zračnega toka

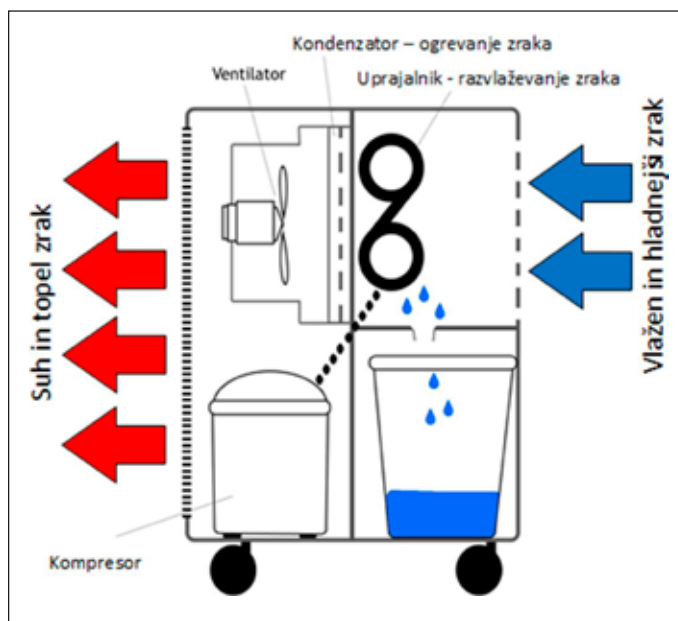
V osnovi ločimo sušenje v odprtem zračnem krogu in sušenje v zaprtem zračnem krogu. Sušenje v zaprtem zračnem krogu je sušenje s toplotno črpalko, medtem ko delujejo vsi ostali načini sušenja (biomasa, plin, toplota iz bioplinarn ...) v odprtem zračnem toku.

Pri sušenju z odprtim zračnim tokom (slika 4) zrak sesamo iz okolice in ga na enega izmed prej opisanih načinov segrevamo in s tem osušimo. Topel in osušen zrak nato vpihavamo v sušilni boks ali v bale. Zrak se pri potovanju skozi krmo navlaži in ohladi, nato pa gre v okolico. Slaba stran tovrstnega sušenja je v tem, da moramo ob hladnih spomladanskih ali jesenskih nočeh dogrevati zunanji zrak z nizko temperaturo. Če je zunanja nočna temperatura 5 °C in zrak segrejemo za 15 °C, temperatura vstopnega zraka v boks ne bo presegala 20 °C. Glede na podatke iz preglednice 1 je sposobnost zraka za odvzem vlage pri nižjih temperaturah manjša kot pri višjih.



Slika 4: Odprti krog sušenja značilen za vse hladnozračne in toplozračne sušilnice.

Zaprta zračni tok (slika 5) je značilen za kondenzacijske sušilnice. Zrak kroži od ventilatorjev preko sena, kjer se navlaži, do toplotne črpalke, ki ga razvlaži in segreje, ter nato ponovno do ventilatorjev. Krog potovanja zraka je tako zaprt in sklenjen.



Slika 3: Princip delovanja toplotne črpalke za sušenje sena.

Takšen sistem ni odvisen od zunanjega vremena in zunanje temperature. Učinek sušenja je velik. Pri pravilno dimenzioniranem sistemu tudi pri nizkih zunanjih temperaturah temperatura vpihanega zraka v seno ni nižja od 25 °C do 30 °C, kar pomeni večjo možnost odvzema vode iz krme (preglednica 1). Obstajajo različni načini regulacije sistema sušenja, tudi z dodajanjem zunanjega zraka. V osnovi pa kljub temu govorimo o zaprtem krogu sušenja.



Slika 5: Zaprti krog sušenja – kondenzacijska sušilnica.

Sušenje krme je ena izmed pomembnejših tehnoloških operacij v procesu prireje senenega mleka in mesa. Zato je treba za vsako kmetijo posebej razmisliti o najprimernejšem načinu sušenja. Odločitev je odvisna od trenutne opremljenosti kmetije in razpoložljivih stavb. Smiselna izraba obstoječih virov energije in zgradb na kmetiji lahko pomembno prispeva k zmanjšanju stroškov prireje senenega mleka in mesa.

Literatura je na voljo pri avtorju.

dr. Janez Benedičič

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani