

# TEHNIČNA NAVODILA ZA SUŠENJE

Dr. Janez Benedičič

## Kazalo

Za uspešno sušenje je nujno: .....	2
KAKO IZDELATI USTREZNE BALE .....	2
SUŠENJE – SPLOŠNA NAVODILA .....	4
PRAKTIČNI NASVETI .....	8
VENTILATORJI – ključen element sušenja .....	8

## Za uspešno sušenje je nujno:

1. čista, rahla porazdelitev krme v boksu
2. dnevna kontrola pred naslednjo napolnitvijo novega materiala
3. ko sušilni zrak "uhaja" na določenih mestih v boks, je potrebno to uhajanje suhega zraka zmanjšati za povečanje učinkovitosti sušenja

## KAKO IZDELATI USTREZNE BALE

Sušenje sena se ponovno uveljavlja na nekaterih slovenskih kmetijah, še posebej tistih, ki svoje izdelke tržijo neposredno do končnih potrošnikov. Razlog zakaj so v preteklosti opustili v dobršni meri to tehniko konzerviranja krme je nedvomno v velikih izgubah pri sušenju na tleh in nerazvitih sistemih sušenja za večje količine krme. V osnovi ločimo dva načina sušenja in sicer sušenje s hladnim zrakom in sušenje s toplim zrakom. Pri sušenju s toplim zrakom zrak dogrevamo z različnimi viri energije. V Sloveniji se najpogosteje uporablja kot vir toplote sončna streha. Možno je dogrevati tudi z biomaso, nafto, plinom ali, v kombinaciji z razvlaževanjem, s toplotno črpalko. Najučinkovitejši sistem sušenja je s toplotno črpalko. Temu tipu sušilnice pravimo tudi kondenzacijska sušilnica. Sušenje sena je možno tako v razsutem stanju, kot tudi v okroglih balah. V Sloveniji je veliko bolj pogosti sistem sušenja v razsutem stanju, kot v balah. S povečevanjem baliranja krme pa se tudi ta način vedno bolj uveljavlja.

### Baliranje

Pri sušenju bal je najzahtevnejši del sušenja izdelava bale. Bala, ki je pravilno izdelana se bo hitreje sušila, prav tako je veliko manjša možnost nastanka vlažnih mest (gnezd) v bali, ki jih ne moremo presušiti. Pri sušenju v reinfuzi lahko takšna mesta pretresemo, v bali pa tega ne moremo narediti. Ključna pri baliranju je primerna in enakomerna stisnjenost bale. Velikokrat se zgodi, da so bale preveč stisnjene. Zrak ne more zadovoljivo potovati skozi vse predele bale. Rezultat so plesniva mesta v bali in daljše sušenje. Bala mora biti enakomerno stisnjena tudi po svoji višini. Zato lahko poseben problem povzroča baliranje v nagibu, saj se lahko na eno stran balirne komore nalaga več krme. Pri sušenju se to odrazi v neenakomernem zračnem toku skozi balo, večjih izgubah energije pri sušenju in eventualno neposušeni mestih.

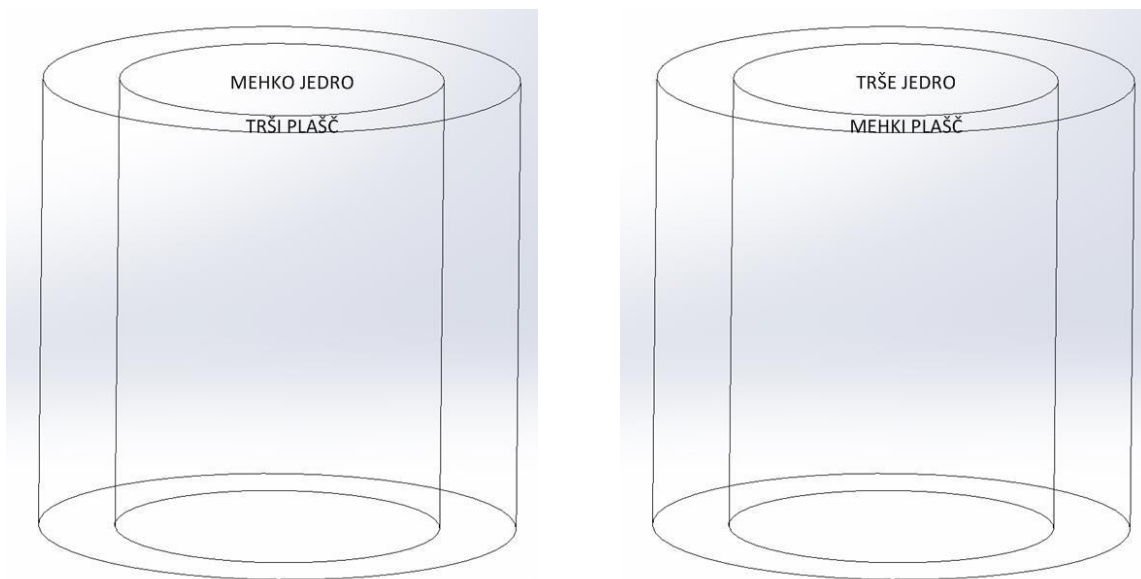
Pri baliranju je potrebno upoštevati naslednja pravila:

- Zgrabek mora biti enakomerno oblikovan
- Hitrost krdana mora biti nižja, kot pri baliranju za silažo (350 RPM)
- Hitrost baliranja višja, kot pri baliranju za silažo
- Vrtenje bale se takoj po zaključku zgrabka izklopi in v začetku naslednjega zgrabka ponovno vklopi
- Paziti moramo da zgrabka s kolesom ne povozimo.
- Ko je bala stisnjena do zahtevane trdote takoj ovijem z mrežo, da ne pride do dodatnega stiskanja zunanega oboda med nepotrebnim vrtenjem bale.

### Mehko ali trdo jedro

Trenutno se največ uporablja tehnologija izdelave bale z mehkim jedrom. Poznana pa je tudi tehnologija izdelave bal za sušenje s tršim jedrom in mehkejšim zunanjim delom, ki pa se uporablja v omejenem

obsegu. Ta tehnologija je ugodna iz vidika manjše možnosti nastajanja vlažnih gnezd na obodu bale, saj je zunanji del bale manj stisnjen in zato je verjetnost za nastanek takšnih mest manjša. Na sliki 1 sta prikazani obe vrsti izdelave bale. Potreben statičen tlak za preprihovanje bale s trdim jedrom je večji za cca 35% (1600 Pa) od potrebnega statičnega tlaka za preprihovanje bale z mehkim jedrom, kar pomeni tudi nekoliko večjo porabo energije, na drugi strani pa je večja zanesljivost sušenja. Bodi si baliranje z mehkim jedrom ali trdim jedrom zahteva nastavitev pravilnega razmerja med trdoto jedra in plašča. Pri balirkah s fiksno komoro se pri bolj vlažni krmi lahko zgodi, da je plašč v zunanjih 10 cm širine preveč stisnjen za sušenje. Ta problem smo zaznali pri krmi vlažnosti nad 35 %. Prav zaradi omenjene stisnjenosti zunanjega oboda je lažje kontrolirati izdelavo bale z balirko z variabilno komoro in dodatnim ventilom za nastavitev mehkega jedra. Bale izdelane s takšno balirko so tudi za cca 20% težje ob enaki učinkovitosti sušenja.



Slika 1: Mehko in trdo jedro

### Rezanje krme

V lanskem letu smo testirali vpliv rezanja krme na sušenje in maso posušene bale. Izkazalo se je, da rezanje krme ugodno vpliva na sušenje bal izdelanih z balirko s fiksno komoro. Pri rezanju smo uporabili 9 nožev (balirka Vicon 125 s fiksno komoro). Jedro je bilo nekoliko bolj stisnjeno kot pri nerezani krmi s tem pa je bil prehod zraka skozi balo bolj enakomeren. Pri izvedenih poizkusih je bilo ugotovljeno, da je sušenje bal, v katerih je razrezana krma učinkovitejše. V bali z razrezano krmo smo po sušenju izmerili za 15% več mase, s tem da je bil čas sušenja enako dolg, kot pri nerazrezani krmi.

Sušenje bal je zahtevno in je zato primerno za kmetovalce, ki so pripravljeni v prvih dveh letih vložiti nekoliko več časa v učenje baliranja in sušenja. Kmetije, ki imajo zahtevne površine na katerih ni moč narediti enakomerno stisnjenih bal naj se raje poslužijo sušenja v reinfuzi. V kolikor pa imate primerne površine, ter ste na začetku pripravljeni vložiti nekaj več časa v učenje pa je sušenje bal prav tako lahko gospodarno kot sušenje reinfuze. Z vidika razvrščanja različnih kvalitet krme in porabe prostora pa ugodneje kot sušenje reinfuze.



## SUŠENJE – SPLOŠNA NAVODILA

Spomladi in jeseni je krma zaradi visoke vsebnosti vode zelo »hladna« in zato pogojuje višjo porabo energije.

### Težave:

- krma je ali ostane vlažna ali mokra na površini

### Napake:

- pripeljano preveč krme (refuza)
- neenakomerno baliranje sveže trave (npr.prehitro baliranje, nehomogena struktura bale)
- premočno stisnjena bala sveže trave
- premalo zraka za ventilator za transport vode
- kondenzacijski sušilec dela preveč intenzivno
- hladen zunanji zrak priteka čez boksi in kondenzira

### Pomoč:

- najprej razmislite o možnih napakah
- preverite ventilator, če zadosti sesa

- preverite površino kupa sena, če izhaja tudi zrak
- preverite tesnjenje zaboja in kanala ter zatesnite
- povečajte količino zraka ventilatorja (povišajte število vrtljajev)

### **Na koncu rastline počasneje oddajajo vodo.**

Prav zaradi tega tudi ni potrebno, da naprava neprekinjeno deluje, temveč se lahko npr. nočne ure izkoristijo za počitek krme, da bi lahko kapilarna voda izstopila na površino rastlin in se nato sprostila. Pri mladi krmi je ta postopek hitrejši, pri stari pa počasnejši. V prvih 24 urah po spravilu je treba krmo neprekinjeno sušiti.

### **Temeljne informacije:**

Med sušenjem z vrha kupa lahko uhaja nenasičen (drag) sušilni zrak.

Zato je treba za ta zrak pravočasno zajeti:

- preverite mesta kjer zrak uhaja in jih zatesnite oziroma nanje naložite še nesuho krmo
- preidite v intervalni način sušenja, saj je krma že precej suha, izločanje vlage je počasnejše. S tem lahko privarčujete pri energiji za sušenje

Ob neupoštevanju tega se izgubi energija, denar, čas in kakovost – namesto znižanja stroškov se dosežejo negativni stranski učinki!

### **Povsem avtomatski način delovanja in tehnologija, ki ne zahteva vzdrževanja:**

Toplotna črpalka deluje avtomatsko in načelom ne zahteva vzdrževanja, razen aktivnosti čiščenja, ki pa so opisane v navodilih.

### **Temeljne informacije(refuza):**

Da bi lahko dosegli shranjevanje skoraj brez izgub, je treba čim bolj slediti načelu »zeleno«. Če sta sestava krme in stopnja sušenja enakomerni, bo tudi sušenje enakomerno. V večkrat uporabljeni krmi se skriva nevarnost, da je spodaj še zelena ali mokra, na površini pa že posušena. Takšna krma je za sušenje nevarna, ker pri prelaganju in razporejanju suhi deli krme pridejo v stik z zelenimi deli. Znano je, da zrak gre po poti najmanjšega upora in uhaja na mestu, ki je že suho. Ta del bo torej v trenutku suh, velika količina zraka pa bo uhajala tam, kjer ne prinese nobene koristi, temveč ravno nasprotno – naredi veliko škode. Posledica: celotna zmogljivost sušenja se zelo poveča, denar pa se nekoristno potroši.

Sodobne sušilnice omogočajo stroškovno ugodno shranjevanje osnovne krme z najvišjo strukturno vrednostjo in energijsko stopnjo (6,0-6,8 MJ NEL).

Višina vnosa krme je odvisna od vlažnosti krme. Načeloma velja pravilo, da smemo pripeljati v sušilni boks takšno količino krme, v kateri količina vode na m<sup>2</sup> boksa ne presega 70 l vode. Pri bolj suhi krmi je višina lahko tudi 3 m, pri bolj sveži krmi je pa ta lahko tudi le 1 m.

## Sušenje v kroženju energije ®

Izhlapeti morajo velike količine vode. Iz naših 40-letnih izkušenj in opažanj vemo, da trenutno ni na voljo nobenega drugega postopka sušenja, ki bi ceneje in hitreje konzerviral.

Čista, sveže pokošena trava ima pri 85% vsebnosti vode 4800 kg H<sub>2</sub>O na 1000 kg sena.

Pri 80% vsebnosti vode bi moralo izhlapeti 3350 kg H<sub>2</sub>O na 1000 kg sena.

Pri 75% vsebnosti vode bi moralo izhlapeti 2480 kg H<sub>2</sub>O na 1000 kg.

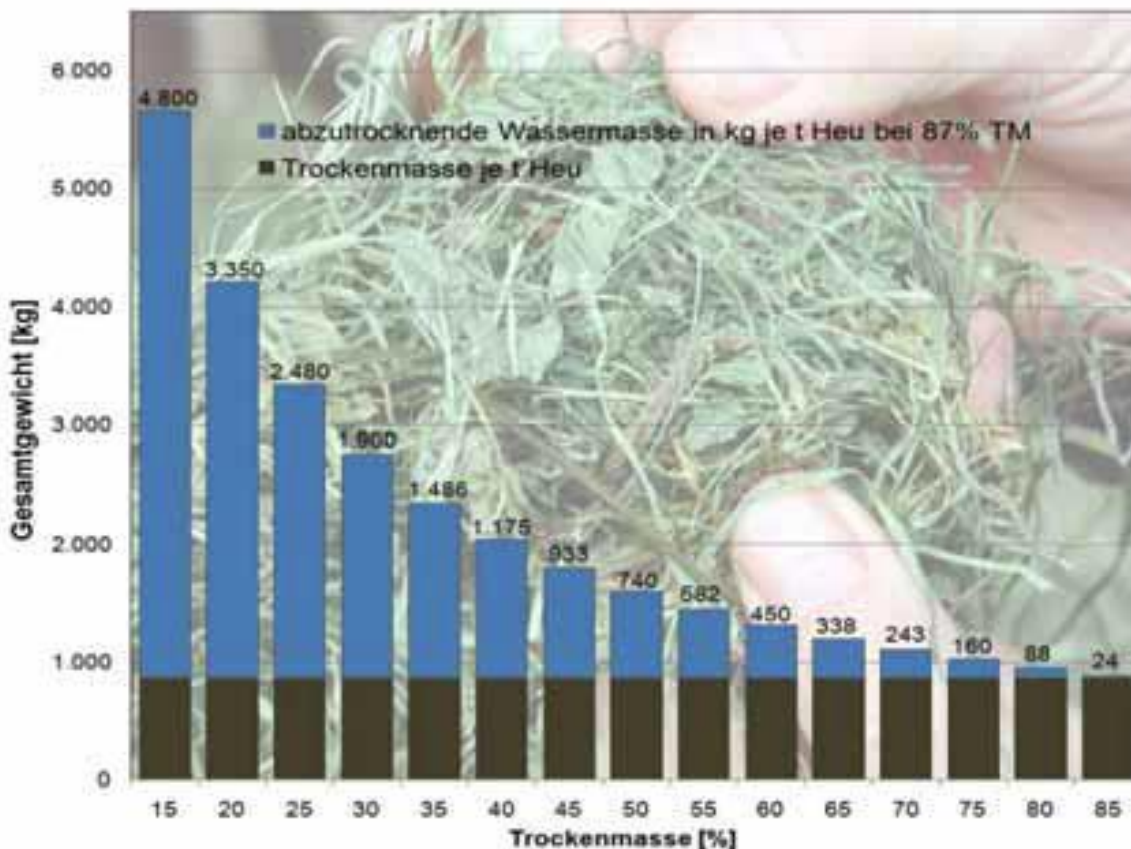
Stanje 70 % vlažnost krme se mora doseči 2-3 ure po košnji in za prakso sušenja pomeni, da se je začetnih npr. 4800 kg (85% vlažnost) - 2900 kg = 1900 kg (70% vlažnost) H<sub>2</sub>O odstranilo že z vetrom in (končnim) dihanjem rastline (izhlapevanje).

3-4 ure po košnji je izguba zaradi drobljenja in vitalnosti komaj omembe vredna, zmanjšamo pa začetno vsebnost vode glede na veter na pribl. 65 do 70% vlage krme.

Krma – v pravem trenutku košnje – doseže vrhunsko kakovost – pri botanični uravnoteženosti – med 6,0 – 6,6 MJNel

Torej za potrebe po osnovi krmi pri živalih za visoko proizvodnjo pribl. 25-30 kg mleka na dan.

S termodinamičnim kroženjem energije® znaša poraba energije na kg H<sub>2</sub>O namesto 1200 kcal/kg samo še pribl. 300 kcal/kg.



## Upravljanje sušenja krme

Dejstva , ki so odločilnega pomena za sušenje:

- čista krma, brez dežja, čeprav zelena, sveže pokošena
- rahlo naložena, malo stisnjena, ne sme biti topla(refuza)
- enakomerna, skrbna porazdelitev na kupu(refuza)
- 1. kontrola kupa po najkasneje 6 urah
- hoditi samo zunaj po steni(refuza)
- če je potrebno, ponovno porazdeliti, premetati(refuza)

Pri termodinamičnem sušenju je učinkovitost sistema toplotne črpalke posledica vhodne temperature in vhodne vlage. Čim višji sta na voljo, tem višja je učinkovitost stroja – ali izkoristek stroja.

## Končna faza sušenja

Vemo, da se seno obnaša higroskopsko, to pomeni, da sprejema in oddaja vodo. Med postopkom shranjevanja se ta sposobnost postopoma izgubi, dokler celice povsem ne odmrejo. Zato je izredno pomembno, da se v prvih štirih tednih po spravilu »domnevna« suha krma vsak dan in pozneje vsak teden nekaj ur dodatno zrači. To se lahko doseže s čistim hladnim zrakom v dopoldanskih urah. Če se ta kontrolni ukrep ne izvaja, lahko pri energetsko bogati krmi pride do segrevanja kupa, kar vodi k izgubi dragocenih hranljivih in vitalnih snovi.

## Na koncu samo »hladno« prezračevanje!

Sušenja suhega kupa nikoli ne prekinite nenadoma, saj je treba »akumulirano toploto« iz kupa vedno izpihovati še najmanj 3-4 ure, da se ne bi tvorili sloji vlage ali plesen. Vsekakor pa priporočamo, da vsaj še nekaj dni po zaključku vsak dan vključite ventilator za cca 1 uro in se krma prepiha. To je predvsem varnostno, saj lahko v kupu sena ostanejo majhna vlažna gnezda, ki niso še popolnoma presušena.

*Krma mora biti hladna, torej mora imeti temperaturo okolice.*



## PRAKTIČNI NASVETI

### Navodila za nadzor sušenja

Običajno je spodnja ploskev kupa veliko premajhna, da bi lahko sprejela dnevni vnos količine, zato je treba kup sena čim bolj pozorno nadzorovati. Če je višina dnevnega vnosa večja od 60-80 cm, potem sproščena količina vode presega zmogljivost obstoječega ventilatorja za odvajanje vode.

Pri povečevanju višine kupa in istočasno povečanemu dovodu vlage je treba količino sušilnega zraka sorazmerno povečevati. Če se to ne zgodi, se sprosti več vode, kot je ventilator lahko odvaja. Na vrhu se tvori vodni sloj, ki preprečuje izhod vode.

Dober kazalec je tudi lasten nos. Če krma lepo diši, je vse v redu, če pa dobi sladkobni okus, je treba biti previden, saj spodnje plasti pri lahkomiselnem polnjenju pozneje niso več dostopne, torej jih je treba nemudoma odkriti in prerazporediti.

Čas za nadzor sušenja je že naslednji delovni dan pred ponovnim polnjenjem.

Če ni na razpolago dovolj zraka, se lahko pri obratovanju sušilnega stroja ogreje tudi krma. Tisto malo zraka nato gre po poti najmanjšega upora in uhaja na mestih, kjer je krma rahla.

## VENTILATORJI – ključen element sušenja

### Opis in namen uporabe ventilatorja

Transportni ventilatorji so namenjeni za susenje sena in ostalih organskih snovi. Ventilatorji so sestavljeni iz motorja, vetrnice in ohišja. Motor ventilatorja je dimenzioniran glede na sesalno odprtino, velikost vetrnice in specifične zahteve uporabnikov. Delujejo s približno 90% izkoristkom pri odprtem ventilatorju. Pri določenih zahtevah uporabnikov, npr. za delovanje s frekvenčnim regulatorjem je zato potrebno zagotoviti večjo moč motorja. Vetrnice so usklajene z motorji zaradi zagotovitve čim boljšega izkoristka motorja. Vse vetrnice so dinamično balansirane, da ne pride do odvečnih vibracij. Pri močeh večjih od 1.1 kW so vetrnice zvarjenci iz primerno debele pločevine, saj morajo prenesti večje obremenitve. Prav tako so močnejši tudi obodi ventilatorjev, da pri sesanju večjih, težjih kosov odpadkov ne pride do deformacij. Ohišje ventilatorja je konstruirano tako, da omogoča levo ali desno montažo sesalne cevi in motorja. Ker je vetrnica pritrjena trdno na os motorja je možen tudi katerikoli položaj montaže ventilatorja.

Pred montažo, servisom ali rednim vzdrževanjem je potrebno ventilator izklopiti iz električnega omrežja in počakati, da se vrtenje vetrnice popolnoma zaustavi. Pri delovanju elektromotorja preko frekvenčnega regulatorja je potrebno upoštevati veliko vztrajnost vrtečih se delov.

Pogon ventilatorja je izveden z elektromotorjem, spojenim direktno s pestom rotorja.

#### Zgradba:

Ohišje iz jeklene pločevine 2 mm, delno ojačeno z rebri, varjeno

Rotor iz jeklene pločevine, varjen. Osnovna plošča je debeline 4 mm, rotorske lopatice in lijak rotorja 2 mm

Vstopni lijak iz jeklene pločevine. Rega med lijakom in rotorjem je 5 mm

Motorna plošča iz jeklene pločevine 4 mm, z izvrtino za pesto rotorja

Normalna vgradnja ventilatorja je do nadmorske višine 1000 m. V primeru večje nadmorske višine je potrebna posebna obravnava glede na kraj vgradnje.