



Sodobni sistemi sušenja sena

Janez Benedičič

Principi sušenja



Sušenje v boksih



Sušenje bal

Sušenje sena in lucerne

IZ LITERATURE

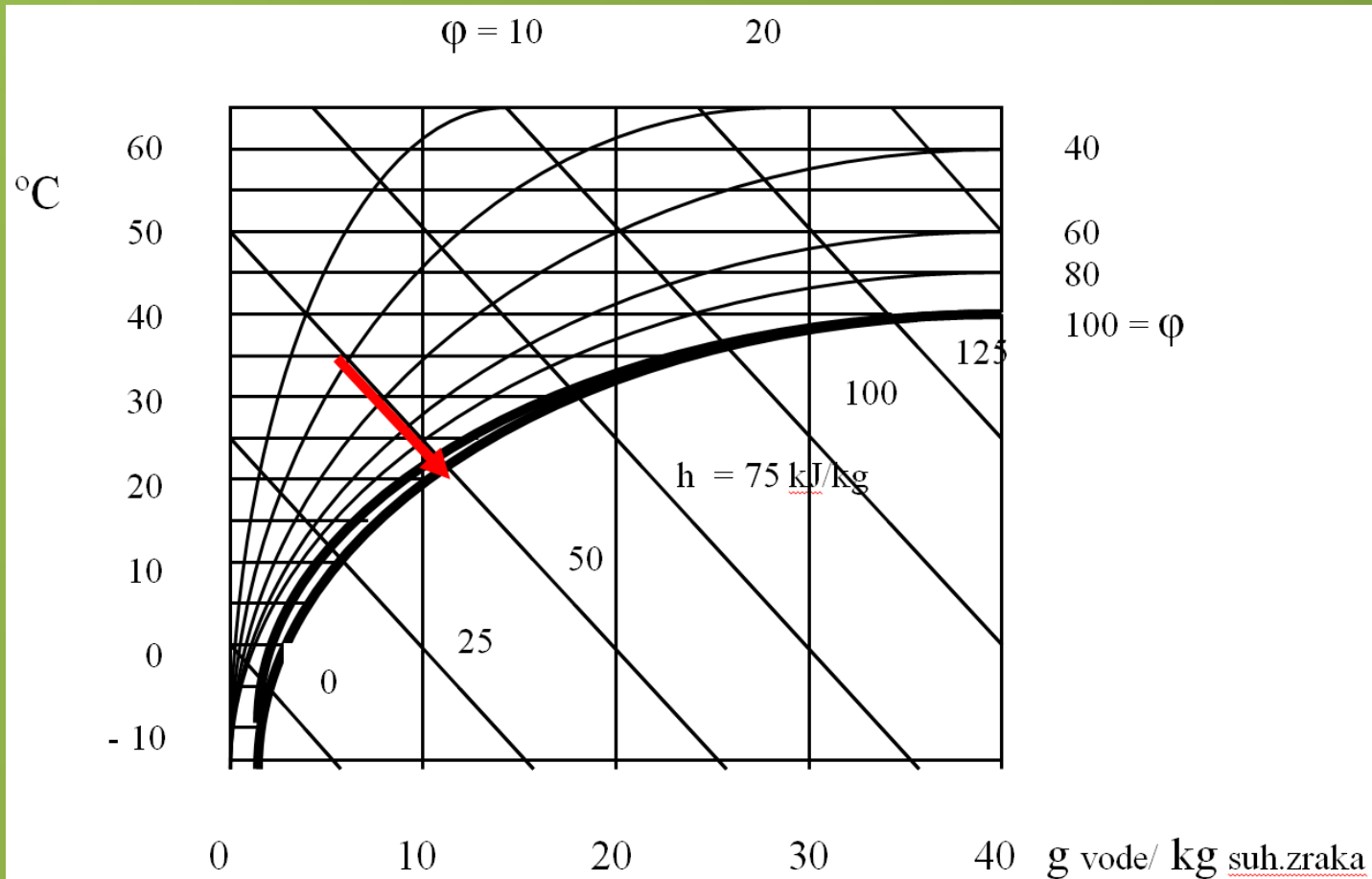
- 1/3 sušenje na sušilnih napravah (SLO)
- < 1/3 sušenje na tleh (AUT)
- Sušenje s hladnim zrakom in sušenje s toplim zrakom

Sušenje s toplim zrakom (AUT)

- Sončna streha (57,2%)
- Toplotna črpalka (17,3%)
- Peči na biomaso (12,3%)
- Toplota iz bioplinarn
- Peči na fosilna goriva(9,1%)

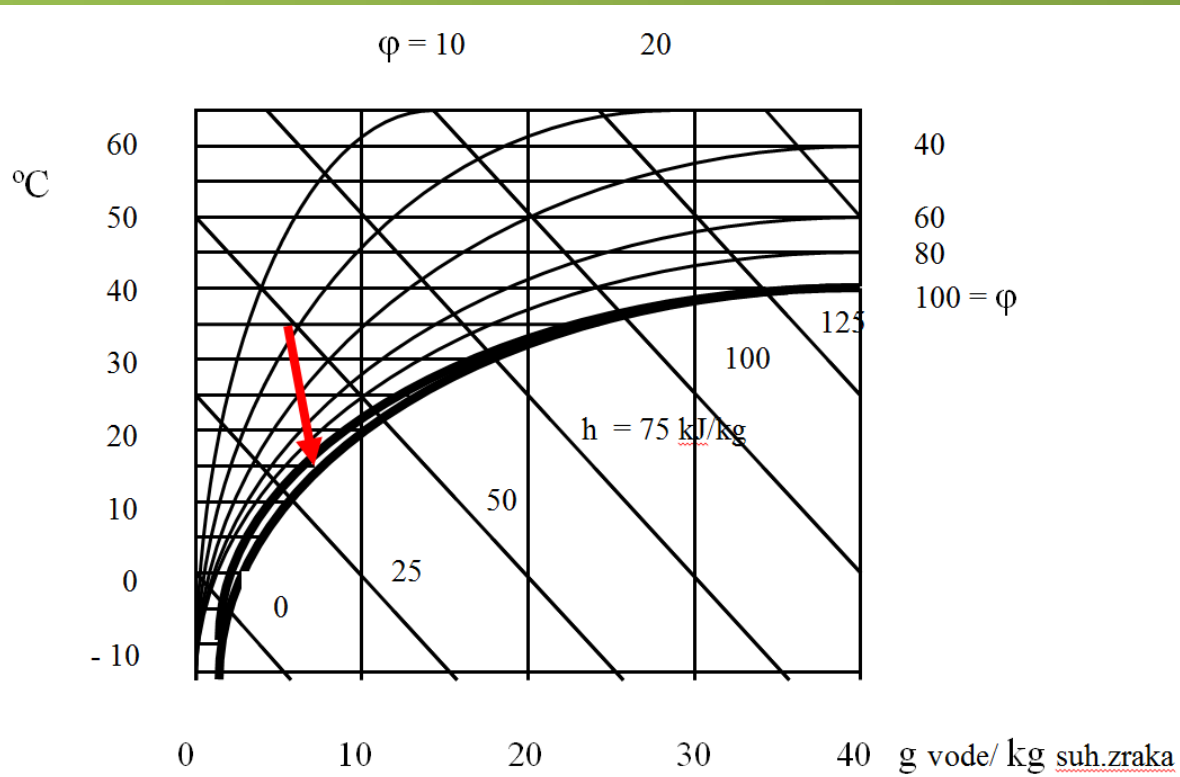
Teorija sušenja

- Adiabatan proces
- 0,47 g vode na m³ zrak ohladi za 1°C



Teorija sušenja

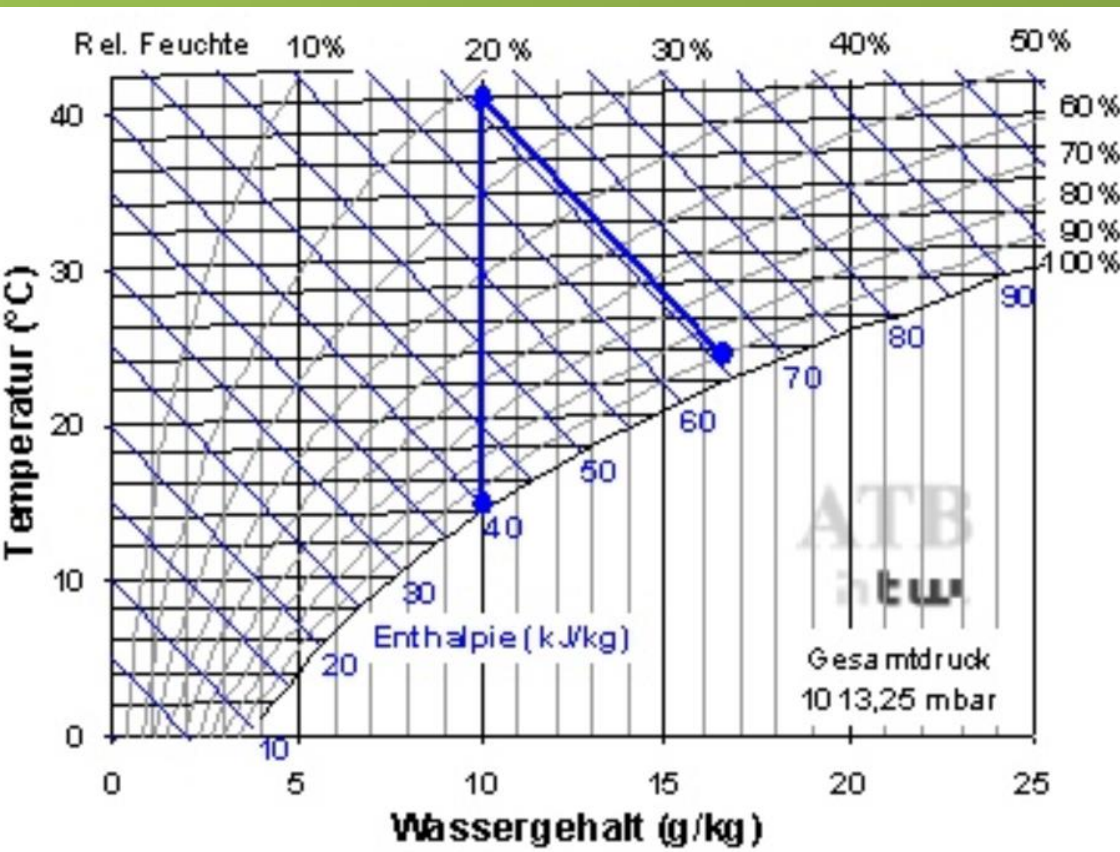
- Adiabaten proces – izgube toplote v okolico
- Tudi 7 g vode na m³ zrak – toplotna črpalka in ostalo toplozračno sušenje
- 1 g vode na m³ zrak – hladno prevetrovaje
- 2 do 4 g vode na m³ zraka – sončna streha manjšega obsega



Zrak - temperatura

- Hladno prevetrovanje – minimalna temperaturna razlika – minimalen odvzem vlage

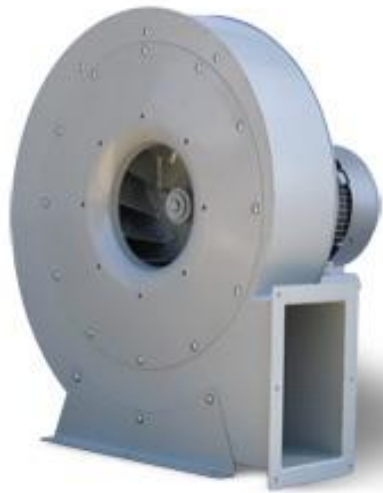
- Iz 20°C na 25°C se poveča sposobnost sprejemanja vode za 40%



T zraka [°C]	Vlažnost [%]	Vlažnost [g/m ³]
20	65	11
20	100	14,7
25	65	15
25	100	20,14

Zrak – pretok

- Radialni ventilatorji – višji tlaki in nižji pretoki

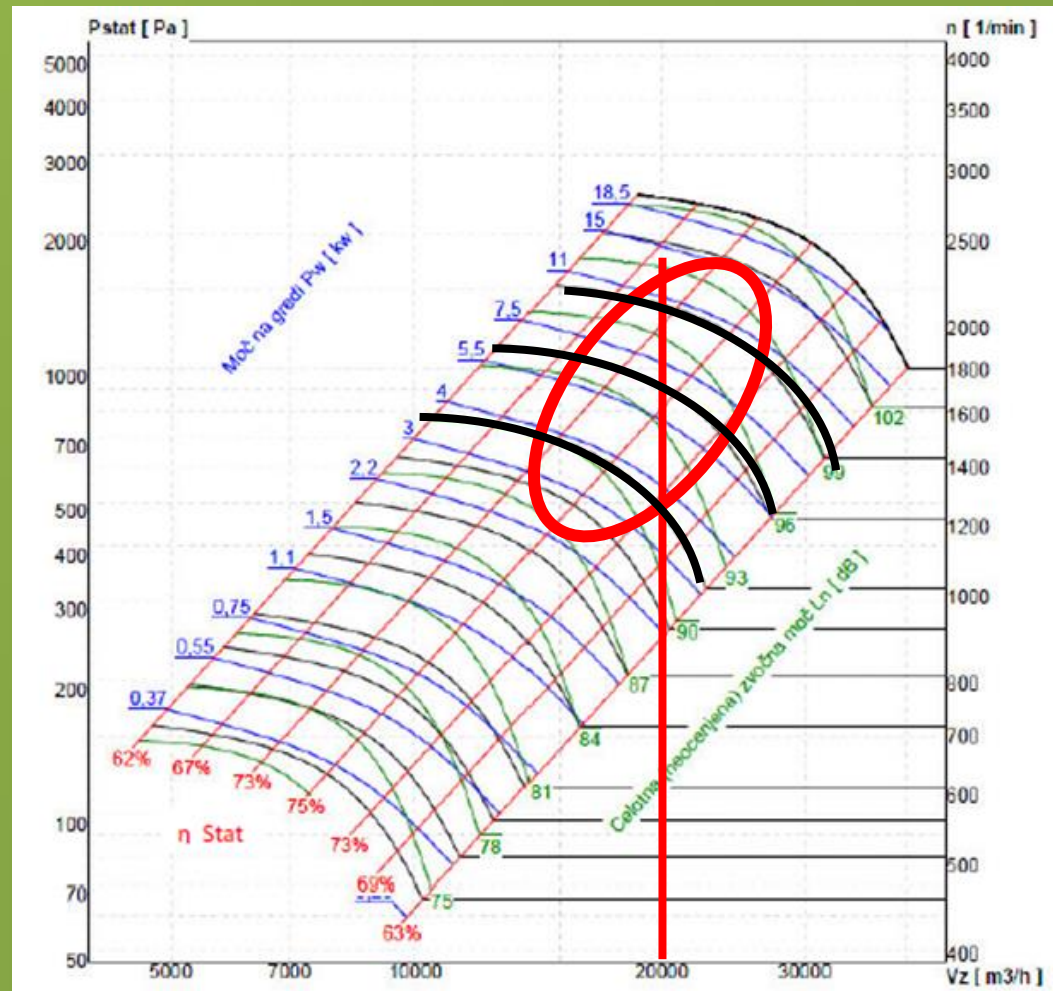


- Aksialni v. – nižji tlaki in večji pretoki



Zrak – pretok

- Radialni ventilatorji – diagram
- Frekvenčni regulatorji – varčevanje z energijo
- Motorji z višjimi izkoristki



Zrak – pretok

- Optimalne pretok – optimalna poraba energije

TEST 2016

Pretok [m ³ /h]	Izločena voda [kg/h]	Poraba energije [W/g izl. vode]
500	3,01	4,5
700	3,47	8,7
40 %	15 %	93 %



Sušenje: Topel zrak

- Sončna streha
- Peči na olje, plin
- Peči na biomaso
- Termalna energija
- Bioplinarne
- Kogeneracija – lesni plin
- Toplotna črpalka

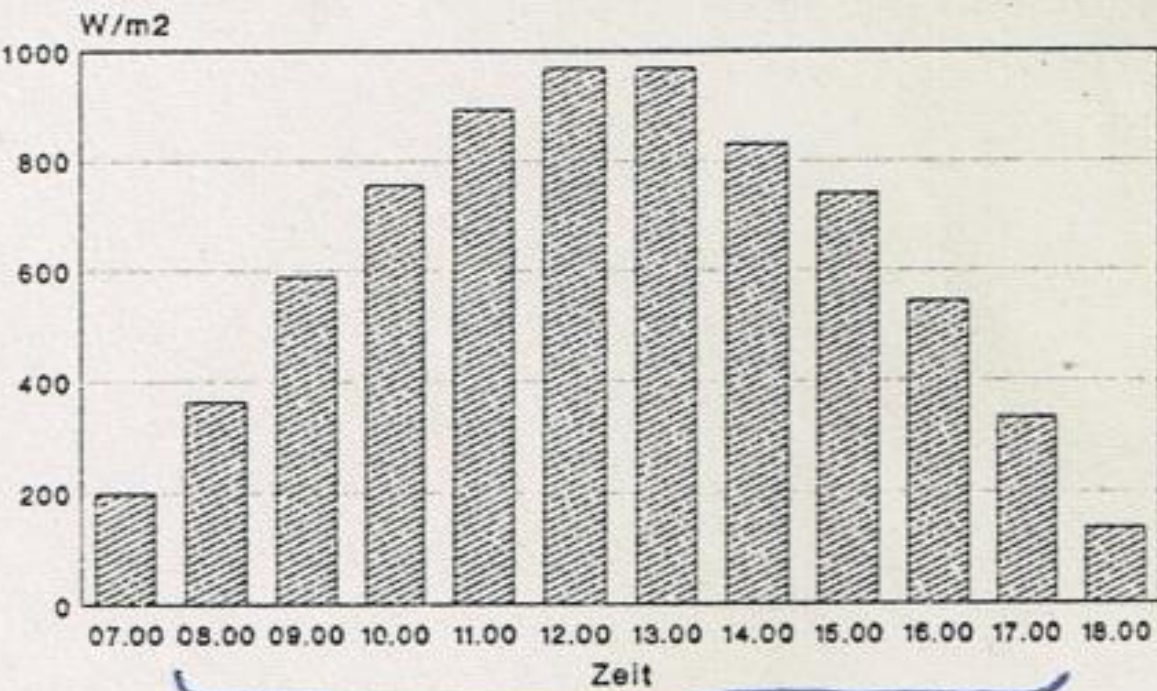


Sušenje: Topel zrak – sončna streha

- Nizek strošek energije in investicije
- Neposreden prehod toplote na zrak
- V oblačnem vremenu ne dela

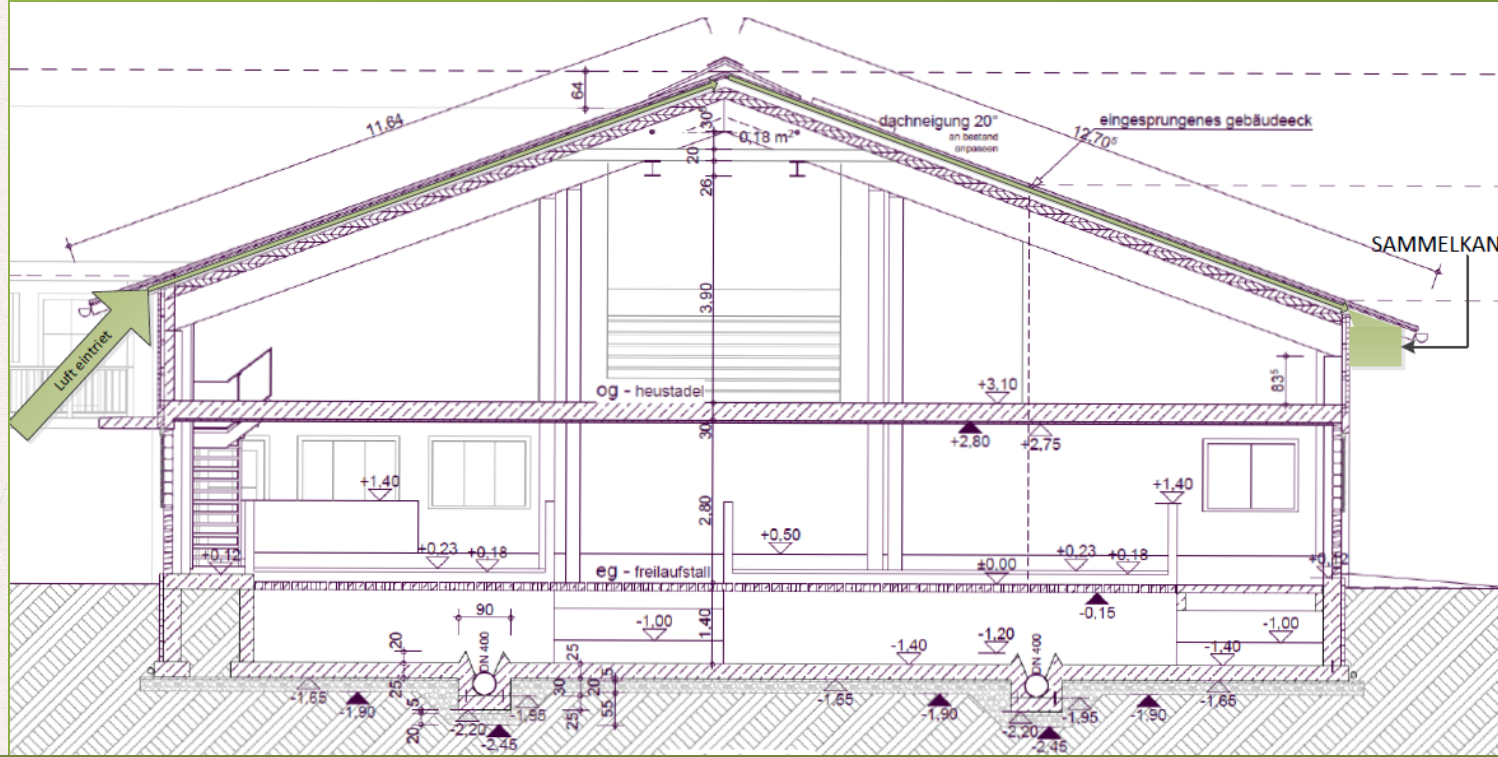
Sončno obsevanje

Vrsta kritine	Izkoristek [%]
Prozorna streha	58
Pločevina	52
Eternit	42
Strešniki	37



- Zračni kanali

Hitrost zraka 4 m/s



Sušenje: Topel zrak – sončna streha

- Sončno obsevanje - nakloni

ORIENTACIJA STREHE	NAGIB STREHE				
	10° %	20° %	30° %	40° %	50° %
* 0 Süd	98	100	99	96	89
30	97	99	98	94	88
60	95	94	92	89	83
90 West/Ost	91	88	84	79	72
120	88	81	73	65	57
150	86	76	65	52	39
180 Nord	85	74	62	47	32

Sušenje: Energijski krog – razlika med kondenzacijsko in toplozračno sušilnico

- Odprt – toplozračna sušilnica

Zrak v okolico

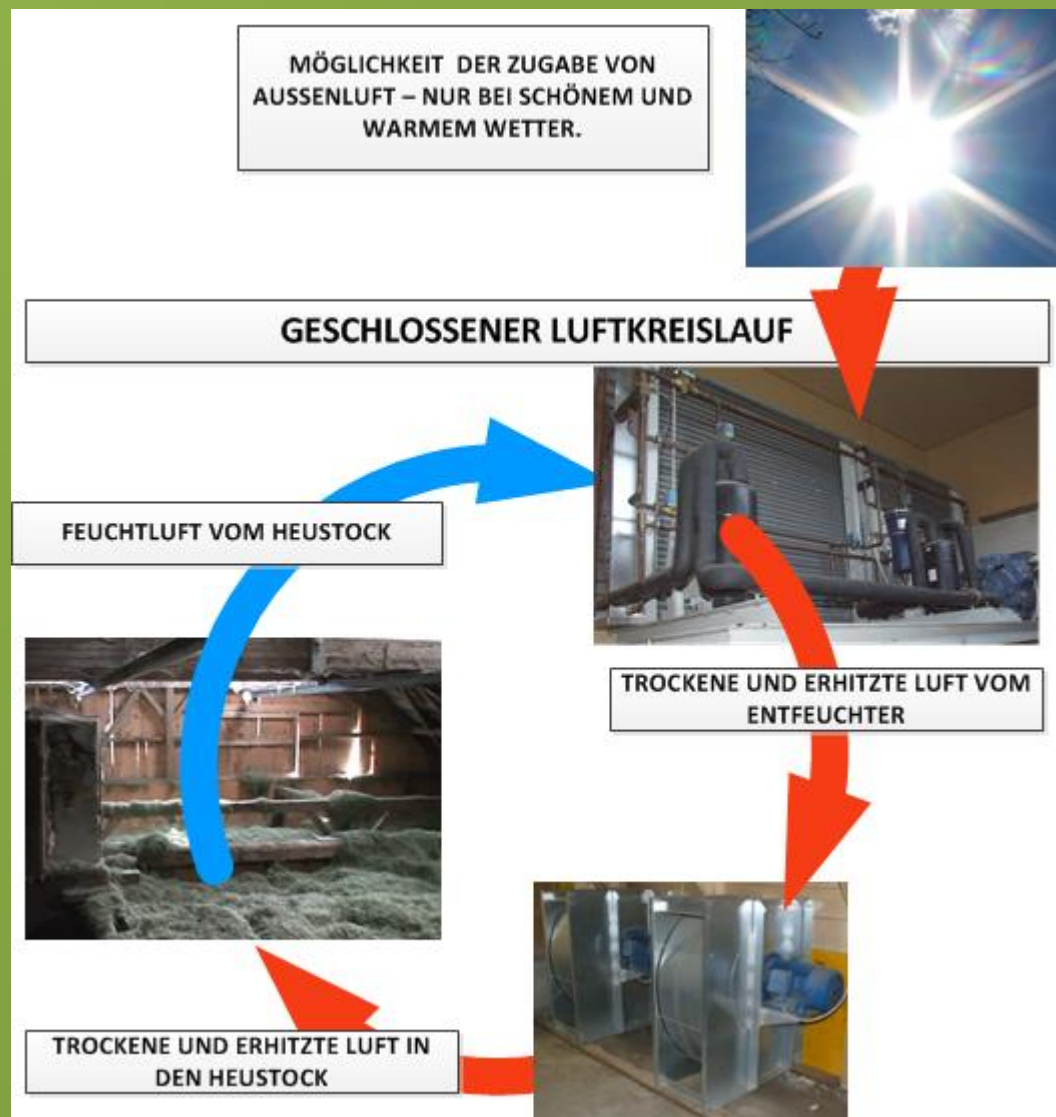


Zrak iz okolice

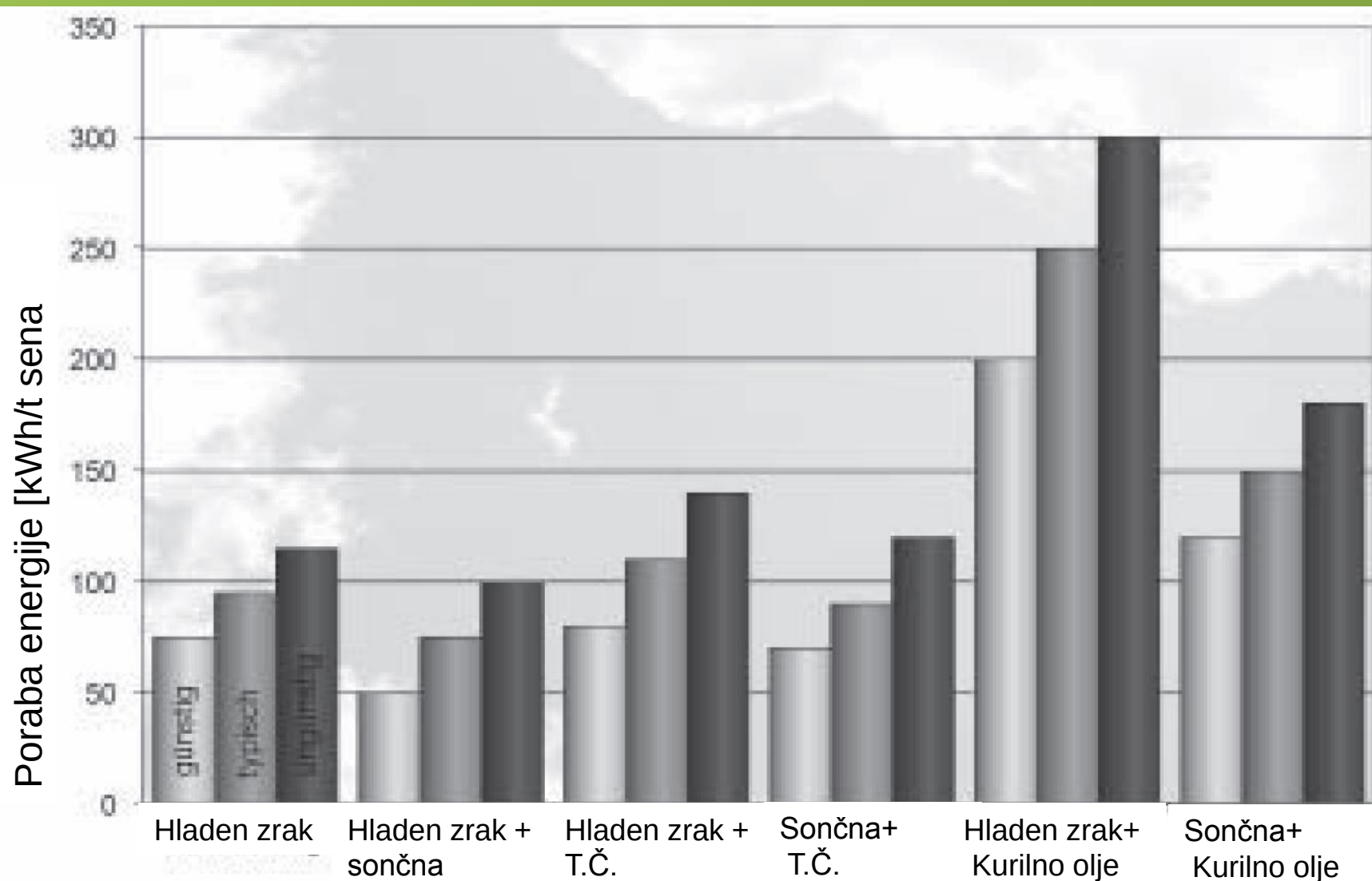


Sušenje: Energijski krog – razlika med kondenzacijsko in toplozračno sušilnico

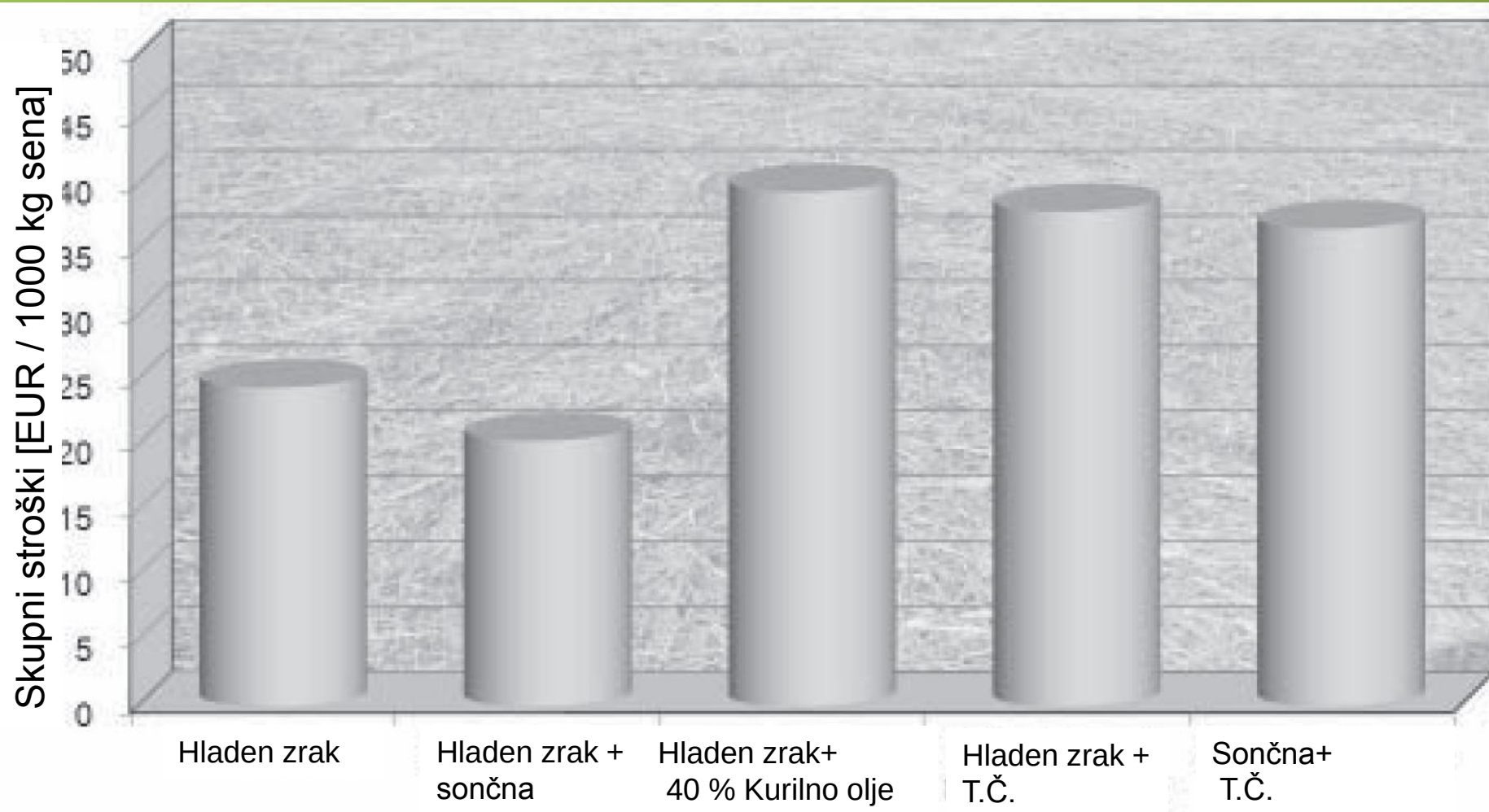
- Zaprt - kondenzacijska
- Delno odprt



Topel zrak – primerjava porabe energije



Sušenje – primerjava skupnih stroškov sušenja iz 60% na 87%



Sušenje sena v razsutem stanju

SUŠENJE SENA V RAZSUTEM STANJU - BOKSU

SKEDENJ; HLEV

RAZSUTO SENO, LUCERNA ...

Dvigalo za transport sena

Boks s krmo

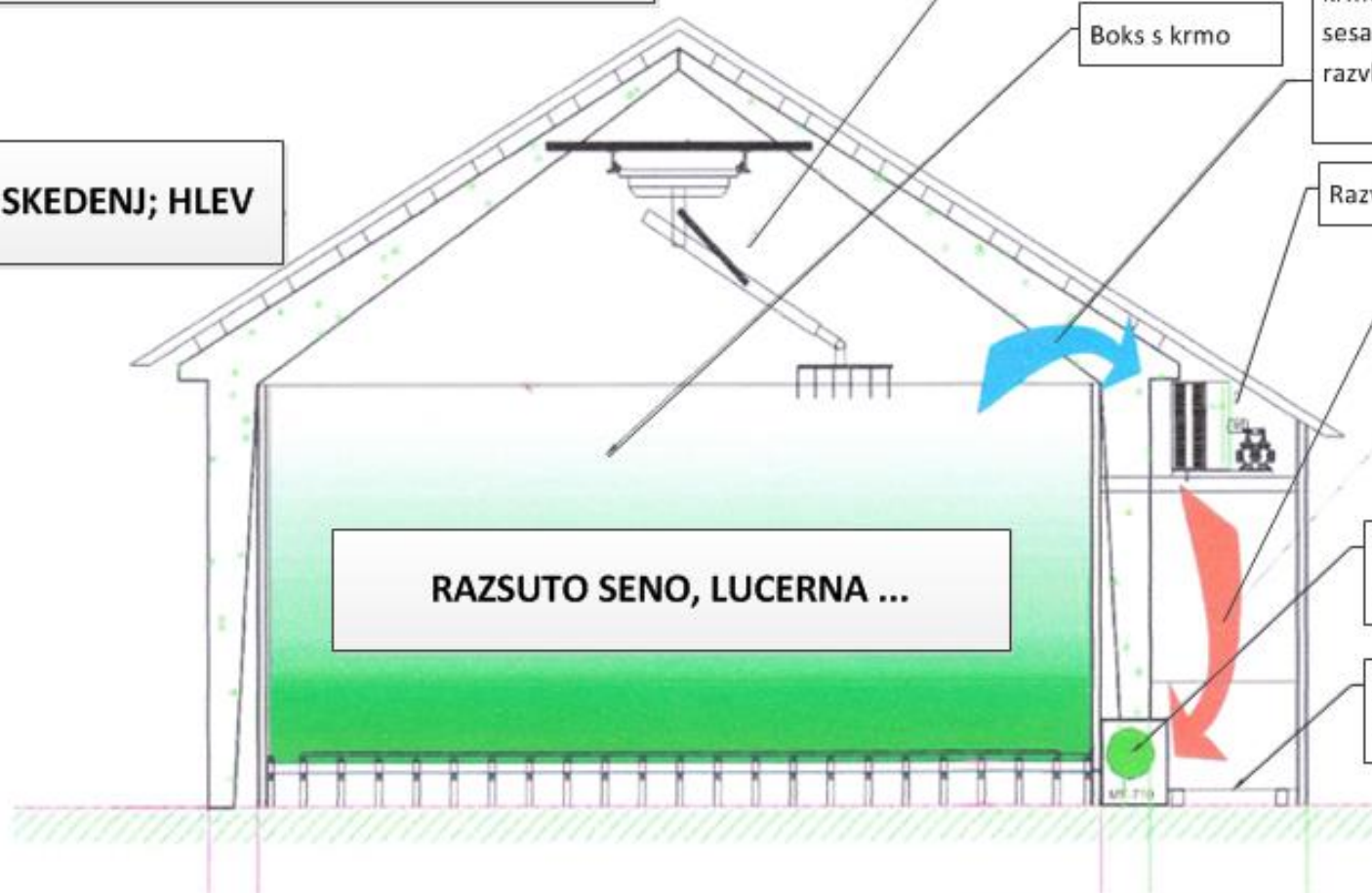
Zrak na vrhu boksa je vlažen in ima nižjo temperaturo kot zrak, ki se vpihava v boks. Stopnja vlažnosti in temperatura sta odvisni od suhosti krme v boksu. Ta zrak ventilator sesa v razvlaževalec v katerem se razvlaži in segreje.

Razvlažilec (toplotna črpalka)

Zatesnjen prostor v katerem ogret in suh zrak potuje od sušilca (toplotne črpalke) do ventilatorja

Visokozmogljiv radialni ventilator

Prostor za električni agregat in dodatno ogrevanje na biomaso

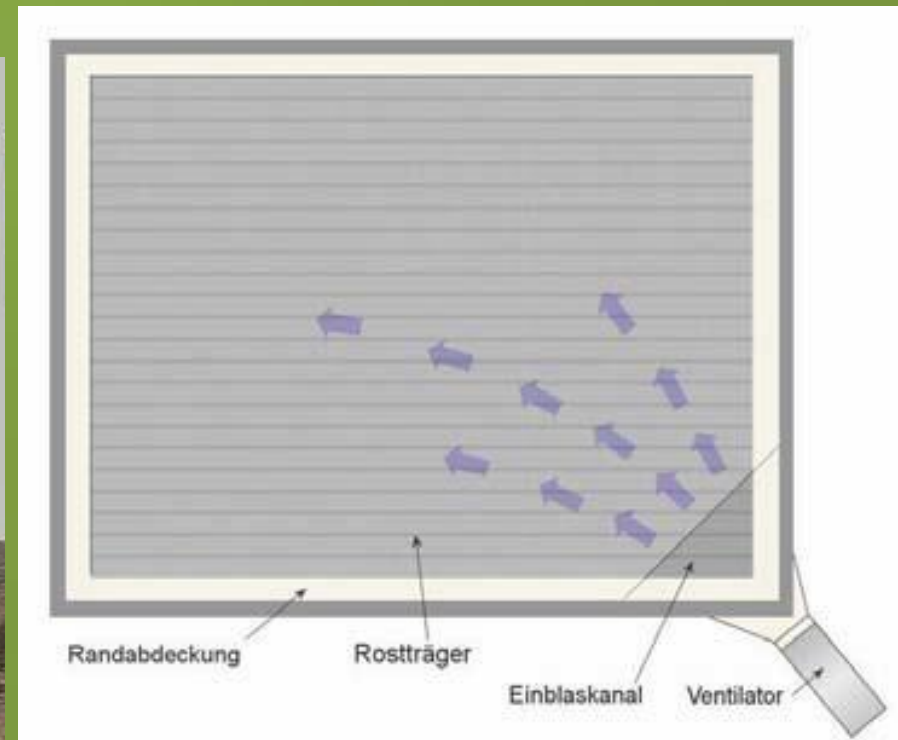


Sušenje sena v razsutem stanju - boks



Sušenje sena v razsutem stanju – kanali, rešetke

- Vstopna odprtina za zrak naj bo v kotu boksa
- Kvadratna oblika
- Rešetke (kovinske, lesene)



Sušenje sena v razsutem stanju – padec tlaka - ventilator

- Hitrost zraka: 0,07 m/s/m² do 0,11 m/s/m²
- Padec tlaka med 80 Pa/m in 240 Pa/m
- Min 1 m, max 8 m
- Maksimalno 70 l vode/m²



Sušenje sena v razsutem stanju – izgube

- Izgube skozi poden, stene in strop
- Izgube skozi poden cca. 8 %

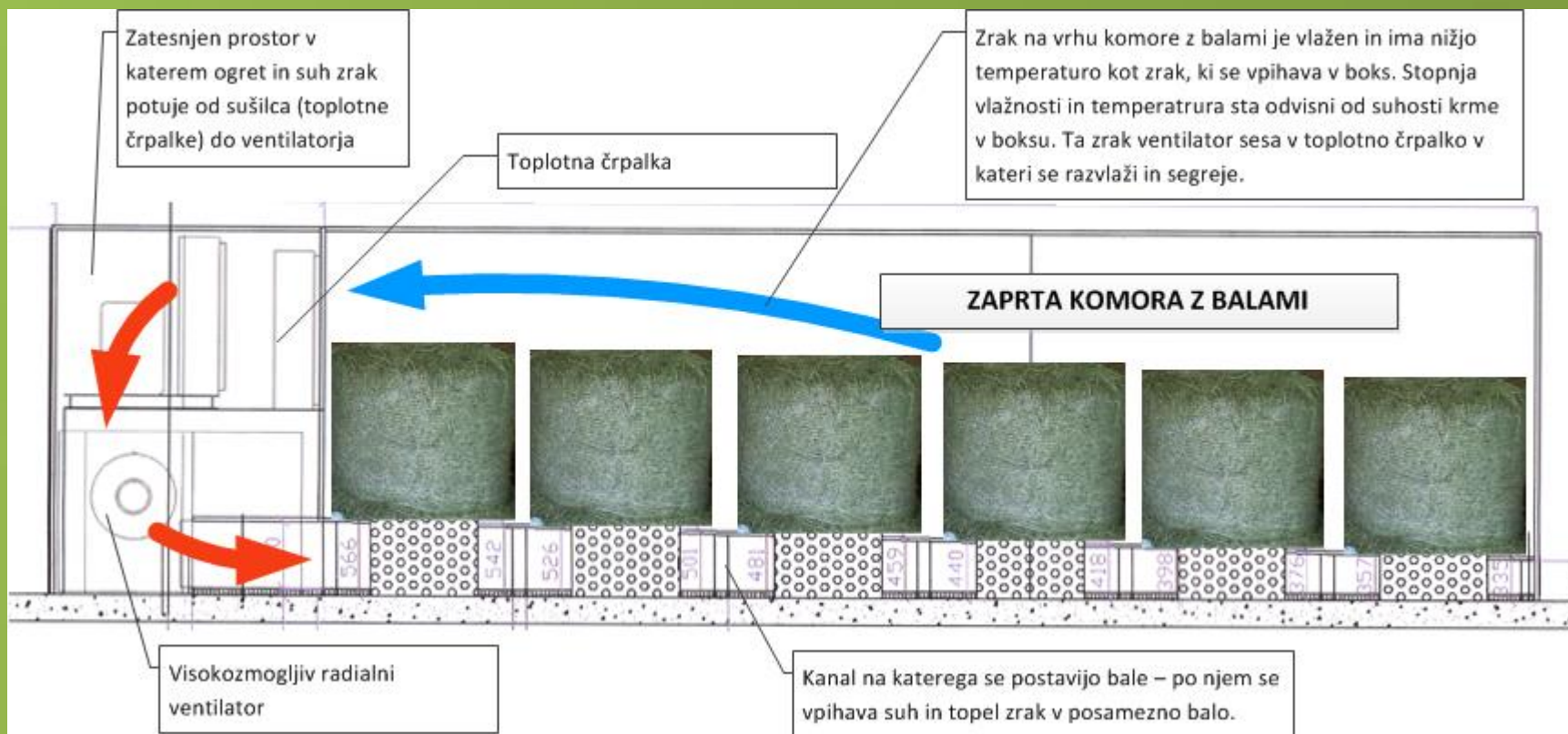


Sušenje sena v razsutem stanju – Težave pri sušenju

- Neenakomerna razporeditev
- Prenizek ali previsok vnos krme
- Brez spremljanja sušenja
- Preveč sveža krma glede zmogljivosti naprave



Sušenje bal



Sušenja bal



- Sušenje s potiskanjem zraka
- Sušenje s sesanjem zraka



Sušenja bal - ventilator

- Pretok od 1100 do 2000 m³/h/balo
- Statičen tlak maksimalno 1700 Pa
- Potreben statični tlak 900 Pa balirka s fiksno komoro, 1400 Pa variabilna komora



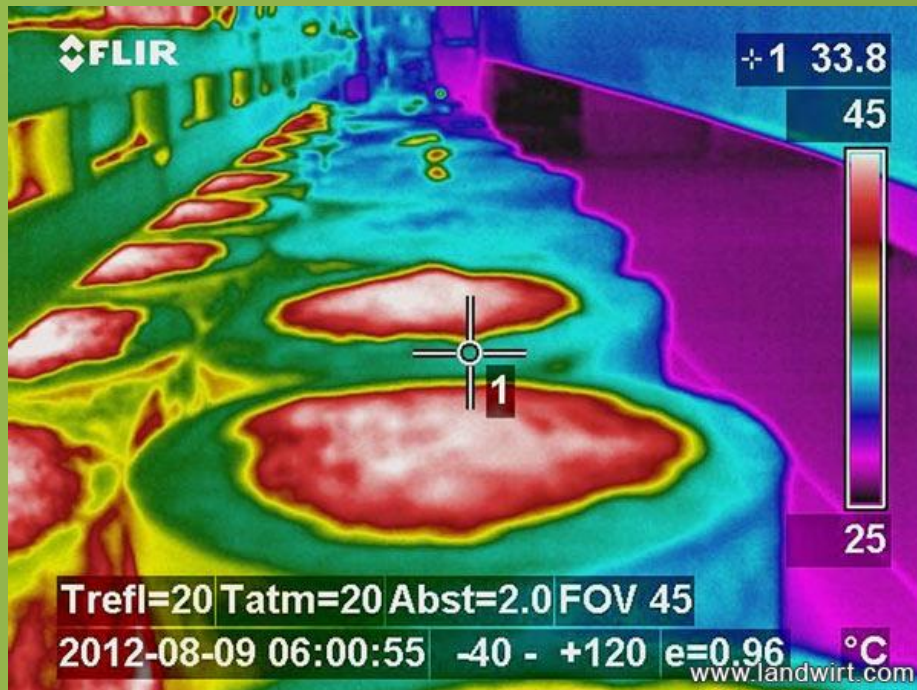
Sušenja bal - kanali

- Luknja 85 % premera bale
- Rob višine do 100 mm
- Širina kanala enaka kot širina bale
- Koničen po dolžini



Sušenja bal - izgube

- Toplotna izolacija kanalov
- Pokrovi



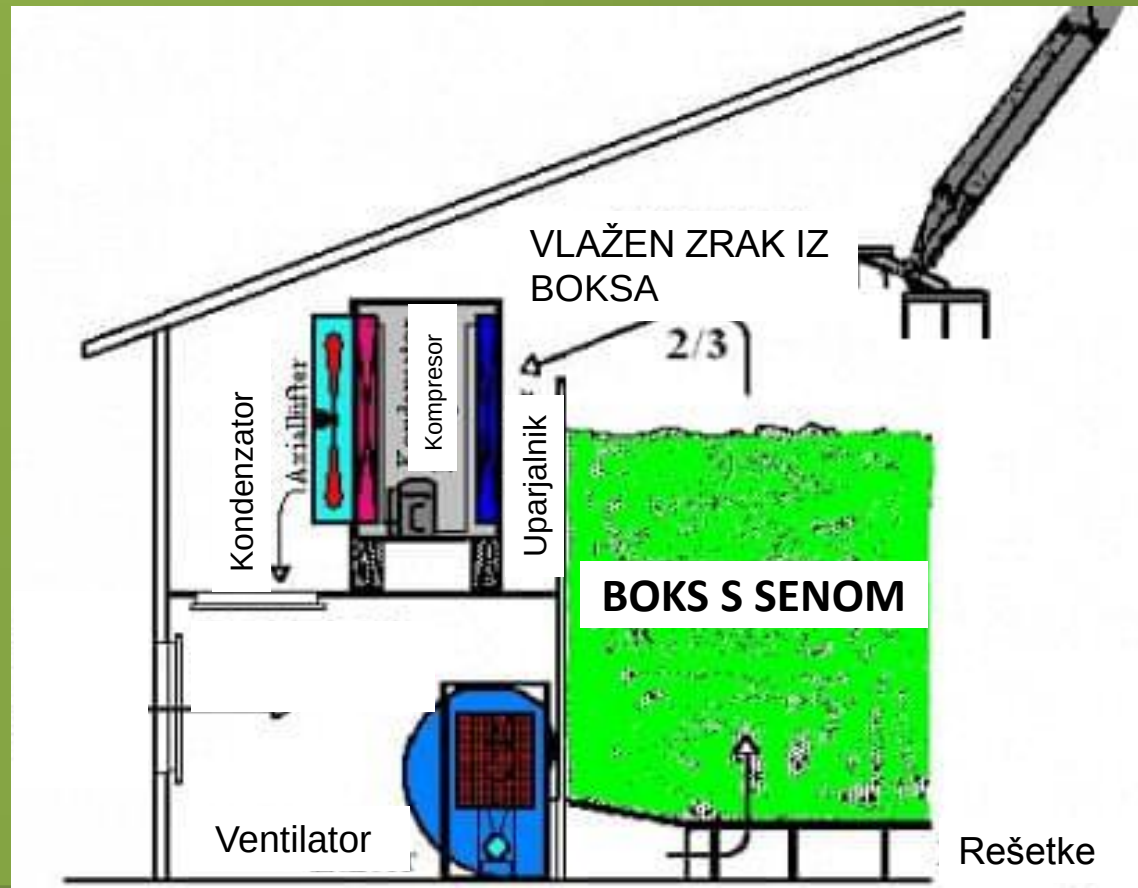
Sušenje bal – priprava na travniku

- Transport bal naj bo vertikal



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Izkoriščanje povratne toplote
- Neodvisnost od vremena
- Proces z nizko "vztrajnostjo"



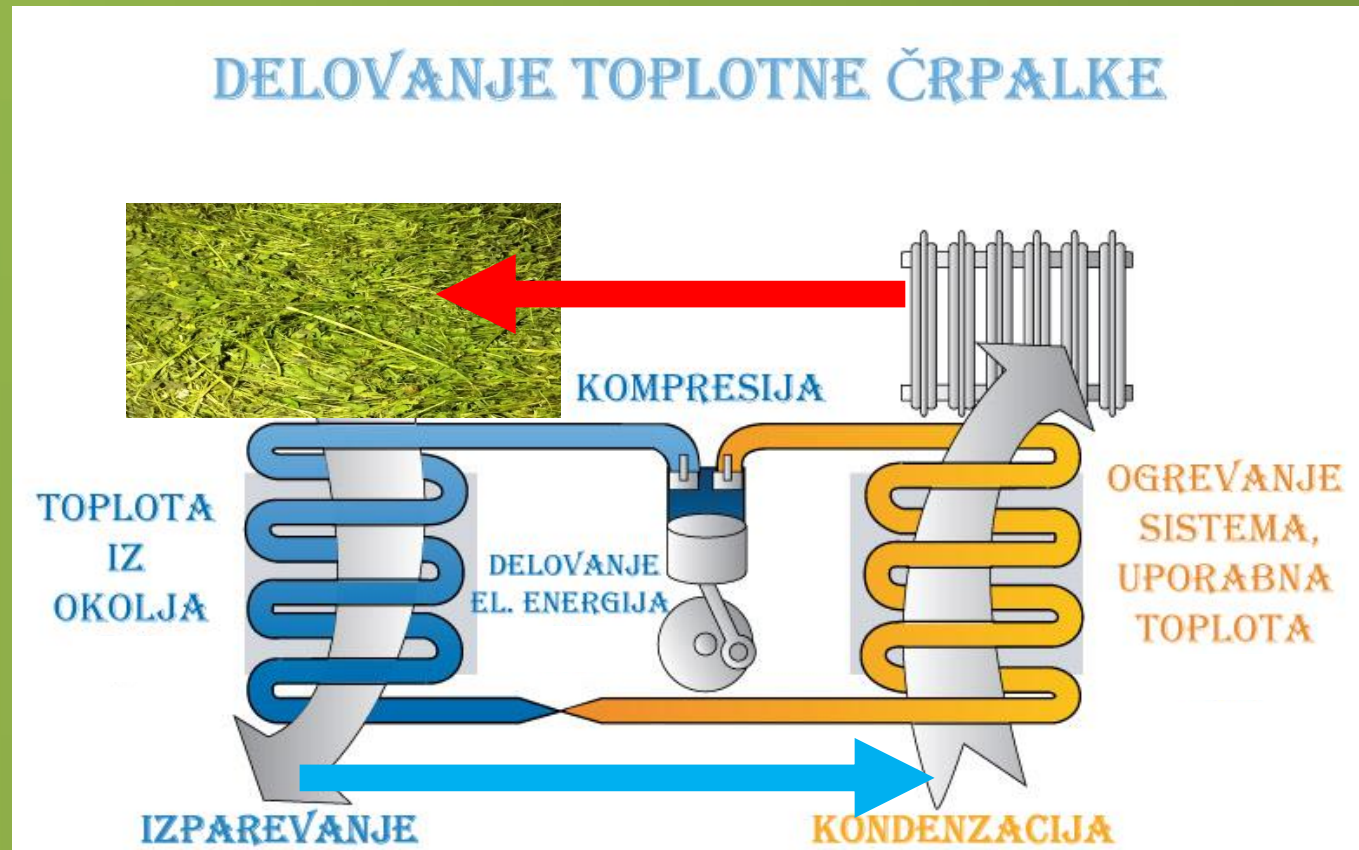
Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Izkoriščanje povratne toplote
- Neodvisnost od vremena
- Proces z nizko "vztrajnostjo"



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Kompresor
- Plin freon (R407C)



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Kompresor (scroll - vijačni, batni..)



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Kondenzat

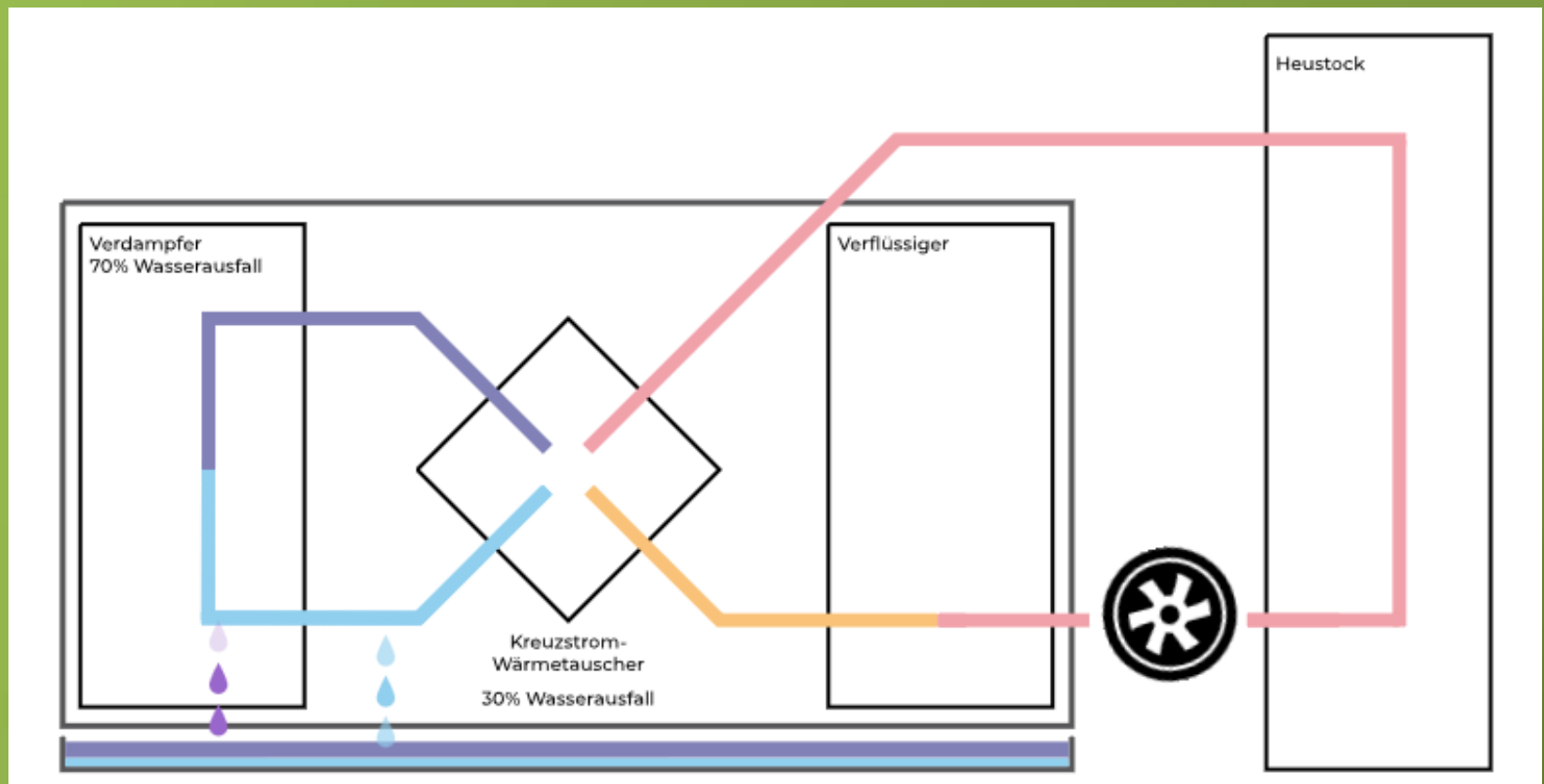


KONDENZAT



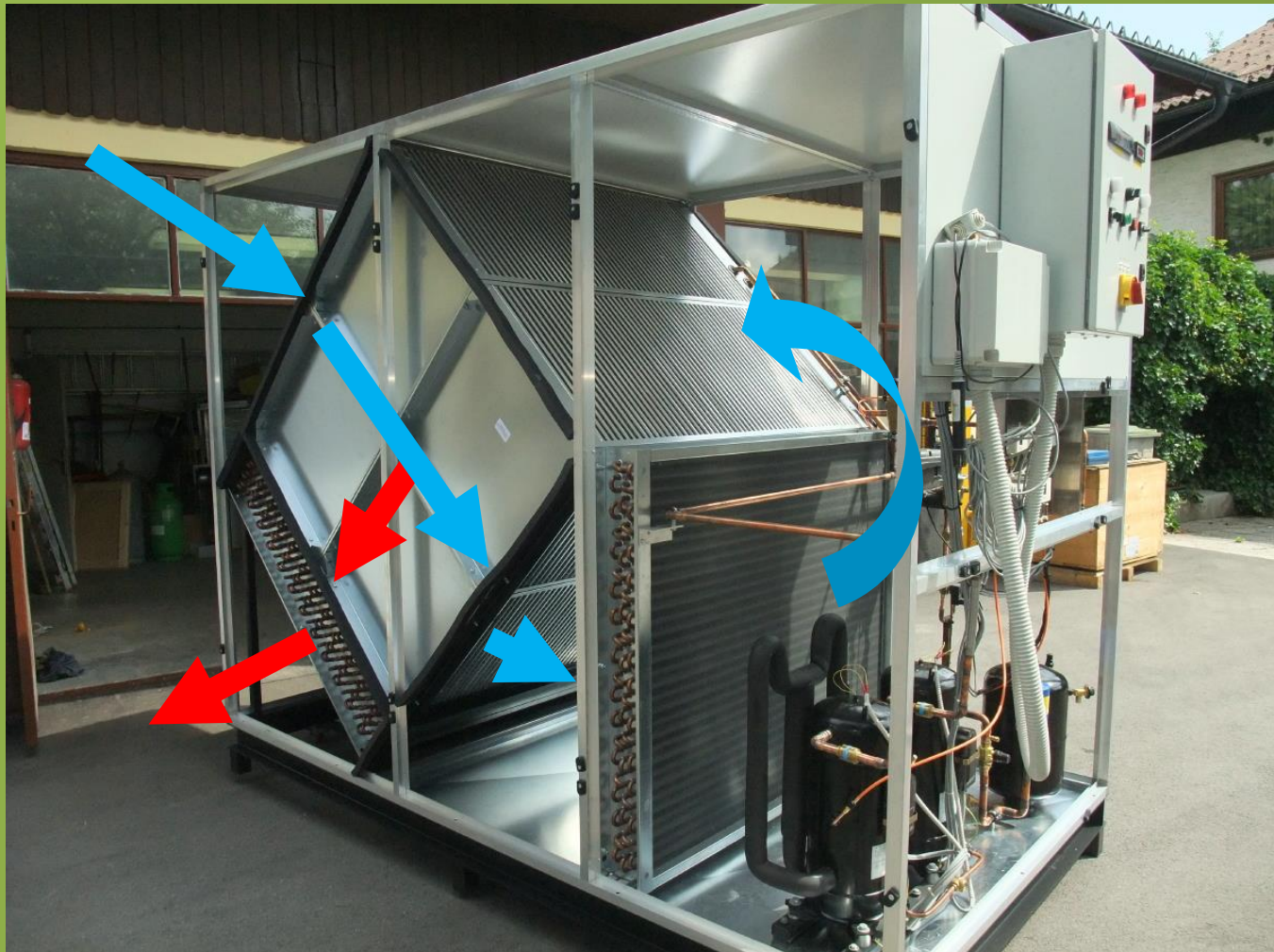
Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Napredna rešitev



Delovanje kondenzacijske sušilnice

- Napredna rešitev do 25 % več toplotne energije



Stroški sušenja

Novi standardi ekonomičnosti sušenja – 60 % vrednostu sušenja z referenčno napravo (sušenje iz 63% na 87%)

- 0,31 kWh / kg odvzete vode pri 50 % obratovanju z dogrevanjem zraka
- 0,62 kWh / kg odvzete vode pri 100 % obratovanju z dogrevanjem zraka



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Stroški sušenja na testih

Novi standardi ekonomičnosti sušenja

- 0,31 kWh / kg odvzete vode pri 50 % obratovanju z dogrevanjem zraka
- 0,62 kWh / kg odvzete vode pri 100 % obratovanju z dogrevanjem zraka

T zraka [°C]	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Princip sušenja	Hladen zrak	Sončna streha	Sončna streha + T.Č.	Toplotna črpalka
Vlažnost pri pravilu	20 %	45 %	35,33 %	33 %
SS posameznega sušenja	3184 kg	1676 kg	5341 kg	3021 kg
% sušenja s toplotno črpalko v celotnem času sušenja	0 %	0 % (90 % s streho)	65 %	100 %
Porabljena energija na liter odvzete vode [kWh/kg]	0,18 kWh/kg	0,06 kWh/kg	0,14 kWh/kg	0,4kWh/kg



Hvala za pozornost