



SOLARNE SUŠARE ZA SUŠENJE ŠLJIVA

SOLAR DRYERS FOR DRYING PLUMS

Jovan Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Kroz ovaj rad predstavljeno je rešenje solarne hibridne sušare za sušenje voća malog kapaciteta da idejom da se uspostavi kontrola procesa sušenja na osnovu praćenja temperature i vlažnosti vazduha u toku procesa sušenja. U uvodnom delu dat je kratak osvrt na potencijal solarne energije u Vojvodini. Takođe je dato i kratko istraživanje tržišta voća i potencijal koji šljiva ima na našem području. Prikazane su mogućnosti primene i skladištenja solarne energije, kao i predlog rešenja jedne solarne sušare za sušenje šljive.

Ključne reči: *Solarna sušara, sušenje šljiva, temperatura, vlažnost vazduha*

Abstract – Through this work, the solution of a solar hybrid dryer for drying small-capacity fruits is presented, with the idea of establishing the control of the drying process based on monitoring the temperature and humidity of the air during the drying process. In the introductory part, a brief overview of the potential of solar energy in Vojvodina is given. A short survey of the fruit market and the potential that plum has in our area is also given. The possibilities of application and storage of solar energy are presented, as well as the proposed solution of a solar dryer for drying plums.

Keywords: *Solar dryer, drying of plums, temperature air humidity.*

1. UVOD

Sušenje je jednostavan i pre svega jeftin način da se sačuvaju proizvodi koji bi mogli da se pokvare. Sušenjem se odstranjuje vlaga iz proizvoda, i na taj način sprečava fermentacija ili razvoj buđi. Ako govorimo o sušenju voća možemo navesti dve osnovne podele: sušenje na otvorenom (prirodno sušenje) i sušenje u različitim uređajima (veštačko sušenje) [1].

Osušena hrana ima svojih prednosti, a jedna od njih je da zadržava više hranljivih materija od konzervirane hrane i ne zahteva dodatnu energiju zamrzivača prilikom čuvanja hrane u hladnjačama. Osušena hrana ima manju masu i zauzima manji prostor za skladištenje. Manji prostor znači i uštedu u prostoru za skladištenje proizvoda.

Jedna od glavnih prednosti osušene hrane u odnosu na onu koja se skladišti i čuva u hladnjačama jeste svakako ta što osušena hrana ne zahteva dodatni trošak električne

energije i što bi pri nestanku struje ili nastanku mehaničkih kvarova mogla da nastane velika šteta i propadanje zamrznute hrane. Osušena hrana je sasvim bezbedna. Sušenje hrane može dodatno poboljšati ukus mnogih namirnica.

Unutrašnji električni sušači (grejna tela) su postali prava atrakcija u poslednjih nekoliko godina. Ovaj tip mašine za sušenje uglavnom radi dobro, ali ima određene nedostatke kao što su da im je potrebno napajanje električnom energijom 24 h dnevno u opsegu od 100 do 600W.

2. SOLARNA SUŠARA

Solarne sušare mogu da imaju niz prednosti, a svakako jedna od najvažnijih je ta što sve naše proizvode možemo da osušimo potpuno besplatno. Solarne sušare su veoma jednostavne za rukovanje, jednostavne su konstrukcije i postoji mogućnost da ih napravimo od različitih materijala. Korišćenje sunčeve energije je najstariji oblik čuvanja hrane koji datira hiljadama godina unazad. Indijanci kao jedan od najstarijih naroda koristili su energiju Sunca da osuše meso, ribu, bobice, korenje i mnoge druge namirnice. Oni su to radili na krajnje jednostavan način, šireći po polju sve namirnice i čekajući da Sunčeva energija prirodnim putem osuši namirnice. To je naravno imalo jako mnogo nedostataka jer su proizvodi bili podložniji truljenju, a neretko su bili i meta mnogobrojnih glodara i insekata.

Danas napretkom i razvojem modernih materijala ovaj veliki nedostatak u sušenju je otklonjen. Sušare se prave od materijala koji štite naš proizvod od spoljnih uticaja vlage i nastanka buđi, kao i od glodara koji mogu naneti ozbiljnu štetu i ugroziti zdravlje čoveka. Razvoj sušara omogućio je da se hrana suši na jedan bezbedan i kvalitetan način, za mnogo kraće vreme nego što je to ranije bio slučaj.

Razvoj solarnih sušara počeo je 1970-ih godina, ali zbog jeftine cene energije, njihovom razvoju nije bila posvećena naročita pažnja. Danas, usled sve većih cena energenata počinjemo da razmišljamo na koje sve načine možemo doći do besplatne ili jeftinije energije, kako bi uštedeli novac i ostali konkurentni na tržištu [2].

2.1. Potencijal solarne energije

Procenjuje se da je potencijal sunčeve energije na Zemlji oko 14.000 puta veći od energije koju troši čovečanstvo danas. Snaga sunčevog zračenja koje dospeva na Zemljinu loptu iznosi približno oko 175.000TW. Da je reč o ogromnom potencijalu, pokazuje i sama činjenica da celokupna svetska potrošnja ima snagu od približno

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Damir Đaković, red. prof.

13TW. Sunčeva energija koja stiže na površinu Zemlje u toku 6h, dovoljna je da zadovolji sve svetske potrebe na godišnjem nivou.

Što se tiče Vojvodine i njenih geografskih uslova, energija koja dospeva na horizontalnu ravan od 1m² dostiže vrednost od minimalno 1350 do maksimalno 1500 (kWh/godišnje), što odgovara toplotnoj energiji sagorevanja približno 160-180m³ zemnog gasa.

Na teritoriji Vojvodine godišnji proseki dnevne energije globalnog sunčevog zračenja na površinu nagnutu prema jugu pod uglom od 30° iznosi 4,0-4,6 (Wh/m²).

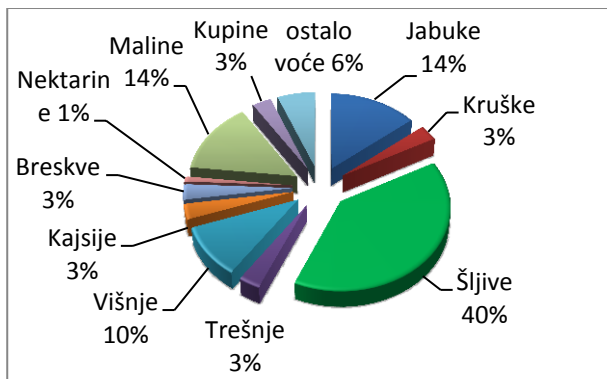
	0°	30°	45°
Subotica	1294	1478	1461
Kikinda	1299	1470	1449
Vršac	1313	1487	1466
Kanjiža	1294	1478	1461
Bela Crkva	1313	1487	1466
Pančevo	1338	1509	1485
Novi Sad	1281	1455	1437
Zrenjanin	1294	1469	1450
Bačka Palanka	1287	1464	1446
Sremska Mitrovica	1287	1464	1446
Sombor	1281	1466	1451

Tabela 1. Godišnje sume energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu i površinu pod nagibom od 30 i 45 u kWh/m² - za neka mesta u Vojvodini (Izvor: Valentin Energie Software -TSol Pro 4.5) [3]

2.2. Istraživanje tržišta voća

U dokumentu Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije, „Rezultati istraživanja o voćnjacima 2017.“ može se videti da je šljiva najzastupljenija voćna vrsta u Republici Srbiji. Ona zauzima čak 40% udela od ukunih površina koje se nalaze pod voćnjacima. Pod šljivom se nalazi 72116ha. Na drugom mestu se nalaze maline koje zauzimaju 14% i pokrivaju površinu od 26360ha, dok se na trećem mestu nalaze jabuke sa 14% koje pokrivaju površinu od 25281ha. Region Šumadije i Zapadne Srbije čini čak 89% površine koja je pokrivena voćnim kulturama.

Srbija je tradicionalno poznata zemlja po uzgajanju i proizvodnji šljiva. Dugo godina, gotovo puna dva veka bila je u samom vrhu kada je reč o proizvodnji i izvozu ovog voća. Šljiva je prepoznata kao nacionalni brend Srbije, a šljivovica kao nacionalno piće.

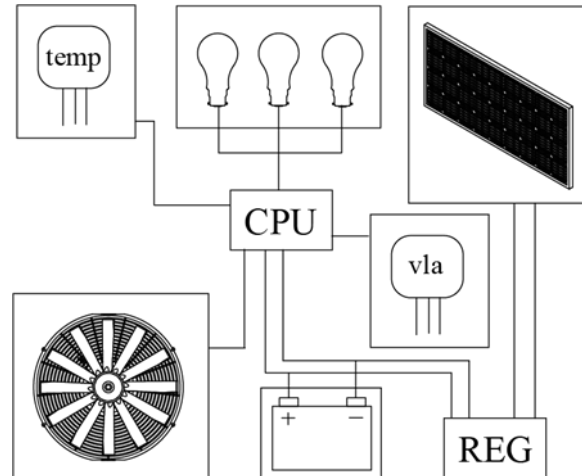


Grafikon 1: Zastupljenost voćnih vrsta u ukupnim površinama pod voćnjacima [1]

2.3. Cilj rada

Primarni cilj ovog dela rada jeste rešenje jednog sistema za automatsku kontrolu temperature i protoka vazduha. Sistem se sastoji od grejnih tela (u našem slučaju sijalica), ventilatora, senzora za očitavanje trenutne temperature u

sušari, napajanja, ispravljača napona, solarnih ploča i kontrolne jedinice (eng CPU).

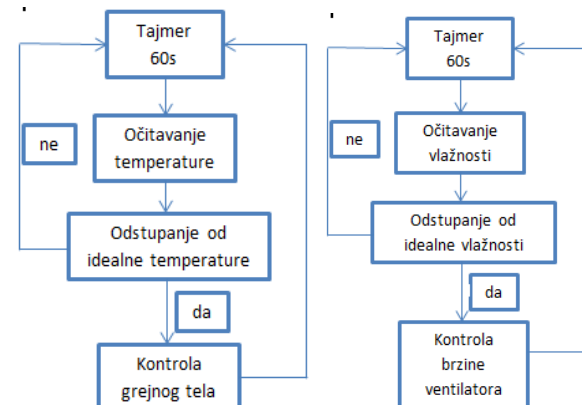


Slika 1. Šema veza između kontrolne jedinice i ostalih komponenta [3]

Samo programiranje kontrolne jedinice nije cilj rada. Ulazni parametri u kontrolnoj jedinici su temperatura u sušari koju pokazuje senzor za merenje temperature i vlažnost vazduha koju pokazuje senzor za vlažnost. U zavisnosti od očitane vrednosti temperature, kontrolna jedinica omogućava (prekida) rad određenom broju grejnih tela kako bi povećala (smanjila) nivo zagrejanosti sušare).

Takođe u zavisnosti od vlažnosti vazduha u sušari, kontrolna jedinica kontroliše rad ventilatora i samim tim strujanje vazduha.

Blok šema rada kontrolne jedinice data je na slici 2. Treba obratiti pažnju da su program za kontrolu temperature i program za kontrolu vlažnosti zasebni, i ne utiču jedan na drugi sve dok ne dođe do nedostatka električne energije u akumulatorima. U tom slučaju kontrolna jedinica odlučuje kako da optimalno raspodeli ostatak energije. Tajmer koji je u ovom slučaju podešen na 60s je proizvoljan izbor, koji je usvojen kao sugestija.



Slika 2. Blok šema

Idealna temperatura za sušenje šljive je 75°C u trajanju od 24h. Međutim, česta praksa je da temperatura sušare treba da bude 100°C pre nego što se plodovi poslave unutar sušare.

Nakon ređanja plodova na lese, ubacujemo kolica sa lesama u sušaru usled čega temperatura naglo opada na

50°C. Cilj sistema koji se ovde opisuje je da održi temperaturu na oko 75°C u trajanju od 24h.

Energija koja se dovodi (odvodi) unutar sušare nije samo ona od strane grejnih tela, već i od strane solarnog kolektora i od razlike spoljne i unutrašnje temperature, Uticaj solarnog kolektora zavisi od solarnog zračenja tokom intervala od 24h.

Funkcija zračenja Z_r tokom intervala od jednog dana može se aproksimirati Poasonovom raspodelom:

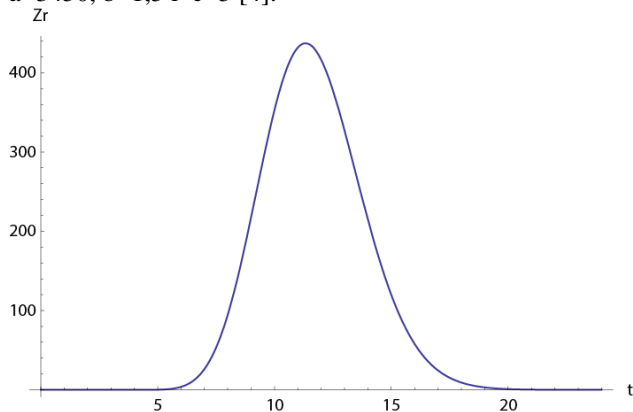
$$Q_{zr} = \frac{\lambda^t}{t!} e^{-\lambda} \quad (1)$$

Kako bi ova funkcija dobro aproksimirala funkciju zračenja moraju se izabrati konstante. Funkcija zračenja uz dodate konstante ima oblik:

$$Z_r(t) = a \frac{\lambda^{b(t-c)}}{(b(t-c))!} e^{-\lambda} \quad (2)$$

Konstanta λ ima vrednost 10 što je preporučeno literaturom. Ostale veličine se biraju tako da funkcija raspodele zadovoljava sledeće uslove: zračenje počinje u trenutku izlaska Sunca (05:00h) a završava se zalaskom Sunca (20:00h), maksimalno zračenje je 440 (kWh/m²).

Poštujući navedene uslove konstante dobijaju vrednosti: $a=3450$, $b=1,5$ i $c=5$ [4].



Dijagram 1. Zračenje opisano Poasonovom raspodelom

Da bi se šljiva kvalitetno osušila, potrebno je da se suši oko 24h na temperaturi od 74-75°C i da vlažnost šljive bude u opsegu između 18-21%.

Ukupna količina toplote dobija se na sledeći način:

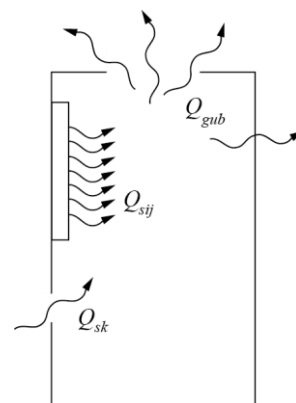
$$Q = Q_{sk} + Q_{sij} - Q_{gub} \quad (3)$$

gde je: Q_{sk} - energija dovedena od solarnog kolektora, Q_{sij} - energija sijalice (grejača), Q_{gub} - energija gubitaka. Na slici 3. prikazana je ilustracija ukupne količine toplote u sušari.

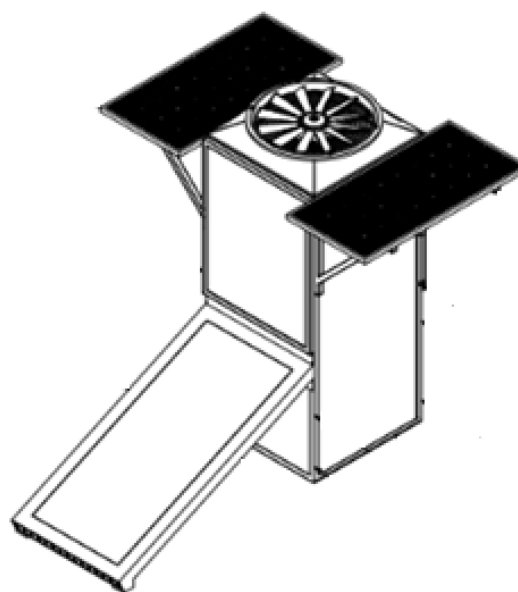
Sušara se sastoji iz kućišta, solarnog kolektora, solarnih panela, ventilatora, akumulatora, napajanja, senzora za merenje temperature i vlažnosti, grejnih tela (sijalica), ispravljača napona i kontrolne jedinice (eng CPU).

Ideja rada bila je potpuna kontrola procesa sušanja šljive u indirektnoj sušari malog kapaciteta.

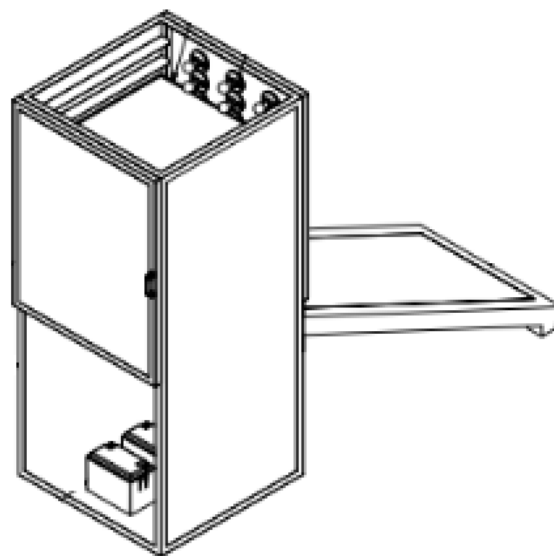
Na slici 4 i slici 5 predstavljen je predlog rešenja jedne indirektno sušare malog kapaciteta.



Slika 3. Ukupna količina toplote u sušari



Slika 4. Predlog rešenja solarne sušare



Slika 5. Predlog rešenja solarne sušare

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu, početna ideja je bila da se kroz obnovljive izvore energije obezbedi energija za pogon solarne sušare za sušenje voća. Ideja je zasnovana na početnoj pretpostavci da bi pojedini farmeri sušili voće za

sopstvene potrebe, da su njihovi posedi poprilično udaljeni i da nemaju pristup električnoj energiji.

U radu je analiziran potencijal energije Sunca i urađena kratka analiza tržišta voća u Srbiji.

Odabrana je solarna energija zbog njenog velikog potencijala, kao i šljiva jer je ona daleko najzastupljenija ispred svih ostalih voćarskih kultura (zauzima čak 40% površina pod voćnjacima).

Da bi se postupak sušenja odvijao u što boljim uslovima, neophodno je obezbediti idealnu temperaturu i vlažnost vazduha. Da bi se ostvario ovaj cilj i da bi se proces sušenja odvijao u kontrolisanim uslovima mora se imati odgovarajuća automatika. Uvođenjem automatike (senzora za merenje temperature, vlažnosti vazduha...) cena izrade sušare će znatno porasti.

Sušara bi trebalo da tokom perioda insolacije prikupi dovoljnu količinu energije za sušenje šljive, a višak energije da sačuva i skladišti u akumulator za kasniju upotrebu kada ne bude dovoljne količine sunčevog zračenja. Moramo imati u vidu da se na ovaj način, transformacijom solarne energije u električnu energiju gubi jedan veliki deo energije. Predstavljen je predlog rešenja jedne hibridne sušare malog kapaciteta.

Programiranje kontrolne jedinice nije bio cilj ovog rada. Takođe, proračun elektronskih komponenti nije urađen u ovom radu, jer spada u drugu naučnu oblast.

4. LITERATURA

- [1] R. M. Topić, Specijalne tehnike i tehnologije procesa sušenja, Mašinski fakultet univerziteta u Beogradu, Beograd, 2013.
- [2] Eben V. Fodor - The Solar Food Dryer_ How to Make and Use Your Own Low-Cost, High Performance, Sun-Powered Food Dehydrator-New Society Publishers (2006)
- [3] Pokrajinski Sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine , Studija o proceni ukupnog solarnog potencijala - solarni atlas i mogućnosti "proizvodnje" i korišćenja solarne energije na teritoriji AP Vojvodine, Novi Sad, 2011. godina
- [4] Haight, Frank A. (1967), Handbook of the Poisson Distribution, New York, NY, USA: John Wiley & Sons, ISBN 978-0-471-33932-8

Kratka biografija:



Jovan Nikolić rođen je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika odbranio je 2022.god.

kontakt: nikolicj90@gmail.com