SADRŽAJ

PREDGOVOR		**8**
Glava I	**GLOBALNI ENERGIJSKI ASPEKT**	**9**
1.1	UVODNE NAPOMENE	**9**
1.2.	OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	**10**
Glava II	**SUNČEVA ENERGIJA**	**12**
2.1.	UVODNE NAPOMENE	**12**
2.2	SUNČEVO ZRAČENJE	**14**
Glava III	**PRIJEMNICI SUNČEVE ENERGIJE**	**36**
3.1.	PODELA, TIPOVI I KONSTRUKCIJE PRIJEMNIKA SUNČEVE ENERGIJE	**36**
3.2.	KARAKTERISTIKE PRIJEMNIKA SUNČEVE ENERGIJE	**38**
3.3.	ENERGIJSKA EFIKASNOST PRIJEMNIKA SUNČEVE ENERGIJE	**40**
3.4.	ENERGIJSKA EFIKASNOST KONCENTRIRAJUĆIH PRIJEMNIKA SUNČEVE ENERGIJE	**51**
3.5.	PRIJEMNICI ZA PRETVARANJE SUNČEVE ENERGIJE U ELEKTRIČNU	**52**
Glava IV	**FIZIČKO HEMIJSKI OSNOVI PROCESA SUŠENJA**	**56**
4.1.	VLAŽAN GAS (VAZDUH)	**56**
4.2.	VLAŽAN MATERIJAL	**63**
4.3.	STATIKA PROCESA SUŠENJA	**68**
Glava V	**OSNOVI TEORIJE PRENOSA ENERGIJE I VLAGE U PROCESU SUŠENJA**	**77**
5.1.	KINETIKA PROCESA SUŠENJA	**77**
5.2.	PRENOS MATERIJE, VLAGE U PROCESU SUŠENJA	**83**
Glava VI	**KRATAK PREGLED POSTROJENJA ZA SUŠENJE**	**89**
6.1.	KLASIFIKACIJA I KRATAK PREGLED	

	POSTROJENJA ZA SUŠENJE	**89**
Glava VII	**KORIŠĆENJE SUNČEVE ENERGIJE ZA SUŠENJE**	**93**
7.1.	KARAKTERISTIKE SOLARNE ENERGIJEe	**93**
7.2.	NAČINI PROCESA SUŠENJA SA ASPEKTA SLOJA MATERIJALA	**96**
7.3.	SOLARNE SUŠARE, KLASIFIKACIJA SUŠARA, PRINCIPI RADA I KARAKTERISTIKE	**98**
7.4.	NAČINI SUŠENJA SOLARNOM ENERGIJOM	**102**
7.5	VRSTE SOLARNIH SUŠARA, VARIJANTE PROJEKTOVANJA REŠENJA	**104**
Glava VIII	**PREGLED IZVEDENIH REŠENJA SOLARNIH**	**116**
8.1.	TIPOVI SOLARNIH SUŠARA I	**116**
8.2.	REŠENJA SOLARNIH SUŠARA MALOG KAPACITETA	**142**
8.3.	IZBOR SOLARNIH SUŠARA	**154**
8.4.	EKONOMIČNOST SOLARNIH SUŠARA	**156**
Glava IX	**PREGLED REŠENJA SOLARNIH PRIJEMNIKA KOJI SE KORISTE U SOLARNIM SUŠARAMA**	**162**
9.1.	SOLARNI PRIJEMNICI	**162**
Glava X	**SUŠENJE VOĆA I POVRĆA KORIŠĆENJEM SUNČEVE ENERGIJE**	**168**
10.1.	SUŠENJE VOĆA KORIŠĆENJEM SOLARNE ENERGIJE	**168**
10.2.	SUŠENJE POVRĆA KORIŠĆENJEM SOLARNE ENERGIJE	**171**
10.3.	PAKOVANJE I USKLADIŠTENJE OSUŠENOG VOĆA I POVRĆA	**172**
10.4.	KORIŠĆENJE OSUŠENIH PROIZVODA	**172**
Glava XI	**KORIŠĆENJE SOLARNIH SUŠARA**	**181**
11.1.	SOLARNE SUŠARE ZA SUŠENJE VOĆA I POVRĆA	**181**
11.2.	SOLARNE SUŠARE ZA SUŠENJE NEKIH POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA	**184**
Glava XII	**SAVREMENE TEHNOLOGIJE I REŠENJA ZA**	

	SOLARNO SUŠENJE	**195**
12.1.	UVODNE NAPOMENE	**195**
12.2.	SAVREMENIJA REŠENJA SOLARNIH SUŠARA	**195**
Glava XIII	**PROJEKTOVANJE SOLARNIH SUŠARA ZA SUŠENJE DRVETA**	**204**
13.1.	UVODNE NAPOMENE	**204**
13.2	KONCEPTI – PRISTUPI PRI PROJEKTOVANJU SOLARNIH SUŠARA	**205**
13.3.	OSNOVNA RAZMATRANJA – ANALIZA KONSTRUKCIJE	**207**
13.4.	POJAM SUŠENJA DRVETA	**209**
Glava XIV	**USKLADIŠTENJE SUNČEVE ENERGIJE**	**212**
14.1.	NAČINI USKLADIŠTENJE SUNČEVE ENERGIJE	**212**
14.2.	USKLADIŠTENJE TOPLOTE KOD SOLARNIH SUŠARA	**217**
Glava XV	**SIMULACIJA PROCESA SUŠENJA KORIŠĆENJEM SUNČEVE ENERGIJE**	**224**
15.1.	NAMENA SIMULACIJE	**224**
15.2.	METODE SIMULACIJE	
Glava XVI	**UPRAVLJANJE SOLARNIM SUŠARAMA I KONTROLA**	**233**
16.1.	STRATEGIJA UPRAVLJANJA PROCESOM SUŠENJA	**233**
LITERATURA		**257**
PRILOZI	**.**	**261**
PRILOG 1	REŠENJA SOLARNIH SUŠARA ZA SUŠENJE DRVETA	**261**
PRILOG 2	POJEDINAČNA REŠENJA SOLARNIH SUŠARA I TREND RAZVOJA	**272**
PRILOG 3	DEFINISANJE POJMOVA VEZANIH ZA SOLARNO SUŠENJE I SUŠARE	**301**
PRILOG 4	TABELE I DIJAGRAMI - TERMOFIZIČKE KARAKTERISTIKE I STATIKA PROCESA SUŠENJA RAZLIČITIH MATERIJALA	**308**

PREDGOVOR

Sunčeva energija je pokretač procesa na Zemlji. Ona zagreva njenu atmosferu, njenu površinu, stvara vetar, održava ciklus vetra, zagreva okeane, obezbeđuje razvoj biljaka i uvek (u toku dužeg perioda) prouzrokuje stvaranje fosilnog goriva. Ova energija obezbeđuje toplotu ili hladnoću, potreban rad i električnu energiju. Poslednjih godina je sve veći interes za alternativne izvore energije a naročito za Sunčevu energiju.

Zbog intermitentnosti Sunčeve energije i činjenice da se ni dnevne ni sezonske oscilacije intenziteta (osim u pojedinačnim slučajevima primene - ubiranje i sređivanje poljoprivrednih kultura) ne poklapaju s oscilacijom potrošnje energije, Sunčevo zračenje će se moći više praktično koristiti tek kada se reše problemi ekonomski opravdane konverzije i akumulacije energije na duži period.

Ekonomičan uređaj i sistem za korišćenje Sunčeve energije mora da traje duže od vremena amortizacije.

U nedostatku potrebnih kapaciteta za preradu, svake godine propadaju znatne količine voća i povrća, lekovitog, aromatičnog i začinskog bilja. Pored teškoća obezbeđenja potrebnih investicionih sredstava za proširenje kapaciteta za preradu i cena energije predstavlja prepreku za dalji i brži razvoj.

Velika cena klasičnih goriva vrlo često čini rad postojećih postrojenja za sušenje neekonomičnim, pa osušeni proizvodi imaju veliku cenu. Efikasan način sušenja i racionalna konstrukcija sušare se mogu definisati samo za konkretan materijal ili grupu materijala čije su fizičko mehaničke karakteristike slične.

Izbor najpovoljnijeg načina sušenja se definiše svojstvima svežeg materijala (koji u ovom slučaju mogu, ako se radi o voću i povrću, da se suše u celom ili isečenom obliku, sa pokožicom ili bez nje, oslobođeno od koštice ili sa košticom, sušiti se može kaša ili sok, a ako se radi o lekovitom, aromatičnom i začinskom bilju, sušiti se može, koren, cvet i cvast, list i cela stabljika sa lišćem), zahtevanim kvalitetom osušenog proizvoda i ekonomičnošću procesa.

Pri izboru načina sušenja i koncepcije rešenja mora se voditi računa o racionalnom načinu i optimalnom režimu procesa sušenja koji se karakteriše maksimalnim intenzitetom isparavanja vlage, visokim kvalitetom osušenog materijala i minimalnom „potrošnjom“ energije.

U svim slučajevima neophodno je analizirati uticaj osnovnih parametara agensa sušenja i karakteristika materijala na odvijanje procesa sušenja, a to znači mogućnost primene viših temperatura, uticaj brzine strujanja agensa sušenja, relativne vlažnosti agensa sušenja, oscilatornog režima procesa sušenja, kombinovanih načina dovođenja toplote i načina sušenja, kao i prethodne tehnološke pripreme polaznog materijala.

Iako se Sunčeva energija smatra novim i neobičnim izvorom energije, ona se već ranije koristila za rešavanje niza praktičnih zadataka.

U toku mnogih vekova Sunčeva energija je korišćena za prirodno sušenje poljoprivrednih proizvoda.

Cilj ove knjige je sistematizacija znanja u oblasti korišćenja Sunčeve energije, za sušenje koja doprinose lakšem shvatanju procesa transformacije Sunčeve energije i razradu odgovarajućih sistema.

U knizi se daju globalni energijski aspekt; kratak prikaz o Suncu i Sunčevoj energiji, zračenju; prijemnicima Sunčeve energije (podela, tipovi i konstrukcije, karakteristike, efikasnost); načini korišćenja Sunčeve energije i procesima koji koriste Sunčevu energiju. Korišćenje Sunčeve energije za procese sušenja (solarne sušare, klasifikacija solarnih sušara, principi rada i karakteristike, vrste solarnih sušara, varijante projektovanja rešenja, upravljanje procesom sušenja, kontrola procesa i sušenje voća i povrća).

A u t o r

Kombinovati 1 šolju šećera i šolju lakog kukuruznog sirupa i 2 šolje vode u posudi. Dovesti do ključanja. Dodati ½ kg pripremljenog voća i ostaviti da lagano vri 10 minuta. Ukloniti sa izvora toplote i ostaviti da stoji u sirupu još 30 minuta. Izvaditi voće iz sirupa, lagano isprati u hladnoj vodi, osušiti na papirnom ubrusu i smestiti na pregradu za sušenje.

Blanširanje na pari. Blanširanje na pari takođe pomaže da se zadrži boja i uspori oksidacija. Međutim, miris i struktura voća se promeni.

Uputstva za upotrebu.

Staviti neku količinu vode u veliki lonac sa dobro zaptivenim poklopcem. Zagrejati vodu do ključanja. Staviti oko 50 mm sloj voća na parni nosač ili na mrežasti nosač preko ključale vode. Poklopiti čvrsto sa poklopcem i početi merenje vremena odmah. Videti tabelu 10.1., za vremena blanširanja. Proveriti za ravnomernost blanširanja na polovini vremena blanširanja. Neko voće zahteva da bude promešano. Kada je blanširanje završeno, ukloniti višak vlage papirnim ubrusom i smestiti na tave za sušenje.

10.1.2. Sušenje pripremljenog voća

Proveriti da je voće postavljeno u jednom sloju. Komadi ne treba da se dodiruju niti poklapaju. Sušiti prema uputstvima za prehrambene proizvode. Približna vremena sušenja su data u tabeli 10.1.. Materijal se suši mnogo brže na kraju perioda sušenja, tako da treba pažljivo pratiti proces.

10.1.3. Određivanje suvoće voća, stepena osušenosti

Budući da se voće generalno jede a da se ponovo ne hidrira, dehidriranje ne sme da traje toliko da voće postane krto. Većina voća treba da ima vrednost relativne vlažnosti oko 20 % posle procesa sušenja. Da bi ispitali suvoću, treba iseći nekoliko ohlađenih komada na polutke. Ne bi trebalo da se vidi vlaga i ne bi trebalo da se cedi vlaga iz voća. Neko voće ostaje savitljivo, ali ne lepljivo niti prijemčivo. Ako se komad savije na pola ne treba da se sam zalepi. Bobice treba da se suše dok ne zveče kada se promešaju.

Posle sušenja, voće treba ohladiti u trajanju od 30 do 60 minuta pre pakovanja. Pakovanje zagrejanih proizvoda može dovesti do pojavljivanja šećera i vlage. Međutim, preveliko kašnjenje u pakovanju može takođe doprineti da se vlaga nakupi ponovo u voću.

10.1.4. Kondicioniranje voća

Kada se voće izvadi iz sušare, preostala vlaga se ne može raspodeliti jednako između komada, zbog njegove veličine ili lokacije u komori za sušenje.

Kondicioniranje je proces korišćen da se izjednači vlažnost i smanji rizik od rasta plesni.

Radi provetravanja, treba uzeti osušeno voće koje je ohlađeno i pakovati ga, ne nabijajući ga, u plastične ili staklene tegle.

Zatvoriti teglu i ostaviti da stoji 7 do 10 dana. Višak vlage u nekim komadima će biti apsorbovan od suvljih komada. Protresti teglu dnevno da bi se razdvojili komadi i proverila kondenzacija vlage.

Ako dođe do kondenzacije u tegli, treba vratiti voće u komoru za sušenje za ponovno sušenje. Posle kondicioniranja pakovati i uskladištiti voće.

10.2. SUŠENJE POVRĆA KORIŠĆENJEM SOLARNE ENERGIJE

Povrće takođe može biti očuvano sušenjem. Zato što ono sadrži manje kiseline nego voće, povrće se suši dok ne postane krto. Pri ovom stanju, samo 10 % vlage ostaje i nema rasta mikroorganizama.

10.2.1. Operacije prethodne pripreme povrća za sušenje

Da bi se pripremilo povrće za sušenje, treba ga oprati u hladnoj vodi da bi se uklonila zemlja i hemijski ostaci. Zatim skratiti, oljuštiti, iseći, izrezati na listove ili komade, prema uputstvima za svako povrće u tabeli 10.2.. Ukloniti bilo koje vlaknaste ili drvenaste delove i jezgro ako je potrebno, ukloniti sve istrule ili ubijene delove.

Sortirati komade ravnomerne veličine tako da se suše pri istoj brzini. Pripremiti samo onoliko povrća koliko može biti osušeno odjednom.

10.2.2. Prethodna priprema povrća

Blanširanje je neophodna operacija u pripremi povrća za sušenje. Po, definiciji blanširanje je proces zagrevanja povrća do temperature dovoljno visoke da uništi prisutne enzime u tkivu.

Blanširanje zaustavlja dejstvo enzima koji mogu da prouzrokuju gubitak boje i ukusa za vreme sušenja i uskladištenja. Ono takođe skraćuje proces sušenja i vreme rehidracije tako što oslobađa zidove tkiva, tako da vlaga može da izađe i ponovo kasnije mnogo brže da se vrati.

Povrće može biti blanširano u vodi ili na pari. Blanširanje u vodi obično rezultuje u većem gubitku hranljivih sastojaka, ali traje znatno kraće od blanširanja na pari.

Blanširanje u vodi. Napuniti veliki lonac vodom, pokriti i dovesti do ključanja. Smestiti povrće u žičanu korpu ili đevđir i potopiti ga u vodu. Pokriti i blanširati prema uputstvima za svako povrće prema uputstvu u tabeli 10.2.. Ako je duže od jednog minuta potrebno vodi da ponovo prokljuca, suviše mnogo povrća je dodato. Smanjiti količinu sledeći put.

Blanširanje na pari. Koristi se duboki lonac sa dobro zaptivenim poklopcem i žičanom korpom, đevđir ili sito smešteno tako da para slobodno cirkuliše oko povrća. Dodati vode u lonac i dovesti do ključanja. Staviti povrće rastresito u korpu na ne više od 50 mm visine. Staviti korpu sa povrćem u lonac, tako da voda ne dođe u dodir sa povrćem. Pokriti i pariti prema uputstvima za svako povrće iz tabele 10.2..

10.2.3. Hlađenje i sušenje pripremljenog povrća

Posle blanširanja, potopiti povrće za kratko u hladnu vodu. Kada je na dodir slabo vruće, ocediti povrće preručujući ga direktno na tavu za sušenje koja se stavlja iznad korita.

Obrisati višak vode ispod tave i poređati povrće u jednom sloju. Zatim staviti tavu u komoru za sušenje. Toplota zaostala u povrću od blanširanja prouzrokovaće da proces sušenja počne brže. Treba posmatrati povrće češće pri kraju perioda sušenja. Mnogo brže se suši na kraju i može da se prepрži.

10.2.4. Određivanje suvoće povrća, stepen osušenosti

Povrće treba da bude sušeno dok ne postane krto ili „hrskasto“. Neko povrće će se stvarno izlomiti ako se udari sa čekićem. Pri ovom stanju, povrće treba da ima vlažnost od oko 10 %. Zato što je tako suvo, ono ne treba kondicioniranje kao voće.

10.3. PAKOVANJE I USKLADIŠTENJE OSUŠENOG VOĆA I POVRĆA

Pošto je povrće osušeno, treba ga potpuno ohladiti. Zatim se povrće pakuje u, na paru i vlagu, otporne kontejnere.

Staklene tegle, metalne kantice ili kontejneri za zamrzivače su dobri elementi za uskladištenje, ako imaju dobre poklopce koji dihtuju.

Plastične kese za zamrzivač su prihvatljive, ali one nisu zaštićene ni otporne na insekte i glodare.

Voće koje je bilo sumporisano ili potopljeno u rastvoru sulfita ne treba da dodiruje metal.

Smestiti voće u plastične kese pre uskladištenja u metalne kantice. Osušeni proizvodi treba da budu smešteni na hladnom, suvom i tamnom mestu.

Većina osušenog voća može biti uskladištena do 1 godine na temperaturi od 15 °C, a na 6 meseci na temperaturi od 27 °C.

Osušeno povrće ima oko polovinu vremena trajanja od vremena uskladištenja voća na policama.

10.4. KORIŠĆENJE OSUŠENIH PROIZVODA

Osušeno voće može da se jede ili da se ponovo vrati u stanje koje je prethodilo osušenom.

Osušeno povrće mora da se ponovo vrati u stanje koje je prethodilo osušenom.

Kada se ponovo vrati u pređašnje stanje, osušeno voće i povrće se tretira kao sveže. Da bi se vratilo u stanje koje je prethodilo osušenom dodati vodu voću ili povrću i potopiti ga dok se ne vrati na željenu zapreminu, tabela 10.3., rehidracija osušenih proizvoda, za količinu vode koja treba da se doda i minimalno vreme potapanja.

Ne treba preterati u potapanju hrane.

Suvišno potapanje proizvodi gubitak u ukusu i na pečurkastoj, vodom, urezanoj strukturi.

Za supe i gulaše, dodaje se osušeno povrće, bez ponovnog vlaženja istog. Ono će samo ovlažiti pošto se supa ili gulaš kuva.

Takođe, listasto povrće i paradajz ne treba potapati. Dodati dovoljno vode da ogrezne i kuvati lagano.

toplom vodom funkcionišu unutar sušare, isto kao i bilo koja sušara sa toplom vodom, što znači voda zagrejana Sunčevim zračenjem isto kao i voda zagrejana nekim drugim izvorom. Stoga nije potrebno analizirati konstrukcije sušara sa toplom vodom.

Energija se gubi u saušari na četiri načina:

- energija izgubljena kondukcijom kroz zidove, krov i pod (uključujuči i zastakljene površine),
- energija izgubljena ventilacijom (vlažan vazduh sušare doveden u hladnjak, spoljašnji vazduh sušare),
- energija izgubljena (ili iskorišćena) kao toplota isparavanja,
- energija izgubljena prenosom nazad kroz transparent (vidljivo i infracrveno zračenje.

Obično su dominantne prve tri vrste gubitaka.

U gotovo bilo kom podneblju (klimatskim uslovima), konstrukcija sušare treba da obezbedi što je moguće višu temperaturu. Postizanje više temperature ima kao rezultat brže sušenje prouzrokovano bržim kretanjem vode i nižom relativnom vlažnošću.

13.2.1. Konstrukcija sušare tipa staklenika

Ovaj tip sušare je tipična okvirna, ramska struktura sa prozirnom ili neprozirnom ali za kratkotalasno zračenje propusnim transparentom na krovu i tri zida, istok, zapad, jug. Transparent je obično plastičan, prijemnik je integrisan deo sušare.

Zbog termičke izolacije svojstva najvećeg broja materijala za transparent su siromašna a gubici toplote kondukcijom kroz zidove su prilično visoki. Takođe su znatni gubici solarne energije prolaskom kroz sušaru bez njenog kontakta sa apsorberom ukoliko nije o tome povedeno računa. Da bi se smanjili gubici toplote kondukcijom sušare tipa staklenika često se prave sa dva sloja transparenta. Na osunčanim lokacijama sa obiljem Sunčeve energije nije ekonomski opravdano poboljšanje konstrukcije u cilju čuvanja solarne energije. Čvrsti severni zid sa vratima olakšava unošenje i iznošenje. Sušenje može biti sporije nego kod drugih konstrukcija a krajnja vlažnost može biti veća zbog u principu niže prosečne temperature u sušari.

13.2.2. Konstrukcija tipa polustaklenika

Ovaj tip sušare ima samo krov ili krov i južni zid sa prozirnim transparentom, ostale površine su neprozirne i izolovane. Ovaj tip konstrukcije znatno smanjuje gubitke toplote pri prolaženju toplote, što rezultira višom temperaturom sušenja i bržem sušenju (obezbeđeno je više energije raspoložive za isparavanje). Dodatno, ova konstrukcija ima veoma malo mogućnosti za gubitke pri prenošenju solarne energije.

Kao što je navedeno i ranije, dva sloja transparenta smanjuju gubitke prolaza toplote kroz prijemnik. Konstrukcija sušare tipa polustaklenika je tipična struktura sa drvenim okvirom i oblogom od šperploče ili drvenih trupaca. Prijemnik je sastavni deo sušare, ova konstrukcija u principu obezbeđuje nižu krajnju vlažnost nego rešenje tipa staklenika.

13.2.3. Konstrukcija sa neprozirnim zidom

Kod ove konstrukcije drvo se stavlja u pokrivenu, čvrstu komoru sa neprozirnim zidom koja je obično izolovana skoro kao standardno rešenje komore sušare za sušenje drveta. Solarni prijemnik je odvojen od sušare, a zagrejan vazduh ili zagrejana voda se uvodi u komoru za sušenje kanalima ili cevima od prijemnika. Sušara može biti dobro izlovana da bi se smanjili gubici toplote. Ova konstrukcija je pogodna za korišćenje dodatne toplote, pošto gubici prijemnika noću i za vreme oblačnog vremena nemaju uticaja ukoliko je povezanost između sušare i prijemnika prekinuta – isključena. Krajnja vlažnost može biti ekstremno mala kod ovog tipa konstrukcije.

13.3.OSNOVNA RAZMATRANJA – ANALIZA KONSTRUKCIJE

Skladištenje. Kod svih konstrukcija postoji pitanje skladištenja energije za korišćenje noću ili za vreme oblačnog vremena. Mada je skladište tehnički izvodljivo mora se imati na umu da površina sa transparentom propušta samo konačne količine solarne energije.

Postoje dve opcije:

- ova energija može biti korišćena neposredno kada je primljena, usled toga je sušara veoma zagrejana u sredini dana, ali sa vrlo velikim temperaturnim razlikama tokom noći, ili
- energija može biti skladištena i korišćena kroz period od 24 h usled čega je održavanje temperatura ravnomernije.

Sa stanovišta tehnologije sušenja drveta mnogo toplote i suviše brzo sušenje mogu biti štetni za neke vrste drveta kao što je hrast (Quercus spp – latinski naziv), ali neće oštetiti druge kao što je bor (Pinus spp) ili jablan (Populus spp). Najčešće se solarne sušare projektuju ili su projektovane da obezbede što je moguće brže sušenje za vrste drveta koje se suše bez sposobnosti skladištenja energije. Ako bi se skladištenje pokazalo kao korisno, veličina ka bi morala biti povećana da bi se uskladištio višak energije koja se ne koristi ili ne može da se koristi neposredno. Ako se ne bi povećala veličina prijemnika tada bi dnevno unošenje energije od Sunca i stoga energija uneta tokom dana za sušenje drveta bila ista kao i da ne postoji skladištenje, što znači ne bi bilo ni koristi od skladišta. Isto tako bez skladišta temperature agensa sušenja bi težile višim vrednostima, praćene nižom vlažnošću, ovo znači brže sušenje. Ustvari ukoliko nema skladišta energije morali bi ventilatori da rade samo tokom dana, štedeći time električnu energiju.

Cirkuilacija, cirkulacija vazduha u sušari olakšava prenos toplote od apsorbera i osigurava ravnomerno sušenje. Tipična brzina vazduha kroz složaj drvene građe je 45 m/min (0,75 m/s). Kada se ova vrednost uveća potpunim otvarenjem prostora između slojeva (slojevi su razmaknuti pomoću podupirača) rezulat je prosečna vrednost zapremine zahtevanog vazduha. Ventilatori su smešteni u najtoplijem delu prijemnika da obezbede najbolji prenos toplote, rizik od takvog postavljanja ventilatora je oštećenje ventilatora koje može nastati usled prevelike temperature u prijemniku ako su ventilatori isključeni. S obizom da je brzina sušenja i sam proces sušenja oskudan pri visokoj vlažnosti, što znači i neefikasnost korišćenja električne energije, ventilatori treba da rade samo kada je

vlažnost niska. Niska vlažnost je tipična za rad tokom dana, visoka vlažnost je tipična noću.

Ventilacija Brzina sušenja u sušari može se direkto kontrolisati merenjem relativne vlažnosti vazduha u sušari. Niska vlažnost rezultuje u bržem sušenju i nižoj krajnjoj vlažnost nego visoka vlažnost. Vlažnost se kontroliše ventilacijom – kontrolom izduvavanja neke količine zagrejanog vlažnog vazduha iz unutrašnjosti solarne sušare i istovremenim dovođenjem u komoru vazduha spolja. Kada se ohlađeni vazduh spolja posle tog zagreje njegova relativna vlažnost je niža, što potpomaže sušenje. Izduvavanjem vlažnog vazduha javlja se gubitak energije (jer je izduvan vazduh topliji od onog koji ulazi). Ovaj gubitak energije i dobit od ventilacije mora biti zajedno razmatran. Preterano provetravanje će biti gubitak i rezultat će biti sušenje hladnim vazduhom a time i sporije sušenje. S druge strane neodgovarajuće provetravanje može izazvati veoma visoku vlažnost koja usporava sušenje. Uopšte, provetravanje treba da bude dovoljno da smanji unutrašnju vlažnost ali da ne smanji znatno unutrašnju temperaturu. Kod mnogih konstrukcija sušara otvori za provetravanje su nekoliko puta veći nego što je potrebno i stoga ne treba da budu potpuno otvoreni. U praksi pri sušenju vlažne građe drveta koje je sklono prekidanju i prskanju otvore za provetravanje treba držati skoro potpuno zatvorene prvih nekoliko dana da bi se održala visoka vlažnost i da bi se održalo ravnomerno sušenje. Kada se drvo suši ili za vrste drveta koje nisu sklone prskanju otvori za provetravanje su neznatno otvoreni da se dostigne umerena brzina sušenja.

Za gotovo suvo drvo otvori za provetravanje su zatvoreni ponovo na većini puteva provetravanja da bi se do kraja povećalo zagrevanje i da se razvije niska relativna vlažnost vazduha potrebna da se dostigne mala vlažnost materijala.

Materijal za transparent. Postoji mnogo komercijalnih materijala koji se prodaju za transparent. Staklo je jedan od najboljih materijala sa stanovišta energijske efikasnosti ali surovi vremenski uslovi npr. grad ili vandalizam mogu učiniti da staklo bude nepraktično. Plastični filmovi sa apsorberom (upijačem) ultraljubičastog zračenja ili stabilnom površinom koja se lako ugrađuje, imaju umerenu cenu i mogu trajati nekoliko godina dok postanu žuti i lomljivi. Fiberglasi koji su neprozirni ali propuštaju zračenje ojačani pločama od poliestera su često najjeftiniji i najtrajniji raspoloživi materijali (jedna solarna sušara koristila je neke rebraste ploče 16 godina). Ploče od fiberglasa ne prenose toliko Sunčeve energije u sušaru kao plastični filmovi i staklo, ali ako se proces sušenja produži par dana duže ili se poveća prijemnik može biti manja cena za povoljan vek trajanja i niže materijalne torškove. Postavljanjem transparenta od fiberglasa spolja a plastičnog filma iznutra kao drugi sloj transparenta obezbeđuju se dobre performanse, što znači male gubitke toplote i visoku dobit, prirast solarne energije pri niskim troškovima. Ako se koristi skladište gubici kroz prijemnik tokom noći, ukoliko prijemnik nije pokriven, mogu lako nadmašiti dobitak solarne energije ostvaren tokom dana.

Izolovani zidovi, toplota u sušari gubi se kondukcijom (provođenje) kroz zidove i pod. Ograničavanjem ovih toplotnih gubitaka, čak i u toplim klimama, dobiće se bolje performanse solarne sušare, sa više raspoložive solarne energije za glavni zadatak isparavanja. Uopšte prirast – dobit Sunčeve energije postignut

kroz prozirne zidove nije dovoljno velik da nadoknadi gubitke toplote nestale kroz ove zidove. Stoga ovi zidovi u najvećem broju slučajeva moraju biti izolovani da bi se smajili ovi gubici toplote. Konsturkcija sušare treba biti dovoljno nepropusna sa unutrašnje strane da predupredi – spreči vlaženje izolacije. U svrhu toga preporučuje se plastična presvlaka na unutrašnjoj strani zidova ili prekrivač sa unutrašnje strane sušare, sa prekrivačem otpornim na isparenja kao naprimer aluminijumski premaz.

Veličina kolektora, kao što je gore razmatrano količina energije koju primi sušara utiče na količinu vlage koja se može izdvojiti. Stoga da bi se upravljalo brzinom sušenja i izbegli defekti sušenja (optećenja nastala prilikom sušenja) veličina prijemnika može se specificirati (detaljno navesti tehničke podatke). Primer su sledeći primeri.

Za drva koja su sklona prskanju i cepanju, tipična (bezbedna) brzina sušenja može biti 3.5 % pada vlažnosti za jedan dan. Energija zahtevana za isparavanje je 100 000 kJ. Ako se uzme da je prosečan unos solarne energije 1000 kJ/m^2, zahtevana veličina prijemnika je 93 m^2 za svakih 93 nastalih m^2 drvene građe (90 m^2/28 m^3). Za sve vrste drveta koje treba da budu sušene brže, prijemnik prema odnosu naslaganih m^3 građe, može se sigurno povećati, dok za vrste (drveta) koje su više sklone degradaciji ili deblji komadi od vrsta umereno sklone degradaciji, ovaj odnos može biti manji. Odnos zahtevan za vrste drveta, kao što je izračunato gore ne sme biti prekoračen u konstrukciji zbog rizika gubitka u kvalitetu sušenja. Ipak manji odnosi mogu biti korišćeni ali sa posledicom da dužeg vremena sušenja kao nedostatkom.

Dodatna – dopunska toplota, ako postoji potreba za dodatnom toplotom, kao što je korišćenje uređaja za izdvajanje – uklanjanje vlage, treba pažljivo analizirati dobit od korišćenja solarne energije uopšte, zbog visokih gubitaka toplote koja verovatno postoji u prijemnik. Dalji dodatak toplote će verovatno stvoriti naprezanja usled sušenja (otvrdnjavanje površine) koja će biti dovoljno velika na kraju sušenja, tako da će biti porebno otpuštanje (napona) upravljanjem ili postupkom vodenog mlaza.

13.4. POJAM SUŠENJA DRVETA

Temperatura i vlažnost, da bi se drvo sušilo mora mu se isporučiti energija (prosečno 1 055 060,439 J po 2,83 dm^3 isparene vode; a relativna vlažnost vazduha oko složaja drveta mora biti ispod 100%. Više predate energije i niža vlažnost obezbeđuju brže sušenje. Da bi se drvo osušilo do manjih vrednosti vlažnosti prosečno stanje u sušari mora biti suvo. Opšte pravilo je da kada je građa vlažnosti ispod 20% onda ventilatori rade samo kada je vlažnost u sušari prilično niska. Ovi uslovi, što znači stanja će biti postignuti kada temperatura u sušari poraste prosečno 10^oC iznad najniže jutarnje temperature. Ako ventilatori koji proizvode cirkulaciju rade 24 h na dan, građa se neće osušiti ispod vlažnosti od 15% i električna energija će biti izgubljena. Zbog toga što je sušara zatvorena konstrukcija moguće je da vlažnost u sušari može da poraste na vrlo visok nivo, naročito sa vrstama (drveta) sa visokom vlažnošću i da tako naglo suši. U ovim uslovima sušenje će se usporiti što je rezultat vrednosti unutrašnje vlažnosti. Brzina sušenja se može povećati korišćenjem veće brzine provetravanja sa