

PRIMENA RASHLADNIH TORNJEDA U POSTUPKU PASIVNOG HLAĐENJA ZGRADA

Ivan Randelović¹

SAŽETAK:

Ovaj rad se bavi sagledavanjem primene rashladnih tornjeva u postupku pasivnog hlađenja zgrada. Sagledane su mogućnosti ostvarivanja termičkog komfora u toplim oblastima upotrebom odgovarajućih pasivnih rashladnih sistema. Analizirane su koncepcije dopremanja svežeg vazduha, kao i odstranjivanja zagrejanog vazduha, putem odgovarajućih rešenja rashladnih tornjeva. Primenom termičke sile, kao i sile vetra, uspostavljaju se odgovarajući modeli cirkulacije vazduha, čime se ostvaruju značajne energetske uštede u postupku hlađenja zgrada.

Ključne riječi: *rashladni toranj, termički komfor, pasivno hlađenje, cirkulacija vazduha, ušteda energije*

1. UVOD

Zgrade predstavljaju velike potrošače energije. Za potrebe ostvarivanja unutrašnjeg komfora, tj. funkcionisanje same zgrade (klimatizacija, grejanje, hlađenje, ventilacija, osvetljenje, grejanje sanitarne vode i rad električnih uređaja i opreme) potroši se prosečno od 40 do 50% ukupne energije u svetu. Proizvodnja potrebne energije bazirana na fosilnim gorivima podrazumeva konstantno zagađenje naše planete, pa se zgrade direktno smatraju odgovornim za 30-40% CO₂ u atmosferi (EXPEDITIO, 2004). Prisustvo CO₂ u atmosferi jedan je od glavnih uzročnika efekta staklene bašte na našoj planeti, sa direktnom posledicom globalnog zagrevanja. Ovakva situacija pretili da izazove drastične klimatske promene sa nesagledivim posledicama po živi svet i samu planetu.

¹ Ivan Randelović, *Saobraćajni institut CIP, Zavod za arhitekturu i urbanizam, Beograd, Srbija, E-mail: randjelovici@sicip.cg.yu*

Primena koncepcije pasivnog hlađenja doprinosi uštedi energije u zgradama, a time i smanjenju emisije CO₂. Ona se najintenzivnije primenjuje u toplim klimatskim zonama, ali takođe može naći primenu i u oblastima sa umerenom, tj. kontinentalnom klimom, i to u letnjem periodu godine.

2. STRATEGIJE PASIVNOG HLAĐENJA ZGRADA

Tradicionalna arhitektura podrazumeva različite koncepcije pasivnog hlađenja zgrada. Ove metode su kroz vekovno iskustvo neprekidno evoluirale i danas mogu imati značajno mesto u postupku smanjivanja potrošnje energije u zgradama. Primenom tehnika pasivnog hlađenja u savremenoj arhitekturi se mogu smanjiti potrebe za mehaničkim hlađenjem u zgradama, a u određenim situacijama i potpuno izbeći.

Pasivno hlađenje je zasnovano na sadejstvu zgrade i njenog okruženja. Izbor strategije zavisi od uslova na samoj lokaciji, tj. dnevnih temperaturnih oscilacija, kao i oscilacija relativne vlažnosti vazduha.

Pasivno hlađenje zgrada se može ostvariti:

- prirodnom ventilacijom,
- značajnim prisustvom termičke mase i
- isparavanjem.

Pasivno hlađenje zgrada primenom rashladnih tornjeva objedinjuje postupak hlađenja isparavanjem i prirodne ventilacije i predstavlja glavnu temu ovog rada.

3. OSNOVNI PRINCIPI FUNKCIONISANJA RASHLADNIH TORNJEVA

Rashladni toranj predstavlja posebno koncipiran ventilacioni kanal za dovoz svežeg vazduha u zgradu, koji radi na principu gravitacionog kretanja vazduha. On podrazumeva primenu sistema za vlaženje vazduha pri samom vrhu, tj. na ulaznom otvoru tornja. Na ovaj način obezbeđuje se hlađenje vazduha isparavanjem vode, usled čega se kao teži spušta vertikalno nadole i ulazi u objekat. U cilju omogućavanja ulaženja hladnog vazduha u unutrašnji prostor, potrebno je obezbediti odstranjivanje toplog kroz odgovarajuće otvore na zgradi.

Za funkcionisanje ovog sistema snaga vetra nije neophodna, ali može dodatno poverćati efikasnost čitavog procesa. Postavljanjem odgovarajućih rotirajućih kapa nad rashladnim tornjevima, sa mogućnošću usmeravanja u pravcu vetra, značajno se može doprineti povećanju intenziteta dopremanja vazduha, a time i intenziteta hlađenja.

Rashladni tornjevi funkcionišu bez upotrebe mehaničkih sistema, ali ih mogu koristiti uz mogućnost smanjivanja sopstvenih dimenzija.

4. REŠENJA RASHLADNIH TORNJEVA U FUNKCIJI PASIVNOG HLAĐENJA ZGRADA

Rashladni tornjevi se koncipiraju i dimenzionišu na osnovu funkcije objekta, tj. zahteva za postizanje odgovarajućeg unutrašnjeg komfora, kao i uslova u samom okruženju.

Generalno gledano, rashladni toranj bez upotrebe ventilatora treba da bude visine od 6.0 m do 9.0 m i dimenzija u osnovi od ~ 1.8 x 1.8 m do 3.0 x 3.0 m. Rashladni toranj ovih dimenzija uobičajeno zahteva dodatnih 10-150 W i može hladiti ~92.5-231.0 m². Kapacitet izmena vazduha ovim rashladnim tornjem iznosi ~70.0-225.0 m³/min (www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm).

Sistem za vlaženje vazduha pri vrhu tornja može podrazumevati raspršivače direktno priključene na vodovodnu mrežu, ali i sistem rashladnih jastuka sa pumpom za vodu i podmetačem za sakupljanje viška vode.

U zavisnosti od izbora sistema za vlaženje vazduha, kao i mogućnosti korišćenja snage vetra, izdvaja se nekoliko rešenja rashladnih tornjeva u funkciji pasivnog hlađenja zgrada:

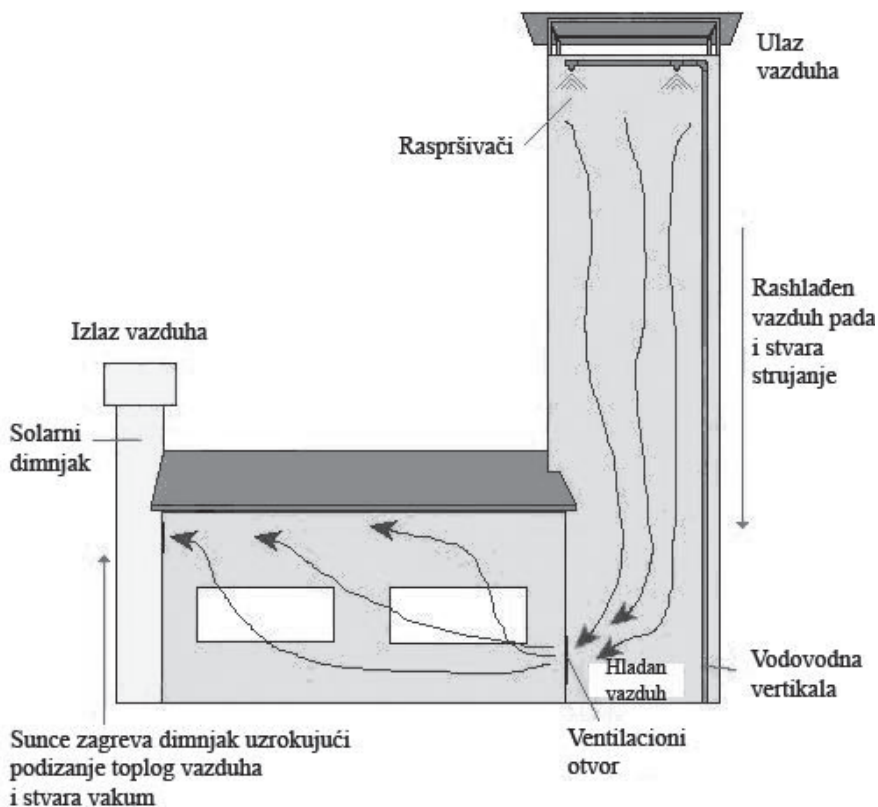
- rashladni toranj sa raspršivačima,
- rashladni toranj sa jastucima i
- rashladni toranj sa jastucima i hvatačem vetra.

4. 1. Rashladni toranj sa raspršivačima

Rashladni toranj sa raspršivačima predstavlja osnovni tip rashladnog tornja prikazan na Slici 1. Ovaj sistem funkcioniše samo na principu termičkog efekta, te je njegova primena opravdana u oblastima bez vetra. Radi sopstvene efikasnosti, ovaj tip rashladnog tornja zahteva povećanu visinu, tj. dužu putanju kapnja vode od raspršivača instaliranih pri vrhu rashladnog tornja do njegovog dna. Sa porastom visine tornja neophodno je povećavati i njegovu širinu u osnovi, što dodatno povećava investiciju. Rashladni toranj sa raspršivačima često nije preporučljiv, upravo iz razloga nepovoljnog odnosa njegove cene i efikasnosti, te se investicija u visinu tornja može bolje iskoristiti primenom naprednijeg sistema za hlađenje.

U regionima gde vazдушna strujanja nisu dovoljno prisutna da obezbede adekvatnu ventilaciju vetrom, kao i u toplim oblastima gde je potrebno održavanje unutrašnje temperature značajno ispod nivoa spoljašnje, neophodno je primeniti posebna rešenja. Na Slici 1 prikazana je takođe i primena solarnih dimnjaka u cilju intenziviranja odstranjivanja zagrejanog vazduha iz zgrade, a time i dopremanja svežeg vazduha u zgradu. Solarni dimnjak predstavlja ventilacioni kanal izolovan od korisnog prostora zgrade koji intenzivno koristi sunčevu energiju za

zagrevanje vazduha u sopstvenoj unutrašnjosti. Tako zagrejan vazduh izlazi kroz vrh solarnog dimnjaka, stvarajući sišuću zonu pri njegovom dnu, čime se utiče na odstranjivanje vazduha iz samog objekta. Sa povećanjem veličine solarnog dimnjaka, povećava se i intenzitet cirkulacije vazduha, tj. prirodne ventilacije.



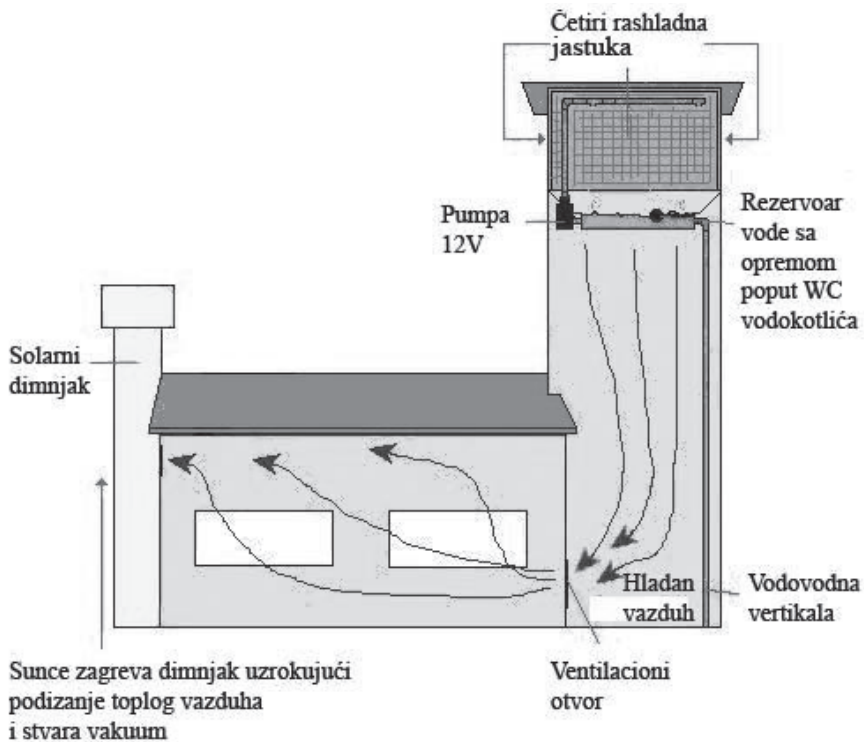
Slika 1. Rashladni toranj sa raspršivačima
(www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm)

4. 2. Rashladni toranj sa jastucima

Rashladni toranj sa jastucima je najčešće u primeni i prikazan je na Slici 2. On podrazumeva postavljanje rashladnih jastuka na samom vrhu tornja, kroz koje voda teče vertikalno nadole. Kako vetar deluje kroz vlažne jastuke, voda isparava i hladi vazduh. U ovom slučaju je potrebno obezbediti ~6.50-7.40 m² jastuka na vrhu tornja. U toku rada ovog sistema za hlađenje je neophodno obezbedi-

ti minimalni otpor dejstvu vetra što se postiže potrebnim presecima samih otvora. Uobičajena dimenzija ove vrste tornja je ~1.8 x 1.8 x 9.0 m (www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm).

Ispod rashladnih jastuka potrebno je predvideti rezervoar sa ~4-8 l vode sa točecim mestom. Van rezervoara potrebno je postaviti i pumpu od 12 V u funkciji prepumpavanja vode iz rezervoara ka jastucima, što je prikazano na Slici 2.

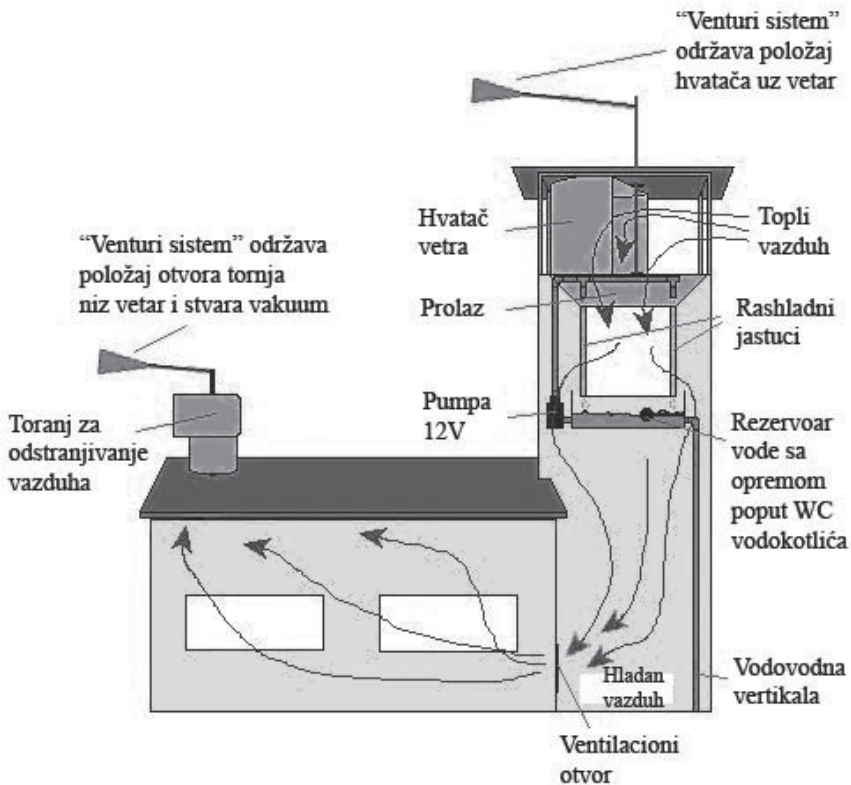


Slika 2. Rashladni toranj sa jastucima
(www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm)

4. 3. Rashladni toranj sa jastucima i hvatačem vetra

Rashladni toranj sa jastucima i hvatačem vetra predstavlja uznapredovani tip tornja i prikazan je na Slici 3. U cilju obezbeđivanja intenzivnijeg strujanja vazduha u rashladnom tornju se postavlja hvatač vetra iznad rashladnih jastuka, a na samom njegovom vrhu. Hvatač vetra treba da poseduje krilo za usmeravanje, kako bi se otvor nalazio uvek licem orijentisan ka vetru. Umesto solarnog dimnjaka ili velikih otvora za odstranjivanje toplog vazduha iz zgrade, moguće je postaviti

krovne otvore sa krilima za usmeravanje otvora niz vetar. Ovakav sistem obezbeđuje uspešno funkcionisanje bez obzira na pravac delovanja vetra, što predstavlja efikasnije rešenje.



Slika 3. Rashladni toranj sa jastucima i hvatačem vetra
(www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm)

U ovoj koncepciji rashladni jastuci se nalaze direktno ispod hvatača unutar tornja. Na ovaj način vazduh se neposredno usmerava u toranj i na rashladne jastuke, čime se smanjuje njihova potrebna veličina i površina, kao i ukupna investicija. Ovo rešenje zahteva rashladne podmetače površine $\sim 1.85 \text{ m}^2$, debljine $\sim 9.5 \text{ cm}$. Sam toranj je kvadratne osnove stranica $\sim 1.8 \text{ m}$ i visine $\sim 9.0 \text{ m}$. Hvatač vetra se nalazi nad vrhom tornja i visine je $\sim 1.20 \text{ m}$, ispod koga su dva kvadratna jastuka sa stranicama od $\sim 0.90 \text{ m}$, debljine $\sim 9.5 \text{ cm}$, što je prikazano na Slici 3. Projektom se može predvideti kapak u funkciji zatvaranja vrha tornja u slučaju oluje (www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm).

5. PRIMERI IZVEDENIH I PROJEKTOVANIH ZGRADA SA RASHLADNIM TORNJEVIMA

Tradicionalna arhitektura toplih i suvih oblasti karakteriše se čestom primenom rešenja tornjeva za hlađenje, kao što je prikazano na Slici 4. Svojom dominantnom formom i materijalizacijom, tornjevi za hlađenje predstavljaju vizuelnu dominantu samog grada.

Na Slici 5 prikazana je zgrada Torrent Research Centre, koja predstavlja primer primene rashladnih tornjeva u modernoj arhitekturi. Unapređenjem ovog rešenja u pogledu konstrukcije i materijalizacije, uz istovremeno davanje posebnog estetskog karaktera same forme, tornjevi za hlađenje mogu biti efikasno primenjeni i na mnogim savremenim arhitektonskim rešenjima.

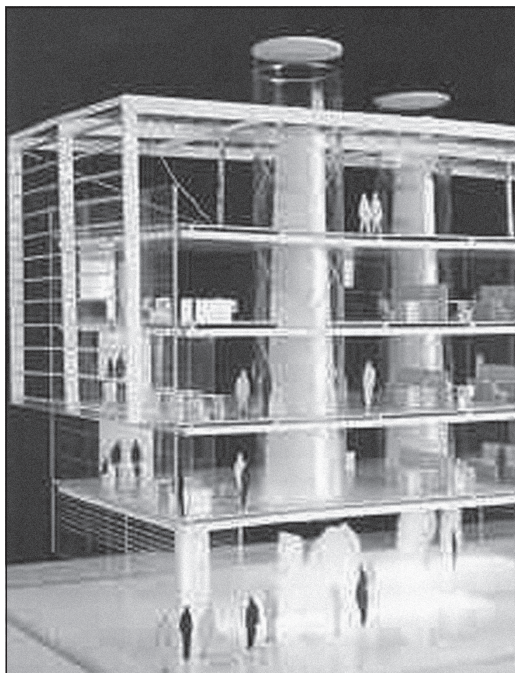
Slika 4. Panorama grada Jazda, Iran
(<http://www.flomeric.com/files/casestudies/424/v41.pdf>)



Slika 5. Torrent Research Centre u Ahmedabadu, Indija
(http://www.archnet.org/library/sites/one-site.jsp?site_id=4164)



Maketa projektovane zgrade Instituta Conphoebus je prikazana na Slici 6. Ona predstavlja deo istraživanja na temu primene sistema pasivnog hlađenja isparavanjem u nestambenim zgradama u južnoj Evropi u okviru projekta JOULE.



Slika 6. Maketa projekta Instituta Conphoebus u Kataniji, Italija, arh. Mario Cucinella

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Primena rashladnih tornjeva u postupku pasivnog hlađenja zgrada predstavlja mogućnost postizanja adekvatnog unutrašnjeg komfora u toplim i suvim oblastima uz istovremeno smanjenje utroška energije.

Rashladni tornjevi predstavljaju primer uticaja klime na arhitektonsko oblikovanje zgrada, tj. njihovog prilagođavanja uticajima iz okruženja, a u cilju poboljšanja unutrašnjeg komfora. Adekvatnim arhitektonskim uobličavanjem rashladni toranj može predstavljati i estetsku dominantu u čitavoj kompoziciji.

Mogućnost primene rashladnih tornjeva u postupku pasivnog hlađenja zgrada van toplih i suvih oblasti mora biti ispitano u pogledu mogućeg nepoželjnog povećanja vlažnosti vazduha u unutrašnjem prostoru. Takođe je potrebno analizirati isplativost čitave investicije, s obzirom na broj toplih i suvih dana tokom godine, kada bi upotreba ovog sistema bila odgovarajuće efikasna.

Funkcionisanje tornjeva za hlađenje podrazumeva male brzine strujanja vazduha u unutrašnjosti zgrade. U cilju efikasnijeg funkcionisanja samog sistema, hlađenje većeg unutrašnjeg prostora bez pregrada, u odnosu na više manjih prostorija, znatno je povoljnije. Iz istog razloga bi eventualna primena ventilacionih kanala za sprovođenje vazduha do prostorija podrazumevala njihov veći radni profil u odnosu na mehanički sistem ventilacije.

Rashladni jastuci od prirodnih vlakana jasike treba da budu prethodno tretirani odgovarajućim hemikalijama u cilju povećanja vlažnosti, kao i prevencije razvoja mikroorganizama. Rashladni jastuci od čvrstog platna i nabrane plastike, impregnirane celuloze ili staklenih vlakana, češće se koriste iz razloga što ne zahtevaju ram za ukrućivanje, kao i kapljica malog vazdušnog pritiska i lakog održavanja.

Neophodno je obezbediti visok pritisak vode u sistemu u cilju minimalizovanja kapljica vode i maksimalnog intenziviranja isparavanja. Sistem za raspršavanje vode mora da podrazumeva redovno održavanje, naročito u slučaju tvrde vode i mogućeg blokiranja mlaznica.

7. LITERATURA

- [1] Battle McCarthy Consulting Engineers (1999): *Wind Towers – Detail in Building*, Academy Editions, Weast Sussex, UK
- [2] Bouchaham, Y. (1998): *Passive Evaporative Cooling by Means of Wind Tower for Summer Comfort in Algeria*, Procs. of The 5 th WREC – Energy Efficiency, Policy and the Environment, Florence, Italy, 20-25 September 1998, Part III, 1563-1566
- [3] Bowen, A. (1985): *Design Guidelines on Vertical Airflow in Buildings and Urban Areas, Passive and Low Energy Ecotechniques*, Procs. of the Third International PLEA Conference, Mexico City, Mexico, 6-11 August 1984
- [4] EXPEDITIO (2004.): *EXPEDITIO 2 – Градимемо одрживо*, EXPEDITIO Центар за одрживи развој, Котор, Црна Гора
- [5] Ford, B., Pate, N., Zaveri, P., Hewitt, M. (1998): *Cooling Without Air Conditioning*, Procs. of The 5 th WREC – Energy Efficiency, Policy and the Environment, Florence, Italy, 20-25 September 1998, Part I, 177-182
- [6] <http://www.arch.mcgill.ca/prof/bourke/arch672/fall2002/evapor.htm>
- [7] http://www.archnet.org/library/sites/one-site.jsp?site_id=4164
- [8] <http://www.flomerics.com/files/casestudies/424/v41.pdf>
- [9] <http://www.thefarm.org/charities/i4at/lib2/aircool.htm>

APPLIANCE OF COOLING TOWERS IN THE PROCESS OF PASSIVE COOLING OF BUILDINGS

ABSTRACT:

This work deals with an observation of an appliance of cooling towers in the process of passive cooling of buildings. The possibilities of realizing the thermal comfort in hot areas using appropriate passive cooling advices have been perceived. The concepts of fresh air intake, as well as hot air exhaust, applying appropriate solutions of cooling towers have been analyzed. By using of thermal effect and wind force, the appropriate strategies of air circulation have been realized, with the influence on energy saving in the process of cooling of buildings.

