

# KLIMATIZACIJA – JEDNO OD NAJZNAČAJNIJIH TEHNIČKIH DOSTIGNUĆA XX VEKA

Branislav Todorović<sup>1</sup>

*Ključne riječi: hlađenje, led, isparavanje, kompresija, klimatizacija, komfor*

## SAŽETAK:

Američki časopis *Mechanical Engineering* je objavio 10 najvažnijih tehničkih dostignuća XX veka, postavljajući hlađenje i klimatizaciju na sedmo mesto. U radu je dat pregled razvoja grejanja kao preteču klimatizacije, posebno hlađenja, kome su ljudi oduvek težili, koristeći prvo sneg i led kao i evaporativno dejstvo vode, za snižavanje temperature. Opisuju se uspešni pokušaji istraživača i navode primeri prvih mehaničkih hlađenja na koje se čekalo do XX veka i pronalaska električne energije.

## 1. UVOD

Vodeći inženjerski časopis "Mechanical Engineering", koji izdaje američka asocijacija mašinskih inženjera ASME, objavio je spisak najznačajnijih dostignuća u tehnici u toku XX veka sa sledećim redosledom: automobili, vasijski letovi, električna energija, mehanizacija u poljoprivredi, avioni, integrisana kola za računare, klimatizacija i hlađenje, primena kompjutera u tehnologiji, bioinženjerstvo, kodovi i standardi.

Izbor i redosled sačinjeni su prema korisnosti i praktičnosti samog tehničkog rešenja kao i prema onome šta ona donose u životu i radu ljudi, stepenu prihvaćenosti i značaju za dalja osvajanja ne samo u području tehnike već i u ostalim granama nauke, odnosno u raznim domenima ljudskog života.

## 2. PRVA HLADJENJA UNUTRAŠNJEG PROSTORA

Snižavanje temperature vazduha koji se koristi u cilju klimatizacije unutrašnjeg prostora zasnovano je na tehnici hlađenja, pa je pronalazak rashladnih mašina omogućio

---

<sup>1</sup> Inženjerska Akademija Srbije i Crne Gore

da se usavrši klimatizacija. Baš zato je kao značajno dostignuće XX veka navedeno "klimatizacija i hladjenje".

Medjutim, ljudi nisu počeli da hlade prehrambenu robu ili da snižavaju temperature u svojim prostorijama u toku upravo završenog proteklog veka. Poznato je da se od davnina na pogodnim mestima čuvao sneg i led iz zimskih meseci da bi se koristio u toku toplog perioda. Zapazili su naši preci i efekat rashladjivanja ljudske kože isparavanjem znoja, pa su hladili vodu u mešinama od porodne kože, da bi za pravljenje leda i primitivnu klimatizaciju koristili evaporative efekat. U vlažnim pećinama kroz koje je postojalo prirodno strujanje vazduha, na pojedinim mestima oko podzemnih izvora, naši preci su nalazili led i tokom toplih godišnjih perioda.

A hladjenje prostorija, neka davna preteča današnje klimatizacije, je bilo poznato i pre 2500 godina. Nadjene su freske iz tog vremena na kojima su prikazani robovi koji lepezama pobudjuju strujanje vazduha preko tepsija napunjenih vodom, koristeći na taj način proces isparavanja vode za snižavanje okolne temperature. Postoje i ostaci drevnih zgrada koje su bile hladjene vazduhom iz podzemnih pećina, što je u sličnoj varijanti našlo primenu i u nekim savremenijim gradjevinama. Ima zapisa da je u 8. veku u kući bagdadskog kalifa, u međjuprostoru zidova, pakovan sneg za letnje hladjenje. A kada danas toliko govorimo o korišćenju sunčeve topote, neka bude pomenuto da su to činili ljudi od prvih trenutaka svoje svesnosti. Otvori pećina su uvek bili okrenuti jugu a narodi drevnih Inka imali su svoj način absorbovanja sunčeve energije. Genijalni Leonardo Da Vinči je i u oblasti klimatizacije ostavio trag. On je oko 1500. godine napravio skicu i dao opis ventilacije i hladjenja za palatu jedog od svojih mecena u Firenci. Po njegovom opisu i skici, dolivanjem vode u posudu koja nije "meh od kože", sabijao se vazduh u njoj i usled toga dolazilo do talasanja vodene površine i intenzivnijeg isparavanje vode pri čemu se vazduh rashladjivao. Kao pogon za obrtanje bubnja pomoću koga je dolivana voda u posudu, a koji je imao ozupčenje po svom spoljem obodu, zapisao je Leonardo da je potrebna snaga jednog čoveka, ali i da bi bilo "izuzetno korisno ako bi se koristila snaga vodenog pada". Nije iz skice i kratkog opisa razumljiva ideja funkcionisanja uređaja, a nije ni poznato da je zamisao praktično primenjena. U svakom slučaju, predstavlja prvi poznati crtež konstrukcije uređaja za hladjenje prostorija.

### **3. KORIŠĆENJE LEDA ZA HLADJENJE**

Poznato je iz najdavnije prošlosti da se led vadio iz zamrznutih reka i jezera, i čuvao za letnje korišćenje. U jednom kineskom zapisu iz 1100-te godine pre nove ere nadjena je poema o korišćenju leda za čuvanje namirnica.

Medjutim, masovnije korišćenje leda datira od 18. veka, kada se razvija trgovina ledom koja sredinom veka postaje jedan od najunosnijih poslova. Samo iz Bostona se 60000 tona leda godišnje transportovalo do 18000 potrošača. Industrija piva u Americi i Evropi je rapidno rasla i bila glavni potrošač leda. Još početkom 18. veka pojavila se ideja da se za lagerovanje leda u "fabrikama" leda grade prostorije pod zemljom kako bi zemlja bila toplotni izolator. Medjutim, potrebu za toplotnom izolacijom su itekako znali stari Rimljani, što se vidi iz crteža iz tog vremena, kada se led prekrivao biljem izolacionog efekta. Ipak, prvi razvoj izolacije datira sa samog početka 19. veka kada su veliki gubici prilikom transporta leda nagonili na iznalaženje rešenja koji bi gubitke smanjili ili potpuno

sprečili. Jedan od prvih patenata je prijavljen 1803. godine, sa objašnjenjem da led koji se koristi za snižavanje temperature treba da prima samo toplotu od materijala koji se hladi, održavajući ga na niskoj temperaturi, a nikako od okoline. Dva suda jedan u drugom, sa međuprostorom ispunjenim ledom, su prvi frizideri. Prema spoljnoj okolini sud je bio obložen sa vunenom tkaninom koja je bila postavljena zečjom kožom. Potom su konstruisani frižideri koji kasnije postaju dostupni domaćinstvima ali uz redovno snabdevanje komadima leda, što je potrajalo skoro do sredine XX veka.

Od 1890. godine industrija prirodnog leda jenjava. Gradovi se razvijaju pored reka i jezera pa dolazi do njihovog zagadjena, tako da se zbog neprijatnog mirisa, bakterija, prljavštine, zabranjuje vadenje leda, pa se prelazi na osvajanje mehaničke proizvodnje leda. Hladnjače se tokom druge polovine XIX veka brzo razvijaju i tehnički usavršavaju, ali su, jos uvek, bile neprihvatljive za široku upotrebu zbog velikih dimenzija, zahteva za stručnim rukovanjem, curenja, bezbednosnih uslova, pa se primenjuju samo u pogonima velikih industrija, pre svega u industriji za proizvodnju piva, kao i u prehrambenoj industriji.

#### **4. OSVAJANJE MEHANIČKOG HLADJENJA**

Kao doprinos mehaničkom hladjenju značajni su eksperimenti koje je sproveo Englez John Leslie, oko 1800. godine, sa smrzavanjem vode isparavanjem, izlažući je suvoj i razredjenoj atmosferi. On je postavio dve posude pod zvonastim poklopcem, jednu sa vodom a druga sa sumpornom kiselinom, i pomoću vazdušne pumpe je evakuisao vazduh ispod staklene zvonaste prekrivke. Razredjen vazduh, odnosno umanjeni pritisak i afinitet sumporne kiseline prema vodenoj pari, su učinili da voda ispari i da se vodena para zamrzne. Tek 1824. godine Francus Carre omogućava da se ovaj način hladjenje približi realizaciji. Englez John Dalton, poznat po svom zakonu o parcijalnim pritiscima gasova a mnogo manje po svojim zapažanjima i zaslugama u vezi veštačkog hladjenja, je zapazio da se efekat hladjenja ili zagrevanje postiže zavisno od toga da li je vazduh razredjen ili kompresovan. Ovo nalazi primenu nekih 40 godina kasnije u prvom vazdušnom rashladnom sistemu.

Inače, ideju da se hladjenje može proizvesti podsticanjem isparavanja lako isparljivih tečnosti pod umanjnim pritiskom, prvi je ustanovio Wolliam Cullen, još u 18. veku. U to vreme je već bilo poznato kako para lako isparljivih tečnosti hladjenjem i kompresijom može da se kondenzuje, što je kasnije spojeno i korišćeno u kontinualnom zatvorenom ciklusu.

Prvo mehaničko hladjenje uspeo je da ostvari lekar Gorrie za koga se tvrdi da zaslužuje da bude smatran "ocem" klimatizacije i mehaničkog hladjenja". Jer 1851. godine dr Gorrie je dobio potvrdu za svoj patent "prve mašine koja je ikada konstruisana za mehaničko hladjenje i klimatizaciju". Njegova mašina je koristila vazduh kao sredstvo za hladjenje: vazduh je bio sabijan dejstvom klipne pumpe i uvodjen u rezervoar kroz podešen ventil, potom u ekspanzionu mašinu. Ona je bila povezana sa kompresorom koji je mogao da se pokreće konjskom snagom, vodenim padom ili parom. Za svoju mašinu Gorrie je rekao da je jednostavne konstrukcije, da zahteva malo energije i da obavlja kompletnu operaciju, a njeni delovi - ako su dobre izrade - nisu podložni oštećenju usled habanja, uz napomenu da se može postaviti u bilo koji deo kuće ili broda.

Interesantno je da je Gorrie, radeći kao lekar u vlažnoj Floridi smatrao da postoji veza između vlažnosti vazduha u močvarnim predelima i malarije koju su prenosili komarci. U želji da zaštiti bolesnike koji su imali groznicu, još 1842. godine je ovaj lekar predlagao veštačko hladjenje čitavih gradova. On je izumeo sistem duvanja vazduha u bolesničke sobe preko blokova leda. Nije poznato kako je bilo ostvareno strujanje vazduha u doktorovom rešenju ali se pretpostavlja se da je "duvač" pokretan pomoću parne mašine, možda i snagom roba, ili je u pitanju bio vetar tog područja. Ali je poznato je da je led koji je on koristio brodovima prenošen iz Bostona i Njujorka, gde je vadjen iz severnih jezera zimi i čuvan u izolovanim prostorima, a kasnije transportovan na obale Floride u Meksičkom zalivu. Nesiguran prevoz leda i visoka cena transporta naterala je Gorria da se odluči na pokušaj da napravi racionalniji sistem sa hladnim vazduhom za rashladjivanje svojih pacijenata, koji je pomenute 1851. i zvanično patentiran.

## 5. VREME SAVREMENE KLIMATIZACIJE

Hladjenje u svrhu klimatizacije, sa preciznim sagledavanjem termodinamičkog procesa datira iz samog početka XX veka a podstaknuto je teškoćama koje su 1902. godine pretile da potpuno unište štampariju u Brooklinu u državi New York. Usled velike vlage, u procesu štampanja koje je zbog više boja zahtevalo ponavljanje dobijanja otiska pod štamparskom presom za svaku boju pojedinačno, usled visoke temperature i vlažnosti dolazilo je do istezanja papira. Zbog toga su otisci pojedinih boja bili pomereni jedan u odnosu na drugi, što je donosilo i loš kvalitet štampe i velike finansijske gubitke štampariji. U danima visoke vlažnosti štampanje nije ni moglo da se obavlja, pa je od kompanije iz Bufala zahtevano da ostvari kontrolu vlažnosti u štampariji. Zadatak da taj problem reši dobio je inženjer te kompanije Willis Carrier. Kada je upoznao problem Carrier je zadatak ocenio "kao težak i da bi mnogo jednostavniji bio kada bi se u unutrašnjem prostoru zahtevalo održavanje veće a ne manje relativne vlažnosti, od one u spoljnoj sredini". Ali kako je zahtev bio da se postigne manja vlažnost nego u spoljnoj sredini, Carrier konstatuje, da su na "teškom putu" da se problem uspešno reši.

On se prvo opredelio na sušenje vazduha pomoću rastvora kalcijum hlorida kao higroskopne materije. Postavio je tkaninu na dva valjka i ventilator kojim je vazduh duvao na razapetu i stalno kvašenu tkaninu sa zasićenim rastvorom kalcijum hlorida. Vazduh je postajao suvlji ali je sadržao sitne kapi soli koje su nepovoljne za štamparske mašine. Zato je eksperimentisanje bilo prekinuto a Carrier se opredelio na hladjenje vazduha ispod tačke rose. Koristio je parni grejač da propušta kroz njega hladnu vodu obližnjeg jezera, pa je tako od grejača napravio hladnjak na kome se vršilo kondenzovanje vlage iz vazduha, odnosno njegovu sušenje. Eksperimentima je došao do odnosa potrebne površine hladnjaka, njegove početne temperature, količine vazduha i krajnje temperature vazduha. Kao rezultat ovih istraživanja, Carrier je 1906. godine objavio prvi dijagram vlažnog vazduha u perspektivi kompanije za koju je radio. Međutim, ko je bio prvi autor detaljnog objavljivanja ovakvog dijagrama u stručnoj literaturi, teško je dokučiti. Pominju se izdanja W.F. Tyler-a 1902. godine, W Grosvenor-a 1908. i Carrier-a 1911. U istom periodu pojavio se dijagram vlažnog vazduha i na drugom kraju sveta. U Nemačkoj ga je objavio profesor Drezdenske tehničke škole Molliera (1923), a u Rusiji ga je predložio Ramzina 1918. godine. Zaključak ko je bio prvi i nije tako važan, ali je interesantna činjenica da se u

istom periodu pojavio na raznim stranama sveta. Sve to samo pokazuje da su potrebe za hladjenjem bile svuda iskazane i da je znanje dospevalo u sve učene sredine gotovo istovremeno, inspirujući one najljubopitljivije da o sličnim problemima razmišljaju i za njih traže rešenja.

Nagoveštaji o hladjenju bolnica i hotela zapaženi su tokom celog 19. veka i u Engleskoj, kao i u Francuskoj i Nemačkoj u kojoj je naučna dostignuća u svojim knjigama prenosio inženjerima Herman Rietschel, čije ime nosi institut za grejanje i klimatizaciju u Berlinu. On je prvi otkrio da se raspršena voda može koristiti i za sušenje vazduha. A čuveni Nemačkar Carl Linde je na prvom kongresu o hladjenju konstatovao da je industrija hladjenja napravila veliki progres u hladjenju prostorija, ali da treba još progressa da bi bila na korist čovečanstvu.

Naziv "air conditioning" se pojavio još 1905. godine a upotrebio ga je američki inženjer koji je radio u tekstilnoj industriji. U nekim zemljama se koristi naziv "kimatization", jer se smatra da se u zatvorenom prostoru ostvaruje i održava određena klima.

Ventilacija sa raspršenom vodom, tzv. maglene komore, se pojavljuju oko 1900. godine. Koriste ih pozorišta u Nemačkoj, u Austriji, USA, u Brazilu, i najzad počinje primena rashladnih mašina. Ali toksičnost primenjenih rashladnih fluida i veličina uređaja sa parnom mašinom kao pogonom, su još uvek prepreka za širu primenu. Tek pronalazak električne energije daje mogućnost šire primene klimatizacije.

Prema navodima američke literature, prva klimatizacija u javnoj zgradi, bila je ugradjena u Njujorškoj berzi 1901. godine a sledeća u paviljonu na svetskoj izložbi u SAD. 1917. se ugradjuje klimatizacija u bioskopskim salama u SAD, a tek 1929. je konstruisan prvi hladnjak za jednu sobu. Tek od 1930. klimatizacijom definitivno objedinjuju grejanje i hladjenje.

Prva klimatizacija automobila je zabeležena 1930. godine a šira primena datira od 1938. godine.

Smatra se da je klimatizacija učinila da su se, pre svega u Americi, podigli gradovi na njihovom tropskom i vlažnom delu, pre svega na Floridi. Ali i u žarkim zonama Bliskog Istoka. Omogućilo je da turisti stignu na sve krajeve našeg globusa, da se u bolnicama stvaraju uslovi za efikasnije ozdravljenje, a u fabrikama povoljni uslovi za rad i najviši kvalitet proizvoda. Klimatizacija omogućava život i ispod nivoa zemlje ili okeana, u podmornicama, rudnicima, kao i prisustvo ljudi u vasijskim letovima.

## **6. HLADJENJE U SRBIJI**

Nema nikakvih dokaza i dokumenata koji bi govorili o praktičnim primenama hladjenja u našoj zemlji ali je verovatno da se, ako ne ranije, a onda u XVI veku skladištilo led u toku zime da bi se leti koristio za skladištenje hrane i za pravljenje sladoleda. Jer, to je vreme kada su Turci vladali Srbijom, a utvrđeno je da su oni još 1553. godine proizvodili sladoled, mešanjem leda i snega sa smokvama i drugim voćem. Prvi zapis o korišćenju leda datira iz 1721. godine, o vadjenju leda iz Tamiša za potrebe pančevačke fabrike piva.

Kada je oko 1880. godine u svetu postojalo desetak hladnjača, u Beogradu se prvi amonijačni kompresor pušta u rad 1895. godine u Vajfertovoj pivari. Kao izvoznik

svinjskog mesa, Srbija 1896. godine ima 20 "izotermičkih" vagona a 1898. godine pušta se u rad prva hladnjača za hladjenje mesa u klanici Srpskog klaničkog društva. Hladnjača je imala dva amonijačna kompresora kapaciteta od oko 250kW a samo hladjenje je bilo slanom vodom i rashladjenim vazduhom. Klanica je imala pet hladionioaca korisne površine 886m<sup>2</sup> sa mogućnošću održavanja temperature u njima od 2 do 6C. Postrojenje je služilo i za proizvodnju oko 20 tona leda dnevno. Potom se 1900. godine pušta amonijačno rashladno postrojenje u pivari Bajloni kapaciteta 93kW. U fabrici salame u Mladenovcu stavljen je u pogon 1910. godine amonijačni kompresor kapaciteta 52kW za dve hladionice površine 230m<sup>2</sup>, koji su korišćeni i za proizvodnju 2,5t leda na dan.

Procesi hladjenja, prvo korišćeni za proizvodnju leda a potom i za transport namirnica značili su mnogo za prehrambenu industriju Srbije u cilju njihovog izvoza, pre svega za izvoz mesa. Zato je Kraljevina Srbija bila zainteresovana za primenu najnovijih dostignuća u hladjenju, pa je bila jedna od pet zemalja Evrope koja je inicirala osnivanje Medjunarodnog Instituta za hladjenje kao međjuvladine institucija (Francuska, Nemačka, Engleska, Holandija i Srbija). Na osnivačkom skupu 1903. godine Srbiju je predstavljao Djordje Stanojević, toliko pominjan kada je reč o elektrotehnici. U to vreme on je bio rektor Beogradskog univerziteta, a Institut u Parizu, koji se uspostavlja 1908. godine, već sledeće godine štampa njegovu knjigu "Industrija hladnoće" na francuskom jeziku, po svoj prilici to je prva knjiga te vrste u Evropi. Iste godine Sbjia osniva Državni komitet za industriju hladjenja.

U Srbiji su prve klimatizacije datirane 1938. godine u hotelu Mažestik i u nekadašnjem bioskopu Beograd na Terazijama. Potom u bioskopskoj sali današnjeg bioskopa Kozara. U Mažestiku klimatizacija je bila ugrađena za hotelski bar. Projektant je bio inženjer Volohov koji je projektovao i prvu laboratoriju za grejanje i ventilaciju, u starom delu zgrade današnjeg Mašinskog fakulteta u Beogradu. Klimatizaciju bioskopske sale Beograd uradila je filijala američke firme Carrier iz Frankfurta. Posle II svetskog rata, hotel "Jugoslavija" u Beogradu je bio prvi hotel u Srbiji koji je bio klimatizovan a primenjeni sistem je bio sa ventilator-konvektorima. U zgradi bivšeg Centralnog komiteta komunističke partije, u zgradi koja je danas poznata pod imenom "Ušće", bio je ugrađen prvi klimatizacioni sistem visokog pritiska u ovom delu Evrope, a hrabri projektant je bio Ladislav Vicek. Nažalost, zgrada je stradala u bombardovanju NATO pakta 1999. godine, posle čega je veoma brzo umro i njen projektant.

## **7. AKTUELNA PROBLEMATIKA KLIMATIZACIJE**

Koji su danas problemi koji su aktuelni pri projektovanju klimatizacionih sistema? Približavanje krajnjem iscrpljenju klasičnih energetske izvora, zahtevi za najmanjom mogućom potrošnjom energije, iznalaženje čistog vazduha za održavanje higijenskih uslova u unutrašnjem prostoru, kao i zaštita spoljne sredine od produkata sagorevanja zbog globalnog zagrevanja atmosfere kao i zamena rashladnih fluida za koje se smatra da uništavaju ozonski omotač. Rešenja treba tražiti i u duhu tzv. održivog razvoja (sustainable development, nachhaltige Entwicklung). Zapravo, da napredak tehnike i tehnologije, uz sve novo što se unapređuje i gradi, nikako ne ometa održivost svega što karakteroše današnje životne uslove na planeti Zemlji, vodu, vazduh, organski svet. Bilo bi to divno ako bi moglo da se napreduje u duhu održivog razvoja a imajući u vidu razne

nuklearne opite, ratne eksperimente, kvarove na nukleranim elektranama, intervencije slične onima koje je izvodio NATO 1999. godine u našoj zemlji, da ne govorimo o mnogo toga što napredak tehnologije, hemije, medicine donosi a što uvek nosi, uz odredjenu korist, i pretnju životu na Zemlji.

### LITERATURA:

- [1] B.Nagengast: *It is a cool story-Refrigeration and air conditioning in 20<sup>th</sup> century*, Mechanical Engineering Journal, ASME International. Vol.122. No. 5, 2000.
- [2] B. Nagengast: *100 years of Air Conditioning*, ASHRAE Journal, June 2002.
- [3] Harry Will: *The First Century of Air Conditioning*, ASHRAE Journal, December 1998.
- [4] B.Donaldson; B. Nagengast: *Heat and Cold-Mastering the Great Indoors*, ASHRAE, 1994.
- [5] B.Todorovic: *Energy of Belgrade, second edition*, SMEITS, Belgrade 1983.
- [6] B.Todorovic: *Air Conditioning as One of Most Important Achievements in the Last Century*, Serbian Humboldt Club, Belgrade, 2002.
- [7] Klaus Usemann, Lonholdt's Patent-Feuer-Closet, VDI Verlag GmbH, Dusseldorf, 1983.

## CLIMATISATION – ONE OF THE MOST IMPORTANT TECHNICAL ACHIEVEMENTS OF THE 20<sup>th</sup> CENTURY

### ABSTRACT:

The journal "Mechanical Engineering" has published a list of the top 10 engineering achievements of the 20<sup>th</sup> century, in which air conditioning and refrigeration were listed on seventh place. In this paper is given a short history of refrigeration and air conditioning, from very first efforts to store ice from frozen rivers and lakes for hot seasons, till first refrigerating machines and to day's air conditioning. In the paper is given an overview of heating history as well and very first use of solar energy for food conservation, lighting and heating.