

STANJE I TRENDOVI UPORABE DIZALICA TOPLINE

Status and Trends of Heat Pumps Exploitation

UDK 341.225

Stručni članak

Professional paper

Sažetak

U radu je prikazan povijesni razvitak dizalica topline od 1834. godine do danas. Specificirana su današnja područja uporabe dizalica topline u stambenim i poslovnim zgradama i u industriji. Za područje grijanja/hlađenja prostora prikazana je ovisnost energijske učinkovitosti pojedinih sustava o njihovim radnim temperaturama. Dani su usporedni podaci o rasprostranjenosti korištenja dizalicama topline u nekim europskim zemljama. Analizirani su ekološki i energijski razlozi za uporabu, a na primjeru realiziranoga pilot-projekta iz nacionalnoga energetskog programa pokazana je prednost ove tehnologije. Razmatrani su mogući toplinski izvori i dani su kriteriji za ocjenu njihove valjanosti, uz pregled prihvatljivih novih radnih tvari.

Ključne riječi: dizalice topline, toplinski izvori, nove radne tvari, energijska učinkovitost

Summary

This paper deals with historical development of heat pumps from 1834 till today. Present applications of heat pumps in residential and commercial buildings, and in industry are specified. Application in the area of heating/cooling is presented through dependence of energy efficiency of different systems and their working temperatures. Comparison of heat pumps use in various European countries is also presented. Ecological and energy reasons for their use is analysed while advantage of described technology is presented on example of realized pilot project from national energetic program. Potential sources of heat are considered with criteria of their applicability. Convenient new working fluids are reviewed.

Key words: heat pumps, heat sources, new working fluids, energy efficiency

1. Uvod

Introduction

Racionalno korištenje i upravljanje energijom temeljna je pretpostavka održivoga razvoja. Gospodarenje energijom danas je usmjereno na uporabu i promociju čistih tehnologija, energijske učinkovitosti i korištenja obnovljivim izvorima, a sve u želji da se zaštiti okoliš. Dizalice su topline uređaji koji, koristeći se obnovljivim toplinskim izvorima topline iz okoliša i izvorima otpadne topline, na najučinkovitiji način zadovoljavaju potrebe grijanja i hlađenja različitih namjena, ali i različite toplinske potrebe u industriji. Radni ciklusi modernih dizalica topline uglavnom su parni kompresorski, rjeđe apsorpcijski. Kompresori u dizalicama topline mogu biti klipni s jednim ili više cilindara, vijčani ili centrifugalni, a kompresija jednostupanjska ili višestupanjska. Pogon kompresora najčešće je elektromotorni. Kapaciteti dizalica topline kojima se danas koristi kreću se u rasponu od 1,75 kW do 44 MW.

2. Povijesni razvitak dizalica topline

Historical Development of Heat Pumps

Povijest suvremenih rashladnih uređaja i dizalica topline započinje 1834. godine, kad je Jacob Perkins, koristeći se teorijskim načelima Carnotova ciklusa (Sadi Carnot, 1824.), patentirao prvi parni kompresorski rashladni uređaj. Prvi opis termodinamičkog ciklusa za "pumpanje" topline s niže na višu temperaturnu razinu objavio je William Thompson (Lord Kelvin) 1852., a Peter von Rittinger je 1856./57. u Ebensee u Austriji izradio prvu praktično uporabljivu dizalicu topline kapaciteta od 14 kW, korištenu u industrijske svrhe.

Prva velika dizalica topline puštena je u rad 1930./31. godine u Los Angelesu. Bila je vlasništvo kompanije za elektrodistribuciju i činio ju je rashladni sustav učinka 1,6 MW za hlađenje komora. Četvrtina njezina toplinskog učinka služila je za grijanje poslovnoga prostora. Ista je kompanija je između 1937. i 1940. postavila još četiri dizalice topline u četiri objekta. Koeficijent grijanja bio je od 1,45 do 1,98. Druga je slična kompanija, u istočnom

* mr. sc. Matko Bupić, v. pred. Sveučilišta u Dubrovniku, mentor

** Sanel Čustović, diplomant stručnog studija strojarstva na Sveučilištu u Dubrovniku

dijelu SAD-a, u razdoblju između 1934. i 1940. godine opremila osam objekata dizalicama topline kapaciteta od 60 kW do 1,2 MW. Poslije 1936. dizalice topline počinju se sve više ugrađivati.

Godine 1940. tvrtka "Westinghouse" proizvodi prvu agregatnu dizalicu topline namijenjenu za grijanje i hlađenje prostora, s instaliranom snagom od 770 W i s koeficijentom grijanja od 2,37 pri izvanjskoj temperaturi zraka od +5 °C. Ona je bila prethodnica današnjih sobnih klimatizacijskih uređaja. Okolišni je zrak služio kao toplinski izvor, a odleđivanje je obavljano promjenom ciklusa, što je prvi put upotrijebljeno u masovnoj proizvodnji.

Do razvoja dizalica topline u Europi dolazi tek oko 1930. godine, u čemu prednjači Švicarska. Prva velika "europska" dizalica topline postavljena je 1938. za vijećnicu u Zürichu, u neposrednoj blizini jezera. Snaga joj je 190 kW, a radi s rashladnom tvari R12 i jezerskom vodom kao toplinskim izvorom. Godine 1939. izrađena je i dizalica topline snage od 1,5 MW za grijanje prostora, bazenske i sanitarne vode, a toplinski izvor bila je također jezerska voda, ali i otpadna voda i vanjski zrak. Obje te dizalice topline proizvela je tvornica "Sulzer Escher Wyss".

Za vrijeme Drugoga svjetskog rata nastaje zastoj u proizvodnji i razvoju dizalica topline za civilne potrebe. Međutim, u tom je razdoblju u SAD-u izrađeno oko 10.000 dizalica topline za dobivanje pitke vode. Od 1948. godine u SAD-u razvijaju manje jedinice dizalica topline – klimatizacijske uređaje s grijanjem i hlađenjem za individualne korisnike. Proizvodnja tih uređaja, učinka od 10 do 30 kW, počela je vrlo brzo rasti i 1976. godine dosegla je 1,6 milijuna komada godišnje.

Do 1950. godine dizalicama se topline uglavnom koristi za grijanje kuća, tek neznatno u industrijske svrhe. Između 1950. i 1954. pojavljuju se mnoga odlična rješenja, koja zadovoljavaju sve strože tehničke i ekonomske zahtjeve. Tako tvrtka "General Electric" 1951. iznosi na tržište dizalicu topline proizvedenu u "split" izvedbi kojoj je toplinski izvor zrak. Vršna opterećenja pokrivaju se trofaznim električnim grijačem, pa se može rabiti tijekom cijele godine, i za grijanje i za hlađenje.

Oko 1950. godine u Velikoj Britaniji izrađene su dizalice topline s akumulatorom topline i antifrizom u cijevima, kojima je zemlja toplinski izvor. Imale su koeficijent grijanja veći od 3, i to pri najnepovoljnijim vremenskim uvjetima.

Od 1955. do 1968. u SAD-u 129 tvrtki proizvodi dizalice topline. To je vrijeme kad se broj prodanih uređaja udvostručavao iz godine u godinu. Na televiziji se pojavljuju obrazovne emisije o dizalicama topline namijenjene potencijalnim kupcima. Velik broj državnih i strukovnih institucija izdaje normative i propise koji sve preciznije određuju karakteristike ovih uređaja.

U Švedskoj, Francuskoj i Njemačkoj u razdoblju od 1960. do 1970. godine nastaje nagla tražnja za dizalicama topline koje se kao toplinskim izvorom koriste zrakom.

Nakon prve energetske krize početkom sedamdesetih godina, uporaba dizalica topline sve je veća, čak i tamo gdje nije bilo potrebe za hlađenjem. Nacionalni savezi za energetiku, npr. u Švedskoj i Velikoj Britaniji, pokazuju

veliko zanimanje za dizalice topline pri dobivanju toplinske energije. Taj uređaj postaje jedno od strateških rješenja za osiguravanje toplinske energije u kućanstvu. Otprilike u isto vrijeme povećava se proizvodnja tih uređaja kojima je pogonska energija tekuće ili plinovito gorivo, omogućujući time više temperature vode za grijanje. To je u postojećim sustavima za grijanje gdje je temperatura vode 90/70 °C omogućilo jednostavan prelazak na uporabu dizalica topline.

Mogućnost da se dobiju više temperature s pomoću dizalica topline ohrabrila je istraživače u Francuskoj, pa je početkom sedamdesetih godina izrađena studija o uporabi centrifugalnih kompresora s R113 i R114 u dizalicama topline za postizanje temperatura do 140 °C.

Sljedeće područje uporabe je poljoprivreda. U francuskom su gradu St. Laurent des Eaux 1975. godine upotrijebljene dizalice topline u stakleniku površine od 3.000 m² za sušenje graška i drugog povrća. Već 1976. godine bilo je u Francuskoj više od 1.000 takvih jedinica, kapaciteta od 1 do 30 kW, za odvajanje od 50 do 2.000 litara vlage dnevno. U toj zemlji pojavila se također znatna uporaba dizalica topline u proizvodnji mlijeka (temperature do 70 °C), vina i drugih prehrambenih proizvoda.

Prva je dizalica topline na ovim prostorima ona u Herceg Novom, instalirana 1963. za zagrijavanje staklenika; projektirao ju je profesor Sava Vujić. Rashladna je tvar bila metilklorid, a toplinski izvor zemlja. Iako je dobro radila, ubrzo je zamijenjena grijačima na u to vrijeme jeftinoj nafti.

Sedamdesete godine mogu se držati vremenom kad se i u našoj zemlji sve više razmišlja o uporabi dizalica topline za grijanje zgrada. Radi se više prototipova i ugrađuju se modeli stranih proizvođača. Godine 1979. u splitskoj je luci ugrađena prva domaća dizalica topline koju je proizveo splitski "Termofriz" za grijanje pomorsko-putničkoga terminala. Koristila se morskom vodom kao toplinskim izvorom; imala je toplinski učinak od 700 kW, s temperaturom vode za grijanje od 45/40 °C i rashladnim učinkom od 650 kW (12/7 °C).

3. Sadašnje stanje uporabe dizalica topline

Present Status of Heat Pumps Exploitation

Područja današnje uporabe dizalica topline mogu se podijeliti u dvije glavne skupine:

1. Uporaba u stambenim i poslovnim zgradama, pri čemu dizalice topline služe:
 - samo za grijanje prostora i/ili potrošne tople vode,
 - za grijanje i hlađenje prostora, što je najčešća uporaba dizalica topline koje su zrak – zrak reverzibilnog tipa, i koje rade ili u modu grijanja ili u modu hlađenja; velike jedinice u poslovnim zgradama mogu istodobno osigurati i grijanje i za hlađenje,
 - za grijanje i hlađenje prostora i pripremu potrošne tople vode, uz povremenu rekuperaciju

topline iz odvodnoga zraka, što se ostvaruje u integriranim sustavima dizalica topline,

- samo za pripremu potrošne tople vode, koristeći se okolišnim ili odvodnim zrakom za izvor topline; mogu biti dimenzionirane tako da same pokrivaju godišnje toplinske potrebe za grijanje vode, ili da rade u kombinaciji s pomoćnim sustavom grijanja kad pokrivaju 50 – 95% godišnjih toplinskih potreba.

2. Uporaba za industrijske svrhe, kao što su:

- grijanje industrijskih pogona i staklenika, uz uobičajene toplinske izvore, ili otpadnu toplinu iz industrijskih izvora,
- zagrijavanje industrijske vode do temperaturnog područja od 40 do 90 °C, uz mogućnost i hlađenja vode integriranim sustavima za grijanje i hlađenje,
- proizvodnja vodene pare do temperature od 150 °C suvremenim visokotemperaturnim dizalicama topline; prototipnim dizalicama topline postignute su temperature i do 300 °C [8],
- sušenje i odvlaživanje u industriji papira i celuloznih proizvoda, drvojnjoj industriji, te u industriji prerade i čuvanja namirnica; dizalice topline za te namjene rade s visokim koeficijentima grijanja i postižu maksimalne temperature do 100 °C,
- procesi isparivanja i destilacije u kemijskoj industriji i industriji prerade hrane.

Iako u kvantitativnom smislu ima manje značenje, vrijedno je istaknuti i uporabu dizalica topline na brodovima, gdje služe za iste svrhe kao i u zgradama, dakle griju i/ili hlade stambene prostorije i/ili su za pripremu potrošne tople vode. Tako je na školsko-istraživačkom brodu "Naše more" ugrađen ventilokonvektorski sustav za grijanje i hlađenje prostorija dizalicama topline, i on od ugradnje 1999. godine besprijekorno radi i nakon više od 42 tisuće radnih sati.

Radne temperature za grijanje/hlađenje prostora u stambenim i poslovnim zgradama postignute djelovanjem dizalica topline, ovise o odabranom sustavu grijanja/hlađenja, to jest o vrsti radne tvari koja prenosi toplinu, kao što je prikazano u tablici 1. U SAD-u i Japanu radna je tvar za prijenos topline najčešće zrak, dok u Europi i Kanadi prevladava voda. S obzirom na to da koeficijent grijanja (ϵ_{gr}) dizalica topline ovisi o temperaturnoj razlici između izvora topline i radne tvari – nositelja topline, to njegova vrijednost bitno ovisi o odabranom sustavu grijanja, što je ilustrirano podacima u tablici 2.

Uporaba dizalica topline u Europi vrlo je raznolika. Većina jedinica instalirana je u novim zgradama u niskotemperaturnim sustavima vodenoga grijanja. Prodaja u proteklim godinama raste, u nekim zemljama, poput Švicarske i Švedske, s godišnjim stopom od čak 15 do 25%. Dijagram na slici 1. predočuje rezultate prodaje dizalica topline u nekim europskim zemljama u 2003. godini.

Tablica 1. Radne temperature različitih sustava za grijanje i hlađenje s dizalicama topline [8]

Table 1. Operating temperatures for diferent heating and cooling heat pumps systems

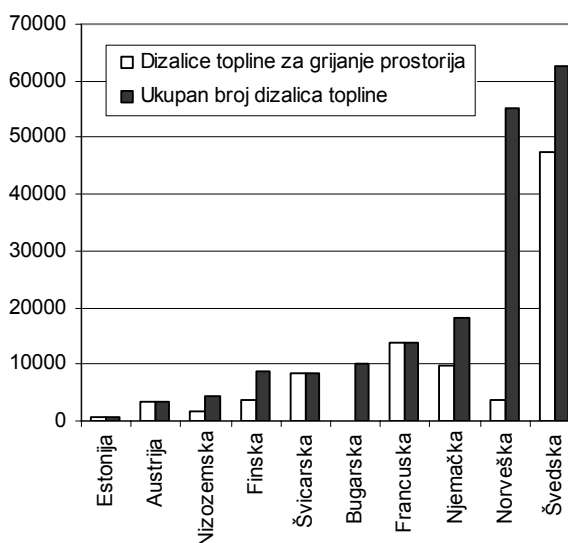
Sustav za grijanje/hlađenje prostora		Radna temperatura, °C
Zračno grijanje		30 – 50
Vodeno grijanje	podno	30 – 45
	ventilokonvektorsko	45 – 55
	konvenc. radijatorsko	60 – 90
Daljinsko grijanje	vrućom vodom	70 – 100
	vrućom vodom/parom	100 – 180
Hlađenje	ohlađenim zrakom	10 – 15
	ohlađenom vodom	5 – 15
	daljinsko hlađenje	5 – 8

Tablica 2. Koeficijenti grijanja različitih sustava za grijanje s dizalicama topline voda-voda [8]

Table 2. Coefficients of performance for diferent water-to-water heat pumps heating systems

Sustav za grijanje prostora	Koeficijent grijanja (ϵ_{gr})
Konvencionalno radijatorsko grijanje (60/50 °C)	2,5
Ventilokonvektorsko ili niskotemperaturno radijatorsko grijanje (45/35 °C)	3,5
Podno grijanje (35/30 °C)	4,0

Sjevernoameričko tržište tijekom proteklih desetak godina bilježi kontinuirani prirast od oko 10% godišnje, dok je najveći porast prodaje u azijskoj regiji; samo je u Kini 2003. prodano više od 12 milijuna dizalica topline.



Sl. 1. Prodaja dizalica topline u Europi 2003. [2]

Fig. 1. The European heat pump market in 2003

Tablica 3. Razredi energijske učinkovitosti klimatizacijskih uređaja [10]

Table 3. Energy efficiency classes of air-conditioners

Razred energijske učinkovitosti	Koeficijent hlađenja (e_{hl})	Koeficijent grijanja (e_{gr})
A	> 3,20	> 3,60
B	3,00 – 3,20	3,40 – 3,60
C	2,80 – 3,00	3,20 – 3,40
D	2,60 – 2,80	2,80 – 3,20
E	2,40 – 2,60	2,60 – 2,80
F	2,20 – 2,40	2,40 – 2,60
G	< 2,20	< 2,40

Iz dostupnih podataka o stanju na svjetskom tržištu klimatizacijskih uređaja, kojih je 2005. prodano ukupno 64 milijuna komada, dok se za 2006. predviđa 65,7 milijuna, može se sagledati sadašnje stanje uporabe dizalica topline. Naime, računa se da je najveći dio (80 – 90%) suvremenih klimatizacijskih uređaja u izvedbi dizalice topline, uključujući dominantne male sobne split klima-uređaje. Promatrajući prodaju u 2005. po pojedinim zemljama, na prvom je mjestu Kina, s 19,5 mil. prodanih uređaja, a potom slijede SAD, sa 16,6 mil., Japan, s 8,3 mil. i europske zemlje sa 6 mil. prodanih klimatizacijskih uređaja. Uz to, Kina nije samo najveći potrošač klima-uređaja nego je i s 26 mil. izvezenih jedinica i njihov najveći svjetski proizvođač i izvoznik.

Osim kontinuiranog porasta uporabe dizalica topline razvidni su i bitniji tehnološki pomaci. Sve su više u uporabi inverterski split klima-uređaji, te multisplit klima-uređaji s promjenljivim protokom radne tvari, tzv. VRF-sustavi i VRF-sustavi, kojima se ostvaruju značajne energijske uštede. Svi klimatizacijski uređaji prema Naputku europske komisije i prema hrvatskim propisima [10] moraju od 1. svibnja 2006. biti označeni oznakom energijske učinkovitosti, kako bi potrošači imali objektivni podatak o energijskoj štedljivosti. Sukladno koeficijentu termodinamičke iskoristivosti uređaji su svrstani u razrede od A (najbolji) do G (najlošiji), kao što je prikazano u tablici 3.

4. Prednosti i trendovi uporabe dizalica topline

Benefits and Trends of Heat Pumps Exploitation

Dizalice topline mogu znatno poboljšati stupanj korisnosti svakoga sustava za grijanje koji se koristi primarnim oblicima energije, uz značajne ekološke efekte u smanjenju trošenja fosilnih goriva, i s tim u svezi u redukciji emisije ugljičnoga dioksida (CO_2) i drugih štetnih plinova, poput SO_x , NO_x , CH_4 i CO , u atmosferu.

Od ukupne emisije CO_2 u atmosferu, 1997. godine u iznosu od 22 milijarde tona, grijanje zgrada uzrokuje oko 30%, a industrijske aktivnosti oko 35%. Uporabom dizalica topline u stambenim i poslovnim zgradama (1), uz pretpostavku pokrivanja 30% toplinskih potreba,

globalna CO_2 emisija može se smanjiti za 1 milijardu tona, dok se najmanje 0,2 milijarde tona CO_2 emisije dade uštedjeti uporabom dizalica topline za industrijske svrhe (2). Na taj način ukupno postignuta ušteda od 1,2 milijarde tona predstavlja vrijednost od 5,5% globalne CO_2 emisije, što se današnjom tehnologijom dizalica topline može ostvariti. Daljnjim poboljšanjima učinkovitosti energetskih sustava s dizalicama topline, moguće je smanjiti globalnu emisiju CO_2 u atmosferu do 3,5 milijarde tona, ili gotovo 16%.

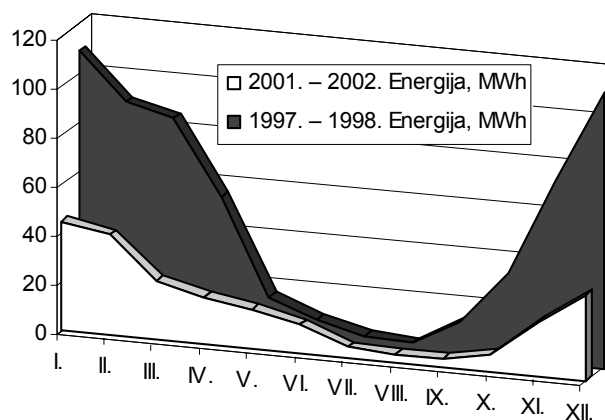
Danas je u uporabi ukupno više od 4.600 dizalica topline za industrijske svrhe u Kanadi, Francuskoj, Japanu, Nizozemskoj, Norveškoj, Švedskoj, Velikoj Britaniji i SAD-u. Prema studiji koju je proveo *Heat Pump Centre* [8], do 2010. godine očekuje se uporaba dizalica topline za više od 35 različitih industrijskih namjena, što bi rezultiralo smanjenjem potrošnje energije za $1,3 \cdot 10^{12}$ do $3,1 \cdot 10^{12}$ MJ, tj. za 2 – 5% ukupno planiranih energetskih potreba za industrijske procese grijanja u 2010. godini.

4.1. Primjer energijske učinkovitosti

Example of energy efficiency

Rekonstrukcija poslovne zgrade Energetskog instituta "Hrvoje Požar" u Zagrebu ilustrativan je primjer prednosti uporabe dizalica topline u povećanju energijske učinkovitosti. EI "Hrvoje Požar" neprofitna je znanstvena institucija, koordinator je nacionalnih energetskih programa i središnja znanstvena institucija u pripremi i provedbi reforme energetskog sektora i novoga načina gospodarenja energijom. Projektom rekonstrukcije svoje poslovne zgrade Institut je promovirao suvremene mjere energijske učinkovitosti i uporabu obnovljivih izvora energije. Projekt je pokrenut kao promocijski i demonstracijski pilot-projekt uporabe novih tehnologija učinkovitoga korištenja energijom.

Rekonstrukcija zgrade Instituta obuhvatila je sanaciju njezine fasade, rekonstrukciju unutrašnjeg prostora, uvođenje potpuno novog suvremenog sustava grijanja,



Sl. 2. Potrebe za toplinskom energijom zgrade EI "Hrvoje Požar" prije rekonstrukcije i nakon nje [9]

Fig. 2. Heat demand of commercial building EI "Hrvoje Požar" before reconstruction and after that

Tablica 4. Toplinski izvori za dizalice topline [4, 8]
Table 4. Heat sources for heat pumps

KRITERIJI ZA OCJENU VALJANOSTI	ZRAK		ZEMLJA	VODA				SUNCE
	okolišni	odvodni iz klimatiz. sust.		podzemna	riječna	jezerska	morska	
Temperaturna (energijska) razina	-25 – 20 °C	> 22 °C	-5 – 15 °C (8 – 15 Wm ⁻²)	5 – 15 °C	0 – 10 °C	0 – 10 °C	3 – 8 °C	-25 – 40 °C (0 – 300 Wm ⁻²)
Lokacijska raspoloživost	posvuda	pri grijanju i/ili hlađenju zrakom	ponegdje, ovisno o terenu	ponegdje	ponegdje	ponegdje	ponegdje	posvuda
Vremenska raspoloživost	uvijek	ponekad, ovisno o radnom režimu	uvijek	uvijek	ne uvijek, radi niskih temperatura	uvijek	uvijek	promjenjivo i nepredvidivo
Vremenska podudarnost potrošnje i raspoloživosti	nekoherentno (najviša potreba – najmanja raspoloživost)	koherentno (najviša potreba – najmanja raspoloživost)	djelomično koherentno (raspoloživost opada prema kraju sezone grijanja)	koherentno (konstantna raspoloživost tijekom godine)	djelomično koherentno	djelomično koherentno	djelomično koherentno	nekoherentno (najviša potreba – najmanja raspoloživost)
Mogućnost samostalnog korištenja	da	djelomično	da	da	djelomično	da	da	jedva moguće
Kemijska ili fizikalna svojstva koja otežavaju uporabu	zaleđivanje	-	zaleđivanje, korozija	korozija	prijavština, soli	prijavština, soli	prijavština, soli, alge	-
Utrošak energije za transport nositelja topline	velik	-	velik	velik	raznolik	raznolik	raznolik, često velik	raznolik
Troškovi izvedbe postrojenja	mali do srednji	nikakvi do mali	velik	velik	srednji do velik	srednji do velik	srednji do velik	velik
Utjecaj na energetske ravnoteže okoliša	nema znatnog utjecaja	nema nikakva utjecaja	zanemarivo malen	nije zanemariv	zanemarivo malen	zanemarivo malen	zanemarivo malen	nema nikakva utjecaja
Utjecaj na kontaminaciju okoliša	nema	nema	neutralno	ima	djelomično	djelomično	nema	nema
Prikladnost za masovnu proizvodnju	dobra	dobra	umjerena	dobra	dobra	dobra	dobra	umjerena

ventilacije i klimatizacije, te centralnog sustava nadzora i upravljanja energetikom. Novi energetski sustav sastoji se od tri energetske cjeline, od kojih je za ovo razmatranje najvažnija: rashladni agregat u izvedbi dizalice topline kapaciteta 95/119 kW (hlađenje/grijanje), namijenjen punjenju banke leda (ukupni kapacitet 670 kWh) u štednom noćnom režimu rada, s mogućnošću proizvodnje i plasiranja rashladne energije izravno u sustav, te proizvodnje toplinske energije u režimu dizalice topline (do okolne temperature od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Novo termoenergetsko rješenje sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije sastoji se od dvocijevnog sustava ventilokonvektorskoga grijanja i hlađenja, uz ventilaciju i pripremu zraka za prostor knjižnice, multimedijalne dvorane, poslovnice banke i restorana.

Sve primijenjene mjere podizanja energijske učinkovitosti u zgradi, te primjene suvremenih tehnologija, praćene su, i tokom izgradnje i nakon puštanja objekta u uporabu, mjerenjem svih bitnih energetskih veličina. Dobiveni podatci poslužiti će kao smjernice za suvremeno gospodarenje energijom u cijeloj zemlji. S obzirom na to da primijenjene tehnologije za proizvodnju, transformaciju i uštedu energije uključuju veće investicijske troškove u usporedbi s konvencionalnim rješenjima, poslovna će zgrada Instituta u odgovarajućem razdoblju uporabe postrojenja pokazati stvarnu gospodarsku isplativost i ekološku opravdanost temeljem usporedbe sa sličnim energetskim sustavima. Rezultati dosadašnjih mjerenja potrošnje energije u zgradi prije rekonstrukcije i nakon nje pokazuju znatne uštede. Pri tome valja napomenuti da je tu uključena i toplina za pripremu potrošne tople vode (sanitarni čvorovi i kuhinja), a koja je bila značajno manja prije rekonstrukcije.

Dijagram na slici 2. prikazuje ukupnu preuzetu toplinsku energiju tijekom godine za podmirivanje potreba grijanja objekta prije rekonstrukcije i nakon nje. Registrirana specifična godišnja ukupna potrošnja toplinske energije za grijanje prostora i pripremu potrošne tople vode, preuzeta iz sustava područnoga grijanja danas iznosi 103 kWh/m^2 , a prije rekonstrukcije bila je 283 kWh/m^2 , što znači smanjenje za 64%. Ta potrošnja uključuje i gubitke unutar sustava zgrade. Specifična potrošnja topline samo za grijanje prostora danas iznosi 81 kWh/m^2 , a prije rekonstrukcije bila je 235 kWh/m^2 .

4.2. Toplinski izvori i radne tvari

Heat Sources and Working Fluids

Koeficijent grijanja, to jest termodinamička učinkovitost dizalice topline izravno ovisi o karakteristikama toplinskoga izvora. Idealni toplinski izvor trebao bi imati dostatnu količinu topline na što višoj i stabilnijoj temperaturi tijekom razdoblja grijanja, mogućnost priključenja dizalice topline na toplinski izvor uz što niže troškove i što niži utrošak energije za transport topline od izvora do isparivača dizalice topline. U tablici 4. izbor je mogućih toplinskih izvora za dizalice topline, s kriterijima za ocjenu njihove valjanosti.

Izbor radne tvari (freona) u dizalici topline bitan je čimbenik i sa stajališta termodinamičke učinkovitosti cijelog sustava i u pogledu zaštite okoliša. Zbog štetnog

utjecaja radnih tvari koje se tradicionalno najčešće rabe u dizalicama topline (R12, R114, R500, R502 i R22) na pojačanu razgradnju ozona u stratosferskim slojevima atmosfere i remećenje toplinske ravnoteže Zemlje efektom staklenika – prijeko je potrebna njihova zamjena novim ekološki prihvatljivim radnim tvarima. Još je krajem osamdesetih godina doneseno više administrativnih mjera (Montrealski protokol iz 1987. i dr.) radi očuvanja okoliša, nakon čega započinje zamjena radnih tvari iz skupine klorofluorouglijka (CFC, potpuno halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika) i klorofluorouglijkovodika (HCFC, djelomično halogenirani derivata zasićenih ugljikovodika koji sadržavaju vodik i klor). Nove radne tvari, koje pripadaju skupini fluoriranih ugljikovodika (HFC, djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadržavaju vodik i ne sadržavaju klor), jesu:

- R134a – zamjena za R12, uz potrebnu potpunu izmjenu mazivog ulja i potpuno odstranjivanje eventualnih zaostataka ulja i radne tvari R12 iz svih komponenti sustava; koeficijent grijanja ostaje praktično jednak kao s R12,
- R152a – rabi se kao radna tvar za male sustave, kao zamjena za R12 u postojećim sustavima, ili kao komponenta u smjesama,
- R32 – predviđa se kao moguća dugoročna zamjena za R22 ili glavna komponenta u zeotropskoj smjesi R407C za zamjenu R22,
- R125 i R143a – komponente u azeotropskoj mješavini R507 i pseudozeotropskoj smjesi R404a koje se rabe za zamjenu R502 i R22 u sustavima s povećanim nadzorom,
- R407C – zeotropska smjesa (32/125/134a 23/25/52%),
- R507 – azeotropska smjesa (143a/125 50/50%),
- R404a – pseudozeotropska smjesa (143a/125/134a 52/44/4%),
- R410A – zeotropska mješavina (32/125 50/50%); zbog viših pripadnih tlakova zasićenja i dobrih transportnih svojstava zahtijeva manje dimenzije kompresora, pa se ne rabi kao zamjenska radna tvar za R22 u postojećima, nego samo u novim instalacijama.

Nove radne tvari iz skupine HFC imaju nulti potencijal razgradnje ozona (ODP), ali još uvijek znatan utjecaj na efekt staklenika, što se iskazuje potencijalom globalnog zagrijavanja (GWP). Zato se današnja istraživanja u području rashladnih uređaja i dizalica topline sve više usmjeravaju na primjenu prirodnih radnih tvari kao što su amonijak (R717), ugljični dioksid (R744) ili ugljikovodici.

Prilagodba postojećih sustava dizalica topline novim radnim tvarima, što se u literaturi naziva "retrofitingom", postupak je pred koji se postavljaju pitanja kako prilagoditi konstrukciju kompresora i uređaja novim radnim tvarima, kako postupiti s postojećima, te je li uopće moguća zamjena radnih tvari u postojećim sustavima. Najbolje je rješenje izravna zamjena starih novim radnim tvarima, koja je, međutim, moguća samo u nekim okolnostima. Pri tome treba voditi računa da će uporaba zamjenskih zeotropskih smjesa R407C i R404a umjesto R502 i R22, rezultirati pogoršanjem termodinamičke učinkovitosti dizalice topline.

5. Zaključak

Conclusion

Dizalice topline već imaju važnu ulogu u energetskim sustavima nekih zemalja. Da bi uporaba ove tehnologije, koja više nije cijenom nedostupna, postigla veću raspostranjenost, potrebno je kontinuirano poduzimati napore usmjerene prema daljnjem poboljšavanju i tehničkom usavršavanju samih uređaja, a nadasve stimulaciji tržišta. Zato je nužno donijeti nacionalne programe istraživanja, razvoja, demonstracije i informiranja, te programe potpore i promocije uporabe dizalica topline, a sve radi poticanja energetske učinkovitosti i veće uporabe obnovljivih izvora.

Literatura

References

- [1] S. Čustović: Dizalice topline – mogućnosti uporabe i analiza ekonomičnosti (diplomski rad), Strojarski odjel Sveučilišta u Dubrovniku, Dubrovnik, 2006.
- [2] J. Ryan: Heat Pumps – Status and Trends, IEA Heat Pump Centre Newsletter, 3(2005), pp. 24-25
- [3] H. J. Laue: Heat Pumps – Status and Trends, Regional Report Europe, International Journal of Refrigeration, 25 (2002), pp. 414-420
- [4] B. Pavković: Radni procesi i toplinski izvori za dizalice topline, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2006.
- [5] V. Soldo i dr.: Svojstva zamjenskih radnih tvari, Zbornik radova 18. Međunarodnog simpozija o grijanju, hlađenju i klimatizaciji Interklima 2005, str. 109-119, Zagreb, 2005.
- [6] S. Šamšalović: Toplotne pumpe u primeni, SMEITS, Beograd, 1987.
- [7] ASHRAE: 2003 ASHRAE Handbook – HVAC Applications, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 2003
- [8] Heat pump centre: <http://www.heatpumpcentre.org/>, ožujak 2006.
- [9] Energetski institut Hrvoje Požar: <http://www.eihp.hr/>, ožujak 2006.
- [10] Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja, "Narodne novine", broj 133/2005.

Rukopis primljen: 24. 11. 2006.

