

Analiza izbora sistema klimatizacije i ventilacije u jednoj robnoj kući

Drago Momčinović*

Poznata je činjenica da funkcionalno projektovano i stručno izvedeno postrojenje za klimatizaciju u robnim kućama predstavlja jedan od preduslova uspješnog poslovanja ovakvih kuća. Ugodna klima koju obezbjeđuju ovakvi uređaji predstavlja svojevrstan reklamni elemenat, a pogotovu u periodu visokih spoljnih temperatura, kada se ljudi sklanjaju u ovakve kuće od spoljne žege i pritom i neplanski postaju potrošači. Suprotno tome, nefunkcionalno postrojenje može da odbija mušterije, koje će se u slučaju neugodnih uslova zadržati u tom prostoru najkraće moguće vrijeme.

Jasno je međutim, da uslov za optimalno rješenje postrojenja za klimatizaciju nije samo krajnja funkcionalnost postrojenja, tj. postizanje zahtjevanih parametara sredine, nego i ekonomičnost rješenja, kako u investicionim, tako i u pogonskim troškovima. Pri tome treba voditi računa da završni elementi postrojenja budu što manje nametljivi u prostoru i da omogućavaju što je moguće veću fleksibilnost unutrašnjeg uređenja prostora. Položaj vertikalnih i horizontalnih razvoda, kao i njihove dimenzije moraju biti takve, da ne remete bitno konstrukciono rješenje objekta. Pored ovoga, vitalni dijelovi postrojenja moraju biti locirani tako da njihovo održavanje ne ometa normalno odvijanje poslovanja u robnoj kući, a eventualna havarija ne izazove oštećenje izloženih ili uskladištenih roba. Optimalno rješenje u stvari predstavlja najuspjeliji kompromis između

svih nabrojanih uslova, pošto je većina njih u međusobnoj suprotnosti. Radi toga se do ovakvog rješenja ne može doći ad hoc, već je potrebno izvršiti prethodnu analizu. Svaki objekat ove vrste ima svoje specifičnosti i u pogledu namjene, i u arhitektonskom i konstrukcionom pogledu, i sve treba uzeti u obzir prilikom analize mogućih sistema.

Temeljite analize ove vrste su zametan i dugotrajan posao kojem projektant nerado prilazi zbog skoro redovne oskudice u vremenu i sredstvima, pa se u takvoj situaciji odlučuju ponekad za sisteme koji se u eksploataciji objekta pokažu kao veoma nepovoljni.

Svrha ovoga rada je da pokaže kako se sa relativno jednostavnom analizom može doći do pokazatelja, koji, istina, ne mogu detaljno indicirati najoptimalniji sistem, ali mogu pomoći da se bar eliminišu neracionalni sistemi iz daljnjeg razmatranja.

Jasno je da se ovakve analize mogu uraditi temeljitije i sveobuhvatnije uz pomoć elektronskih računara, a pogotovo ako se žele detaljnije ispitati pogonski troškovi, kao bitan element u ocjeni valjanosti nekog sistema. Međutim, pošto programiranje i priprema podataka za ovakav posao zahtijevaju dosta vremena i sredstava, to se postavlja pitanje svrsishodnosti ove metode za manje objekte izuzev u slučajevima kada projektant raspolaže gotovim programima, koje će primijeniti na svoj slučaj.

Primjer pojednostavljene analize je dat u nastavku, na konkretnom projektu jedne robne kuće.

ARHITEKTONSKO — KONSTRUKCIONE KARAKTERISTIKE OBJEKTA S OBZIROM NA KLIMATIZACIJU

Objekat koji se ovde navodi kao primjer, sastoji se od dva arhitektonski različita bloka, tj. bloka robne kuće i bloka samoposluge. Prvi blok se sastoji od podruma, prizemlja, mezanina i 2 sprata, a drugi ima podrum, prizemlje i jedan sprat. U podrumu oba dijela su skladišni i pogonski prostori. Svi spratovi robne kuće služe za prodaju tekstila, konfekcije i tekstilne galanterije, sa kancelarijama i priručnim magacinima smeštenim u jednom djelu perifernih prostora. Prizemlje drugog dijela je namijenjeno za samoposlugu, a prvi sprat za kancelarije. Krov oba dijela je ravan i djelomično prikladan za smještaj elemenata klimatizacionih elemenata (klimatizacione komore, rashladnih tornjeva i sl.). Na krovu robne kuće predviđeni su po cijeloj površini svjetlarnici koji onemogućavaju slobodan raspored uređaja na krovu. U podrumu ovog dijela objekta postoji također mogućnost smještaja jednog djela uređaja.

Fasada objekta je jako razigrana i stepen ostakljenja varira od fasade do fasade i od sprata do sprata. U tabeli 2. je prikazana veličina staklenih površina i njihovo procentualno učešće.

Iz arhitektonskih i konstrukcionih razloga svi su fasadni prozori od jednostrukog bezbojnog stakla. Staklene kupole su od dvostrukog pleksistakla koje će sa unutrašnje strane biti presvučeno *SCOTCH TINT* zaštitnom folijom, čiji koeficijent propustljivosti zračenja sunca iznosi $f = 0,3$.

* Drago Momčinović, dipl. ing., Medicinski univerzitetski centar — Direkcija za izgradnju klinika, 71000 Sarajevo, M. Pijade 4a

Tabela 1. Prikaz komponenata toplotnog opterećenja i potrebna količina vazduha U optčaju u vazдушnim sistemima, uz $\Delta t = 10^\circ\text{K}$ te minimalna količina spoljnje vazduha

Prostor		Priliv izvana [W]	Broj osoba	Priliv toplote od ljudi [W]				Priliv ukupno [W]			količina vazduha uz $\Delta t = 10^\circ\text{K}$ L (m ³ /h)	Sveži vazduh	Površina m ²	Zapremina m ³	Broj. izmj. 1/h	Primjedba
Kat	Naziv			Osjet.	Latent.	Rasvjeta [W]	Mašine [W]	Osjet.	Latent.	Total.						
Po	restor.	7523	100	8140	7907	3000	—	18662	7907	26569	5530	5530	—	403	13,7	
Pr	s. uslu.	37604	150	12210	9070	—	9.000	54814	9070	63884	16.250	3000	—	1380	11,8	
Pr	prizem.	77511	758	61720	45830	36.520	10.000	185751	45830	231581	55.100	15000	1517	6068	9,1	10m ³ /h m ²
M	mezan.	106332	448	36465	27088	30.150	10.000	182947	27088	210319	54.250	9000	1716	5662	9,6	svježeg vaz. 5,3m ³ /h m ²
I	I sprat	26756	370	30116	22372	72.520	10.000	139386	22372	161758	41.340	9000	1813	5983	6,9	svježeg vaz. 5,0m ³ /h m ²
II	II sprat	48820	400	32558	24186	82.360	10.000	173738	24186	161924	51.520	10200	2059	6795	7,6	svježeg vaz. 5,0m ³ /h m ²

Konstrukcija zgrade teška je cca 500 kg/m², tj. spada u red srednje teških konstrukcija. Zidovi su težine 300 kg/m², sa koeficijentom prolaza $k = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Analiza toplinskih opterećenja

Na osnovu proračuna priliva toplote je vidljivo da se vršno opterećenje po pojedinim etažama javlja u razino doba dana i doba godine i to kako je izneseno u tabeli 3.

U tabeli br. 1 je dat zbirni prikaz pojenih komponenata toplotnog opterećenja, a u tabeli 4. procentualno učešće opterećenja izvana u odnosu na ukupno.

Iz tabele 4. se vidi da udio unutrašnjih toplotnih opterećenja varira u širokim granicama i da je prosječni udio toplote iznutra relativno visok. Ovo navodi na zaključak da će u dobrom dijelu sezone grijanja biti potrebno odvoditi toplotu koja nastaje uslijed unutrašnjih izvora toplote.

Prema proračunu transmisijskih gubitaka toplote, gubitak toplote pri proračunskom spolnjem stanju od -18°C i unutrašnjoj temperaturi od $+20^\circ\text{C}$ iznosi:

Samousluga	54 999 W
Prizemlje	164 290 W
Mezanin	115 953 W
I sprat	43 686 W
II sprat	136 476 W

Ravnotežno stanje, tj. ono kod kojega bi unutrašnji priliv toplote bio izravnat sa transmisijskim gubicima možemo pronaći na osnovu izraza:

$$t_s = t_u - \frac{Q_u}{Q_{tr}} \cdot \Delta t \quad [^\circ\text{C}]$$

gde je:

t_s — temperatura spoljnje vazduha za ravnotežno stanje $[^\circ\text{C}]$;

t_u — temperatura unutar prostora $[^\circ\text{C}]$;

Q_u — unutrašnje toplotno opterećenje [W];

Q_{tr} — transmisijski gubici toplote [W];

Δt — proračunska razlika temperatura zimi između unutrašnje i spoljne temperature, u našem slučaju $\Delta t = 38\text{K}$.

Za pojedine prostore ovo ravnotežno stanje iznosi kao što pokazuje tabela 5.

Kao što se vidi, pri punom opterećenju je potrebno prostor samoposluge hladiti kada su spoljne temperature iznad $+8^\circ\text{C}$, a u prostorima robne kuće već na jako niskim spoljnim temperaturama. Napominje se da su naznačena ravnotežna stanja prikazana za slučaj oblačnog dana i da bi po vedrom danu ove temperature bile još niže.

Izbor sistema klimatizacije

Sa stanovišta mogućnosti zadovoljenja traženih termičkih uslova, teoretički i praktično mogu da zadovolje svi poznati sistemi klimatizacije, uz primjenu mehaničkog hlađenja u većoj ili manjoj mjeri. Međutim, kao što je ranije rečeno, racionalno rješenje predstavlja dobar kompromis između investicionih troškova, troškova pogona i održavanja.

Iz pregleda u prethodnom odjeljku je vidljivo da je priroda toplotnog opterećenja objekta takva da u najvećem delu prodajnih prostora toplotu treba odvoditi pri relativno niskim spoljnim temperaturama.

Prema vrsti nosioca toplote, sisteme klimatizacije možemo podijeliti u dvije osnovne skupine:

- vazdušni sistemi, tj., takva postrojenja kod kojih je nosilac toplote u cijelosti i isključivo vazduh;
- sistemi voda-vazduh, kod kojih je dvojni nosilac toplote, tj. i voda i vazduh.

Jedna od osnovnih karakteristika vazdušnih sistema se sastoji u tome što ovi sistemi mogu u prelaznom periodu da koriste 100% spoljni vazduh, za potrebe hlađenja, te se time u znatnoj mjeri smanjuje vrijeme rada rashladne mašine.

Kombinovani sistem ima u cirkulaciji znatno manju količinu spoljnog vazduha (samo količinu

Tabela 2.

Sprat	Površina stakla [m ²]	Površina zida [m ²]	Ukupno [m ²]	Učesće stakla [%]
Prizemlje	408,6	—	408,6	100
Mezanin	395	184	579	68
I sprat	130	503	633	20,5
II sprat	—	620	620	0,0

Napomena: Najviši sprat nema staklenih površina na fasadi, ali ima svjetlamičke (kupole) na krovu, ukupne površine 68 m². Prikazane površine se odnose samo na fasade prodajnog prostora robne kuće i ne obuhvataju dio fasade koji omeđuje kancelarijske i druge pomoćne prostore.

Tabela 3.

Sprat	Mjesec	Doba dana
Prizemlje	Septembar	12 h
Mezanin	Juli	19 h
I sprat	Juli	18 h
II sprat	Juli	18 h
Samoposluga	Septembar	12 h
Kancelarije	Juli	18 h

Tabela 4.

Sprat	Opterećenje Izvana [W]	osjetne toplote Ukupno [W]	Udio Izvana [%]	dobitaka Ukupno
Samousluga	37 600	54 814	68	32
Prizemlje	77 511	185 720	40	60
Mezanin	76 555	182 948	42	58
I sprat	26 756	139 415	19,2	80,8
II sprat	48 820	173 727	28	72
	267 742	706 848	37,5	62,5

Tabela 5.

Prostor	Qu [W]	Qtr [W]	Qu/Qtr —	38 Qu/Qtr [°C]	ts [°C]
Samousluga	17 200	55 000	0,312	12	+ 8
Prizemlje	108 000	164 000	0,66	25	— 5
Mezanin	106 300	115 800	0,95	36	— 16
I sprat	112 600	43 650	2,60	99	— 79
II sprat	124 900	136 300	0,92	35	— 15

potrebnu za ventilaciju), čime se moguće odvođenje toplote spoljnim vazduhom u velikoj mjeri tu smanjuje. Sposobnost odvođenja toplote ovoga vazduha iznosi:

$$Q_p = L_p \cdot C_p (t_u - t_s) \quad [W]$$

gdje je:

Q_p — rashladni učin spoljnog vazduha (primarnog vazduha);
 L_p — količina primarnog vazduha

c_p — specifična toplota vazduha [Wh/m³°K]

t_u — sobna temperatura [°C]

t_s — temperatura spoljnog vazduha [°C].

Rashladna sposobnost spoljnog vazduha zavisi od temperature spoljnog vazduha. Pri $t_s = t_u$ rashladna sposobnost je ravna nuli i raste sa padom spoljne temperature. Međutim, ovdje postoje određene granice, pošto se ovaj vazduh ne može uvoditi u prostor sa suviše niskom temperaturom,

koja je ograničena brojnim faktorima kao što su:

- mogućnost izazivanja promaje,
- kondenzacija vlage na hladnim površinama,
- donje granice relativne vlage itd.

Temperatura spoljnog vazduha pri kojoj će se ostvariti ravnotežno stanje prilikom uvođenja spoljnog vazduha može se odrediti prema izrazu:

a) za slučaj $t_u > t_p = t_s$

tj. spoljni vazduh se uvodi bez predgrijavanja u prostor, odnosno terminal:

$$t_{s1} = t_u - \frac{Q_u}{\frac{Q_{tr}}{\Delta t} + L_s \cdot C_p} \quad [°C]$$

b) za slučaj $t_u > t_p = \text{const.} \neq t_s$ tj. primarni vazduh se predgrijava na stalnu temperaturu t_p ;

$$t_{s1} = t_u - \frac{\Delta t}{C_p (t_u - t_p)} [Q_u - L_p]$$

Utvrdićemo u našem slučaju ravnotežna stanja sa količinama spoljnog vazduha, određenim na osnovu ventilacionog kriterija, koje su prikazane u tabeli 1.

Gornja ravnoteža stanja bi se uspostavila u slučaju da je temperatura primarnog vazduha neograničena, tj. da je jednaka temperaturi spoljnog vazduha. Odatle je vidljivo da bi se za mezanin, I sprat i II sprat vazduh morao uvoditi pri ravnotežnom stanju sa suviše niskim temperaturama, a da bi na višim spoljnim temperaturama od ravnotežnog stanja morala raditi rashladna mašina.

Ograničimo li temperaturu primarnog vazduha na $t_p = + 10°C$, uspostaviće se nova ravnotežna stanja prema slijedećem prikazu.

Ravnotežna stanja prema izrazu pod »b«

Prostor	t_s [°C]
Samousluga	+ 13°C
Prizemlje	+7
Mezanin	—5
I sprat	—51
II sprat	—5

Za slučaj »a« tj. $t_u > t_p = t_s$

Prostor	[W] Qu	[W] Qtr	[m ³ /h] Ls	[°C] ts
Samousluga	17 200	54 950	3 000	+ 13
Prizemlje	108 100	164 200	15 000	+ 8,5
Mezamin	106 300	115 800	9 000	+ 2,5
I sprat	112 500	43 500	9 000	— 7,0
II sprat	124 800	136 400	10 200	+ 2,0

Naprijed prikazana ravnotežna stanja važe za slučaj oblačnog dana, tj. bez priliva toplote insolacijom. Za vrijeme sunčanih dana ove vrijednosti bi bile još niže.

U vazдушnim sistemima, koji su projektovani tako da mogu da rade sa 100% spoljnog vazduha, ravnotežna stanja se bitno pomjeraju naviše i to kako sl

$$t_s = 20 - \frac{108\,000}{\frac{164\,280}{38} + 30\,000 \cdot 0,34} = 12,5^\circ\text{C}$$

Ovo stanje odgovara ravnotežnom stanju za I sprat sa vazдушnim sistemom.

Prostor	Qu [W]	Qtr [W]	Qtr/ Δt [W/°K]	L [m ³ /h]	L.Cp [W/°K]	ts [°C]
Samousluga	17 000	55 000	1450	16 250	5 490	+ 18
Prizemlje	108 100	164 100	4 200	55 100	18 600	+ 15
Mezamin	106 300	115 900	3 020	54 250	18 240	+ 15
I sprat	112 600	43 650	1 160	41 340	14 000	+ 12,5
II sprat	124 800	136 400	3 600	51 520	17 400	+ 14

U slučaju insolacije u prelaznom periodu ravnotežno stanje će se kretati između 12 i 13°C ako je kuća puna, a ako je prazna, od 13 do 15°C. Kada je vreme oblačno i kuća prazna, ravnotežno stanje će se, zavisno od prostora, kretati između 14,5 i 17,5°C.

Prema tome, zavisno od opterećenja, u vazдушnim sistemima bi rashladna mašina trebalo da startuje kada su spoljne temperature između +12 i +17°C. Međutim, u kombinovanim sistemima, rashladna mašina bi trebalo da se uključi na spoljnim temperaturama ispod +0°C, ili bi se rashladni učin morao obezbeđivati preko ekonomajzera vazduh/sekundarni rashladni medij.

Međutim, za prizemlje je ravnotežno stanje znatno iznad 0°C i sa mješovitim sistemom. Ovu tačku možemo pomjeriti naviše, ukoliko bi se povećala količina primarnog vazduha u prelaznom periodu. Povećamo li ovu količinu na iznos potreban da uz $\Delta t = 10\text{K}$ odvede unutrašnju toplotu tj. na cca $L = 30\,000\text{ m}^3/\text{h}$, to ćemo dobiti ravnotežno stanje:

U tabeli 6. je prikazan broj dana sa određenom srednjom dnevnom temperaturom za grad Sarajevo, na osnovu meteoroloških podataka za period 1958 —1967. god.

Iz tabele se vidi da bi u mješovitom sistemu za mezanin, I i II sprat rashladna mašina morala raditi više od 300 dana u godini, što bi imalo za posljedicu velike pogonske troškove i kraći životni vijek rashladnih mašina.

U vazдушnom sistemu za mezanin, I i II sprat i mješovitom za prizemlje, rashladne mašine bi prema tome radile između 100 i 120 dana, što višestruko produžuje životni vijek rashladnih mašina i smanjuje pogonske troškove. Iz ovih razloga, možemo

Tabela 6.

	Broj dana sa srednjom dnevnom temperaturom vazduha [°C]										Suma dana
Srednja dnevna temp.	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	+ 2,5	+ 7,5	+ 11,0	+ 13,5	+ 17,5	+ 22,5	+ 27,5
Broj dana	—	—	3	38	77	61	25	46	106	9	365

zaključiti, da vazdušni sistem u principu bolje odgovara za mezanin, I i II sprat, a da je mješoviti sistem prihvatljiv za prizemlje. Pored prikazanih argumenata, treba naglasiti i činjenicu da bi veliki broj terminala u mješovitom sistemu, smještenih po prodajnim prostorima, bio veoma neprikladan za održavanje. Osim toga, razvod vode sa zapornim i regulacionim armaturama unutar prodajnih prostora predstavlja stalnu opasnost od prskanja ili poplave, što bi moglo da izazove ogromne štete. Ovo važi pogotovu za mezanin, I i II sprat, gdje je jedina praktična mogućnost smještanja terminala unutar spušenog stropa.

Međutim, u prizemlju postoji mogućnost smještanja Ventilator-konvektora ispod podesta u izlogu, što znatno olakšava pristup aparatima u cilju održavanja.

Da bi se spriječilo rošenje i zaleđivanje izloga zimi, neophodno je predvidjeti dovod toplog vazduha neposredno ispod stakla, a pogotovu jer se u ovoj kući zbog tekstila mora održavati minimum relativne vlage od 30%. Međutim, pošto se u jednom dijelu podruma nalazi sklonište, to bi bilo jako teško organizirati dovod vazduha kanalima. Iz prednjih razloga je za prizemlje usvojen mješoviti sistem, tj. monozonska komora za centralni dio i četvorocjevni ventilator-konvektorski sistem za periferne zone. Ventilator-konvektori će biti na zajedničkoj mreži tople i hladne vode, ali će im regulacioni krugovi biti povezani zonski prema orijentaciji pojedinih fasada. Na ovaj način će ventilator-konvektor djelimično kompenzirati utjecaj promjenljivog (šetajućeg) opterećenja usljed insolacije.

Pošto će na izričit zahtjev arhitekta sve staklene stijenke biti izvedene od jednostrukog stakla, to neće biti moguće spriječiti rošenje

i zaleđivanje ovih prozora u zonama iznad 2—3 m visine, uprkos dovođenju toplog vazduha neposredno ispred prozora. Ovo će se dešavati cca 40—50 dana u godini tj. pri spoljnim temperaturama ispod -5°C . Zbog toga, u cilju zaštite donjeg dijela prozora od curenja vode potrebno je na visini od cca 3 m predvidjeti okapnice sa odvodom kondenzata.

Od vazdušnih sistema danas su u upotrebi slijedeći:

- monozonski sistemi,
- centralni sistem sa zonskim dogrijačima,
- dvokanalni sistem,
- sistem sa promjenljivom količinom vazduha.

Između nabrojanih sistema usvojeni su monozonski sistemi za mezanin, I i II sprat i centralnu zonu u prizemlju, a odbačeni ostali sistemi iz slijedećih razloga:

— Jasno je da u najmanju ruku svaki sprat robne kuće mora biti tretiran kao odvojena zona, zbog različitih i promjenljivih toplinskih opterećenja i usponskih gravitacionih toplotnih strujanja unutar objekta. Monozonski sistemi su najprilagodljiviji lokalnim uslovima zone koju opslužuju naročito u pogledu iskorištavanja mogućnosti slobodnog hlađenja spoljnim vazduhom.

— Sigurnost pogona je znatno veća pošto u slučaju kvara na klimatizacionoj komori ostaje bez klimatizacije samo zona koju je opsluživala ta komora.

— Pogonski troškovi su manji nego kod svih ostalih sistema izuzev što sistem promenljive količine u izvjesnim slučajevima može biti nešto povoljniji, mada to nije po pravilu slučaj. U odnosu na centralna postrojenja sa zonskim dogrijačima i dvokanalnim sistemom, monozonski sistem je u očiglednoj prednosti u pogledu pogonskih troškova.

— Ukoliko se projektom riješe kratki kanalski razvodi, onda su u monozonski sistema po pravilu investicije manje u odnosu na sve ostale sisteme.

U našim današnjim specifičnim prilikama dvokanalni sistem i sistem sa varijabilnom količinom su neprikladni i zbog toga

što se terminali ne proizvode u zemlji pa ovi sistemi zahtjevaju veliki procenat uvozne opreme. Za monozonske i višezonske sisteme kompletna oprema se proizvodi u zemlji, izuzev automatske regulacije.

Nema sumnje da su investicioni i pogonski troškovi najniži kada se klimatizaciona komora nalazi u neposrednoj blizini prostora koji obrađuje. Međutim, pošto u tretiranom slučaju nije bilo moguće obezbijediti ovakve prostore na etažama, odlučeno je da se komore za mezanin, I i II sprat postave u specijalne nadgradnje na krovu, a za prizemlje u podrumu. S obzirom na kapacitete klimatizacionih komora, oportunist horizontalnog zoniranja po etažama, te mogućnosti što jednostavnijeg vođenja kanala usvojene su po dvije komore za svaku etažu, izuzev u prizemlju gdje je usvojena jedna komora i za centralnu zonu. Na ovaj način je u znatnoj mjeri skraćen i pojednostavljen kanalski razvod, koji bi u slučaju jedne komore za svaki sprat bio neuporedivo gabaritniji, duži i zbog neophodnosti ukrštanja dovodnih i povratnih kanala zauzimao bi po horizontali i vertikali mnogo više prostora. Osim toga, na ovaj način se ostvaruju znatno elastičniji pogon i veća pogonska sigurnost.

Ušteda energije

U cilju smanjenja potrošnje električne energije za pogon ventilatora, motori ventilatora će biti dvobrzinski. Na taj način će se energija za pogon ventilatora van radnog vremena smanjiti za 80 do 85%.

Odabrani sistem monozonskih klimatizacionih komora sa mogućnošću rada sa 100% spoljnog vazduha i ispravno projektovanom automatskom regulacijom, omogućava optimalno ekonomisanje toplotnom energijom.

U slučaju primjene izmjenjivača za povraćaj topline iz otpadnog vazduha, iz ranijeg pregleda srednjih dnevnih temperatura vidi se da bi ovi izmjenjivači trebalo zimi raditi slijedeći broj dana:

— Prizemlje	204 dana
— Mezanin	118 dana
— I sprat	41 dan
— II sprat	118 dana

Međutim, od broja dana, mnogo je ilustrativniji broj regenerativno mogućih ventilacionih stepen-dana, koji predstavlja umnožak između razlika temperature između naprijed prikazanih prelaznih temperatura i srednjih dnevnih temperatura i broja dana, i koji iznose:

Prelazne temp $+^{\circ}\text{C}$	Broj Step-an-dana
-3°C	70
$+5^{\circ}\text{C}$	516
$+12^{\circ}\text{C}$	1 638
$+20^{\circ}\text{C}$	3 633

Iz ovoga je odmah uočljivo da primjena ekonomajzera na sistemu mezanin, I i II sprat ne dolazi u obzir. U sistemu za prizemlje gdje imamo 1 638 efektivnih stepen-dana, primjena ekonomajzera u prvi mah izgleda atraktivna, pošto moguće uštede u toploti godišnje iznose:

$$Q = 1$$

$$638 \cdot 12 \cdot 15.000 \cdot 0,35 \cdot 6/7 \cdot 10^3 =$$

$$88.452 \text{ kWh} = 88,45 \text{ MWh}$$

Ovdje je:

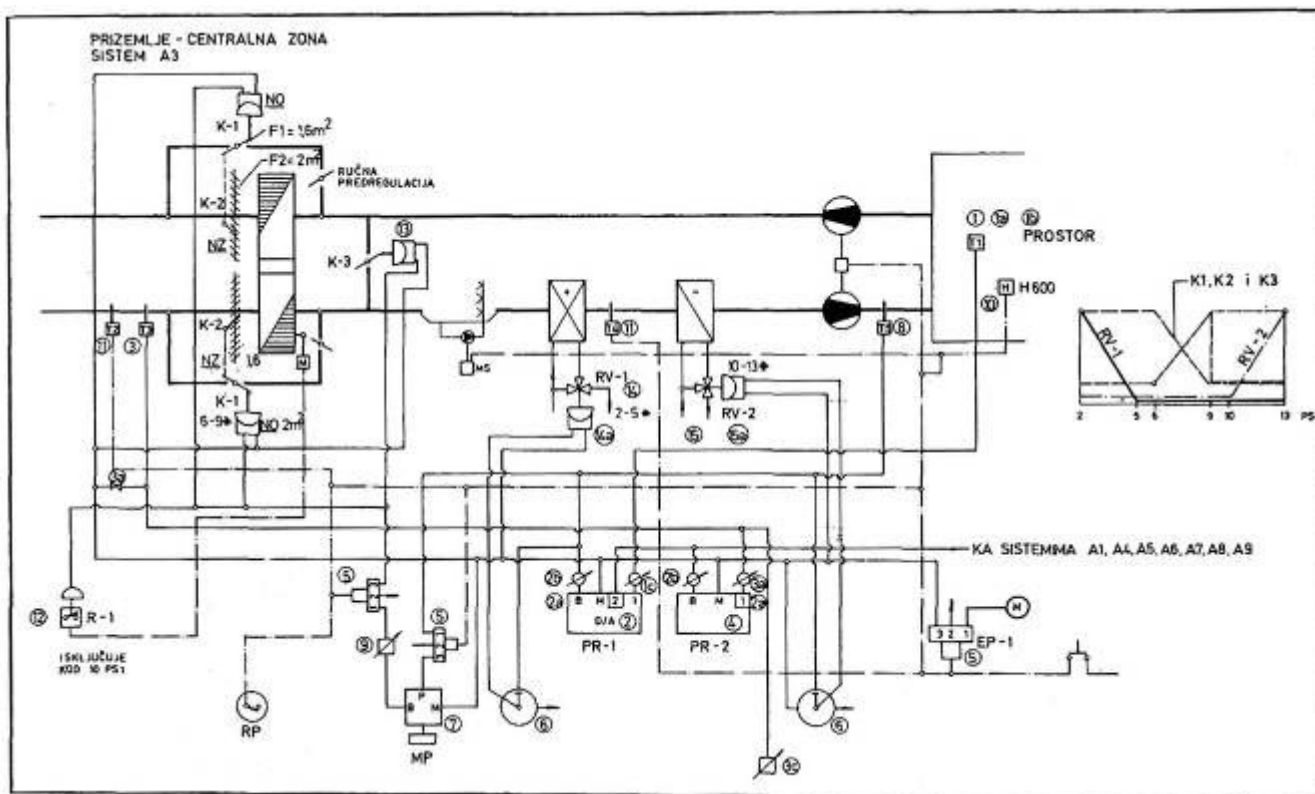
- 1 638 — broj efektivnih ventilacionih stepen-dana [Kdan];
- 12 — broj sati dnevnog pogona sa učešćem svježeg vazduha [h/d];
- 15 000 — količina svježeg vazduha U periodu regeneracije [m^3/h];
- 0,35 — spec. toplota vazduha [$\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$];
- 6/7 — omjer broja radnih dana, naspram ukupnom broju dana.

Uz cijenu topline energije od 0,4 dinara/kWh godišnja ušteda iznosi

$$C_g = 88\,450 \cdot 0,4 = 35\,380$$

dinara/god.

Regenerativni izmjenjivač tipa »econovent« vraća i latentnu toplotu. Na prosječnoj temperaturi spoljnog vazduha u zimskom periodu $+2^{\circ}\text{C}$ razlika u



Šema 2. Prizemlje — centralna zona; sistem A3

temperature ne uzima u obzir momentano toplotno opterećenje, što može da izazove velike gubitke toplote. Nažalost, baš ovakav način upravljanja klapnama za spoljni vazduh, po tzv. trapeznom dijagramu, često se primjenjuje u mnogim projektima i navodi se kao primjer »ekonomajzer sistema« u destruktivnim shemama proizvođača automatske regulacije.

Na osnovu izloženog automatska regulacija ovakvih sistema bi trebalo da bude prema šemama 1. i 2, o kojima je riječ u nastavku.

MONOZONSKI SISTEMI ZA MEZANIN, I SPRAT I II SPRAT (ŠEMA 1)

Regulacija temperature

Senzor T u prostoru kontroliše preko pneumatičnog regulatora PR1 rad regulacionog ventila grijača (RV1) pneumatičnih pogona za klapne (K—1, K—2 i K—3) te regulacionog ventila hladnjaka (RV—2), koji su povezani u kaskadi. Pri porastu temperature u prostoru, prvo se zatvara ventil grijača RV—1, potom

se otvara klapna za spoljni vazduh K—1 i na kraju se otvara ventil hladnjaka RV—2. Položaj klapni je prema tome zavisen od unutrašnjeg stanja, izuzev pri spoljnim temperaturama iznad +20°C, kada dvopozicioni termostatski ventil T—2, preko regulatora minimalnog položaja MP, vraća klapne za svjež vazduh u minimalni položaj. Pošto u noćnom radu nema potrebe za ventilacijom, to se pomoću ručnog prekidača RP može djelovati na elektro-pneumatski relej EP—3, koji potpuno zatvara klapne za spoljni vazduh i stavlja cjelokupni vazduh u optica.

Kontrolna tačka reglera RP—1 se pomjera od 20°C na +25° pri porastu spoljne temperature od + 20 na +32°C, a posredstvom kompenzacionog kruga PR—2 senzor T3 koji se nalazi u sistemu br. 2. Regler RP—2 daje zajednički kompenzacioni signal za sve sisteme. Granični termostat T5 u tlačnom kanalu sprječava suviše nisku temperaturu dovodnog vazduha.

Regulacija relativne vlage

Prilikom pada relativne vlage ispod 30%, električni dvopozicioni

higrostat H otvara magnetni ventil RV—3 na dovodu omekšane vode ka atomizirajućem rasprskivaču, koji se nalazi iza hladnjaka. Ventil se zatvara pri porastu relativne vlage iznad 50%.

Zaštita od smrzavanja

U slučaju da temperatura vazduha iza grijača padne ispod + 5°C, dvopozicioni sigurnosni termostatski T4 isključivo ventilator i istovremeno elektro-pneumatički relej EP—1, čime se prekida napajanje automatike komprimiranim vazduhom, a klapna za svježi vazduh se zatvara.

Monozonski sistem za centralnu zonu
u prizemlju (Šema 2)

Ovaj sistem je u osnovi sličan sistemima sa šeme 1. Razlikuje se utoliko sto ima ugrađen ekonomajzer tipa »econovent«. Ekonomajzer se uključuje u rad uvijek kada je pogonski pritisak za regulacione klapne K—1, K—2 i K—3 manji od 0,7 bar, tj. zimi u prelaznom periodu sve dok se ne počne otvarati ventil hladnjaka RV—2, a ljeti na spoljnim temperaturama iznad +22°C, kada termostat T2 vraća klapnu

1 u zatvoren, odnosno K—2 u otvoren položaj. U ovom sistemu se nalazi kompenzacioni senzor spoljne temperature T3 sa reglerom PR—2, čiji izlazni signal pomjera kontrolnu tačku regulatora PR—2 u svim sistemima.

Za razliku od ostalih sistema, u ovome se vlaženje vrši pomoću ovlaživača pršne komore. Regulacija vlažnosti se vrši preko higrostata H, koji uključuje i isključuje pumpu ovlaživača.

ZAKLJUČAK

Sasvim je normalno i opravdano da pored izvjesnih uhodanih i provjerenih rješenja, projektanti nastoje da iznalaze nova rješenja u cilju zadovoljenja određenih zahtjeva arhitekta ili u cilju smanjenja cijene koštanja postrojenja. Međutim, svaki projekt sadrži specifične probleme koje treba rješavati od slučaja do slučaja analitičkim pristupom, koji i uz pomoć sasvim jednostavnih metoda može da ukaže na grube greške koje se često čine prilikom izbora sistema.

Poznato je npr. da je u posljednjih nekoliko godina izveden niz robnih kuća sa mješovitim sistemima voda — vazduh ili sa lokalnim klimatizerima sa konstantnim količinama spoljnog vazduha, što u svakom slučaju predstavlja grubu povredu nastojanja u cilju uštede svih vidova energije.