

Povratno iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha kod ventilacionih i klima uređaja u bolnicama i sličnim objektima

F. Bilić*

UVOD

Sve veći napredak medicine i zdravstvene zaštite najširih slojeva naroda, neminovno nameće potrebu za gradnjom sve većeg broja ambulanti, bolnica, medicinskih institucija i objekata. Posljednjih 15 godina sagrađeno je u Evropi više bolnica i drugih medicinskih institucija nego što je uopće do 1960. postojalo. O tehničkoj opremi da i ne govorimo. Tek što je jedna bolnica puštena u pogon, gradi se druga, još modernija. Prva je već »zastarela«.

Moderna medicina zahtijeva veliki broj kompliciranih instrumenata, aparata i uređaja, kojima je za pogon i rad potrebna energija. Laboratoriji jedne moderne bolnice često ne zaostaju za najsuvremenijim laboratorijima istražnih instituta industrije. Centralna sterilizacija instrumenata, aparata, odjeće, rublja i cijelih kreveta slične više na male tvornice nego na medicinsku ustanovu. Rasvjeta ne zaostaje za najmodernijim uredima i robnim kućama. Doseže vrijednost i do 1000 luksa.

Zbog buke, vjetra, zagađenja okoline (u gradovima) i iz higijenskih razloga, prozori su izvedeni tako da se ne otvaraju. Većina operacionih dvorana sa pripadajućim prostorijama smještene su unutar etaže, bez naslona na vanjsku fasadu zgrade, tj. izolirane prema vani. Hodnici, garderobe, priručne čajne kuhinje, sobe za sestre i liječnike, zahodi i druge nusprostorije smještene su isključivo u jezgru zgrade bez vanjskih zidova i prozora.

Danas je skoro svaka operaciona dvorana snabdevena televizijskim kamerama i najmodernijim sijalicama.

Moderna i komplicirana medicina zahtijeva potpuno isključenje nekontroliranih utjecaja okoline. Skoro svi kompliciraniji zahtjevi traže usmjereno strogo kontrolirane i mjerene uvjete rada. O novim građevinskim metodama i konstrukcijama ne treba ni govoriti. Akumulacija zidova i stropova svedena je na najmanju moguću mjeru, zbog uštede u materijalu, predproizvodnje elemenata, lakoće konstrukcije itd.

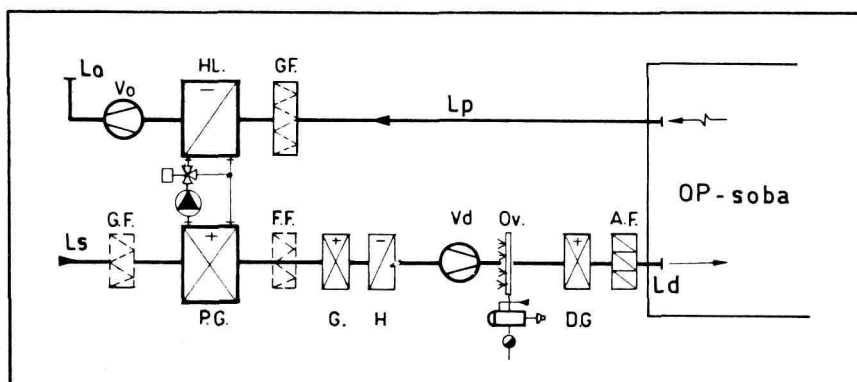
Iz svih ovih i mnogih drugih razloga, danas je nezamisliva jedna moderna bolnica bez ventilacionih i klima uređaja. Oni su njezina pluća, bez kojih ne može živjeti na opstajati. Zbog relativno velikog utroška energije za aparate i rasvjetu, kao i zbog lake građevinske konstrukcije i često velikih prozorskih površina, potrebne su velike količine uzduha za odvod dobitaka topline iz prostorija. Broj izmjena u satu, koje se još danas mogu pročitati u normama, npr.: laboratoriji 8—10, operacione dvorane

ne 10—12, sterilizacije 5—10, već su nedovoljne i zamjenjene sa 12—15, 20—30 (pa i do 300), 10—15 itd. Količine su se uzduha za bolničke prostorije u posljednjih deset godina znatno povećale iz energetskih, a nešto i iz higijenskih razloga. Iz bojazni od prijenosa klica između pojedinih prostorija i odjela klimatiziranim uzduhom, zahtijeva se isključivo rad sa čistim vanjskim uzduhom. Rad sa optočnim uzduhom za sve radne prostorije i sobe za ležanje u bolnicama nije dozvoljen.

FILTRIRANJE UZDUHA I UNUTARNJI UVJETI

Dispozicija jednog klima uređaja za operacione dvorane vidljiva je iz slika 1, 3 i 5. U cilju čuvanja finog i apsolutnog filtra od prebrzog zagađenja, poželjno je predvidjeti jedan grubi filtar kvalitete 25—45% prema NBS--metodi i preporučljivo je smjestiti ga pred rekuperativni ili regenerativni izmjenjivač topline, tako da štiti i njega i fini filtar od masnih i velikih čestica prašine u svježem vanjskom uzduhu. Filtriranje uzduha ispred regene-

Sl. 1 — Povratno iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha primjenom lamelastih izmjenjivača topline (rekuperativni postupak)



* Frano Bilić, diplj, ing., »Ka-plan«, Zurich, Švajcarska.

Iz $i-x$ dijagrama na si. 2, 4. i 6, vidljive su promjene stanja uzduha i stanja u prostoriji. U

današnjim modernim operacionim dvoranama, postavljaju se slijedeći zahtjevi na stanje uzduha u prostoriji: relativna vlažnost 45 do 60% (podešljiva) i temperatura 18 do 25°C (podešljiva).

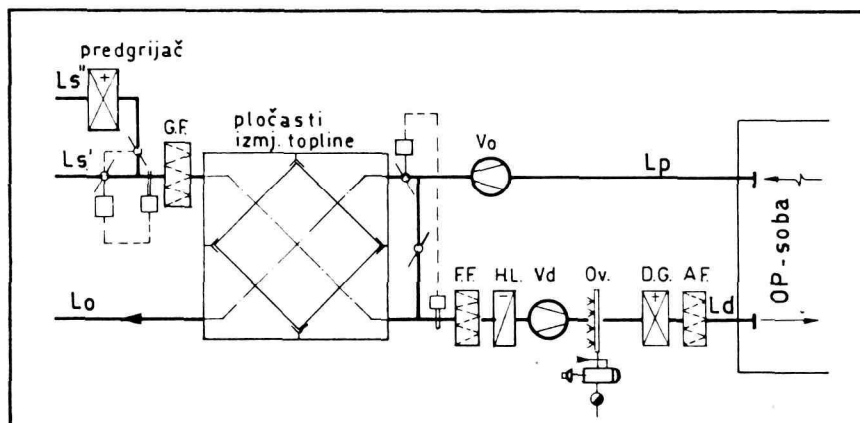
Temperatura i relativna vlažnost sobnog uzduha mogu se u navedenim granicama zimi i ljeti po želji i zahtjevima operacionog zahvata podešavati. Prema ovim uvjetima treba da budu određena i stanja dovodnog uzduha. Prema ovome bila bi najniža temperatura dovodnog uzduha 14°C za sobno stanje od 18°C, odnosno $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$. Sa nižom temperaturom od 14°C nije preporučljivo dovoditi uzduh iz dva razloga:

- 1) zbog temperatura hladne vo-de od 6/12°C nastale bi teško-će oko određivanja hladnjaka uzduha;
- 2) zbog mogućnosti pojave pro-puha uslijed preniske temperature dovodnog uzduha.

I kod temperature dovodnog uzduha od 14°C poželjno je ići sa temperaturom hladne vode od 6/10°C. Na ovaj se način povećava količina optočne vode, ali se znatno smanjuje broj redova cijevi hladnjaka, čiji je raspored povoljniji i gubitak pritiska na strani uzduha znatno je manji, pa se i time više uštedi na pogonskoj energiji ventilatora.

Zbog navedene razlike temperature prostorije i dovodnog uzduha, od svega 4°C, i relativno velikih dobitaka topline, u jednoj modernoj operacionoj dvorani izvana a najviše od rasvje-

Sl. 3 — Povratno iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha primjenom pločastih izmjenjivača topline (rekuperativni postupak)



te, osoblja, aparata i televizijskih uređaja, dobivaju se količine dovodnog uzduha po operacionoj dvarani od 2000 do 3000 m³/h. Ovo daje za jednu dvoranu od 36 m² podne površine i 115 m³ prostornog volumena, 17 do 26 izmjena na sat.

Pošto su dobici topline izvana prema unutarnjim dobicima neznatni, mora se količina dovodnog uzduha odrediti prema zimskom, odnosno prelaznom periodu vanjskog stanja.

Zbog visokih nabavnih troškova, najčešće se uzima jedan klima uređaj za dvije operacione dvorane istih higijenskih zahtjeva i uvjeta sterilnosti. Septička operaciona dvorana sa pripadajućim prostorijama dobiva zaseban uređaj. Ovo isto vrijedi za operacionu dvoranu za hitne zahvate.

Na osnovu konkretnih proračuna jednog od izvedenih klima uređaja u bolnici, dobile bi se slijedeće količine uzduha:

Kod operacionih dvorana obično se odsisava 1/3 uzduha ispod stropa, a

	m-7h
2 operacione dvorane a 2500	5000
1 prostorija za gips, cca	500
2 prostorije za pripremu, cca	1000
2 prostorije za pranje ruku, cca	500

Ukupno	7000 m ³ /h
--------	------------------------

2/3 neposredno iznad poda. Intenzivniji odsis u području poda preporučljiv je zbog boljeg odvođenja plinova za narkoze (i drugih) koji su teži od uzduha i zbog toga se talože iznad poda. Temperatura odsisnog uzduha može biti oko 1—2°C viša od srednje sobne temperature. O jednoj određenoj temperaturi odsisnog uzduha zimi ili ljeti ne može se govoriti, budući da se ona može po volji podešavati od 18 (odnosno 20°C) do 25°C, bez obzira na godišnje doba i vanjske uvjete.

ISKORIŠTAVANJE TOPLINE IZ OTPADNOG UZDUHA

Za zagrijavanje, ovlaživanje i hlađenje ovako velikih količina svježeg vanjskog uzduha, potrebne su ogromne količine energije, koje se najvećim dijelom u otpadnom uzduhu bacaju ne-

povratno izgubljene u okolinu, koju još više opterećuju.

Baš zbog čistog svježeg uzduha radilo se dugo, prije energetske i ekonomske krize, i veoma ozbiljno na iskorištavanju topline iz otpadnog uzduha kod bolnica, farmaceutske i kemijske industrije kao i kod istražnih instituta. U tu su se svrhu razvila dva postupka sa tri sistema i to:

1) Rekuperativni postupak

- a) sa lamelastim izmjenjivači-ma topline voda — uzduh,
- b) pločastim izmjenjivačima iz stakla ili metala;

2) Regenerativni postupak sa sporohodnim kolima.

1) Rekuperativni postupak

Pod ovim se postupkom razumijeva izmjena topline između

dva medija, bez međusobnog

	m-7h
2 operacione dvorane a 2500	5000
1 prostorija za gips, cca	500
2 prostorije za pripremu, cca	1000
2 prostorije za pranje ruku, cca	500
Ukupno	7000 m ³ /h

miješanja ili dodira istih. U ovome je i najveći energetska nedostatak ovog postupka, što se vrši izmjena samo osjetne topline, dok latentna i dalje odlazi izgubljena s otpadnim uzduhom u atmosferu ili u obliku kondenzata u kanalizaciju.

a) L a m e l a s t i i z m j e n j i v a č i
voda — u z d u h

Na slici 1. šematski je prikaza-na ugradnja elemenata jednog klima uređaja za operacionu dvoranu, sa lamelastim izmjenjivači-ma za iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha. Izmjenjivači su obično iz bakrenih cijevi sa aluminijskim lamelama. Kao posredni medij služi obično voda ili mješavina vode sa glikolom. U radu sa vodom dobiva se viši stupanj djelovanja izmjene topline, zbog boljeg koeficijenta prijelaza, nego kod rada sa mješavinom voda — glikol. Međutim u

radu sa vodom mora se predvidjeti regulacija zaštite izmjenjivača u struji svježeg uzduha protiv smrzavanja, koja kod određenog omjera mješavine voda — glikol nije potrebna.

Promjena stanja uzduha u i—x dijagramu vidljiva je iz slike 2. Ekonomski stupanj djelovanja, koji se može zastupati u odnosu na gubitke pritisaka i cijevne izmjenjivače, postiže se od 50—60% i to samo za osjetnu top-linu i kod ekstremnih temperaturnih razlika, dok se latentna toplina u potpunosti gubi. Zbog potrebne razlike temperature voda — uzduh na strani svježeg uzduha (3—5°C) i na strani otpadnog uzduha (3—5°C), koja je potrebna da se prijenos topline uopće može vršiti s jednog na drugi medij, ovi su izmjenjivači iznad vanjskih temperatura od 8—12°C, već prema temperaturi otpadnog uzduha, nekorisni jer se izmjena topline više ne vrši.

Zbog niske izlazne temperature dovodnog uzduha iz izmjenjivača, od svega 6°C, potrebno je uzduh još dogrijavati. U ljetnom su pogonu ovi izmjenjivači topline od neznatne koristi, jer se zbog malih temperaturnih razlika između otpadnog i dovodnog uzduha, izmjena topline u njima ne može praktički ni vršiti.

Regulacija temperature dovodnog uzduha nakon izmjenjivača topline vrši se termostatom preko troputnog ventila na vodenoj strani.

Na osnovu mnogih proračuna i studija uz pomoć elektronskih računala i uz najoptimalniji stupanj djelovanja kod ekstremnih temperaturnih razlika, može se reći da godišnji stupanj djelovanja ovog sistema ne prekoračuje vrijednosti od 30 do 35%. Prema tome i godišnja je ušteda na pogonskoj energiji relativno mala (si. 9)

Osim niskog godišnjeg stupnja djelovanja, ima ovaj sistem jedan ozbiljan nedostatak kod održavanja — brzo onečišćenje lamela izmjenjivača. Da bi se postigao što viši stupanj djelovanja kod što manjih temperaturnih razlika medija, potrebne su velike površine za izmjenu topline, pa se dobivaju izmjenjivači sa 6—12 redova cijevi. Kod niskih

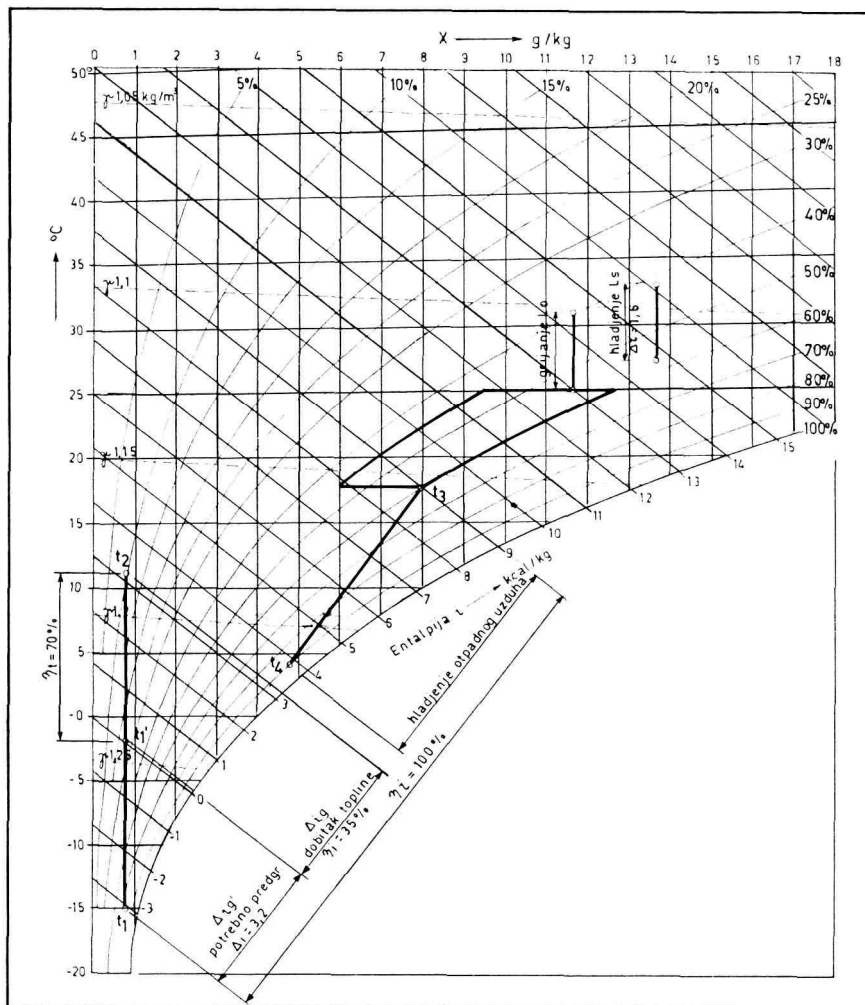
površinskih temperatura, koje leže ispod tačke rosišta, dolazi do stvaranja kondenzata na lamelama i cijevima. Ovaj s jedne strane pospješuje prijenos topli-ne, ali s druge strane stvara brzo taloženje prašine na mokrim stranama, što dovodi do većeg otpora i s vremenom do smanjenja stupnja djelovanja sistema. Iz ovog je razloga potrebno često čišćenje izmjenjivača, koje je dosta skupo i često nije moguće temeljito provesti, pa se tokom vremena može nataložiti toliko nečistoće i blata, da o nekom znatnom iskorištenju topline ne može više biti ni govora. U tu je svrhu preporučljivo predvidjeti dobre filtre ispred oba izmjenjivača. Filtiri opet povećavaju gubitke pritiska, a time poskupljuju pogon ventilatora i smanjuju godišnju uštedu na energiji.

Prednost ovog sistema leži u tome što se prijenos topline može vršiti na veće udaljenosti, pa dovodni i otpadni uzduh mogu biti jedan od drugog i znatno udaljeni. Ovo je naročito praktično kod postojećih uređaja i tamo gdje arhitektura i koncepcija zgrade ne dozvoljavaju da svjež i otpadni uzduh budu u neposrednoj blizini. Ovaj sistem i nalazi danas najveću primjenu tamo gdje se ne mogu predvidjeti drugi sistemi. Osim toga važno je imati na umu, da temperature razlike budu što više, tj. da temperatura otpadnog uzduha bude što viša. Naročito su interesantni industrijski uređaji kod kojih su temperature otpadnog uzduha oko ili iznad 30°C. Zbog potrebnih velikih površina za izmjenu topline, cjevovoda, pumpi, regulacije i specijalno dobre izolacije, sistem je i relativno skup.

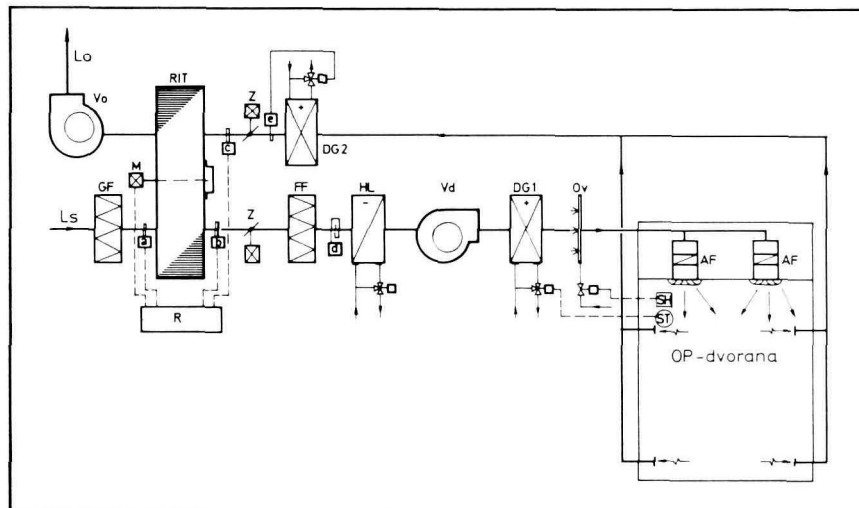
Jedna nedavna studija za primjenu ovog sistema u klima uređaju jednog hotela i jednog zatvorenog kupališta, dala je slijedeća vremena amortizacije, uloženi viših troškova kroz uštedu na pogonskoj energiji, za 13-sat-no radno vrijeme i 360 dana rada uređaja u godini, kao i temperature otpadnog uzduha za hotel, od 24°C, i za kupalište, od 30°C: hotel 6 godina; kupalište 4,5 godine.

U ovom proračunu nisu uzeti u obzir troškovi održavanja, niti

Sl. 4 — Promjena stanja uzduha kod promjene rekuperativnog pločastog izmjenjivača topline



Sl. 5 — Ugradnja regenerativnog izmjenjivača topline u klima uređaj jedne operacione dvorane; Ls — svjež (vanjski) uzduh; Lo — otpadni (odsisni) uzduh; Vo — ventilator otpadnog uzduha; Vd — ventilator dovodnog uzduha; GF — grubi filter; FF — fini filter; AF — apsolutni filter; RIT — regenerativni izmjenjivač topline; Z — zaklopke; HL — hladnjak; DG1 — dogrijač dovodnog uzduha; DG2 — dogrijač odsisnog uzduha; Ov — ovlaživač; R — regulator RIT-a; M — motor RIT-a; a, b, c — termostati za regulaciju RIT-a; d — term. za dogrijač otpadnog uzduha; ST — sobni termostat; SH — sobni higrostat



S obzirom na relativno niske temperature otpadnog uzduha kod klima uređaja za bolnice, može se reći, da ovaj sistem povratnog iskorištenja topline iz otpadnog uzduha, kod ove vrste uređaja, nije s ekonomskog gledišta preporučljiv tako dugo dok postoji mogućnost primjene drugih sistema. Iznimku može činiti iskorištenje topline iz otpadnog uzduha: toplinske stanice, strojar-nice za pneumatsku poštu, sterilizaciju kreveta i druge prosto-rije za postrojenja kod kojih temperatura otpadnog uzduha u pravilu uvijek leži iznad 30°C.

Slika 3. prikazuje ugradnju pločastog izmjenjivača topline u klima uređaj operacione dvorane. Predfilter je smješten pred ulaz u izmjenjivač, da štiti od prljanja. Zbog opasnosti od smrzavanja kondenzirane vode na ploča-

ma, ne preporučuje se ići sa temperaturom svježeg uzduha nižom od -2 do -5°C , što ovisi i o temperaturi otpadnog uzduha od 20°C , kod koje se uzima -2°C kao najniža dozvoljena temperatura usisnog uzduha. Iz tog razloga potrebno je kod vanjskih temperatura ispod -2°C jedan dio svježeg uzduha predgrijavati. Regulacija temperature pred ulazom u izmjenjivač vrši se termostatom i regulacionim zaklopkama. Topla voda optiče stalno kroz predgrijač, tako da ne postoji opasnost od smrzavanja cijevi predgrijača.

U $i-x$ dijagramu, na slici 4, prikazane su promjene stanja uzduha u pločastom izmjenjivaču. Ovdje se vrši samo izmjena osjetne topline. Uprkos odabranog relativno visokog stupnja iskorištenja od $\eta_1 = 70\%$ i predgrijavanja do -2°C , iznosi temperatura uzduha nakon izmjenjivača svega 12°C . Dobitak na ukupnoj toplini je relativno malen, pa stupanj djelovanja entalpije iznosi svega $T_{ji} = 35\%$.

Godišnji stupanj djelovanja ne prekoračuje vrijednost od:

$$\eta_E \approx 40\%$$

Ovo se naročito odražava na toplini ovlaživanja, što je prikazano u poglavlju o uštedi energije.

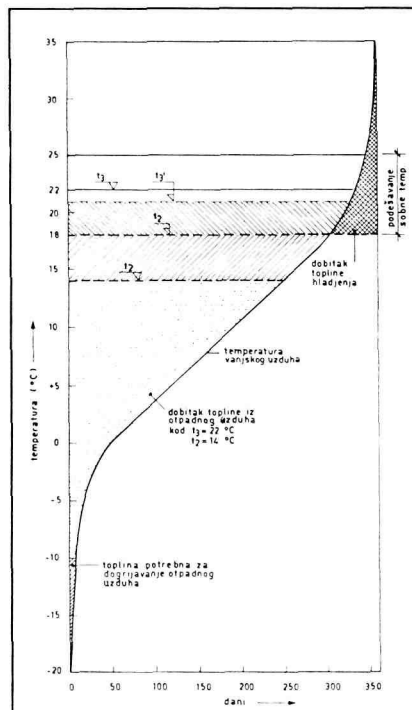
Pločasti su izmjenjivači veoma teški i zahtjevaju relativno mnogo mjesta za smještaj.

Za $7000 \text{ m}^3/\text{h}$ koji vrijede za naš primjer, iznosi težina ovakvog izmjenjivača cca $1770-2000 \text{ kg}$ i zahtjeva površinu od $1,5$ do $2,0 \text{ m}^2$.

Izmjenjivači sa staklenim pločama razvijeni su za kemijsku i druge industrije, gdje je otpadni uzduh veoma agresivan i ima relativno visoke temperature. Staklo je otporno skoro protiv svih kemijskih spojeva koji se mogu pojaviti u otpadnom uzduhu laboratorija i kemijskih pogona raznih vrsta, pa su danas kao takvi u ovakvim pogonima praktično nezamenjivi.

Zbog relativno malog stupnja iskorištenja ulazne topline, niskog godišnjeg stupnja djelovanja velike težine i visoke cijene, nema ovaj sistem praktičnog

Sl. 8 — Regulacija regenerativnog izmjenjivača topline u klima uređajima za operacione dvorane

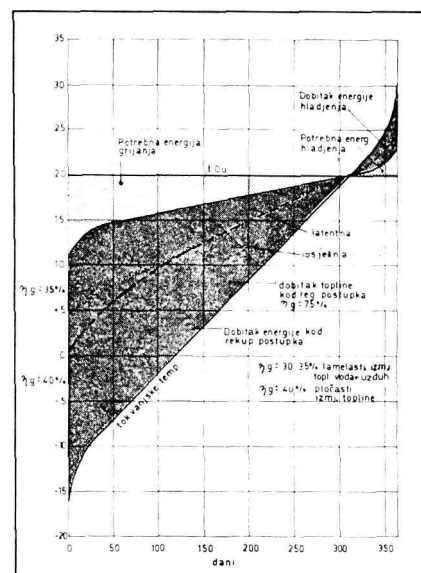


značaja za klimatizaciju bolnica i sličnih objekata.

Orijentaciona cijena ovih izmjenjivača (sa staklenim pločama) kreće se, već prema količini uzduha, padu pritiska i stupnju djelovanja, u zapadnim zemljama po kubnom metru jedne struje uzduha, od $1,20$ do $2,00 \text{ DM}$.

Što je količina uzduha manja, to je specifična cijena aparata viša. Pošto se kod bolnica uglav-

Sl. 9 — Godišnji dobitak u energiji grijanja i hlađenja sa rekupe-rativnim i regenerativnim postupkom



nom radi o manjim jedinicama klima uređaja, može se uzeti orijentaciono prosječna cijena po m^3/h od cca $2,00 \text{ DM}$.

2) Regenerativni postupak

Ovaj je postupak povratnog iskorištavanja topline iz otpadnog uzduha u ventilacionoj i klima tehnici relativno mlad. Primjenjuje se tek nepunih 10 godina. Zbog svoje jednostavnosti konstrukcije, lakoće ugradnje, jednostavnog rukovanja i naročito zbog visokog stupnja iskorištenja topline (stupnja djelovanja), koji se postiže bez teškoća do 90% , zauzeo je ovaj postupak veoma brzo vodeće mjesto u ovoj grani tehnike. Danas radi cca 90% svih ugrađenih uređaja za povratno iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha na regenerativnom principu.

Na slici 5. prikazana je ugradnja jednog sporohodnog regenerativnog izmjenjivača topline u klima uređaj operacione dvorane sa pripadajućom regulacijom.

Na slici 6. prikazane su promjene stanja uzduha za klima uređaj jedne operacione dvorane, sa parnim ovlaživanjem i regenerativnim izmjenjivačem topline.

Zimski pogon. Pretpostavimo da temperatura prostorije iznosi 18°C i 60% relativne vlažnosti, a vanjska temperatura -15°C . Kod određivanja regenerativnog izmjenjivača topline, treba uzeti uvijek ekstremne unutarnje i vanjske uvjete prikazane tačka-ma 1 i 3. Izmjena entalpije u regenerativnom izmjenjivaču topline, sa higroskopsnom akumulacionom masom, vrši se praktički na liniji mješanja struja, koja se u ovom slučaju zove i *Muntersova linija*. U ovom slučaju izmjene topline linija siječe lini-ju rošenja i jednim dijelom leži u zasićenom području, što znači da će doći do izlučivanja vode iz vlažnog uzduha na saće izmjenjivača, što može dovesti do stvaranja inja, a čak i do zamrzavanja saća kod većih količina vode i dužeg trajanja ovakvog stanja.

Da bi se izbjeglo da linija izmjene topline padne u zasićeno područje, najjednostavnije je ot-

padni uzduh toliko ugrijati, da linija izmjene ostane i kod ekstremnih stanja uzduha u suhom području i—x dijagrama tj. lijevo od linije rošenja. Stanja uzduha na izlazu iz regenerativnog izmjenjivača topline zadana su tačkama 8, 2 za dovodni i 4' za otpadni uzduh. Toplina upotrebljena za dogrijavanje otpadnog uzduha dobiva se u regenerativnom izmjenjivaču topline natrag, u visini njegovog stupnja iskorištenja topline. U ovom i leži velika prednost ovog postupka sprečavanja smrzavanja saća kola. Osim toga, nije potrebna nikakva dodatna regulacija protiv smrzavanja grijača.

Stupanj djelovanja regenerativnog izmjenjivača topline određuje se prema onom ekstremnom vanjskom stanju, kod kojega nije potrebno zagrijavanje otpadnog uzduha tj. kod kojega linija izmjene topline po cijeloj svojoj dužini leži u suhom području. U našem slučaju je to cca $-10^{\circ}\text{C}/80\%$ relativne vlažnosti. Temperatura uzduha na izlazu iz regenerativnog izmjenjivača topline ne smije ležati iznad najmanje proračunate temperature dovodnog uzduha, potrebne za odvod maksimalnih dobitaka topline u prostoriji, koja u našem slučaju iznosi 14°C . Ta temperatura na izlazu iz regenerativnog izmjenjivača topline ne bi smjela biti viša od 13°C (tačka 2), tako da bi nakon ugrijavanja kroz odavanje topline elektro-metara (cca 7°C) postigla željenu vrijednost od 14°C . Osjetnik »b« postavljen je na 13°C i ne dozvoljava da se ova vrijednost, bez obzira na vanjske i unutarnje uvjete, prekorači. Ovo se postiže bestepenastim mijenjanjem broja okretaja koja regenerativnog izmjenjivača topline. Tako se ova vrijednost zadržava i kod dogrijavanja otpadnog uzduha (tačka 2'), na račun manjeg stupnja djelovanja koji pada od naj-više vrijednosti 76%, za vanjsko stanje od -10°C , na 62% za vanjsko stanje od -15°C . Već prema promjeni stanja u prostoriji, mjenjati će se stupanj djelovanja iskorištenja topline iz otpadnog uzduha, uz držanje stanja u tački 2, konstantnim. Pošto je utjecaj vanjskih uvjeta na bilancu topline u operacionoj dvorani,

kako zimi tako i ljeti, u većini slučajeva zanemarivo malen, to je i najveća razlika temperatura potrebna za odvod dobitaka top-line:

$$\Delta t = t_s - t_{du} = 18 - 14 = 4^{\circ}\text{C}$$

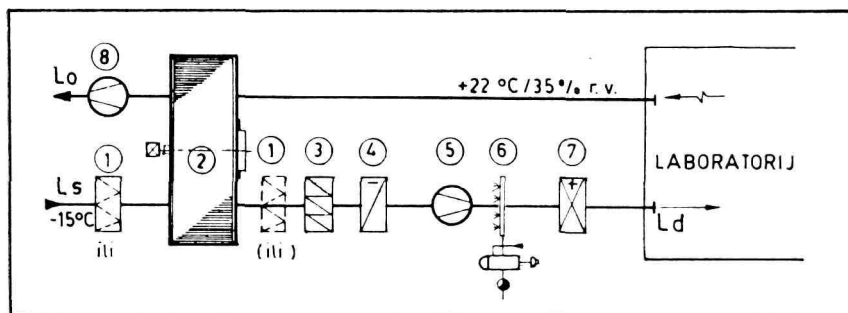
(t_s — temperatura sobe t_{du} — temperatura dovodnog uzduha),

ovisna uglavnom o unutarnjim dobicima topline (ljudi, rasvjeta i aparati), a neovisna o vanjskom stanju. Iz ovog proizlazi da je za unutarnje stanje od npr. 23°C , potrebna temperatura od 19°C . U tom bi slučaju, ako bi regenerativni izmjenjivači topline regulirali na 13°C konstantno, toplina iz otpadnog uzduha bila nedovoljno iskorištena. Ovo pogotovo vrijedi u vrijeme prelaznog perioda tj. od 0°C do 15°C . Da bi se

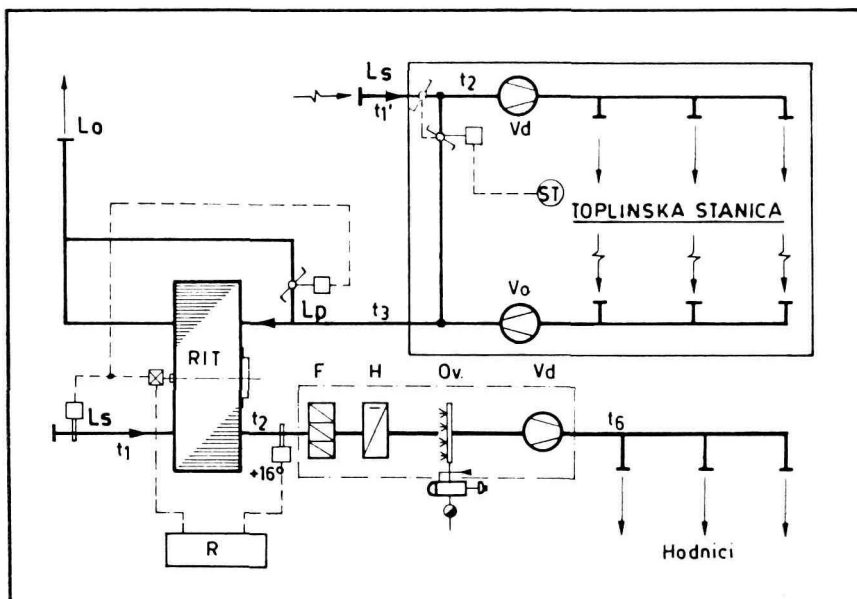
ovo izbjeglo i regenerativni izmjenjivači topline do najviše mogućeg stupnja iskoristili, može se temperatura dovodnog uzduha nakon regenerativnog izmjenjivača topline klizno pomicati nagore, proporcionalno sa podizanjem sobne temperature. U tu svrhu potreban je samo još jedan dodatni regulator, koji će temperaturu tačke 2 proporcionalno sa sobnom temperaturom podizati. Na ovaj način mogu se postići znatne godišnje uštede na toplinskoj energiji, jer je baš ovo područje vanjskih uvjeta zastupljeno sa najvećim brojem sati u godi-ni, a prema dosadašnjem iskustvu najučestalija radna temperatura u operacionim dvoranama iznosi $22-23^{\circ}\text{C}$ zimi i ljeti.

Iz opisanog proizilaze dvije mogućnosti regulacije regenerativnog izmjenjivača topline:

Sl. 10 — Primjena regenerativnog izmjenjivača topline u klima uređaju za laboratorije i slične prostorije; 1 — predfilter (preporučljiv); a — regenerativni izmjenjivač topline; 3 — fini filter; 4 — hladnjak; 5 — ventilator dovodnog uzduha; 6 — parni ovlaživač; 8 — ventilator odv. uzduha



Sl. 11 — Iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha toplinske stanice za zagrijavanje dovodnog uzduha za hodnike i druge prostorije



- a) prema konstantnoj temperaturi t_2 dovodnog uzduha nakon izmjenjivača i
- b) prema kliznoj temperaturi t_2 .

Iz ekonomskih i energetskih razloga preporučljivo je, kod operacionih dvorana kao i kod drugih pogona, gdje se temperatura prostorije može po volji podešavati, neovisno od vanjskog stanja uzduha, primijeniti ovaj drugi način regulacije, koji daje znatno veću uštedu na pogonskoj energiji od prvog. U oba slučaja regulacije predgrijač uzduha nije potreban.

Sve do sada rečeno vrijedi za ovlaživanje parom. Za ovlaživanje uzduha kod klima uređaja u bolnicama skoro se isključivo danas upotrebljava para. Para je pogodna za ovlaživanje iz tri razloga: bakteriološkog, razloga održavanja i regulacije. Ovlaživanje uzduha vodom u ovlaživačima, bilo sa filtarskim pločama, bilo u komorama za rasprskavanje, danas je kod klima uređaja u bolnicama skoro potisnuto iz primjene. Iz ovog razloga nije se ni potrebno posebno baviti iskorištenjem topline iz otpadnog uzduha uz vodeno ovlaživanje. Dovoljno je reći da se kod vodenog ovlaživanja može ići sa tačkom 2 još više na gore tj. regenerativni izmjenjivač topline može se odabrati sa većim stupnjem djelovanja i na taj način potpuno se odreći predgrijavanja uzduha ispred vodenog ovlaživača.

Ljetni pogon. Kad temperatura vanjskog uzduha postane jednaka temperaturi otpadnog uzduha tj. kad se vrijednosti na termostata (osjetnicima) »a« i »c« izjednače, kolo regenerativnog izmjenjivača topline automatski se stavlja van pogona, odnosno brzina kola smanjuje se na cca 1 o/min, kod koje se praktički više ne vrši izmjena topline. Kad temperatura vanjskog uzduha naraste na cca 1,5—2 °C višu vrijednost od temperature otpadnog uzduha, kolo regenerativnog izmjenjivača topline pušta se automatski u pogon, i to sa najvećom brzinom od 10 do 22 o/min., što ovisi o sistemu i konstrukciji kola. Toplina se prenosi sa toplijeg vanjskog uzduha na hla-

dniji otpadni. Vanjski uzduh se hladi, a otpadni ugrijava vanjskim i njegovu toplinu odnosi natrag u okolinu.

Cilj je što je moguće više ohladiti vanjski uzduh. Iz toga razloga nije potrebna regulacija broja okretaja kola. Rad se odvija za sve vrijeme ljetnog pogona sa najvećim brojem okretaja. Veličine temperatura pojedinačno nisu mjerodavne, već samo njihov međusobni odnos. Tačke 2 na slici 6. prikazuju temperature dovodnog uzduha nakon regenerativnog izmjenjivača topline, kod najviše vanjske temperature od 34° C. Budući da se najčešće zimi i ljeti radi u operacionoj dvorani sa 22—23° C, to su uštede na rashladnoj pogonskoj energiji velike, jer izmjena topline između otpadnog i svježeg uzduha, tj. hlađenje svježeg uzduha počinje već iznad vanjske temperature od 23 °C, a broj sati godišnje oko ovih vanjskih temperatura je znatno velik.

Zbog održavanja vlažnosti u operacionoj dvorani ispod 60%, obično je uzduh potrebno hladiti na nižu temperaturu od one koja bi bila dovoljna za odvod dobitaka topline.

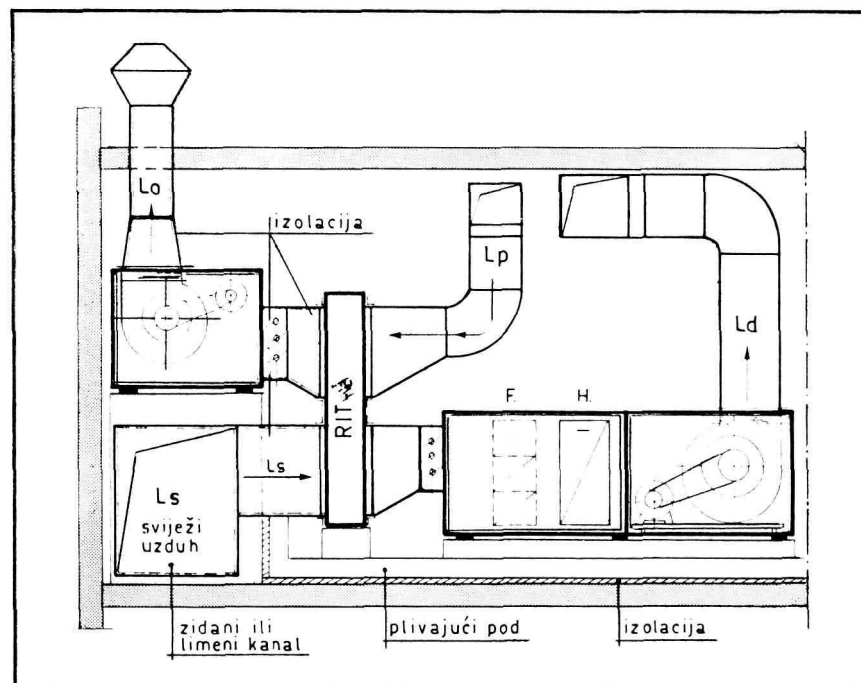
Regulacija. Na slici 7. prikazan je godišnji tok vanjske temperature i principijelna regulacija je-

dnog regenerativnog izmjenjivača topline sa promenljivim brojem okretaja kola. Ovo vrijedi za slučaj gdje je još nakon izlaza iz regenerativnog izmjenjivača topline dovodni uzduh potrebno zagrijavati.

Od I do II kolo se vrti najvećom brzinom a temperatura t_2 raste proporcionalno sa vanjskom temperaturom. U tački II postignuta je temperatura t_2 jednaka potrebnoj ulaznoj temperaturi uzduha t_5 , koja je postavljena na termostatu »b«. Ova se temperatura ne smije prekoračiti. Od II do III ostaje $t_2 = t_5$, što se postiže promjenom broja okretaja kola. Od III do IV kolo je van pogona, budući da je vanjska temperatura više od potrebne temperature t_5 . Uzduh treba hladiti (npr. rashladnim strojem). Tek u tački IV, kad se vanjska temperatura izjednači sa temperaturom odvodnog uzduha, stavlja se u pogon kolo regenerativnog izmjenjivača topline automatski, najvećom brzinom. Otpadni uzduh hladi topliji vanjski (usisni) uzduh.

Na slici 8. ucrtana su stanja uzduha prostorije i stanja poslije regenerativnog izmjenjivača topline, koja vrijede za naš opisani slučaj jedne operacione dvorane. Potrebna toplina za zagrijavanje

Sl. 12 — Jedan od čestih primjera ugradnje klima komore, odsisne komore i regenerativnog izmjenjivača topline u jednoj bolnici



otpadnog uzduha prikazana je površinom ispod -10°C . Uštedu na toplini zagrijavanja uzduha prikazuje površina između krivulje toka vanjske temperature i linija temperatura:

t_2 , za slučaj sobne temperature t , — 18°C ;

t_1 , za slučaj sobne temperature U — 22°C ;

t_3 , za slučaj sobne temperature t , — 25°C .

Desna iscrtana površina prikazuje potrebnu i uštedenu rashladnu energiju potrebnu za hlađenje dovodnog uzduha.

Iz ovog je vidljivo da nije potrebno nikakvo dodatno zagrijavanje ni otpadnog niti dovodnog uzduha iznad vanjske temperature od -10°C .

Potrebna toplina za ugrijavanje dovodnog uzduha dobiva se u cijelosti iz unutarnjih dobitaka topline u prostoriji preko regenerativnih izmjenjivača topline.

Zbog toga su ventilacioni i klima uređaji za bolničke prostori-je i odjele upravo idealni za primjenu regenerativnih izmjenjivača za iskorištavanje topline iz otpadnog uzduha.

Godišnji stupanj iskorištenja ukupne topline (entalpije) kod regenerativnog izmjenjivača topline iznosi praktički:

$$\eta_g = 75\%$$

što je duplo više od rekuperativnih postupaka. Cijena po kubnom metru uzduha jedne struje kreće se, u zapadnim zemljama, već prema količini uzduha, u granicama od 0,70 do 1,20 DM.

Zbog visokog godišnjeg stupnja iskorištenja topline, relativno niske specifične cijene uređaja i skoro nikakvih troškova održavanja, kreću se vremena amortizacije uložnog kapitala za ove uređaje, već prema broju radnih sati u godini, cijeni energije i načinu snabdjevanja toplinskom energijom (toplovod ili vlastita kotlovnica) od 6 do 18 mjeseci.

Kod bolnica, gdje su klima uređaji u pravilu dnevno 24 sata u pogonu, iznositi će vrijeme amortizacije, prema današnjem stanju cijena energije, 6—10 mjeseci, već prema uvjetima rada pojedinog uređaja.

Kod objekata za koje treba graditi vlastitu kotlovnicu, u većini slučajeva uštede na manjoj kotlovnici i rashladnoj centrali u potpunosti pokrivaju veće troškove za nabavku i ugradnju regenerativnog izmjenjivača topline. Ovo su pokazali mnogi proračuni ekonomičnosti posljednjih nekoliko godina.

Broj okretaja kola. Najveći broj okretaja kola kod sporohodnih regenerativnih izmjenjivača topline iznosi, već prema konstrukciji, vrsti i obliku akumulirajuće mase, 10 do 22 okretaja u minuti. Kod izmjenjivača sa ravnim saćem iznosi 10, a kod žičanog pletiva kao mase 22 o./min. Kod stavljanja klima uređaja van pogona (iskapčanja), preporučljivo je da kolo potpuno ne stane, već da se i dalje okreće brzinom 1—1,5 o./min. Ovo je potrebno uglavnom zbog sprečavanja neravnomjernog taloženja prašine u saću i upijanja vlage samo u jednoj polovici kola — zimi na strani otpadnog a ljeti na strani usisnog uzduha. Uprkos zatvorenih zaklopki na strani usisnog uzduha. Uprkos zatvorenih zaklopki na usisnoj i odsisnoj strani, uzduh struji kroz proreze na istima uslijed termičkog uzgona koji vlada zbog obično većih razlika temperature između prostorije i vanjske okoline. U slučaju mirovanja kola vlaga bi se iz vlažnije struje prenijela na pripadajuću polovicu kola, a na taj način ovu više op-teretila i dovela do neravnoteže kola. Kod ponovnog puštanja uređaja u pogon može doći, zbog ove neravnoteže, do pucanja pogonskog remena i drugih oštećenja na pogonskom mehanizmu. Već prema veličini kola može se tokom jedne noći, a pogotovo preko praznika, apsorbirati nekoliko desetaka pa i do 100 kg vode samo u jednoj polovici mase kola, koju veličinu zamaha, kod ponovnog puštanja u pogon, pogonski remen i stalni motor ne mogu izdržati. Dosadašnja iskustva su potvrdila ova razmišljanja.

Zbog ovog je potrebno izričito zahtijevati od isporučio- ca regenerativnog izmjenjivača topline, koji isporučuje i pripadajuću regulaciju sa upravljačkim ormari-

ćem, da se regulacija brzine kola tako podesi, da ova kod iskopčanog uređaja iznosi 1—1,5 okretaja u minuti.

Mješanje uzduha i prijenos čestica iz otpadnog na usisni uzduh.

O ovom je bilo dosta govora u raznim člancima u svjetskoj stručnoj literaturi kao i u nekoliko predavanja autora, a pogotovo na posljednjem Seminaru o KGH u Beogradu, 1974. godine.

Pojavom regenerativnih izmjenjivača topline na tržištu ventilacione i klima tehnike sa velikim stupnjem iskorištenja cijele topline iz otpadnog uzduha, po-javili su se i prigovori na veliku masu ovih aparata — na prijenos nečistoće i bakterija iz otpadnog na dovodni uzduh. Ovi su se prigovori stavljali čak i onim vrstama prostorija i uređaja kod kojih se normalno radi sa 80% optoćnog (recirkuliranog) uzduha. Još se i danas ponegdje može pročitati u nespecijaliziranim stručnim listovima o ovom mješanju kao nedostatku regenerativnih izmjenjivača topline u odnosu na druge sisteme.

Mnoga ispitivanja vršena na re-generativnim izmjenjivačima top-line sa ravnim saćem, ravnim čeonim ploham a s obe strane kola i ustavom, na nekoliko naučnih instituta u Evropi u posljednjih nekoliko godina, dala su uglavnom iste rezultate, koji se mogu ukratko svesti na dva podatka. Prvo, da je prijenos čestica pra-šine veličine 0,2—1 mikron, iz otpadnog na usisni uzduh najviše do 0,2%, i drugo, da je mješanje tvari u plinovitom stanju u granicama od 0,025 do 0,06% — vrijednosti koje se samo najpažljivijim mjerenjima i rafiniranim metodama mogu izmjeriti. Ako se još uzme, da se kod svih ventilacionih i klima uređaja za bolničke odjele uzimaju dva stupnja filtriranja uzduha kvalitete B i C (po DIN-u), to se i ove male vrijednosti za prašinu smanjuju za još preko 100 puta. Kod operacionih dvorana ugrađen je još i treći stepen filtriranja — apsolutnim filtrom koji ima stupanj otprašivanja 99,97% prema DOP--metodi za čestice veličine od 0,3 mikrona, koja je veličina najnepovoljnija za zadržavanje u filt-

ru. Ovaj filter zadržava praktički sve čestice prašine kao nosioce bakterija i virusa, pa u ovom slučaju nije ni potrebno govoriti o bilo kojem omjeru mješanja struja ili prijenosa bakterija i virusa iz otpadnog na svjež uzduh.

Sa sigurnošću se može reći, da bolničko osoblje i pacijenti donose svojom odjećom i disanjem mnogo više prašine i klica u prostorije, nego što se prenese u regenerativnom izmjenjivaču topline i bez ustave i bez filtriranja uzduha. Osim toga dolazi do prodiranja vanjskog uzduha kroz ulazna vrata, zračnosti na prozorima i poroznosti zidova u prostorije zbog vjetrova i razlike temperatura između prostorija i vanjskog uzduha, koja zimi doseže i do preko 40 °C. Ovaj uzduh iz slobodne atmosfere gradova, u kojima se na žalost nalazi najveći broj bolnica, sadrži i do nekoliko tisuća klica po kubičnom metru. Nije teško izračunati koliko vanjskog uzduha, a s njime i klica, prodire u bolničke prostorije kroz ulazna vrata, koja su obično stalno otvorena. Ni vjetrombranim a niti zračnom zavjesom ne može se izbjeći jedna izvjesna izmjena vanjskog i unutarnjeg uzduha.

Nakon svih ovih razmatranja može se reći da se prijenos čestica prašine od 0,2% i plinova od 0,025 do 0,06% u regenerativnom izmjenjivaču topline sa ustavom, ravnim saćem i ravnim čeonim površinama, ugrađenim u ventilacione i klima uređaje za bolničke odjele sa jednim ili dva stepena filtriranja, smanji na tu mjeru da je utjecaj prijenosa klica iz otpadnog na dovodni uzduh praktički ravan nuli, pa sa bakteriološkog i drugih gledišta zanemariv.

Kod operacionih dvorana sa ugrađenim apsolutnim filtrima mješanje otpadnog i dovodnog uzduha nema nikakvog utjecaja na stanje bakterija u prostoriji, jer se praktički sve klice zadržavaju u apsolutnom filtru. Preporučljivo je apsolutne filtre smjestiti što je moguće bliže istrujnim otvorima, neposredno iznad anemostata ili rupičaste istrujne haube, kako bi se izbjeglo zagađivanje kanala za uzduh i omogućila lakša dezinfekcija is-

tih. Danas se čak ide za tim da se smanji količina svježeg uzduha, a da se poveća broj izmjena uzduha u operacionoj dvorani na 50 do 300 u satu. Ovo se postiže radom sa velikim količinama optočinog uzduha, što se može dozvoliti samo zahvaljujući primjeni apsolutnih filtera.

UŠTEDE ENERGIJE KOD REKUPERATIVNOG I REGENERATIVNOG POSTUPKA

Na slici 9. prikazane su godišnje uštede na energiji potrebnoj za grijanje i hlađenje svježeg vanjskog uzduha. Godišnji stup-njevi iskorištenja topline kreću se 30—40% za rekuperativni i do 80% za regenerativni postupak.

Iz i—x dijagrama na slikama 2, 4. i 6. vidljive su uštede na potrebnoj priključnoj (ugrađenoj) energiji, koja se može izračunati, za naš slučaj za dvije OP-dvorane u apsolutnim vrijednostima. Količina svježeg uzduha iznosi za dvije operacione dvorane cca $L_j = 7\,000\text{ m}^3/\text{h}$. Zbog jednostavnosti računa uzimamo da su količine dovodnog i odsisnog uzduha jednake.

Pošto se broj sati u godini sa vanjskim temperaturama ispod —10 °C svodi prosječno na svega nekoliko desetaka, to se može toplina potrebna za zagrijavanje otpadnog uzduha kod regenerativnog

ježeg uzduha kod pločastog izmjenjivača zanemariti, pa proračun provesti za slučaj vanjske temperature najniže od —10 °C. Osim toga kod proračuna su uzeti najnepovoljniji uvjeti u operacionim prostorijama — zimi 18°C/60% i ljeti 25°C/50% relativne vlažnosti. Ako se uzmu za ljeto i zimu isti uvjeti u prostoriji 22 do 23 °C i 50% relativne vlažnosti, što je najčešći slučaj, tada će i uštede na priključnoj energiji biti znatno veće. Iz ovog primjera je vidljivo, da je rekuperativni postupak iskorištavanja topline i u pogledu količine priključne energije mnogo nepovoljniji od regenerativnog postupka sa sporohodnim kolima.

Laboratoriji

Obično se za sve laboratorije predviđa jedan klima uređaj sa više zona ili sa jednom zonom i termostatskim radijatorskim ventilima. Ima i drugih sistema o kojima se ovdje neće govoriti. Ovlaživanje je potrebno samo iz fizioloških razloga i zahtjeva osoblja. Relativna vlažnost se može spustiti kod niskih vanjskih temperatura ispod —5 ili —10 °C na 35%. U tom slučaju nije potrebno dogrijavanje otpadnog ili predgrijavanje svježeg uzduha.

Na slici 10. prikazana je šematski ugradnja regenerativnog izmjenjivača topline u klima uređaj za laboratorije. Budući da se jedan dio uzduha iz nekih

	Ušteda na priključnoj energiji		
	Rekuperativni postupak		Regener. postupak
	lamel. kcal/h	ploč. kcal/h	sporohod. kcal/h
<i>Ogrijevna moć</i>			
$Q_s = L_d \cdot r \cdot M,$			
$Q_e = 7000 \cdot 1,2 \cdot (5,1; 3,5; 8,9)$	43 000	30 000	75 000
<i>Ovlaživanje</i>			
$Q_{vj} = L_d \cdot r \cdot 10^{-3} \cdot 600 \cdot \Delta x$			
$Q_u = 7000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 600 \cdot 5,5$	—		28 000
Ukupna ušteda	43 000	30 000	103 000
<i>Rashladna moć</i>			
$Q_i = L_d \cdot 1,2 \cdot A_{i,}$			
$Q_{,,} = 7000 \cdot 1,2 \cdot (0,5; 1,6; 3,4)$	4 300	13 500	28 500
izmjenjivača topline i svi-	labo-		

ratorija odsisava preko pokusnih kabina (digestora), obično zasebnim odsisnim ventilatorima, to je količina otpadnog uzduha koja se vodi preko regenerativnog izmjenjivača topline, uprkos podtlaka u laboratorijima, manja od dovodnog uzduha.

Koncentracija raznih plinovitih kemijskih spojeva u odsisnom uzduhu, zbog velikog broja izmjena i odsisavanja preko pokusnih kabina, toliko je mala, da se agresivnost ovog uzduha na akumulacionu masu regenerativnog izmjenjivača topline iz azbestnog papira natopljenog u litijevu kloridu, iz pocinčanog lima ili pocinčane žice može bez ikakve bojazni zanemariti. Kod akumulacione mase iz aluminijskih limova i aluminijske žice (pletiva), mora se paziti na alkaličnost uzduha.

Regenerativni izmjenjivači topline sa masom iz raznih materijala rade već niz godina u mnogim klima i ventilacionim uređajima laboratorija svih namjena bez spomena vrijednih smetnji, pa s te strane ne treba postojati nikakva bojazan kod primjene bilo kojeg sistema povratnog iskorištavanja topline u bolničkim laboratorijima.

Hodnici

Hodnici se kod mnogih proje-kata zanemaruju. Ovo je kod kraćih hodnika do 25 m dužine bez prozora donekle opravdano. Međutim može kod hodnika dužim od 25 m doći do neugodno visokih temperatura. U pravilu svi hodnici u modernim bolnicama leže »zatvoreni« između 2 do 4 vanjske fasade i jezgre zgrade, bilo da se radi o krevetnom ili radnom krilu. U radnom krilu su hodnici najčešće relativno dugački a na mnogim mjestima tako izvedeni da služe kao čekaonice za pacijente. Jakost priključka za rasvjetu iznosi obično oko 15—20 W/m². Sijalice su obično odozdno zatvorene staklom a prema gore limom. U tom slučaju može se uzeti da se cca 75% ove energije predaje na uzduh u hodniku. Prema tome iznosi bilanca topline i količina uzduha:

$$V = 1 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ volumen}$$

$$Q_r = 15 \text{ W/m}^2 \cdot 0,75 \cdot 0,86 \approx 9,6 \text{ kcal/h m}^2$$

$$L_d = \frac{Q_r}{\gamma \cdot c_p \Delta t} = \frac{9,6}{0,29 \cdot 6} = 5,5 \text{ m}^3/\text{h uzduha}$$

$$BZ = \frac{L_d}{V} = \frac{5,5}{2,5} =$$

$$= 2,2 \text{ izmjene u satu}$$

Zbog niske visine hodnika 2,2 — 2,4 m ne smije se ispuhivati uzduh sa višom razlikom temperature od 6 °C ($\Delta t = t_d - t_s$), inače se mora računati sa pojavom propuha.

Iz ovog je vidljivo da je i kod najmanje rasvjete od 15 W/m² potrebno ovu toplinu odvoditi sa hladnijim uzduhom. Kod ventiliranih hodnika sa uzduhom koji ljeti nije hlađen, dosežu temperature u hodniku kod visokih vanjskih temperatura nesnošljive vrijednosti od 34—36 °C. Ljeti je bolje jedan hodnik ne ventilirati nego dovoditi neohlađeni uzduh.

Dovedeni uzduh bolnicama ne služi samo za odvod topline rasvjete već također služi kao nadoknada za odsisani uzduh iz zahoda, garderoba, prostorija za izljev i drugih, kao i predtlak prema vani, tako da je odsis iz samih hodnika nepotreban. Znači nema ni povratnog iskorištenja topline iz otpadnog uzduha.

Na drugoj strani u toplinskoj stanici, stanici za poštu s tlačnim uzduhom, prostoriji za potrošnu toplu vodu, kompresorskoj stanici, telefonskoj centrali i drugim strojarnicama, oslobađaju se ogromne količine topline koja se mora odvoditi u okolinu. Iz ekonomskih razloga najčešće se za odvod ove topline upotrebljava vanjski uzduh. Količina uzduha određuje se za temperature prostorije: ljeti 40 a zimi 30 °C. Znači temperatura otpadnog uzduha iznosi zimi cca 30 °C. Ova se temperatura može sa malim troškovima upotrijebiti za zagrijavanje uzduha u hodnicima.

Šema jednog ovakvog uređaja sa regenerativnim izmjenjivačem topline vidljiva je na slici 11. Budući da su ove strojarne često

dosta udaljene od klima komora za pripremu uzduha, obično se u ovim slučajevima upotrebljava lamelasti izmjenjivač topline sa vodom ili mješavinom voda-glikol. Kod odabiranja sistema povratnog iskorištenja topline iz otpadnog uzduha, u ovakvim slučajevima treba svakako izvršiti detaljan ekonomski proračun potrebnih troškova za nekoliko sistema. Često su kanali za uzduh jeftiniji od vodova za vodu i njihove izolacije.

Regulacija sobne temperature u prostoriji vrši se sobnim termostatom 3 preko zaklopki 4, mješanjem povratnog i svježeg uzduha. Iz toga razloga količina otpadnog uzduha nije stalno jednako velika, već se mijenja u ovisnosti o vanjskoj temperaturi i unutarnjim opterećenjima u toplinskoj stanici ili sličnim prostorijama.

Kod visokih vanjskih temperatura biti će količina otpadnog uzduha veća nego kod nižih. Kad vanjska temperatura dostigne cca 16 °C, već prema toplinskom op-terećenju hodnika, stavlja se regenerativni izmjenjivač topline van pogona, otvara se motorna zaklopka 2 u ophodnom kanalu preko jednog vanjskog termostata 1 i otpadni uzduh struji ophodom u atmosferu.

Smještaj uređaja

U većini slučajeva strojarnica za klima uređaje operacionih dvorana i drugih radnih odjela i prostorija, kao što su laboratorija, centralne sterilizacije, soba za rađanje, ambulanta, rendgenski odjel, odjel cistoskopije, endoskopije itd., nalazi se neposredno iznad kirurškog odjela. U o-voj su strojarnici smještene klima komore dovodnog uzduha kao i ventilatori ili ventilacione komore otpadnog uzduha. Na slici 12. prikazan je jedan od mogućih i čestih načina smještaja klima komora sa regenerativnim izmjenjivačem topline. Sviježi (vanjski) uzduh se usisava obično centralno, na jednom od vanjskih zidova. Grubi filtri se mogu ugraditi centralno odmah na u-sisu svježeg uzduha, pa štite osim regenerativnog izmjenjivača topline i finog filtra još i usisni kanal. Usisni kanal može biti zi-

dan, betoniran ili iz pocinčanog lima.

Odsisni ventilator ili ventilacione komore najpraktičnije je smjestiti iznad usisnog kanala. Otpadni uzduh se izbacuje direktno iznad stropa strojarnice uspravno u atmosferu. Brzinu ispuhavanja otpadnog uzduha treba odabrati što je moguće veću, ali ne preko 15 m/s, zbog velikog gubitka dinamičkog pritiska.

Iz razloga elastičnosti i sigurnosti pogona, poželjno je za svaki klima uređaj predvidjeti jedan regenerativni izmjenjivač topline. Pošto je cijena regenerativnog izmjenjivača topline proporcionalna količina uzduha, to će ovo rješenje biti investiciono praktički jednako onom sa evetualnom ugradnjom regenerativnog izmjenjivača topline.

ZAKLJUČAK

Opisani su postupci i sistemi povratnog iskorištavanja topline iz otpadnog uzduha, koji se da-

nas najčešće upotrebljavaju kod ventilacionih i klima uređaja za bolnice i slične objekte, gdje se uglavnom radi sa 100% svježim (vanjskim) uzduhom. Svugdje gdje su problemi ventilacije i klimatizacije s tehničkog i higijenskog gledišta usko vezani uz povratno iskorištavanje topline, dat je također kratak opis i ovih rješenja, koja se danas u svijetu kod ovih objekata najčešće primjenjuju. Seme, skice, dijagrami i proračuni uzeti su uglavnom iz prakse već izvedenih uređaja, i dati u obimu i formi potrebnoj inženjerima i tehničarima — projektantima i izvođačima u njihovom radu. Već prema temperaturi otpadnog uzduha i mjestu smještaja ventilacionih i klima uređaja i pojedinih prostorija, dolaze u obzir za primjenu sva tri opisana sistema: lamelasti izmjenjivači s posrednim medijem, pločasti na rekuperativnom principu i regenerativni sporohodni izmjenjivači topline. Prva dva imaju relativno nizak godišnji stupanj iskorištenja topline, 30

—40%, i drugi još k tome visoku nabavnu cijenu i težinu. Regenerativni sporohodni izmjenjivači posjeduju visok godišnji stupanj iskorištenja topline do 80°, relativno nisku cijenu koštanja, jednostavnu ugradnju i održavanje, pa se danas kod opisanih objekata najčešće primjenjuju. Jedino tamo gdje se ovaj postu-pak iz arhitektonskih ili građevinskih razloga nikako ne može primjeniti, preporučuje se rekuperativni postupak sa posrednim medijem kao nosiocem izmjene topline. Iz ekonomskih i energetske razloga treba danas u svakom projektu klimatizacije i ventilacije bolničkih i sličnih objekata, predvidjeti povratno iskorištenje topline iz otpadnog uzduha. Prije nego što se odluči za jedan od sistema, poželjno je izvršiti ekonomski proračun za nekoliko sistema koji dolaze u uži izbor i odabrati s tehničkog, energetskog i ekonomskog gledišta najpovoljniji za dati slučaj.