

Rekuperacija zraka obiteljske kuće u kontekstu mikroklimatske ugodnosti

Varošanec, Emanuel

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:017196>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository -
Polytechnic of Međimurje Undergraduate and
Graduate Theses Repository](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

EMANUEL VAROŠANEC

JMBAG: 0068051997

**REKUPERACIJA ZRAKA U OBITELJSKOJ KUĆI U
KONTEKSTU MIKROKLIMATSKE UGODNOSTI**

ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 2024.



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

EMANUEL VAROŠANEC

JMBAG: 0068051997

**REKUPERACIJA ZRAKA U OBITELJSKOJ KUĆI U
KONTEKSTU MIKROKLIMATSKE UGODNOSTI**

**AIR RECOVERY IN A FAMILY HOUSE IN THE
CONTEXT OF MICROCLIMATE COMFORT**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Sarajko Baksa, prof. struč. stud.

Čakovec, 2024.

Predgovor

Na ovu temu završnog rada potaknula me želja da naučim nešto više o samoj rekuperaciji zraka i mehaničkoj ventilaciji s obzirom na to da već određeni niz godina radim u firmi koja se bavi izradom i ugradnjom ventilacijskih elemenata, kako bi strankama mogao dati što kvalitetnije informacije na tu temu. Ugodnost zraka u prostoru u kojem živimo i radimo izravno utječe na naše zdravlje, raspoloženje, financije i drugo, te je stoga iznimno važno da bude što bolja.

Zahvaljujem se mentoru dr.sc. Sarajko Baksa, prof. struč. stud. na njegovom stručnom vodstvu, savjetima, raspravama i uputama prilikom izrade ovog završnog rada.

Zahvaljujem se tvrtki Ventilacijski sistemi Mikec d.o.o. na ustupljenim uređajima i opremi za mjerenje, prostoru za rad, kao i svim djelatnicima i kolegama na stručnim savjetima.

Veliko hvala i mojoj obitelji, rodbini i prijateljima, te ženi Maji na ukazanoj podršci, odricanju i strpljenju koje su imali za mene tijekom cijelog mog studiranja i pri izradi ovog završnog rada.

Sažetak

Pojašnjenje principa rekuperacije zraka u obiteljskoj kući kao prisilne (mehaničke) ventilacije odnosno prikaz uštede toplinske energije kroz čitavu godinu upotrebom takvog uređaja koji na temelju prijenosa topline s pomoću izmjenjivača koristi toplinu prostora za zagrijavanje ulaznog zraka ili u ljetnim mjesecima za hlađenje istog.

Izrada idejnog rješenja ili temeljnog projekta ventilacije s rekuperacijom za obiteljsku kuću, uključujući sve elemente koji su potrebni da bi se isto izvelo. Mjerenje protoka zraka s izlaznom i ulaznom temperaturom nakon rekuperacije u različitim vanjskim vremenskim uvjetima kroz nekoliko mjeseci, obrada podataka i tablični prikaz istog.

Korisnost ugradnje takvog sustava u smislu visokokvalitetne filtracije zraka, očuvanje vlažnosti zraka, kvalitete zraka, te dobivanja višeg energetskeg certifikata i drugih pogodnosti.

Ključne riječi: *rekuperacija, izmjenjivač topline, ventilacija, klimatizacija, filtracija, mikroklima;*

Abstract

Clarification of the principle of air recuperation in a family house as forced (mechanical) ventilation, i.e. a presentation of thermal energy savings throughout the year by using such a device that, based on heat transfer with the help of an exchanger, uses the heat of the room to heat the incoming air or in the summer months to cool it.

Creation of a conceptual solution or a basic ventilation project with recuperation for a family house, including all the elements that are necessary to carry it out. Measurement of air flow with outlet and inlet temperature after recuperation in different outdoor weather conditions for several months, data processing and tabular presentation of the same.

The usefulness of installing such a system in terms of high-quality air filtration, preserving air humidity, air quality, and obtaining a higher energy certificate and other benefits.

Keywords: *recovery, heat exchanger, ventilation, air conditioning, filtration, microclimate;*

Popis korištenih kratica

GViK - *Grijanje, ventilacija i klimatizacija*

pr. Kr. – *prije Krista*

npr – *na primjer*

dr - *drugo*

sl - *slično*

m/s – *metara po sekundi*

°C – *stupnjeva Celzijevi*

m³/h – *metara kubnih po satu*

L/s – *litara po sekundi*

ASHRAE (*eng. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – Američko društvo inženjera grijanja, hlađenja i klimatizacije)

ACH (*eng. Air Changes per Hour*) – Broj izmjena zraka na sat

Pa - *Pascal*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVE VENTILACIJE I KLIMATIZACIJE	2
2.1. Prirodna i mehanička ventilacija	2
2.1.1. Prirodna ventilacija	4
2.1.2. Mehanička (prisilna) ventilacija	6
2.2. Pojam klimatizacije	9
2.3. Mikroklima prostora i toplinska ugodnost	13
2.3.1. Temperatura zraka u prostoru	15
2.3.2. Relativna vlažnost zraka u prostoru	16
2.3.3. Temperatura ploha u prostoru	17
2.3.4. Brzina strujanja zraka	18
2.3.5. Ventilacijski zahtjevi i broj izmjena zraka u prostoru	18
3. VENTILACIJSKI I KLIMATIZACIJSKI SUSTAVI S POVRATOM TOPLINE	20
3.1. Povrat topline rekuperacijom	21
3.2. Povrat topline regeneracijom	23
3.3. Ostale komponente sustava ventilacije i klimatizacije	24
3.3.1. Razvod ventilacijskih kanala	24
3.3.2. Istrujni i odsisni elementi za zrak	26
3.3.3. Poboljšanje kvalitete zraka filtracijom	29
4. AUTORSKO RJEŠENJE VENTILACIJE S REKUPERACIJOM ZRAKA ZA OBITELJSKU KUĆU	30
4.1. Izrada troškovnika i procjena vrijednosti instalacije	30
4.2. Tehnički podaci opreme i specifikacija kanala	33

4.3. Izračun ventilacijskih gubitaka	44
4.4. Izračun efikasnosti rekuperatora na temelju rezultata dobivenih mjerenjem	46
5. ZAKLJUČAK	49
Literatura	50
Popis tablica	52
Popis slika	53
Prilozi	55

1. UVOD

Svijest ljudi za prisilnom (mehaničkom) ventilacijom u obiteljskim kućama je još uvijek razmjerno skromna, mnogo više se koristi prirodno provjetravanje prostorija jer ne zahtijeva dodatna ulaganja i investicije. Međutim osvještavanjem, edukacijom i uvođenjem dodatnih normi došlo je do značajnih pomaka na tom području i sve se više počinje razumijeti korist takvog sustava kako za samo zdravlje tako i za uštedu i održivost energije. Ponajviše se to pokazalo za vrijeme pandemije kada je brzo širenje virusa pogotovo u zatvorenim neventiliranim prostorima bilo veoma problematično i uvidjelo se da dobra ventilacija s kvalitetnom filtracijom zraka gdje se korištenjem određenih filtera moglo utjecati na suzbijanje samog virusa i usporiti njegovo širenje.

U današnje vrijeme na tržištu je dostupna velika količina raznovrsnih uređaja za rekuperaciju obiteljskih kuća koje se mogu podijeliti na centralizirane i decentralizirane uređaje. Centralizirani uređaji su većinom veći s većim protokom zraka i boljom efikasnošću prijenosa topline, dok su decentralizirani većinom manji uređaji namijenjeni rekuperaciji zraka u jednoj prostoriji s manjim protokom zraka ali ih se može ugraditi u više prostorija i upravljati s njima preko centralnog sustava upravljanja.

Globalno inzistiranje na korištenju obnovljivih izvora energije i smanjenje potrošnje energije direktno je utjecalo na sve veću primjenu uređaja za rekuperaciju zraka jer njihova funkcija je upravo ta da se smanji potrošnja energije prijenosom topline iz otpadnog zraka koji se eliminira iz kuće preko izmjenjivača topline na svježiji zrak koji ulazi u kuću, a sve to bez miješanja ili zagađenja svježeg zraka s mirisima, vlagom, gljivicama, bakterijama, virusima i ostalim što sadržava zrak u prostoru. I upravo to je glavna prednost ovog sustava da poboljšamo kvalitetu zraka u kući, a nemamo velikih energetske gubitaka.

2. OSNOVE VENTILACIJE I KLIMATIZACIJE

U ventilaciju i klimatizaciju spadaju postupci pripreme, transporta i dobave zraka u zatvoreni klimatizirani prostor, a sve kako bi se postigli ugodni uvjeti prostora za boravak i rad ljudi. Tu se najviše pažnje pridaje sljedećim parametrima: temperaturi zraka, čistoći zraka, relativnoj vlažnosti, razini buke i brzini strujanja zraka.

Grijanje, ventilacija i klimatizacija (GVİK) je sustav koji se koristi za postizanje i održavanje parametara toplinske ugodnosti kada prijenos topline i tvari između unutarnjeg prostora i vanjskog okoliša nije moguće regulirati na pasivan način, odnosno ne može se postići prirodnim putem.

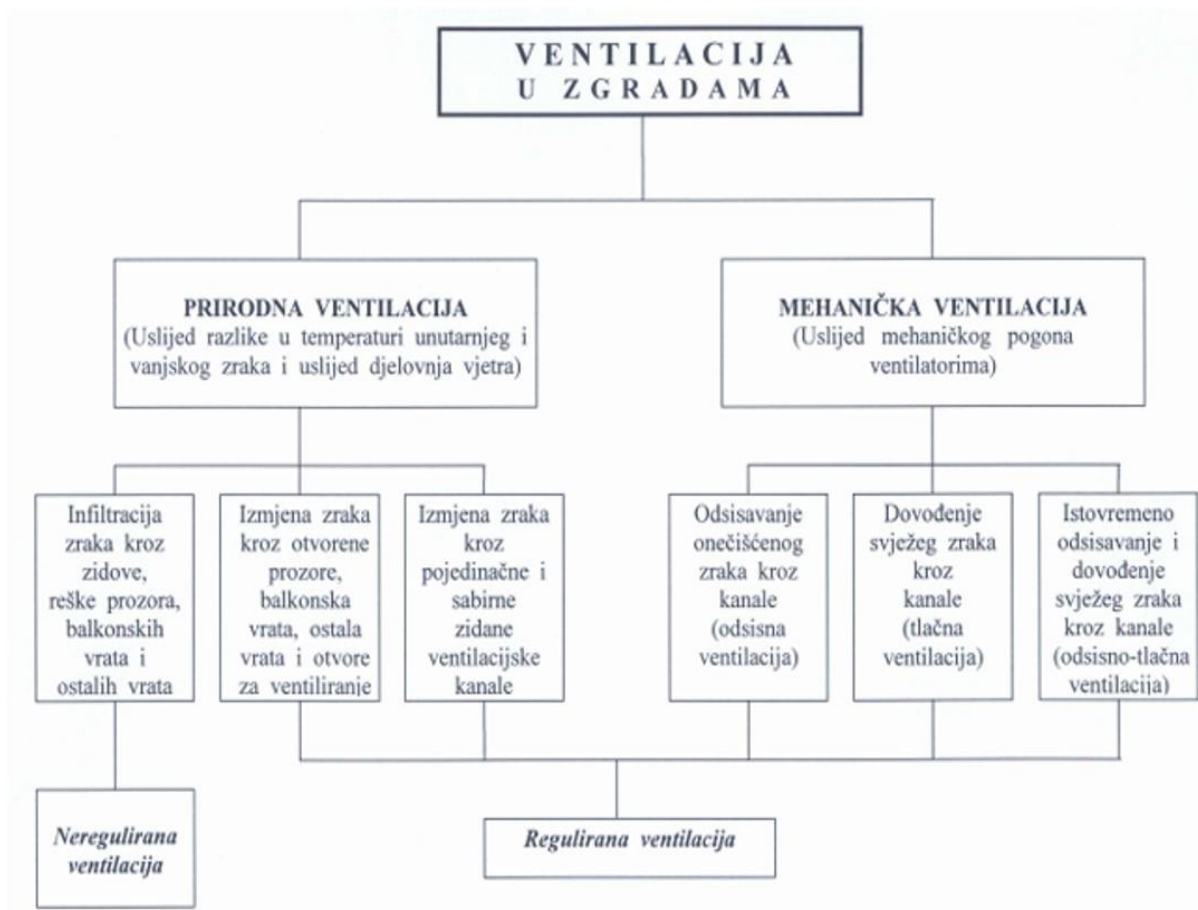
GVİK sustav ima četiri osnovne funkcije [1]:

- Osigurati potrebnu energiju za grijanje i hlađenje,
- Raspodjela obrađenog zraka u klimatiziranom prostoru s dovoljnim udjelom vanjskog zraka,
- Obrada zraka: pročišćavanje, hlađenje, grijanje, odvlaživanje, prigušenje buke, ovlaživanje i
- Održavanje i regulacija parametara zraka u prostoru unutar zadanih granica.

2.1. Prirodna i mehanička ventilacija

Prvi "sustavi" ventilacije sežu daleko u prošlost oko 900. god. pr. Kr. na današnjem području Irana gdje su tadašnji stanovnici gradili kuće s visokim tornjevima koji su služili za prirodnu ventilaciju. Djelovanjem uzgona toranj je služio za odvođenje zraka, a vrata i prozori služili su za dovođenje zraka. Kada je vani puhao vjetar koristila se energija vjetra pa je tako zrak ulazio kroz toranj, a izlazio kroz vrata i prozore gdje se u oba slučaja dobilo provjetranje prostora. Postoje zapisi o korištenju ventilacije i u rimsko doba u kupeljima gdje su postojali otvori za ventilaciju u zidovima i ispod krovova. Značajnije korištenje mehaničke ventilacije u Europi bilo je kod ventiliranja rudnika s pomoću drvenih kanala u koje se upuhivao svježi zrak. Sveobuhvatan pristup ventilaciji i klimatizaciji krenuo je u Engleskoj, gdje je David Boswell Reid 1834. god. ugradio sustav ventilacije s grijanjem i hlađenjem u tadašnju zgradu parlamenta u Londonu [2].

U obiteljskim kućama pa tako i ostalim objektima vanjski zrak ulazi u prostor na dva osnovna načina, a to su ventilacijom i infiltracijom. Ventilacija predstavlja namjerno ubacivanje zraka iz okoliša u prostor kroz za to predviđene i projektirane otvore. Dakle sustavom ventilacije se regulira količina dovedenog i odvedenog zraka u prostoru. Zrak se u prostor dovodi da bi se ostvarila prihvatljiva kvaliteta unutarnje zraka i kriteriji toplinske ugodnosti. Infiltracija je ulaz vanjskog zraka u kuću kroz zazoru zatvorenih prozora, vratiju i ostale nenamjerne otvore na vanjskom oplošju uslijed nepotpunog brtvljenja pretežno na dijelovima koji se mogu otvarati. Današnja tehnologija izrade stolarije za kuće kao i vanjske ovojnice (fasade) uvelike je doprinijela smanjenju infiltracije [1]. Na Slici 1 je iskazan shematski prikaz ventilacije prema načinu izmjene zraka u objektu.



Slika 1. Shematski prikaz ventilacije prema načinu izmjene zraka [3]

2.1.1. Prirodna ventilacija

To je prirodno strujanje zraka dobiveno na temelju razlike tlakova između vanjskog okoliša i unutarnjeg prostora koji se ventilira, ali naravno bez upotrebe ventilatora. Sile koje izazivaju prirodnu ventilaciju su efekt dimnjaka i energija zračnog fluida (vjetra).

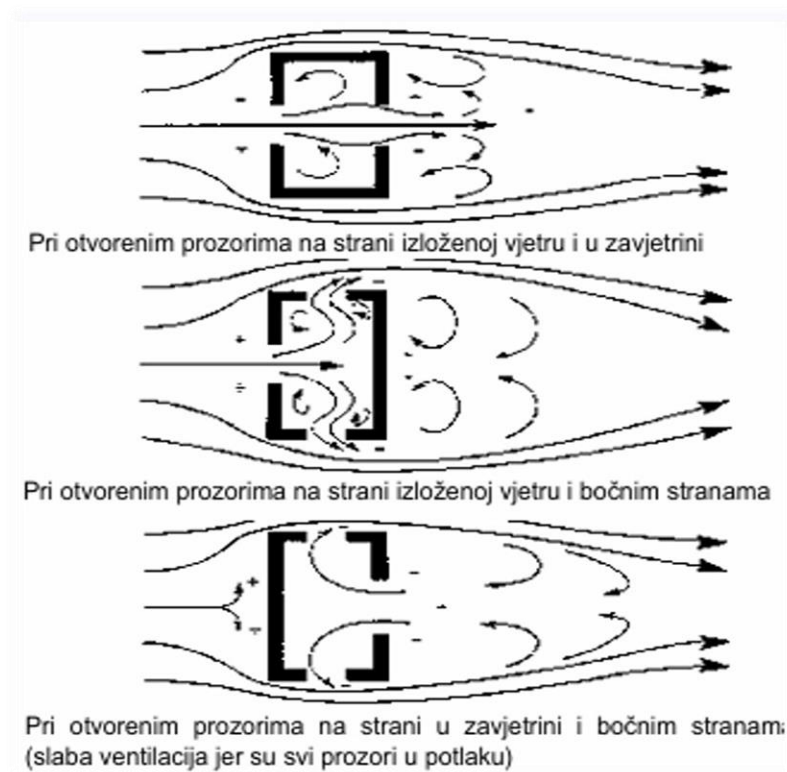
Kada se govori o prednostima prirodne ventilacije može se reći da ne iziskuje prevelike investicijske troškove, male su brzine strujanja zraka, jednostavno je održavanje kao i niska razina buke. Nedostaci su: da ovisi o vremenskim uvjetima, postiže se slaba učinkovitost i mogućnost upravljanja. U Tablici 1 prikazane su vrijednosti količine zraka koji prirodnom ventilacijom ulazi u prostor ovisno o otvorenosti vanjskih prozora i vrata.

Tablica 1. Broj izmjena zraka u jednom satu unutar prostora s obzirom na otvaranje prozora i vrata [1]

STANJE	BROJ IZMJENA ZRAKA NA SAT
Zatvoreni prozori i vrata (infiltracija)	0 - 0,5
Otklopljeni prozor (na kip)	0,3 - 1,5
Napola otvoren prozor (45°)	5,0 - 10,0
Širom otvoren prozor	10,0 - 15,0
Otvoreni prozor i vrata na suprotnim zidovima	do 40

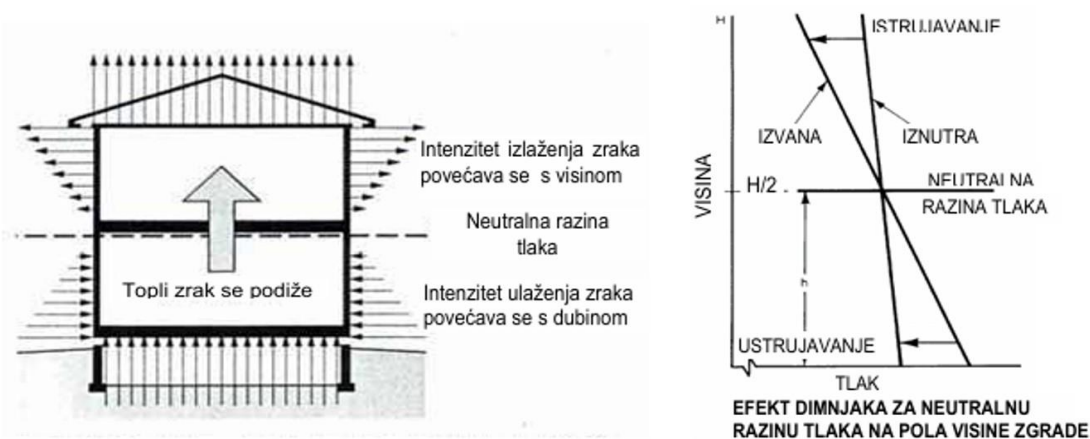
Energija vjetra oko zgrade stvara tlačno polje te dolazi do pretvorbe dinamičkog tlaka struje zraka u statički tlak, što uzrokuje različite zone tlakova na različitim stranama objekta. Ona strana zgrade koja je na udaru vjetra bit će u pretlaku odnosno u polju povišenog tlaka dok će suprotna strana koja je u zavjetrini biti u podtlaku ili polju sniženog tlaka.

Ulazne bi otvore stoga najbolje bilo postaviti na strani koja je izložena vjetru okomito na smjer strujanja vjetra prema lokaciji zgrade. Neke od povoljnih pozicija za postavljanje izlaznih odnosno istrujnih otvora mogu biti u tavanskom prostoru na strani u zavjetrini, na krovu u području podtlaka, na strani zgrade koja je u zavjetrini točno nasuprot otvorima za ulaz zraka, preko okomitih šahtova i dr. Iz tog razloga strujanje vjetra oko zgrade možemo iskoristiti za prirodnu ventilaciju kroz prozore bez obzira na kojoj strani zgrade se nalazili, prikazano na Slici 2.



Slika 2. Strujanje zraka kroz i oko zgrade uslijed djelovanja vjetra – tlocrt [1]

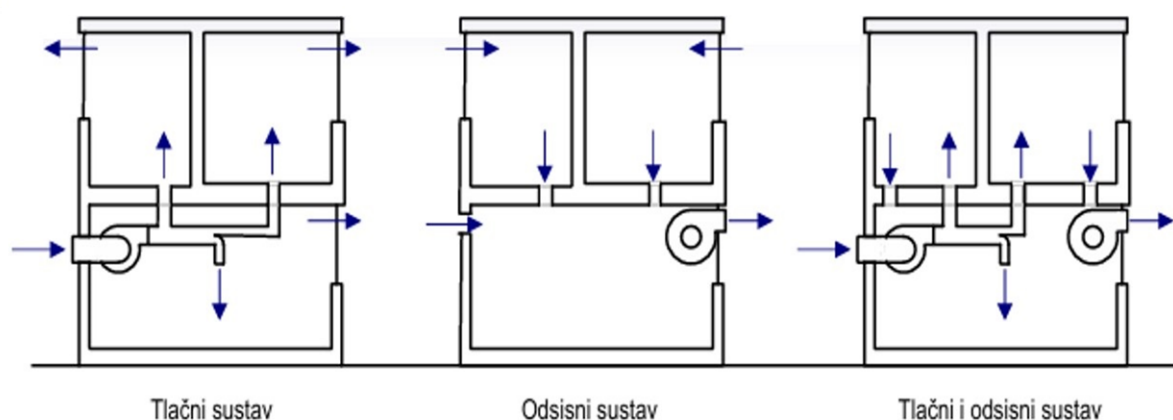
Efekt dimnjaka ili efekt uzgonskog tlaka je pojava u kojoj se zrak prirodno podiže prema gore glede razlike u temperaturi između unutarnjeg toplog i hladnog vanjskog zraka, te razlike u gustoći i tlaku zraka. Posljedica toga je da se zimi u sezoni grijanja topli zrak u zgradi diže prema gore i izlazi, a hladni zrak kroz otvore na donjoj strani ulazi u zgradu ili kuću. U ljeti je taj proces obrnut i nije toliko izražen uslijed manjih razlika u temperaturi zraka prostora i vanjskog zraka. Neutralna razina tlaka je visina na kojoj su vrijednosti unutarnjeg i vanjskog tlaka jednake, prikazano na Slici 3 [1].



Slika 3. Strujanje zraka kroz zgradu i prikaz neutralne razine tlaka kod efekta dimnjaka [1]

2.1.2. Mehanička (prisilna) ventilacija

Kod prisilne ventilacije se za transport zraka koriste ventilatori koji mogu biti različitih izvedbi i protoka zraka. Ovakvi sustavi su u odnosu na prirodnu ventilaciju neovisni o vanjskim vremenskim uvjetima, a prednost je i što postoji mogućnost regulacije protoka zraka. Nedostaci se mogu promatrati u smislu potrebe za potrošnjom dodatne energije, buke nastale protokom zraka i ulaganja odnosno investicije u opremu. Prisilna ventilacija može se podijeliti na odsisnu (odvođenje zraka), tlačnu (dovođenje zraka) te tlačno odsisnu ventilaciju [2]. Vrste mehaničke ventilacije opisane su na Slici 4.



Slika 4. Pojednostavljeni prikaz sustava ventilacije prema tlaku u prostoru [1]

Prije donošenja odluke kako će se regulirati količina dovedenog svježeg zraka u prostor, potrebno je ustanoviti koje su potrebe tog prostora sukladno njegovoj namjeni. Glede toga neki prostori sa specijalnim proizvodnim procesima ili laboratoriji zahtijevaju 100 % svježeg zraka, dok poslovne i stambene građevine zahtijevaju neki propisani minimum ventilacije prostora kako bi se zadovoljili higijensko-mikroklimatski uvjeti [4].

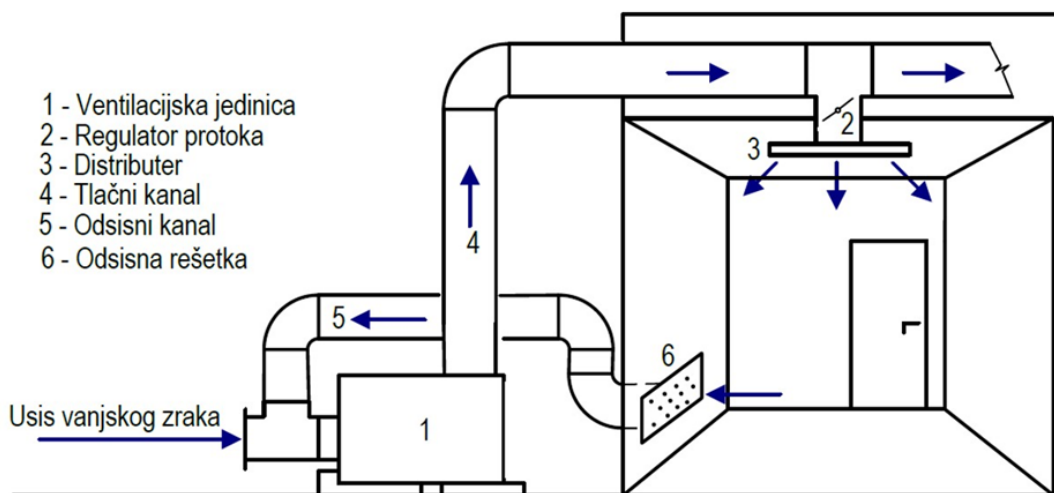
Tlačni sustav ventilacije ima ventilator smješten u tlačni razvod preko kojeg se dovodi zrak kroz istrujne elemente u prostor i time se postiže predtlak prostora u odnosu na njegovo okruženje. Zrak slobodno izlazi kroz prestrujne otvore prema okolnom ili vanjskom prostoru. Takav način ventilacije gdje se prostori moraju održavati u predtlaku koristi se kada razina kvalitete unutarnjeg zraka mora biti iznad zahtjeva koji vrijede za okolne prostore, npr. u "čistim sobama" se mora održavati predtlak kako bi se spriječio ulazak zraka iz susjednih prostorija, stambeni prostori u zagađenom gradskom okolišu i dr. [1,4].

Odsisni sustav ventilacije ima ventilator smješten u odsisni razvod preko kojeg se odvodi zrak, čime se u prostoru stvara podtlak. Glede toga se zrak iz prostorije ne može širiti prema okolnim prostorijama nego se izbacuje u okoliš, a infiltracijom kroz prestrujne rešetke ulazi svjež zrak. Takav sustav ventilacije koristi se u laboratoriju, sanitarijama, kuhinjama i sl. [1,4].

Sustavi ventilacije s tlačnim i odsisnim ventilatorom imaju svrhu dovođenja i odvođenja zraka u ili iz prostora. Ovisno o uvjetima koji se žele postići u prostoru prema tome se podešava rad ventilatora, ako se želi postići podtlak pojačava se rad odsisnog ventilatora u odnosu na tlačni ili obrnuto. Prostorije kao što su kuhinja, industrijska radiona, pušački prostor, i sl. obično su u podtlaku jer se želi spriječiti širenje zraka (neugodnih mirisa, štetnih tvari) u okolni prostor. Predtlak se obično osigurava kod prostorija kao što su operacijska dvorana, server soba, čisti prostori i sl. jer se želi izbjeći odnosno spriječiti infiltracija zraka iz okoliša i okolnih prostorija. U većini prostora ne postoji potreba za održavanjem razlike u tlaku između unutarnjeg i vanjskog prostora nego se teži postizanju uravnoteženog sustava. Sustav prisilne ventilacije se prema mjestu pripreme zraka može podijeliti na sustav centralne ventilacije kod kojeg se priprema zrak vrši na jednom mjestu, a zrak se uz pomoć ventilacijskih kanala transportira u željene prostore i decentralizirani (lokalni) sustav kod kojeg se priprema zrak vrši pojedinačno za svaki prostor [1].

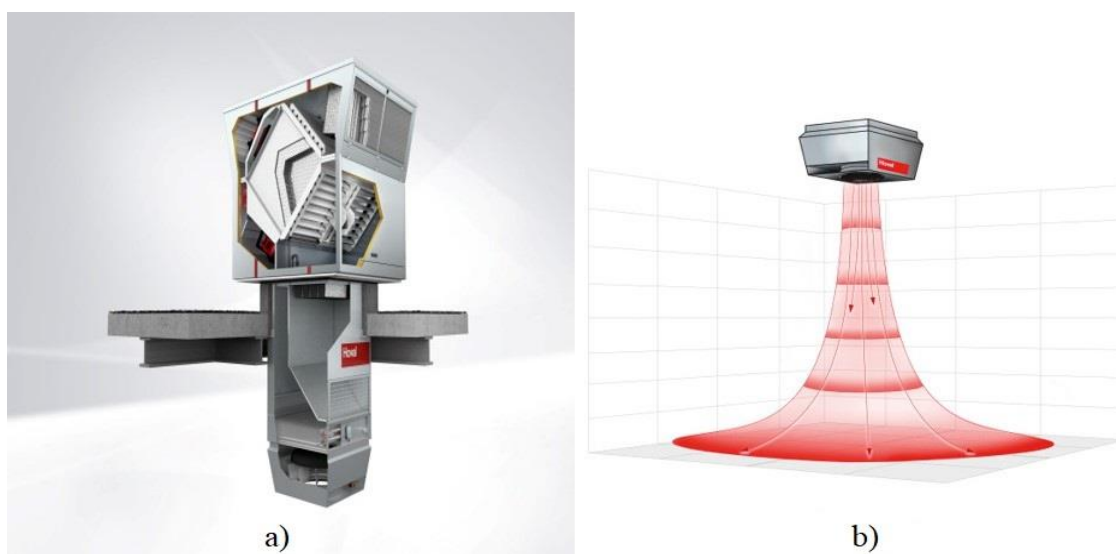
Osnovni elementi centralnog sustava ventilacije prikazani su na Slici 5 i sastoji se od:

- Ventilacijska jedinica (može biti ventilator, kompaktni ventilacijski uređaj s više ventilatora i sl.),
- Regulator protoka (regulacijske zaklopke ručne ili motorne, regulatori konstantnog protoka, regulatori varijabilnog protoka i sl.),
- Distributer (tlačni i odsisni, a mogu biti različite vrste ventilacijskih rešetki, vrtložni distributeri, zračni ventili, linijski distributeri i sl.),
- Ventilacijski kanali tlačni i odsisni (izrađeni iz pocinčanog lima što je najčešće korišteni materijal za izradu, zatim iz inox lima, aluminijskog lima, poliuretanskog materijala, plastike, mineralne vune i dr.) i
- Vanjske rešetke i elementi (najčešće korištene protukišne fiksne žaluzine, istrujni deflektori i krovne kape, te u manjoj mjeri mrežice).



Slika 5. Pojednostavljeni prikaz centralnog sustava ventilacije s osnovnim elementima [1]

Decentralizirani ventilacijski sustav izvodi se za zasebni prostor npr. proizvodni pogon se može podijeliti na više zona ugradnjom nekoliko komada decentraliziranih jedinica kako bi se moglo ventilirati svaku zonu za sebe u slučaju da nema potrebe za stalnom ventilacijom svih zona čime se ujedno i štedi na potrošnji energije, te u slučaju kvara na jednom od uređaja ostale zone ventilacije mogu nesmetano funkcionirati, dok kod centralnog sustava ventilacije u slučaju kvara ne funkcionira ništa. S obzirom na to da ovakvom sustavu nije potreban razvod ventilacijskih kanala, štedi se također u financijskom i prostornom smislu. Na Slici 6 je prikazan jedan moderni decentralizirani sustav s ugrađenim izmjenjivačem za povrat topline iz otpadnog zraka, grijačem, regulacijskih žaluzinama i istrujnim difuzorom.



Slika 6. Prikaz modernog decentraliziranog sustava ventilacije npr. za sportsku dvoranu, a) prikaz presjeka uređaja i b) prikaz strujnica toplog zraka [5]

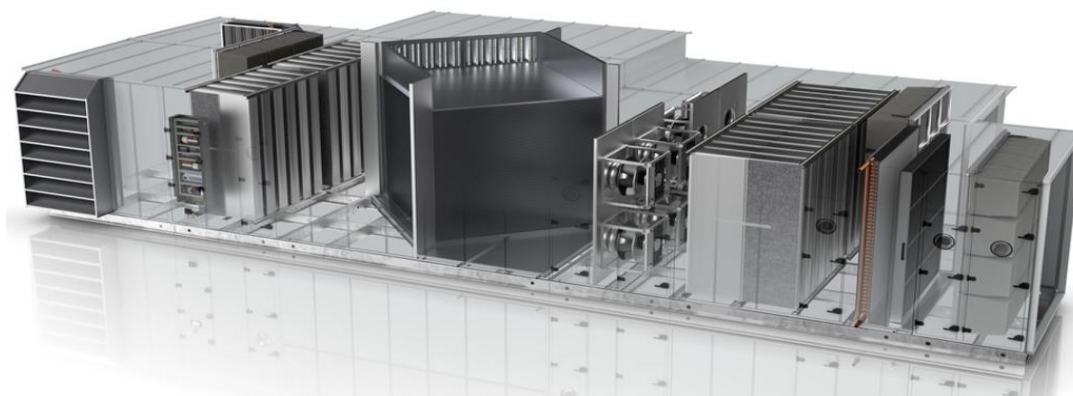
2.2. Pojam klimatizacije

Kada se u praksi spomene klimatizacija prva pomisao ljudi je na sisteme za hlađenje odnosno split sisteme, međutim takvi sustavi sa 100 % recirkulacijom zraka nisu sustavi klimatizacije niti ventilacija već mora biti dovoda vanjskog svježeg zraka kako bi se neki sustav mogao nazvati klimatizacijskim. Klimatizacija osim ventilacije uključuje i obradu zraka kojom se postiže održavanje relativne vlažnosti i temperature zraka u prostoru, koje dobivamo ovlaživanjem, odvlaživanjem, hlađenjem i grijanjem. Sustav u pravilu ne mora izvršavati sva četiri procesa pripreme zraka nego može izvršiti neki od njih pa se prema tome mogu podijeliti na:

- Sustavi ventilacije (izvršava se jedan od gore navedenih procesa),
- Sustavi djelomične klimatizacije (izvršavaju dva do tri navedena procesa) i
- Sustavi klimatizacije (izvršavaju sva četiri procesa).

Sustav je moguće izvesti tako da priprema 100 % svježiji vanjski zrak, međutim kako bi se uštedjelo često se radi miješanje s optoćnim zrakom koji se uklanja iz prostora u određenom omjeru. Potreban protok vanjskog zraka određuje se prema ventilacijskim zahtjevima koji se mogu iskazati prema najvećoj dopuštenoj onečišćenosti zraka, broju osoba u prostoru ili prema broju izmjena zraka prostora u jednom satu ovisno o namjeni prostora [1,2].

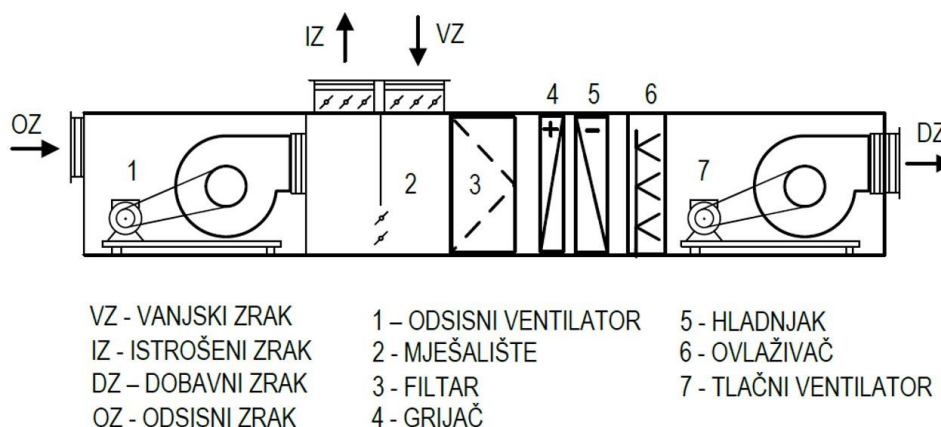
Postoji više izvedbi uređaja za sustav klimatizacije tako da se za određeni prostor ovisno o njegovoj namjeni, može birati između nekoliko tehničkih rješenja. Sukladno načinu obrade i transportu zraka mogu se podijeliti na centralne i decentralizirane sustave. Obrada zraka u centralnim klimatizacijskim jedinicama Slika 7 odvija se tako da je cjelina sastavljena od niza elemenata kao što su: izmjenjivači topline, ventilatori, ovlaživač, odvlaživač, filteri i dr. uz pomoć kojih se osigurava pravilno funkcioniranje uređaja [2].



Slika 7. Centralni klimatizacijski uređaj s prikazom komponenti proizvođača Proklima [6]

Ovakvi moderni uređaji imaju sposobnost zadovoljiti i prilagoditi se različitim potrebama i zahtjevima bilo kojeg projekta po pitanju dimenzije, dizajna, protoka zraka u rasponu od 20.000 m³/h do čak 350.000 m³/h, koristeći visoku tehnologiju upravljanja.

Kao što se može vidjeti na Slici 8 klimatizacijski uređaj sastoji se od odsisnog i tlačnog ventilatora, mješališta u kojem se miješaju svježi i odsisni zrak, filtera uz pomoć kojeg se pročišćava zrak ovisno o njegovoj klasi filtracije može se dobiti manje ili više čišći zrak, grijača i hladnjaka koje se može spojiti na neki vanjski centralni ogrjevni ili rashladni sustav kao što je dizalica topline i ovlaživača.



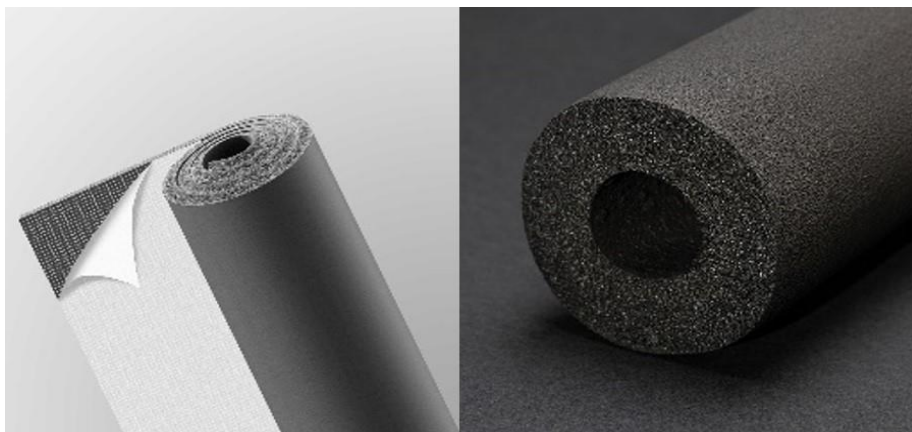
Slika 8. Prikaz presjeka centralnog klimatizacijskog uređaja s oznakama komponenti [1]

Tako pripremljeni klimatizirani zrak se prema prostorima doprema kanalnim razvodom odnosno sustavom ventilacijskih kanala koji mogu biti pravokutnog ili kružnog poprečnog presjeka prikazano na Slici 9.



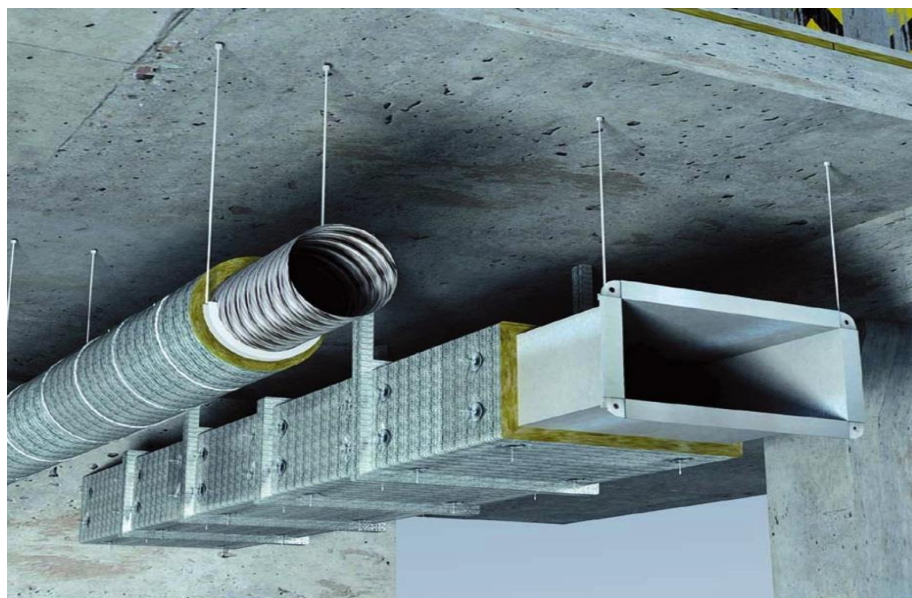
Slika 9. Razvod izoliranih i neizoliranih ventilacijskih kanala, VS Mikec d.o.o.

Ventilacijske kanale nužno je toplinski izolirati kako bi se smanjili toplinski gubici, u praksi se većinom izoliraju kanali svježeg, otpadnog i tlačnog zraka ali sve više se izoliraju i kanali povratnog zraka. Izolacija može biti različitih debljina ovisno o mjestu ugradnje je li to u prostoru ili vanjskom dijelu, ako je u vanjskom dijelu još se dodatno mehanički zaštićuje limom (npr. aluminij ili plastificirani pocinčani lim u boji). Bitno da je izolacija u izvedbi s parnom branom kako bi se spriječio nastanak kondenzacije vodene pare na površini kanala pogotovo u ljetnim mjesecima kod jačeg hlađenja, primjer izolacije prikazan na Slici 10.



Slika 10. *Izolacija tip K-flex za izoliranje u sustavima klimatizacije - hlađenje [7]*

Na izolaciju se još postavljaju i zahtjevi za protupožarstvo gdje se ovisno o zoni njezine ugradnje, da li to bili evakuacijski putevi prikazano na Slici 11 ili požarne zone primjer izolacije prikazan na Slici 12, određuje koji tip izolacije će se koristiti i u kojoj debljini.



Slika 11. *Izolacija ventilacijskih kanala mineralnom vunom s aluminijskom folijom pogodno za evakuacijske puteve [8]*



Slika 12. *Izolacija ventilacijskih kanala Knauf Insulation Fire-teK DuctProtection 30R system protupožarnom izolacijom [9]*

Prema nositelju toplinskog učina sustavi klimatizacije se mogu podijeliti na:

- Zračni sustavi,
- Zračno-vodeni sustavi,
- Vodeni sustavi i
- Neposredni rashladni sustavi.

Sama riječ zračni, govori da je kod takvih sustava zrak nositelj toplinskog učinka, što znači da se u periodu grijanja u prostor upuhuje zrak više temperature nego je ona u prostoru, dok je u periodu hlađenja obrnuto, tada se u prostor upuhuje zrak niže temperature nego je u prostoru. Prema brzini strujanja zraka i tlaku u ventilacijskim kanalima zračni sustavi mogu biti izvedeni kao:

- Niskobrzinski ili niskotlačni (brzina strujanja zraka u kanalima od 2 – 8 m/s, dok je tlak u rasponu od 500 – 1.500 Pa) i
- Visokobrzinski ili visokotlačni (brzina strujanja zraka u kanalima od 10 – 30 m/s, dok je tlak u rasponu od 1.500 – 3.500 Pa).

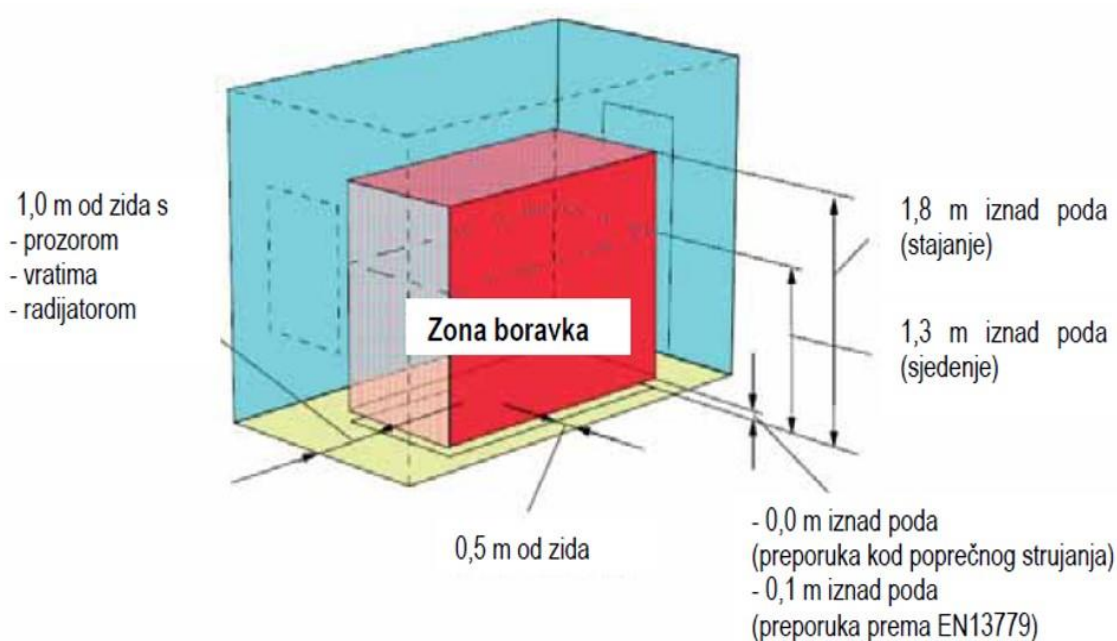
Bez obzira hoće li se koristiti centralni sustav klimatizacije ili decentralizirani sustav odabir se mora napraviti prema mjestu upotrebe i zahtjevima objekta, stoga će u Tablici 2 biti prikazana njihova usporedba.

Tablica 2. Usporedba centralnog i decentraliziranog sustava klimatizacije [1]

CENTRALNI SUSTAV	DECENTRALIZIRANI SUSTAV
Energetski je učinkovit u zonama koje imaju slične zahtjeve za hlađenjem i grijanjem.	Veća učinkovitost za pripremu zraka u zonama s različitim zahtjevima (npr. dio zona koristi hlađenje, a dio grijanje).
Teško je postići istovremeno jednaku ugodnost u svim zonama.	Svaka zona za sebe ima regulaciju preko zonskih osjetnika što ih čini neovisnim jedne o drugima.
Održavanje ili eventualni popravak su na manjem broju uređaja koji se većinom ne nalazi u zoni boravka.	Održavanje velikog broja jedinica i popravci su u zoni boravka.
U vrijeme održavanja ili kvara uređaja odnosno sustava, isto može imati utjecaj na veći dio objekta da ostane bez klimatizacije.	Održavanje ili eventualni kvar uređaja zahvaća manji dio objekta ili pojedine zone koje u tom trenutku ostaju bez klimatizacije.
Postojećem sustavu je teško povećati kapacitet.	Mogućnost proširenja sustava ugradnjom dodatnih uređaja.
Velika količina i dužina ventilacijskih kanala za distribuciju zraka.	Manja količina i dužina ventilacijskih kanala za distribuciju zraka.
Ugradnjom prigušivača zvuka može se lako prigušiti buka nastala od uređaja ili sl.	Buka nastala od uređaja teško se eliminira i većinom se čuje u prostoru.

2.3. Mikroklima prostora i toplinska ugodnost

Kako bi se u prostoru postigao zdrav i ugodan okoliš za osobe koje borave u njemu klimatizacijom se reguliraju i održavaju parametri unutar propisanih granica. Parametri o kojima se treba voditi računa su sljedeći: relativna vlažnost, temperatura zraka, čistoća zraka, razina tlakova u prostoru, brzina strujanja zraka i razina buke. Svaka prostorija ima dio koji se naziva zona boravka, to je dio prostorije u kojem ljudi provode najveći dio svoga vremena, te je stoga u tom dijelu potrebno što više održavati navedene parametre u propisanim granicama, dok ostali dijelovi prostorije koji nisu toliko dostupni ljudima i u koje ne zalaze toliko često npr. radi namještaja i sl. nije potrebno držati u propisanim granicama. Postoje i preporuke što se u prostoriji smatra zonom boravka prikazano na Slici 13, ali tu su naravno moguća odstupanja ovisno o samoj namjeni i arhitekturi prostorije koju promatramo [1].



Slika 13. Prikaz zone boravka u prostoriji [1]

Toplinska ugodnost definirana je normom EN ISO 7730, a opisana je kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša u kojem se osoba nalazi. S obzirom na to da je ovo veoma širok pojam, a toplinska ugodnost razlikuje se od čovjeka do čovjeka, mora se težiti stvaranju optimalne toplinske ugodnosti za grupu ljudi u kojoj će biti najveći postotak zadovoljnih članova, odnosno najmanje onih koji iskazuju nezadovoljstvo. U nastavku slijedi popis čimbenika koji mogu utjecati na toplinsku ugodnost:

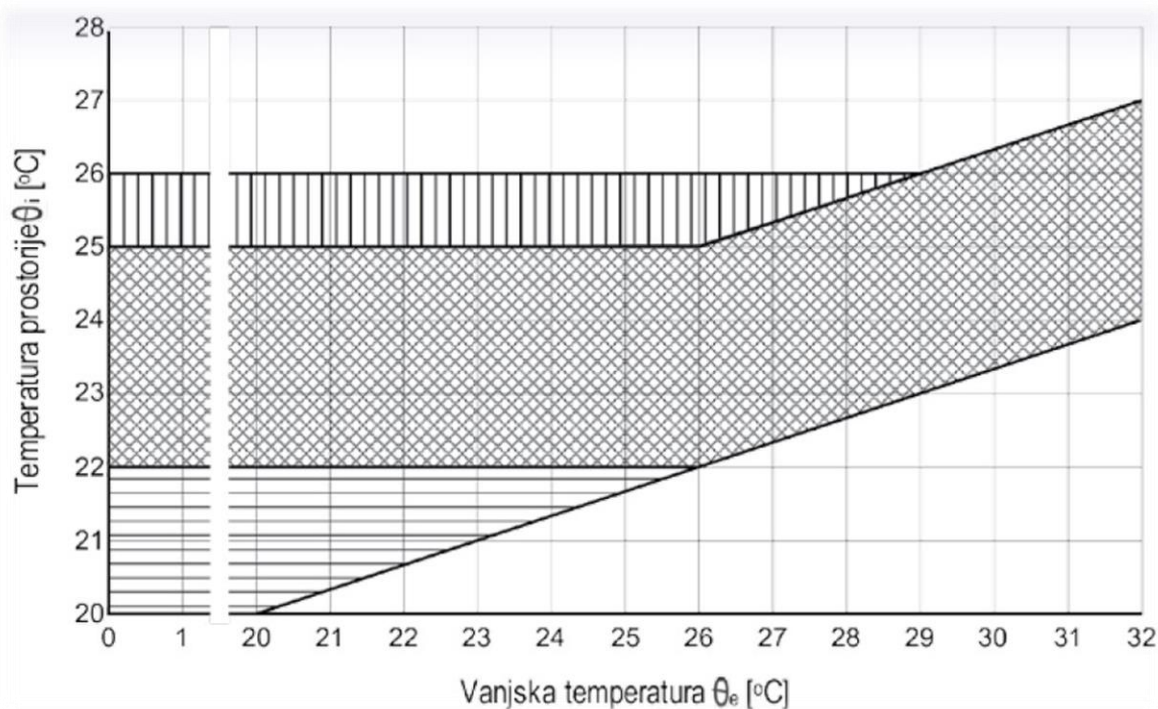
- Temperatura zraka u prostoru,
- Vlažnost zraka u prostoru,
- Temperatura ploha prostora,
- Strujanje zraka u prostoru,
- Stupanj fizičke aktivnosti,
- Stupanj odjevenosti i
- Ostali čimbenici (namjena prostora, buka, kvaliteta zraka i dr.).

Toplinska ugodnost rezultat je skupnog djelovanja gore navedenih čimbenika, iz tog razloga ako se promijeni neki od njih potrebno je promijeniti neki drugi kako bi se održala ista ili približna razina ugodnosti [1,10].

2.3.1. Temperatura zraka u prostoru

Za postizanje ugodnog i zdravog okruženja u prostoru preporučuje se temperatura zraka za srednjoeuropsko područje u zimskom periodu oko 22 °C koja bi trebala biti primjerena za osobu koja sjedi odnosno bez fizičkog rada i normalno je odjevena. U ljetnom i prijelaznom periodu temperatura zraka u prostoru kreće se od 22 °C do najviše 26 °C uz pretpostavku da se nosi laganija odjeća.

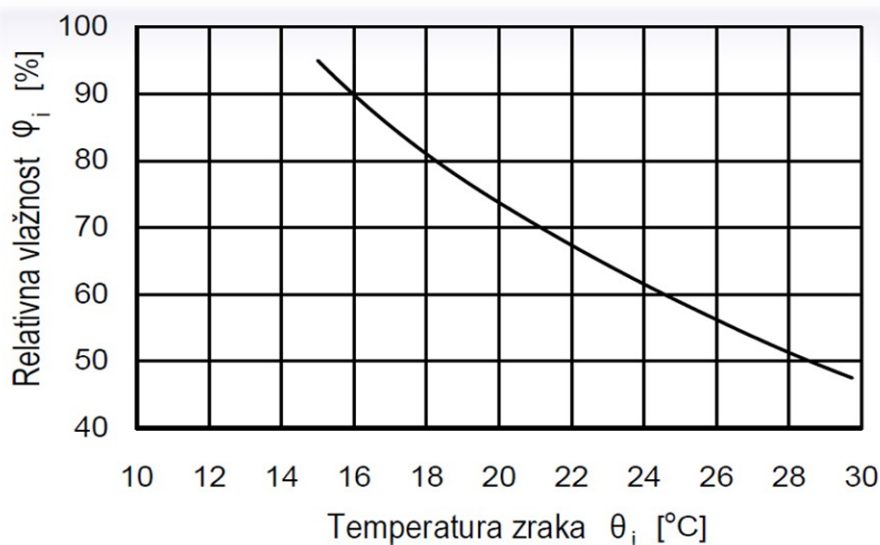
Na Slici 14 su prikazane srednje vrijednosti temperature u zoni boravka, mjereno u visini glave. Temperature u križno šrafiranom području odnose se na duži boravak u prostoriji u stanju mirovanja kada osoba stoji ili sjedi. Okomito šrafirano područje su temperature za prostore u koje se ulazi i izlazi izravno izvana i kratko se boravi u njima. Razlog povišene temperature je kako bi se u ljetnim mjesecima kada su vanjske temperature više od 28 °C spriječio temperaturni šok za organizam. Vodoravno šrafirano područje prikazuje da temperature prostorije u ljeti i zimi mogu biti do 22 °C, ali uz uvjet male brzine strujanja zraka. Temperature prostorije mogu biti i niže ovisno o stupnju fizičke aktivnosti koju osoba vrši i namjeni prostorije [1].



Slika 14. Prikaz ovisnosti vanjske temperature i temperature u prostoriji
prema DIN 1946-dio 2[1]

2.3.2. Relativna vlažnost zraka u prostoru

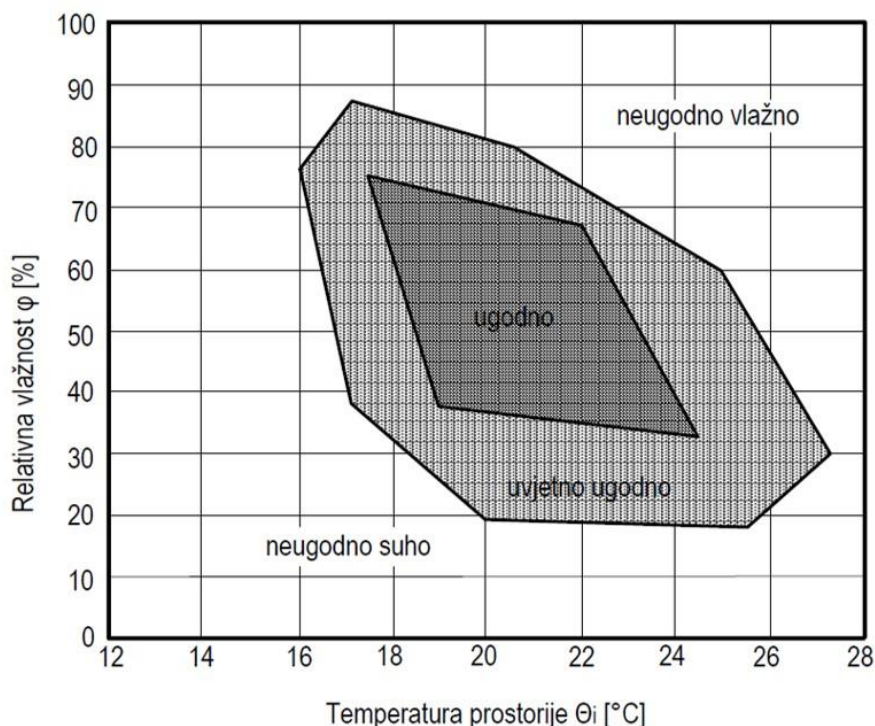
Što se tiče vlažnosti zraka u prostoriji, najugodnija je relativna vlažnost zraka u rasponu od 30 % do 70 %, kod temperature zraka od 20 °C do 26 °C. Previše suh zrak vrijednosti ispod 30 % može izazvati osjećaj "suhog" zraka i izazvati kašalj, te osjećaj žeđi, dok prevelika vlažnost zraka sprječava hlapljenje vlage preko kože i dolazi do znojenja. Slika 15 prikazuje liniju grafa u ovisnosti promjene relativne vlažnosti zraka i temperature zraka u prostoriji.



Slika 15. Prikaz promjene relativne vlažnosti zraka u ovisnosti o promjeni temperature zraka u prostoriji[1]

Na Slici 16 prikazano je područje ugodnosti odnosom relativne vlažnosti zraka i temperature prostora. Ako se pogleda tamno šrafirano područje može se vidjeti da odgovara kriterijima ugodnosti što se tiče relativne vlažnosti i temperature zraka, dok svjetlo šrafirano područje uvjetno odgovara zahtjevima i manja je ugodnost.

Povećanjem fizičke aktivnosti osobe potrebno je u prostoriji regulirati vlažnost i temperaturu jer dolazi do većeg prijenosa vlage u zrak pri čemu je boravak u prostoriji s prevelikim zasićenjem vlage u zraku neugodan [1,10].



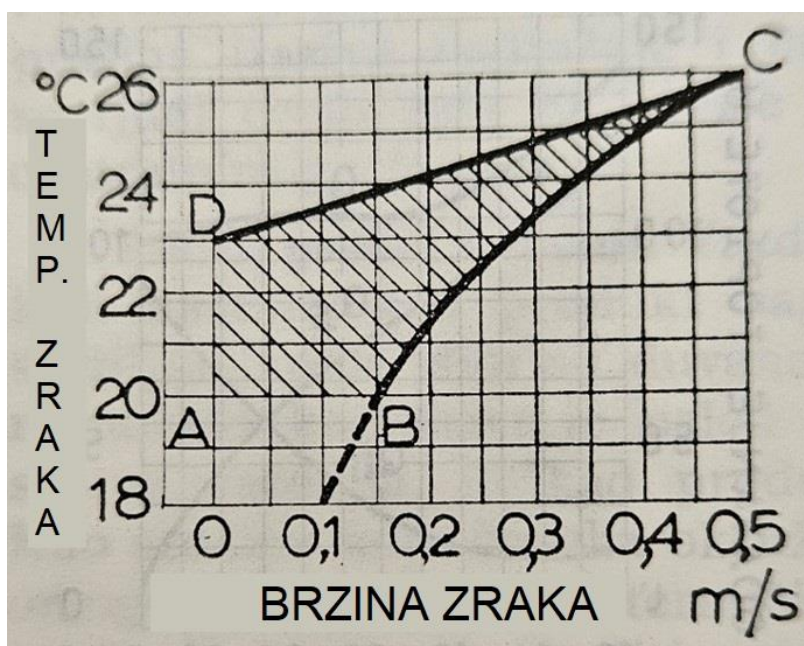
Slika 16. Područje toplinske ugodnosti temperature i relativne vlažnosti zraka u ljetnom i zimskom periodu[1]

2.3.3. Temperatura ploha u prostoru

U prostoru koji se ne grije neko vrijeme postoji osjećaj hladnoće iako je temperatura zraka dovoljno visoka. Razlog takvog osjećaja je u tome što su plohe u prostoru niže temperature od površinske temperature ljudskog tijela uslijed čega dolazi do izmjene topline zračenjem i do pojave toplinskih gubitaka tijela, što naravno utječe i na toplinsku ugodnost. Tako se može pojaviti slučaj da je u prostoru temperatura zraka ugodnih 22 °C ali se zbog značajno nižih temperatura ploha najčešće zimi javlja osjećaj da je u prostoru hladno. Ugodnost se procjenjuje preko srednje temperature zračenja stoga ako je ona niža za 1 °C od temperature zraka daje isti osjećaj kao kad bi se temperatura zraka spustila za 1 °C. Može se reći da temperature plohe imaju jednak utjecaj na ugodnost kao i sama temperatura zraka u prostoru. Dakle temperatura ploha trebala bi biti približna ili jednaka temperaturi zraka kako bi se postigla što bolja ugodnost u prostoru. Uzimajući u obzir gore navedeno potrebno je obratiti pažnju na to da odnos između srednje temperature ploha i unutarnje temperature ne bude viši od 3 °C, te da se što više smanji razlika u temperaturi između samih ploha [1,10].

2.3.4. Brzina strujanja zraka

Na Slici 17 prikazan je odnos između brzine strujanja zraka i temperature. Na grafu se može vidjeti da pri višoj temperaturi zraka može biti i veća brzina, te da je pri mirovanju zraka najugodnija temperatura od 20 °C do 23 °C, a kod brzine 0,3 m/s temperatura u rasponu od 23 °C do 25 °C. Kod temperature od 22 °C brzina zraka može biti 0,25 m/s, dok kod 24 °C brzina može biti u rasponu od 0,17 m/s do najviše 0,35 m/s. Stoga se može reći da je preporučljiva brzina strujanja zraka u prihvaćenim rasponima temperature i za osobe u stanju mirovanja do 0,25 m/s [10].



Slika 17. Promjena brzine zraka u ovisnosti o promjeni temperature zraka [10]

2.3.5. Ventilacijski zahtjevi i broj izmjena zraka u prostoru

Prilikom projektiranja nekog ventilacijskog sustava potrebno je vidjeti koja je namjena prostora i odrediti koliki protok zraka će se dovoditi pojedinoj prostoriji. Pri tome se može poslužiti određenim preporukama i zahtjevima. Neki od zahtjeva kojima se može voditi prilikom projektiranja:

- Zahtjevi prema broju osoba,
- Zahtjevi prema koncentraciji zagađivača u zraku i
- Zahtjevi prema broju izmjena na sat.

Zahtjev prema broju osoba u zatvorenom prostoru za nepušače po ASHRAE Standard 62, iznosi oko 30 m³/h ili 8 L/s koliko je potreban ventilacijski minimum po osobi. U literaturi se mogu pronaći ovisno o namjeni prostora i više količine do 100 m³/h dok je za standardne poslovne i stambene prostore dovoljna dobava u količini od 30 do 60 m³/h po osobi. Za prostore u kojima se puši potrebno je povećati dovod svježeg zraka za +20 m³/h po osobi.

Zahtjev prema koncentraciji zagađivača u zraku se odnosi na plinove i pare koji mogu nastati od namještaja, građevinskog materijala, ljudi, zatim nebiološke čestice poput prašine, sintetički vlakana, te bioaerosola. Dakle vanjski zrak se mora dovoditi kako bi se smanjila koncentracija prije navedenih zagađivača zraka jer svi oni utječu na zdravlje osoba koje se nalaze u prostoru. Dopuštene koncentracije propisane su normama i mogu se pronaći u tablicama.

Zahtjev prema broju izmjena zraka na sat (*eng. ACH – Air Changes per Hour*) prikazuje se omjerom volumena svježeg zraka koji se ubaci u prostor u jednom satu i volumena samog prostora. Koliku će količinu zraka biti potrebno dobiti u prostor ovisi o njegovoj namjeni, stoga će u Tablici 3 biti prikazane neke od vrijednosti [11].

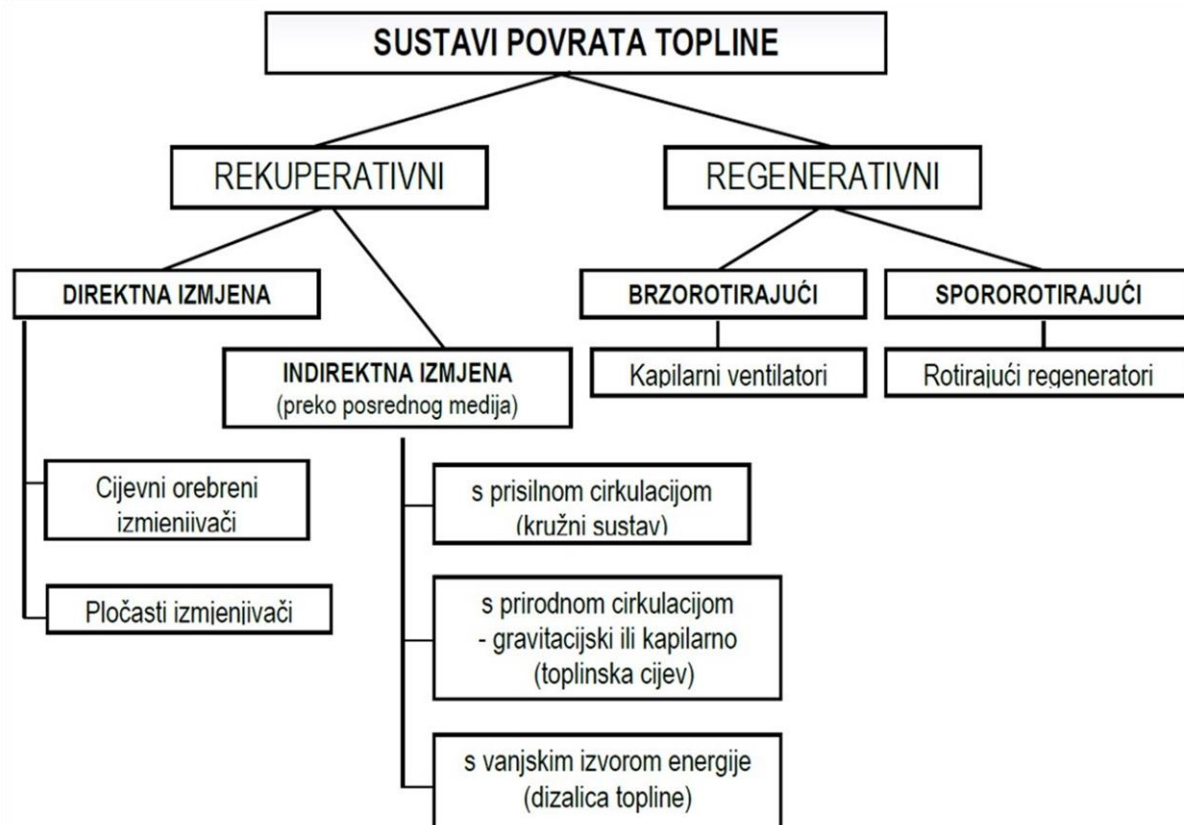
Tablica 3. Preporučeni broj izmjena zraka po satu za prostore različitih namjena [11]

Namjena prostora	Broj izmjena zraka na sat
Ured	3 - 6
Knjižnica	3 - 5
Trgovina	4 - 8
Restoran	6 - 8
Sanitarije	3 - 6
Kazalište, kino dvorana	4 - 6
Skladište	4 - 6
Garderoba	3 - 6
Soba za sastanke	5 - 10
Zatvoreni bazen	3 - 6
Noćni klub	6 - 8
Operacijska dvorana	15 - 20

3. VENTILACIJSKI I KLIMATIZACIJSKI SUSTAVI S POVRATOM TOPLINE

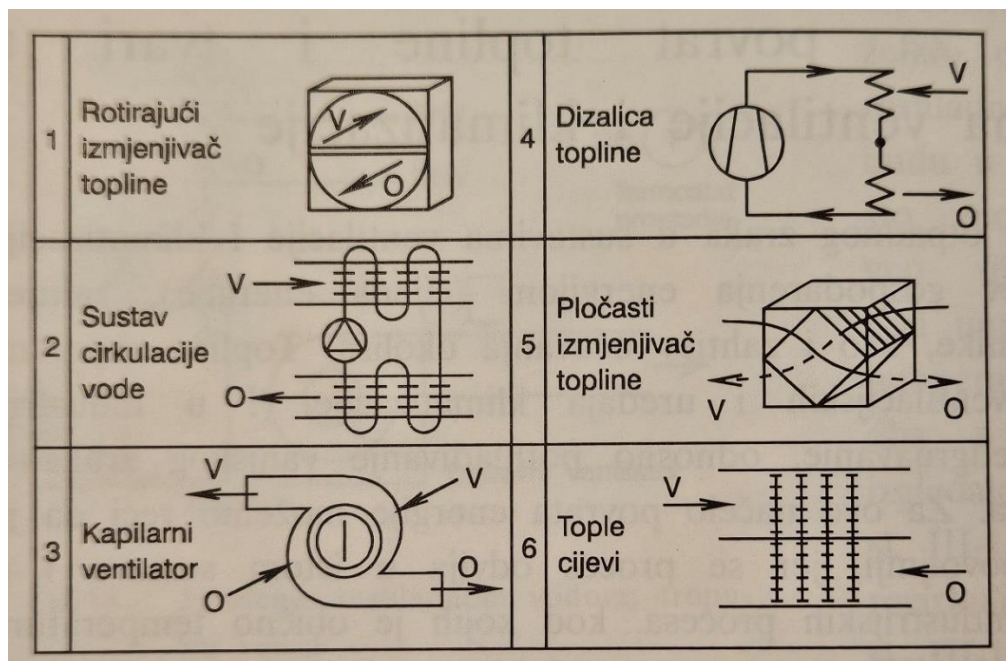
Razvojem i upotrebom tehnike u sustavima ventilacije i klimatizacije može se koristiti toplina otpadnog zraka, to je ujedno zahtjev gospodarenja energijom i očuvanja okoliša. Toplina koja je sadržana u otpadnom zraku kojeg distribuiraju klimatizacijski i ventilacijski uređaji pogotovo u industriji, može poslužiti za predgrijavanje ili ohlađivanje vanjskog zraka u procesu obrade. Ovakav povrat energije odvija se u istom sustavu i istom vremenu, te se može reći da je najpovoljniji. Ovakvim procesima u Europi se pridaje velika važnost, pogotovo u ovo vrijeme energetske krize i prelaza na korištenje obnovljivih izvora energije. Velik iskorak napravio se u industriji jer se uvidjela velika mogućnost iskorištenja energije iz otpadnog zraka, te se potiču nova razmišljanja i razvoj uređaja sa što većom efikasnošću povrata topline. Slika 18 prikazuje sustave povrata topline prema dva temeljna načela povrata topline iz otpadnog zraka:

- Rekuperatori topline – povrat osjetne topline i
- Regeneratori topline – povrat osjetne i latentne topline [4].



Slika 18. Prikaz podjele sustava povrata topline[1]

Izvedba i rješenja uređaja u sustavima ventilacije i klimatizacije za povrat topline iz otpadnog zraka rekuperacijom i regeneracijom prikazano na Slici 19.

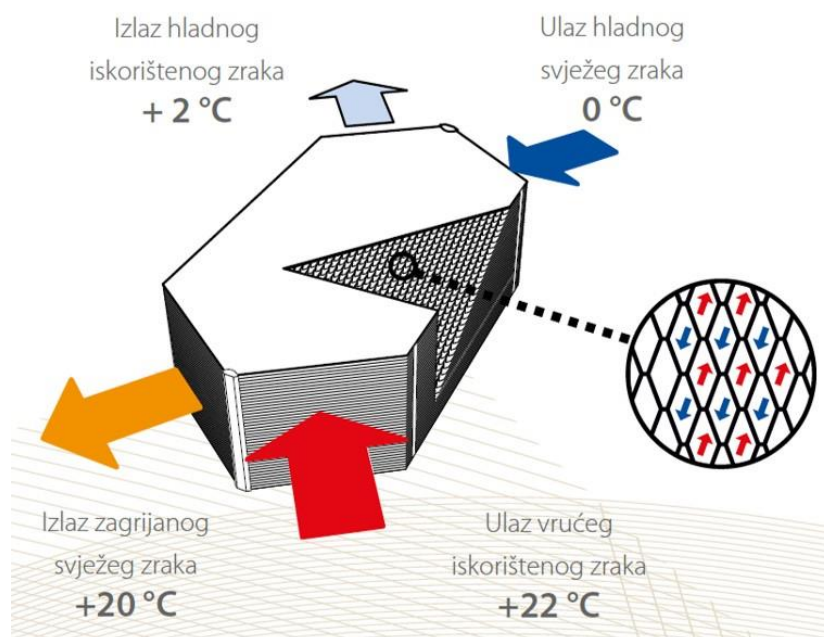


Slika 19. Prikaz raznih izvedbi povrata topline rekuperacijom i regeneracijom[4]

3.1. Povrat topline rekuperacijom

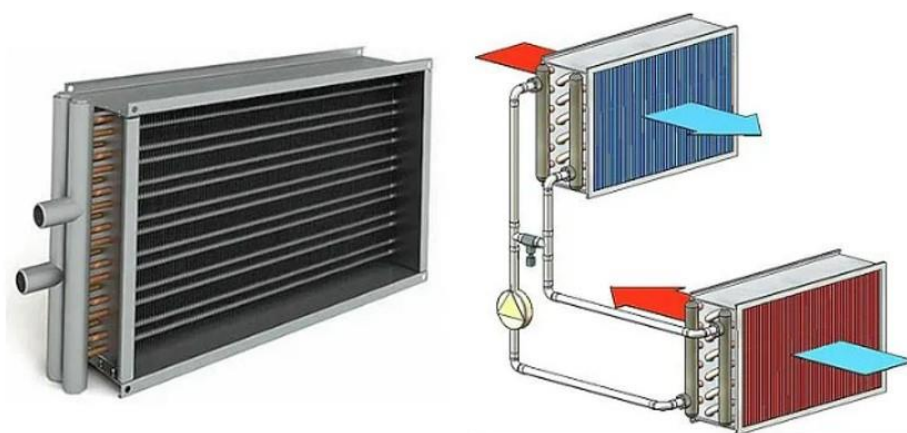
Prijelaz topline kod rekuperacijskih sustava odvija se preko ploha ploča ili cijevi gdje medij nije u izravnom dodiru, a može se povratiti samo osjetna toplina. Osjetna toplina je toplina koja se s prostorom izmjenjuje zračenjem, konvekcijom i provođenjem. Ovim postupkom se u zimi može predgrijati zrak, dok se u ljeti kad je sezona hlađenja može ohladiti. Prednosti su što je struja medija razdvojena i nema međusobnog kontakta i mogućnosti prijenosa mirisa, nečistoća i drugih onečišćivača zraka.

Na Slici 20 prikazan je pločasti protustrujni izmjenjivač topline, u procesu nastaje vlaga koju nije moguće vratiti nego se ona sakuplja kao kondenzat i odvodi u kanalizaciju. Materijali korišteni za izradu pločastog rekuperatora većinom su aluminijski limovi, plastika i nehrđajući čelici. Efikasnost prijenosa topline za navedene materijale koji se koriste za izradu pločastih rekuperatora kreće se u rasponu od 85 % do 95 %. Aluminijski limovi i plastika više se koriste u komercijalne svrhe, dok se nehrđajući čelici više primjenjuju u industriji.



Slika 20. Pločasti protustrujni izmjenjivač topline[12]

Rekuperacijski sustav može biti i kružni cirkulacijski koji je izveden s dva izmjenjivača od kojih je jedan u struji svježeg zraka dok je drugi u struji otpadnog zraka, a međusobno su povezani u zatvoreni sustav s cirkulacijskom crpkom. Medij koji prenosi toplinu i cirkulira kroz izmjenjivače je najčešće voda ili smjesa voda-glikol kako bi se u zimskim mjesecima spriječilo smrzavanje. Takav sustav prikazan je na Slici 21 [1,4].



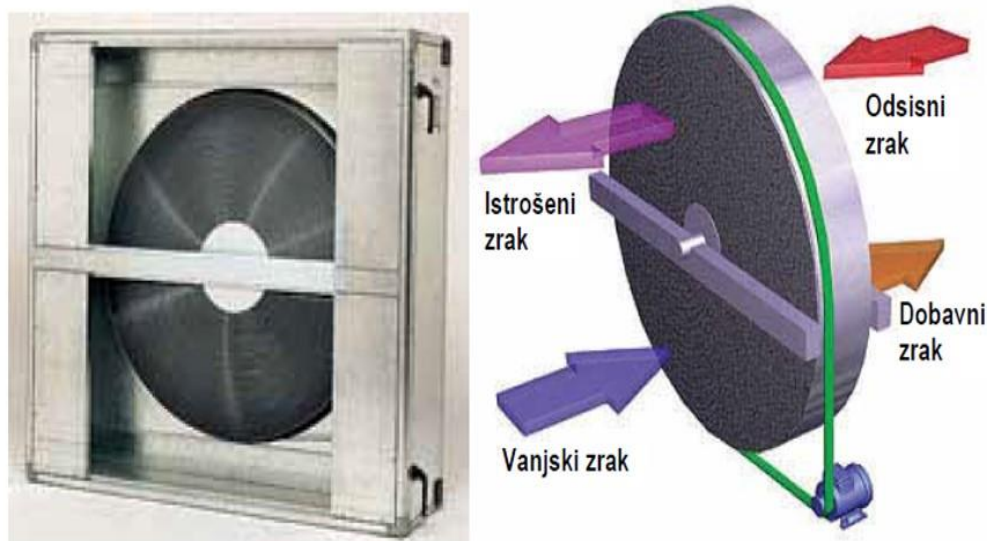
Slika 21. Kružni cirkulacijski sustav s posrednim medijem[13]

3.2. Povrat topline regeneracijom

Regenerativni povrat topline omogućuje povrat osjetne i latentne topline preko akumulacijske mase, a prednost sustava je što omogućuje i povrat vlage. Nedostatak sustava je što dolazi do izravnog kontakta struja medija i miješanja povratnog i svježeg zraka u iznosu 2 do 5 %, te je moguće onečišćenje svježeg zraka.

Jedan od primjera takvog povrata topline je rotirajući regeneratorski prikazan na Slici 22 koji se sastoji od kućišta u kojem se nalazi rotirajuća akumulacijska masa koja izgleda kao saće, a najčešći materijal izrade je aluminij. Sistem je osmišljen tako da se polovica nalazi u struji svježeg zraka, dok se druga polovica nalazi u struji otpadnog zraka gdje se toplina predaje u saćasto izrađeni materijal koji preuzima tu toplinu i vlagu te se rotira u polovicu gdje je struja svježeg zraka koja potom preuzima toplinu i vlagu i distribuira je dalje u prostor.

Uređaji s ovakvim načinom povrata topline mogu se koristiti za plinove temperature do 200 °C, protoka zraka i do 150.000 m³/h, brzina vrtnje rotora može se regulirati ovisno o potrebama prostora, stupanj povrata topline i vlage kreće se u rasponu od 65 do 85 %, a kao izvedbe postoje kondenzacijski i sorpcijski regeneratorski [1,4].



Slika 22. Prikaz rotacijskog regeneratorskog uređaja za povrat topline [1]

3.3. Ostale komponente sustava ventilacije i klimatizacije

Da bi sistem klimatizacije pravilno funkcionirao uvelike zavisi o distribuciji zraka unutar prostora koji se klimatizira. Iz tog razloga može se reći da je sistem funkcionalan onoliko koliko je pravilno napravljena distribucija zraka u prostoru. Nije rijetkost da se projektanti susreću s problemima oko izbora mjesta koje je najpogodnije za ubacivanje svježeg zraka i odvod otpadnog zraka. Sam raspored distributera ne ovisi samo o namjeni prostora već i o tome je li sistem namijenjen ventilaciji ili i klimatizaciji kod koje možemo imati grijanje i hlađenje. Distribucijski sistem dobave i odvodnje zraka mora biti tako projektiran da imamo ujednačene temperature predviđene propisima u cijelom prostoru da oscilacije budu minimalne od 1 °C do 2 °C kako ne bi narušavali toplinsku ugodnost [10]. Neke od komponenata koje čine sustav ventilacije i klimatizacije su:

- Razvod ventilacijskih kanala,
- Hladnjak (s rashladnom vodom ili direktni isparivač),
- Grijač (parni grijač, toplovodni grijač),
- Ovlaživač,
- Elementi za distribuciju zraka,
- Filtar i
- Prigušivač.

3.3.1. Razvod ventilacijskih kanala

Kanali i razni prijelazni spojevi su elementi u sustavu ventilacije i klimatizacije koji služe za dobavu zraka od klimatizacijskog uređaja do prostora koji se ventilira ili klimatizira, Slika 23. Prema njihovom obliku poprečnog presjeka mogu se podijeliti u nekoliko skupina:

- Kanali okruglog poprečnog presjeka – karakterizira ih mali otpor strujanju zraka, čvrstoća i krutost, zbog čega su pogodni za sustave s većim brzinama protoka zraka,
- Kanali pravokutnog poprečnog presjeka – najčešće se koriste, jednostavna i brza montaža, primjenjuju se u sustavima s nižim brzinama strujanja zraka,
- Kanali ovalnog poprečnog presjeka – iskorištene su prednosti pravokutnih i okruglih kanala, često se primjenjuju na mjestima s malim prostorom za montažu i
- Fleksibilni kanali – služe za povezivanje završnih distributivnih elemenata.



Slika 23. Ventilacijski kanali prema različitom poprečnom presjeku [VS Mikec d.o.o.]

Kanali se izrađuju iz različitih vrsta materijala od koji je najzastupljeniji pocinčani lim (čelični lim čija je površina presvučena slojem cinka), još se koriste aluminijski lim, nehrđajući čelik i plastika. Kanali iznutra moraju biti glatki kako bi se što više smanjio koeficijent trenja. Osim toga trebaju biti jednostavni za montažu i proizvodnju, prikladni za čišćenje, male mase, dugotrajni, otporni na koroziju i nezapaljivi. U današnje vrijeme sve veću popularnost dobivaju kanali izrađeni iz poliuretanskog panela obostrano kaširanog aluminijskom folijom čije su karakteristike veoma mala masa i toplinska izolacijska svojstva, također su pogodni za ugradnju u agresivnim okolinama kao što su bazeni i prostori bazenske tehnike.

Materijal za izradu kanala može biti i mineralna vuna obostrano kaširana staklenim voalom (filc) i aluminijskom folijom čije su odlike mala masa, toplinska izolacijska svojstva i velika apsorpcija zvuka što daje dobra akustična svojstva. Kao završni kanal za spoj glavnog kanala i distribucijskog elementa koristi se fleksibilni kanal izrađen najčešće iz aluminijske folije koja može biti i izolirana sa slojem staklene vune u debljini 25 mm ojačana spiralnom čeličnom žicom, aluminijska folija osim mehaničke zaštite ima i funkciju parne brane.

Prilikom projektiranja, a isto tako i izvođenja potrebno je obratiti pažnju na to da nema puno koljena i razdjelnih elemenata radi izbjegavanja stvaranja dodatnog pada tlaka, također iz istog razloga ugrađivati što kraće fleksibilne cijevi, koristiti regulacijske zaklopke za mogućnost balansiranja sustava, stavljati elastične spojeve radi smanjenja vibracija i dr. [1]

3.3.2. Istrujni i odsisni elementi za zrak

Kako bi se dobila tražena i kvalitetna izmjena zraka u prostoru potrebna je ravnomjerna raspodjela istrujnih i odsisnih distributera zraka. Ovisno o potrebnom protoku volumena zraka i zapremnini prostorije odabire se odgovarajuća količina, veličina i tip distributera. U principu distributere je potrebno postaviti tako da ne bude "mrtvih" zona, da razmak između istrujnih i odsisnih distributera bude dovoljan kako bi se spriječila pojava "kratkog spoja" sa strujom zraka, te da se odsis postavi u blizini izvora topline ili izvora zagađenja zraka kako bi se izbjeglo nepotrebno opterećenje klimatiziranog zraka. U Tablici 4 date su preporuke za brzine strujanja.

Tablica 4. Preporuka za brzine strujanja zraka na odsisnim distributerima [1]

Smještaj odsisnog otvora	Brzina preko bruto površine [m/s]
Iznad zone boravka	> 4
Unutar zone boravka, udaljeno od sjedećih mjesta	3 do 4
Unutar zone boravka, u blizini sjedećih mjesta	2 do 3
Prestrujavanje kroz vrata ili zidove s rešetkama	1 do 1,5
Prestrujavanje kroz podrezana vrata	1 do 1,5

Istrujni i odsisni elementi mogu se podijeliti na tri skupine:

- Rešetke,
- Difuzori i
- Sapnice.

Rešetke se mogu koristiti za dobavu i odsis zraka, imaju manji omjer indukcije, veću brzinu i domet u odnosu na stropne difuzore. Stoga je potrebno obratiti pažnju na mjesto njihove ugradnje i po mogućnosti ugraditi dvoredne rešetke s jednim redom horizontalnih lamela i jednim redom vertikalnih lamela kako bi se dobila što bolja mogućnost namještanja otklona mlaza zraka. Osim za unutarnju ugradnju postoje rešetke i za vanjsku ugradnju na usisu svježeg zraka i ispuhu otpadnog zraka. Kod projektiranja potrebno je uvećati izlazni kanal iz razloga smanjenja efektivne istrujne površine zbog lamela rešetke i obratiti pažnju da brzina strujanja zraka na rešetki ne prelazi 3 m/s. Vanjske rešetke najčešće se plastificiraju u boju po zahtjevu arhitekta kako bi se što bolje uklopile u dizajn objekta i obavezna je ugradnja mrežice s unutarnje strane rešetke kako bi se spriječio ulazak štetočina, ptica i sl. [1].

Na Slici 24 prikazani su različiti modeli unutarnjih rešetki proizvođača Klimaoprema, koje se mogu ugrađivati na ventilacijske kanale pravokutnog i kružnog poprečnog presjeka, dok su na Slici 25 prikazani modeli vanjskih rešetki također istog proizvođača, koje se ugrađuju na završetke ventilacijskih kanala najčešće s vanjske strane objekta na fasadu ili na krovnim kapama.

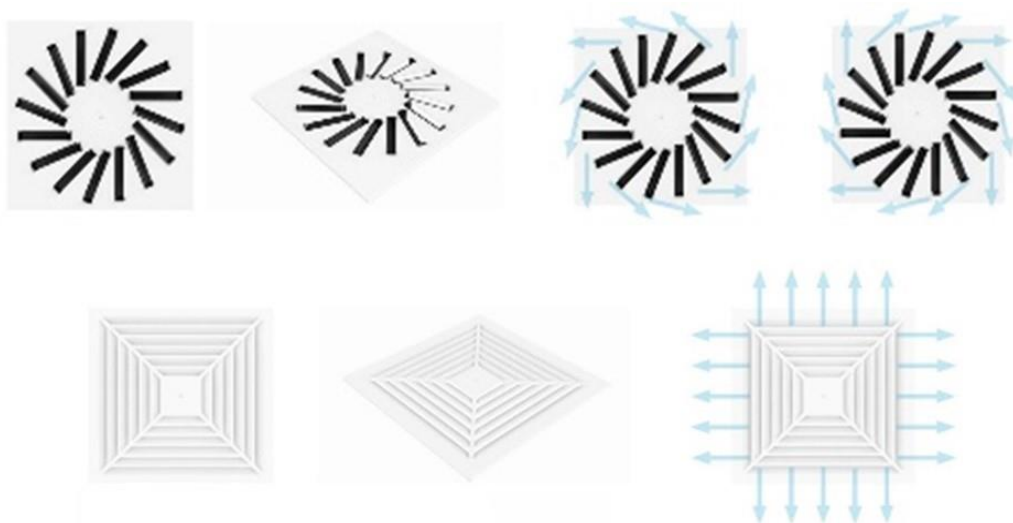


Slika 24. Razni tipovi aluminijskih rešetki za unutarnju ugradnju [14]



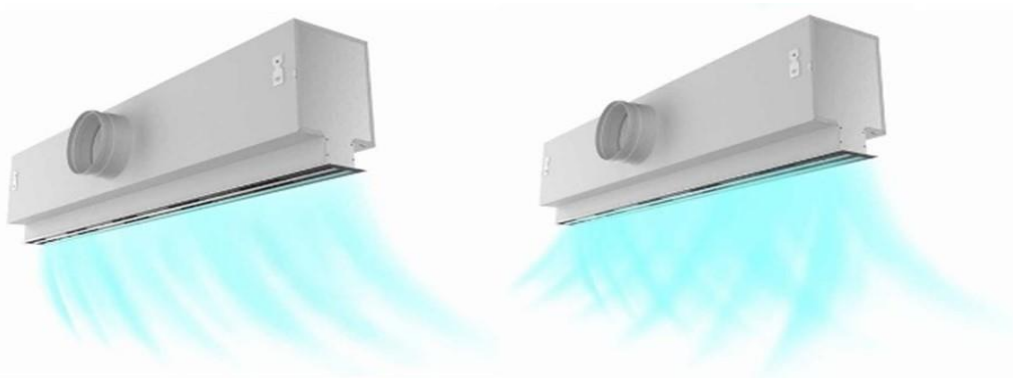
Slika 25. Razni tipovi aluminijskih rešetki za vanjsku ugradnju [15]

Difuzori se za razliku od rešetki češće primjenjuju za dobavu zraka, osim što postoji velik izbor tipova ovisno o načinu ugradnje u pod, u zid, na strop, odlikuje ih i sposobnost usmjeravanja zraka u različitim smjerovima zbog njihovog dizajna izrade. Smjer ispuhivanja kod većine njih može biti u nekom određenom ili svim smjerovima da li kao horizontalan ili vertikalni. Na Slici 26 prikazani su tipovi difuzora koji upuhuju zrak horizontalno i vrtložno i pogodni su za uredske prostore s nižim stropovima od 2,3 do 4 m ugradnje, a pogodni su i za rad s većim protocima. Sastoje se od priključne kutije koja se nalazi iznad stropa i vidljive maske difuzora.



Slika 26. Razni tipovi stropnih difuzora za vrtložno i horizontalno ubacivanje zraka [16]

Linijski difuzori Slika 27 mogu biti stropni i podni, najčešće se koriste za dobavu svježeg zraka uz velike staklene površine npr. u bazenskim prostorima kao podni ili uredskim prostorima kao stropni. Sama konstrukcija izvedbe omogućuje im ugradnju u neprekinute linije u raznim širinama ovisno o količini zraka koju distribuiraju s podesivim smjerom za ubacivanje zraka.



Slika 27. Prikaz linijskog distributera s različitim smjerom ubacivanja zraka [17]

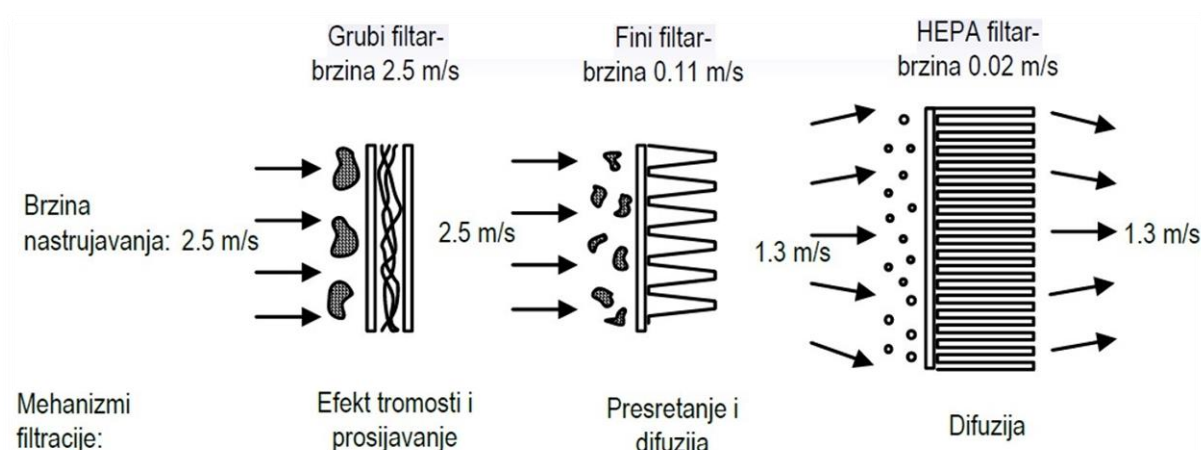
3.3.3. Poboljšanje kvalitete zraka filtracijom

Zdravlje ljudi koje borave u nekom prostoru jedan je od prioriteta, stoga je važno da zrak u prostoru bude određene kvalitete kako ne bi štetio ljudima ili opremi koja se nalazi u prostoru. Filtracijom se poboljšava kvaliteta zraka na način da se iz njega ukloni što više štetnih tvari koje mogu biti vanjske (dim, prašina, pijesak, pelud, bakterije) ili unutrašnje koje nastaju u prostoru (vlakna, koža, kosa i dr.).

Neke od značajki filtera su:

- Učinkovitost – postotak izdvojene čestice,
- Pad tlaka i
- Kapacitet zadržavanja prašine – ukupna masa koje se može akumulirati.

Prema veličini čestica koje se filtriraju možemo ih podijeliti na grube, fine i HEPA filtere, a mogu biti u izvedbama kao vrećasti, panelni, trake, kazetni, HEPA filtri i dr. [1] Slika 28.



Slika 28. Prikaz filtracije s različitim vrstama filtera [1]

Osim uklanjanja čestica često puta potrebno je ukloniti i neugodan miris, dimne plinove, kao i isparenja od hlapljivih organskih spojeva koji se nalaze u zraku. U takvim slučajevima se najčešće koristi adsorpcijski filter s aktivnim ugljenom koji se dobiva od ugljena (lignita), ljuski kokosovog oraha, treseta, drva i dr. Svi ovi materijali imaju veliko apsorpcijsko svojstvo da na svoju površinu vežu molekule plina ili otopljene tvari koje se nalaze u zraku. Iako aktivni ugljen ima veliku površinu apsorpcije i veoma je porozan on se nakon izvjesnog vremena zasiti i više nema funkciju pročišćivanja te ga je potrebno zamijeniti [10].

4. AUTORSKO RJEŠENJE VENTILACIJE S REKUPERACIJOM ZRAKA ZA OBITELJSKU KUĆU

Izvedena je instalacija centraliziranog sustava ventilacije i rekuperacije zraka s predviđenih 0,5 izmjena zraka po satu. Isto će se dobiti ugradnjom rekuperatorske jedinice horizontalne izvedbe za podstropnu ugradnju, proizvođača Atrea tip DUPLEX 370 EC5. U prostorije je predviđena dobava svježeg zraka i odsis otpadnog zraka preko distributera, a usis svježeg i izbacivanje otpadnog zraka predviđeno je preko vanjskih protukišnih rešetki koje su ugrađene na vanjskom zidu. Razvod unutar prostora izveden je kanalima kružnog poprečnog presjeka iz pocinčanog čeličnog lima. Svi kanali izolirani su toplinskom izolacijom debljine 19 mm.

4.1. Izrada troškovnika i procjena vrijednosti instalacije

U Tablici 5 prikazana je procjena vrijednosti opreme i radova za idejni projekt kao zasebne troškovničke stavke, može se vidjeti da bi cijena takvog projekta s trenutnim tržišnim cijenama opreme, materijala i usluge rada iznosila 10.319,63 eura za obiteljsku kuću ukupno ventilirane površine od 90 m², što bi po kvadratnom metru iznosilo približno 115,00 eura.

Tablica 5. Troškovnik procjene vrijednosti instalacije

INVESTITOR: Obiteljska kuća Varošaneć		INSTALACIJA VENTILACIJE REKUPERACIJA			
		STROJARSKI PROJEKT			
Poz.	Opis	Jed. mj.	Količ.	Cijena	Iznos
		(kom)	(br.)	(Eur)	(Eur)
	D.) Ventilacija - rekuperacija obiteljske kuće				
1.	Dobava i montaža rekuperatora zraka za stropnu ugradnju, s bočnim priključcima i elektroormarom smještenom na uređaju, sastoji se od EC ventilatora, plastični protusmjerni izmjenjivač topline, filtracija na tlaku/odsisu, fleksibilni spojevi na kanalni razvod. U cijenu je potrebno uključiti sav spojni, brtveni i montažni materijal, te puštanje u pogon uređaja, balansiranje i podešavanje sustava ventilacije od strane ovlaštenog servisera. Tip kao Atrea DUPLEX 370 EC5.RD5. Karakteristike:				

	proračunati protok V=250 m ³ /h; 200 Pa N=2x120 W; 230 V dimenzije (DxŠxV): 1200x930x290 mm 58 kg buka:40 dB upravljanje preko zidnog upravljača - uključiti u cijenu				
		kompl	1	2.730,00	2.730,00
2.	Dobava i montaža prigušivača zvuka za ugradnju na okrugli kanal, sa potrebnim spojnim i montažnim materijalom.				
	- tip PZC - 150	kom	2	129,20	258,40
	- tip PZC - 100	kom	2	110,30	220,60
3.	Dobava i montaža ručne regulacijske zaklopke za regulaciju protoka zraka okruglog poprečnog presjeka s kućištem od pocinčanog lima i integriranom klapnom montiranom na osovini regulatora.				
	- RZ-150	kom	2	52,50	105,00
	- RZ-100	kom	2	51,50	103,00
4.	Dobava i montaža protukišne okrugle aluminijske žaluzine s fiksnim lamelama i zaštitnom mrežicom s unutarnje strane radi sprječavanja ulaska štetočina, na usisu svježeg i ispuhu otpadnog zraka.				
	- FŽ-250	kom	2	56,70	113,40
5.	Dobava i montaža stropnog difuzora za dobavu/odsis zraka, ugradnja na visini od 2,3 do 4 m, okvir i perforirana istrujna ploča izrađeni iz pocinčanog čeličnog lima standardno plastificiran u RAL na zahtjev, pogodan za dobavu zraka, omogućena jednostavna zamjena perforirane istrujne ploče, mogućnost podešavanja istrujnog otvora (10, 20, 30 mm).				
	- DPR-125	kom	12	81,90	982,80

6.	Dobava i montaža ventilacijskih kanala okruglog poprečnog presjeka izrađenih iz pocinčanog lima debljine prema HR EN 12237:2003 i smjernicama HIS-a, s potrebnim prijelaznim komadima, redukcijama, kutijama, štucnama, račvama, koljenima, priključnim komadima te ostalim potrebnim spojnim i montažnim materijalom. U stavku uračunati pripremu i razradu elemenata kanala dimenzija prema nacrtima i mogućnostima ugradnje na licu mjesta.				
	- cijev fi 80	m	17	13,90	236,30
	- cijev fi 100	m	12	14,70	176,40
	- cijev fi 150	m	12	17,30	207,60
	- cijev fi 200	m	9	22,10	198,90
	- koljeno fi 80/45°	kom	12	14,80	177,60
	- koljeno fi 200/45°	kom	2	19,70	39,40
	- koljeno fi 200/90°	kom	2	23,90	47,80
	- t-komad fi 200/150/100	kom	2	25,10	50,20
	- t-komad fi 150/80/100	kom	2	20,30	40,60
	- t-komad fi 100/80/100	kom	2	17,70	35,40
	- t-komad fi 100/80/80	kom	4	17,70	70,80
	- redukcija fi 80/125	kom	12	14,50	174,00
	- redukcija fi 200/250	kom	2	19,80	39,60
	- elastični spoj fi 200	kom	4	25,80	103,20
7.	Dobava i montaža elastomernog izolacijskog materijala crne boje, zatvorenih ćelija na osnovi sintetičkog kaučuka za izolaciju ventilacijskih kanala kod instalacija klimatizacije i hlađenja u svrhu sprječavanja rošenja i očuvanja energije. Napomena: Izolirati usis svježeg zraka, otpadnog zraka, tlak i odsis. Debljina izolacije 19 mm:				
		m ²	25	27,30	682,50
8.	Dobava i montaža troslojne aluminijske fleksibilne cijevi toplinski i zvučno izolirane za spoj distributera s glavnim linijama.				
	- HF SONO fi 80	m	12	15,80	189,60

9.	Ovjesni i sitni potrošni materijal koji nije posebno specificiran, a potreban je za montažu navedenog materijala i opreme kao što su materijal za spajanje, brtvljenje i sl.				
		kompl	1	609,00	609,00
10.	Prijevoz i uskladištenje materijala, opreme, uređaja za rad, alata, dizalica, skela i sl. koji su potrebni za radove montaže, te vraćanje istog na skladište izvođača.				
		kompl	1	663,60	663,60
	D.) Ventilacija - rekuperacija obiteljske kuće			EUR	8.255,70
	REKAPITULACIJA- STROJARSKE INSTALACIJE:				
	UKUPNO			EUR	8.255,70
	PDV 25%			EUR	2.063,93
	SVEUKUPNO S PDV-om:			EUR	10.319,63

4.2. Tehnički podaci opreme i specifikacija kanala

Na Slici 29 prikazani su tehnički podaci za dobavni i odsisni ventilator rekuperatora, zatim podaci o buci na svakom ulazu i izlazu, te kućištu rekuperatora. Dimenzije jedinice i dimenzije priključaka za ventilacijske kanale. Također se može vidjeti krivulja performansi za odabranu radnu točku protoka 250 m³/h pri vanjskom statičkom tlaku jedinice od 200 Pa.



Tehnička specifikacija

strana 2 /

Ponuda br.:
Projekt: Emanuel kuća
Pozicija br.: Jedinica 2

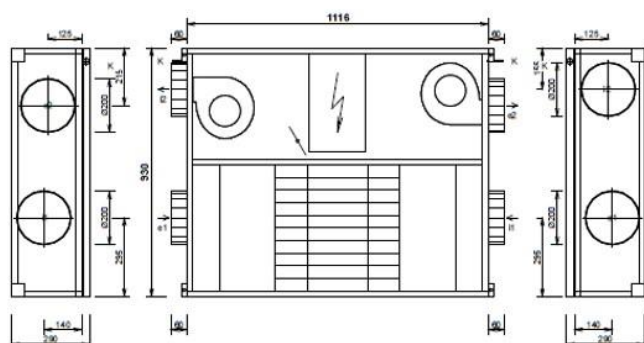
Atraa d.o.o.		

Jedinica **DUPLEX 370 EC5.RD5** Specifikacija: DUPLEX 370 EC5.RD5 -Coarse 60% (G4) vrsta okvira -Coarse 60% (G4) vrsta okvira -CP Touch (B) bijelo -ErP A+

-AHU je u skladu s ErP (Ecodesign) -EU 1253/2014 i 1254/2014 uredbom, valjano od 1.1.2018.

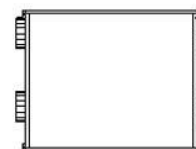
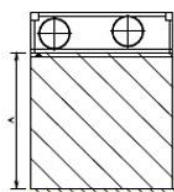
Pogled odozgo (tlocrt)

Težina: približno 58 kg, Jedinica u komadu



spojni izl	tip	dimenzija	dodatna oprema
e1	e1 - izlaz svježeg zraka (ODA)	Ø 200 mm	
e2	e2 - izlaz svježeg zraka na filu	Ø 200 mm	
i1	i1 - izlaz odsisnog zraka (ETA)	Ø 200 mm	
i2	i2 - izlaz odsisnog zraka (EH)	Ø 200 mm	
K	odvod kondenzata	Ø 16/22 mm	

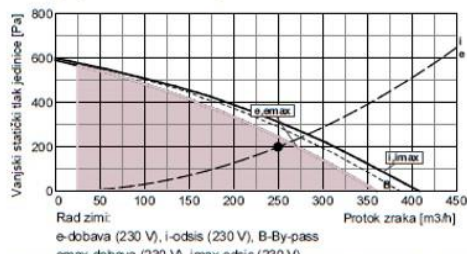
Manipulativni prostor



A strana vrata

min. 900 mm

Krivulja performanse jedinice:



Uređaj se sastoji od ventilatora koji su opremljeni EC tehnologijom. Ovi ventilatori imaju modulirajuću kontrolu brzine putem označenog područja.

Podaci o buci:

Nivo buke LwA (dB)

Frekvencija [Hz]	Total	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
	dB (A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
ulaz e1	49	43	37	35	43	44	37	<25	<25
izlaz e2	74	47	56	63	71	66	62	56	46
ulaz i1	46	37	37	35	37	43	38	<25	<25
izlaz i2	71	44	55	64	68	64	62	55	45
kućište	40	33	30	34	37	25	<25	<25	<25

Razina snage zvuka računa se istovremeno za radova ventilatora mjeri se u skladu s ISO 3744. Razina snage zvuka na spojnim priključcima mjeri se u skladu s ISO 5136.

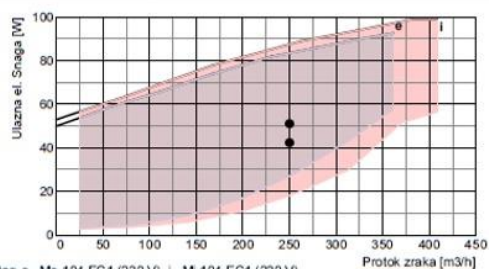
Zvučni spektar LpA (dB)

kućište	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25

Razina tlaka zvuka mjeri se istovremenim radomob ventilatorapri 3 udaljenosti te se mjeri u skladu s ISO 3744

Ventilatori

	dobava	odsis
Volumen protoka	m ³ /h 250	250
Vanjski statički tlak jedinice	Pa 200	200
Napon (nominalna)	V 230	230
Snaga (na radnoj točki)	W 51	42
Brzina (na radnoj točki)	Okr/m 3179	2939
Max. Utrošak snage (za spoj)	W 120	120
Max. Struja (za spoj)	A 1	1
SFP	W.h/m ³ 0,205	0,170
Tip ventilatora	Me.104	Mi.104
Vrste ventilatora (s promjenjivom brzinom)	EC1	EC1



Ventilator: e - Me.104 EC1 (230 V), i - M.104 EC1 (230 V)

Spojni elementi

	dobava	odsis
Ulazni spojevi e1, i1	mm Ø 200	Ø 200
spoj	fiksirano	fiksirano
Izlazni spojevi e2, i2	mm Ø 200	Ø 200
spoj	fiksirano	fiksirano
Odvod kondenzata K	mm	2 x Ø16/22

Kontrolna zaklopke

	Tip motornog pogon
By-pass zaklopka (integrirana)	CM24

Slika 29. Prikaz tehničkih podataka rekuperatora s krivuljom performansi [18]

Na Slici 30 prikazani su podaci o efikasnosti izmjenjivača pri zadanoj radnoj točki i definirana klasa filtera na dobavi svježeg zraka F7 i odsisu otpadnog zraka klasa G4.



Tehnička specifikacija

strana 3 /

Ponuda br.:
Projekt: Emanuel kuća
Pozicija br.: Jedinica 2

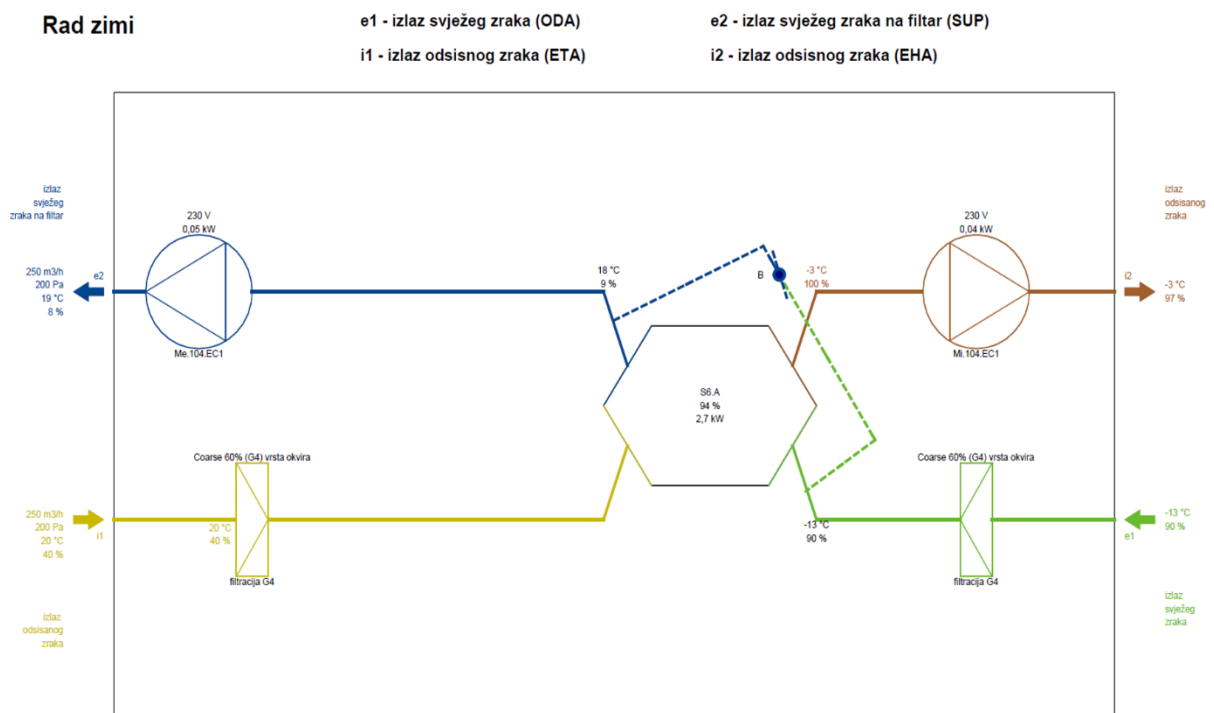
Atria d.o.o.		

Jedinica	DUPLEX 370 EC5.RD5	Specifikacija:	DUPLEX 370 EC5.RD5 -Coarse 60% (G4) vrsta okvira -Coarse 60% (G4) vrsta okvira -CP Touch (B) bijelo -ErP A+	
Izmjenjivač		dobava	odsis	
Volumen protoka	m ³ /h	250	250	
Ulazna temperatura	°C	-13	20	
Temp. Izlaza	°C	18	-3	
Rel. vl. zraka	% r.v.	90	40	
Rel. Vlaž. Izlaza	% r.v.	9	100	
Efikasnost izmjenjivača zima (ljetno)	%	94 (85)		
Kap. Rekuper. zima (ljetno)	kW	2,7 (0,4)		
Kondenzat	l/h	0,9		
Tip rekuperatora		S6.A rekuperativno		
Filtracija		dobava	odsis	Dodatna oprema (dio isporuke)
Tip		vrsta okvira	vrsta okvira	
Klasa filtracije		F7 *)	G4	
Broj filtera	koma	1	1	
Veličina filtera	mm	555x255x20	555x255x20	
*) korištenje zamjenskih tkanina				

ErP (RVU)	
Specifični razred potrošnje energije	A+
Posebna potrošnja energije SEC - W	-17,47 kWh(m2.a)
Posebna potrošnja energije SEC - A	-42,28 kWh(m2.a)
Posebna potrošnja energije SEC - C	-81,00 kWh(m2.a)
Maksimalni protok Qm	370 m ³ /h
Nivo snage zvuka LwA	38 dB (A)

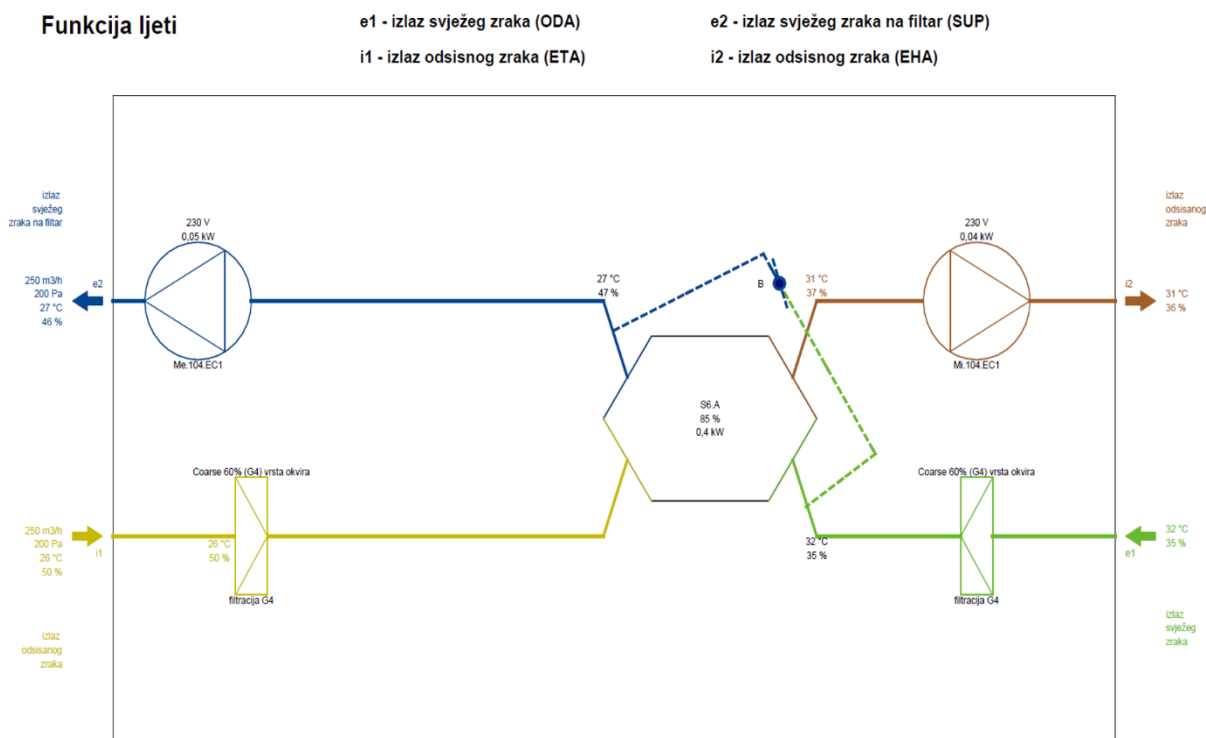
Slika 30. Prikaz tehničkih podataka o izmjenjivaču, filtraciji i Erp vrijednostima za rekuperatorsku jedinicu [18]

Na Slici 31 vidljiv je dijagram rada rekuperatora za zimski period gdje je ulazna temperatura svježeg zraka $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti od 90% , prolaskom zraka kroz izmjenjivač na njega se prenosi temperatura otpadnog zraka iz prostora koja iznosi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti 40% , nakon prijenosa topline u izmjenjivaču između otpadnog i svježeg zraka, obrađeni zrak koji ulazi u prostor je temperature $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti 8% uz efikasnost izmjene topline od 94% .



Slika 31. Prikaz dijagrama zračne strane rad zimi [18]

Slika 32 pokazuje dijagram rada rekuperatora u ljetnom periodu kada je situacija obrnuta gdje se s otpadnim zrakom iz prostora hladi svježi ulazni zrak. Temperatura svježeg zraka na ulazu u rekuperator je $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti 35% , otpadni zrak koji se izbacuje iz prostora je temperature $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti 50% , nakon prijenosa topline u izmjenjivaču između otpadnog i svježeg zraka, obrađeni zrak koji ulazi u prostor je temperature $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti 46% uz efikasnost izmjene topline 85% .



Slika 32. Prikaz dijagrama zračne strane rad ljeti [18]

Ugradnja prigušivača zvuka u ventilacijskom sustavu pridonosi dodatnoj ugodnosti iz razloga prigušenja buke koja u takvom sustavu prvenstveno nastaje od ventilatora koji se nalaze u rekuperatorskoj jedinici, a i drugih elemenata koji se nalaze u razvodu ventilacijskih kanala kao što su regulacijske zaklopke, protupožarne zaklopke, regulatori protoka i dr.

Apsorpcijski materijal koji je ugrađen u plašt od pocinčanog čeličnog lima s vanjske strane i perforiranog pocinčanog čeličnog lima s unutarnje strane je kamena vuna koja na sebi sadrži filc koji može biti iz svile ili staklenih vlakana, a sve zajedno mora ispunjavati posebne higijenske zahtjeve propisane za korištenje u klimatizacijskom sustavu.

Odabir prigušivača zvuka napravljen je u programu za odabir opreme firme Klimaoprema d.o.o., gdje je na Slici 33 prikazan prigušivač zvuka promjera 100 mm, dužine 1.000 mm i protoka zraka 100 m³/h, pri padu tlaka manjem od 5 Pa i brzini strujanja zraka od 3,54 m/s, mogu se vidjeti njegova prigušenja kod različitih vrijednosti frekvencije zvuka.

Isto tako Slika 34 prikazuje odabir prigušivača zvuka koji imamo na drugoj strani razvoda, a koji je promjera 160 mm i dužine 1.000 mm. Također su iskazane vrijednosti protoka zraka od 200 m³/h, pad tlaka isto manji od 5 Pa i brzina strujanja zraka od 2,76 m/s, te prikazane vrijednosti prigušenja kod određenih frekvencija zvuka.



Odabir proizvoda
 Pozicija: 1 / B x H
 Date: 2.2.2022. 0:44:42

SOUND ATTENUATORS / 1

Tehnički opis



1

Ulazni podaci

Diameter:	d = 100 mm	Volumni protok:	V = 100 m ³ /h
Duljina:	L = 1000 mm	Zvučna snaga ventilatora:	71 dB
		Oznaka za naručivanje:	PZM-T - 100 - 1000

Izlazni podaci

Težina prigušivača:	attw kg	Pad tlaka:	<5 Pa
Efektivna brzina:	3.54 m/s		

Frekvencija [Hz]	(a) Razina zvučne snage ventilatora (dB)	(b) Prigušenje De [dB]	(c) Buka uslijed strujanja kroz kućište (dB)	(d) Rezultirajuća razina zvučne snage (dB)
63	1	9	21	1
125	1	6	19	1
250	1	9	16	1
500	1	15	14	1
1000	1	23	14	1
2000	1	31	11	1
4000	1	25	9	1
8000	1	15	6	1
				1

Slika 33. Prikaz odabira prigušivača zvuka promjera 100 mm [19]



Odabir proizvoda
 Pozicija: 1 / B x H
 Date: 2.2.2022. 0:44:42

SOUND ATTENUATORS / 1

Tehnički opis



Ulazni podaci

Diameter:	d = 160 mm	Volumni protok:	V = 200 m ³ /h
Duljina:	L = 1000 mm	Zvučna snaga ventilatora:	71 dB
		Oznaka za naručivanje:	PZM-T - 160 - 1000

Izlazni podaci

Težina prigušivača:	attw kg	Pad tlaka:	<5 Pa
Efektivna brzina:	2.76 m/s		

Frekvencija [Hz]	(a) Razina zvučne snage ventilatora (dB)	(b) Prigušenje De [dB]	(c) Buka uslijed strujanja kroz kućište (dB)	(d) Rezultirajuća razina zvučne snage (dB)
63	1	9	21	1
125	1	6	19	1
250	1	9	16	1
500	1	15	14	1
1000	1	23	14	1
2000	1	31	11	1
4000	1	25	9	1
8000	1	15	6	1
				1

Slika 34. Prikaz odabira prigušivača zvuka promjera 160 mm [19]

Kod odabira stropnih difuzora uzet je režim rada rekuperatora na 75 % snage protoka i na 100 % snage protoka. Pa je tako u prvom slučaju protok zraka kroz difuzor 35 m³/h, dok je u drugom slučaju protok zraka kroz difuzor 50 m³/h.

Na Slici 35 prikazane su vrijednosti za protok zraka od 35 m³/h, gdje je istrujna brzina 2,0 m/s, brzina na dometu mlaza 0,07 m/s, pad tlaka 8 Pa i razina zvučne snage je 26 dB. Na Slici 36 prikazani su rezultati ako se snaga rekuperatora podigne na 100 % protoka zraka, tada je protok po distributeru 50 m³/h. Može se vidjeti povećanje vrijednosti istrujne brzine na 2,9 m/s, brzina na dometu mlaza je 0,10 m/s, pad tlaka na distributeru povećava se do 16 Pa isto kao i razina zvučne snage koja sad iznosi 31 dB.

Na obje slike prikazana je i simulacija za strujnice zraka gdje se može vidjeti na kojem mjestu je koja brzina zraka prema bojama prikazanim na ljestvici brzine strujanja. Težilo se tome da brzina strujanja zraka u zoni boravka ne bude veća od 0,3 m/s, što se ugradnjom ovih difuzora i postiglo.

Uzme li se u obzir da je ukupni volumen prostora koji se ventilira 235 m³, potrebna količina zraka da bi se postiglo 0,5 izmjena zraka na sat je 117,5 m³/h, odnosno po distributeru 20 m³/h. Dakle rekuperator da bi postigao traženi protok zraka može raditi i s 50 % snage pri čemu bi se još dodatno smanjili ovi parametri što se tiče brzine strujanja zraka, brzine na dometu mlaza i razine zvučne snage.

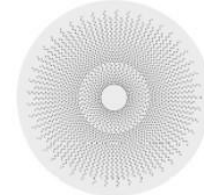


Odabir proizvoda
 Pozicija: DPR - 125
 Datum: 01.06.2024

Stropni difuzor / DPR

Odabir proizvoda

Veličina:	125
Materijal/Površinska obrada:	RAL9010
Volumni protok:	V = 35 m ³ /h
Udaljenost od zida:	x = 2 m
Udaljenost između distributera:	A = A m
Visina prostorije:	H = 2.7 m
Temperatura zraka u prostoriji:	T _p = 20 °C
Temperatura dovodnog zraka:	T _z = 19 °C

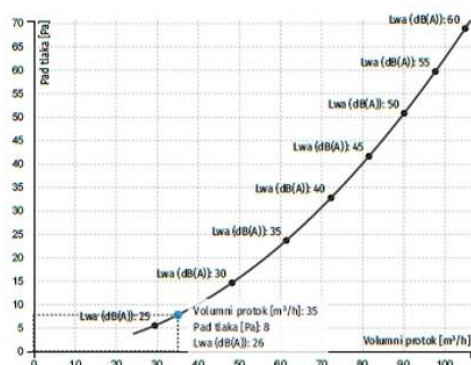
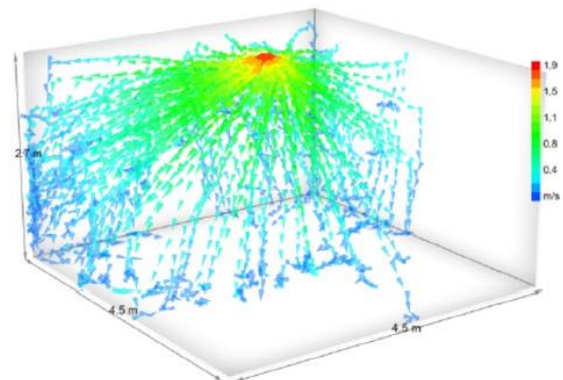


OZNAKA ZA NARUDŽBU

DPR - 125

Izlazni podaci

Efektivna površina:	A _{ef} = 0.005 m ²
Efektivna brzina:	v _{ef} = 2.0 m/s
Brzina na dometu mlaza:	v _L = 0.07 m/s
Brzina između difuzora:	v _h = v _h m/s
Pad tlaka:	dp = 8 Pa
Razina zvučne snage:	L _{wa} = 26 dB(A)



Pad tlaka i razina zvučne snage

Slika 35. Prikaz odabira difuzora i simulacija zraka kod protoka od 35 m³/h [20]



Odabir proizvoda

Pozicija: DPR - 125

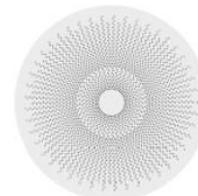
Datum: 01.06.2024

Stropni difuzor /

DPR

Odabir proizvoda

Veličina:	125
Materijal/Površinska obrada:	RAL9010
Volumni protok:	V = 50 m ³ /h
Udaljenost od zida:	x = 2 m
Udaljenost između distributera:	A = A m
Visina prostorije:	H = 2.7 m
Temperatura zraka u prostoriji:	Tp = 20 °C
Temperatura dovodnog zraka:	Tz = 19 °C

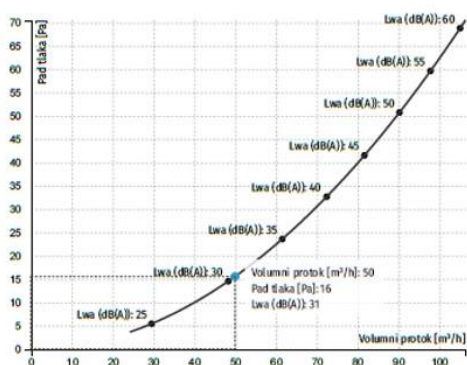
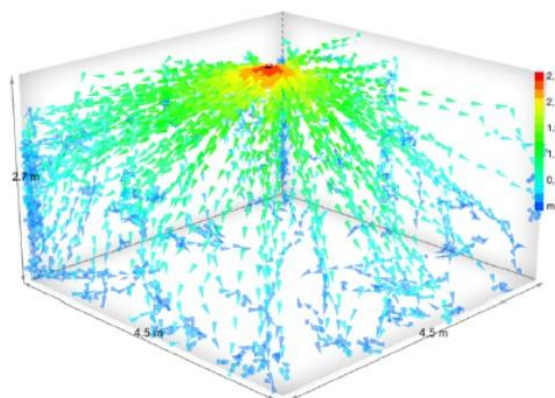


OZNAKA ZA NARUĐBU

DPR - 125

Izlazni podaci

Efektivna površina:	A _{ef} = 0.005 m ²
Efektivna brzina:	v _{ef} = 2.9 m/s
Brzina na dometu mlaza:	v _L = 0.10 m/s
Brzina između difuzora:	v _h = v _h m/s
Pad tlaka:	dp = 16 Pa
Razina zvučne snage:	L _{wa} = 31 dB(A)



Pad tlaka i razina zvučne snage

Slika 36. Prikaz odabira difuzora i simulacija zraka kod protoka od 50 m³/h [20]

Na Slici 37 prikazan je izvod iz excel programa VS Mikec d.o.o. za izračun težine i kvadrature ventilacijskih kanala. Vidljiva je detaljna specifikacija svakog elementa koji se nalazi u projektu, s njegovim dimenzijama, debljinom lima koji se koristi za njegovu izradu, jediničnom masom pojedinog komada, kao i ukupnu masu i kvadraturu za cijeli nalog projekta.

LINIJA / ETAŽA : Obiteljska kuća Varošaneć												
OKRUGLI KANALI												
RB	Poz.	Naziv	°	Dimenzije	Mat.	Duž.	Jed. masa	Kom	Ukupna masa	Spoj. kom.	Masa spoj. kom.	Izolacija
		DOBAVA ZRAKA		fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
1.		Cijev		fi 200 / fi	0,60	1,00	3,14	1	3,14	1	0,362	0,75
2.		T-komad		fi 200 / 150 fi 100	0,60	0,30	3,14	1	0,94	0	0,000	0,19
3.		Cijev		fi 100 / fi	0,60	3,00	1,63	1	4,88	3	0,543	1,13
4.		T-komad		fi 100 / 80 fi 80	0,60	0,30	1,63	1	0,49	0	0,000	0,09
5.		Koljeno	45	fi 80 / fi	0,60		0,38	2	0,76	0	0,000	0,05
6.		Cijev		fi 80 / fi	0,60	1,00	1,33	1	1,33	0	0,000	0,25
7.		Redukcija		fi 125 / 80 fi	0,60	0,30	2,00	6	3,61	0	0,000	0,71
8.		Cijev		fi 150 / fi	0,60	3,00	2,38	2	14,29	3	1,629	3,10
9.		T-komad		fi 150 / 80 fi 150	0,60	0,30	2,38	1	0,71	0	0,000	0,14
10.		T-komad		fi 150 / 80 fi 100	0,60	0,30	2,38	1	0,71	0	0,000	0,14
11.		Cijev		fi 100 / fi	0,60	3,00	1,63	1	4,88	3	0,543	1,13
12.		T-komad		fi 100 / 80 fi 80	0,60	0,30	1,63	1	0,49	0	0,000	0,09
13.		Cijev		fi 80 / fi	0,60	2,00	1,33	1	2,65	2	0,290	0,61
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
		ODSIS ZRAKA		fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
1.		Koljeno	45	fi 200 / fi	0,60		1,37	2	2,75	0	0,000	0,30
2.		T-komad		fi 200 / 150 fi 100	0,60	0,30	3,14	1	0,94	0	0,000	0,19
3.		Cijev		fi 100 / fi	0,60	3,00	1,63	1	4,88	3	0,543	1,13
4.		T-komad		fi 100 / 80 fi 80	0,60	0,30	1,63	1	0,49	0	0,000	0,09
5.		Cijev		fi 80 / fi	0,60	2,00	1,33	1	2,65	2	0,290	0,61
6.		Koljeno	45	fi 80 / fi	0,60		0,38	2	0,76	0	0,000	0,05
7.		Redukcija		fi 125 / 80 fi	0,60	0,30	2,00	6	3,61	0	0,000	0,71
8.		Cijev		fi 150 / fi	0,60	3,00	2,38	2	14,29	3	1,629	3,10
9.		T-komad		fi 150 / 80 fi 150	0,60	0,30	2,38	1	0,71	0	0,000	0,14
10.		T-komad		fi 150 / 80 fi 100	0,60	0,30	2,38	1	0,71	0	0,000	0,14
11.		Cijev		fi 80 / fi	0,60	3,00	1,33	2	7,96	3	0,869	1,67
12.		Cijev		fi 100 / fi	0,60	3,00	1,63	1	4,88	3	0,543	1,13
13.		T-komad		fi 100 / 80 fi 80	0,60	0,30	1,63	1	0,49	0	0,000	0,09
14.		Cijev		fi 80 / fi	0,60	3,00	1,33	2	7,96	3	0,869	1,67
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
		SVJEŽI ZRAK		fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
1.		Redukcija		fi 200 / 250 fi	0,60	0,30	3,14	1	0,94	0	0,000	0,19
2.		Cijev		fi 200 / fi	0,60	2,00	3,14	1	6,27	2	0,724	1,49
3.		Koljeno	90	fi 200 / fi	0,60		2,08	2	4,17	0	0,000	0,59
4.		Cijev		fi 200 / fi	0,60	1,00	3,14	1	3,14	1	0,362	0,75
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
		OTPADNI ZRAK		fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
1.		Redukcija		fi 200 / 250 fi	0,60	0,30	3,14	1	0,94	0	0,000	0,19
2.		Cijev		fi 200 / fi	0,60	3,00	3,14	1	9,41	3	1,086	2,24
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
UKUPNO:									116,85		10,28	24,86
MASA SPOJNIH KOMADA:									10,28			
UKUPNO:									127,12			
FAZONSKI												
RB	Poz.	Naziv	°	Dimenzije	Mat.	Duž.	Jed. masa	Kom	Ukupna masa	Spoj. kom.	Masa spoj. kom.	Izolacija
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
				fi / fi	0,00		0,00		0,00	0	0,000	0,00
UKUPNO:									0,00		0,00	0,00
MASA SPOJNIH KOMADA:									0,00			
UKUPNO:									0,00			
Σ = Σ R + Σ F									127,12 kg		24,86 m2	

Slika 37. Prikaz izvoda iz programa specifikacije i mase kanala

4.3. Izračun ventilacijskih gubitaka

Rezultati dobiveni u Tablici 6 prikazuju da su ventilacijski toplinski gubici na izmjeni zraka od 0,5 izmjena na sat veoma mali, ako se uzme u obzir da bi toplinski gubici prozračivanjem bez upotrebe rekuperatora zraka iznosili 1.271 W, a uz upotrebu rekuperatora s tako visokom efikasnošću koji radi povrat od 1.232 W ukupni ventilacijski toplinski gubici bili bi 39 W.

Tablica 6. Izračun ventilacijskih gubitaka za 0,5 izmjena zraka na sat [21]

Potrebni volumni protok zraka V_z				
1. KUHINJA, BLAGAVAONA I DNEVNA SOBA				
Volumen prostora	V_{p1}	[m ³]	111	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z1}	[h ⁻¹]	0,5	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z1}	[m ³ /h]	55,5	
2. DJEČJA SOBA				
Volumen prostora	V_{p2}	[m ³]	43	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z2}	[h ⁻¹]	0,5	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z2}	[m ³ /h]	21,5	
3. GARDEROBA				
Volumen prostora	V_{p3}	[m ³]	41	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z3}	[h ⁻¹]	0,5	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z3}	[m ³ /h]	20,5	
4. SPAVAĆA SOBA				
Volumen prostora	V_{p4}	[m ³]	41	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z4}	[h ⁻¹]	0,5	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z4}	[m ³ /h]	20,5	
Ukupni potrebni volumen zraka	$V_z = \Sigma(V_{zi})$, [m³/h]			118
Ventilacijski toplinski gubici				
Specifični toplinski kapacitet zraka	C_z	[Wh/kgK]	0,28055	
Gustoća zraka	ρ_z	[kg/m ³]	1,2	
Temperatura ubačenog zraka u prostoriju	$\theta_{int-ulaz}$	[°C]	19	
Unutarnja projektana temperatura	θ_{int}	[°C]	20	
Vanjska projektana temperatura	θ_e	[°C]	-13	
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ	[-]	0,94	
Ventilacijski toplinski gubici	$\Phi_{V1} = V_z \cdot C_z \cdot \rho_z \cdot (\Phi_{int-ulaz} - \Phi_e)$, [W]			1.271
Toplina dobivena procesom povrata topline	$\Phi_R = V_z \cdot C_z \cdot \rho_z \cdot (\Phi_{int} - \Phi_e) \cdot \lambda$, [W]			1.232
Ukupni ventilacijski toplinski gubici	$\Phi_V = \Phi_{V1} - \Phi_R$, [W]			39

U Tablici 7 prikazani su podaci za ukupne ventilacijske toplinske gubitke kod 1 izmjene zraka na sat i iznose 78 W. U protivnom bez upotrebe rekuperatora toplinski gubici prozračivanjem iznosili bi 2.542 W.

Tablica 7. Izračun ventilacijskih gubitaka za 1 izmjenu zraka na sat [21]

Potrebni volumni protok zraka V_z				
1. KUHINJA, BLAGAVAONA I DNEVNA SOBA				
Volumen prostora	V_{p1}	[m ³]	111	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z1}	[h ⁻¹]	1	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z1}	[m ³ /h]	111	
2. DJEČJA SOBA				
Volumen prostora	V_{p2}	[m ³]	43	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z2}	[h ⁻¹]	1	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z2}	[m ³ /h]	43	
3. GARDEROBA				
Volumen prostora	V_{p3}	[m ³]	41	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z3}	[h ⁻¹]	1	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z3}	[m ³ /h]	41	
4. SPAVAĆA SOBA				
Volumen prostora	V_{p4}	[m ³]	41	
Potrebni broj izmjena zraka	I_{z4}	[h ⁻¹]	1	
Potrebni volumni protok zraka	V_{z4}	[m ³ /h]	41	
Ukupni potrebni volumen zraka	$V_z = \Sigma(V_{zi}), [m^3/h]$			236
Ventilacijski toplinski gubici				
Specifični toplinski kapacitet zraka	C_z	[Wh/kgK]	0,28055	
Gustoća zraka	ρ_z	[kg/m ³]	1,2	
Temperatura ubačenog zraka u prostoriju	$\theta_{int-ulaz}$	[°C]	19	
Unutarnja projektna temperatura	θ_{int}	[°C]	20	
Vanjska projektna temperatura	θ_e	[°C]	-13	
Koeficijent povrata topline na rekuperatoru	λ	[-]	0,94	
Ventilacijski toplinski gubici	$\Phi_{V1} = V_z \cdot C_z \cdot \rho_z \cdot (\Phi_{int-ulaz} - \Phi_e), [W]$			2.542
Toplina dobivena procesom povrata topline	$\Phi_R = V_z \cdot C_z \cdot \rho_z \cdot (\Phi_{int} - \Phi_e) \cdot \lambda, [W]$			2.465
Ukupni ventilacijski toplinski gubici	$\Phi_V = \Phi_{V1} - \Phi_R, [W]$			78

4.4. Izračun efikasnosti rekuperatora na temelju rezultata dobivenih mjerenjem

Za mjerenje protoka zraka, temperature i ostalih parametara koristio se uređaj marke Testo tip: Testo 440dp prikazan na Slici 38. Višenamjenski kvalitetni mjerni instrument s integriranim senzorom diferencijalnog tlaka i velikim izbor mjernih sondi koje se mogu koristiti za podešavanje ventilacijskih i klimatizacijskih sustava, mjerenje razine udobnosti u prostoru i praćenje kvalitete zraka. Osim uređaja i sonde za mjerenje volumena protoka zraka korišten je i lijevak s cijevi za ispravljanje turbulencija u struji zraka [22]. Za mjerenje temperature i vlage u prostoru i vani korišten je mjerni instrument proizvođača Trotec tip: BZ05.



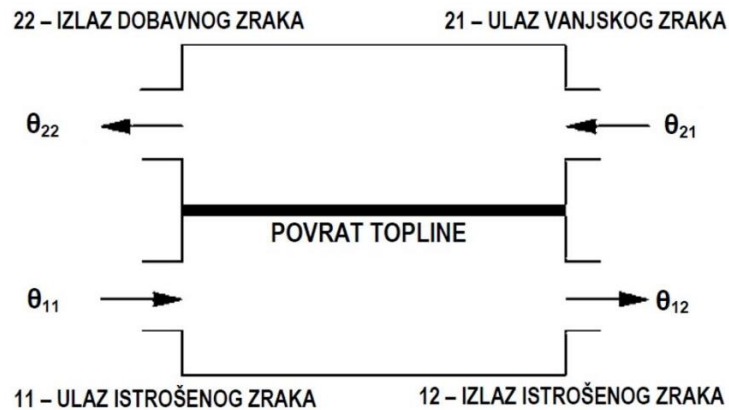
Slika 38. Prikaz mjernih instrumenata korištenih za mjerenja

U Tablici 8 prikazani su podaci dobiveni mjerenjem kroz period od nekoliko mjeseci, pri određenim vanjskim i unutarnjim temperaturama gdje se može vidjeti kakva je efikasnost rekuperatora s obzirom na parametre navedene u tablici.

Tablica 8. Izračun efikasnosti rekuperatora iz podataka dobivenih mjerenjem

Protok zraka	Zrak u prostoru		Vanjski zrak		Dobavni zrak	Efikasnost rekuperacije
	m ³ /h	°C	Relativna vlažnost %	°C	Relativna vlažnost %	°C
130	21,2	46	-8,2	86	19,7	95
200	21,2	46	-8,2	86	19,1	93
300	21,2	46	-8,2	86	18,5	91
130	21,0	40	-5,1	80	19,1	93
200	21,0	40	-5,1	80	18,6	91
300	21,0	40	-5,1	80	18,1	89
130	20,9	44	-2,8	83	19,2	93
200	20,9	44	-2,8	83	18,8	91
300	20,9	44	-2,8	83	18,3	89
130	22,0	41	0,4	79	20,2	92
200	22,0	41	0,4	79	19,7	89
300	22,0	41	0,4	79	19,3	88
130	21,5	45	1,8	82	20,0	92
200	21,5	45	1,8	82	19,6	90
300	21,5	45	1,8	82	19,2	88
130	20,5	48	2,3	75	19,2	93
200	20,5	48	2,3	75	18,8	91
300	20,5	48	2,3	75	18,5	89
130	21,3	44	3,9	71	19,9	92
200	21,3	44	3,9	71	19,5	90
300	21,3	44	3,9	71	19,2	88
130	20,8	33	5,3	65	19,8	94
200	20,8	33	5,3	65	19,5	92
300	20,8	33	5,3	65	19,1	89
130	20,9	43	12,8	68	19,7	85
200	20,9	43	12,8	68	19,6	84
300	20,9	43	12,8	68	19,5	83
130	20,5	58	15,1	98	20,4	98
200	20,5	58	15,1	98	20,3	96
300	20,5	58	15,1	98	20,0	91
130	21,3	52	16,8	69	20,0	71
200	21,3	52	16,8	69	20,0	71
300	21,3	52	16,8	69	19,9	69

Stupanj povrata topline korišten u zračnim sustavima funkcionira na način izmjene topline između dobavnog i istrošenog zraka koji prolaze kroz izmjenjivač i dolazi do prijenosa topline koju bi inače odbacili u okoliš prikazano na Slici 39. Tim se načinom smanjuju troškovi jer se vraća dio toplinske energije koja je sadržana u otpadnom zraku. Formula za izračun efikasnosti rekuperacije prikazana je u nastavku.



Slika 39. Prikaz shematskog sustava s povratom topline [1]

$$\Phi_2 = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} * 100 \text{ [%]} \quad (4.1)$$

Gdje je:

- θ_{11} – temperatura istrošenog zraka na ulazu u uređaj [°C]
- θ_{21} – temperatura vanjskog zraka na ulazu u uređaj [°C]
- θ_{22} – temperatura dobavnog zraka na izlazu iz uređaja [°C]

5. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme značajne globalne tranzicije na zelenu energiju, odnosno težnji sve većem korištenju energije iz obnovljivih izvora, više nam se ne nameće pitanje da li koristiti sustave s povratom topline ili ne, nego na koji način ih koristiti i kako s njima upravljati da bi dobili što veći povrat energije.

Kao što se kroz rad moglo vidjeti rekuperacija u obiteljskoj kući donosi mnoge prednosti u smislu povećanja energetske učinkovitosti jer se smanjuje potrošnja energije koju bi iskoristili za grijanje prostora nakon prirodnog provjetravanja dok se ti troškovi u slučaju povratka topline iz otpadnog zraka smanjuju, to za sobom povlači i smanjenje nastanka stakleničkih plinova koji bi nastali korištenjem energije za zagrijavanje čime direktno utječemo na održivost i zaštitu okoliša.

Kvaliteta zraka je također jedan od benefita koji dobivamo ugradnjom rekuperatora jer imamo stalni dotok svježeg zraka i odvod otpadnog zagađenog zraka, čime se iz prostora uklanja prašina, višak vlage, bakterije i dr., a filtracijom ulaznog zraka dobivamo svježiji zrak koji doprinosi ugodnom i zdravom okruženju što može doprinijeti zdravlju stanara.

Radom je obuhvaćena i procjena vrijednosti jedne takve investicije čime se može vidjeti da ona u startu nosi dosta velika početna ulaganja no sagledaju li se sve prednosti koje nam dugoročno nosi kroz uštedu toplinske energije za grijanje, kvalitetu zraka i toplinsku ugodnost može se reći da je to isplativa investicija.

Uređaji koji se nude na tržištu u današnje vrijeme sve su kvalitetniji u smislu efikasnosti, potrošnje električne energije, pročišćavanja zraka ali još uvijek postoji prostor za napredak, a edukacija ljudi o mogućim uštedama i važnosti kvalitete zraka prostora u kojem žive trebala bi biti veća kako bi ljudi shvatili važnost ugradnje takvog sustava i uz dodatne poticaje preko subvencija potaknuti njihovu ugradnju kako u novogradnji tako i u postojećim kućama.

Mogućnosti ugradnje i izvedbe su prilagođene svakakvim potrebama objekta bez obzira da li to bila novogradnja, gdje se odmah prilikom projektiranja kuće može planirati sustav rekuperacije zraka kao centralizirani ili decentralizirani, dok u postojećim kućama bolje prolaze decentralizirani sustavi zbog nemogućnosti ugradnje ventilacijskih kanala radi prostora koji zauzimaju. Bilo kako bilo oba sustava pridonose povećanju ugodnosti i ostvarenju ušteda.

Literatura

- [1] <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-certificirane-zgrada.pdf> (preuzeto: 2.5.2024.)
- [2] <https://tehnika.lzmk.hr/ventilacija-i-klimatizacija/> (datum pristupa: 4.5.2024.)
- [3] <https://hrcak.srce.hr/file/10526> (preuzeto: 8.5.2024.)
- [4] Donjerković, P.: Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije II dio, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1996.
- [5] <https://www.hoval.hr/proizvodi/roofvent/roofvent-rh-c-vodeni-sustav> (preuzeto: 14.5.2024.)
- [6] <https://www.proklima.hr/hr-hr/proizvodi/individualne-klima-komore> (preuzeto: 14.5.2024.)
- [7] <https://kflex.com/applications/thermal/hvacr> (preuzeto: 25.5.2024.)
- [8] <https://www.rockwool.com/hr/primjena-proizvoda/hvac/izolacija-ventilacijskih-kanala/> (preuzeto: 25.5.2024.)
- [9] <https://www.knaufinsulation-ts.com/knauf-insulation-fire-tekr-ductprotect-30-r-system> (preuzeto: 25.5.2024.)
- [10] Danon, J.: Klimatizacija principi i praksa II izdanje, Tehnička knjiga, Beograd, 1985.
- [11] https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/01_03_2008__7911_2-VZAHT-KLIM07.pdf (preuzeto: 28.5.2024.)
- [12] file:///C:/Users/Admin/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/4df0382a-c3e5-444f-a741-7fddc4657ae5/Marketing%20catalogue%20DUPLEX%20EC5%20HR_2016_01.pdf (preuzeto: 29.5.2024.)
- [13] <https://valenteshop.ru/hr/rekuperator-vozduha-v-chastnom-dome-samostoyatelnoe-izgotovlenie-i-ustanovka-rekuperator-vozduha/> (preuzeto: 29.5.2024.)
- [14] https://hvac.klimaoprema.hr/admin/repository/grilles_hr.pdf (preuzeto: 30.5.2024.)
- [15] <https://hvac.klimaoprema.hr/admin/repository/a90e1dc3c60aa43ba73e09c25a3a5ad0.pdf> (preuzeto: 30.5.2024.)
- [16] <https://hvac.klimaoprema.hr/admin/repository/c511ad086ce9b62c5ad54f76e9c15213.pdf> (preuzeto: 30.5.2024.)
- [17] <https://hvac.klimaoprema.hr/admin/repository/56bcc6d0c359f5e530249576a48081f4.pdf> (preuzeto: 30.5.2024.)

- [18] <https://atrea.eu/hr/softver/> (preuzeto: 31.5.2024.)
- [19] <https://hvac.klimaoprema.hr/index.php?prefix=element&elid=248#&tab=Calculation>
(preuzeto: 1.6.2024.)
- [20] <https://hvac.klimaoprema.hr/index.php?prefix=element&elid=300#&tab=Calculation>
(preuzeto: 1.6.2024.)
- [21] Mijović, B., Šercer, M.: vježbe Toplinske mreže, Međimursko veleučilište, Čakovec, 2024.
- [22] <https://www.testo.com/hr-HR/testo-440-dp/p/0560-4402> (preuzeto: 2.6.2024.)

Popis tablica

Tablica 1. <i>Broj izmjena zraka u jednom satu unutar prostora s obzirom na otvaranje prozora i vrata [1]</i>	4
Tablica 2. <i>Usporedba centralnog i decentraliziranog sustava klimatizacije [1]</i>	13
Tablica 3. <i>Preporučeni broj izmjena zraka po satu za prostore različitih namjena [11]</i>	19
Tablica 4. <i>Preporuka za brzine strujanja zraka na odsisnim distributerima [1]</i>	26
Tablica 5. <i>Troškovnik procijenjene vrijednosti instalacije</i>	30
Tablica 6. <i>Izračun ventilacijskih gubitaka za 0,5 izmjena zraka na sat [21]</i>	44
Tablica 7. <i>Izračun ventilacijskih gubitaka za 1 izmjenu zraka na sat [21]</i>	45
Tablica 8. <i>Izračun efikasnosti rekuperatora iz podataka dobivenih mjerenjem</i>	47

Popis slika

Slika 1. <i>Shematski prikaz ventilacije prema načinu izmjene zraka [3]</i>	3
Slika 2. <i>Strujanje zraka kroz i oko zgrade uslijed djelovanja vjetra – tlocrt [1]</i>	5
Slika 3. <i>Strujanje zraka kroz zgradu i prikaz neutralne razine tlaka kod efekta dimnjaka [1]</i>	5
Slika 4. <i>Pojednostavljeni prikaz sustava ventilacije prema tlaku u prostoru [1]</i>	6
Slika 5. <i>Pojednostavljeni prikaz centralnog sustava ventilacije s osnovnim elementima [1]</i>	8
Slika 6. <i>Prikaz modernog decentraliziranog sustava ventilacije npr. za sportsku dvoranu [5]</i>	8
Slika 7. <i>Centralni klimatizacijski uređaj s prikazom komponenti proizvođača Proklima [6]</i>	9
Slika 8. <i>Prikaz presjeka centralnog klimatizacijskog uređaja s oznakama komponenti [1]</i>	10
Slika 9. <i>Razvod izoliranih i neizoliranih ventilacijskih kanala VS Mikec d.o.o.</i>	10
Slika 10. <i>Izolacija tip K-flex za izoliranje u sustavima klimatizacije hlađenje [7]</i>	11
Slika 11. <i>Izolacija ventilacijskih kanala mineralnom vunom s aluminijskom folijom pogodno za evakuacijske puteve [8]</i>	11
Slika 12. <i>Izolacija ventilacijskih kanala Knauf Insulation Fire-teK DuctProtection 30R system protupožarnom izolacijom [9]</i>	12
Slika 13. <i>Prikaz zone boravka u prostoriji [1]</i>	14
Slika 14. <i>Prikaz ovisnosti vanjske temperature i temperature u prostoriji prema DIN 1946-dio 2[1]</i>	15
Slika 15. <i>Prikaz promjene relativne vlažnosti zraka u ovisnosti o promjeni temperature zraka u prostoriji[1]</i>	16

Slika 16. Područje toplinske ugodnosti temperature i relativne vlažnosti zraka u ljetnom i zimskom periodu[1]	17
Slika 17. Promjena brzine zraka u ovisnosti o promjeni temperature zraka[10]	18
Slika 18. Prikaz podjele sustava povrata topline[1]	20
Slika 19. Prikaz raznih izvedbi povrata topline rekuperacijom i regeneracijom[4]	21
Slika 20. Pločasti protustrujni izmjenjivač topline[12]	22
Slika 21. Kružni cirkulacijski sustav s posrednim medijem[13]	22
Slika 22. Prikaz rotacijskog regeneratora za povrat topline [1]	23
Slika 23. Ventilacijski kanali prema različitom poprečnom presjeku [VS Mikec d.o.o.]	25
Slika 24. Razni tipovi aluminijskih rešetki za unutarnju ugradnju [14]	27
Slika 25. Razni tipovi aluminijskih rešetki za vanjsku ugradnju [15]	27
Slika 26. Razni tipovi stropnih difuzora za vrtložno i horizontalno ubacivanje zraka [16]	28
Slika 27. Prikaz linijskog distributera s različitim smjerom ubacivanje zraka [17]	28
Slika 28. Prikaz filtracije s različitim vrstama filtara [1]	29
Slika 29. Prikaz tehničkih podataka rekuperatora s krivuljom performansi [18]	34
Slika 30. Prikaz tehničkih podataka o izmjenjivaču, filtraciji i Erp vrijednostima za rekuperatorsku jedinicu [18]	35
Slika 31. Prikaz dijagrama zračne strane rad zimi [18]	36
Slika 32. Prikaz dijagrama zračne strane rad ljeti [18]	37
Slika 33. Prikaz odabira prigušivača zvuka promjera 100 mm [19]	38
Slika 34. Prikaz odabira prigušivača zvuka promjera 160 mm [19]	39
Slika 35. Prikaz odabira difuzora i simulacija zraka kod protoka od 35 m ³ /h [20]	41

Slika 36. <i>Prikaz odabira difuzora i simulacija zraka kod protoka od 50 m³/h [20]</i>	42
Slika 37. <i>Prikaz izvoda iz programa specifikacije i mase kanala</i>	43
Slika 38. <i>Prikaz mjernih instrumenata korištenih za mjerenja</i>	46
Slika 39. <i>Prikaz shematskog sustava s povratom topline [1]</i>	48

Prilozi

Prilog 1: *Tehnički crtež*

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

Bana Josipa Jelačića 22/a, Čakovec

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, internetskih i drugih izvora) bez pravilnog citiranja. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom i nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, EMANUEL VAROŠANEĆ (ime i

prezime studenta) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću,

izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog rada pod naslovom

REKUPERACIJA ZRAKA U OBITELJSKOJ KUĆI U KONTEKSTU MIKROKLIMATSKE UGODNOSTI

te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:


(vlastoručni potpis)