

**MERE UNAPREĐENJA
ENERGETSKE EFIKASNOSTI
TERMOTEHNIČKIH SISTEMA**



Saržaj:

- Mere za unapređenje energetske efikasnosti tehničkih sistema
- Mogućnosti zamene energenta i korišćenja OIE
- Mere za unapređenje energetske efikasnosti sistema KGH
- Mere za unapređenje energetske efikasnosti sistema poboljšanjem sistema za regulaciju i upravljanje
- Optimizacija klimatizacionih sistema
- Primena pasivnih tehnika
- Primeri



Mere unapređenja energetske efikasnosti tehničkih sistema

Analiza mogućih mera za unapređenje energetske efikasnosti sistema uključuje analize:

- mogućnosti zamene energenta i korišćenja OIE
- poboljšanja energetske svojstava sistema za grejanje
- poboljšanja energetske svojstava sistema za hlađenje
- poboljšanja energetske svojstava sistema za klimatizaciju i ventilaciju
- poboljšanja energetske svojstava sistema za pripremu potrošne tople vode
- poboljšanja energetske svojstava sistema potrošnje električne energije – elektroinstalacija, rasveta, kućni aparati i dr.
- poboljšanja energetske svojstava specifičnih podsistema
- poboljšanja sistema regulacije i upravljanja



Mere unapređenja energetske efikasnosti tehničkih sistema

Sprovedena analiza svake od predloženih mera mora dati odgovore na sledeća pitanja:

- kolike su godišnje uštede energije i koliko je smanjenje emisije ugljen-dioksida
- koliki su investicioni troškovi, troškovi projektovanja, montaže i demontaže
- koliki je period povrata investicije
- kakva je specifikacija opreme i radova
- troškovi održavanja



Mogućnost zamene energenta ili korišćenja OIE (1)

U analizi je potrebno navesti podatke o mogućnosti zamene izvora energije i korišćenja OIE, kao što su:

- decentralizovani sistem snabdevanja energijom na bazi korišćenja OIE (biomasa, solarna energija, geotermalna energija, vetar)
- kogeneracija
- apsorpciono hlađenje
- daljinsko grejanje/hlađenje, ako postoji
- toplotne pumpe koje kao izvor toplote koriste okolinu
- prelazak na ekološki prihvatljivije gorivo



Mogućnost zamene energenta ili korišćenja OIE (2)

Zamena starih konvencionalnih kotlova koji kao gorivo koriste prirodni gas, lož-ulje ili mazut, kondenzacionim kotlom na prirodan gas:

- Energetska ušteda u odnosu na novi konvencionalni kotao istih parametara iznosi oko 10 – 15 %
- Energetska ušteda u odnosu na stari konvencionalni kotao istih parametara iznosi oko 25 - 30 %
- Ušteda u troškovima za energent se kreće i do 50 % u zavisnosti od sistema KGH koji je zastupljen u objektu
- Prosečni povraćaji investicije se kreću od 2 – 5 godina, dok je procenjeni životni vek mere za povraćaj investicije 15 – 20 godina
- Značajno se smanjuje emisija ugljen-dioksida
- Veće uštede se postižu kod niskotemperaturnih sistema grejanja



Mogućnost zamene energenta ili korišćenja OIE (3)

Zamena starih konvencionalnih kotlova koji kao gorivo koriste prirodni gas, lož-ulje ili mazut, kotlom na biomasu - pelet / briket / sečku:

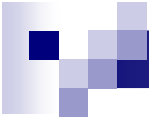
- Ušteda u troškovima za energent se kreće i do 40 % u zavisnosti od sistema KGH koji je zastupljen u objektu
- Prosečni povraćaji investicije se kreću od 2,5 – 5 godina, dok je procenjeni životni vek mere za povraćaj investicije 15 – 20 godina
- Značajno se smanjuje emisija ugljen-dioksida



Mogućnost zamene energenta ili korišćenja OIE (4)

Zamena starih kotlova koji koriste električnu energiju, toplotnom pumpom koje koriste kao izvor toplote vazduh, zemlju ili podzemnu vodu i dodatnim električnim grejačima:

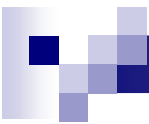
- Ušteda u troškovima za energent se kreće i do 85 % u zavisnosti od sistema KGH koji je zastupljen u objektu
- Prosečni povraćaji investicije se kreću od 10 – 20 godina u zavisnosti od sistema grejanja i tipa toplotne pumpe, dok je procenjeni životni vek mere za povraćaj investicije 20 godina
- Značajno se smanjuje emisija ugljen-dioksida



Mere unapređenja energetske efikasnosti termotehničkih sistema (1)

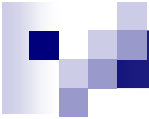
Moguće mere za unapređenje energetske efikasnosti sistema KGH mogu biti:

- Zamena standardnih kotlova niskotemperaturnim ili kondenzacionim kotlovima
- Primena niskotemperaturnih sistema grejanja
- Primena visokotemperaturnih sistema hlađenja
- Povraćaj toplote iz otpadnog vazduha u sistemima ventilacije i klimatizacije
- Prirodno provetravanje
- Priprema potrošne tople vode pomoću energije sunca
- Priprema potrošne tople vode pomoću toplotnih pumpi koje kao izvor toplote koriste toplotu otpadne vode
- Primena inverterskih uređaja za hlađenje prostora



Mere unapređenja energetske efikasnosti termotehničkih sistema (2)

- Primena toplotnih pumpi u pasivnom režimu rada za pasivno hlađenje
- Iskorišćenje otpadne toplote sa kondenzatora rashladnih agregata za zagrevanje potrošne tople vode
- Obezbediti predgrevanje vazduha u zimskom periodu za rad toplotne pumpe vazduh – voda, ukopavanjem dovodnog kanala za vazduh
- Obezbediti predgrevanje spoljnog vazduha za sagorevanje toplotom dimnih gasova ugradnjom dimljaka sa koaksijalnom cevi
- Toplotna izolacija neizolovanih delova sistema
- Domaćinsko rukovanje, upotreba i održavanje sistema za grejanje, hlađenje, ventilaciju i pripremu sanitarne tople vode



Mere za unapređenje energetske efikasnosti sistema poboljšanjem sistema za regulaciju i upravljanje

Moguće mera za unapređenje energetske efikasnosti sistema poboljšanjem sistema za regulaciju i upravljanje mogu biti:

- Ugradnja termostatskih ventila sa termoglavama
- Ugradnja sobnog termostata sa programatorom
- Ugradnja motornih ventila za regulaciju rada kotla
- Ugradnja merača utroška toplote
- Ugradnja pumpi sa promenjivim brojem obrtaja

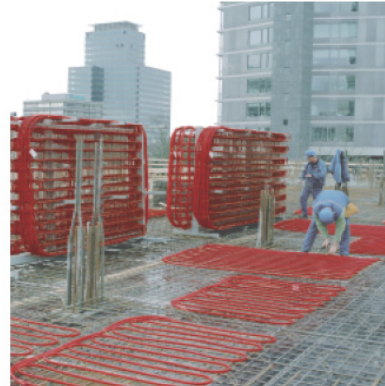
Niskotemperaturni sistemi grejanja i visokotemperaturni sistemi hlađenja (1)

■ Podno grejanje i plafonsko hlađenje

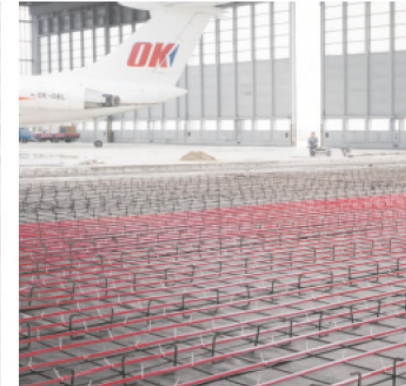
- Ravnomerna raspodela temperature
- Aktiviranje termičke mase zgrade
- Inertan sistem
- Pasivno hlađenje

■ Temperiranje betonskog jezgra

- Integrisane cevi u betonsku ploču



Temperiranje betonskog jezgra



Grejanje industrijskih površina



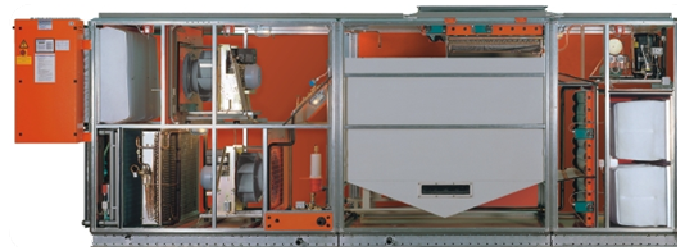
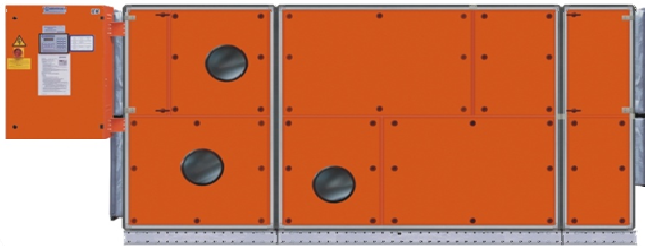
Grejanje plivajućeg poda



Grejanje travnatih površina

Niskotemperaturni sistemi grejanja i visokotemperaturni sistemi hlađenja (2)

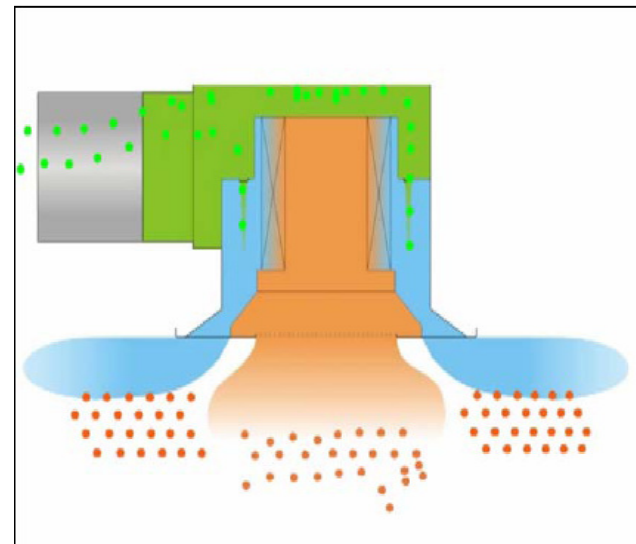
- Kombinovanje sa ventilacionim sistemom
 - Održavanje relativne vlažnosti u optimalnim granicama
 - Podmiruje vršna toplotna opterećenja leti i zimi
 - Zadovoljava potrebe za svežim vazduhom
 - Brza i laka regulacija toplotnog učinka
 - Rekuperacija toplote visokog učinka



Niskotemperaturni sistemi grejanja i visokotemperaturni sistemi hlađenja (3)

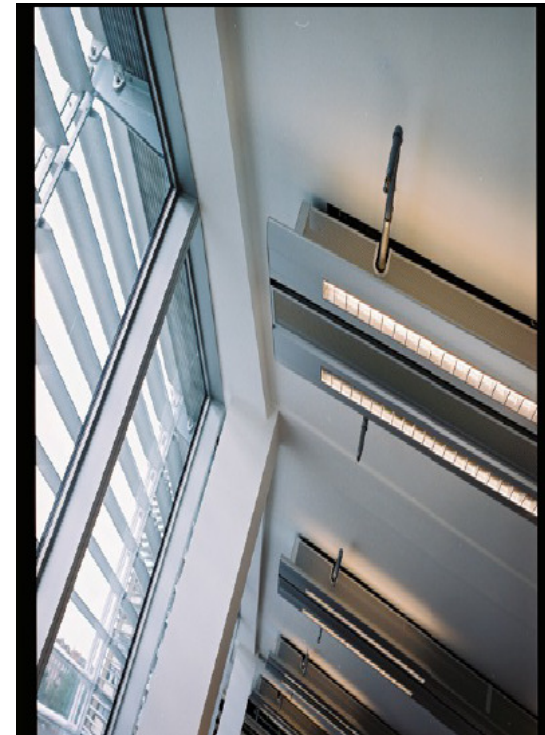
■ Pasivni rashladni sistemi i indukcioni uređaji

- Mogućnost ugradnje u postojeće objekte
- Veliki broj različitih konstrukcija
- Manji kanalski sistemi
- Manja količina pripremljenog svežeg vazduha
- Manje prostora za klima komore
- Lako održavanje
- Nema kondenzata u unutrašnjoj jedinici
- Ekonomičniji rad u odnosu na ventilator-konvektore
- Nema potrošnje struje za pogon ventilatora



Niskotemperaturni sistemi grejanja i visokotemperaturni sistemi hlađenja (4)

- Pasivni rashladni sistemi i indukcioni uređaji





Optimizacija rada klimatizacionih sistema

Neke od mera koje se mogu primeniti kod klimatizacionih postrojenja su:

- primena cirkulacionih pumpi i ventilatora sa promenljivim brojem obrtaja;
- primena efikasnih sistema za zaštitu od Sunčevog zračenja;
- korišćenje otpadne toplote vazduha, kako u letnjem tako i u zimskom režimu;
- primena indirektnog adijabatskog hlađenja;
- korišćenje otpadne toplote kondenzacije rashladnih uređaja i
- primena tehnike noćne ventilacije zgrada.



Zaštita od sunčevog zračenja (1)

Za efikasnu zaštitu od intenzivnog osvetljenja primjenjuje se:

- arhitektonska rešenja: zelenilo, tremovi, nadstrešnice, balkoni
- elementi spoljne zaštite od Sunca: pokretni i nepokretni brisoleji, spoljne žaluzine - horizontalne i vertikalne
- roletne, tende, savremena ostakljenja
- elementi unutrašnje zaštite od Sunca: roletne, žaluzine, rolo i obične zavese
- elementi unutar stakla za zaštitu od Sunca i usmeravanje svetla – hologramski elementi, reflektirajuća stakla i folije, staklene prizme i dr.
- višefunkcionalni konstruktivni elementi zgrada.

Zaštita od sunčevog zračenja (2)

Primeri spoljnih elemenata za zaštitu od Sunčevog zračenja



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



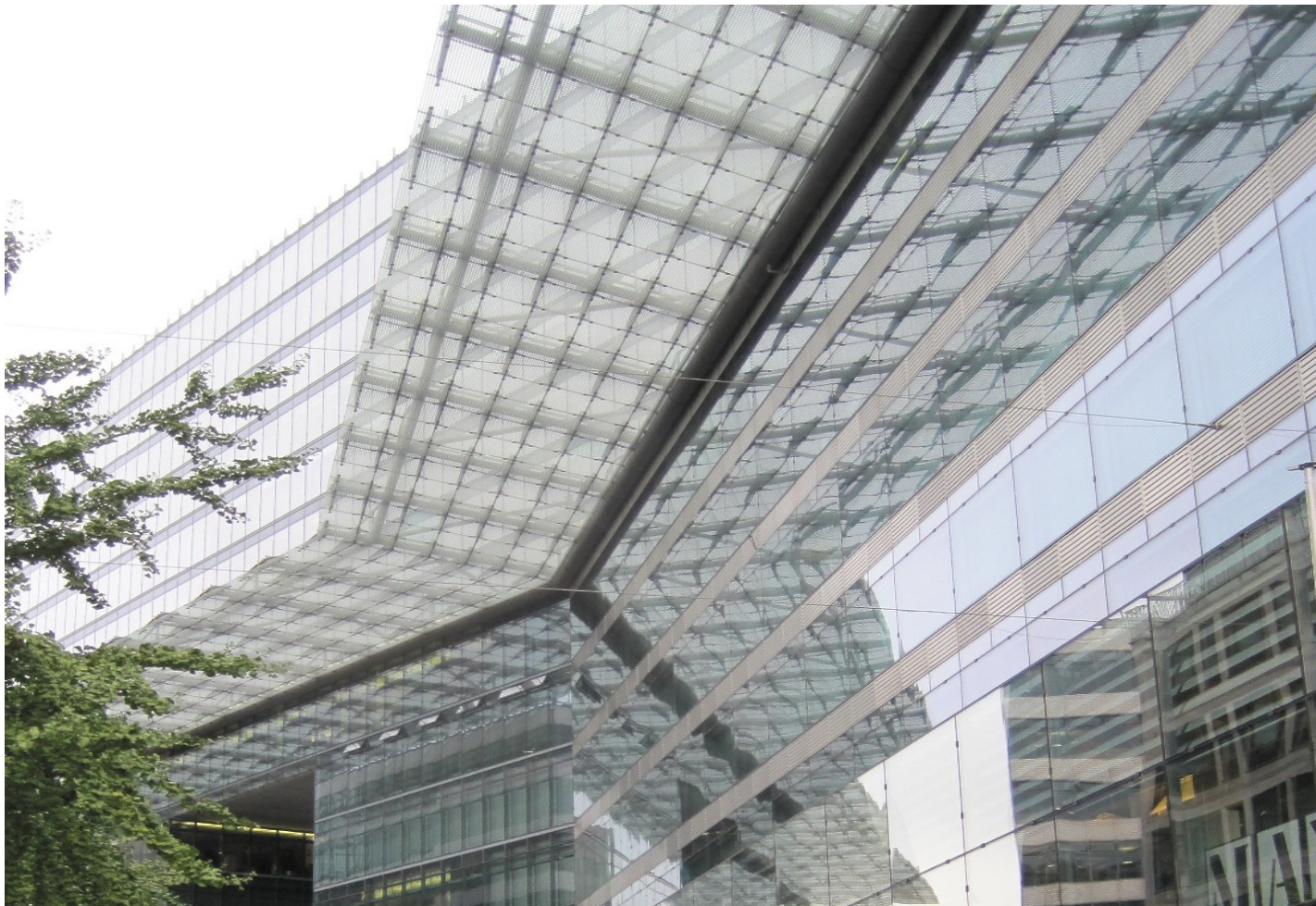
Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči



Zaštita od sunčevog zračenja - Jedna slika, hiljadu reči

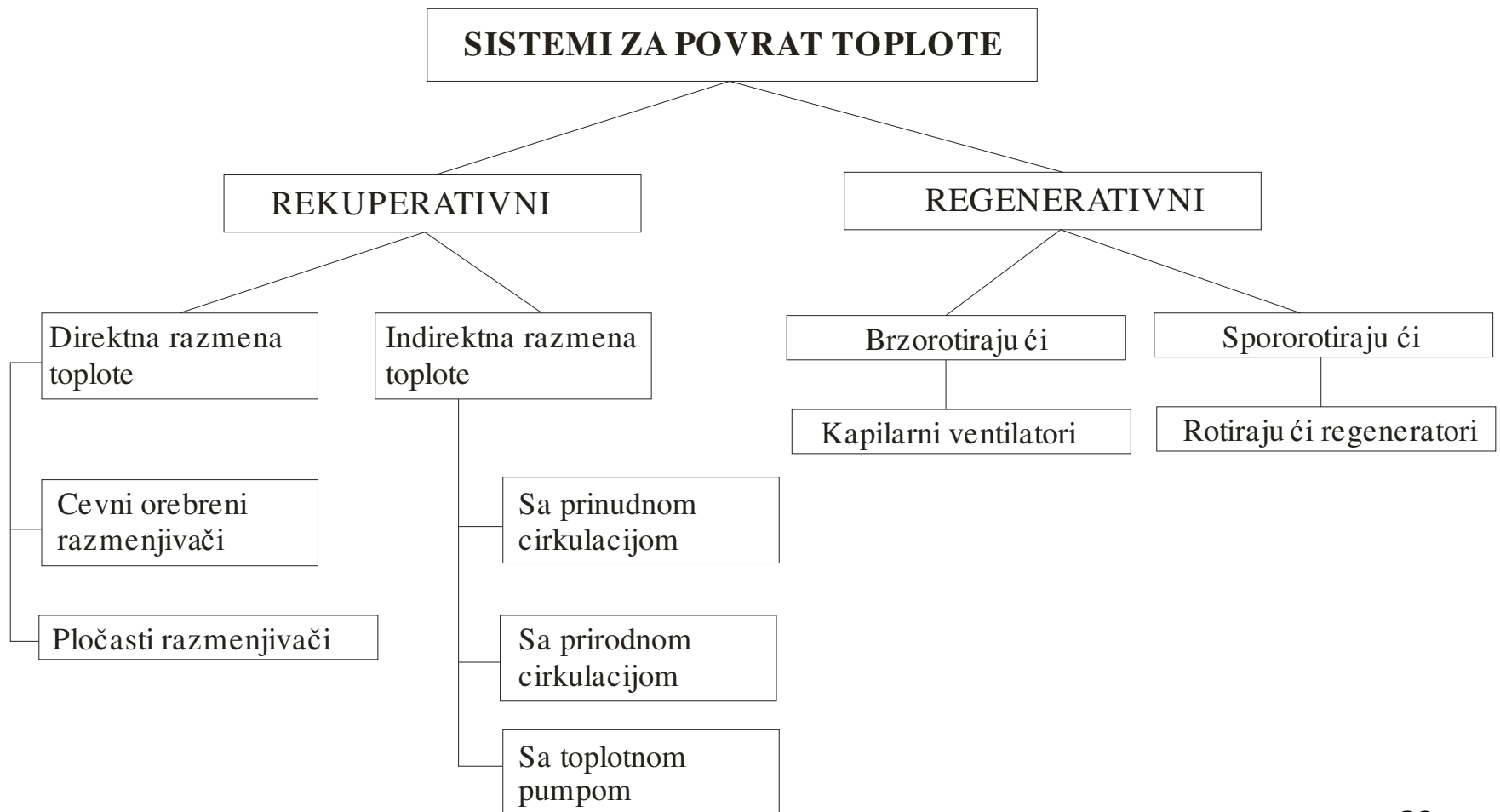




Korišćenje otpadne toplote vazduha (1)

- Generalno, povratom otpadne toplote iz otpadnih medijuma koristi se toplotna energija sadržana u njima, koja bi se inače neiskorišćena bacila u okolinu. Na taj način se smanjuju pogonski troškovi: ušteda goriva i električne energije, smanjuje se instalisana snaga i gabariti opreme i doprinosi se očuvanju životne sredine.
- Sistem povrata toplote u vazдушnim klimatizacionim sistemima funkcioniše po principu razmene toplote prilikom strujanja otpadnog i svežeg vazduha.
- Proces razmene toplote između svežeg i otpadnog vazduha može se koristiti i u letnjem i u zimskom režimu, pri čemu se leti svež vazduh predhlađuje, a zimi predgreva strujanjem kroz razmenjivač toplote. Za ocenu efikasnosti povrata toplote koriste se veličine kao što su: stepen povrata toplote, stepen povrata vlage i dodatni pad pritiska pri strujanju svežeg vazduha kroz razmenjivač toplote.

Korišćenje otpadne toplote vazduha (2)



Korišćenje otpadne toplote vazduha (3)

- Kada dolazi do razmene samo osetne toplote (u rekuperativnim razmenjivačima) onda se stepen rekuperacije može definisati preko odnosa promene temperatura vazduha koji struje kroz razmenjivač toplote, i to:

- na strani otpadnog vazduha:

$$\eta_t = \frac{\theta_C - \theta_D}{\theta_C - \theta_A}$$

- na strani svežeg vazduha:

$$\eta_t = \frac{\theta_B - \theta_A}{\theta_C - \theta_A}$$

gde su temperature vazduha:

- A – svež vazduh na ulazu u rekuperator,
- B – svež vazduh na izlazu iz rekuperatora,
- C – recirkulacioni vazduh (odvodni vazduh iz prostorije) i
- D – otpadni vazduh.

Korišćenje otpadne toplote vazduha (4)

- Kod regenerativnih razmenjivača dolazi do prenosa ukupne količine toplote – suve i latentne, tj, razmenjuje se i toplota i vlaga. Tada se stepen povrata toplote mora definisati preko odnosa promene entalpija vazduha:

- na strani otpadnog vazduha:

$$\eta = \frac{h_C - h_D}{h_C - h_A}$$

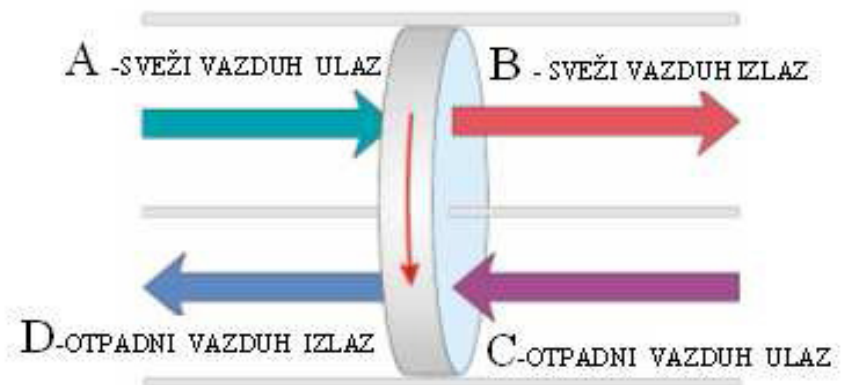
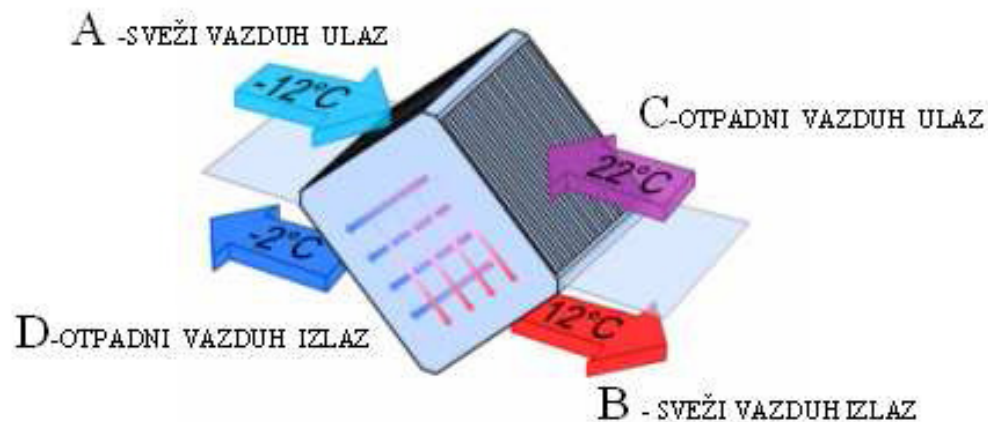
- na strani svežeg vazduha:

$$\eta = \frac{h_B - h_A}{h_C - h_A}$$

Korišćenje otpadne toplote vazduha (5)

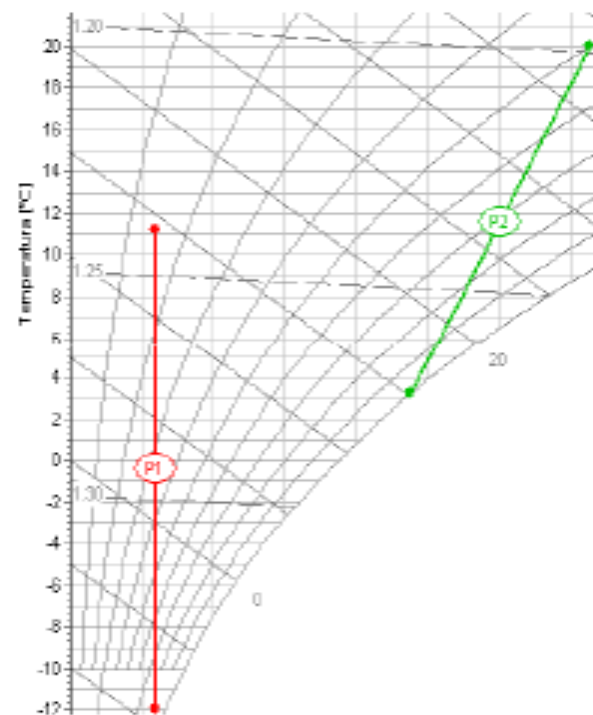
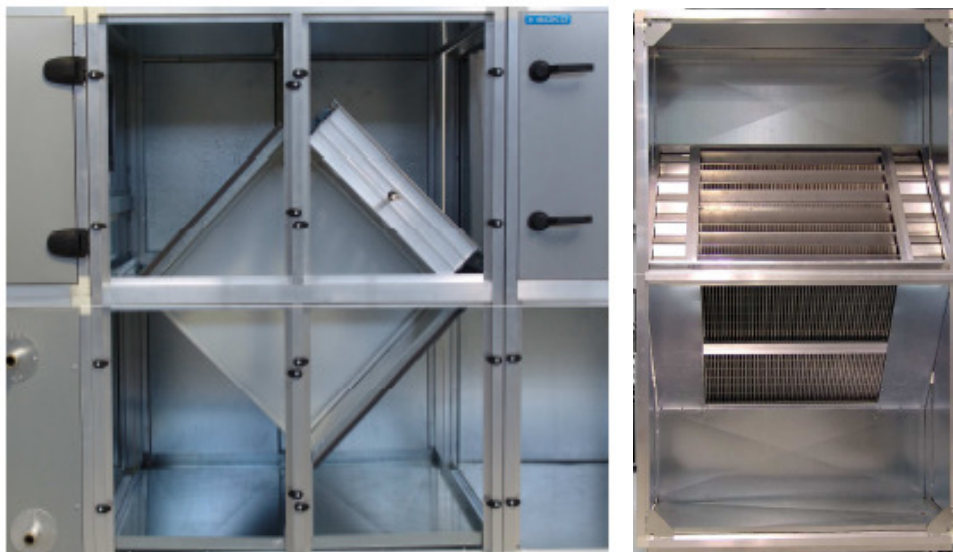
Šematski prikaz strujanja vazduha kroz:

- pločasti rekuperativni razmenjivač toplote (levo) i
- rotacioni regenerativni razmenjivač toplote (desno)



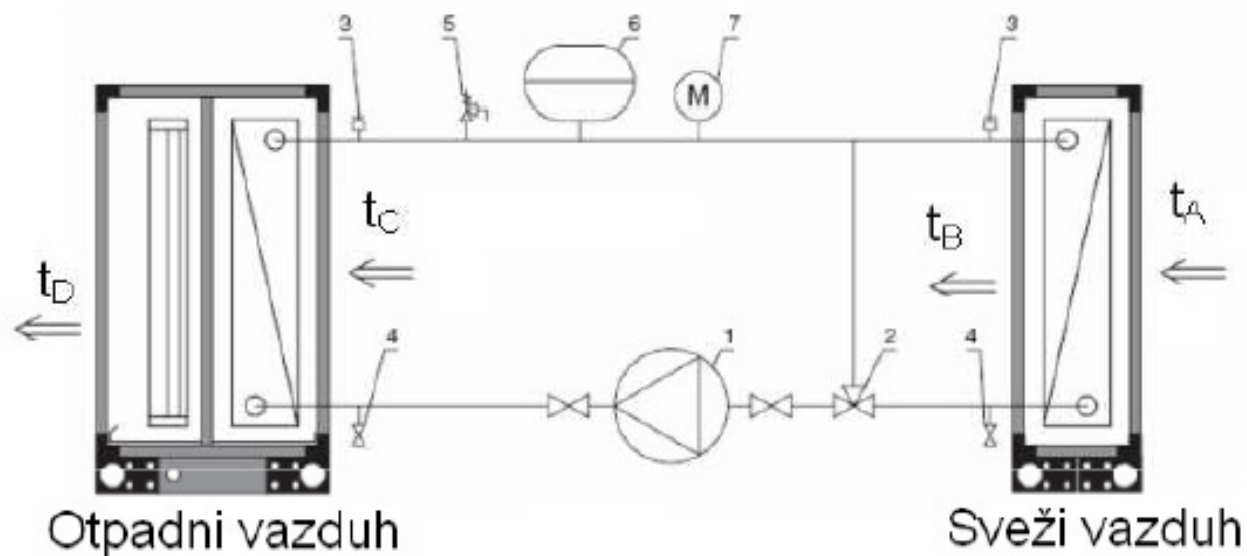
Korišćenje otpadne toplote vazduha (6)

Rekuperativni razmenjivači omogućavaju razmenu osetne toplote preko ploča ili cevi bez međusobnog dodira dve struje vazduha



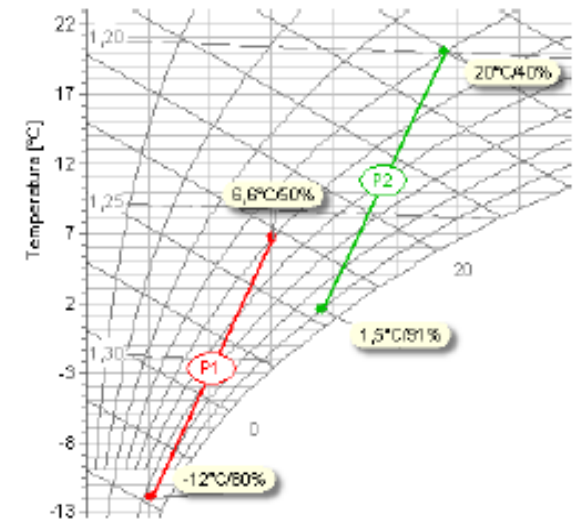
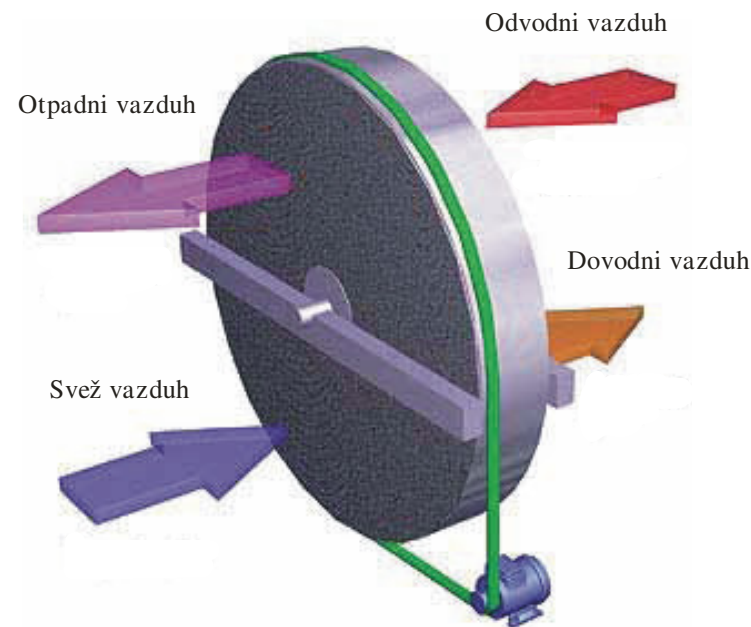
Korišćenje otpadne toplote vazduha (7)

U **indirektne rekuperatore** (sa posrednim medijumom između struja vazduha) spada zatvoreni kružni sistem sa glikolnim razmenjivačima toplote.



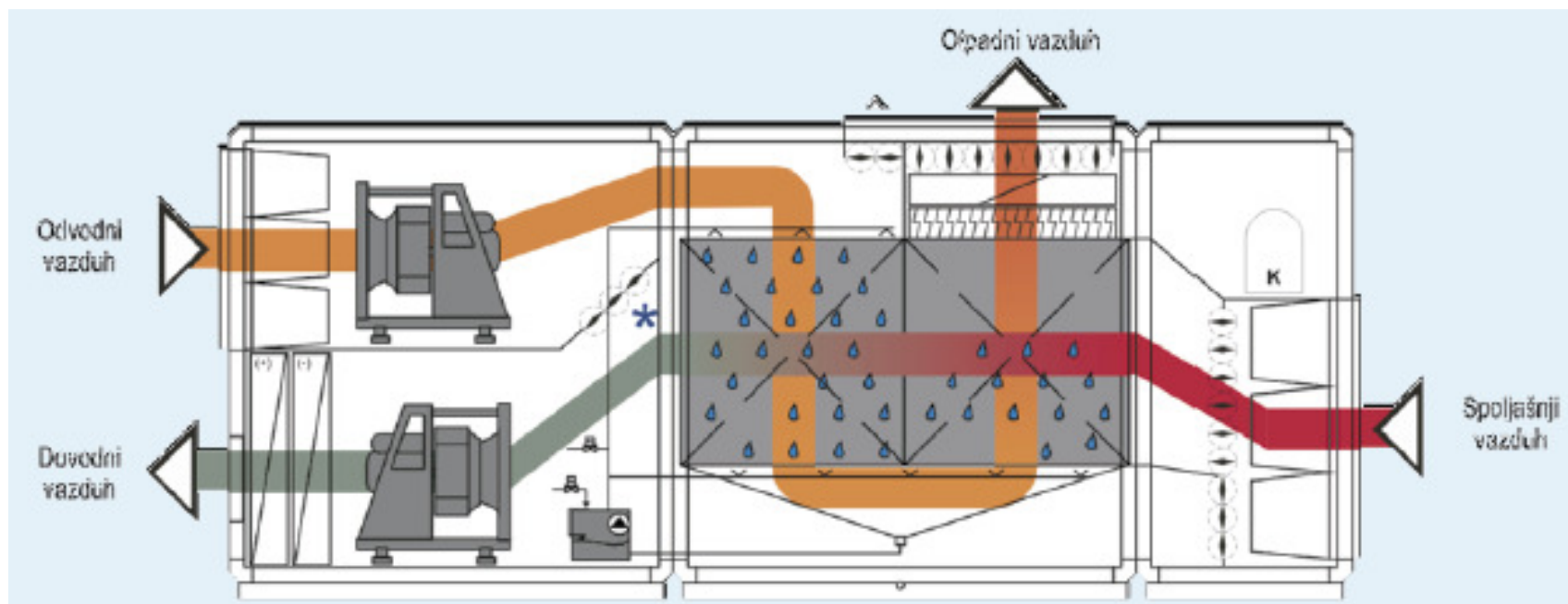
Korišćenje otpadne toplote vazduha (8)

Regenerativni razmenjivači toplote omogućavaju razmenu suve i latentne toplote na taj način što se razmena toplote odvija preko akumulacione mase, uz međusovni direktni kontakt struja vazduha.



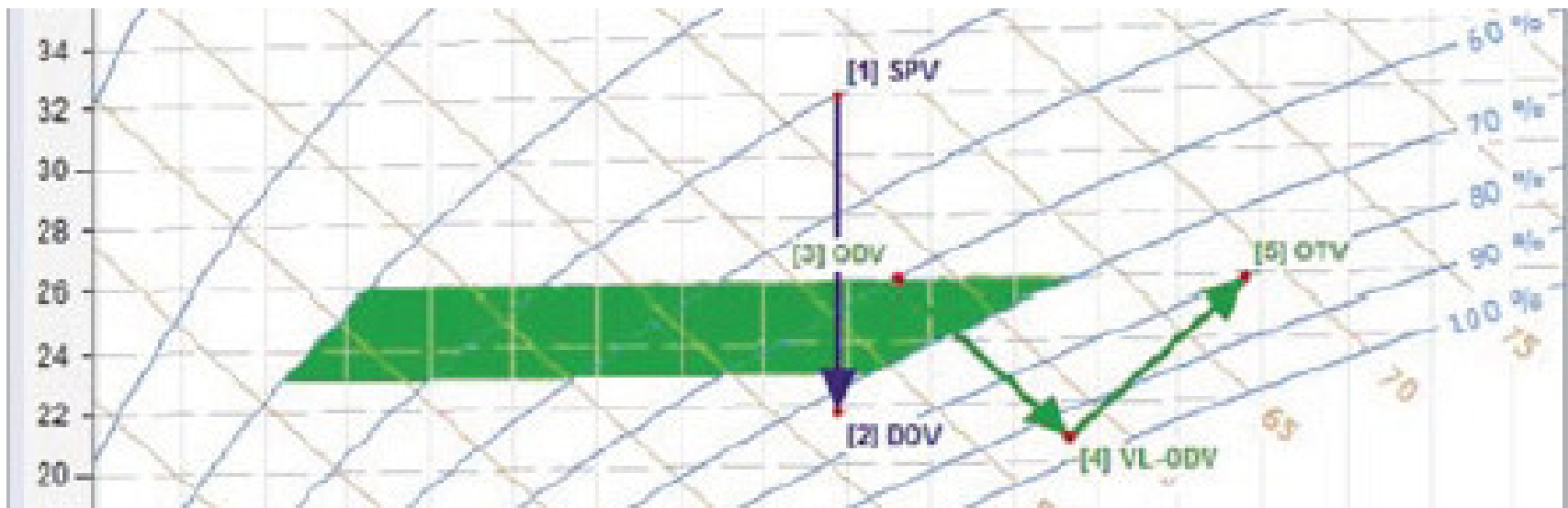
Indirektno adijabatsko hlađenje (1)

Jedna od posebnih izvedbi je postavljanje dva pločasta rekuperatora jedan iza drugog, uz raspršivanje vode sa strane otpadnog vazduha u letnjem režimu. Tako se u letnjem režimu rada korišćenjem evaporativnog hlađenja postiže stepen povrata toplote hlađenja do 90%.



Indirektno adijabatsko hlađenje (2)

Na slici je prikazan proces promene stanja vazduha u h-x dijagramu (plava linija pokazuje hlađenje svežeg vazduha, dok zelena linija prikazuje proces adijabatskog vlaženja otpadnog vazduha i njegovo zagrevanje).

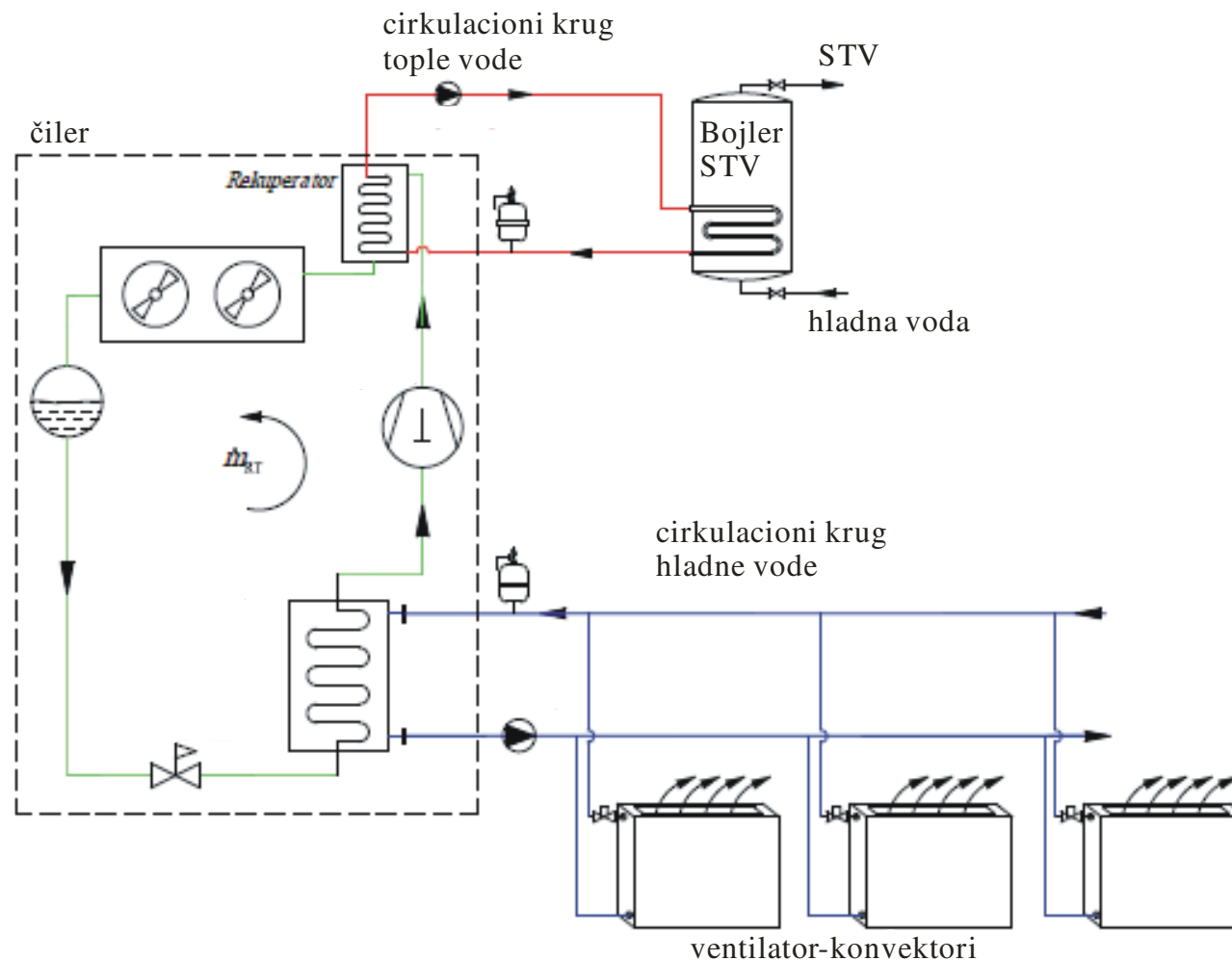




Korišćenje otpadne toplote kondenzacije (1)

- U praksi je čest slučaj da se istovremeno javlja potreba za hlađenjem i grejanjem. U takvim slučajevima je pogodno koristiti otpadnu toplotu kondenzacije za predgrevanje ili zagrevanje radnog fluida koji se koristi kao grejni fluid.
- Instalacija rashladnog sistema se može izvesti sa vodom hlađenim kondenzatorom, tako da se zagrejana voda, koja je primila toplotu kondenzacije, može direktno koristiti u zatvorenom krugu grejanja (npr. u predgrejaču ili grejaču bojlera STV).
- Ukoliko se koristi čiler za pripremu hladne vode za sistem hlađenja ili klimatizacije koji ima vazduhom hlađeni kondenzator, može se koristiti dodatni razmenjivač toplote (rekuperator vazduh - voda) za korišćenje otpadne toplote kondenzacije

Korišćenje otpadne toplote kondenzacije (2)





Primena noćne ventilacije (1)

- Hlađenje prostorija uvođenjem noćne ventilacije, tokom letnjeg perioda kada je temperatura spoljašnjeg vazduha niža od temperature vazduha u prostoriji, ključna je tehnika za smanjenje toplotnog opterećenja i eliminaciju akumulisane toplote u masi zidova prostorije.
- Energetski uticaj uvođenja noćne ventilacije ogleda se u smanjenju dnevnog toplotnog opterećenja, kao i u smanjenju dnevnog vršnog opterećenja.
- Efikasnost noćne ventilacije najviše zavisi od:
 - temperature spoljašnjeg vazduha tokom noći,
 - načina uvođenja vazduha u prostoriju (prirodna ili mehanička ventilacija),
 - količine vazduha,
 - načina strujanja vazduha u prostoriji (cirkulacijom ili prostrujavanjem – promajom),
 - mase građevinskih elemenata posmatrane prostorije.



Primena noćne ventilacije (2)

U zavisnosti od protoka vazduha koji se koristi za noćnu ventilaciju, postoje tri osnovna koncepta:

- Prirodna ventilacija tokom noći kroz otvore na fasadi objekta,
- Mehanička ventilacija korišćenjem ventilatora za ubacivanje i izvlačenje vazduha i
- Kombinovana tehnika, korišćenjem prirodne i mehaničke ventilacije.



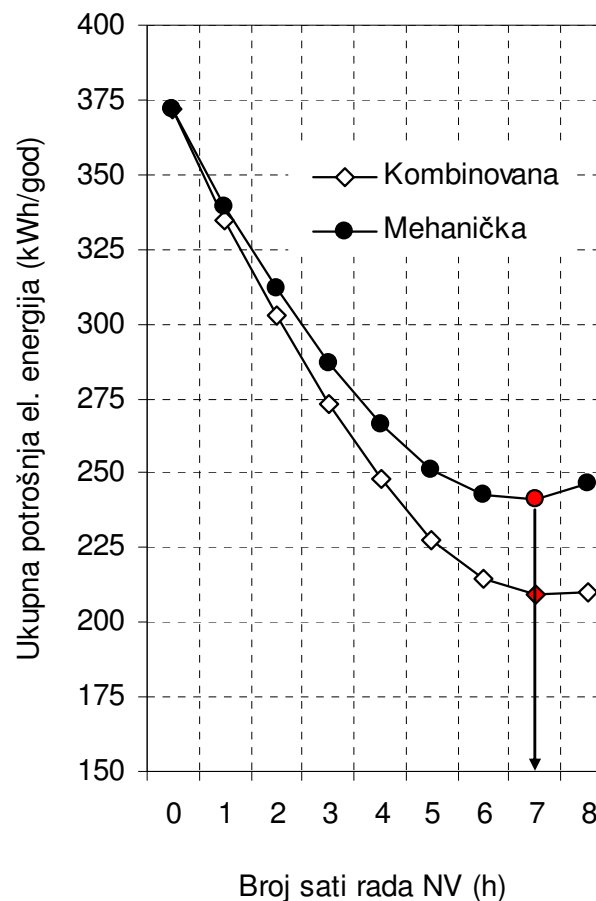
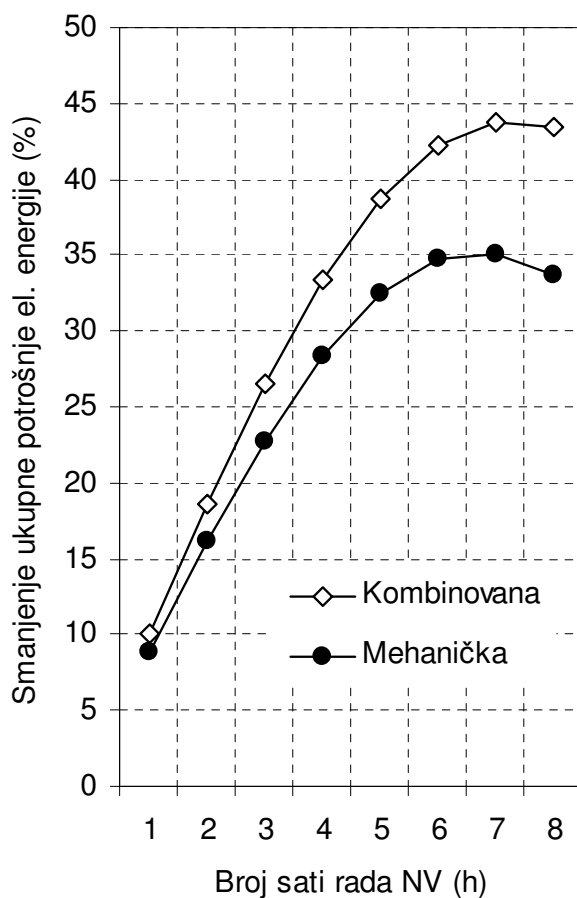
Primena noćne ventilacije (3)

Na osnovu rezultata ispitivanja primene noćne ventilacije iz raznih zemalja Evrope i Amerike, može se zaključiti sledeće:

- Primena noćne ventilacije značajno doprinosi smanjenju potrošnje energije za hlađenje poslovnih zgrada tokom dana,
- Procenat uštede koja se može postići zavisi od više uticajnih parametara (kao što su tip gradnje objekta, tehnika i dužina trajanja noćne ventilacije, protok vazduha, itd.),
- Smanjenje efikasnosti tehnike javlja se u urbanim, gusto naseljenim zonama, kao i u periodima visokih temperatura spoljašnjeg vazduha tokom noći,
- Sniženje željene temperature unutrašnjeg vazduha dovodi do smanjenja efikasnosti tehnike noćne ventilacije,
- Orijentacija prostorija u zgradi zanemarljivo utiče na efikasnost tehnike ventilacije,
- Klimatske karakteristike podneblja utiču na efikasnost tehnike noćne ventilacije,
- Uslovi za prirodnu ventilaciju nisu uvek ostvarivi i protok vazduha tokom ventilacije varira, što utiče na efikasnost tehnike,
- Potrebna su dodatna ulaganja za izvođenje efikasnih otvora za prirodnu ventilaciju.

Primena noćne ventilacije (4)

Rezultati dinamičke simulacije - uticaj dužine trajanja noćne ventilacije na smanjenje potrošnje električne energije za rad sistema :



Primena noćne ventilacije (5)

Električna energija potrebna za rad sistema troši se za pogon rashladnog agregata za eliminaciju toplotnog optrećenja i pripremu spoljnog vazduha, kao i za pogon ventilatora tokom rada klimatizacije i mehaničke noćne ventilacije :

$$P(\tau) = \int_0^{\tau} Q_{OPT}(\tau) \cdot d\tau + \int_0^{\tau} Q_{SV}(\tau) \cdot d\tau + \int_0^{\tau} p_{FAN}(\tau) \cdot d\tau$$

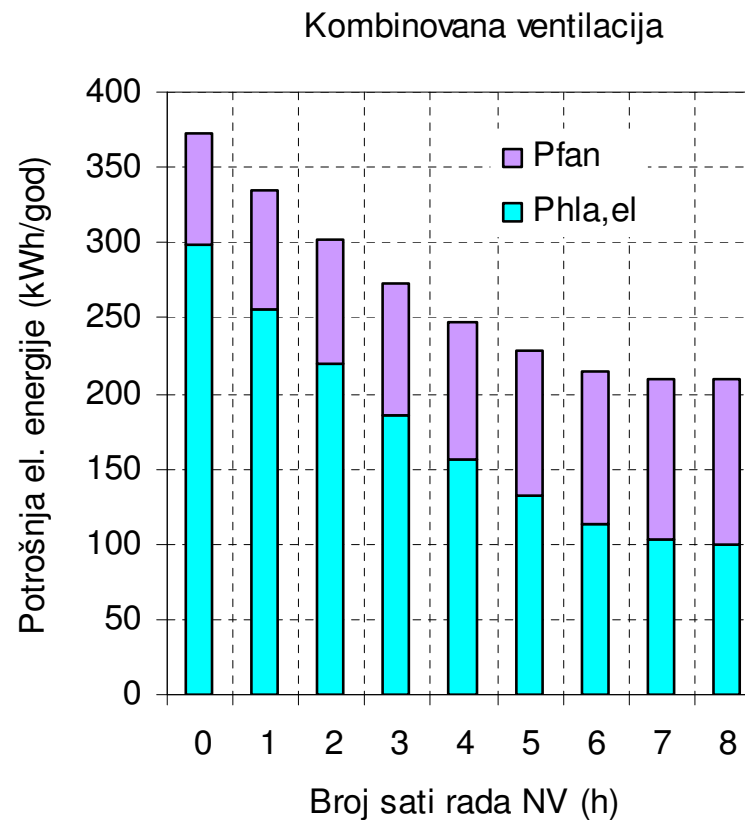
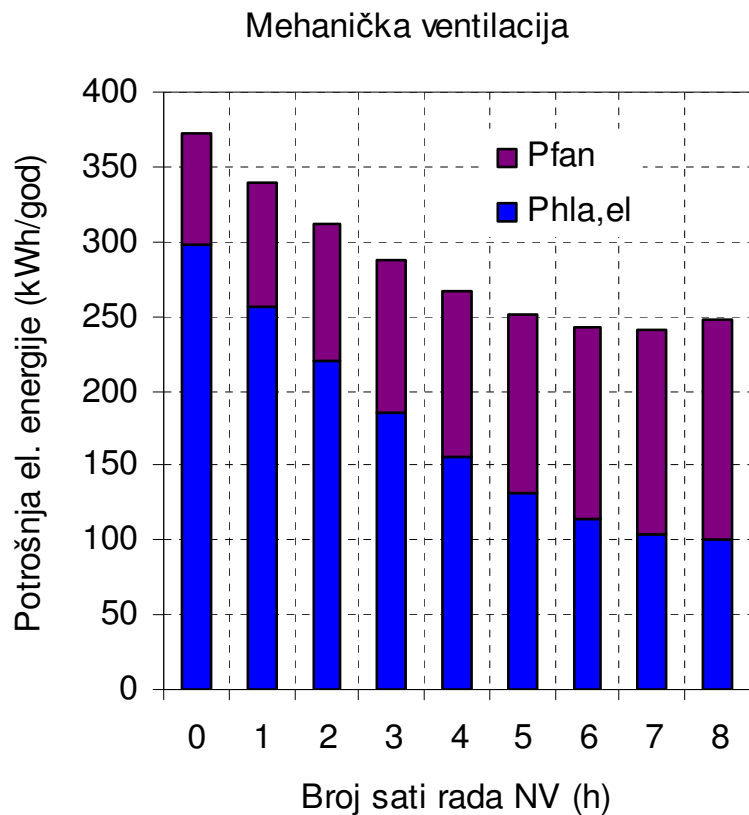
$$Q_{OPT}(\tau) = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i [t_i(\tau) - t_{UV}(\tau)] + b_{ST} Q_{SU}(\tau) \right) \cdot \frac{1}{EER}$$

$$Q_{SV}(\tau) = \left[m_{SV} \cdot \dot{V} \cdot \rho \cdot c_P \cdot (t_{SV}(\tau) - t_{UV}(\tau)) \right] \cdot \frac{1}{EER}$$

$$P_{FAN}(\tau) = p_{EL} \cdot \tau$$

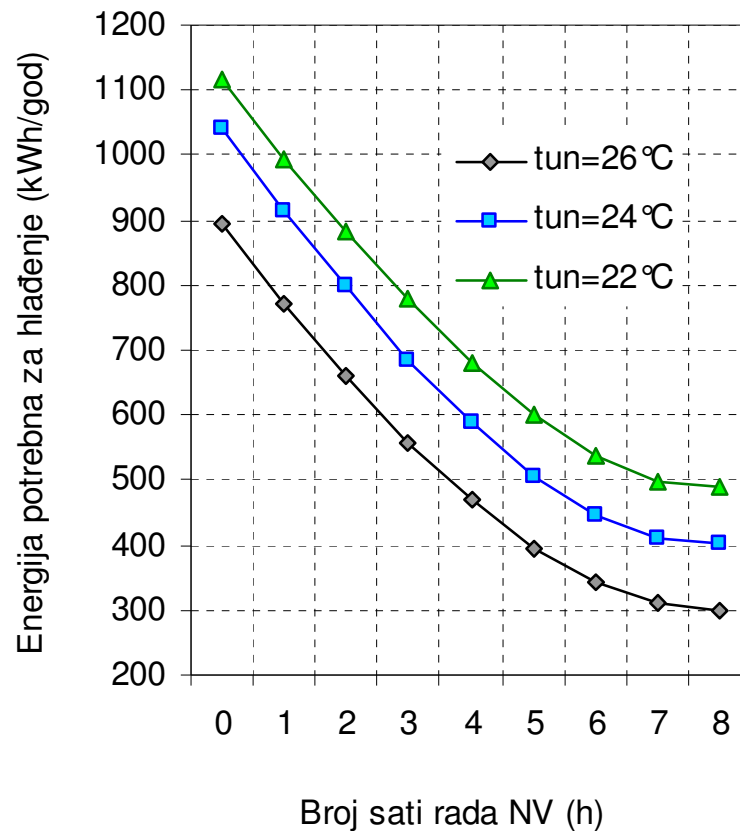
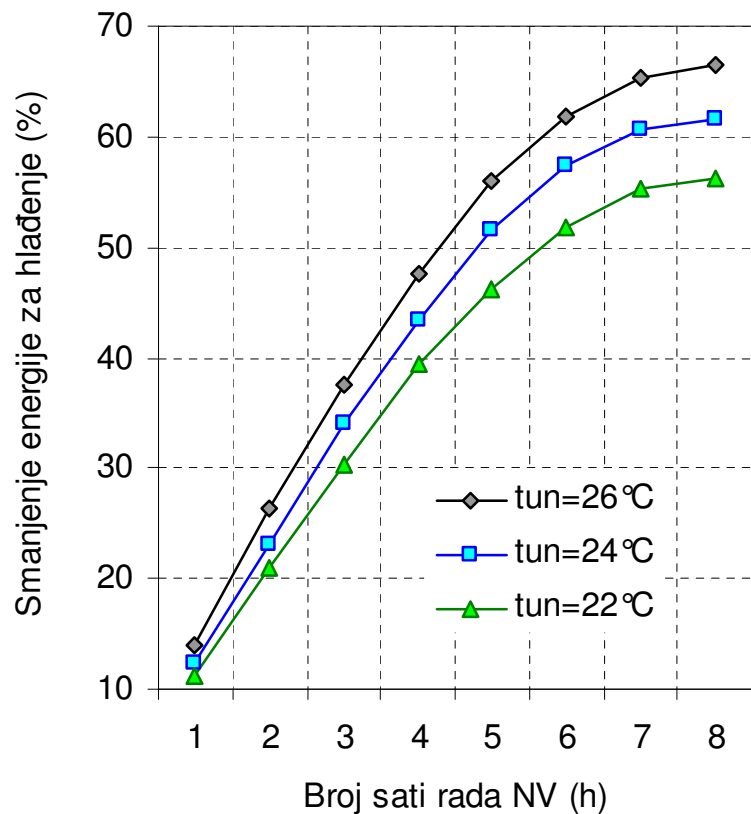
Primena noćne ventilacije (6)

Rezultati dinamičke simulacije - potrošnja električne energije potrebne za hlađenje svežeg i recirkulacionog vazduha i za pogon ventilatora u zavisnosti od dužine trajanja NV i primenjene tehnike noćne ventilacije :



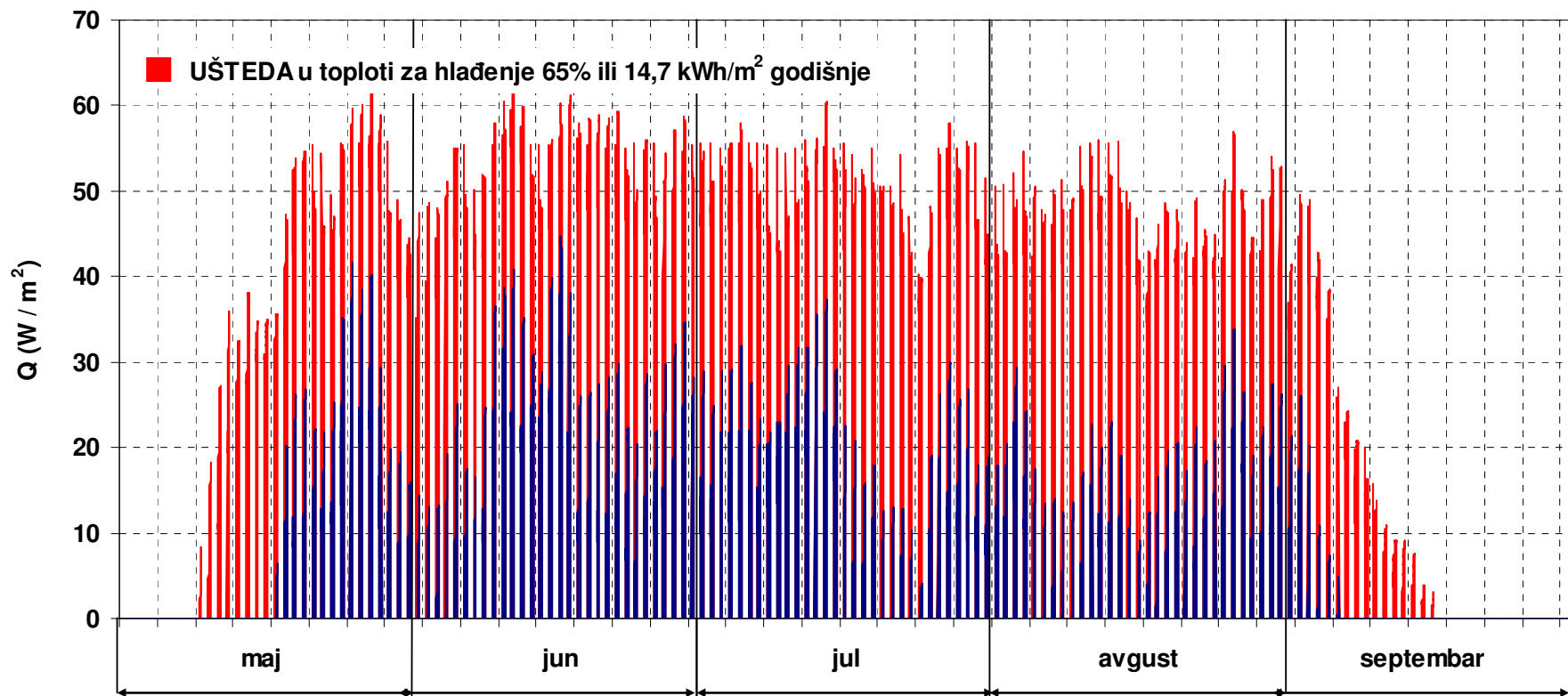
Primena noćne ventilacije (7)

Rezultati dinamičke simulacije - godišnja potrebna finalna energija za hlađenje (levo) i njeno procentualno smanjenje (desno) u funkciji broja sati rada ventilacije tokom noći i različite željene unutrašnje temperature :



Primena noćne ventilacije (8)

Rezultati dinamičke simulacije - Ušteda u finalnoj energiji za hlađenje tokom godine kada se primenjuje mehanička noćna ventilacija :



Primena noćne ventilacije (9)

Rezultati dinamičke simulacije - Vremenski vođena mehanička noćna ventilacija sa predviđanjem (dodatna ušteda iznosi 4% godišnje):

