



**Ministarstvo ekonomije / Sektor za energetske efikasnosti**

**Obuka o upravljanju energijom i  
energetskoj efikasnosti**

# **Hlađenje, ventilacija i klimatizacija (HVAC)**

Pripremljeno pod okriljem projekta  
“Tehnička pomoć za implementaciju Sporazuma o energetske zajednici”  
Projekat koji finansira EU i kojim upravlja  
**Delegacija Evropske Unije u Crnoj Gori**  
*TA-EnCT projekat implementira EXERGIA (vođa projekta), Mercados, Kantor*

## SADRŽAJ

**Strategija poboljšanja energetske efikasnosti**

**Klima uređaji**

**Kotlovi**

**Sistemi za grijanje**

**Ventilacija i rekuperacija toplote**



# Strategija poboljšanja energetske efikasnosti -1

## 1. Krenimo od početka – “domaćinski odnos prema energetske potrebama”: smanjiti opterećenja grijanja i hlađenja

- ❑ Popravite toplotnu izolaciju u zgradi, ugradite energetske prozore. Možete da ostvarite uštedu od 50% do 60% ili čak i više, u zavisnosti od postojećih uslova
- ❑ Tokom zime, dozvolite da sunce zagrije prostoriju; Tokom noći ili kada je oblačno, spustite zavjese i roletne, kako biste zadržali toplotu u kući.
- ❑ Tokom ljeta, spoljna zaštita od sunca je mnogo efikasnija od zavjesa. Ukoliko se ona ne može primijeniti, koristite zavjese svijetlih boja ili venecijanere kako bi se spriječilo da sunčevi zraci uđu u sobu. Spoljna zaštita od sunca može da uštedi od 15% do 30% ili više troškova hlađenja.
- ❑ Smanjite vazдушna strujanja oko prozora i vrata, kako biste spriječili da topao vazduh napušta prostoriju tokom zime, a hladan vazduh tokom ljeta. Konzumiranjem cigareta u prostoriji, raste potreba za ventilacijom.
- ❑ Koristite energetske uređaje i osvjetljenje, u onoj mjeri u kojoj je to potrebno. Npr. klasične sijalice emituju veliku količinu toplote, čemu je protivrjednost povećana upotrebom klima uređaja tokom ljeta. Deset klasičnih sijalica, svake jačine 100 W, proizvode istu količinu toplote kao i električni grijač jačine 1 kW (tokom zime, ovo je dobitak u toploti, ali veoma skup, kao kad koristite električne grijalice)
- ❑ Vlažnost, koju uzrokuju aktivnosti u prostoriji, u velikoj mjeri opterećuje rad sistema za grijanje i hlađenje. Vlažnost se mora otkloniti direktnim putem pomoću ventilatora za isušivanje. Kondenzacija 1 kg pare apsorbira 0.7 kWh energije.
- ❑ Koristite pasivno solarno grijanje i hlađenje (analiziraće se u jednom od narednih poglavlja) itd.



# Strategija poboljšanja energetske efikasnosti -2

## 2. Koristite energetske klima uređaje, kotlove i sisteme za grijanje

- Razmislite o zamjeni starih, neefikasnih kotlova i klima uređaja sa onima koji su energetski efikasni. Možete da uštedite 20% za grijanje i 30% ili čak i više za hlađenje.
- Primijenite regulaciju centralnih sistema prema spoljšanjih vremenskim uslovima
- Razmislite o podijeli sistema na zone sa različitim uslovima za hlađenje/grijanje (za nove sisteme ili sisteme koji su renovirani)
- Primijenite centralne, zonske i lokalne termostatske kontrole.
- Primijenite integrisani sistem upravljanja energijom u zgradama.

## 3. Primijenite preventivno održavanje

- Čistite i regulišite kotao i gorionik najmanje jednom godišnje. Ne trošite energiju bez potrebe.
- Čistite i provjeravajte sredstvo za hlađenje u klima uređajima najmanje jednom godišnje. Redovno čistite filtere, naročito u prašnjavoj, zadimljenoj sredini. U suprotnom, performanse uređaja postaju značajno lošije.
- Odmah popravite oštećenu izolaciju na cijevima i kanalima kao i curenja.



## 4. Primijenite dobra iskustva iz oblasti energije

- Snižavanjem temperature na termostatu za samo 1°C, možete da smanjite račun za grijanje do 10%. Takođe, podesite temperaturu klima uređaja na 26°C ili više tokom ljeta.
- Koristite ventilatore na plafonu tokom ljeta. Biće vam prijatno i na 29°C sobne temperature tj. + 3 °C (izračunata ušteda 28-40%)
- Radijatori, ventilator konvertori (fan coils) i unutrašnje jedinice klima uređaja, treba da omoguće slobodno strujanje vazduha. Ne zaklanjajte ih zavjesama, namještajem ili “dekorativnim” navlakama.
- Zatvorite sva vrata i prozore kada je klima uređaj uključen i ne hladite i ne zagrijevajte sobe u kojima ne boravite. Možete da ugradite jednostavan uređaj kako bi se klima uređaj isključio, kada je prozor otvoren.
- Povećajte informisanost zaposlenih o dobroj praksi - bilo bi poželjno da to uradite objašnjavajući koliko košta rasipanje energije.



## SADRŽAJ

Strategija poboljšanja energetske efikasnosti

**Klima uređaji**

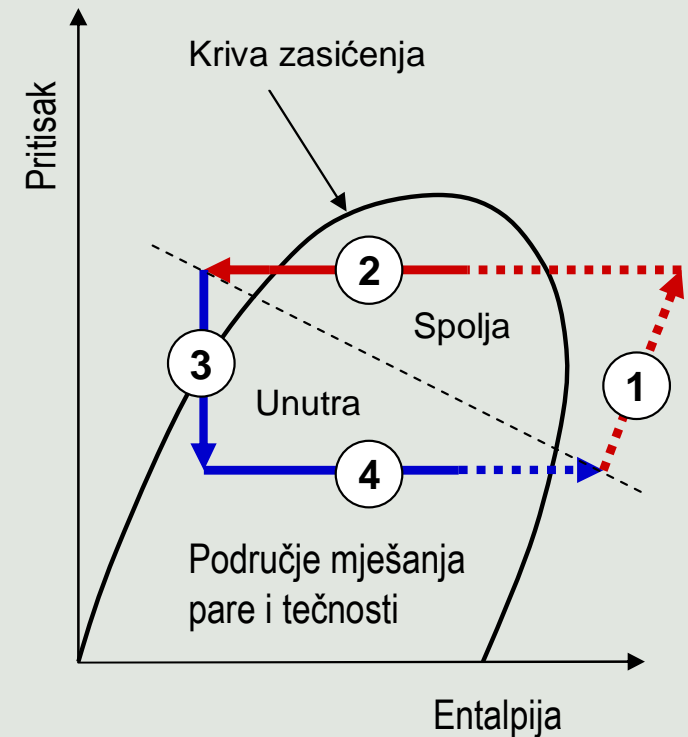
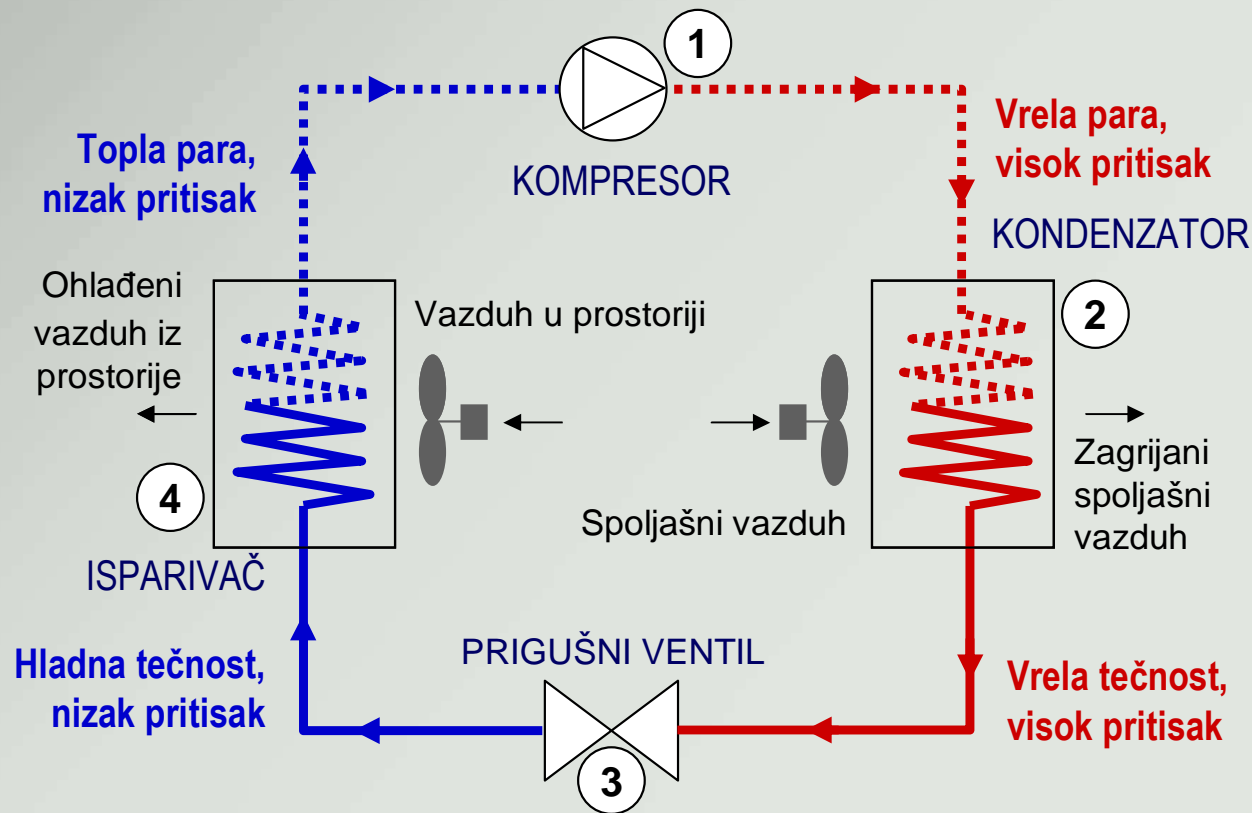
Kotlovi

Sistemi za grijanje

Ventilacija i rekuperacija toplote



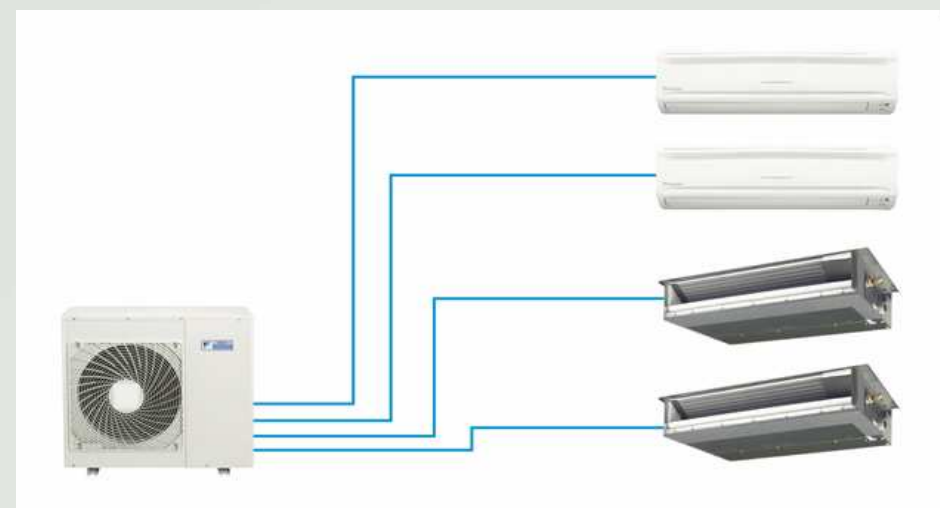
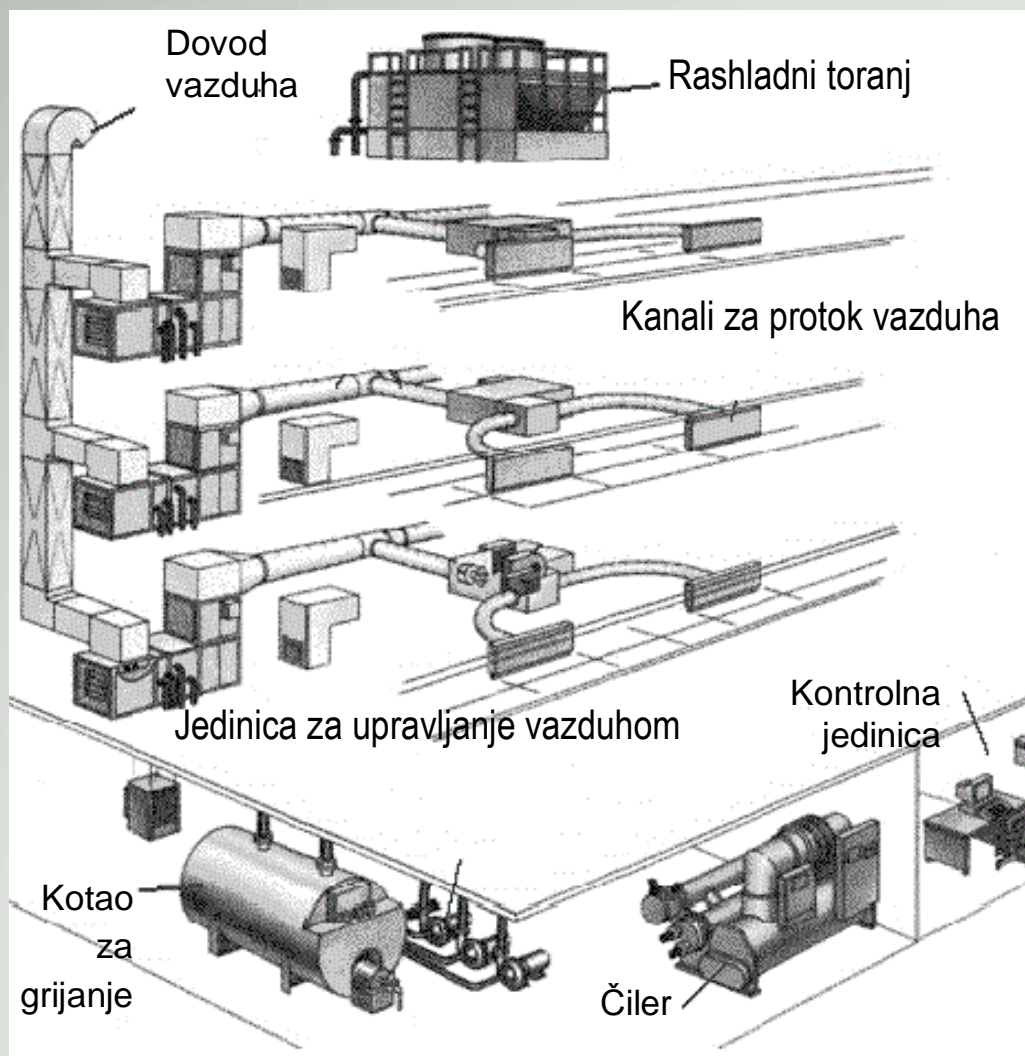
# Ciklus hlađenja – toplotna pumpa



- Energija se troši u kompresoru i u ventilatorima
- Ciklus hlađenja: pumpe uzimaju toplotu iz unutrašnjeg prostora i oslobađaju je napolje
- Ciklus grijanja (obrnuti ciklus) : pumpe uzimaju toplotu iz spoljašnjeg prostora i oslobađaju je u unutrašnji prostor (zagrijavaju prostor)

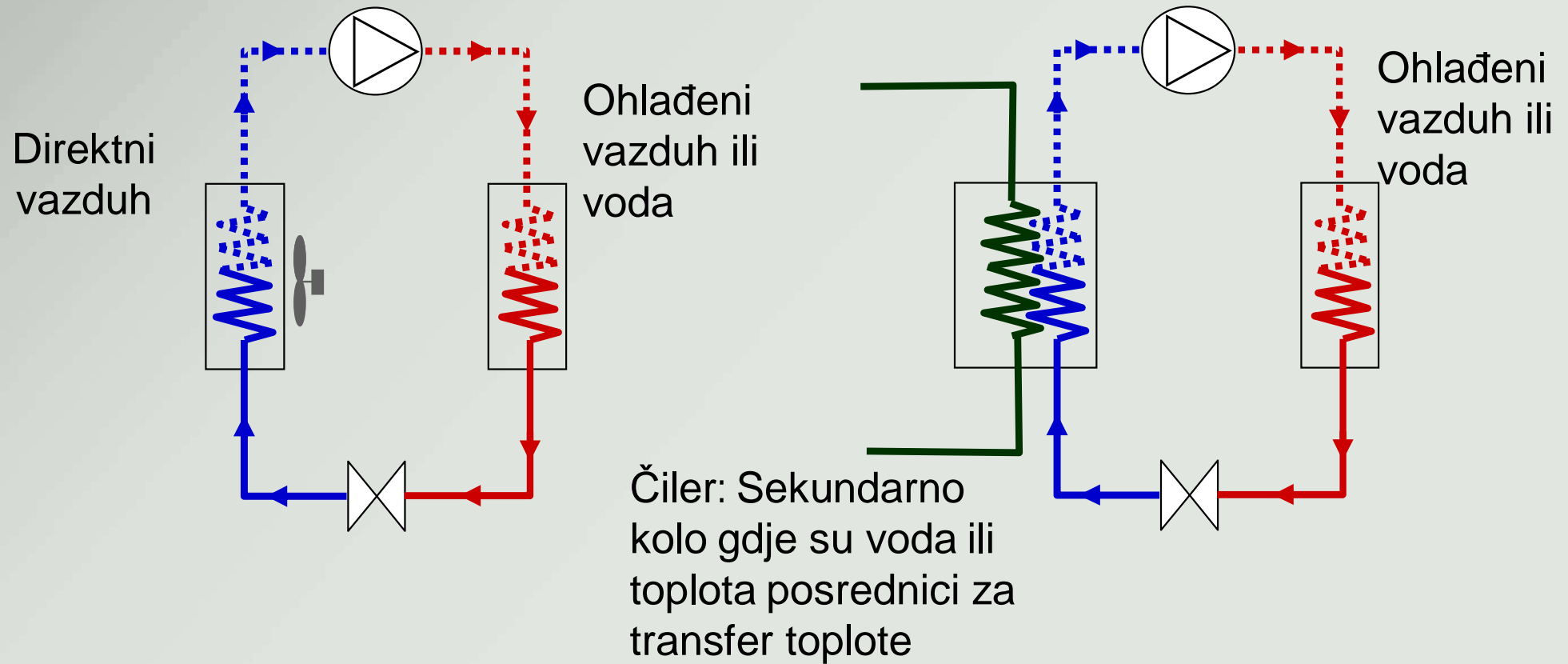


# Vrste sistema za grijanje/hlađenje



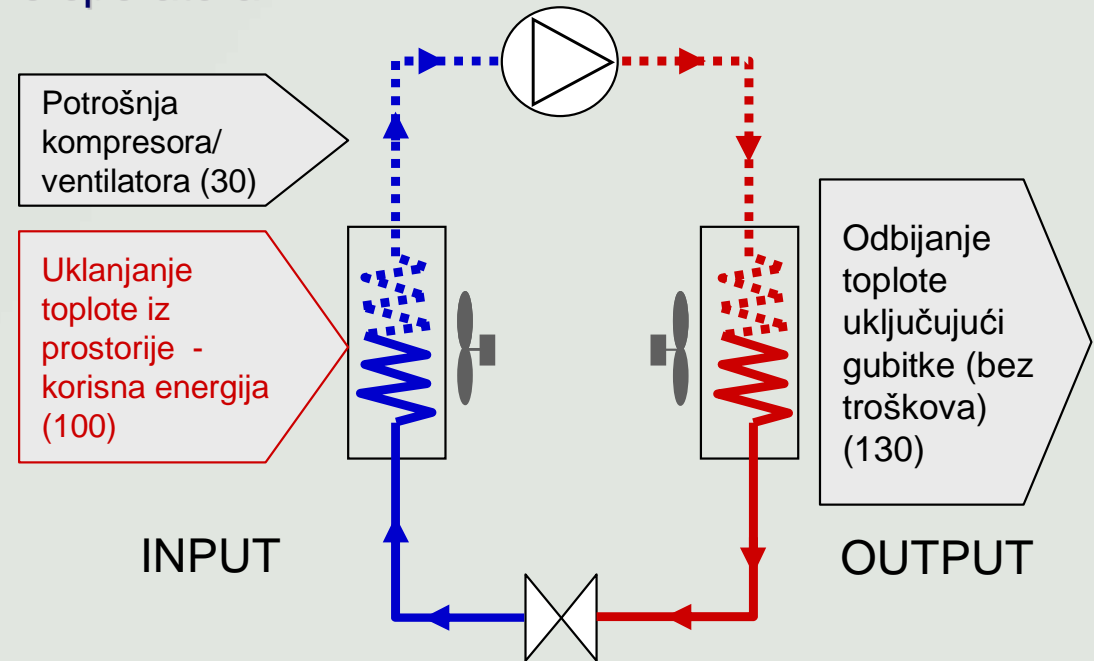
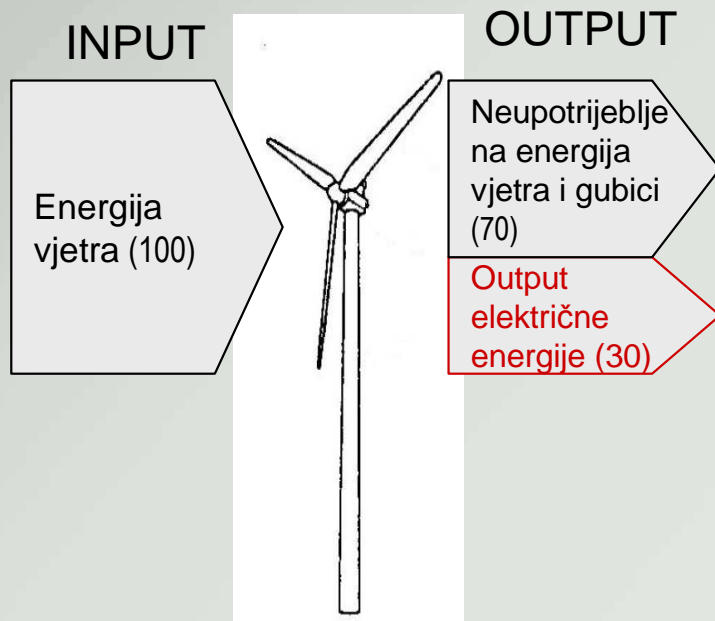


## Vrste sistema za grijanje/hlađenje - 2



# Definicije: Efikasnost nasuprot Koeficijentu korisnosti (COP)

- ❑ **Efikasnost** (<100% ) = Ukupni output korisne energije/ Ukupni energetska input
- ❑ **COP** (teoretska granica termodinamickog ciklusa)= Ukupni output korisne energije/ Energetska input od strane operatora



Efikasnost vjetrogeneratora =  $30/100 = 30\%$

Efikasnost klima uređaja =  $100/130 = 77\%$

COP vjetrogeneratora =  $30/0 = \infty$

COP klima uređaja =  $100/30 = 3,33$



# Nominalna korisnost klima uređaja

- ❑ Nominalni output **grijanja ili hlađenja** se obično izražava u BTU/sat - 1000 BTU/sat = 0,293 KW
- ❑ **COP** (Koeficijent korisnosti / Coefficient of performance) se koristi za režim grijanja.
- ❑ **EER** (Stepen energetske efikasnosti / Energy Efficiency Ratio) se koristi za režim hlađenja.

## Split i multisplit sistemi za hlađenje

### Režim hlađenja

Razred	Stepen energetske efikasnosti - EER
A	$3,20 < \text{EER}$
B	$3,00 < \text{EER} \leq 3,20$
C	$2,80 < \text{EER} \leq 3,00$
D	$2,60 < \text{EER} \leq 2,80$
E	$2,40 < \text{EER} \leq 2,60$
F	$2,20 < \text{EER} \leq 2,40$
G	$\text{EER} \leq 2,20$

### Režim grijanja

Razred	Koeficijent korisnosti - COP
A	$3,60 < \text{COP}$
B	$3,40 < \text{COP} \leq 3,60$
C	$3,20 < \text{COP} \leq 3,40$
D	$2,80 < \text{COP} \leq 3,20$
E	$2,60 < \text{COP} \leq 2,80$
F	$2,40 < \text{COP} \leq 2,60$
G	$\text{COP} \leq 2,40$

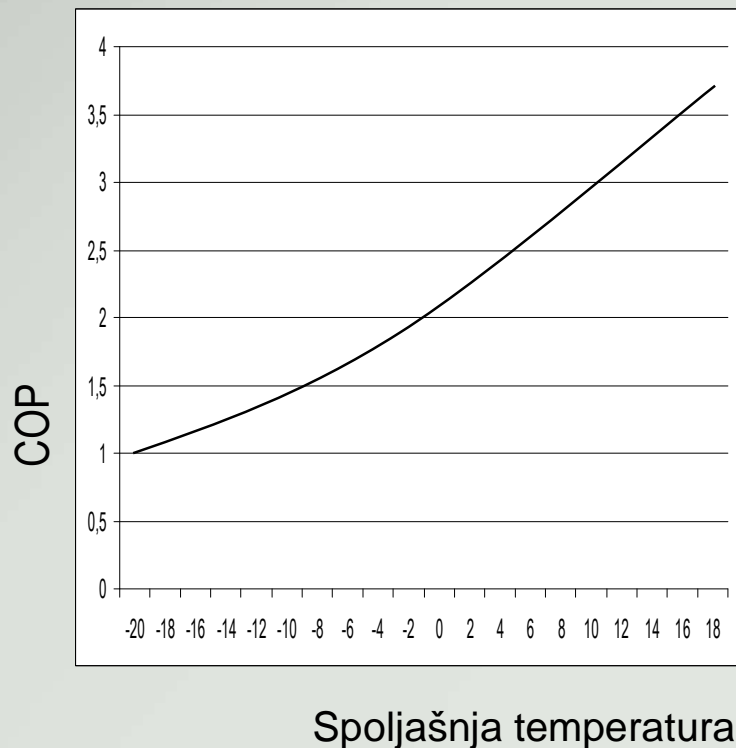
Klasifikacija korisnosti klima uređaja u skladu sa Direktivom o obaveznom obilježavanju električnih uređaja 2002/31/EC.

Korisnosti se odnose na standardne “laboratorijske”, uslove u skladu sa CEN – ISO standardima, pri nominalnom kapacitetu.

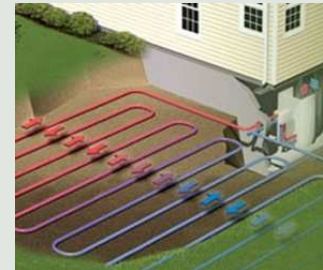
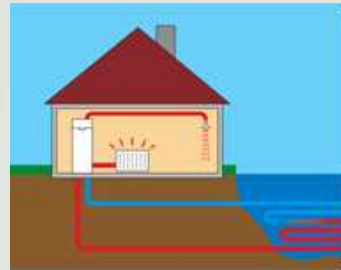


# Spoljašnja temperatura utiče na COP i EER

COP i EER su samo referentni podaci, ali pokazuju “kvalitet” i “efikasnost” uređaja. U praksi je korisnost mnogo niža, naročito kod uređaja sa niskom korisnošću. Split sistemi, stari deset godina, imaju prosječan COP 2,2 ili manji.



COP i EER značajno opadaju, kako se razlika u temperaturi između unutrašnje i spoljašnje temperature povećava.



**Vodom hladene ili geotermalne toplotne pumpe** funkcionišu na prilično stabilnoj spoljašnjoj temperaturi i imaju visoke prosječne vrijednosti COP i EER, ali su zato skuplje i složenije.



# Gubici u sistemu za klimatizaciju

- ❑ **Pad COP-a ili EER-a usljed razlike između spoljašnje i unutrašnje temperature:** obezbijedite slobodnu ventilaciju spoljašnjeg uređaja; zaštitite ga, što je više moguće, od hladnih vjetrova i direktnog uticaja sunčevog zračenja
- ❑ **Nezadovoljavajuće performanse zbog gubitka rashladnog sredstva:** provjerite jednom godišnje ili kad god je korisnost niska i dodajte sredstvo za hlađenje, ukoliko je ono potrebno.
- ❑ **Toplotni gubici u cijevima:** smanjite dužinu koliko god je to moguće; adekvatna izolacija cijevi
- ❑ **Nezadovoljavajući rad zbog otpora tečnosti u cijevima:** smanjite dužinu, koliko god je to moguće; odgovarajući prečnik cijevi; provjerite specifikacije proizvođača koje se odnose na maksimalnu daljinu koja je dozvoljena – ne preopterećujte kompresor.
- ❑ **Korišćenje energije protiv smrzavanja :** savremeni klima uređaji imaju funkciju protiv smrzavanja; Klima uređaji imaju obrnut ciklus tokom zime, kako bi otopili nakupljeni led. Led na spoljašnjoj jedinici u značajnoj mjeri smanjuje performanse uređaja.
- ❑ **Gubici zbog zaprljanih filtera/ površina za razmjenu toplote:** očistite ih
- ❑ **Gubici zbog djelimičnih opterećenja:** Inverteri (frekventni regulatori) omogućavaju bolju kontrolu temperature i smanjuju potrošnju energije, u poređenju sa on-off kontrolom uključivanja i isključivanja uređaja (pogledati relevantan odjeljak). Inverteri se mogu koristiti i za kontrolu vazduha ili protoka vode u velikim sistemima.



# Klima uređaji kao izvori grijanja u područjima sa hladnom klimom

## Pretpostavke / proračuni:

- ❑ Projektovana temperatura: -24 °C (Pljevlja)
- ❑ Maksimalni (projektovani) gubici toplote u stanu sa dobrom izolacijom, površine 65 m<sup>2</sup>, su: 7,7 kW
- ❑ COP na -24°C = 1
- ❑ Snaga motora klima uređaja za pokrivanje opterećenja: 7,7 kW
- ❑ Nominalna snaga of A/C = 7,7kW \* 3,8 nominalni COP = 29,3 kW = 100.000 BTU/h ili  
9 klima uređaja sa 11.000 BTU/h pojedinačno

**U područjima sa hladnom klimom, klima uređaji ne mogu biti jedini izvori toplote**



# Sadržaj prezentacije

- SADRŽAJ
- Strategija poboljšanja EE
- Sistemi za klimatizaciju
- **Kotlovi**
- Sagorijevanje biomase
- Sistemi za grijanje
- Ventilacija i rekuperacija toplote



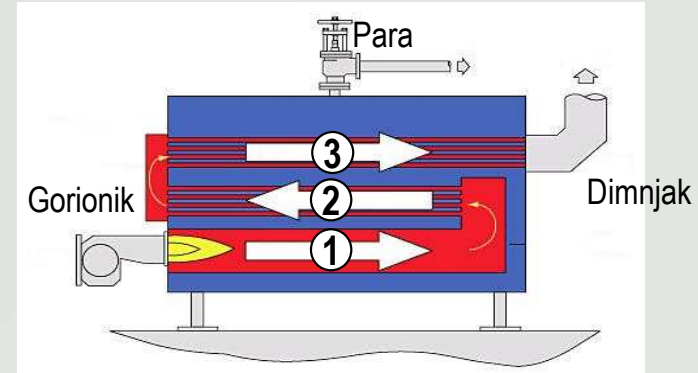
# Vrste kotlova



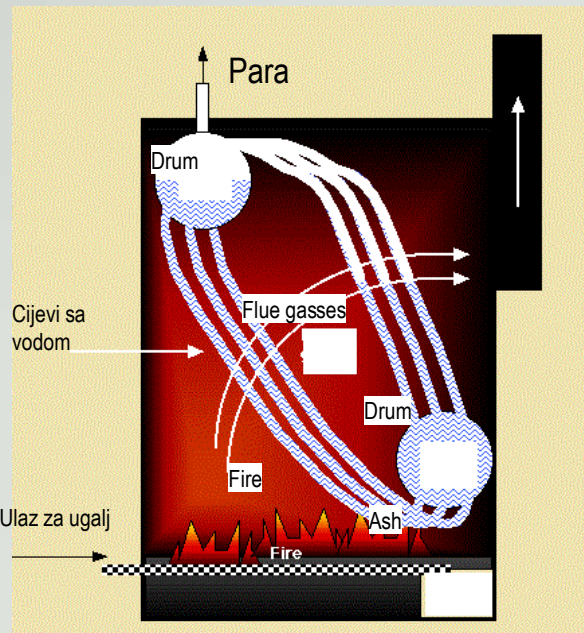
Tipični kotao na lož ulje ili gas sa gorionikom



Vatrocijevni kotao (dimni gasovi prolaze kroz cijevi)



Vatrocijevni kotao sa tri prolaska gasova



← Vodocijevni kotao (uglavnom za proizvodnju pare za veće instalacije)





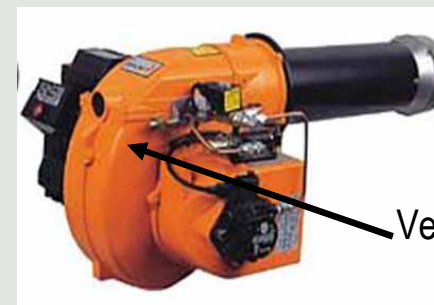
# Vrste gorionika



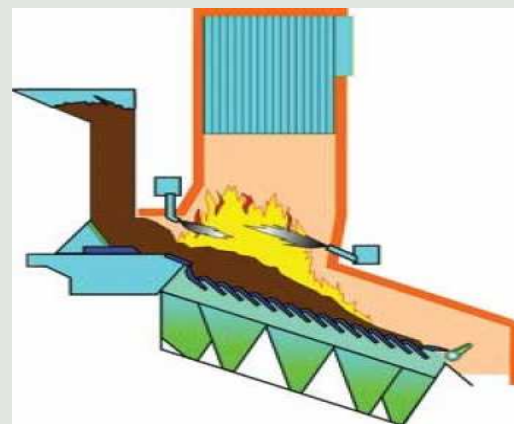
Gorionik za ugljeni prah



Gorionik za TNG



Gorionik za lož ulje



Rešetkaste spalionice za čvrsta goriva



# Konvencionalna goriva



## Teško lož ulje – mazut

Neto toplotna vrijednost: 11,05 -11,41 kWh/kg

Sadržaj sumpora: 1-3,5%

CO2 emisije: 3091-3175 g/kg

Potrebno je prethodno zagrijati u zimskom periodu

Sumporna kiselina se može kondenzovati na

temperaturi za dimne gasove <180°C

Nije preporučljiva upotreba u gradovima



## Lako lož ulje

Neto toplotna vrijednost: 11,75kWh/kg

(dizel gorivo za vozila 11,92 kWh/kg)

Gustina: oko 0,85 kg/l

Sadržaj sumpora: nizak

CO2 emisije: 3142 g/kg

Sumporna kiselina se može kondenzovati

na temperaturi dimnih gasova <180°C



## Propan/Butan - TNG

Neto toplotna vrijednost: 12,78 kWh/kg

Sadržaj sumpora : 0%

CO2 emisije: 3030 g/kg



## Ugali

Neto toplotna vrijednost

Sumani I: 2,538 kWh/kg

Ljuce II: 1,548 kWh/kg

Potrlica: 3,004 kWh/kg

Petnjik: 3,619 kWh/kg

Ostale karakteristike zavise od vrste

uglja



# Osnove procesa sagorijevanja



**Stehiometrijske jednačine potpunog sagorijevanja komponenti** sa vazduhom:



Najmanja moguća količina vazduha (kiseonika) koja je potrebna za potpuno sagorijevanje određena je količinom ugljenika i kiseonika u datom gorivu.

Maksimalna količina  $\text{CO}_2$  u dimnim gasovima određena je količinom ugljenika u datom gorivu.

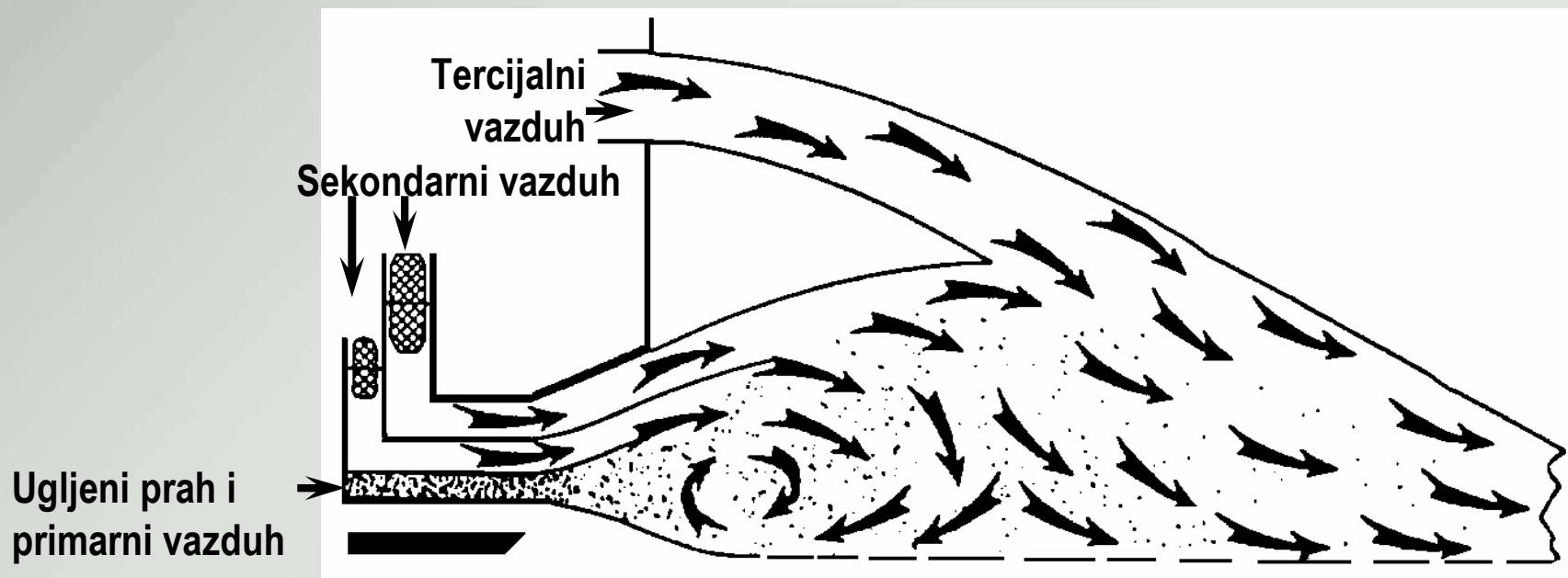
Bilo kakvo prisustvo kiseonika u dimnim gasovima (ili smanjen  $\text{CO}_2$ ) znači:

- Sagorijevanje sa viškom kiseonika (više nego dovoljno za potpuno sagorijevanje)
- Nepotpuno sagorijevanje, ili
- Oboje

Nepotpuno sagorijevanje:  $3 \text{C} + \frac{3}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{C (nesagoreni)} + \text{CO (otrovan)} + \text{CO}_2 + \text{manje toplote}$



## Nešto viška vazduha potrebno je da bi se dobilo adekvatno sagorijevanje



Miješanje u gorioniku za uglj radi niskih emisija NO<sub>x</sub> – višak vazduha je potreban za dobar proces sagorijevanja uglja



# Gubici u kotlu – toplotne vrijednosti

## Ostali gubici:

Gubici kod nepotpunog sagorijevanja  
Gubici kod pokretanja pogona i sl.

## Za parne kotlove:

Gubici usljed curenja pare  
Blow-down gubici – gubici usljed fizičke toplote rastvorenih materija (odvođenje rastvorenih materija u tečnom stanju)

Gubici dimnih gasova (suva osnova) – kod izduvnih gasova

Gubici prilikom kondenzacije

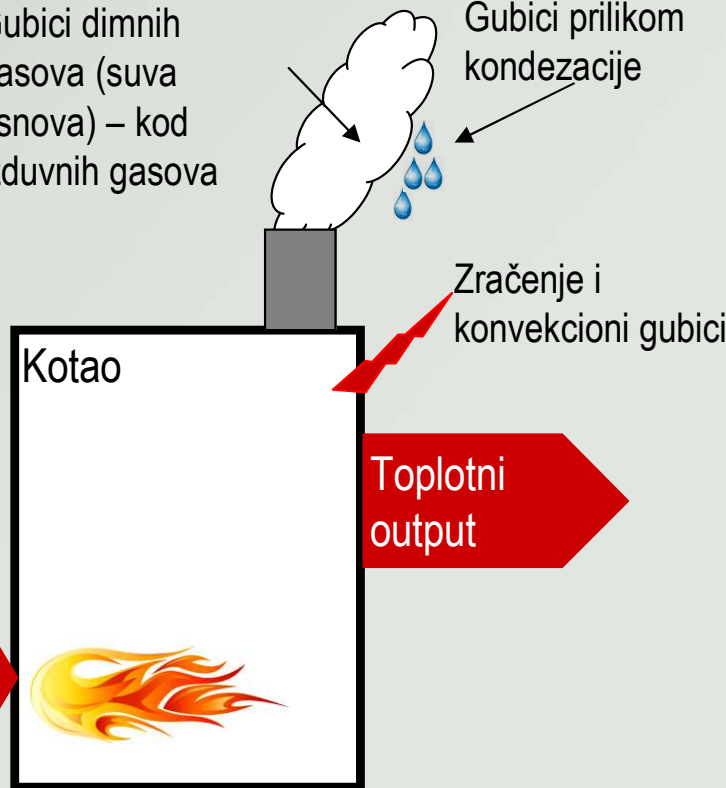
Zračenje i konvekcioni gubici

Toplotni output

Energija u 1kg goriva

GCV

NCV



## Energetski sadržaj goriva:

### Bruto (gornja) toplotna vrijednost -GCV

(u kJ/kg ili kWh/kg i sl.): Ukupna energetska vrijednost goriva, uz pretpostavku da je proizvedena voda usljed sagorijevanja u tečnom stanju i na 25 °C na kraju procesa sagorijevanja.

### Neto (donja) toplotna vrijednost -NCV

(u kJ/kg ili kWh/kg): Ukupna energetska vrijednost goriva, uz pretpostavku da je proizvedena voda usljed sagorijevanja u gasovitom stanju i na 25 °C na kraju procesa sagorijevanja

$$\text{NCV} = \text{GCV} - 2442 \cdot \text{formirana para (kJ/kg)}$$

Specifična entalpija isparavanja na 25°C is 2442 (kJ/Kg)

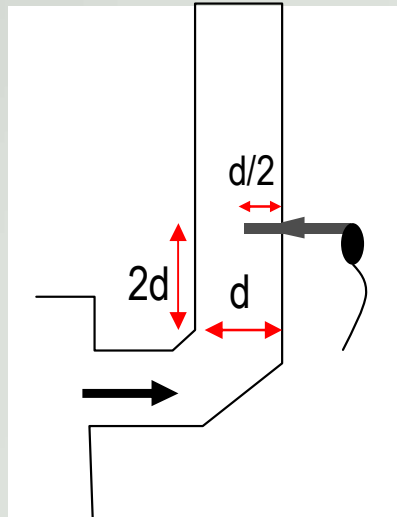
Ukupna efikasnost= Toplotni output/ Energija u gorivu

Gubici kod sagorijevanja= Gubici kod dimnih gasova/ Energija u gorivu

**UPOZORENJE: GCV se koristi u SAD-u i Velikoj Britaniji!!!!**



# Testiranje i regulacija kotlova (gubici kod dimnih (izlaznih) gasova)



## Analizator dimnih gasova mjeri:

- Sadržaj CO<sub>2</sub> ili O<sub>2</sub>
- CO sadržaj
- Temperaturu gasova
- Temperaturu dovedenog vazduha
- Strujanje u dimnjaku i sl...

## I proračunava:

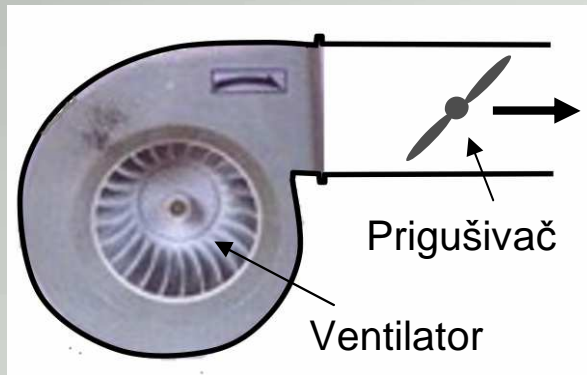
- Sadržaj O<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub>
- Višak vazduha
- Efikasnost sagorijevanja itd.

## Test na dim:

- Upumpamo dimni gas kroz papirni filter
- Uporedimo dobijenu boju sa sivom skalom (količina čađi/gara, Baharahijeva skala).

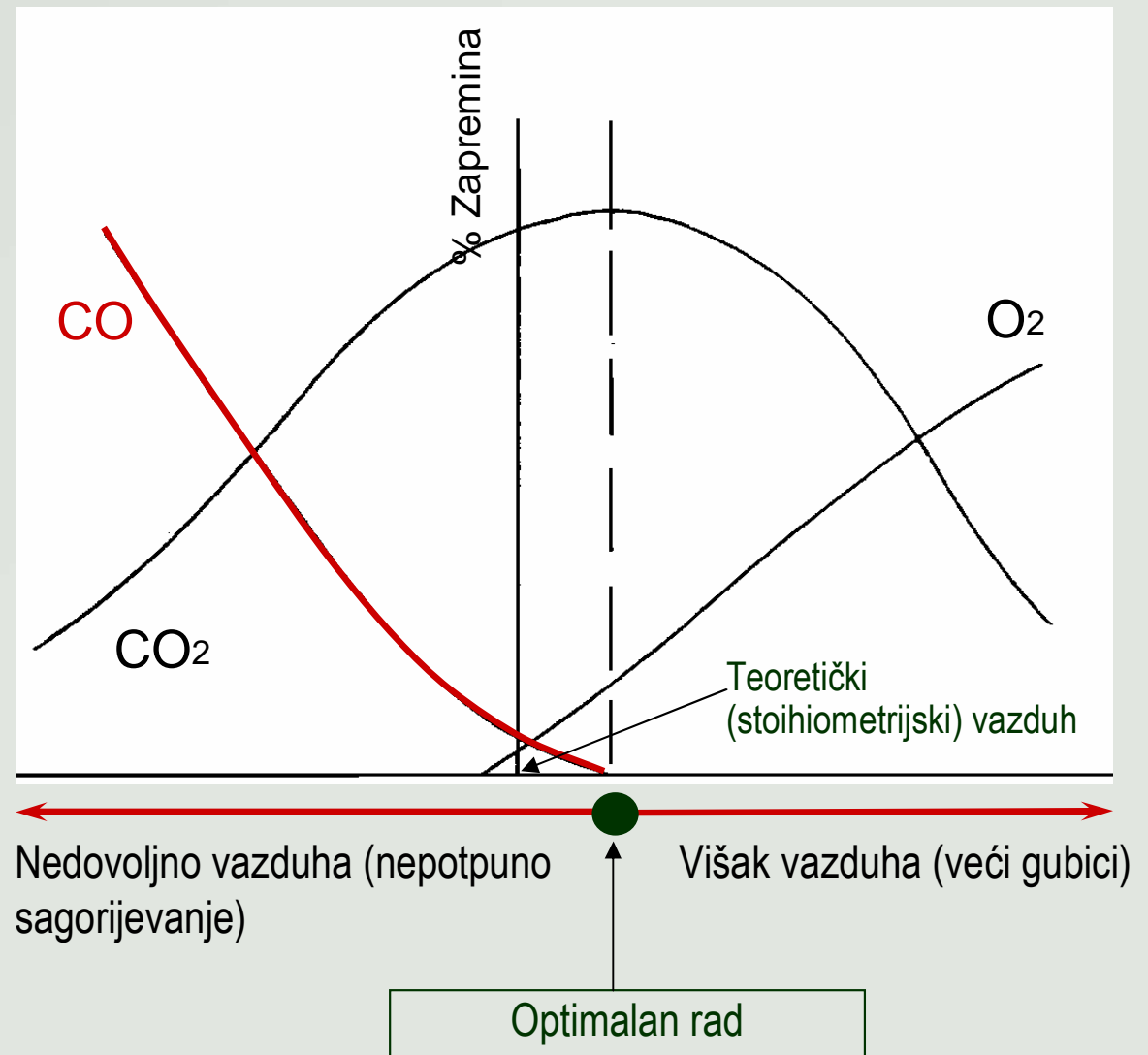


# Regulacija vazduha za sagorijevanje



Jednostavna regulacija vazduha potrebnog za sagorijevanje korišćenjem prigušivača:

Veliki kotlovi i moderni gorionici imaju moderne sisteme regulacije (uključujući frekventnu regulaciju za upravljanje ventilatorom)



# Suvišan vazduh

## Dobro je znati: Višak vazduha

- ✓ TNG: 5-10%
- ✓ Mazut: 10-20%
- ✓ DiZel: 7-15%
- ✓ Ugalj : 20-60% ili više\*
- ✓ Šporet na drva: 110-130%
- ✓ Drvni opiljci: 40-60%
- ✓ Peleti: 20-30%

\* Zavisi od uglja i tehnologije u upotrebi

**Više suvišnog vazduha znači da je veća količina dimnih gasova zagrijana i puštena u atmosferu ("tehnika grijanja ulice!")**

Odnos viška vazduha ( $\lambda$ )=  $1+(\text{Suvišan vazduh}\%/100)$

$\% \text{ Suvišan vazduh} = 100 \times \%O_2 / (20,95 - \%O_2)$

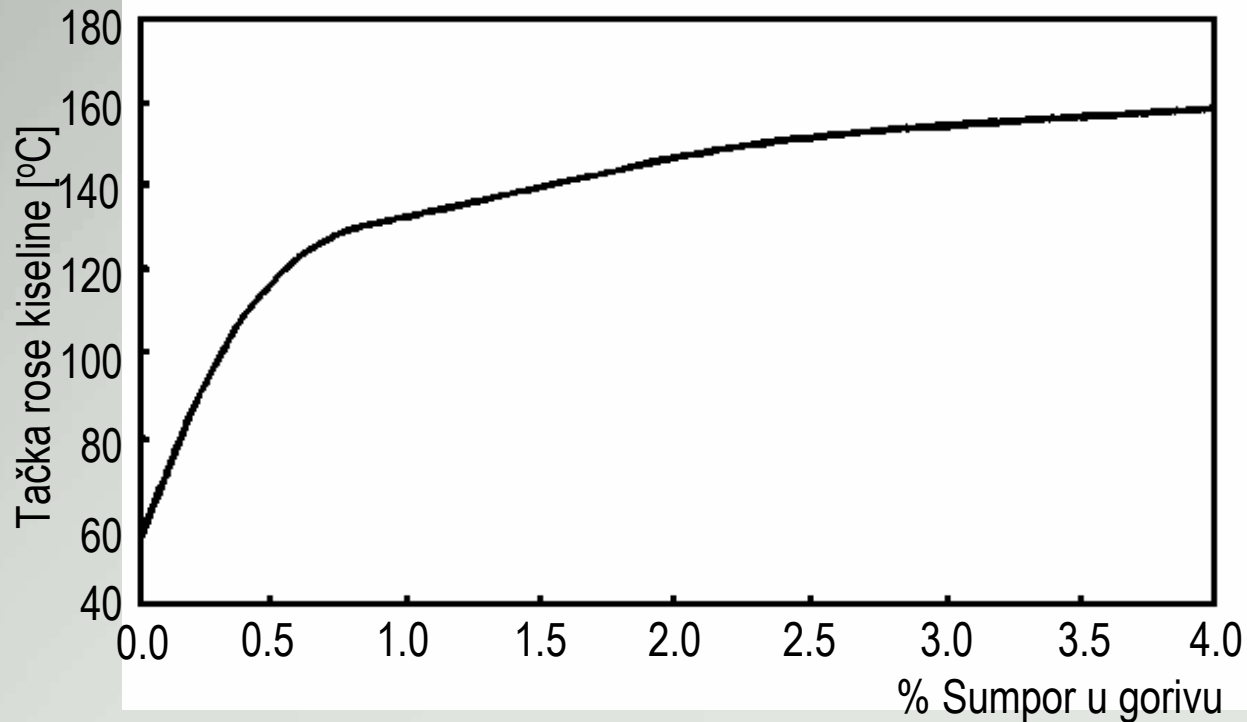
$\% CO_2 \text{ (prema zapremini)} = CO_2 \text{ (max)} \times (20,95 - \%O_2) / 20,95$

Gorivo	CO2 (max) %
Prirodni gas	11,9
Lož ulje	15,4
Mazut	15,8
Lignit (NCV 8,2 MJ/kg)	19,1
TNG	13,8
Drvo	19,5-20

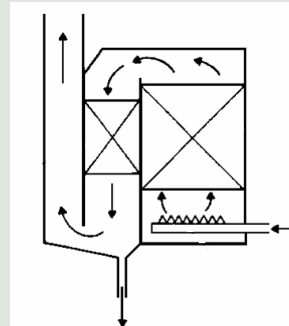




# Temperatura izduvnih gasova



Goriva bez sumpora (TNG i prirodni gas) pogodni su za visokoefikasne parne kotlove



Temperature izduvnih (dimnih) gasova moraju se održavati iznad tačke rose sumporne kiseline, da bi se izbjegla mogućnost korozije.

U vodenim kotlovima, niske temperature vode mogu ohladiti površine za transfer toplote ispod rosišta.

Posebni kotlovi na lož ulje koriste se za npr. podno grijanje zbog niskih temperaturama.



# Efikasnost sagorijevanja (pojednostavljena verzija)

## Sigertova formula

$$\text{Efikasnost (NVC, suvoća)} = 100 - (T_{\text{gas}} - T_{\text{amb}}) * [(A1/CO_2) + B]$$

$A1, B$  = specifični koeficijent goriva

$T_{\text{gas}}$  = temperatura dimnog gasa (oC)

$T_{\text{amb}}$  = temperatura dovedenog vazduha (oC)

$CO_2$  = izmjerena vrijednost (% zapremine)

Gorivo	A1	B
Prirodni gas	0,37	0,009
Lož ulje	0,5	0,007
Mazut	0,61	0
Lignit (NCV 8,2 MJ/kg)	1,113	0,000
Lignit (NCV 9,4 MJ/kg)	9,998	0,000
TNG (sa ventilatorom)	0,5	0
Suvo drvo	0,65	0



# Ispitivanja kotla - Uopšteno

## Opšte stanje (vizuelna inspekcija):

- ✓ Veoma vruće površine > loša termička izolacija
- ✓ Curenja > bez komentara
- ✓ Tokom veoma hladnih dana, gorionik je često isključen > preveliki kotlovi, razmotriti promjenu veličine (zamjenu kotla)

## Karakteristike dobrog plamena (vizuelna inspekcija – zavisi od goriva/gorionika):

- ✓ Simetričan
- ✓ Stabilan
- ✓ Nema visokih plamena/ malo varnica (za ulje i ugljeni prah)
- ✓ Nema kontakta sa površinama kotla (lokalizovano nepotpuno sagorijevanje)
- ✓ Kratak i svjetlo crveni (gorivo i ugljeni prah)
- ✓ Plav, skoro nevidljiv za gasovita goriva

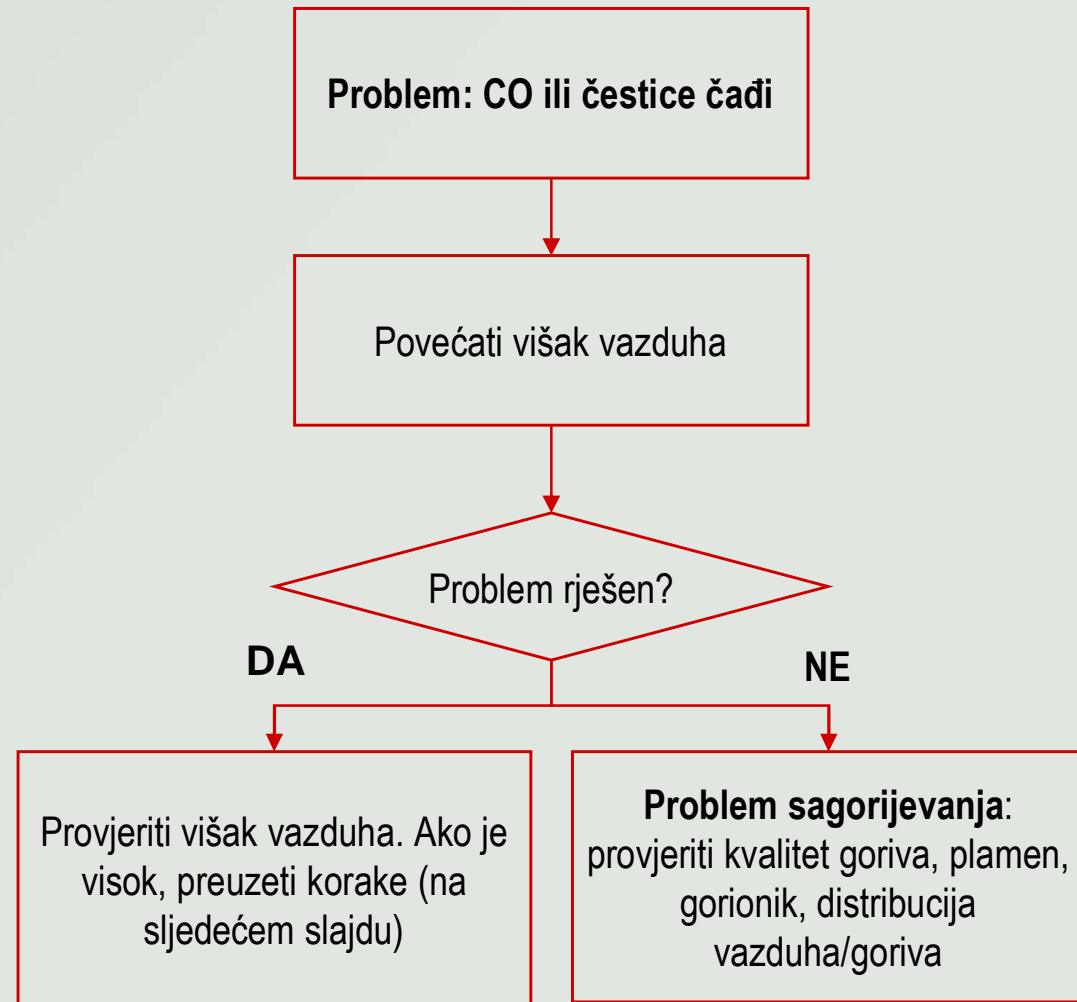


# Ispitivanja kotla - CO ili čađ u gasovima

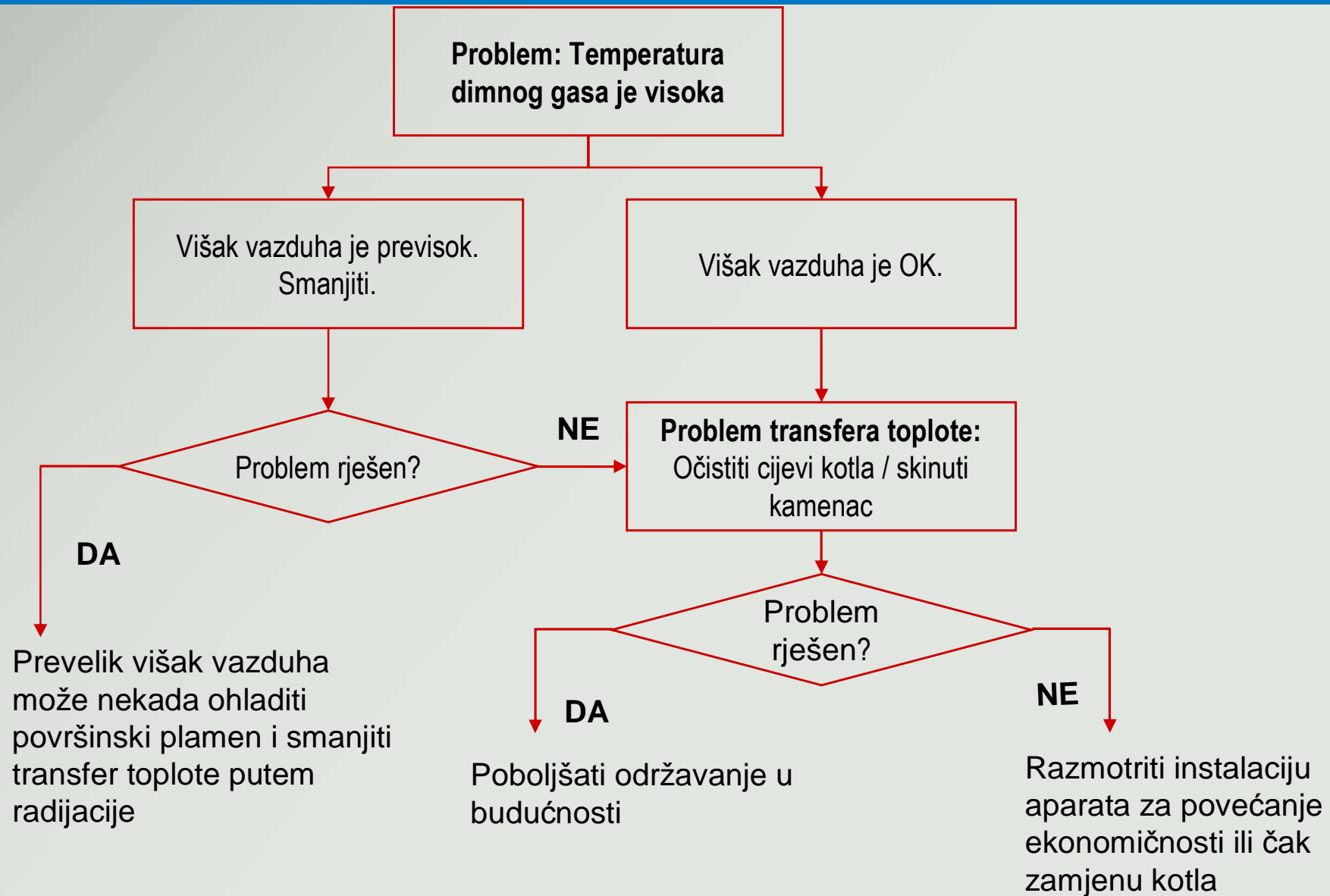
## Dobro je znati CO, Čađ

- ✓ CO < nacionalno zakonodavstvo
- ✓ CO gas/LGP: < 10 ppm
- ✓ CO goriva: < 10-20 ppm
- ✓ CO ugalj/biomasa: 80 - 700 ppm\*
- ✓ Čestice čađi. TNG: 0-1
- ✓ Čestice čađi. Lož ulje: 1-2
- ✓ Čestice čađi. mazut: 2-3%
- ✓ Čestice čađi ugalj: ~4

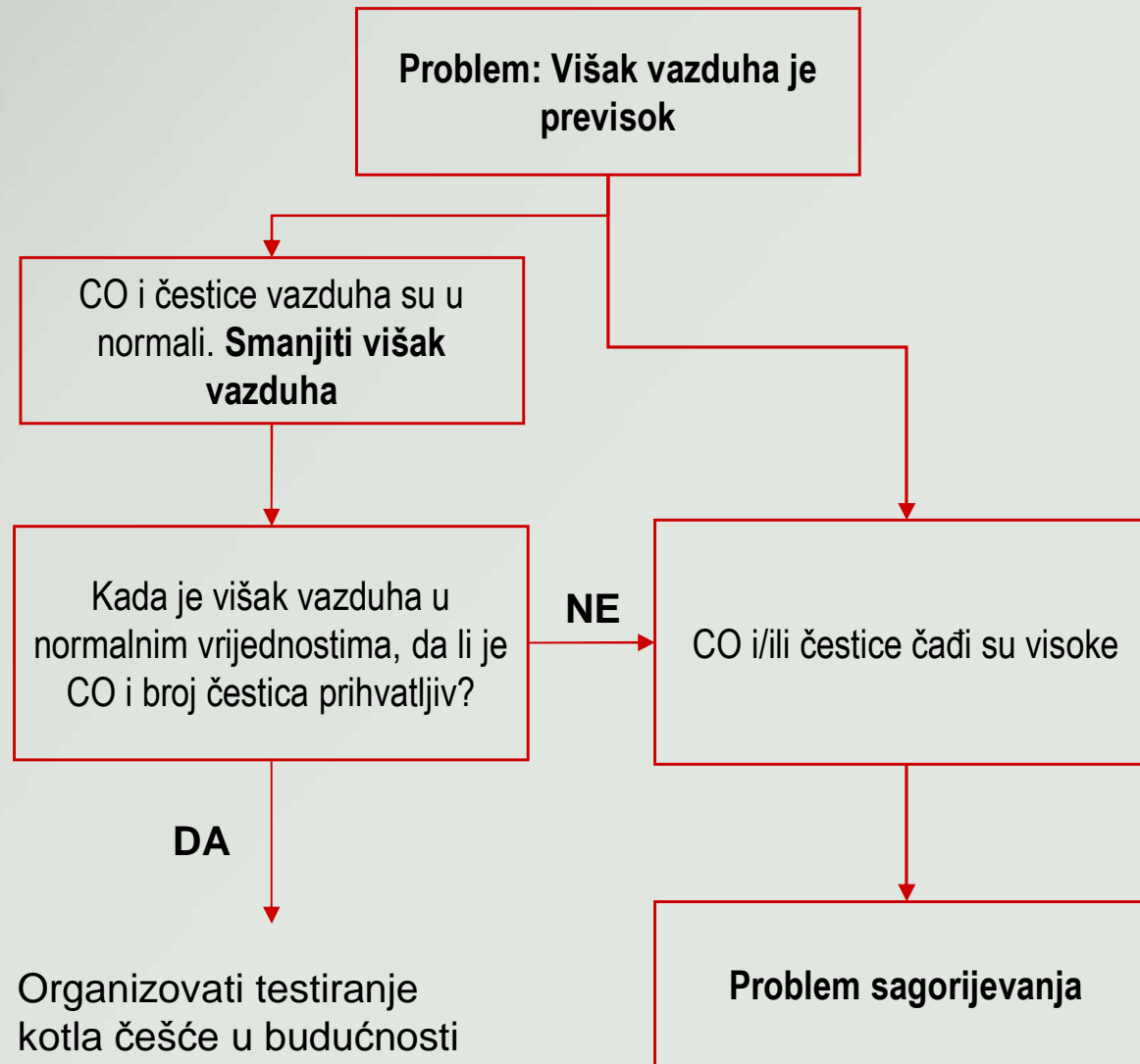
\* zavisi od tehnologije



# Ispitivanja kotla – Temperatura dimnog gasa



# Ispitivanje kotla – Višak vazduha



# Gubici na kotlu koštaju - 1

Parametar	Jedinica	Mjerenje	Scenario
O <sub>2</sub>	% (vol)	7	2
CO <sub>2</sub> (max) (specifično za gorivo)	% (vol)	13,7	13,7
CO <sub>2</sub>	% (vol)	9,12	12,39
CO	ppm	2	2-3
Višak vazduha	%	50,18	10,55
Koeficijent viška vazduha ( $\lambda$ )		1,50	1,11
Temperatura dimnog gasa (T <sub>gas</sub> )	°C	180	180
Temperatura dovodnog vazduha (T <sub>amb</sub> )	°C	26	26
Koeficijent specifičnog goriva (A1)		0,5	0,5
Koeficijent specifičnog goriva (B)			
<b>Efikasnost sagorijevanja</b>	%	<b>91,6</b>	<b>93,8</b>

**Višak vazduha od 50% nije rijedak slučaj:**

Smanjenje sa 50% na 10% (normalno za TNG), povećava se efikasnost za više od 2%



## Gubici na kotlu koštaju - 2

Parametar	Jedinica	Mjerenje	Scenario
O <sub>2</sub>	% (vol)	2	2
CO <sub>2</sub> (max) (specifično za gorivo)	% (vol)	13,7	13,7
CO <sub>2</sub>	% (vol)	12,39	12,39
CO	ppm	2	2-3
Višak vazduha	%	10,55	10,55
Koeficijent viška vazduha ( $\lambda$ )		1,11	1,11
Temperatura dimnog gasa (T <sub>gas</sub> )	0C	<b>200</b>	<b>175</b>
Temperatura dovodnog vazduha (T <sub>amb</sub> )	0C	26	26
Koeficijent specifičnog goriva (A1)		0,5	0,5
Koeficijent specifičnog goriva (B)			
<b>Efikasnost sagorijevanja</b>	%	<b>93,0</b>	<b>94,0</b>

**25°C smanjenje temperature izduvnih gasova znači povećanje efikasnosti za 1%**





## SADRŽAJ

- Strategija poboljšanja EE
- Sistemi za klimatizaciju
- Kotlovi
- **Sagorijevanje biomase**
- Sistemi za grijanje
- Ventilacija i rekuperacija toplote

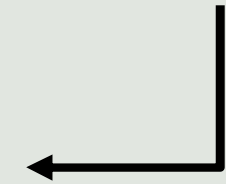


# Vrste kotlova



Šporeti (peći) i mali kotlovi za pelete i brikete

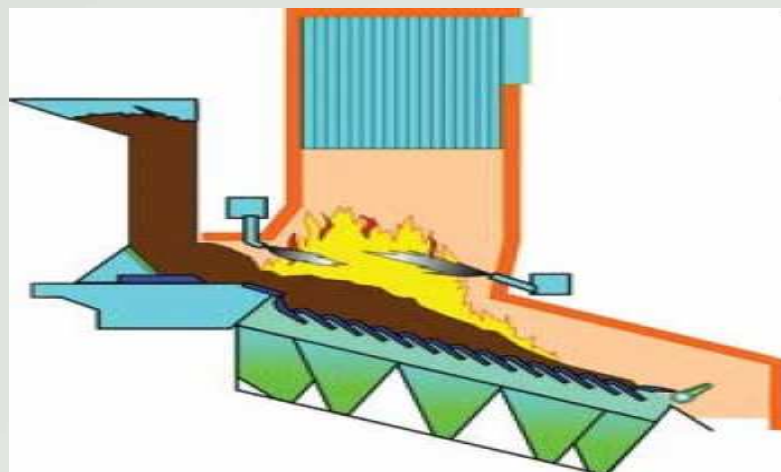
Velike termo i kogeneracione elektrane na biomasu



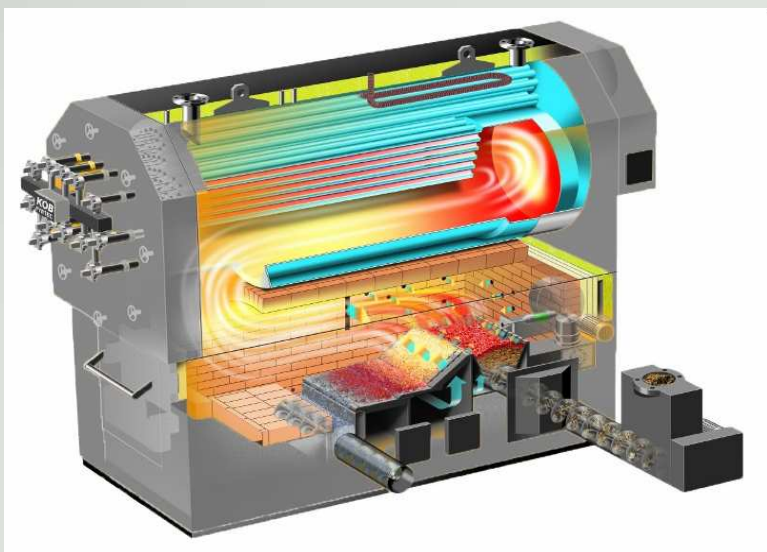
# Tipovi gorionika



Pužni transporter – dovod biomase



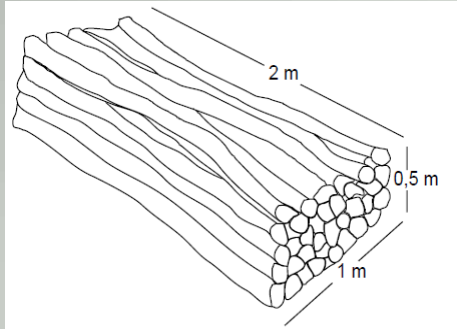
Spalionica



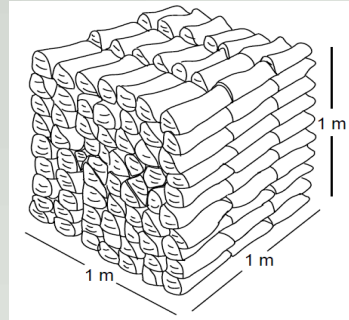
Mašine za rezanje (sjeckanje) drveta



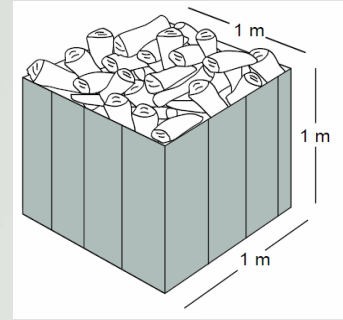
# Ogrijevno drvo, pilotina (sječka) i peleti



Udio sirovog drveta: 1 m dugi komadi ~65%, 3 m dugi ~55%



Udio sirovog drveta: ~70% do 80%



Udio sirovog drveta sa komadima od 40cm : ~45%



Pilotina (sječka)



Peleti

## Neto toplotna vrijednost suve mase

( $NCV_{dry}$ ) :

Drvo: 19,2 -19,5 MJ/kg

Kora drveta: ~18 MJ/kg

Pilotina: 19-19,2 MJ/kg

Peleti: ~19 MJ/kg

## Gustina suvog drveta:

Bukva/hrast: 580 kg/m<sup>3</sup>

Bor: 480 kg/m<sup>3</sup>

Grab: 640 kg/m<sup>3</sup>

Smrča: 390 kg/m<sup>3</sup>

Javor: 540 kg/m<sup>3</sup>

Breza: 510 kg/m<sup>3</sup>

Jablan/topola: 380 kg/m<sup>3</sup>

## Proračuni:

**Vlaga  $F(\%)$**  =  $100 \times (\text{masa vode u drvetu}) / (\text{masa vode u drvetu} + \text{masa suvog drveta})$ .

**Masa složenog sirovog drveta (kg/m<sup>3</sup>)** =  $\text{Gustina suvog drveta/drvnog ostatka (kg/m<sup>3</sup>)} \times \text{udio drveta u nasloženom drvetu (\%)} \times [100/(100-F)]$

**Neto toplotna vrijednost sirove biomase (MJ/kg):**

$$NCV_{wet} = NCV_{dry} \times (1 - F/100) - 2,442 \times F/100$$

**Energetska vrijednost složenog sirovog drveta**

**(MJ/m<sup>3</sup>)** =  $\text{Masa složenog sirovog drveta (kg/m<sup>3</sup>)} \times$

$NCV_{wet} \text{ (MJ/kg)}$

## Tipičan sadržaj vlage (F %):

Posječeno sirovo drvo: 45-55%

Drvo ostavljeno da se osuši: 20-25%

Pilotina: svježa ~50% / na prodaju ~30%

Peleti: 8-10% (<8% proizvodnja)



# Proračun toplotne vrijednosti drvne biomase

## Proračun toplotne vrijednosti drvne biomase

Gustina čvrstog dijela sirovog drveta	kg/m <sup>3</sup>	580
Masa složenog suvog drveta po m <sup>3</sup> (zapreminski)	%	45
Masa složenog suvog drveta po m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	261
Vlaga (F)	%	25
Masa vode u složenom drvetu	kg/m <sup>3</sup>	87
Masa složenog sirovog drveta po m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	348

<b>Neto toplotna vrijednost drveta</b>	MJ/kg	kWh/kg
Neto toplotna vrijednost suvog drveta (NCV dry)	19,2	5,33
Neto toplotna vrijednost sirovog drveta (NCV wet)	13,79	3,83

<b>Energetska vrijednost vlažnog složenog drveta</b>	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Energetska vrijednost vlažnog složenog drveta	4,80	1,33



## SADRŽAJ

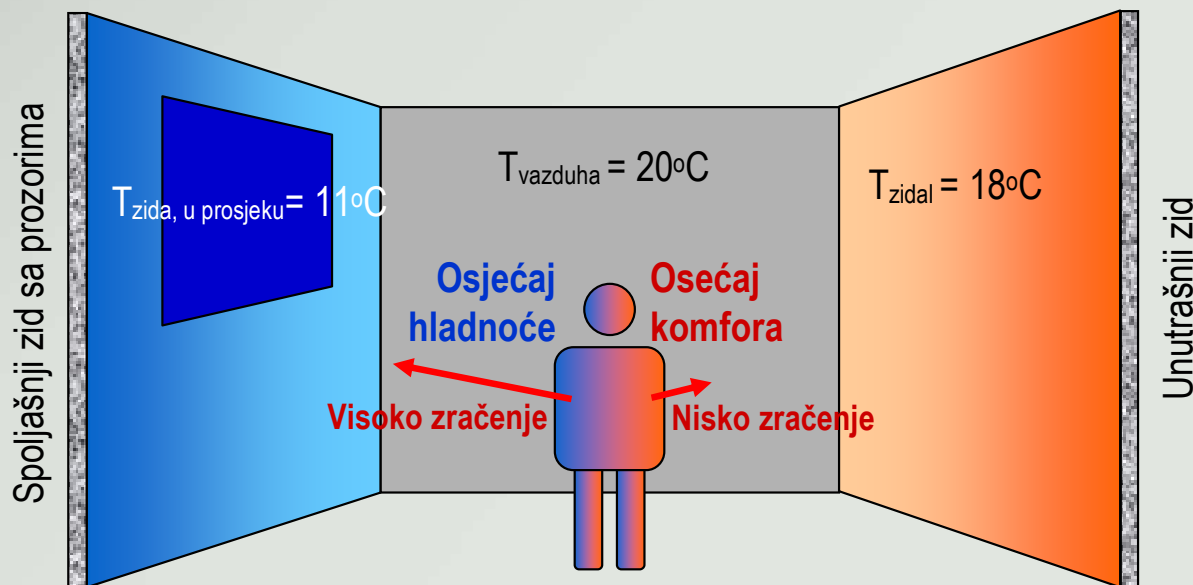
- Strategija poboljšanja energetske efikasnosti
- Klima uređaji
- Kotlovi
- Sagorijevanje biomase
- **Sistemi za grijanje**
- Ventilacija i rekuperacija toplote



# Svrha sistema za grijanje

**Svrha:** da obezbijedi toplotni komfor po pristupačnoj cijeni

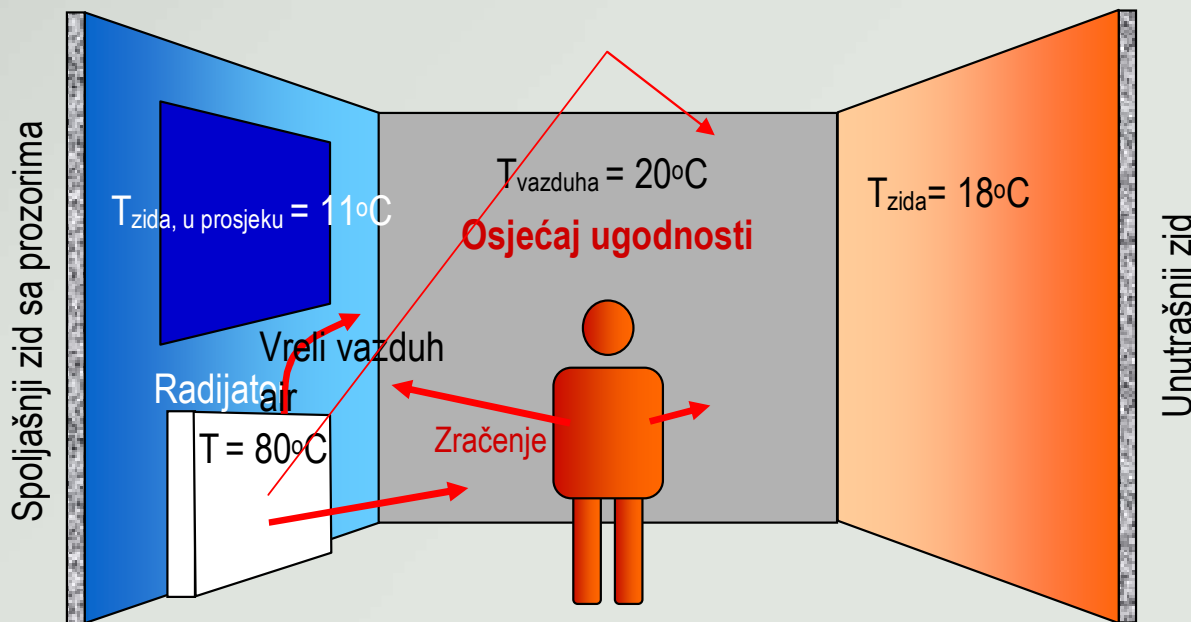
Ljudsko biće ne osjeća “temperature”, već protok toplote sa tijela konvekcijom, zračenjem i isparavanjem.



- **Temperatura vazduha** ne može sama da održava komfor
- **Temperature zida** treba da budu visoke i ujednačene
- **Vlažnost** ima važnu ulogu (naročito tokom ljeta)
- Ostali faktori: strujanje vazduha, odjeća, aktivnosti, temperature, itd.



# Radijatori



## Prednosti:

- Ujednačeno grijanje
- Emituje određenu količinu zračenja kako bi ublažio osjećaj nelagodnosti sa hladnih površina
- Prilično brzo zagrije zidove (direktnim zračenjem)

## Mane:

- Ne može da se koristi za hlađenje
- Prilično sporo grijе vazduh

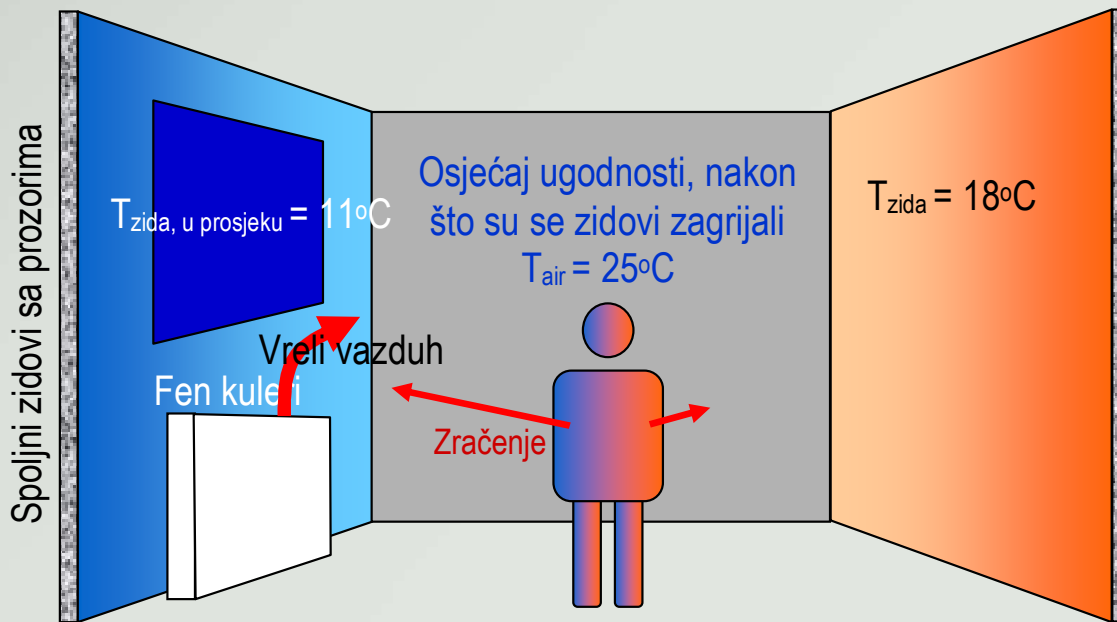




# Ventilatori konvektori (fen kuleri)



Unutrašnji klima uređaj je fen kuler



Izduvava vazduh preko toplih ili hladnih kulera

Prednosti:

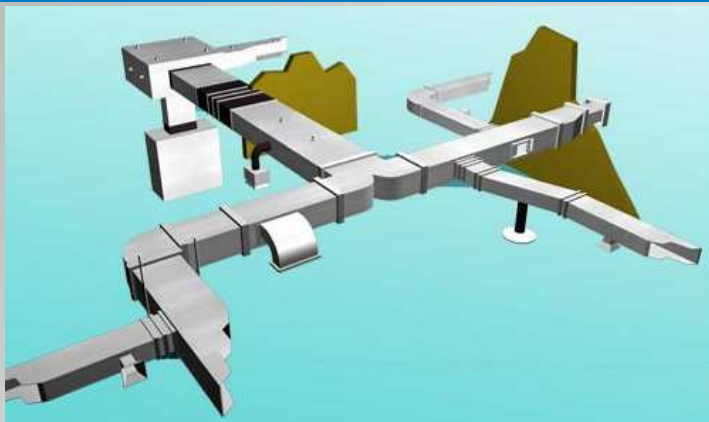
- Može da se koristi za grijanje i hlađenje
- Brzo grije vazduh
- Može da se postavi na pod ili da se ugradi na zid ili na krov

Mane:

- Ne emituje zračenje, sporo grije zidove putem konvekcije
- Kako bi održao osjećaj ugodnosti, pregrijava vazduh
- Dodatna potrošnja energije u ventilatorima



# Vazdušni kanali i ventilacioni otvori



Toplotna izolacija

## Prednosti:

- Mogu da se koriste za hlađenje, grijanje i ventilaciju
- Brzo griju vazduh
- Razne vrste ventilacionih otvora za razne upotrebe

## Mane:

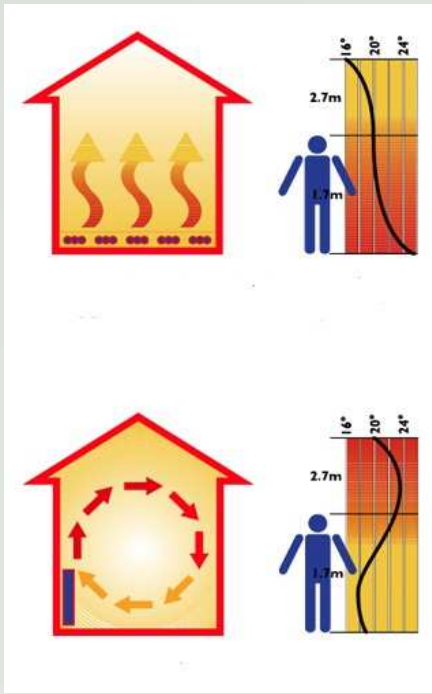
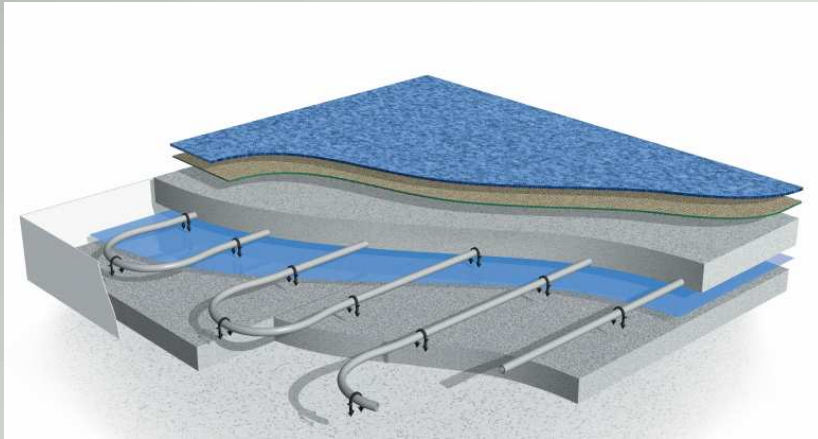
- Ima iste mane kao i fen kuleri, kada je riječ o kvalitetu grijanja
- Potrebno im je dosta prostora
- Potrebno im je redovno čišćenje



Čišćenje



# Podno grijanje



## Prednosti:

- Bolja distribucija temperature u životnom prostoru (pogledajte prikaz)

## Mane:

- Pogodno je samo za prostorije u kojima se stalno boravi (toplota se sakuplja u podu)
- Grijanje zračenjem je ograničeno
- Ne može da se koristi za hlađenje
- Potrebni su nisko temperaturni kotlovi za tečna goriva
- U slučaju curenja, skupi su za popravku
- Potrebno je da pod ima dobru termoizolaciju (kako bi se izbjegli gubici na donjem spratu ili terenu)



# Grijanje prostorija sa visokim plafonom



Topli vazduh se kreće naviše. Plafon može da bude veoma topao, a životni prostor veoma hladan. Prostorije sa visokim plafonom se mogu zagrijati na sljedeće načine:

- prinudnom cirkulacijom vazduha (preko ventilatora)
- grijanjem putem zračenja



Gasna cijevna grijalica



Grijanje na otvorenom prostoru se zasniva na zračenju



# Električne grijalice



Grijanje putem zračenja

Neposredna upotreba električne energije je najmanje efikasan način grijanja. Međutim, to je možda i dobro rješenje, ukoliko se privremeno koristi.



Grijanje putem konvekcije

Svaka grijalica, koji koristi električni otpor, troši istu količinu električne energije za proizvodnju iste količine toplote.

Zabluda je da su neke grijalice ekonomičnije.

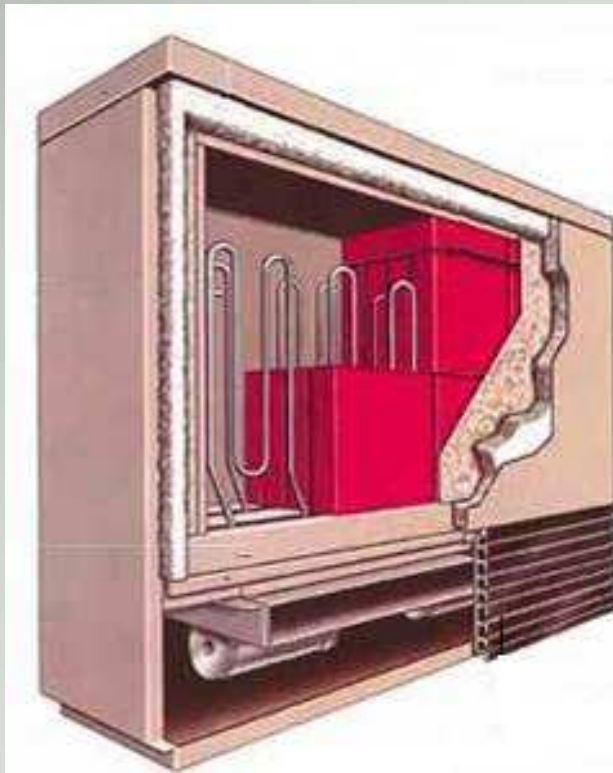


Grijanje putem zračenja i konvekcije

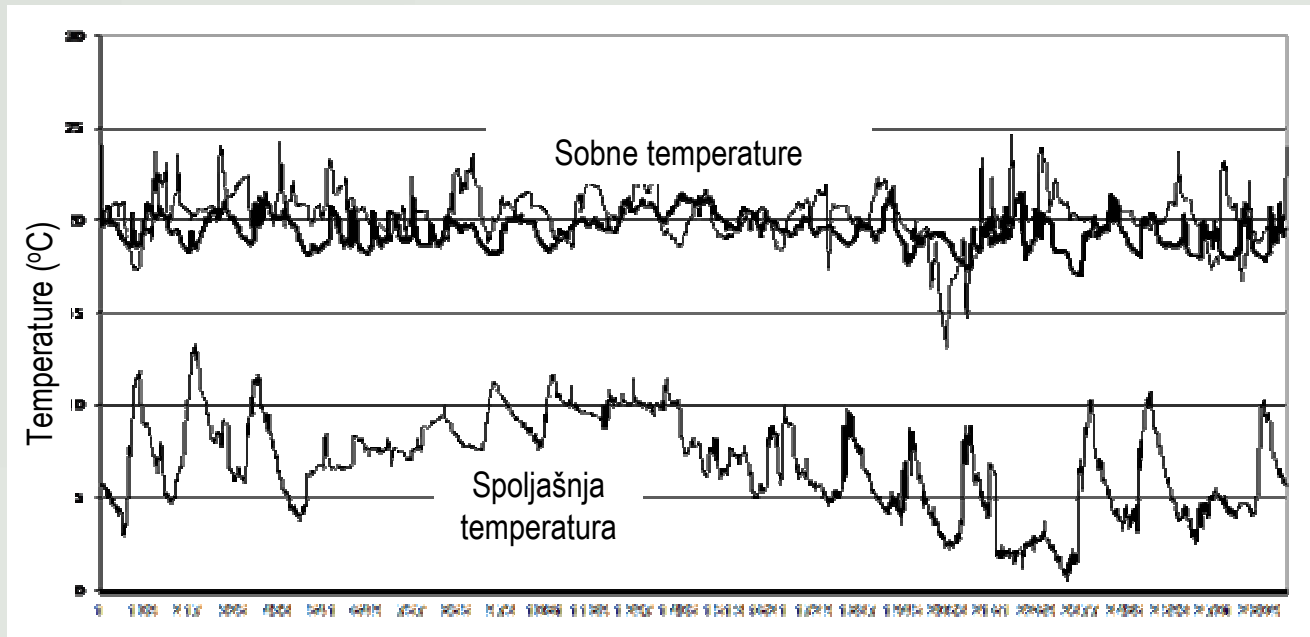
Ono što se razlikuje, je “kvalitet toplote” (zračenje nasuprot konvekciji).



# Električne termoakumulacione peći



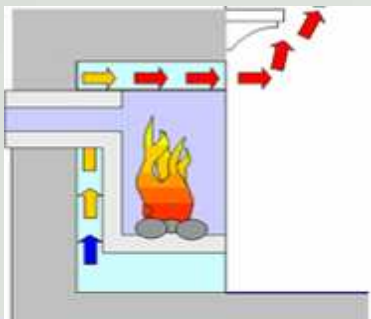
Akumulira toplotu u opekama ili u drugim keramičkim materijalima koristeći (jeftiniju) noćnu električnu energiju. Ispušta toplotu preko ventilatora, koji je regulisan termostatom.



Mjerenja u Crnoj Gori su pokazala da su sobne temperature održavane na otprilike 20 °C , čak i kad je ventilator bio isključen na nekoliko sati



# Kamini, šporeti (peći) na drva/ugalj



Efikasnost klasičnog **kamina** može da bude niska i do 5-10%. Rekuperacijom toplote (zagrijavanje vazuha) efikasnost sistema se može povećati i na 25 - 35%.

Efikasnost klasičnog **šporeta na drva** se kreće od 25-40%.

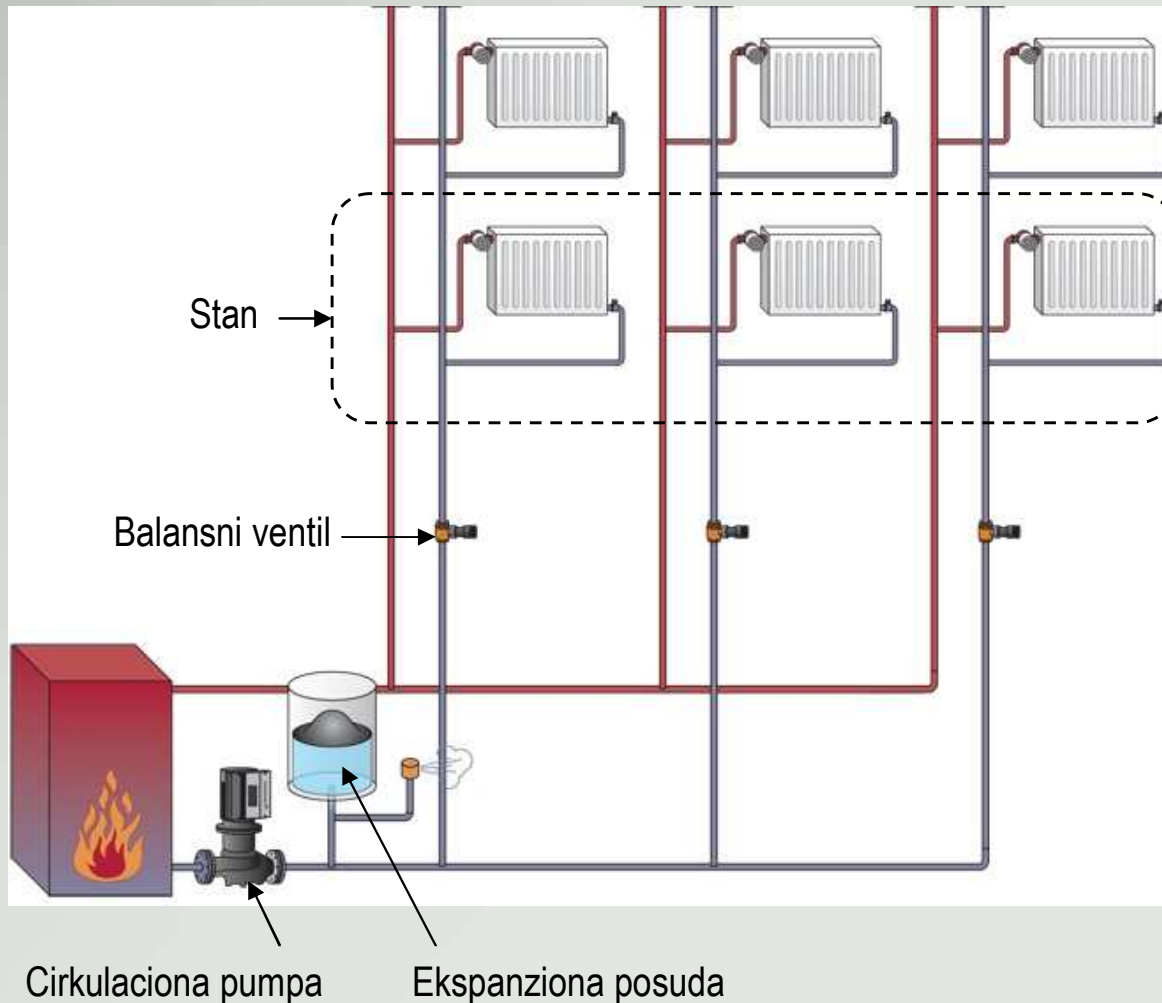
Energetski efikasni šporeti na drva mogu da dostignu efikasnost između 55% i 70%.

Trenutno se kombinuju hermetički zatvorena ložišta, kontrola ulaznog vazduha, sekundarni dovodi vazduha i dizajn komore za sagorijevanje, kako bi se povećala efikasnost.

Neki, relativno veći, šporeti mogu da proizvedu sanitarnu toplu vodu ili da budu povezani sa nekoliko radijatora u sobi.



# Vertikalni dvocijevni sistem grijanja



## Prednosti:

- Lakši su za balansiranje
- Temperatura dovoda u svim radiatorima je, manje-više, ista.

## Mane:

- Ne mogu izmjeriti potrošnju toplote u prostorima koji se nalaze u individualnom vlasništvu (stan / poslovni prostor) – Mjerač troškova toplotne energije je rješenje.
- Da bi isključio grijanje u prostoru, potrebno je da isključi sve radijatore.

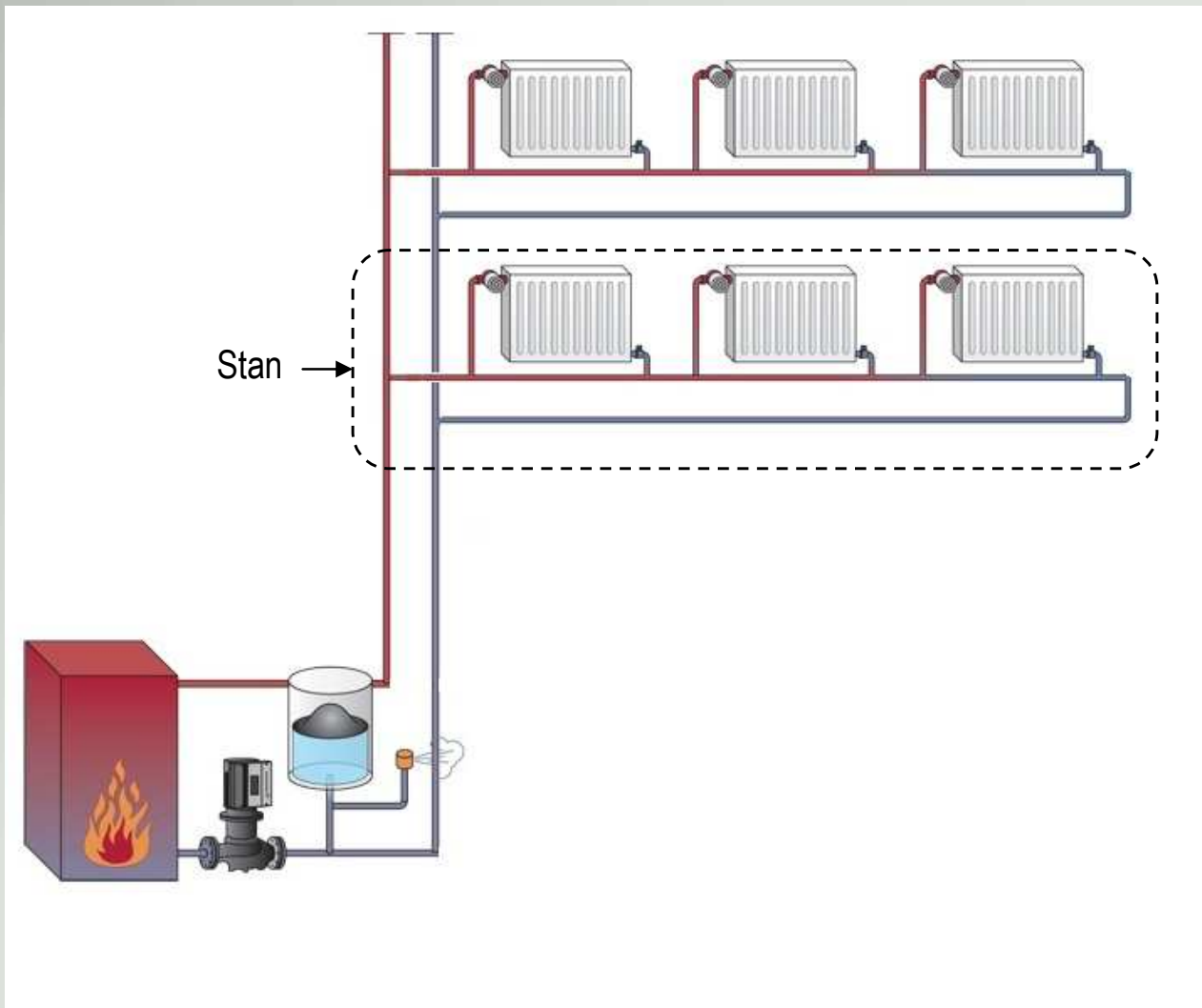


Mjerač troškova toplotne energije na radiatoru sa termostaskim ventilom





# Horizontalni jednocijevni sistem grijanja



## Prednosti:

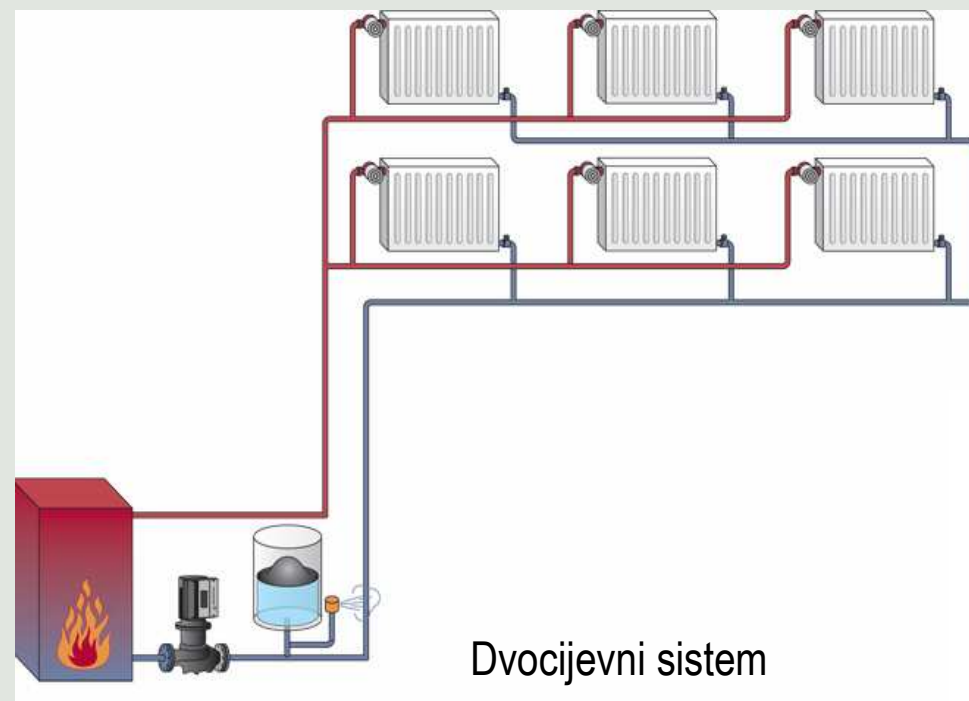
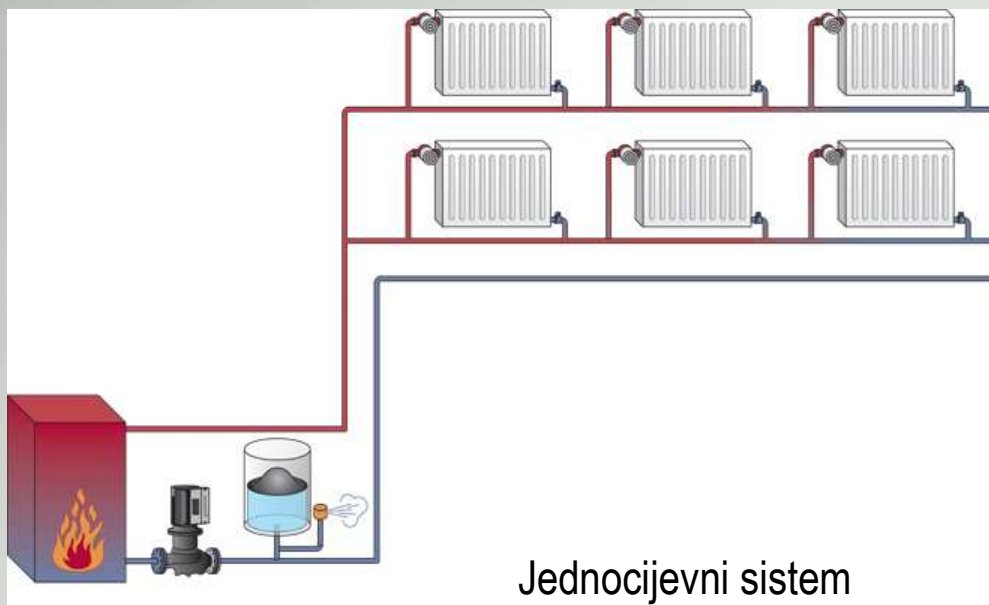
- Za svaki dio zgrade (stan / poslovni prostor) može da se uključi i isključi grijanje i da se samostalno reguliše temperatura.
- Uređaji za mjerenje vremena ili uređaji za mjerenje energije mogu da se instaliraju, kako bi mjerili potrošnju u svakoj pojedinačnoj imovini / prostoru.

## Mane:

- Potreban je pažljiv dizajn i instalacija – posljednji radijatori u petlji primaju manje ulazne temperature vode.



# Druge varijante

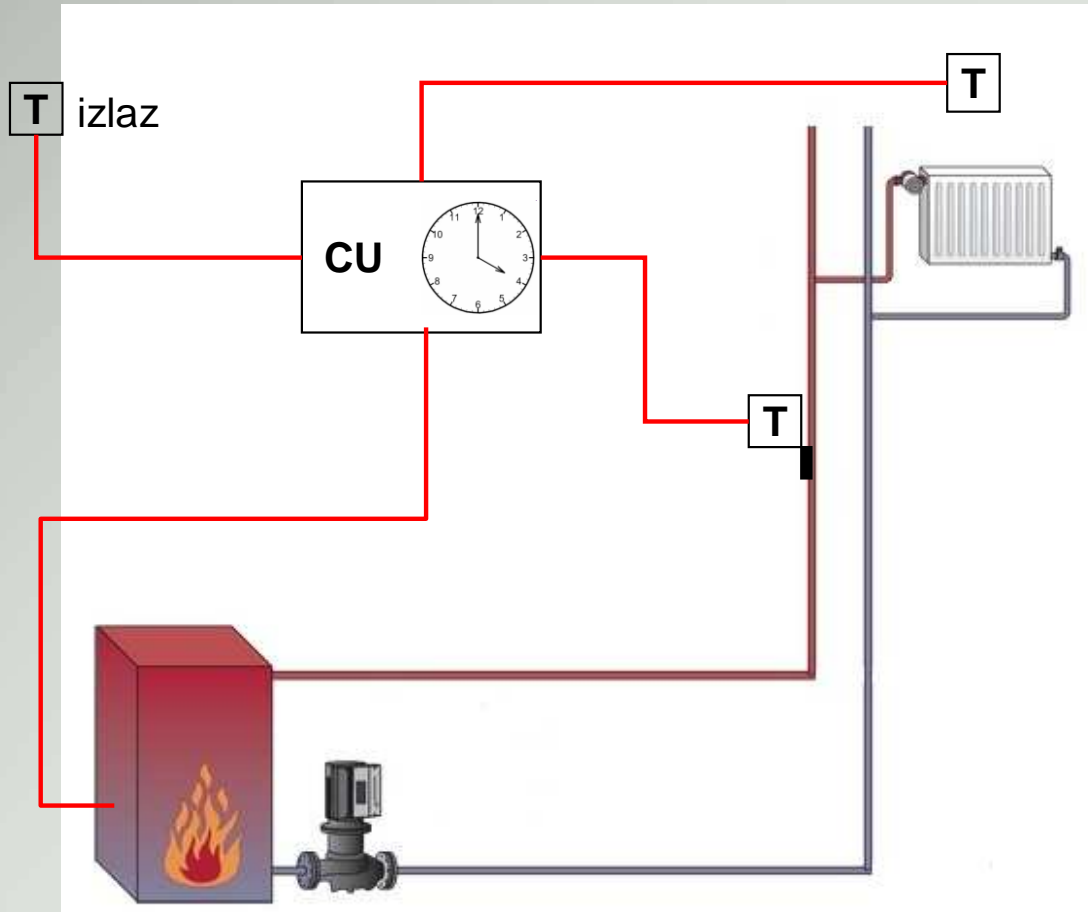


# Kompenzacija vremenskih uslova i kontrola načina rada

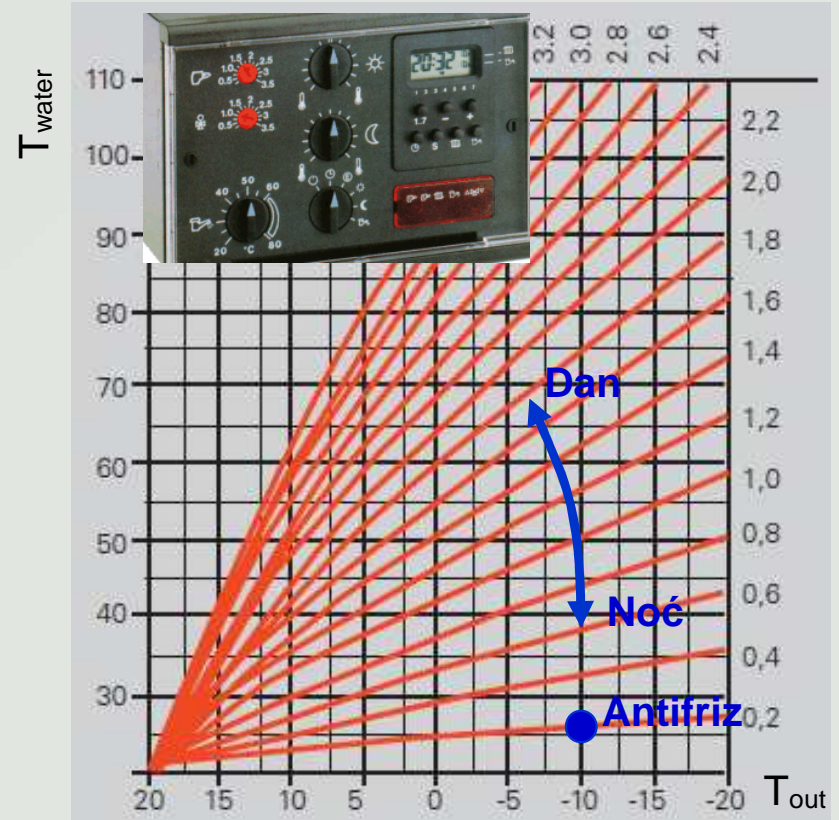
- **Spoljašnja temperatura** se stalno mijenja → Uslovi grijanja ( i hlađenja) u zgradi se takođe mijenjaju → **Snabdijevanje energije** u prostoru treba da prati ove promjene.
- Postoje dva načina da se smanji ili poveća snabdijevanje energijom:
  - podešavanjem temperature** vode u sistemu pri konstantnom protoku
  - podešavanjem protoka vode** u sistemu pri konstantnoj temperaturi
- **Potrebni temperaturni nivoi u zgradi nisu konstantni.** Noću su niže temperature prihvatljive, neke zgrade funkcionišu u smjenama ili su zatvorene u određenim vremenskim periodima.
  - Rješenje: vremensko ili dnevno programiranje nivoa snabdijevanja toplotom
- **Problem koji je potrebno riješiti:**
  - Kotlovi funkcionišu u određenom temperaturnom opsegu radi zaštite od korozije, naglih toplotnih promjenai sl...



# Kompenzacija vremenskih uslova i vremensko programiranje



**Glavne kontrole:** Izbor i vremensko programiranje za karakteristične krive (visoke, niske i temperature za zaštitu od smrzavanja)  
Podešavanje različitih temperaturnih nivoa (lokalna regulacija, voda, paljenje i gašenje gorionika i sl.)

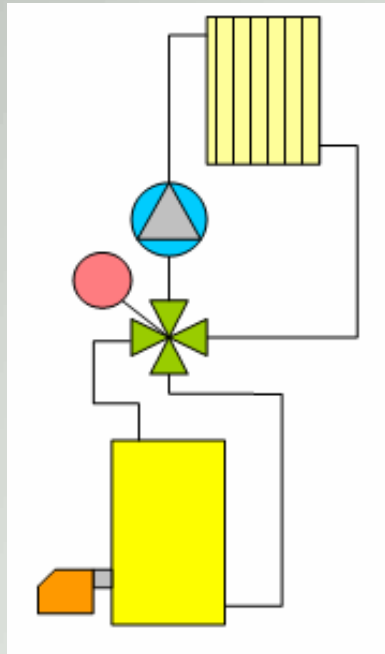


Karakteristične krive (spoljašnja temperatura-temperatura vode) kontrolnog uređaja– korisnik bira jednu ili više opcija, u skladu sa karakteristikama zgrade i željenim temperaturnim nivoom.

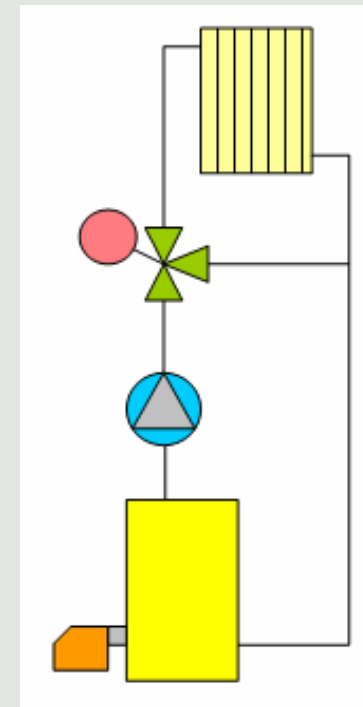


# Upotreba različitih vrsta ventila za kontrolisanje protoka / temperatura

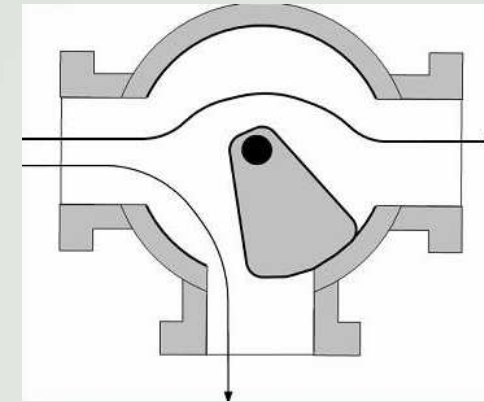
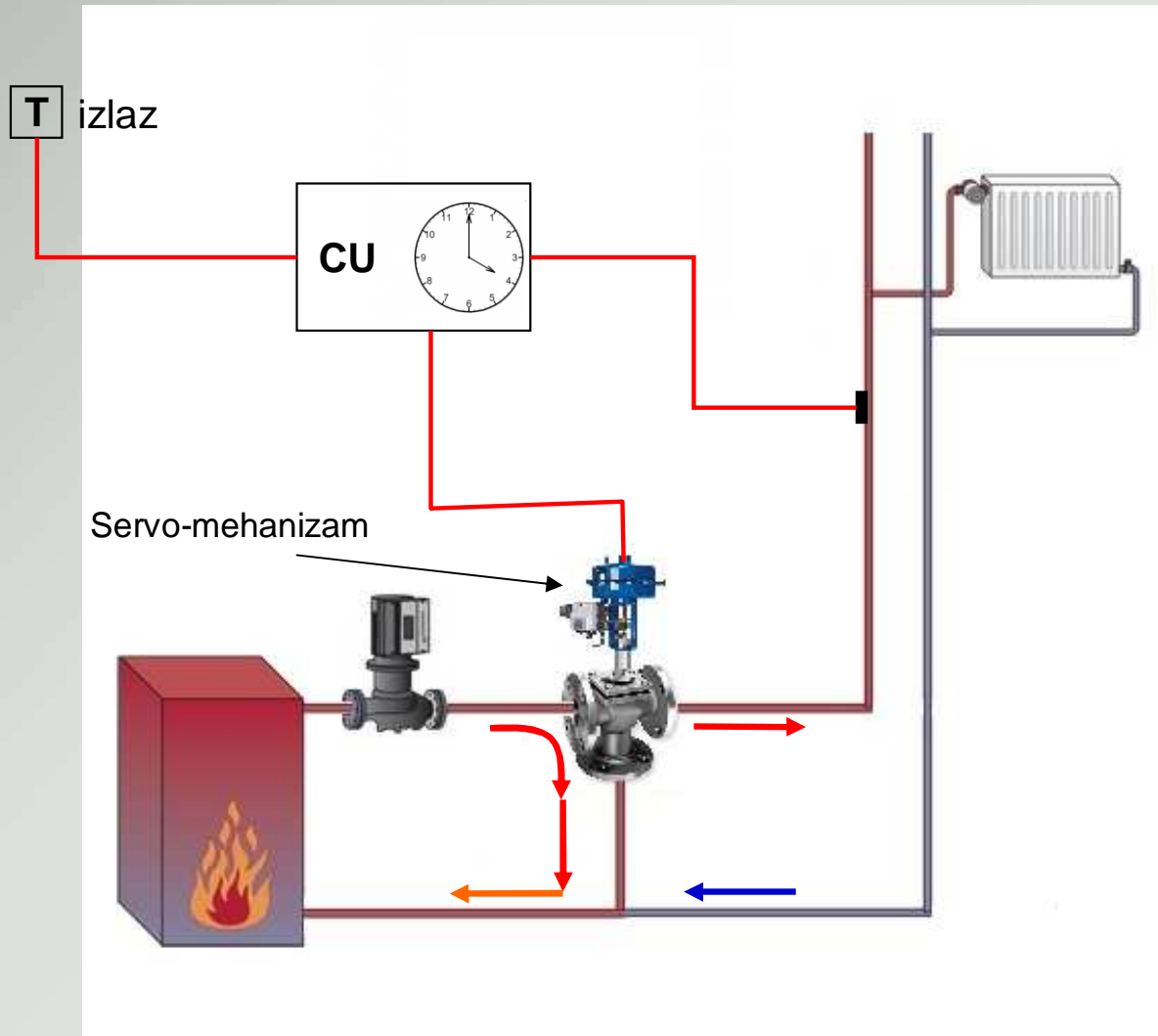
Trokraki ventil



Četvorokraki ventil



# Centralno upravljanje– Konstantna temperatura / promenljivi protok

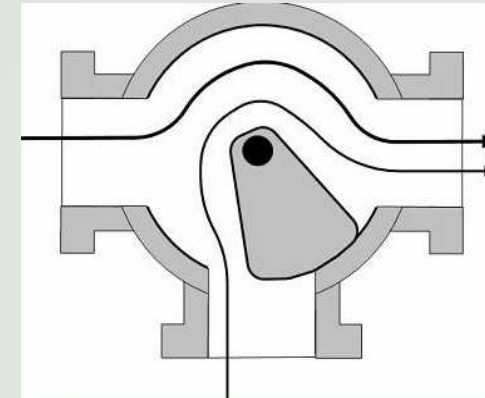
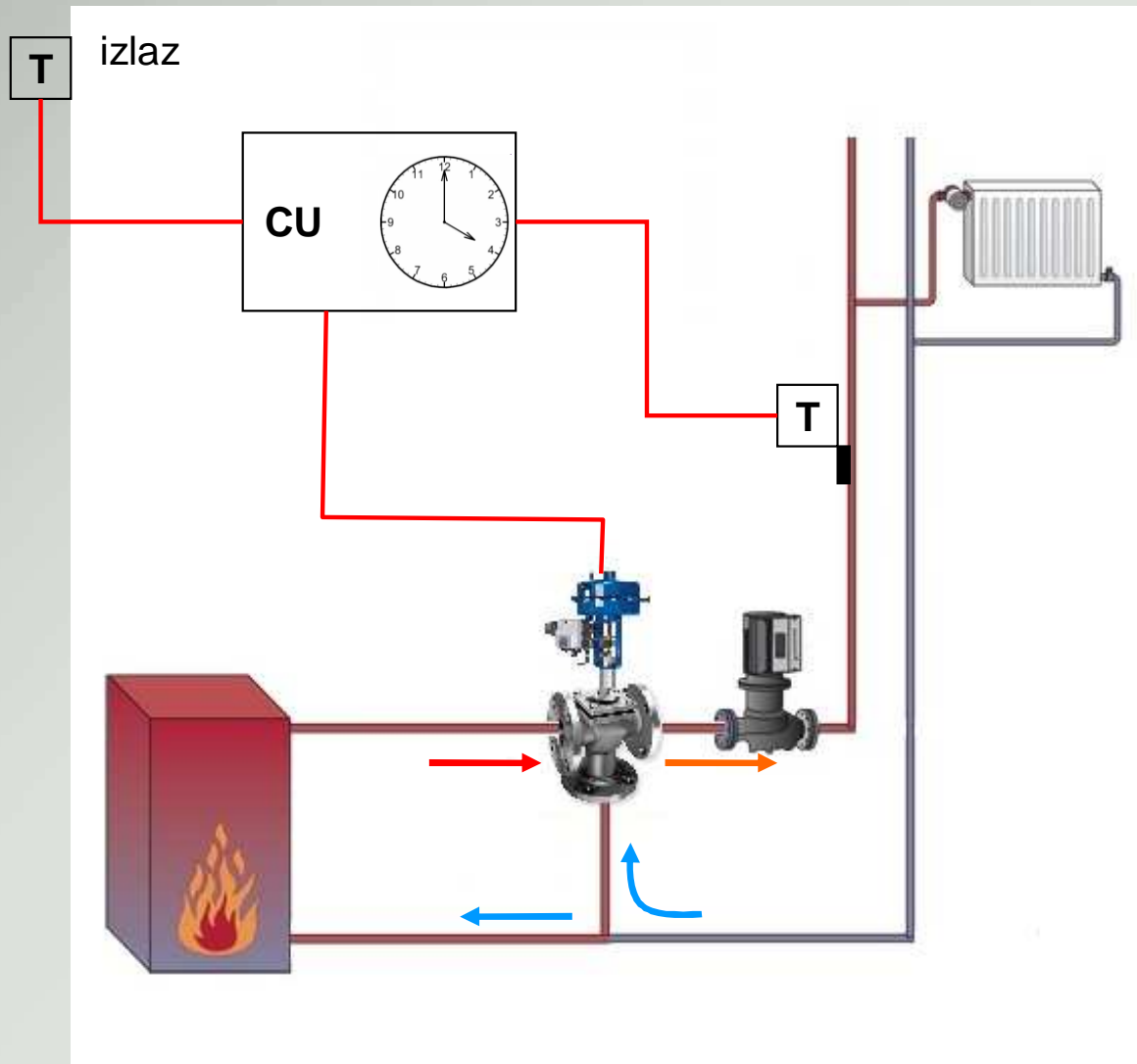


Način na koji funkcioniše trokraki ventil:

- Pumpa se ugrađuje **prije** trokrakog ventila .
- Protok do cijevi za snabdijevanje se reguliše pomoću ventila (promjenljiv protok, konstantna temperatura) preko jedinice za upravljanje i servo mehanizma.
- Dio tople vode ponovo cirkuliše do kotla, kako bi se održala potrebna temperatura.



# Centralno upravljanje sistemom za grijanje – Konstantan protok / promenljiva temperatura

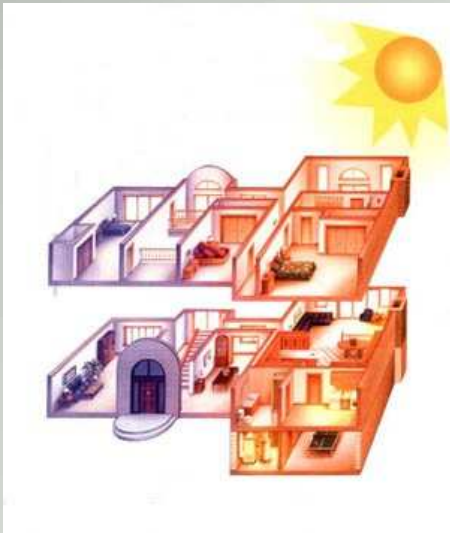


Način na koji funkcioniše trokraki ventil:

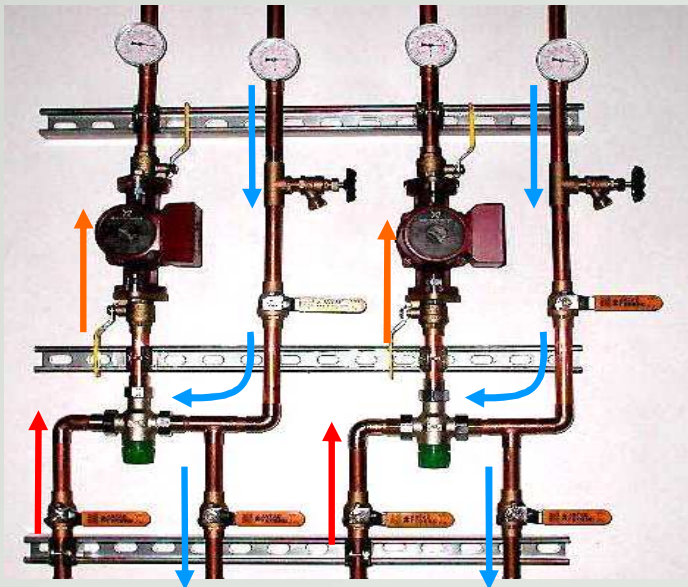
- Pumpa se ugrađuje **poslije** trokrakog ventila.
- Protok do cijevi za snabdijevanje ostaje konstantan i temperatura vode se reguliše pomoću dijela vode koji ponovo cirkuliše, kao dio povratne, hladnije vode u sistem.
- Recirkulisanje je kontrolisano od strane upravljačkog uređaja, koji upravlja servo mehanizmom na ventilu.



# Podjela sistema na zone i upravljanje zonama



- Djelovi zgrade mogu da imaju različite potrebe za grijanjem (i hlađenjem): različita orijentacija, raspored aktivnosti i uslova u pogledu temperaturnog nivoa.
- **Rješenje:** podijelite sistem za grijanje (i hlađenje) na zone i kontrolišite svaku zonu pojedinačno, na osnovu istih principa koji su prethodno opisani.
- Uzimanje u obzir podjele sistema na zone je neophodno pri projektovanju svake nove zgrade.



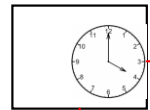
Sistem od dvije zone sa trokrakim povezanim ventilima, koji se ručno podešavaju





# Kontrolni uređaji

Jedinica za programiranje temperature i vremena



T

Senzor za sobnu temperaturu

Ventil za kontrolu protoka

T

M

T

Mjerni uređaj

Termostatski ventil



# PODSJETNIK !!!

- Svi koncepti koji su predstavljeni, a odnose se na centralne sisteme za grijanje, mogu se primijeniti i na centralne sisteme za hlađenje



## SADRŽAJ

- Strategija poboljšanja energetske efikasnosti
- Klima uređaji
- Kotlovi
- Sagorijevanje biomase
- Sistemi za grijanje
- **Ventilacija i rekuperacija toplote**

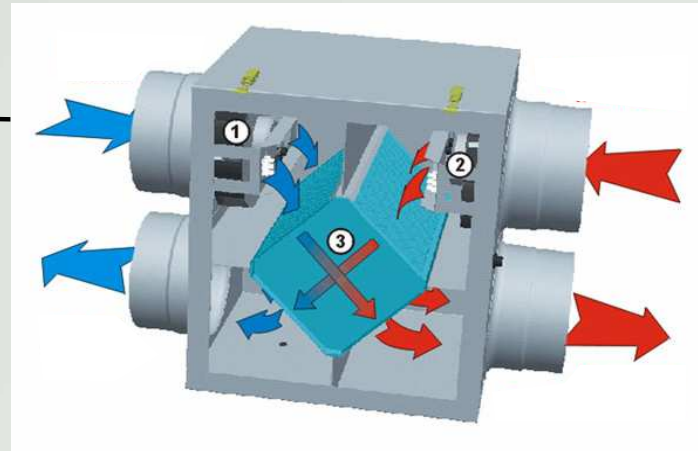
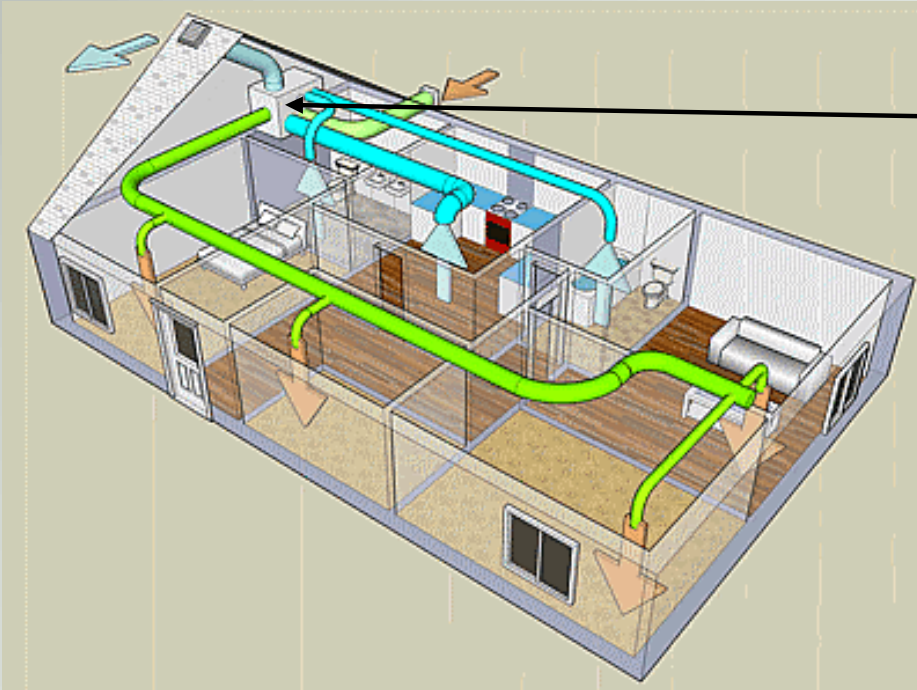


# Ventilacija

- **Nekontrolisana ventilacija može da proizvede značajne gubitke u grijanju i hlađenju.**
- Mehanička ventilacija je skupa, uključujući njeno održavanje, ali obezbjeđuje :
  - **zdravu životnu sredinu i**
  - **smanjuje energetske gubitke, koji koštaju mnogo više.**
- Kada mehanička ventilacija nije na raspolaganju, dobra je zamisao ugrađivanje automatskog prekidača za isključivanje klima uređaja i drugih ventilatora kovektora (fen kulera), kada je prozor otvoren.



# Rekuperacija toplote

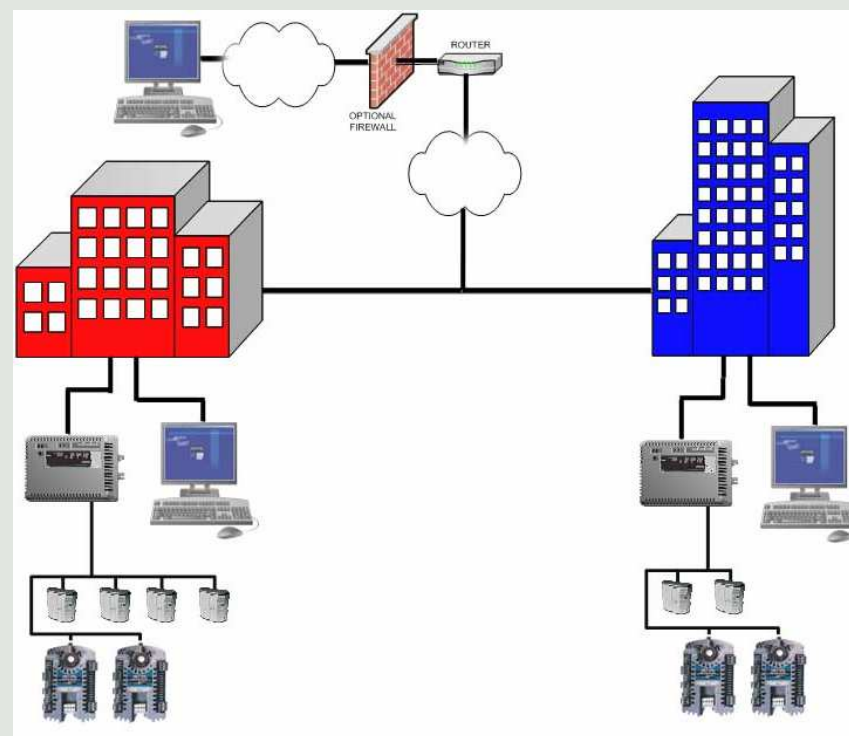


- Mehanička (kontrolisana) ventilacija
- Dio unutrašnjeg vazduha ponovo cirkuliše
- Ulazni vazduh je:
  - Unaprijed zagrijan iz vazduha koji je izbačen van (zimi)
  - Unaprijed ohlađen iz hladnog vazduha koji je izbačen van (ljeti)

Ovo dovodi do rekuperacije energije



# Sistemi za upravljanje energijom u zgradama



# Diskusija ...

Previše informacija...

Pitanja?

