

ENERGETSKI BILANS



Sadržaj predavanja

- Oblici energije, transformacija
- Energetski bilans Republike Srbije
- Energetski bilans zgrade
- Uticajni parametri na potrošnju energije
- Projektni uslovi, standardni uslovi korišćenja zgrade
- Primena mera za unapređenje EE



Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

■ Oblici energije po stepenu transformacije

1. Primarna (prirodna),
2. Sekundarna (transformisana) i
3. Korisna energija

■ **Primarna energija** – energija i energenti koji se nalaze u prirodi i nisu prošli nj jedan proces transformacije: (ugalj, nafta, gas, drvo, uran, torijum, energija vetra, Sunčevo zračenje, biomasa ...)

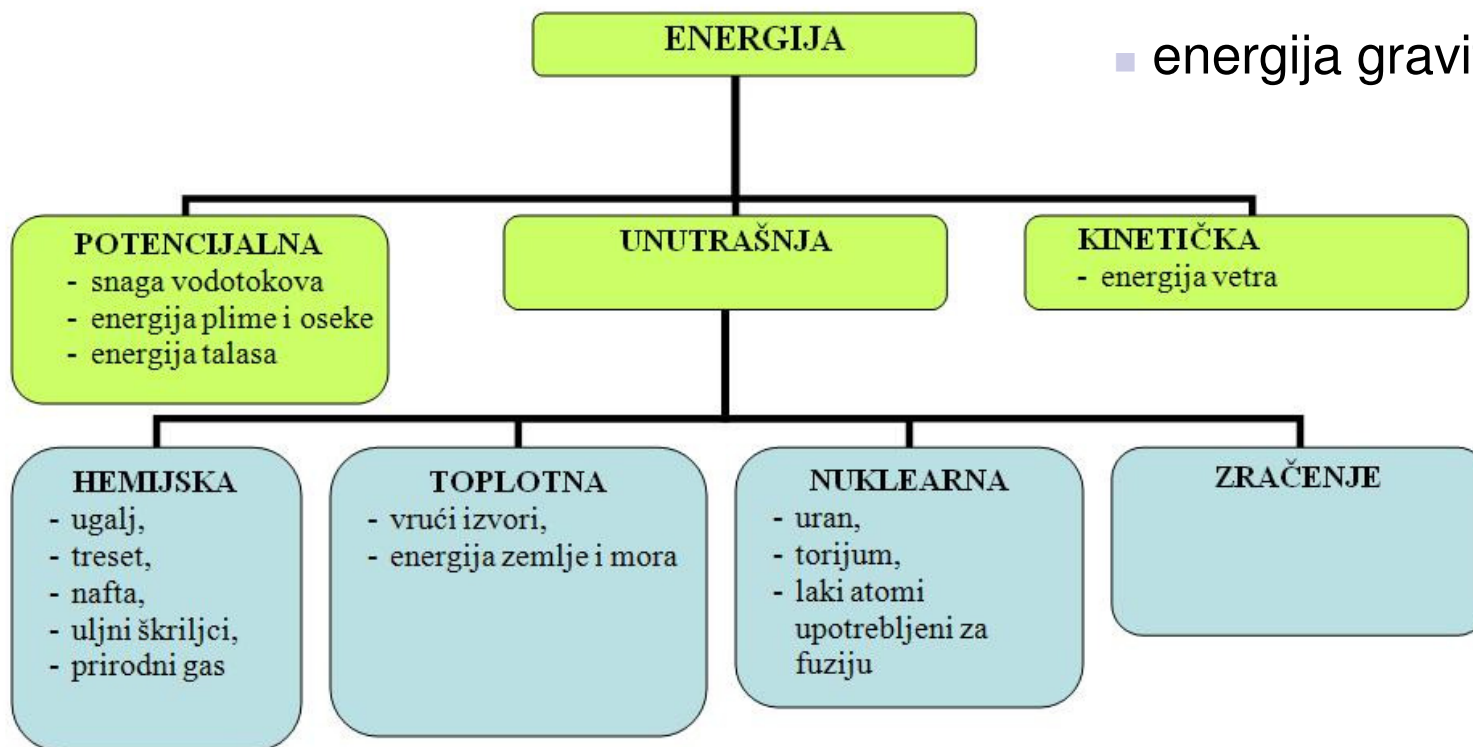
■ Veliki deo primarnih oblika energije se ne može neposredno koristiti, već je potrebna transformacija u sekundarni oblik.

Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

Izvori energije

Tri osnovna izvora energije:

- energija Sunca,
- energija iz Zemlje i
- energija gravitacije.





Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

Primarne energije se mogu podeliti na:

- Konvencijalne i nekonvencijalne izvore energije
- Neobnovljive i obnovljive izvore energije

Konvencijalne izvore energije

- Drvo, ugalj, sirova nafta, prirodni gas
- Energija vodenih tokova (hidropotencijal)
- Nuklearna goriva (uran, torijum, deuterijum)

Nekonvencijalne izvore energije

- Energija zračenja Sunca
- Geotermalna energija
- Energija mora i morskih talasa, plime i oseke
- Energija vetra



Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

Pojam obnovljivi izvori energije odnosi se na izvore energije koji su sačuvani u prirodi i potpuno se ili delimično obnavljaju

Obnovljivi izvori energije su:

- Energija zračenja Sunca
- Energija vodenih tokova (hidroenergija)
- Energija vetra
- Energija plime i oseke
- Energija talasa mora
- (Geotermalna energija)



Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

Neobnovljivi oblici energije su oblici energije čije se rezerve smanjuju usled korišćenja (energija fosilnih i nuklearnih goriva kao i geotermalna energija)

Neobnovljivi izvori energije su:

- Sva fosilna goriva (ugalj, nafta, uljni škriljci, bituminozni peskovi)
- Nuklearna goriva
- (Geotermalna energija)



Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

- **Sekundarna energija** je energija koja je tehnološkim procesima transformacije dobijena iz primarnih izvora (npr. koks, briketi, nuklearno gorivo, benzin, lož ulje, električna energija, toplotna energija, itd).

Ovim se procesima transformacije menjaju hemijske ili fizičke osobine primarne energije

- **Finalna** energija je ona energija koja dolazi do krajnjeg korisnika - energija na granici sistema (zgrade) – može biti i primarna i sekundarna



Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija

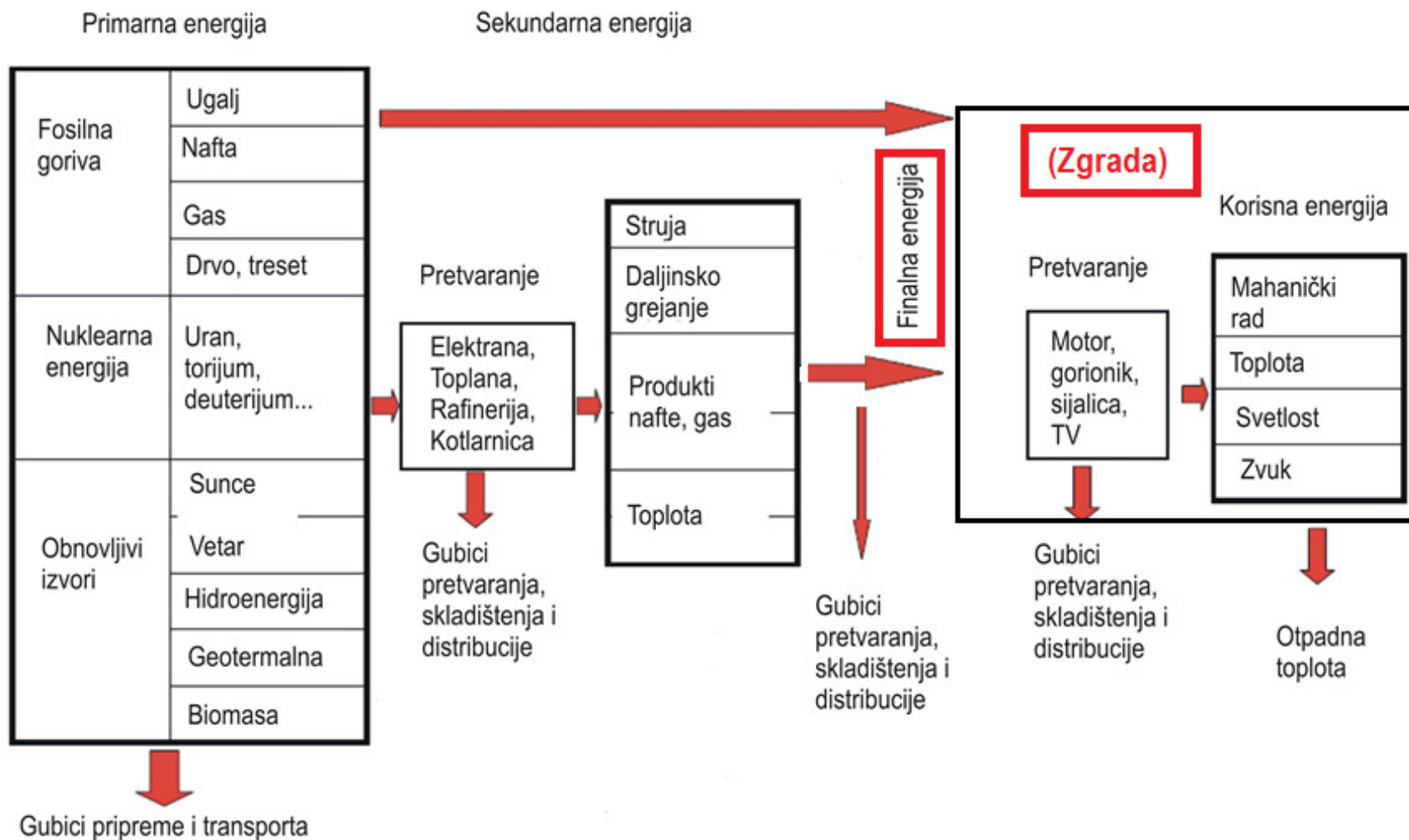
- **Korisna energija** je onaj deo energije koji se dobija posle odbijanja svih gubitaka koji nastaju pri procesima dobijanja, prerade (proizvodnje), skladištenja i prenosa primarnih i sekundarnih izvora energije

Korisna je energija krajnjem korisniku na raspolaganju u obliku koji mu najviše odgovara

Oblik energije koji se neposredno može koristiti je korisni oblik energije

- **Transformacije energije** se odvijaju do onih energetske oblika koji su potrebni, a to su:
 - toplotna energija,
 - mehanička energija,
 - hemijska energija i
 - svetlosna energija
 - energija zvuka

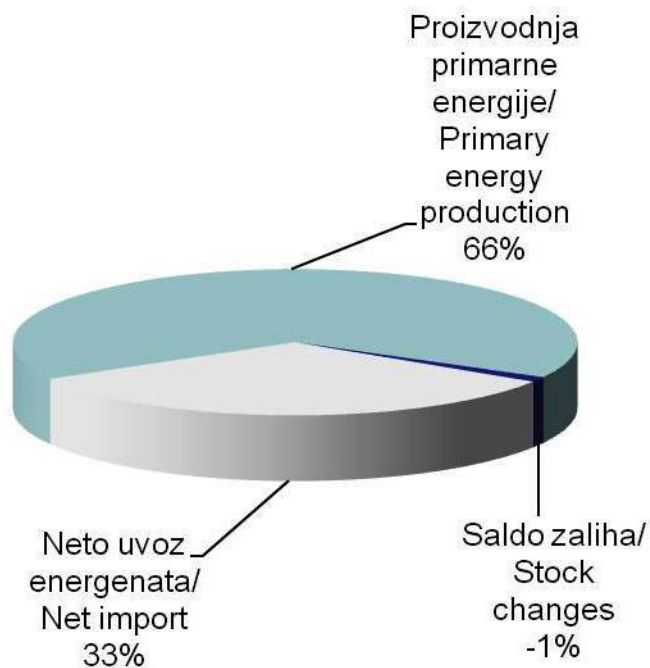
Oblici energije – primarna, sekundarna, finalna i korisna energija



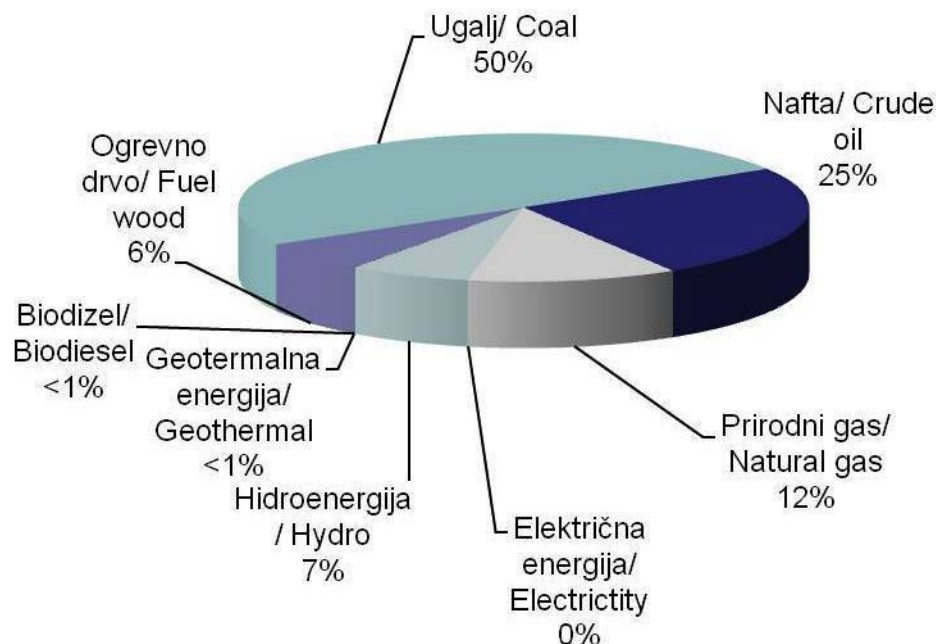
Energetski bilans Republike Srbije

Snabdevanje primarnom energijom u 2010. godini – 15,531 M toe
(izvor – Energetski bilans za 2010.)

Struktura bruto primarne energije – zavisnost od uvoza



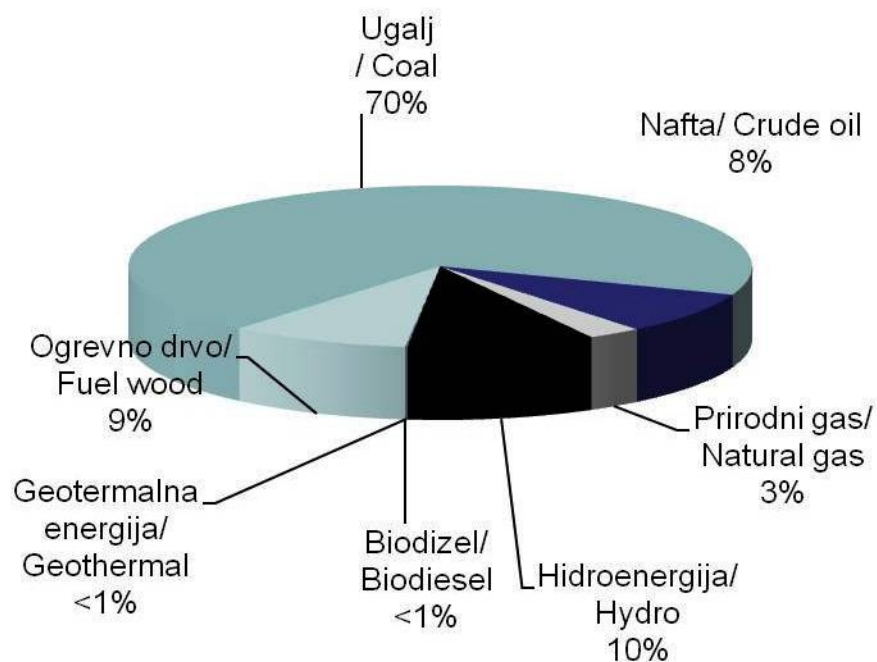
Struktura primarne energije – prema vrsti energenta



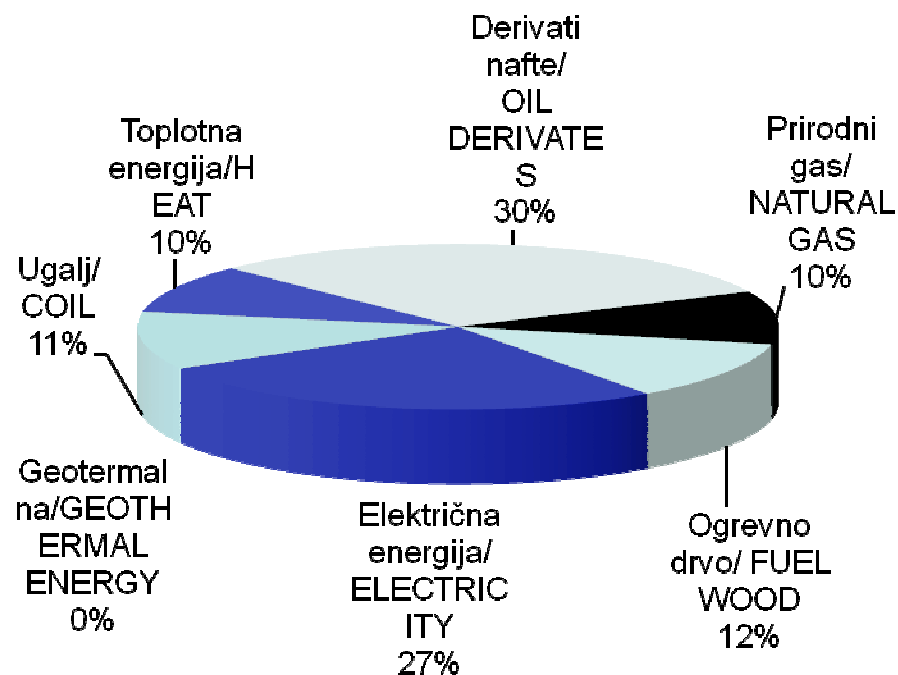
Energetski bilans Republike Srbije

Potrošnja finalne energije u 2010. godini – 8,889 M toe
(izvor – Energetski bilans za 2010.)

Proizvedena primarna energija

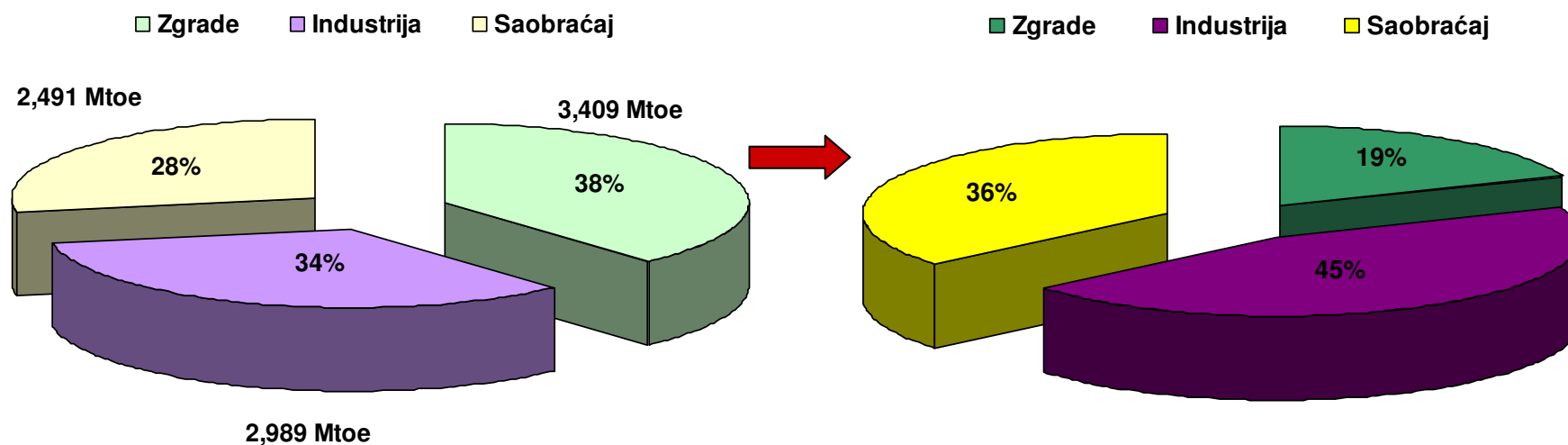


Potrošena finalna energija



Analiza stanja u Republici Srbiji i moguće uštede

- Potrošnja energije u zgradama uzima značajan udeo u ukupnoj potrošnji energije



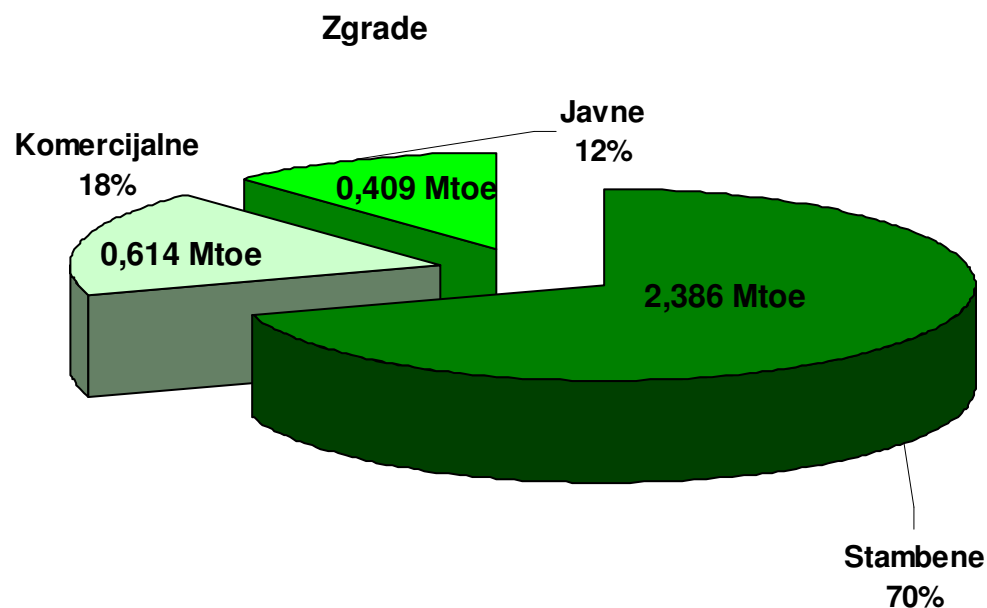
Prema podacima za 2010. godinu

Indikativni ciljevi za budućnost

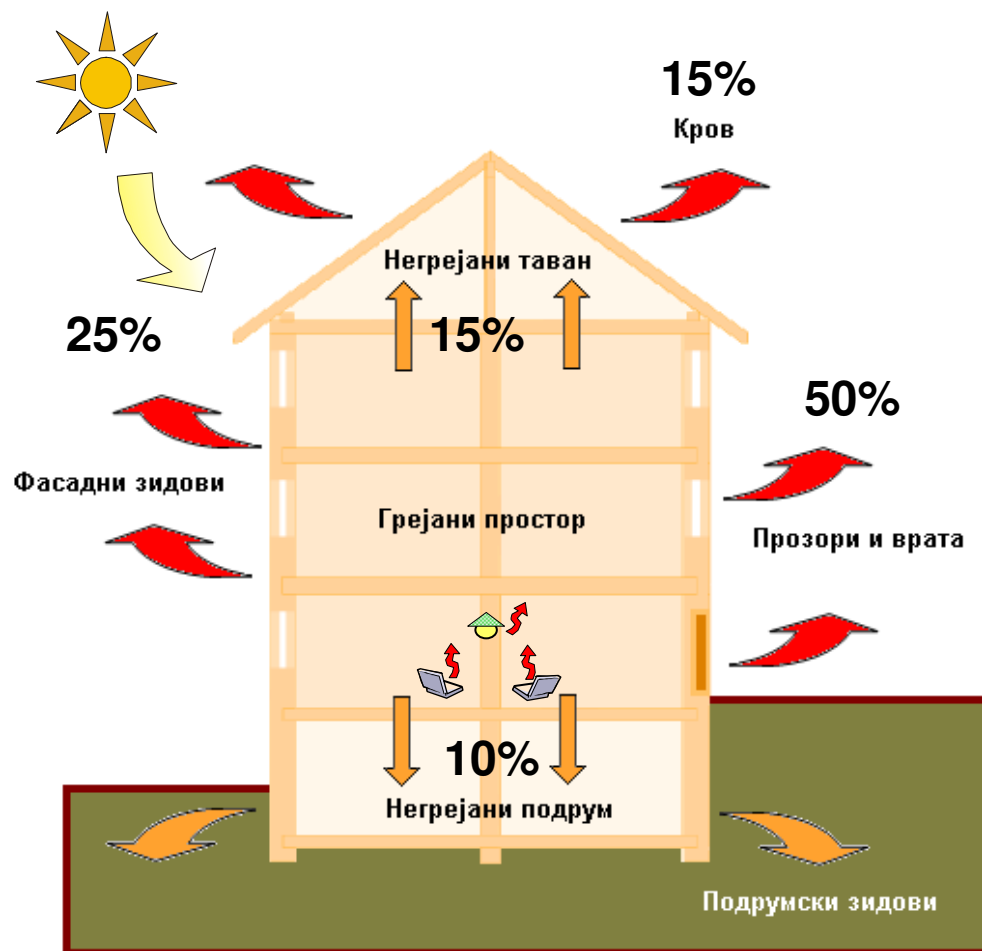
Potrošnja energije u zgradama

Grejanje stanova u Srbiji:

- pomoću individualnih sistema (električna energija, gas, drva i ugalj) 45%,
- kotlarnica 28% i
- mreža daljinskog grejanja 27% (najviše u Novom Sadu i Beogradu (60%, odnosno 50%).

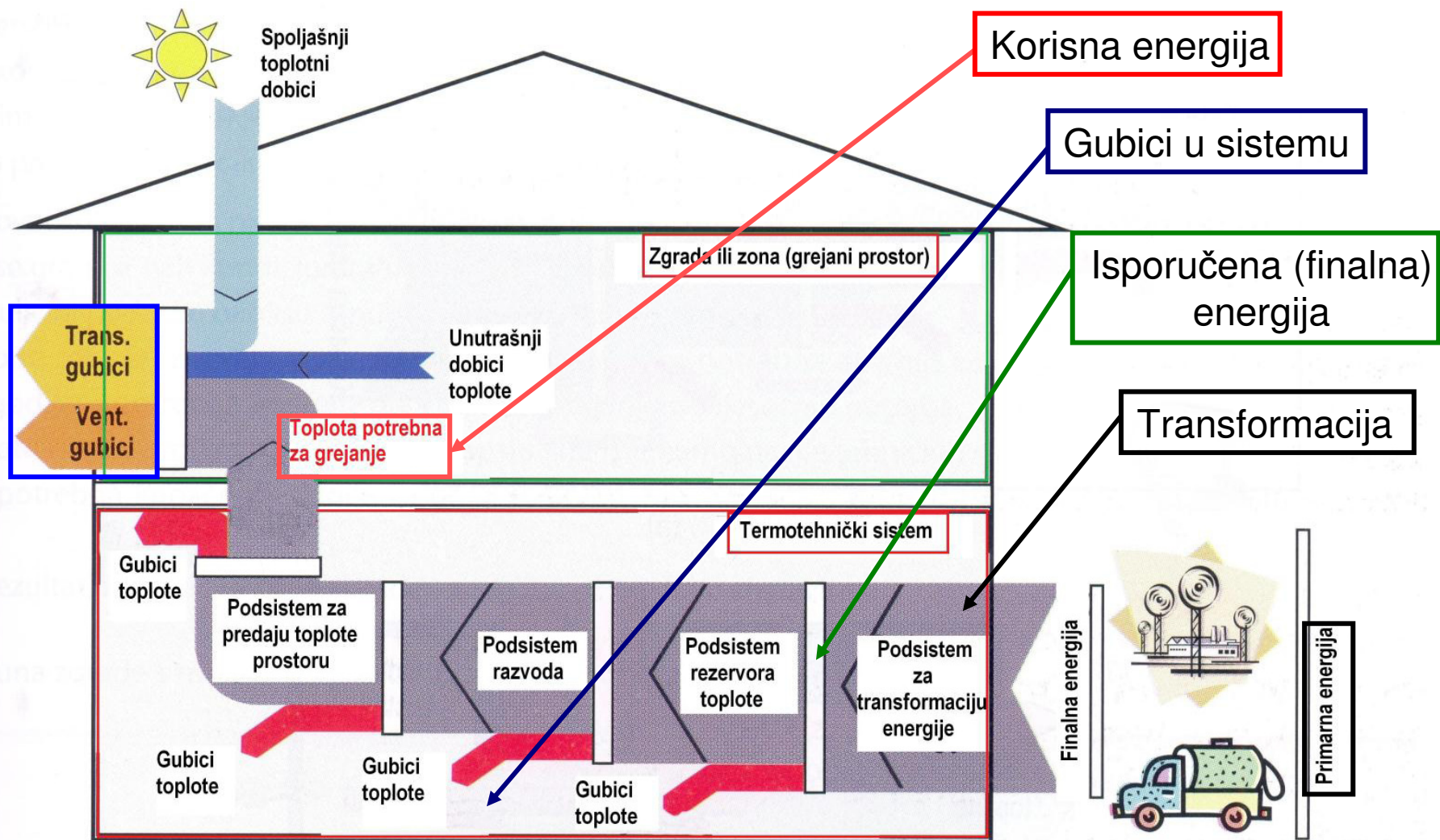


Toplotni bilans zgrade – zimski uslovi



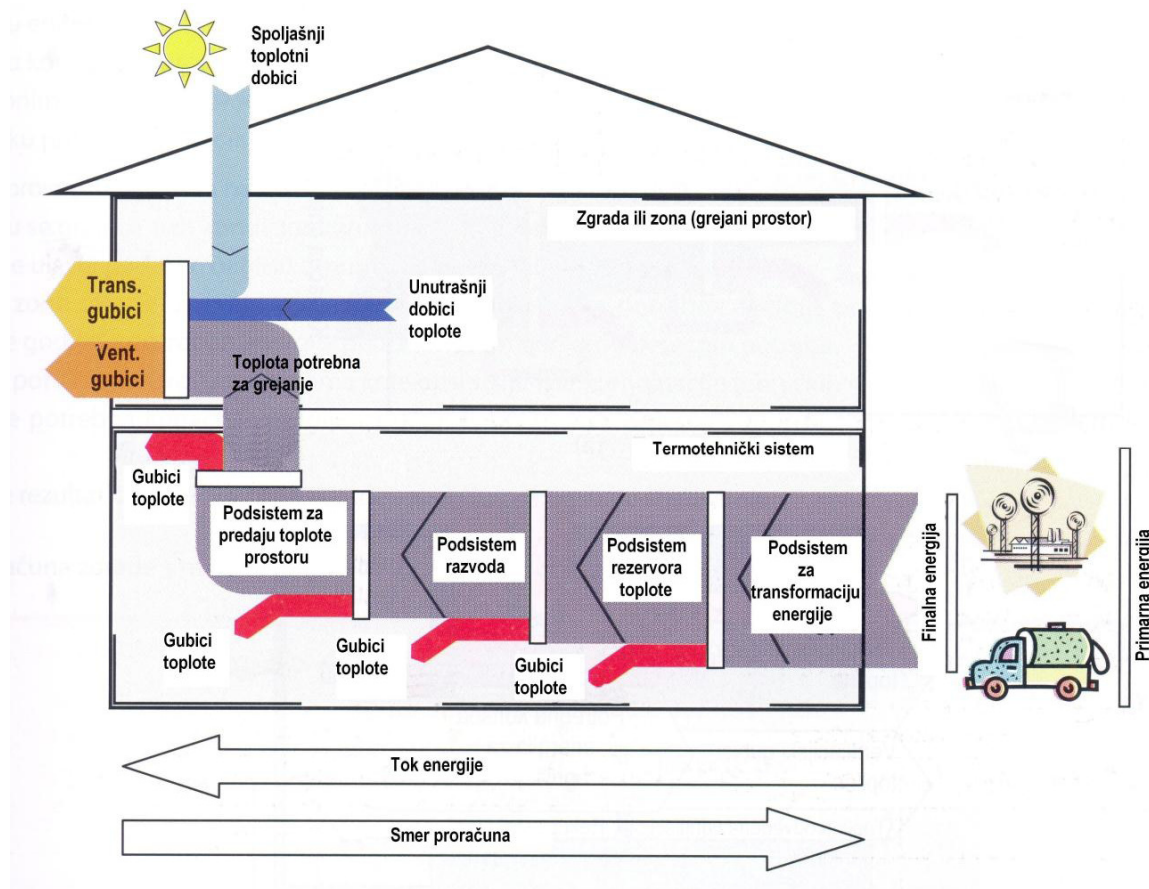
- Prozori i zastakljene površine - termički najosetljiviji deo omotača, utiču na ventilacione i transmisione gubitke
- Uzimaju se u obzir korisni dobici toplote od Sunca i unutrašnjih izvora
- Sistem za grejanje treba da nadoknadi samo trenutne gubitke toplote tokom cele grejne sezone, kroz pravilnu regulaciju toplotnog učinka
- Izvor snabdevanja treba da bude efikasan

Toplotni bilans zgrade – zimski uslovi



Toplotni bilans zgrade – tok proračuna

- Proračun tokova energije vrši se za određeni prostor – tzv. zonu (npr. stan, zgrada, i sl.)
- Redosled proračuna potrebne energije vrši se u obrnutom smeru od toka energije.



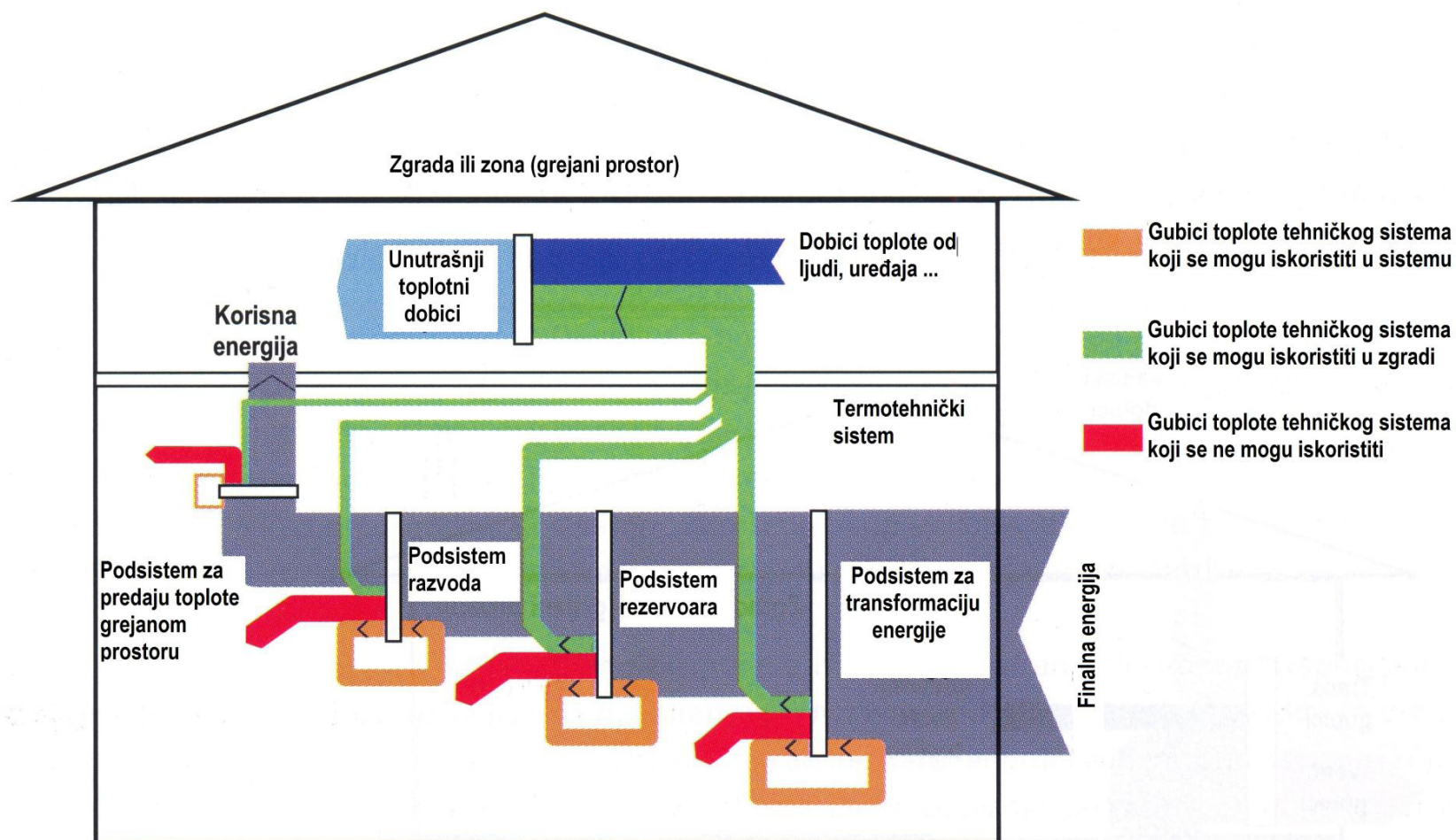


Toplotni bilans zgrade – tok proračuna

1. Najpre se izračunava potrebna toplota za grejanje koju treba dovesti ili odvesti u svrhu ostvarivanja željenog stanja u prostoru
2. Zatim se pristupa proračunu potrebne energije za pogon termotehničkog sistema za isporuku potrebne energije za grejanje.
3. Gubici koji se javljaju u sistemu grejanja potiču usled:
 - proizvodnje (transformacije hemijske energije goriva u toplotu i toplotnih gubitaka kotla u okolinu),
 - prilikom distribucije (toplotnih gubitaka u okolinu prilikom transpota grejnog fluida od izvora do grejnih tela),
 - prilikom skladištenja (toplotni gubici u okolinu od rezervoara za skladištenje tople vode) i
 - usled gubitaka u razmini toplote u samom grejanom prostoru.
4. Na kraju se određuje potrebna količina primarne energije, koristeći faktore konverzije u zavisnosti od izvora energije

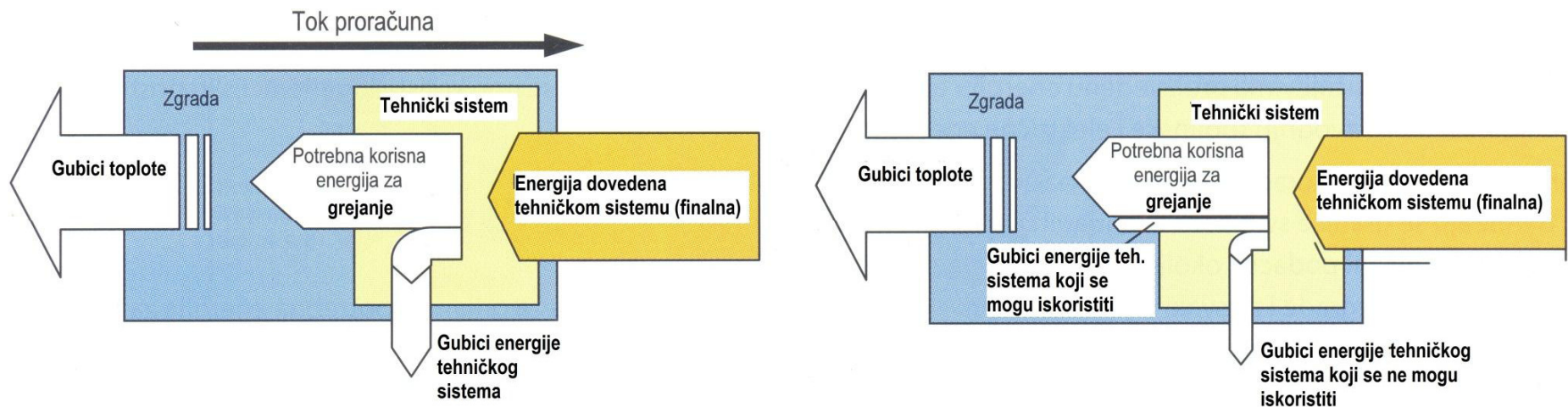
Toplotni bilans zgrade – tok proračuna

- Podatak o toplotnim gubicima ulazni je parametar za bilans termotehničkih sistema



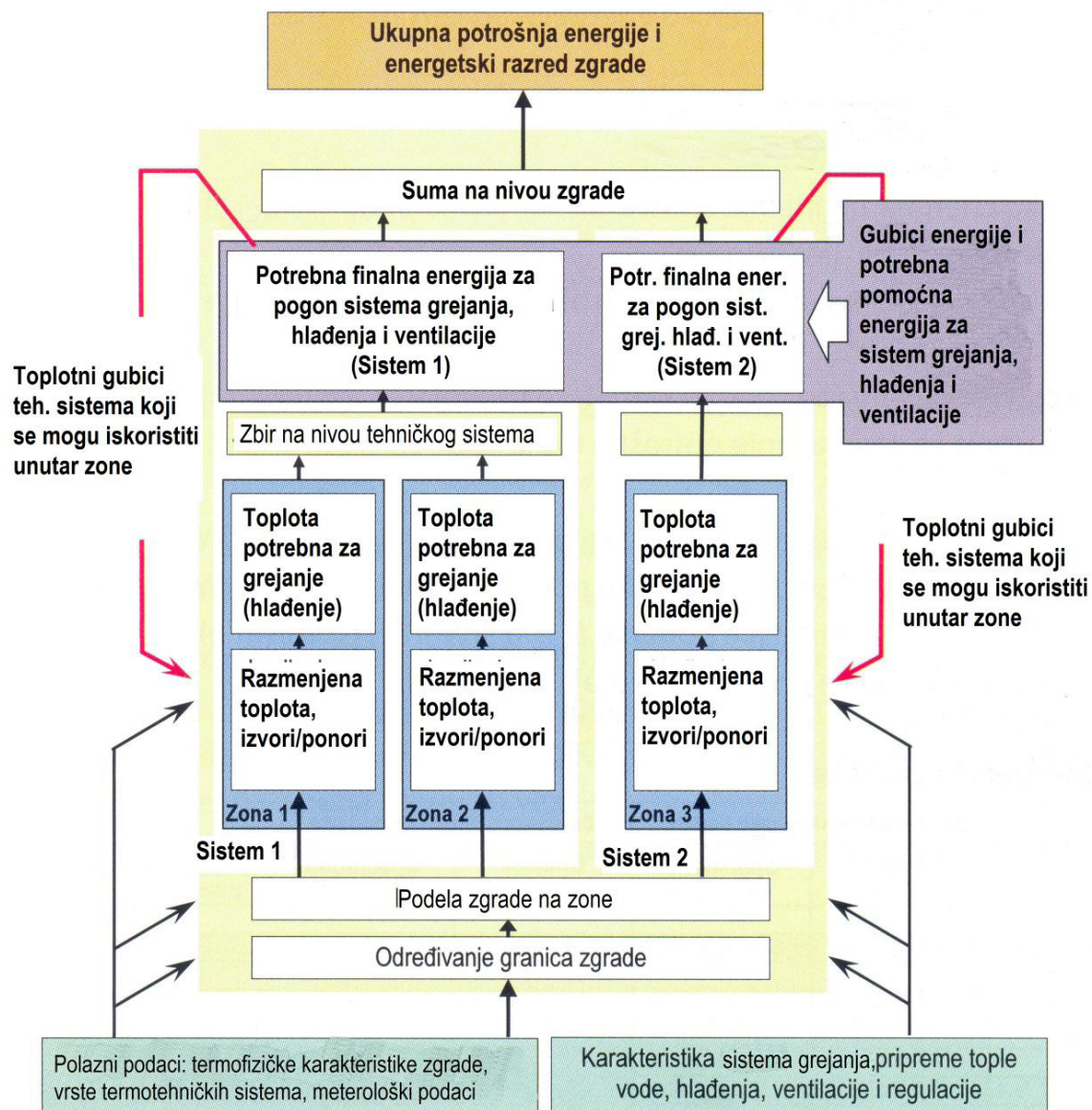
Toplotni bilans zgrade – tok proračuna

- Interakcija i tokovi energija između zgrade i tehničkog sistema



Toplotni bilans zgrade – tok proračuna

Šematski prikaz
toka proračuna



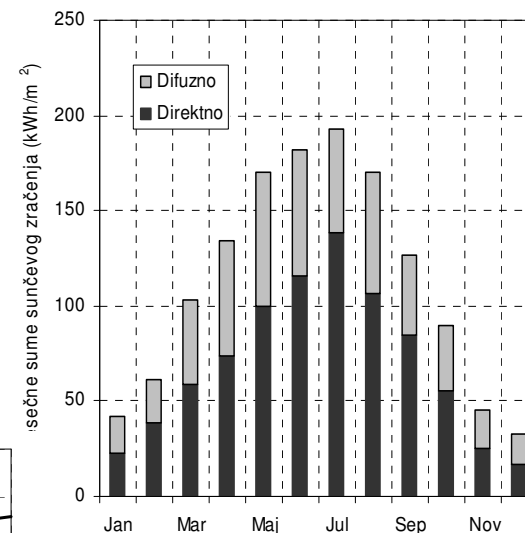
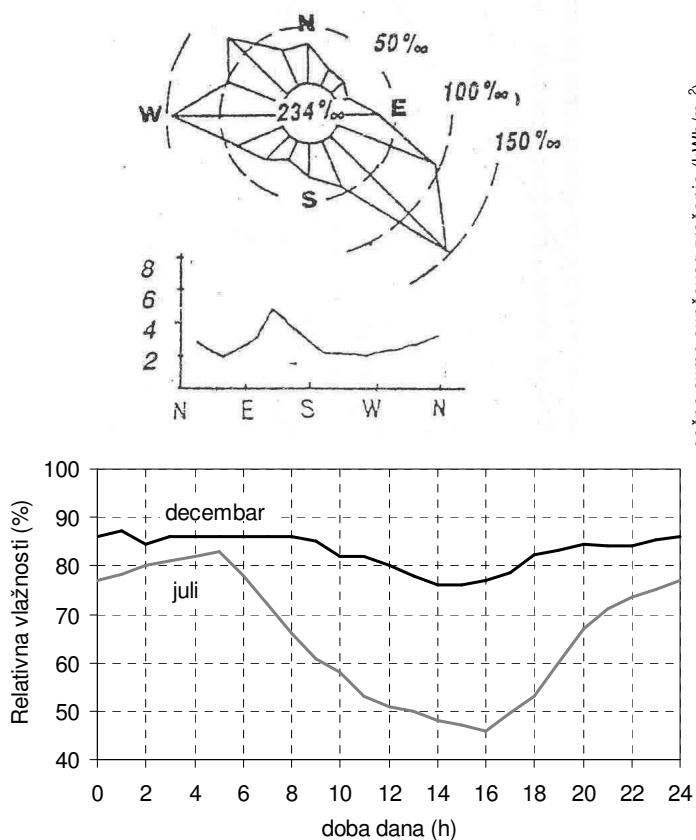
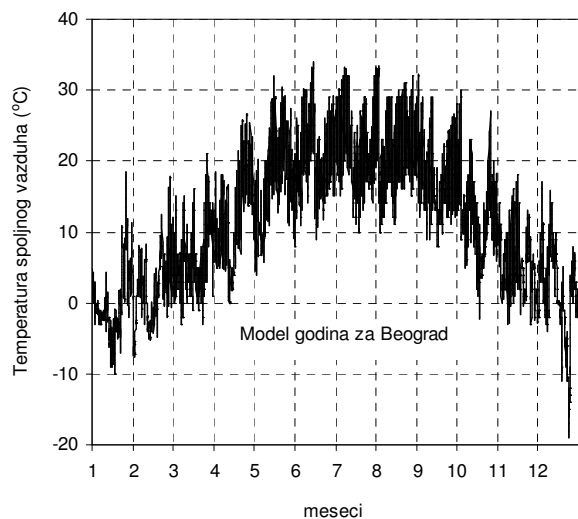


Parametri koji utiču na potrošnju energije

- Klimatski faktori, koji su određeni lokacijom na kojoj se zgrada nalazi;
- Termički omotač i geometrija zgrade,
- Karakteristike KGH sistema, izvora energije i nivoa automatske regulacije,
- Režim korišćenja i održavanja zgrade i tehničkih sistema i
- Eksploatacioni troškovi, odnosno cene energenata i energije.

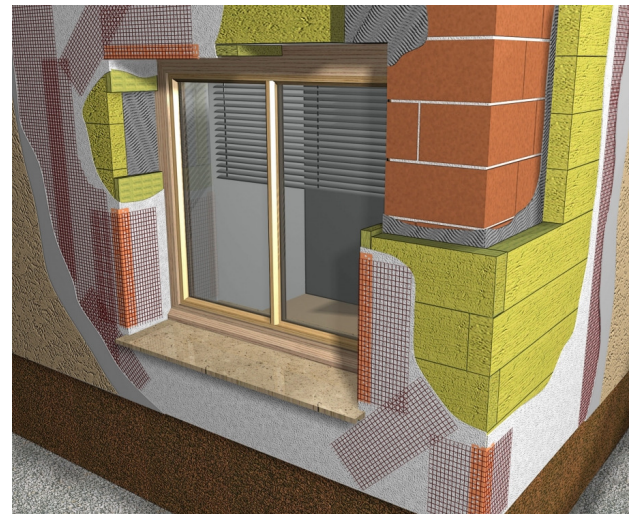
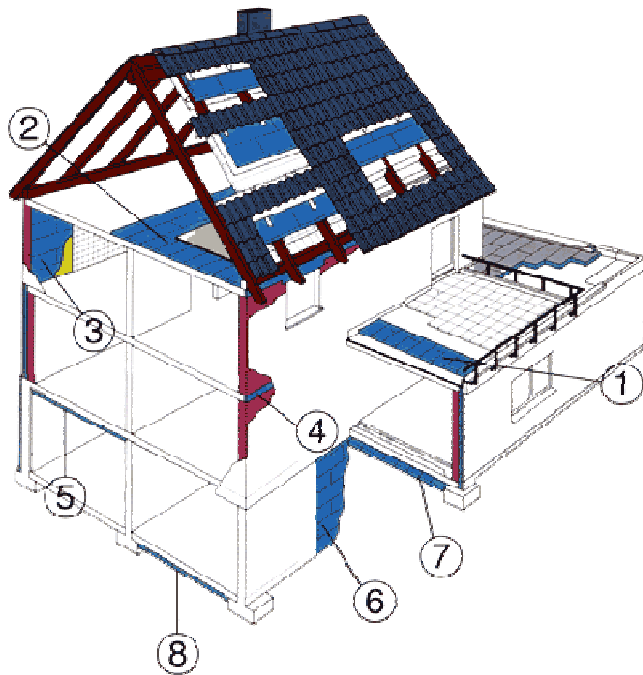
Parametri koji utiču na potrošnju energije

Klimatski faktori, kao što je godišnje kretanje temperature vazduha i relativne vlažnosti, insolacija i dozračeni intenzitet sunčevog zračenja, vetrovitost, i drugo, odlika su lokacije na kojoj se zgrada nalazi.



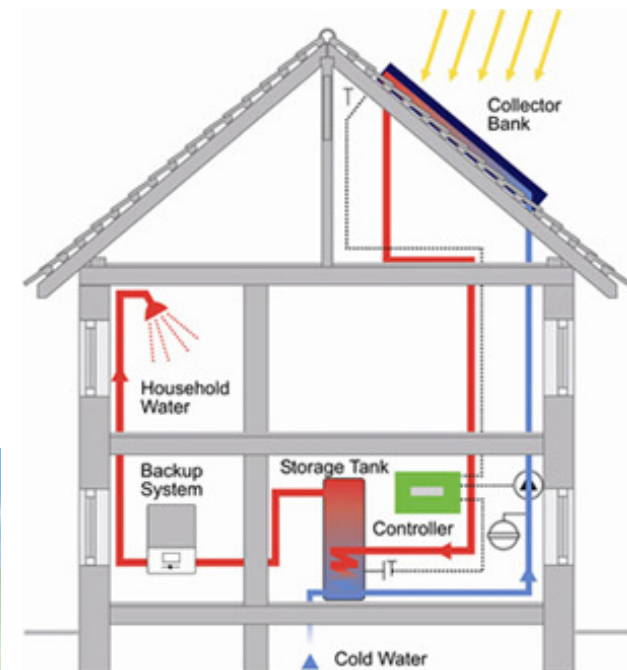
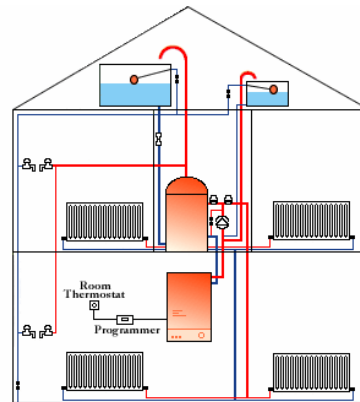
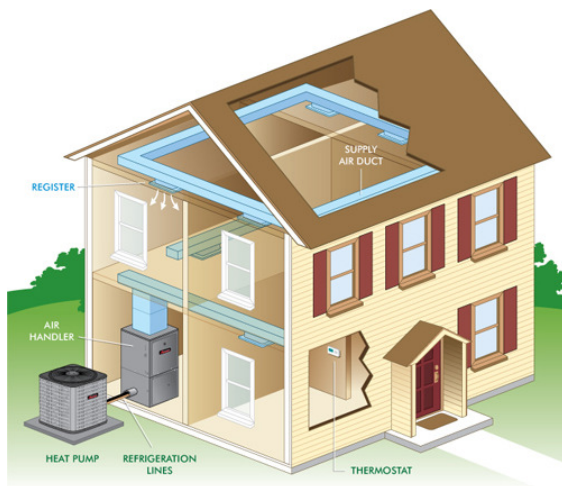
Parametri koji utiču na potrošnju energije

Termički omotač, geometrija zgrade, njen položaj u odnosu na izloženost Suncu i vetrovima direktno utiču na energetske potrebe zgrade. Što je bolja termička izolacija i zaptivenost prozora i vrata, a manji faktor oblika, potrebna instalirana snaga sistema za grejanje će biti manja.



Parametri koji utiču na potrošnju energije

Pažljivim i stručnim izborom KGH sistema, izvora snabdevanja energijom i nivoa automatske regulacije moguće je ostvariti značajne uštede energije koju ovi sistemi troše tokom godine.



Parametri koji utiču na potrošnju energije

Kako bi zgrada imala zadovoljavajuće energetske performanse, potrebno je **redovno i pravilno održavanje zgrade i sistema** u njoj. Ukoliko izostane redovno održavanje a ne naruši se u potpunosti funkcionalnost sistema, gotovo redovno se javlja slučaj neracionalne potrošnje energije.



Parametri koji utiču na potrošnju energije

Prilikom projektovanja novih sistema, a češće prilikom izvođenja projekata rekonstrukcije postojećih, sastavni deo procedura je sprovođenje tehnokonomске analize, odnosno sagledavanja **investicionih i eksploatacionih troškova** kroz životni vek projekta. Ukoliko postoji disparitet cena na tržištu, doći će do pojave neracionalne potrošnje energije.





Toplotne zone zgrade – projektni uslovi

- Prilikom projektovanja zgrade vrši se toplotno zoniranje, odnosno grupisanje grejanih prostorija prema unutrašnjoj projektnoj temperaturi.
- Grejane prostorije na istu **unutrašnju projektanu temperaturu** (do 4K razlike) odvojene su termičkim omotačem od:
 - spoljašnjeg prostora i
 - negrejanog prostora / druge toplotne zone.
- Unutrašnja projektana temperatura određuje se prema nameni prostorija, a u skladu sa uslovima za postizanje termičkog komfora prema standardima **SRPS EN 15251:2007** i **SRPS EN 7730:1994**.



Termički parametri sredine

Na odavanje toplote čoveka utiču dve vrste parametara, a to su:

Uticaj sredine – TERMIČKI PARAMETRI SREDINE

- temperatura vazduha (θ_a),
- temperatura okolnih površina (θ_{si}),
- relativna vlažnost vazduha (φ) i
- brzina strujanja vazduha (w)

Lični (subjektivni) uticaji

- stepen fizičke aktivnosti,
- odevenost,
- zdravstveno stanje,
- uzrast (starosna dob),
- pol,
- telesna težina, itd.

Najznačajniji lični uticaji su stepen fizičke aktivnosti i odevenost.

Temperatura vazduha

Temperatura vazduha utiče na odavanje suve toplote **konvekcijom**, proporcionalno razlici temperatura tela i vazduha:

$$Q_{conv} = A_{Du} \cdot f_{cl} \cdot h_c (\theta_{cl} - \theta_a)$$

gde su:

- Q_{conv} – toplota koju čovek odaje konvekcijom,
- A_{Du} – spoljna površina telesnog omotača (prema Dubois-u),
- f_{cl} – stepen odevenosti koji predstavlja odnos površine odevenog tela prema površini nagog tela,
- η_{cl} – koeficijent prelaza toplote sa površine odeće na vazduh,
- θ_{cl} – temperatura površine odeće i
- θ_a – temperatura okolnog vazduha.

Za čoveka prosečne visine ($h = 1,73\text{m}$) i težine ($m = 70\text{ kg}$) vrednost spoljne površine telesnog omotača iznosi $A_{Du} = 1,8\text{ m}^2$.

Mera odevenosti

1 clo \longrightarrow 0,155 m²K/W.

Vrsta odeće	R_{cl} (clo)	f_{cl} (-)
Naga osoba	0,0	1,00
Šorts	0,1	1,01
Veoma laka odeća (šorts, laka košulja – kratak rukav, lake pamučne čarape i sandale)	0,3-0,4	1,05
Laka radna odeća (laki pamučni donji veš, tanke pantalone, pamučna košulja, pamučne ili vunene čarape i lake cipele)	0,6	1,10
Tipično poslovno odelo (Pamučni donji veš, košulja, pantalone, sako, kravata, čarape i cipele)	1,0	1,15
Tipično poslovno odelo sa lakim kaputom	1,5	1,15
Teška vunena odeća sa jaknom (polarna)	3,0-4,0	1,30-1,50

Mera fizičke aktivnosti

Kao mera fizičke aktivnosti čoveka uvedena je jedinica *met* i ona odgovara odavanju toplote čoveka od 58,2 W/m² površine tela.

Aktivnost	Odavanje toplote	
	met	W
spavanje	0,7	75
sedenje	1,0	105
hodanje brzinom 3,2 km/h	2,0	210
hodanje brzinom 6,4 km/h	3,8	400
kancelarijski rad	1,0 – 1,4	105 – 150
spremanje kuće	2,0 – 3,4	210 – 355
plesanje	2,4 – 4,4	250 – 460
košarka	5,0 – 7,6	580 – 800
maksimalna (kratkotrajna)	11,5	1200

Temperatura okolnih površina

Temperatura okolnih površina (unutrašnje površine zidova, prozora, poda i tavanice) utiče na razmenu toplote zračenjem. Toplota razmenjena zračenjem proporcionalna je razlici četvrtih stepena apsolutne temperature tela i srednje vrednosti temperature okolnih površina:

$$Q_R = A_{ef} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left[(T_{tela})^4 - (T_o)^4 \right]$$

gde su:

A_{ef} – efektivna površina zračenja (m^2),

f_{ef} – efektivni faktor zračenja površine koji predstavlja odnos između efektivne površine

odeće i ukupne spoljne površine odeće, zavisi od položaja tela,

ε – koeficijent emisije zračenja spoljne površine odeće,

σ – Štefan-Bolcmanova konstanta, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ (W/m^2K^4),

T_{tela} – temperatura tela (K),

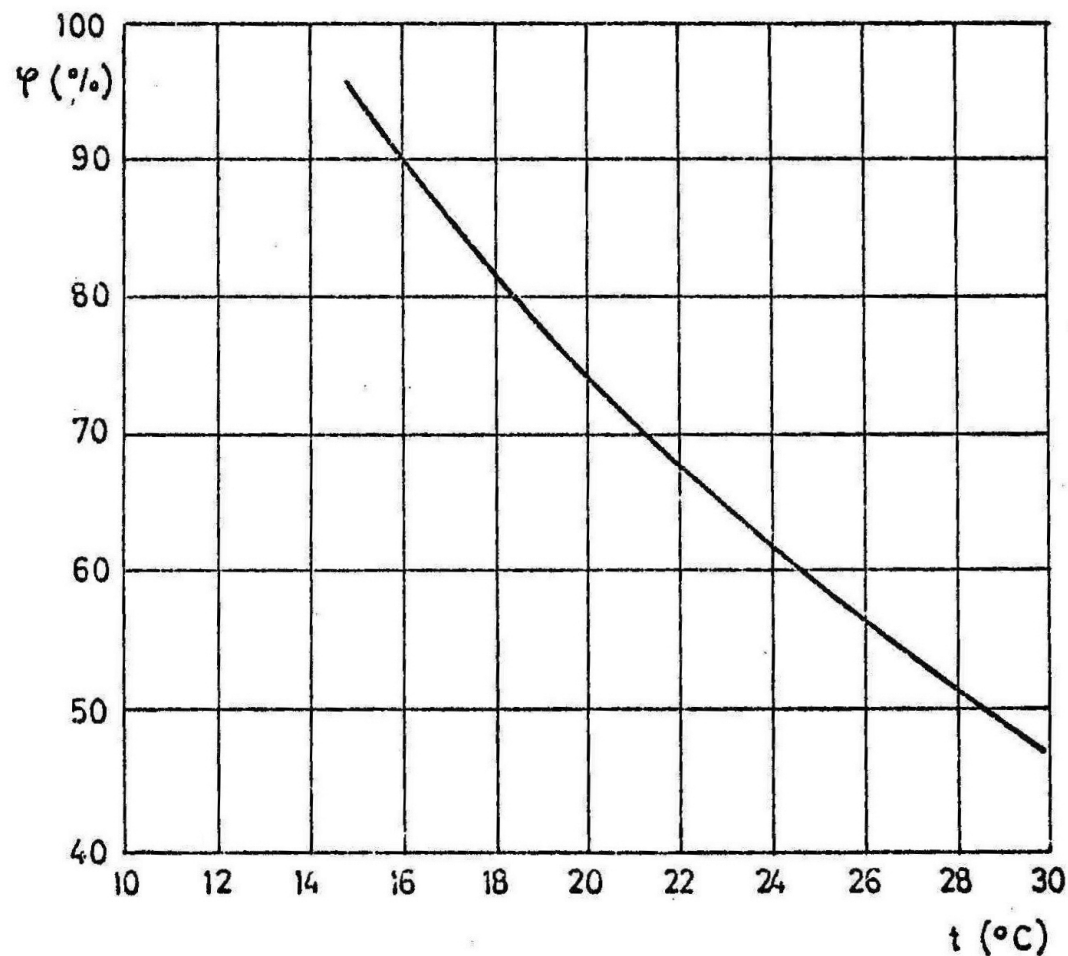
T_o – temperatura okolnih površina (K).



Relativna vlažnost vazduha

- Relativna vlažnost vazduha utiče, pre svega, na odavanje latentne toplote. Odavanje latentne toplote čoveka proporcionalno je razlici parcijalnog pritiska zasićenja za temperaturu površine tela i parcijalnog pritiska vodene pare u okolnom vazduhu. Naime, običajeno se smatra da je vazduh u neposrednom dodiru sa površinom kože, usled znojenja čoveka, primio maksimalno moguću količinu vodene pare, tj. da je zasićen.
- Uticaj relativne vlažnosti na osećaj ugodnosti čoveka treba posmatrati u “sadejstvu” sa temperaturom vazduha. Pri visokim temperaturama visoka relativna vlažnost nije dobra jer onemogućava odavanje latentne toplote (znojenjem) što je najvažniji način hlađenja tela pri visokom temperaturama okoline

Dozvoljene vrednosti relativne vlažnosti u funkciji temperature



Komforna klimatizacija

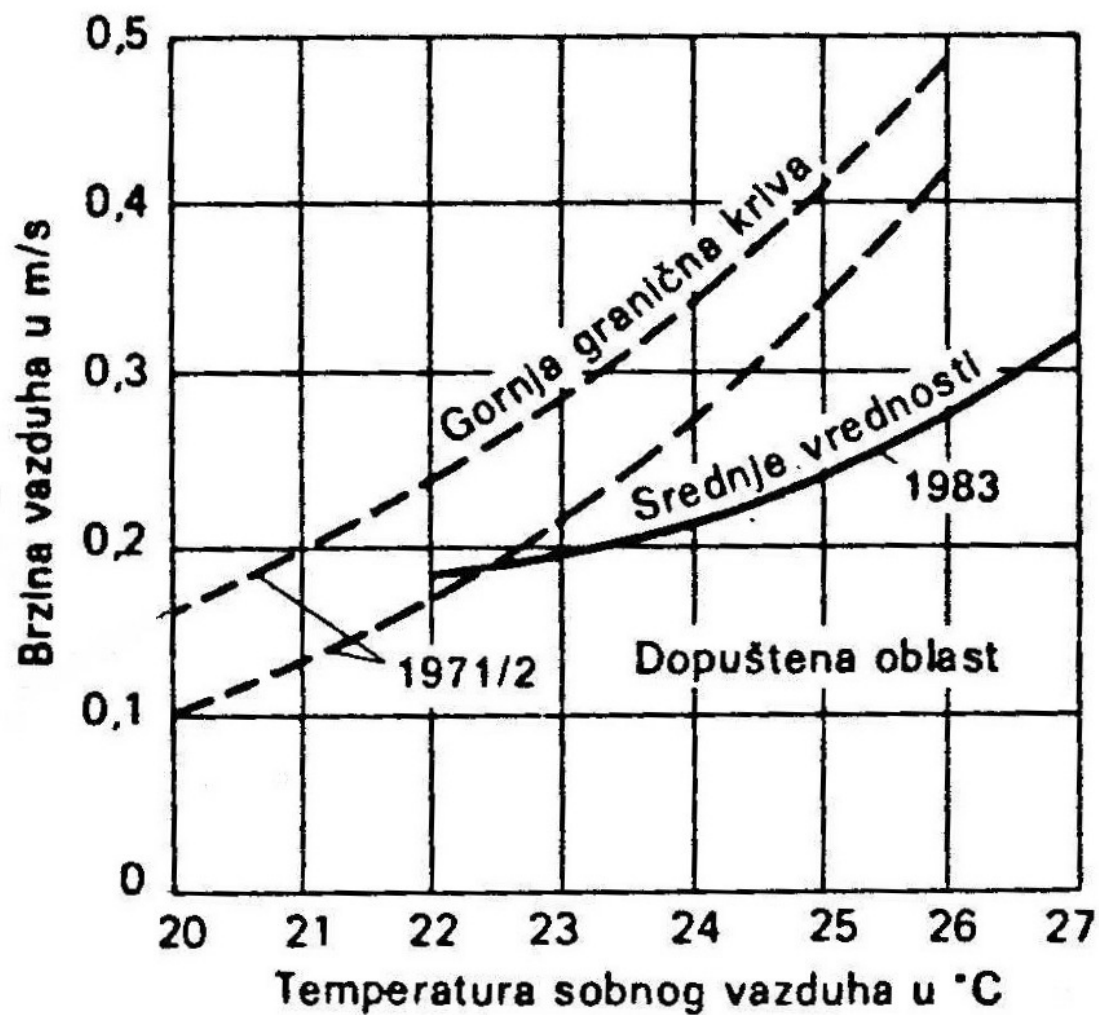
(30) $35 \leq \varphi \leq 65$ (70) %



Brzina strujanja vazduha

- Brzina strujanja vazduha utiče na prenos toplote konvekcijom i odavanje latentne toplote. Povećanjem brzine kretanja vazduha raste koeficijent prelaza toplote, pa se time povećava i količina toplote predata konvekcijom.
- Takođe, intenzivira se i odavanje latentne toplote jer se pri većoj brzini vazduha pospešuje isparavanje sa kože time što se zasićen vazduh koji je u dodiru s površinom kože brže odvodi a na njegovo mesto dolazi okolni suvlji vazduh.
- Veće brzine vazduha mogu izazvati neprijatan osećaj naročito kada se radi o struji hladnog vazduha. Zbog toga se propisuju maksimalne brzine strujanja vazduha u zoni boravka ljudi

Dozvoljene brzine strujanja





Mera termičke ugodnosti

- Kada se govori o termičkoj ugodnosti ljudi ne postoji adekvatan način da se ona deterministički odredi, već se obično procenjuje na osnovu **osećaja** većeg broja ljudi.
- Istraživanja se odvijaju tako što se grupa ljudi izloži dejstvu nekih termičkih uslova, i posle određenog perioda aklimatizacije beleži se njihova reakcija i ocena ugodnosti boravka u tim uslovima. Kasnije se vrši statistička obrada tih podataka i zaključuje pri kojim uslovima sredine najveći broj ljudi se ugodno oseća.
- Ovaj metod daje dobre rezultate kada se varira jedan uticajni parametar (na primer promena temperature: 18, 20, 22, 24°C). Međutim, problem je mnogo složeniji, jer na osećaj ugodnosti deluje više parametara pri čemu je njihovo dejstvo interaktivno (međuzavisno).



Termička ugodnost – generalni stav

Generalni je stav da pri određivanju prihvatljivih termičkih uslova sredine treba težiti da svaki parametar bude u “razumnim” granicama za datu namenu objekta (određena aktivnost ljudi i uobičajena odevenost). Pri tome se treba pridržavati nekoliko osnovnih principa:

- što je viša temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha treba da je niža;
- što je niža temperatura vazduha, brzina strujanja vazduha treba da je manja;
- što je srednja temperatura okolnih površina viša u zimskom periodu, temperatura vazduha treba (može) da bude niža.



Unutrašnja projektna temperatura

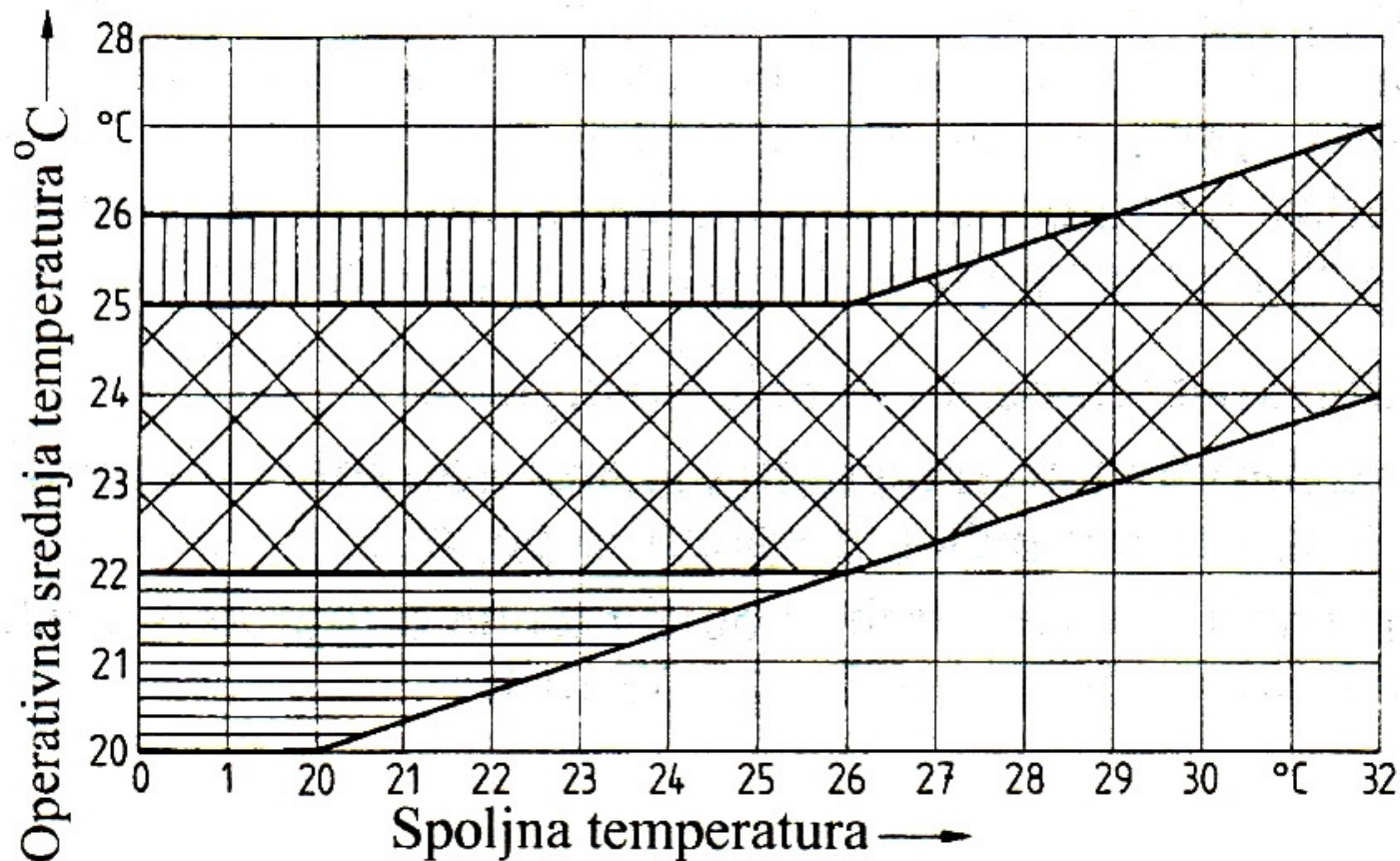
- Unutrašnja projektna temperatura se određuje prema nameni prostorija.
- Namena prostorije govori o tome kojom se aktivnosti bave ljudi u određenoj prostoriji i kakva je njihova odevenost.
- Pod unutrašnjom projektnom temperaturom se obično podrazumeva temperatura vazduha merena u sredini prostorije na određenoj visini od poda, praktično u zoni boravka ljudi (kod nas – na polovini visine). Termometar kojim se meri temperatura vazduha mora biti zaštićen od uticaja zračenja.
- Međutim, danas postoje tendencije da se unutrašnja projektna temperatura računa kao rezultujuća temperatura – što više odgovara uslovima ugodnosti. Unutrašnja projektna temperatura ima različite vrednosti za zimski i letnji period za istu prostoriju u zgradi.



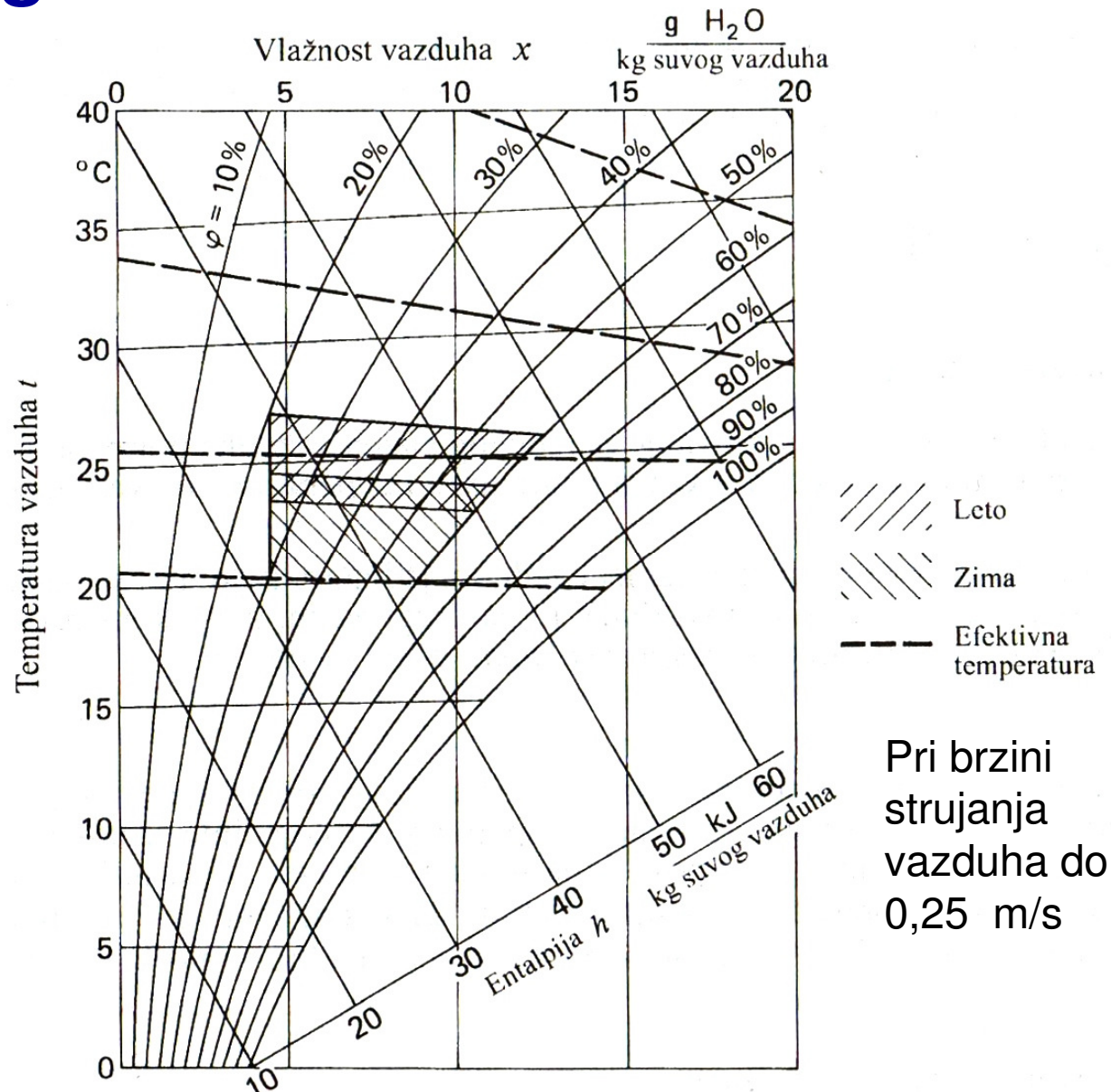
Unutrašnja projektna temperatura

- Tokom zimskog perioda (trajanja grejne sezone) odevenost ljudi je prilagođena spoljnim uslovima, a tokom boravka u zatvorenom prostoru uglavnom ima vrednost koja odgovara približno 1 clo.
- Za letnji period, kada je potrebno hlađenje prostora, unutrašnja projektna temperatura ima višu vrednost, u odnosu na period grejanja, i takođe je prilagođena spoljnim uslovima i manjom odevenošću koja se kreće oko vrednosti od 0,5 clo.
- Za stambene i poslovne objekte uobičajena vrednost unutrašnje projektne temperature za period grejanja i za naše klimatsko podneblje, kreće se od 18 do 22°C.
- Za letnji period vrednost unutrašnje projektne temperature kreće se u opsegu od 22-27°C, što je uslovljeno namenom prostorije, ali i kretanjem spoljne temperature vazduha.

Granice unutrašnje temperature vazduha u prostoriji



Zona ugodnosti





Model toplotne ravnoteže

- Prema standardu SRPS EN ISO 7730 uvode se indeksi kojima se ocenjuje ugodnost boravka u prostoriji.
- PMV indeks (*engl. Predicted Mean Vote*) predviđa kako će grupa ljudi oceniti ugodnost boravka u prostoriji.
- Kod određivanja PMV indeksa fiziološki odziv termoregulacionog sistema osobe povezan je sa statističkim vrednovanjem termičke ugodnosti glasovima prikupljenim od najmanje 1300 ispitanika.
- Njegovo predviđanje je relativno složen matematički postupak, koji se sprovodi prema jednačinama datim u pomenutom standardu.
- Jednostavniji način određivanja PMV indeksa je očitavanjem vrednosti iz tablica za relativnu vlažnost vazduha 50% i različite temperature vazduha, brzine strujanja, nivoa fizičke aktivnosti i odevenosti.

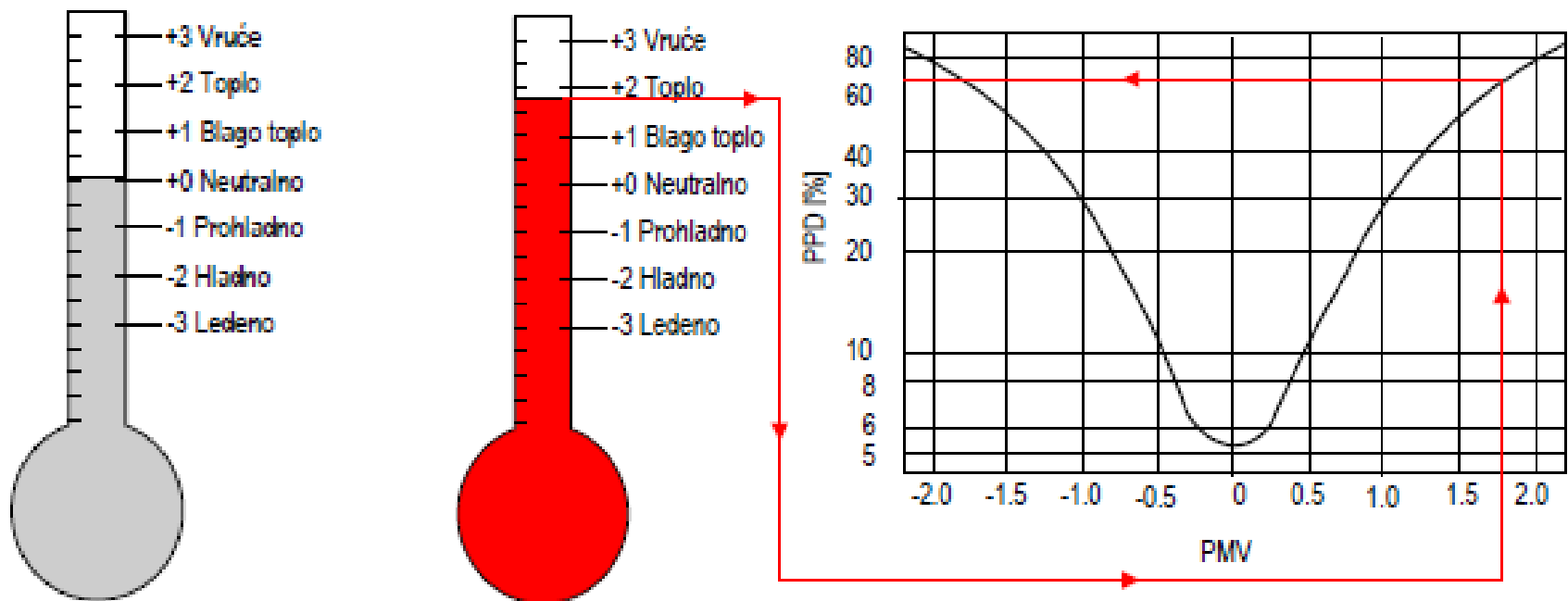
Model toplotne ravnoteže

- Nivo ugodnosti vrednuje se na skali od 7 tačaka. Grupa ispitanika određuje brojevima na skali od -3 do +3 svoj subjektivan osećaj termičke ugodnosti. Osobe koje su se izjasnile brojevima ± 2 ili ± 3 spadaju u grupu nezadovoljnih stanjem u prostoriji.
- Kada je poznat PMV indeks, moguće je odrediti PPD (engl. *Predicted Percentage of Dissatisfied*) indeks koji predviđa procenat nezadovoljnih osoba u nekoj prostoriji. Određuje se pomoću jednostavnog matematičkog izraza kao funkcija od PMV indeksa:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)} [\%]$$

Model toplotne ravnoteže


Skala ugodnosti prema PMV i međusobna zavisnost PMV i PPD indeksa



Model toplotne ravnoteže

Tabela pokazuje različite kategorije termičkog komfora prema kriterijumima PMV i PPD indeksa, kao i oblast temperature vazduha tokom zimskog i letnjeg perioda

Kategorija	Kriterijum ugodnosti		Raspon osetne temperature	
	PPD [%]	PMV [-]	Zima (1,0 clo i 1,2 met) [°C]	Leto (0,5 clo i 1,2 met) [°C]
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	22 ± 1,0	24,5 ± 1,0
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	22 ± 2,0	24,5 ± 1,5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	22 ± 3,0	24,5 ± 2,5



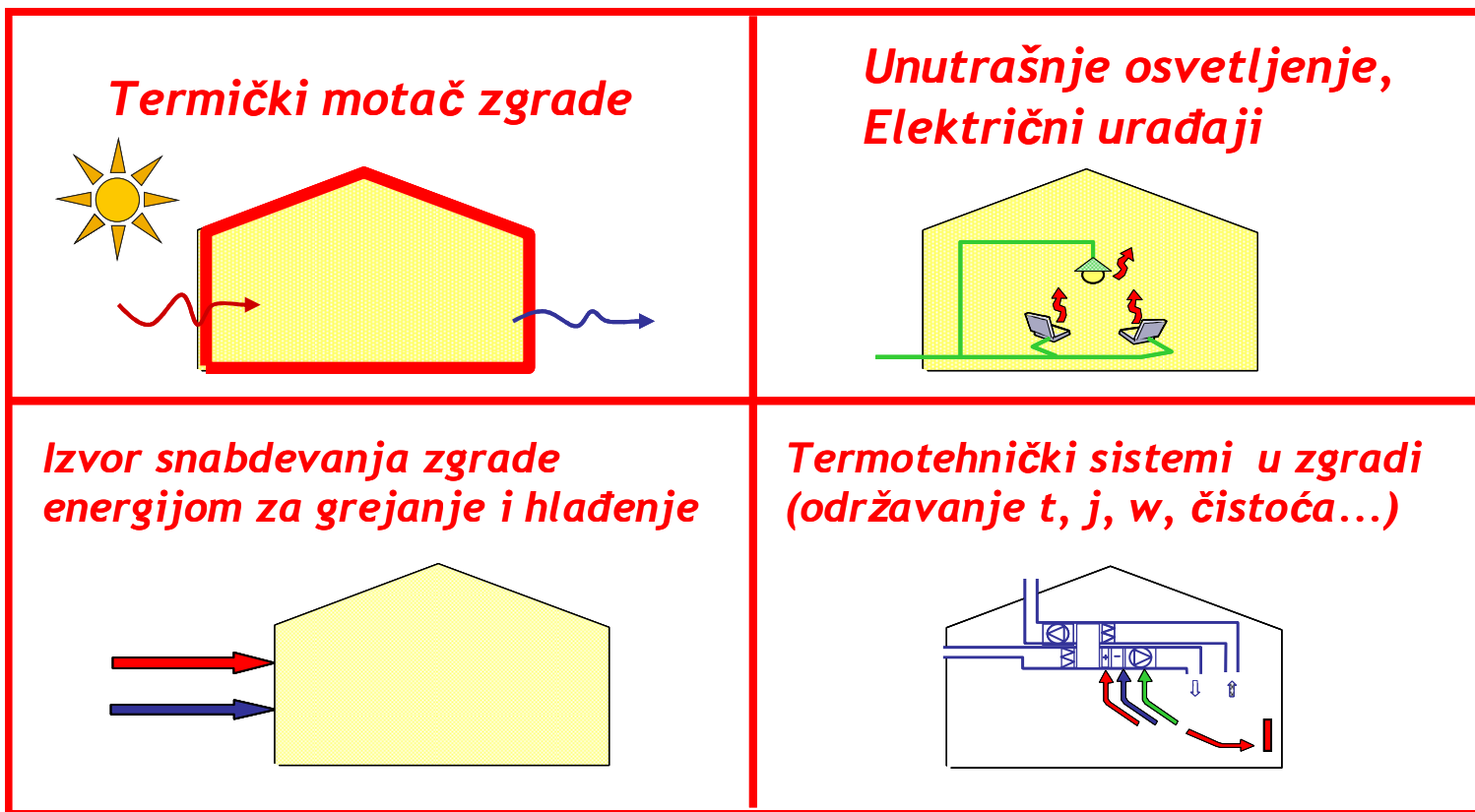
Mere unapređenja energetske efikasnosti zgrada (1)

Mere koje se primenjuju za poboljšanje energetske efikasnosti u zgradama mogu se podeliti u tri osnovne grupe:

- ***Mere poboljšanja karakteristika same zgrade*** kroz smanjenje potreba za grejanjem u zimskom i hlađenja u letnjem periodu (termička izolovanosti i zaptivenost, zaštita od Sunčevog zračenja leti);
- ***Mere unapređenja tehničkih sistema*** kroz primenu opreme i uređaja sa visokim stepenom korisnosti, korišćenje otpadne toplote i obnovljivih izvora energije (bolje iskorišćenje primarne energije);
- ***Mere optimizacije eksploatacije tehničkih sistema*** kroz uvođenje automatskog upravljanja rada instalacija grejanja, hlađenja, ventilacije i veštačkog osvetljenja (termički parametri sredine se održavaju na željenom nivou samo u periodu korišćenja prostorija u zgradi).

Mere unapređenja energetske efikasnosti zgrada (2)

Mere koje se primenjuju za poboljšanje energetske efikasnosti u zgradama:





Mere unapređenja energetske efikasnosti zgrada (3)

Redosled analize mera za unapređenje energetske efikasnosti zgrade

I grupa: poboljšanje termičke izolovanosti i zaptivenosti zgrade uz primenu pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja

II grupa: izolacija toplovoda i dela cevne i kanalske mreže

III grupa: zamena izvora / energenta

IV grupa: centralna regulacija sistema grejanja - kvalitativna regulacija prema spoljnoj temperaturi

V grupa: lokalna regulacija - termostatski ventili i cirkulacione pumpe sa promenljivim brojem obrtaja

VI grupa: uvođenje CSNU sistema

VII grupa: primena OIE (npr. PSE za pripremu STV)

.....Korišćenje otpadne toplote i tehnike noćne ventilacije.....