

# **METODOLOGIJA PRORAČUNA POTREBNE TOPLOTNE ENERGIJE**



# Sadržaj predavanja

- Metodologija prema SRPS EN ISO 13790
- Broj stepen dana HDD
- Koeficijenti transmisionih i ventilacionih gubitaka
- Dobici toplote u zimskom režimu
- Potrebna godišnja finalna energija za grejanje
- Potrebna godišnja finalna energija za STV
- Gubici u sistemu grejanja i sistemu za STV
- Godišnja isporučena toplote
- Godišnja potrebna primarna energija
- Godišnja emisija CO<sub>2</sub>



# Metodologija proračuna prema SRPS EN ISO 13790

Standard **EN ISO 13790** daje metodologiju proračuna potrebne energije za grejanje, i hlađenje i pokriva tri različita pristupa proračuna:

- **potpuno definisani kvazi-stacionarni mesečni metod proračuna (posebna opcija je sezonski metod);**
- potpuno definisani uprošćeni dinamički proračun baziran na časovnim vrednostima i
- metod proračuna koji podrazumeva detaljnu dinamičku simulaciju ponašanja zgrade u termičkom smislu.

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (1)

Godišnja potrebna toplota za grejanje, se prema SRPS EN ISO 13790, za sisteme koji rade bez prekida u zagrevanju, računa po sledećoj formuli:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad [\text{kWh/a}]$$

gde su:

- $Q_{H,ht}$  - Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote
- $\eta_{H,gn}$  - Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja
- $Q_{H,gn}$  - Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (2)

## Specifična godišnja potrebna toplota za grejanje

predstavlja količnik godišnje potrebne toplote za grejanje i neto korisne površine zgrade:

$$Q_{H,an} = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} \quad [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

gde je:

$A_f$  – korisna površina zgrade [ $\text{m}^2$ ]

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (3)

- Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote obuhvata toplotu koja je potrebna za nadoknadu transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote:

$$Q_{H,ht} = Q_T + Q_v \quad [\text{kWh/a}]$$

- Godišnja količina toplote koja potiče od dobitaka toplote:

$$Q_{H,gn} = Q_{\text{int}} + Q_{\text{sol}} \quad [\text{kWh/a}]$$

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (4)

- Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote računa se po formuli:

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} \quad [\text{kWh/a}]$$

gde su:

$H_T$  - Koeficijent transmisionog gubitka toplote [W/K]

$H_V$  - Koeficijent ventilacionog gubitka toplote [W/K]

$HDD$  - broj stepen dana za lokaciju zgrade ( $HDD$  - **H**eating **D**egree **D**ays), prema tabeli priloga Pravilnika o energetskej efikasnosti zgrada.

## Broj stepen dana HDD

$$q = \frac{Q_{GUB}}{\theta_u - \theta_{s p}} \quad Q_g = \sum_{n=1}^{HD} Q_n = 24 \cdot q \cdot \sum_{n=1}^{HD} (\theta_u - \theta_{sn})$$

Broj STEPEN-DANA je:

$$HDD = \sum_{n=1}^{HD} (\theta_u - \theta_{sn})$$

Energija potrebna za ceo grejni period, odnosno celu grejnu sezonu:

$$Q_g = \sum_{n=1}^{HD} Q_n = 24 \cdot q \cdot HDD \quad [\text{Wh/god}]$$

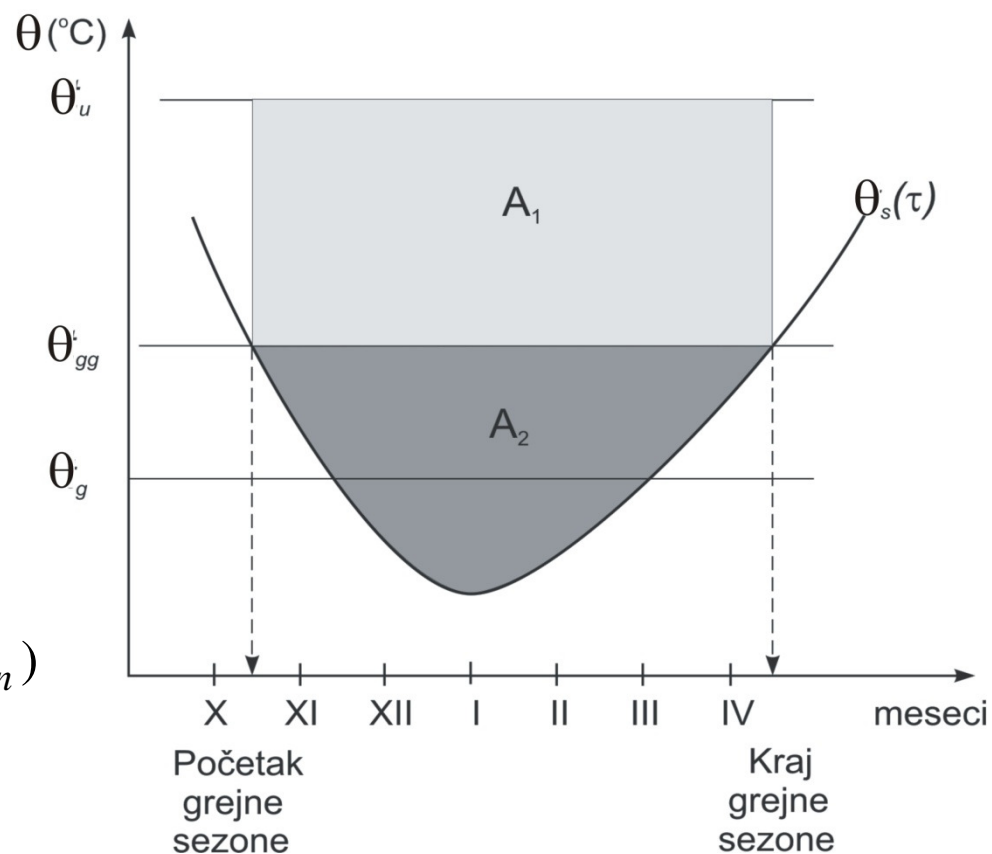
Ako se uvede pojam **srednje temperature grejnog perioda**  $\theta_g$ ,  
onda se broj stepen-dana može napisati u obliku:

$$HDD = HD \cdot (\theta_u - \theta_g)$$

# Broj stepen dana HDD

Ako se uvede pojam  
**temperatura granice  
grejanje**  $\theta_{gg}$ ,  
broj stepen-dana je:

$$HDD = HD \cdot (\theta_u - \theta_{gg}) + \sum_{n=1}^{HD} (\theta_{gg} - \theta_{sn})$$



# Broj stepen dana HDD

MESTO	HDD	HD	$\theta_g$	MESTO	HDD	HD	$\theta_g$
Aleksinac	2517	176	5,7	Leskovac	2625	181	5,5
Beograd	2520	175	5,6	Požarevac	2588	181	5,7
Bečej	2797	184	4,8	Negotin	2818	183	4,6
Bor	3100	200	4,5	Niš	2613	179	5,4
Valjevo	2784	192	5,5	Novi Sad	2679	181	5,2
Vranje	2675	182	5,3	Pančevo	2712	182	5,1
Vršac	2556	180	5,8	Pirot	2610	180	5,5
Gornji Milanovac	3078	208	5,2	Prokuplje	2604	186	6
Divčibare	3839	243	4,2	Senta	2824	187	4,9
Zaječar	2880	192	5	Smederevo	2610	180	5,5
Zlatibor	3728	239	4,4	Sombor	2850	190	5
Zrenjanin	2748	182	4,9	Sremski Karlovci	2496	177	5,9
Jagodina	2599	178	5,4	Sremska Mitrovica	2738	185	5,2
Kikinda	2763	183	4,9	Užice	3015	201	5
Kopaonik	5349	311	2,8	Čačak	2755	190	5,5
Kragujevac	2610	180	5,5	Ćuprija	2380	163	5,4
Kraljevo	2628	180	5,4	Šabac	2588	181	5,7
Kruševac	2654	183	5,5	Šid	2686	184	5,4

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (5)

- Koeficijent transmisionog gubitka toplote:

$$H_T = H_D + H_g + H_U + H_A \quad [\text{W/K}]$$

gde su:

$H_D$  – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa spoljnim vazduhomu;

$H_g$  – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa tlom;

$H_U$  – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa negrejanim prostorom;

$H_A$  – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa susednom zgradom.

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (6)

- Za proračun se može koristiti i uprošćeni metod uticaja toplotnih mostova:

$$H_T = \sum_i (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + H_{TB} \quad [\text{W/K}]$$

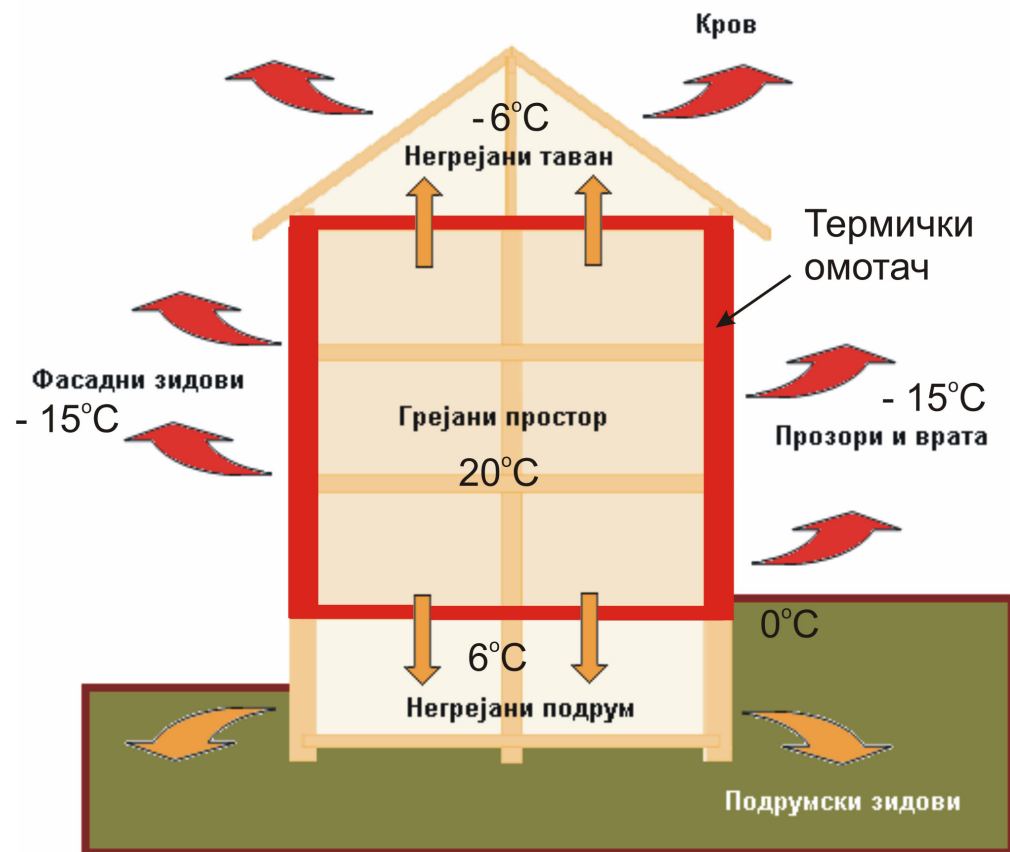
gde je

$F_{xi}$  - faktor korekcije temperature za  $i$ -ti građevinski element, koji se usvaja prema Tabeli 3.4.1.1 Priloga Pravilnika o energetskej efikasnosti zgrada;

$U_i$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] - površinski koeficijent prolaza toplote  $i$ -tog građevinskog elementa, površine  $A_i$  [m<sup>2</sup>].

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (7)

$F_{xi}$  - faktor korekcije temperature za  $i$ -ti građevinski element - koriguje **temperatursku razliku** koja se javlja u prostorima koje razdvaja **termički omotač** zgrade.



# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (8)

Preporučene temperature negrejanih prostorija

Pri spoljnoj temperaturi (°C)		-9	-12	-15	-18	-21	-24
Potkrovlje	Krov $U < 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	0	-3	-6	-9	-12	-12
	Krov $U = 2,3 - 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	-3	-6	-9	-12	-15	-15
	Krov $U > 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	-6	-9	-12	-15	-18	-18
Susedne prostorije pretežno okružene	spoljnim vazduhom bez spoljnih vrata i podrumске prostorije	+9	+6	+6	+3	+3	0
	spoljnim vazduhom sa spoljnim vratima (hodnici, stepeništa)	+3	0	0	-3	-3	-6
Tle	ispod poda prostorije	+6			+3		
	uz spoljni zid	0			-3		
Susedne zgrade	sa centralnim grejanjem	+15					
	sa pećima	+10					

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (9)

Toplotni protok ka spoljnoj sredini, preko građevinskog elementa određenog tipa	Otpor prelazu toplote, u $m^2 \cdot K/W$			Faktor korekcije temperature, $F_{xi}$
	$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$	
<b><i>Građevinski elementi koji se graniče sa negrejanim prostorima</i></b>				
Zid ka negrejanom prostoru	0,13	0,13	0,26	0,5
Međuspratna konstrukcija ka negrejanom krovnom prostoru	0,10	0,10	0,20	0,8
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	0,17	0,17	0,34	0,5
Zid ka negrejanom zimskoj bašti (stakleniku), sa spoljnim zastakljenjem zimske bašte:	0,13	0,13	0,26	
Jednostruko staklo, $U > 2,5 W/(m^2 \cdot K)$				0,7
Izolaciono staklo, $U \leq 2,5 W/(m^2 \cdot K)$				0,6
Poboljšano staklo, $U \leq 1,6 W/(m^2 \cdot K)$				0,5
<b><i>Građevinski elementi u kontaktu sa tlom</i></b>				
zid u tlu, ili delimično ukopan	0,13	0,0	0,13	0,6
pod na tlu	0,17	0,0	0,17	0,5
Međuspratna konstrukcija u tlu	0,10	0,0	0,10	0,6
<b><i>Građevinski elementi između dva grejana prostora različite temperature</i></b>				
Zid između zgrada, zid koji razdvaja prostore različitih korisnika, ili zid ka grejanom stepeništu	0,13	0,08	0,21	0,8
Međuspratna konstrukcija koja razdvaja prostor između različitih korisnika	0,10	0,08	0,18	0,8

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (10)

- Transmisioni toplotni gubitak zgrade (ili dela zgrade) usled uticaja toplotnih mostova u termičkom omotaču zgrade iznosi :

$$H_{TB} = \Delta U_{TB} \cdot A \quad [\text{W/K}]$$

gde je  $A$  [m<sup>2</sup>] zbirna površina spoljnih građevinskih elemenata (termički omotač objekta – spoljne mere).

- Usvaja se vrednost  $\Delta U_{TB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .
- Ukoliko je uticaj toplotnih mostova već uzet u obzir:

$$H_{TB} = \Delta U_{TB} \cdot A_{cor}$$

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (11)

- Specifični transmisioni gubitak toplote za zgradu iznosi :

$$H'_T = \frac{H_T}{A} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

gde su:

$A$  [ $\text{m}^2$ ] - zbirna površina spoljnih građevinskih elemenata (termički omotač objekta – spoljne mere).

$H_T$  [ $\text{W/K}$ ] - koeficijent transmisionog gubitka toplote

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (12)

## ■ Koeficijent ventilacionog gubitka toplote:

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot \sum_i V_i \cdot n_i \quad [\text{W/K}]$$

gde su:

$V$  – zapremina grejanog prostora [ $\text{m}^3$ ]

$n$  – broj izmena vazduha na čas [ $\text{h}^{-1}$ ]

$\rho_a$  – gustina vazduha [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c_p$  – specifični toplotni kapacitet vazduha pri konstantnom pritisku [ $\text{J}/\text{kgK}$ ]

$$\rho_a \cdot c_p = 1200 \left[ \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{K}} \right]$$

Broj izmena vazduha na čas se određuje u zavisnosti od zaklonjenosti i klase zaptivenosti zgrade (prema SRPS EN ISO 13789) prema tabelama priloga Pravilnika

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (13)

- Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja računa se pomoću sledeće formule:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{(a_H+1)}}$$

gde su:

$\gamma_H$  - bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa

$a_H$  - bezdimenzioni numerički parametar koji zavisi od vrednosti vremenske konstante

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad \tau = \frac{C_m / 3600}{H_T + H_V}$$

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (14)

- Prosečne vrednosti faktora iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja (za sezonski ili mesečni metod) se usvajaju prema tipu gradnje, prema sledećim preporukama:

$$\eta_{H,gn} = 1,00 \quad - \text{Teški tip gradnje;}$$

$$\eta_{H,gn} = 0,98 \quad - \text{Srednje - teški tip gradnje;}$$

$$\eta_{H,gn} = 0,90 \quad - \text{Laki tip gradnje.}$$

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (15)

- Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote predstavlja zbir dobitaka toplote od ljudi i električnih uređaja i računa se prema:

$$Q_{\text{int}} = A_f \cdot (q_P + q_E) \quad [\text{kWh/a}]$$

gde su:

$A_f$  – korisna površina zgrade [ $\text{m}^2$ ]

$q_P$  – dobici toplote od ljudi

$q_E$  – dobici toplote od električnih uređaja

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (16)

- Godišnja količina toplote koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja:

$$Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot \tau_{sol} \quad [\text{kWh/a}]$$

$$F_{sh} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin}$$

gde su:

$F_{sh}$  - faktor osenčenosti zgrade:

$I_{sol} \cdot \tau_{sol}$  - srednje mesečne sume Sunčevog zračenja

Korekcionni faktori za 45° SGŠ i srednje mesečne sume zračenja date su tabelama u prilogu Pravilnika.

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (17)

- Površina omotača zgrade na koju dospeva Sunčevo zračenje:
- Za transparentne površine (staklo):

$$A_{sol,gl} = g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_W$$

gde su:

$g_{gl}$  - faktor propustljivosti Sunčevog zračenja u zavisnosti od vrste stakla (Tabela u Prilogu Pravilnika);

$F_F$  - faktor rama;

$A_W$  - površina prozora (građevinskog otvora)

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (18)

- Površina omotača zgrade na koju dospeva Sunčevo zračenje:
- Za netransparentne površine (spoljne zidove i krov):

$$A_{sol,C} = \alpha_{s,C} \cdot R_{s,C} \cdot U_C \cdot A_C$$

gde su:

$\alpha_{s,C}$  - emisivnost spoljne površine zida (kratkotalasno zračenje Sunca);

$\alpha_{s,C} = 0,6$  - vrednost za svetlije boje fasade i mermer

$R_{s,C} = \frac{1}{h_e}$  - otpor prelazu toplote za spoljnu stranu zida [m<sup>2</sup>K/W]

$$R_{s,C} = \frac{1}{25} \text{ m}^2\text{K/W}$$

# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (19)

- Godišnja potrebna toplota za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom:

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} \cdot Q_{H,nd}$$

gde su:

- $Q_{H,nd,interm}$  - Godišnja potrebna toplota za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom [kWh/a]
- $a_{H,red}$  - bezdimenzijski faktor redukcije u zagrevanju
- $f_{H,hr}$  - odnos broja sati rada sistema za grejanje u toku nedelje prema ukupnom broju sati u nedelji

$$a_{H,red} = 1 - 3 \left( \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr})$$

## Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (20)

- Odnos vremenskih konstanti za  $\left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau}\right)$  (za sezonski ili mesečni metod) se usvajaju prema tipu gradnje, prema sledećim preporukama:

$$\left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau}\right) = 0,4 \quad - \text{ Teški tip gradnje;}$$

$$\left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau}\right) = 0,33 \quad - \text{ Srednje - teški tip gradnje;}$$

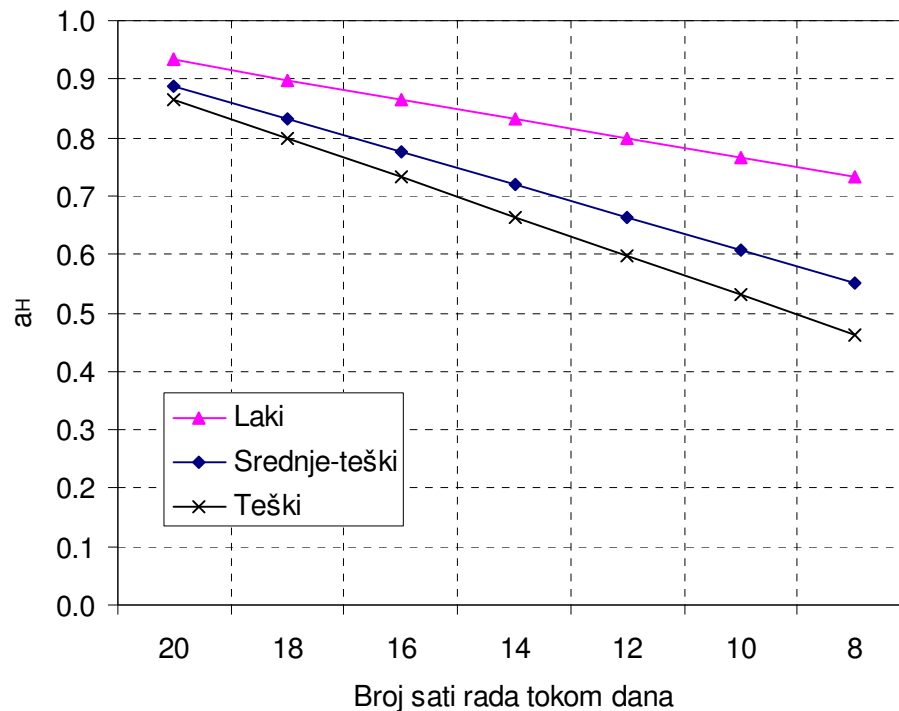
$$\left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau}\right) = 0,2 \quad - \text{ Laki tip gradnje.}$$

$$f_{H,hr} = \frac{x_{hours} \cdot y_{days}}{24 \cdot 7}$$

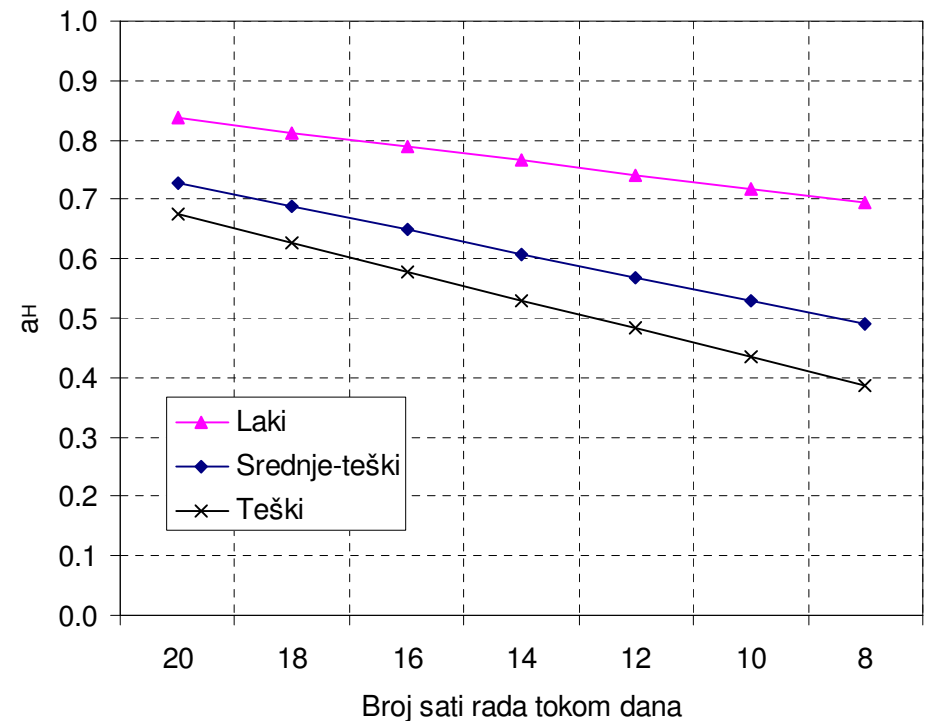
# Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela (21)

- Faktor redukcije u zagrevanju u zavisnosti od vrste i dužine prekida, kao i od tipa gradnje (primer za  $\gamma_H = 0,67$ )

Faktor redukcije u zagrevanju - bez nedeljnog prekida



Faktor redukcije u zagrevanju - sa nedeljnim prekidom



# Potrebna energija za pripremu STV

- Godišnja potrebna toplota za pripremu sanitarne tople vode (prema standardu SRPS EN 15316):

$$Q_W = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_W - \theta_o)$$

$V_W$  - godišnja potrošnja vode [ $\text{m}^3/\text{a}$ ]

$\theta_W$  - temperatura vode u rezervoaru [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_o$  - temperatura vode iz vodovoda [ $^{\circ}\text{C}$ ]

- Godišnji toplotni gubici sistema za pripremu sanitarne tople vode:

$$Q_{W,ls} = Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,gen,ls}$$

$Q_{W,dis,ls}$  - gubici toplote u cevnoj mreži razvoda tople vode prema 15316-3-2 [ $\text{kWh/a}$ ],

$Q_{W,st,ls}$  - gubici toplote pri skladištenju u rezervoaru prema 15316-3-3 [ $\text{kWh/a}$ ],

$Q_{W,gen,ls}$  - gubici toplote pri proizvodnji ili pripremi tople vode prema 15316-3-3 [ $\text{kWh/a}$ ].

# Gubici u sistemu grejanja i ukupno potrebna toplota (isporučena toplota)

- Godišnji toplotni gubici sistema za grejanje:

$$Q_{H,ls} = Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,st,ls} + Q_{H,gen,ls} ,$$

$Q_{H,em,ls}$  - gubici toplote pri razmeni u prostoru prema 15316-2-1 [kWh/a],

$Q_{H,dis,ls}$  - gubici toplote u cevnoj mreži prema 15316-2-3 [kWh/a],

$Q_{H,st,ls}$  - gubici toplote pri skladištenju u rezervoaru prema 15316-3-3 [kWh/a],

$Q_{H,gen,ls}$  - gubici toplote pri proizvodnji prema 15316-4-1 [kWh/a].

- Godišnja potrebna toplota (isporučena toplota):

$$Q_H = Q_{H,nd} + Q_W + Q_{H,ls} + Q_{W,ls}$$



## Gubici u sistemu grejanja i ukupno potrebna toplota (isporučena toplota)

- Ukupni stepen korisnosti postrojenja za grejanje obuhvata stepen korisnosti kotla, cevne mreže i sistema automatske regulacije:

$$\eta = \eta_k \cdot \eta_c \cdot \eta_r \quad [-],$$

čime su obuhvaćeni gubici sistema za grejanje – [tabela 6.2 priloga Pravilnika](#) o energetskej efikasnosti zgrada.

# Dozvoljena godišnja potrošnja finalne energije za grejanje

VRSTA OBJEKTA	NOVE ZGRADE	POSTOJEĆE ZGRADE
	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]
stambene zgrade sa jednim stanom	<b>65</b>	<b>75</b>
stambene zgrade sa dva ili više stanova	<b>60</b>	<b>70</b>
upravne i poslovne zgrade	<b>55</b>	<b>65</b>
zgrade namenjene obrazovanju	<b>65</b>	<b>75</b>
zgrade namenjene zdravstvu i socijalnoj zaštiti	<b>100</b>	<b>120</b>
zgrade namenjene turizmu i ugostiteljstvu	<b>90</b>	<b>100</b>
zgrade namenjene sportu i rekreaciji	<b>80</b>	<b>90</b>
zgrade namenjene trgovini i uslužnim delatnostima	<b>70</b>	<b>80</b>

# Potrebna primarna energija

Godišnja primarna energija za funkcionisanje zgrade određuje se tako što se godišnja dovedena energija za rad sistema u zgradi pomnoži sa faktorom pretvaranja datim u tabeli

Energent	Faktor pretvaranja
Ulje za loženje	1,2
Gas	1,1
Ugalj	1,3
Drvena biomasa	0,1
Električna energija	2,5
Daljinsko grejanje na fosilna goriva	1,8
Daljinsko grejanje kogeneracijom	1,0

# Godišnja emisija CO<sub>2</sub>

Godišnja emisija CO<sub>2</sub> određuje se na osnovu vrste energenta koji se koristi za dobijanje potrebne energije koja se troši u zgradi [kg/m<sup>2</sup>a]

Energent	Po jedinici goriva	Po jedinici energije
zemni gas	1,9 kg/m <sup>3</sup>	0,20 kg/kWh
tečni naftni gas	2,9 kg/kg	0,215 kg/kWh
ekstra lako ulje za loženje	2,6 kg/l	0,265 kg/kWh
lako ulje za loženje	3,2 kg/kg	0,28 kg/kWh
daljinska toplota	0,33 kg/kWh	0,33 kg/kWh*
električna energija	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh
smeđi ugalj (domaći)	1,5 kg/kg	0,32 kg/kWh
smeđi ugalj (strani)	1,88 kg/kg	0,40 kg/kWh
lignit (domaći)	1,0 kg/kg	0,33 kg/kWh

# Energetski razredi (1)

- **Energetski razred** za stambene zgrade određuje se na osnovu maksimalne dozvoljene godišnje potrebne finalne energije za grejanje [kWh/(m<sup>2</sup>a)], koja je definisana Pravilnikom o energetkoj efikasnosti zgrada (tabela 6.11a i 6.11b), i to posebno za nove i postojeće zgrade . Maksimalna dozvoljena godišnja potrebna finalna energija za grejanje  $QH,nd,max$  [kWh/(m<sup>2</sup>a)] odgovara energetskom razredu „C“.
- **Energetski razred zgrade** je pokazatelj energetskih svojstava zgrade. Izražen je preko relativne vrednosti godišnje potrošnje finalne energije za grejanje [%], i predstavlja procentualni odnos specifične godišnje potrebne toplote za grejanje  $QH,nd$  [kWh/(m<sup>2</sup>a)] i maksimalno dozvoljene  $QH,nd,max$  [kWh/(m<sup>2</sup>a)] za određenu kategoriju zgrada:

$$QH,nd,rel = (QH,nd / QH,nd,max) \times 100\%$$

## Energetski razredi (2)

Energetski razredi za stambene zgrade

<b>Zgrade sa više stanova</b>		nove	postojeće
Energetski razred	$QH,nd,rel$ [%]	$QH,nd$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	$QH,nd$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
A+	≤ 15	≤ 9	≤ 10
A	≤ 25	≤ 15	≤ 18
B	≤ 50	≤ 30	≤ 35
C	≤ 100	≤ 60	≤ 70
D	≤ 150	≤ 90	≤ 105
E	≤ 200	≤ 120	≤ 140
F	≤ 250	≤ 150	≤ 175
G	> 250	>150	> 175



## Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

Godišnja emisija CO<sub>2</sub> određuje se na osnovu vrste energenta/energije koji se koristi za dobijanje potrebne energije koja se troši u zgradi [kg/m<sup>2</sup>a].

- Ako postoji jedan izvor toplote za grejanje (npr. klasični gasni kotao), onda ukupnu finalnu energiju treba uvećati za gubitke u sistemu preko stepena korisnosti postrojenja, kako bi se izračunala količina toplote koju sistem treba da isporuči.
- Ako ima dva ili više izvora toplote za grejanje (npr. kotao i toplotna pumpa) onda se udeo svakog izvora računa posebno.

# Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

Godišnja isporučena toplotna energija za grejanje:

$$Q_H = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_k \cdot \eta_c \cdot \eta_r} = Q_{H,nd} + Q_{H,ls}$$

odnosno gubici u sistemu su:

$$Q_{H,ls} = Q_{H,nd} \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

Potrebna primarna energija za grejanje:

$$E_{prim} = Q_H \cdot f_{prim,1} + Q_{aux} \cdot f_{prim,2}$$

gde je:

$f_{prim,1}$  - faktor pretvaranja za vrstu energenta/energije koji se koristi za dobijanje toplote

$f_{prim,2}$  - faktor pretvaranja za električnu energiju koju koriste pomoćni sistemi (npr. cirkulacione pumpe)

## Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

Za novu stambenu zgradu u Beogradu koja pripada srednje-teškom tipu gradnje, neto korisne površine 494 m<sup>2</sup>, izračunata je potrebna toplota za grejanje kada sistem radi bez prekida:

$$Q_{H,nd} = 20684 \text{ kWh/a}$$

Sistem radi sa noćnim prekidom od 8 h , bez nedeljnog prekida u zagrevanju, pa faktor redukcije u zagrevanju iznosi:

$$a_{H,red} = 1 - 3 \left( \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}) = 1 - 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.667 \cdot (1 - 0.667) = 0.776$$

# Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

gde je odnos vremenskih konstanti za mesečni model:

$$\left( \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) = 0.333 \text{ – za srednje-teški tip gradnje,}$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \text{ - bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa i}$$

$f_{H,hr}$  - odnos broja sati rada sistema za grejanje u toku nedelje

prema ukupnom broju sati u nedelji ( $f_{H,hr} = \frac{7 \cdot 16}{7 \cdot 24} = 0.667$ ).

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} \cdot Q_{H,nd} = 0.776 \cdot 20684 = 16050 \text{ kWh/a}$$

# Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

Specifična potrebna finalna energija za grejanje:

$$Q_{H,an} = \frac{16050}{494} = 32.5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$Q_{H,nd,rel} = 54\%$  - zgrada ima energetski razred „C“.

Gubici u sistemu iznose:

$$Q_{H,ls} = Q_{H,nd} \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) = 16050 \cdot \left( \frac{1}{0.88 \cdot 0.98 \cdot 1.0} - 1 \right) = 2561 \text{ kWh/a}$$

# Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

Isporučena toplota iznosi:

$$Q_H = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_k \cdot \eta_c \cdot \eta_r} = Q_{H,nd} + Q_{H,ls} = 16050 + 2561 = 18611 \text{ kWh/a}$$

Energija potrebna za rad cirkulacione pumpe:

$$Q_{aux} = n \cdot P_p = 175 \cdot 16 \cdot 0.1 = 2800 \cdot 0.1 = 280 \text{ kWh/a,}$$

gde je:

$n$  – broj sati rada pumpe (175 dana grejne sezone i 16 sati dnevno),

$P_p$  – prosečna snaga pumpe (instalirana nazivna snaga kod pumpi sa konstantnim brojem obrtaja, odnosno prosečna snaga kod pumpi sa promenljivim brojem obrtaja).

## Primer proračuna potrebne primarne energije i emisije CO<sub>2</sub>

Potrebna primarna energija za rad sistema grejanja iznosi:

$$E_{prim} = Q_H \cdot f_{prim,1} + Q_{aux} \cdot f_{prim,2}$$

$$E_{prim} = 18611 \cdot 1.1 + 280 \cdot 2.5 = 20472 + 700 = 21172 \text{ kWh/a}$$

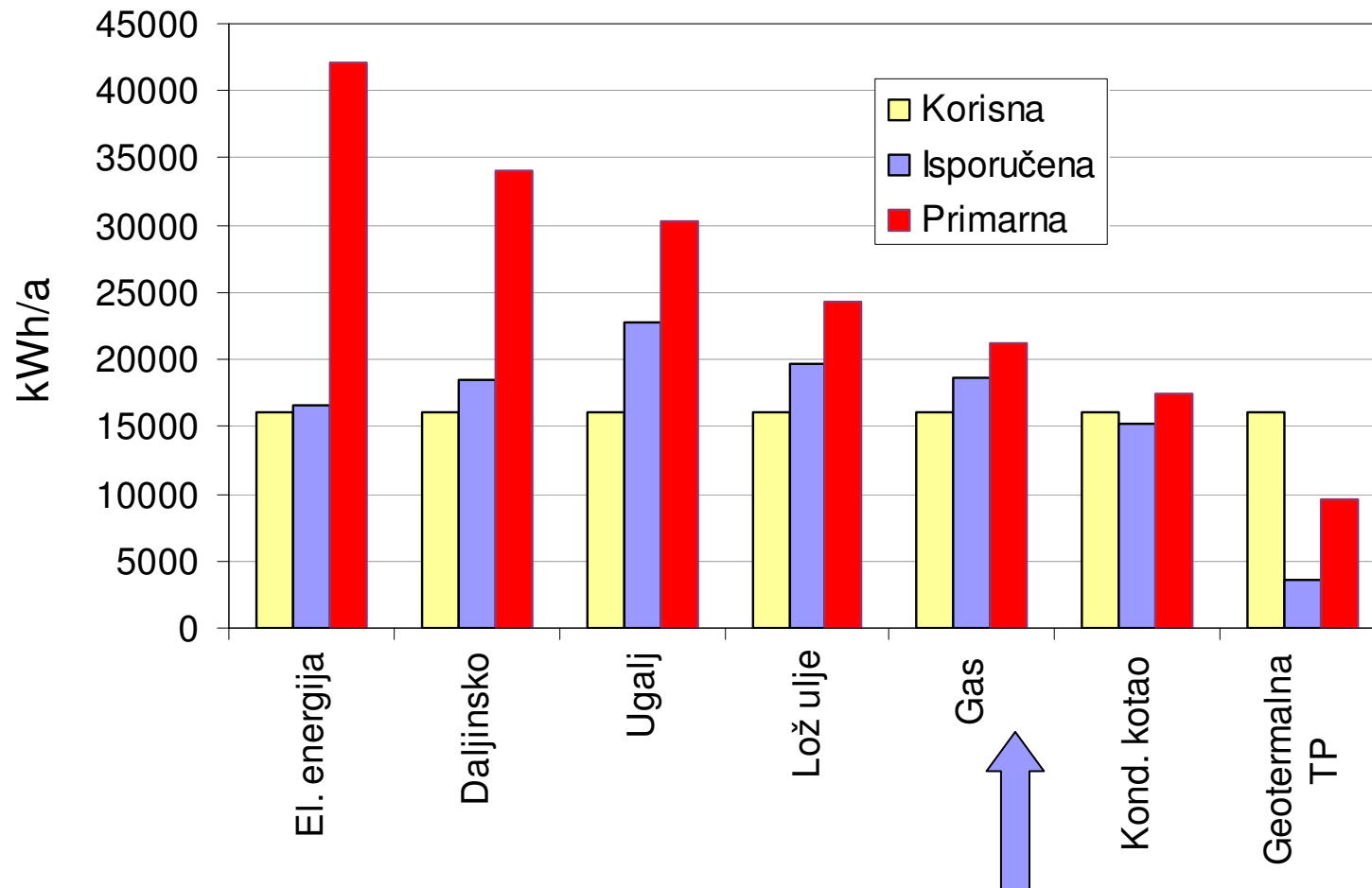
Godišnja emisija CO<sub>2</sub> iznosi:

$$CO_2 = E_{prim} \cdot EM_{CO_2} = 21172 \cdot 0.20 = 4234 \text{ kg/a, odnosno:}$$

$$CO_2 = \frac{4234}{494} = 8.57 \text{ kg/m}^2\text{a.}$$

# Poređenje finalne i primarne energije u zavisnosti od izvora toplote

Finalna, isporučena i primarna energija za grejanje



# Poređenje emisije CO<sub>2</sub> u zavisnosti od izvora toplote

