

KURS ZA ENERGETSKI AUDIT 8

Standard EN 13790: Metoda proračuna
potrebne energije za grijanje i
hladjenje objekta

Pripremio: Dr Nenad Kažić

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Šta propisuje ovaj standard?

EN 13790 definiše proceduru i metod odredjivanja utrošene energije za grijanje i hladjenje objekta tokom godine.

Koju vremensku rezoluciju koristi EN 13790?

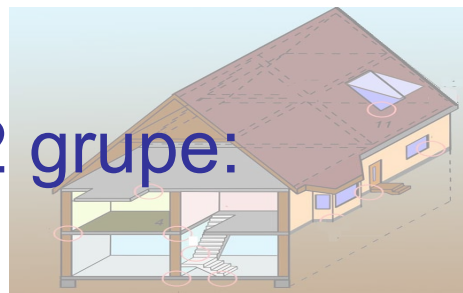
EN 13790 definiše procedure na nivou sata, mjeseca i godine.

Za energetske analize objekta koristi se proračun na nivou **mjeseca** i to za **svih 12 u godini**.

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Ulazni Podaci

Potrebni podaci se dijele u 2 grupe:



A. O Objektu

B. Klimatski podaci za datu lokaciju

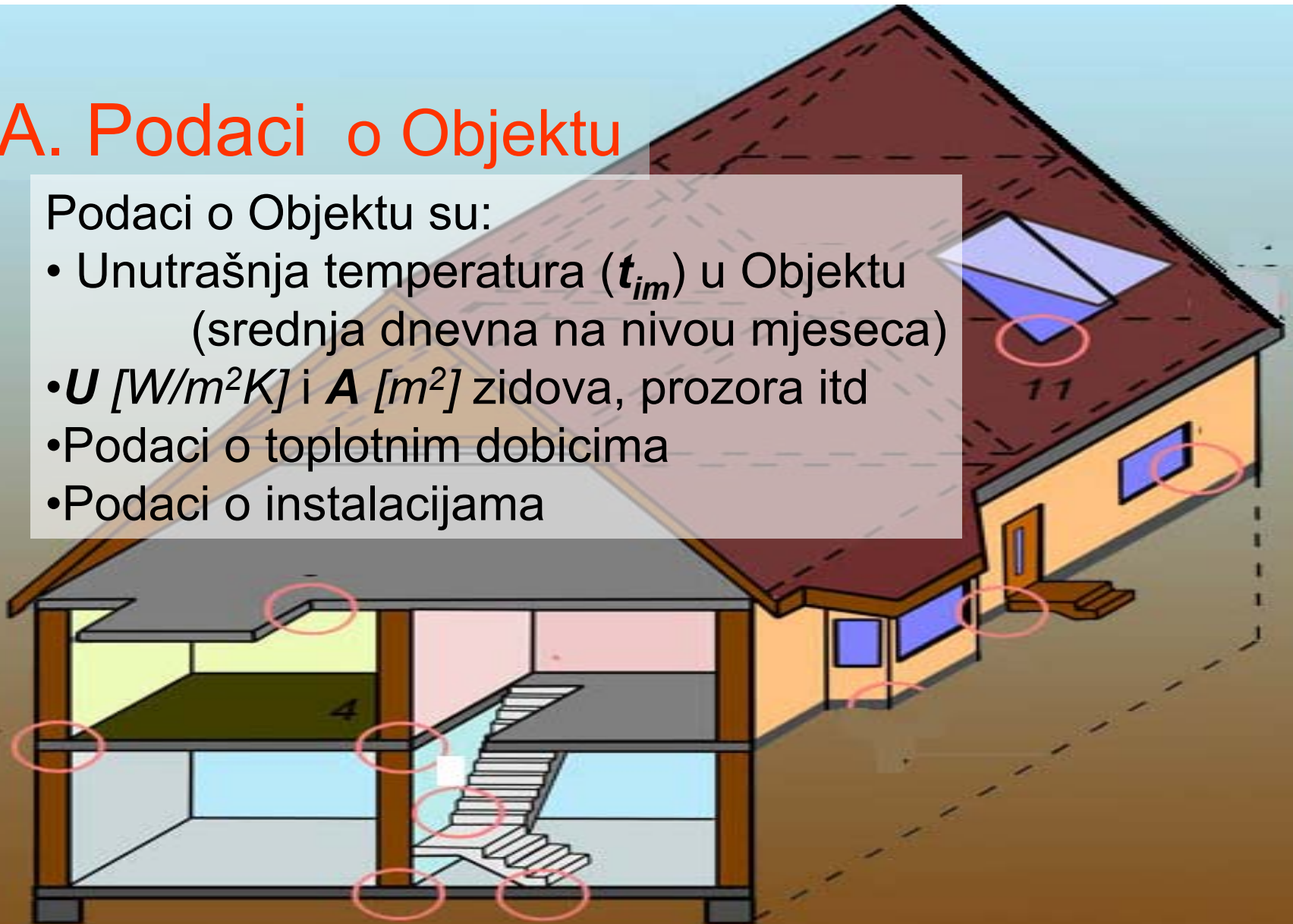


Standard EN 13790: Metoda proračuna

A. Podaci o Objektu

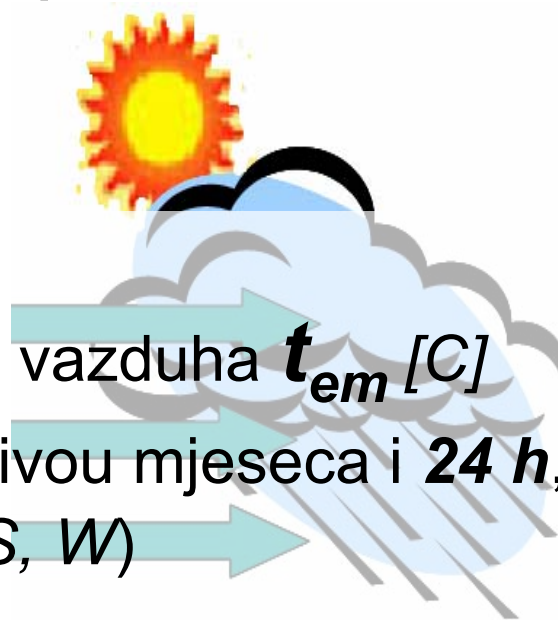
Podaci o Objektu su:

- Unutrašnja temperatura (t_{im}) u Objektu (srednja dnevna na nivou mjeseca)
- U [W/m^2K] i A [m^2] zidova, prozora itd
- Podaci o toplotnim dobicima
- Podaci o instalacijama



Standard EN 13790: Metoda proračuna

B. Klimatski podaci



Klimatski podaci su:

- Srednje mjesečne temperature spoljnjeg vazduha t_{em} [C]
- Solarni fluks I_{Sol} [W/m²]. osrednjen na nivou mjeseca i **24 h**, i za sve orijentacije (*Horizontalna, N, E, S, W*)
- Drugi podaci

| | t_{em} [C] | I_{Sol_H} [W/m ²] | I_{Sol_N} [W/m ²] | I_{Sol_E} [W/m ²] | I_{Sol_S} [W/m ²] | I_{Sol_W} [W/m ²] |
|-------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Jan | 5.5 | 76 | 24 | 52 | 137 | 56 |
| Feb | 6.5 | 102 | 32 | 70 | 133 | 66 |
| ----- | | | | | | |
| Jul | 26.7 | 305 | 84 | 178 | 132 | 179 |
| ----- | | | | | | |
| Dec | 6.5 | 65 | 21 | 40 | 126 | 55 |

Standard EN 13790: Metoda proračuna

B. Klimatski podaci - ZONA I, ZONA II

| Mjesto | Zona I - Podgorica | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----|-----|--------------|------|------|-------------------------------|------|------|------|------|-----|-------|
| | Broj Grej. Dana= 181 | | | | | | Broj Rashl. Dana= 138 | | | | | | |
| Grejna sezona | Start: 15 Oct | | | Stop: 15 Apr | | | Projektna spoljna temperatura | | | | | | -6 °C |
| Mjesec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| Grejni dani | 31 | 28 | 31 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 30 | 31 | |
| Srednja temp [C] | 5.5 | 6.5 | 10 | 13.8 | 19.8 | 24.5 | 26.7 | 26.5 | 20.7 | 16 | 10.8 | 6.5 | |
| Rashladni dani | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 31 | 31 | 31 | 30 | 0 | 0 | 0 | |
| N_Sol Flux [W/m2] | 24 | 32 | 44 | 58 | 75 | 86 | 84 | 64 | 51 | 37 | 26 | 21 | |
| E_Solar_Flux | 52 | 70 | 98 | 123 | 156 | 169 | 178 | 165 | 127 | 92 | 67 | 40 | |
| S_Solar_Flux | 137 | 133 | 152 | 143 | 130 | 120 | 132 | 157 | 179 | 169 | 171 | 126 | |
| W_Solar Flux | 56 | 66 | 96 | 133 | 150 | 165 | 179 | 158 | 132 | 92 | 71 | 55 | |
| Hor_Solar Flux | 76 | 102 | 156 | 210 | 267 | 293 | 305 | 272 | 206 | 139 | 95 | 65 | |
| Relativna vlažn. % | 72 | 68 | 65 | 66 | 63 | 60 | 52 | 52 | 62 | 68 | 75 | 74 | |
| ΔTd [°C] | 5.8 | 7.6 | 7.5 | 5.6 | 6.8 | 4.4 | 4.8 | 7.9 | 7.2 | 6 | 6.4 | 4.3 | |
| Aps. Vlaž. X [gr/kg] | 4 | 4.1 | 5.3 | 6.5 | 9.5 | 12 | 11.5 | 11.5 | 9.75 | 7.75 | 6.5 | 4.5 | |

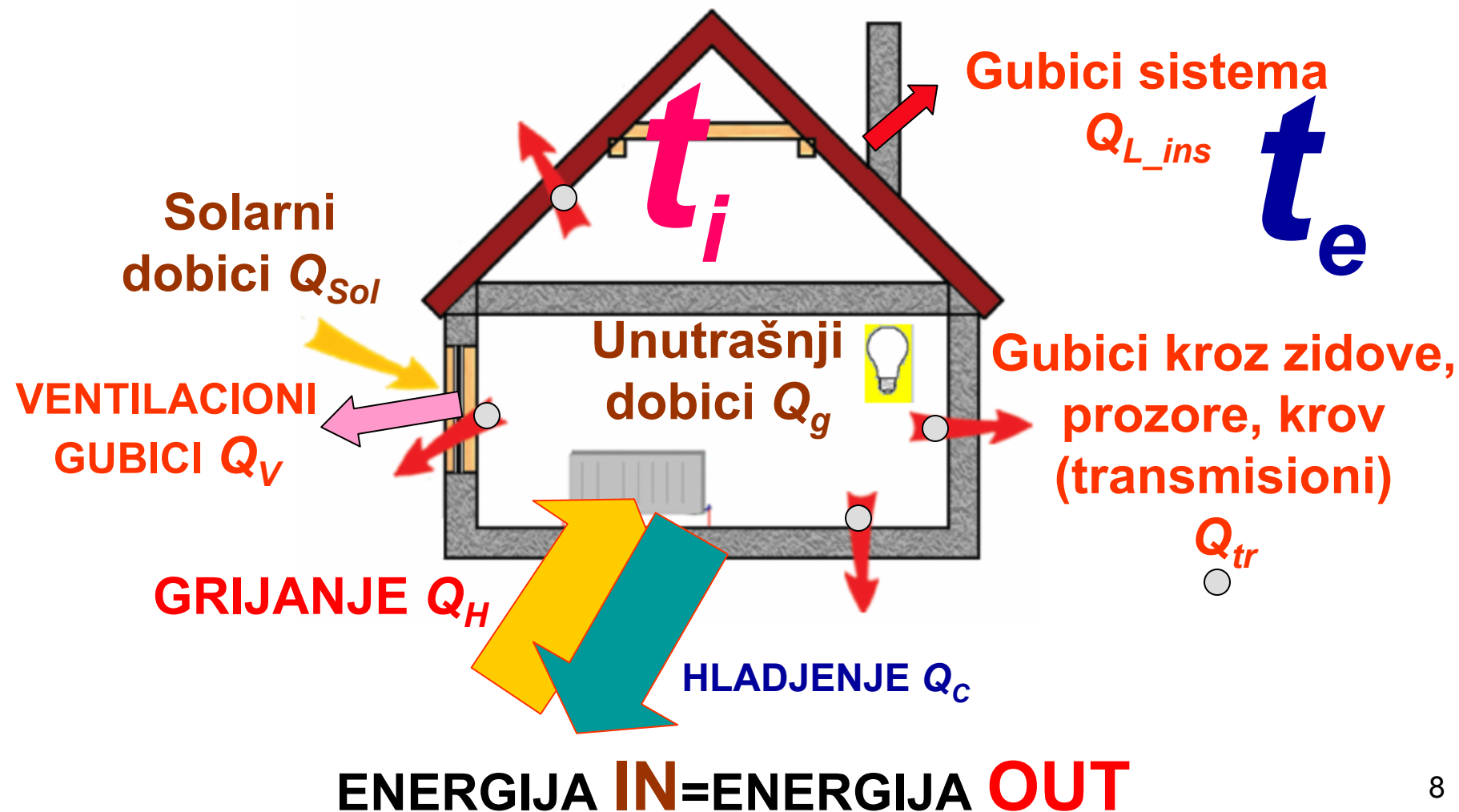
| Mjesto | Zona II - Niksic | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----|-----|-------------|------|------|-------------------------------|------|------|------|-----|-----|--------|
| | Broj Grej. Dana= 215 | | | | | | Broj Rashl. Dana= 62 | | | | | | |
| Grejna sezona | Start: 29 Sep | | | Stop: 2 May | | | Projektna spoljna temperatura | | | | | | -12 °C |
| Mjesec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| Grejni dani | 31 | 28 | 31 | 30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 31 | 30 | 31 | |
| Srednja temp [C] | 1.8 | 2.2 | 6.1 | 10.3 | 15.8 | 19.5 | 21.1 | 20.9 | 15.9 | 12.1 | 7.4 | 2.7 | |
| Rashladni dani | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 31 | 0 | 0 | 0 | |
| N_Sol Flux [W/m2] | 28 | 37 | 44 | 59 | 74 | 82 | 81 | 68 | 48 | 36 | 23 | 23 | |
| E_Solar_Flux | 56 | 81 | 92 | 127 | 137 | 148 | 162 | 148 | 108 | 77 | 54 | 43 | |
| S_Solar_Flux | 143 | 159 | 148 | 129 | 113 | 103 | 115 | 139 | 142 | 144 | 128 | 121 | |
| W_Solar Flux | 60 | 81 | 95 | 107 | 132 | 142 | 148 | 144 | 106 | 82 | 57 | 52 | |
| Hor_Solar Flux | 74 | 106 | 148 | 194 | 228 | 246 | 259 | 241 | 172 | 122 | 76 | 62 | |
| Relativna vlažn. % | 72 | 70 | 67 | 67 | 67 | 67 | 57 | 59 | 66 | 71 | 75 | 73 | |
| ΔTd [°C] | 6.4 | 8.9 | 8.6 | 5.4 | 6.4 | 3.8 | 5 | 7.7 | 7 | 5.8 | 6.8 | 4.4 | |
| Aps. Vlaž. X [gr/kg] | 3 | 3.1 | 4.1 | 5.5 | 7.6 | 9.6 | 9.2 | 9.1 | 7.3 | 6.7 | 4.8 | 3.5 | |

Standard EN 13790: Metoda proračuna

B. Klimatski podaci - ZONA III

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--------|-----|-----|-------|-------|---------------------|------|-------------------------------|-----|-----|------|--------|
| Mjesto | Zona III - Pljevlja | | | | | | | | | | | | |
| | Broj Grej. Dana= 234 | | | | | | Broj Rashl. Dana= 0 | | | | | | |
| Grejna sezona | Start: | 10 Sep | | | Stop: | 2 May | | | Projektna spoljna temperatura | | | | -15 °C |
| Mjesec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| Grejni dani | 31 | 28 | 31 | 30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 20 | 31 | 30 | 31 | |
| Srednja temp [C] | -2.1 | -1.6 | 2.5 | 7.4 | 13 | 16.4 | 17.9 | 17.7 | 12.6 | 8.8 | 4 | -1.5 | |
| Rashladni dani | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| N_Sol Flux [W/m2] | 31 | 44 | 55 | 57 | 68 | 78 | 78 | 60 | 47 | 34 | 24 | 25 | |
| E_Solar_Flux | 57 | 83 | 98 | 109 | 127 | 138 | 148 | 137 | 101 | 69 | 53 | 44 | |
| S_Solar_Flux | 131 | 160 | 141 | 117 | 105 | 99 | 111 | 129 | 132 | 128 | 116 | 126 | |
| W_Solar_Flux | 58 | 90 | 100 | 114 | 128 | 130 | 137 | 129 | 99 | 77 | 53 | 55 | |
| Hor_Solar_Flux | 68 | 104 | 141 | 182 | 215 | 228 | 240 | 222 | 161 | 112 | 70 | 59 | |
| Relativna vlažn. % | 83 | 78 | 73 | 70 | 71 | 74 | 72 | 72 | 76 | 78 | 81 | 85 | |
| ΔTd [°C] | 12.6 | 12.4 | 7.9 | 5.4 | 6 | 3.3 | 5 | 6.3 | 6.4 | 6.9 | 9.7 | 7.8 | |
| Aps. Vlaž. X [gr/kg] | 3.5 | 2.5 | 3.3 | 4.4 | 5.7 | 8.8 | 9.5 | 9.4 | 7.1 | 6 | 4 | 2.8 | |

Standard EN 13790: Metoda proračuna Energetski bilans objekta



Standard EN 13790: Metoda proračuna

Koeficijent transmisionih gubitaka zgrade H_{tr} predstavlja transmisione gubitke Objekta u 1 s (fluks) pri $\Delta t = (t_i - t_e) = 1 \text{ C}$.

$$H_{tr} [W/K] = (\sum A_j) U_e \Delta t \Big|_{=1C}$$

$$U_e [W/m^2K] = (\sum A_i U_i + \sum L_k \Psi_k + \sum \chi_j) / \sum A_i$$

Linijski toplotni mostovi

Tačkasti toplotni mostovi

U_e - Ekvivalentni (efektivni) koeficijent omotača zgrade

A_i - Površina i - tog dijela omotača zgrade

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Koeficijent ventilacionih gubitaka zgrade H_V predstavlja ventilacione-infiltracione gubitke Objekta u 1 s (flux, W) pri $\Delta t = (t_i - t_e) = 1 \text{ C}$. ($\rho_v = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c_{pv} = 1 \text{ kJ/kgK}$)

$$H_V [W/K] = \dot{m}_v c_{pv} \Delta t|_{=1C} = \rho_v c_{pv} \dot{V}$$

$$H_V [W/K] \approx 1.2 * 1000 (nV/3600)$$

$$H_V [W/K] \approx nV/3.$$

$V [m^3]$ – Zapremina Objekta

$n [h^{-1}]$ – Broj izmjena na čas (nepripremljeni vazduh) 10

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Toplotni gubici Objekta $Q_{I(osses)}$ [Wh] za

vremenski period T [h] predstavljaju zbir Transmisionih i Ventilacionih gubitaka tokom tog perioda i pri srednjoj temperaturskoj razlici koja je referentna za taj period:

Gubici objekta = Transmisioni + Ventilacioni

$$Q_I [Wh (kWh)] = (H_{tr} + H_V) (t_i - t_e)_m T$$

odnosno

$$(H_{tr} + H_V) [W (kW)/K] = Q_I / [(t_i - t_e)_m T]$$

T [h] – Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Napomena: Ventilacioni gubici (osim infiltracije) se uzimaju samo u aktivnom vremenu (ON) objekta

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Toplotni dobiti Objekta $Q_{g(ain)}$ [Wh] za vremenski period T [h] predstavljaju zbir Spoljašnjih Q_{ge} i Unutrašnjih Q_{gi} toplotnih dobitaka tokom tog perioda:

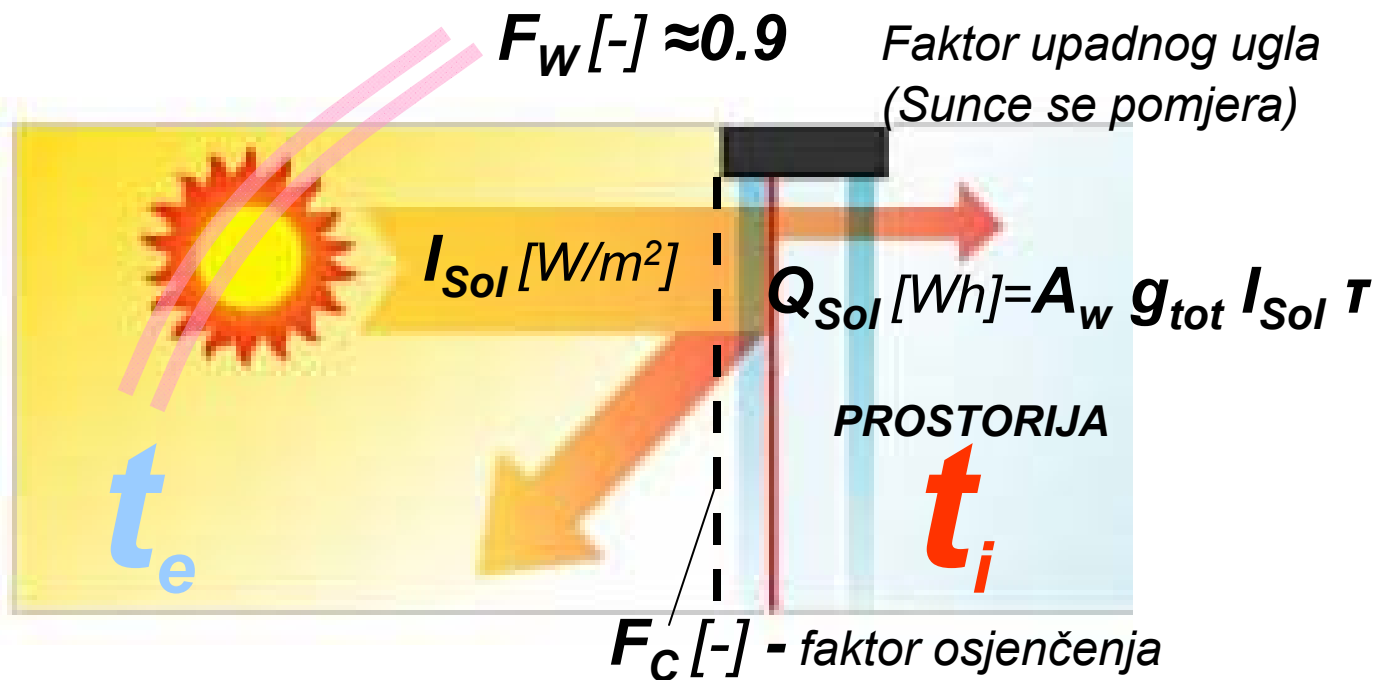
$$Q_g \text{ [Wh]} = Q_{ge} + Q_{gi}$$

Spoljašnji Q_{ge} : Solarni Q_{Sol}

Unutrašnji Q_{gi} : Ljudi-Metabolizam Q_{mt} ,
Uredjaji i aparati Q_{eq}
Osvetljenje Q_{lt}

T [h] – Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Standard EN 13790: Metoda proračuna Spoljašnji dobitak Solarni $Q_{Sol} [Wh]$



g_{\perp} - stepen propustljivosti zastakljenja pri normalnom upadu zračenja

$A_w [m^2]$ - Površina prozora (providni dio)

$g_{tot} [-] = F_W F_C g_{\perp}$ – Efektivna propustljivost prozora za Solarno zračenje

$I_{Sol} [W/m^2]$ – Specifični Solarni fluks (funkcija orijentacije površine)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Spoljašnji dobitak Solarni

| | Tip zastakljenja | g_{\perp} |
|----|---|-------------|
| 1. | Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo) | 0.87 |
| 2. | Dvostruko izolirajuće staklo (sa jednim međuslojem vazduha) | 0.80 |
| 3. | Trostruko izolirajuće staklo (sa dva međusloja vazduha) | 0.70 |
| 4. | Dvostruko izolirajuće staklo sa jednim staklom niske emisije (Low-E obloga) | 0.60 |
| 5. | Trostruko izolirajuće staklo sa dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge) | 0.50 |
| 6. | Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od solarnog zračenja | 0.50 |
| 7. | Staklena opeka | 0.60 |

| | Uredjaj za zaštitu od sol. zračenja | F_C |
|-----|--|-------------|
| 1. | Bez uredjaja za zaštitu od Sol. zrač. | 1.0 |
| 2 | Uredjaj sa unutraš. strane ili između stakala | |
| 2.1 | – bijele ili reflektirajuće površine i male transparentnosti | 0.75 |
| 2.2 | – svijetle boje ili male transparentnosti | 0.80 |
| 2.3 | – tamne boje ili povećane transparentnosti | 0.90 |
| 3 | Uredjaj sa spoljne strane | |
| 3.1 | - žaluzine, lamele koje se mogu okretati, otpozadi provjetravano | 0.25 |
| 3.2 | – žaluzine, roletne, kapci (škure, grile) | 0.30 |
| 4. | Strehe, lođe | 0.50 |
| 5. | Markize, gore i bočno provjetravane | 0.40 |

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Unutrašnji dobiti Q_{gi}

Ljudi-Metabolizam

$$Q_{mt} [Wh] = A q_{mt} \tau$$

$$q_{mt} [W/m^2] = (N_{os} \Phi_{mt} / A)$$



$q_{mt} [W/m^2]$ – specifični toplotni dobitak

$N_{os} [os]$ – efektivni (srednji) broj osoba istovremeno prisutnih u objektu tokom vremena τ

$A [m^2]$ – površina grijanog-hladjenog prostora

$\Phi_{mt} [W/os]$ – toplotni fluks koji oslobadja 1 osoba (~100 W)

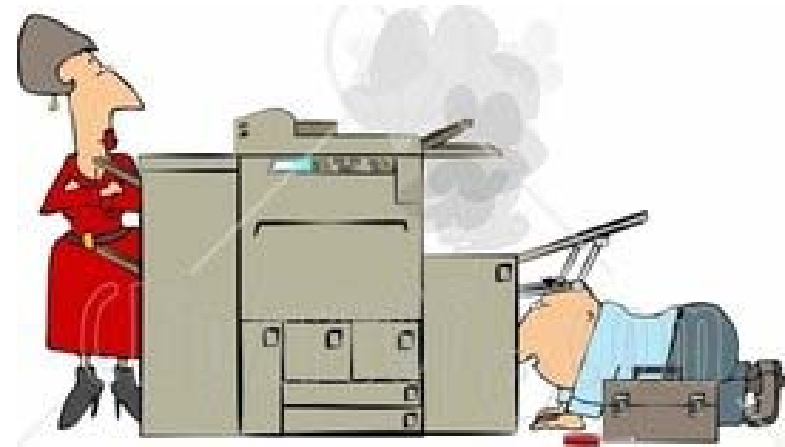
$\tau [h]$ - Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Standard EN 13790: Metoda proračuna Unutrašnji dobiti Q_{gi}

Uredjaji i Aparati

$$Q_{eq} [Wh] = A q_{eq} \tau$$

$$q_{eq} [W/m^2] = (\sum \Phi_{eq}) / A$$



$q_{eq} [W/m^2]$ – specifični toplotni dobitak

$A [m^2]$ – površina grijanog-hladjenog prostora

$\sum \Phi_{eq} [W]$ – efektivna simultana snaga (ON) u vremenu τ

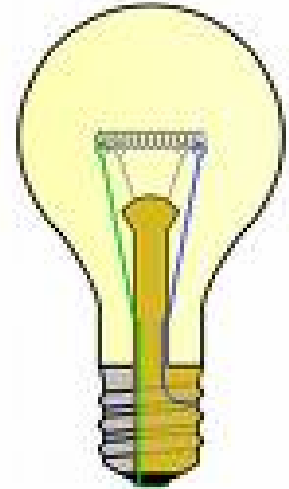
$\tau [h]$ - Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Standard EN 13790: Metoda proračuna Unutrašnji dobiti Q_{gi}

Osvjetljenje

$$Q_{It} [Wh] = A q_{It} \tau$$

$$q_{It} [W/m^2] = (\Sigma(\Phi_{It})/A$$



$q_{It} [W/m^2]$ – specifični toplotni dobitak

$A [m^2]$ – površina grijanog-hladjenog prostora

$\Sigma\Phi_{It} [W]$ – efektivna simultana snaga (ON) u vremenu τ

$\tau [h]$ - Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Efektivna sumultana vrijednost q [W/m^2]
računato na nivou 24 h

$$q = q^{ON} (T^{ON} / T) + q^{OFF} (T^{OFF} / T)$$

T^{ON} [h] – period kad je uključeno

T^{OFF} [h] – period kad je isključeno

T [h] = $T^{ON} + T^{OFF}$ – ukupno vrijeme (24 h)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Toplotni kapacitet zgrade $C_m [(J, Wh)/K] = mc$

Toplotni kapacitet zgrade (inercija objekta)
predstavlja sposobnost akumulacije energije-toplote

$m, c, \Delta t$ $Q [J, Wh] = C_m^m c \Delta t$

$m [kg]$ – masa

$c [J/kgK]$ – specifična toplota

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Toplotni kapacitet zgrade $C_m [Wh/K] = mc$

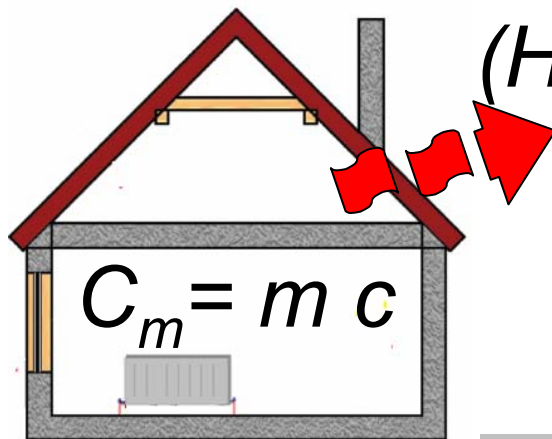
| Vrsta konstrukc | Vrlo laka ¹ | Laka ² | Srednja ³ | Teška ⁴ | Vrlo teška ⁵ |
|---|------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| $C_m, [Wh/K]=m c$ | $20*A$ | $30*A$ | $50*A$ | $100*A$ | $150*A$ |
| $A [m^2]$ površina grijanog-hladjenog prostora. | | | | | |

1. Laki zidovi spolja i unutar objekta, gipsani zidovi
2. Spušteni plafoni, prostirka na betonskom podu, laka konstrukcija zidova spolja i laki zidovi unutar objekta.
3. Drveni pod na betonu, betonski plafon djelimično izložen (20%), laka konstrukcija zidova spolja i laki zidovi unutar objekta,
4. Betonski plafon dominantno izložen (70%), linoleum ili sl. na betonskom podu, laki zidovi spolja i unutar objekta,
5. Betonski plafon izložen, linoleum ili sl. na betonskom podu, teški zidovi spolja i 50% unutar objekta.

Standard EN 13790: Metoda proračuna

Vremenska konstanta zgrade τ_C [h]

Za koje vrijeme τ_C [h] će se ohladiti zgrada toplotnog kapaciteta C_m [Wh/K] za $\Delta t = 1$ C, pri $(t_i - t_e) = 1$ C?



$$(H_{tr} + H_V) (t_i - t_e)$$

$$\overset{C_m}{(m c)} \overset{1 C}{\Delta t} = \overset{1 C}{(H_{tr} + H_V) (t_i - t_e)} \tau_C$$

$$\tau_C [h] = C_m / (H_{tr} + H_V)$$

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE (Heating)

Potrebna toplota za grijanje $Q_{H,n(eded)}$ [Wh, kWh]

Toplotni dobici (Q_g) samo djelimično učestvuju u grejnom bilansu objekta, odnosno oni samo djelimično doprinose grijanju. Njihov korisni udio je definisan

“Faktorom iskorišćenja toplotnih dobitaka” η_{Hg} .

$$Q_{H,n} [Wh, kWh] = Q_l - \eta_{Hg} Q_g$$

$Q_l [Wh, kWh] = (H_{tr} + H_v)(t_i - t_e)_m \tau$ – toplotni gubici objekta

$Q_g [Wh, kWh]$ - toplotni dobici objekta

η_{Hg} – faktor iskorišćenja toplotnih dobitaka (0-1)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

Faktor iskorišćenja toplotnih dobitaka η_{Hg}

$$\eta_{Hg} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad \eta_{Hg} = \frac{a}{a+1} \quad \eta_{Hg} = 1$$

$\gamma > 0, \gamma \neq 1$ $\gamma = 1$ $\gamma < 0$

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l} = \frac{\text{Toplotni dobitci}}{\text{Toplotni gubici}}$$

$$a = 1 + T_C / 15$$

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

Kod *grijanja* objekta prekidi su

Dnevni – prekid rada instalacije noću ili van radnog vremena,

Nedeljni – prekidi tokom vikenda ili praznika,

Dugi – prekid rada na duže vrijeme (raspusti i sl).

Kod grijanja vrijeme prekida t_{OFF} (redukcije t_{Red}), se računa u časovima (npr. dnevni prekid od $10 h$, ili nedeljni kada tokom vikenda ne radi instalacija, $48 h$), $t_{OFF} = N_{dw} * t_{hOFF}, h$.

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

Režimi rada instalacije

- a. Kontinualan rad,
- b. Kvazi-kontinualan rad.
- c. Rad sa prekidima,
- d. Rad sa dugim periodima isključenja.

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

Režimi rada instalacije

Uticaj režima rada-prekida instalacije se manifestuje prije svega kroz prelazne režime do kojih dolazi pri promjeni režima rada koji traju dok se ne uspostavi stacionarno stanje. Na primjer pri prekidu rada instalacije grijanja, temperatura u objektu se lagano smanjuje zbog inercije objekta. U trenutku startovanja instalacije, temperatura u objektu će se ustaliti tek nakon nekog vremena, opet u zavisnosti od inercij objekta.

Dakle ne možemo u nekim situacijama uzimati u račun stacionarnu temperaturu u objektu bez odgovarajuće korekcije.

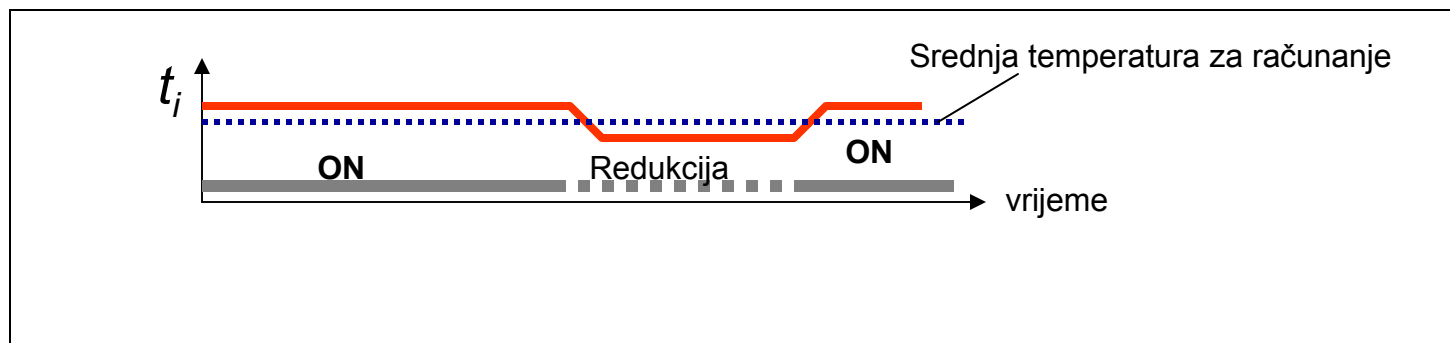
Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

a. Kontunualan rad

Kontinualan režim rada je neprekidan rad instalacije kojim se održavaju zadati parametri sistema.

Temperaturski režimi se mijenjaju tokom dana i mjerodavna je srednja temperatura



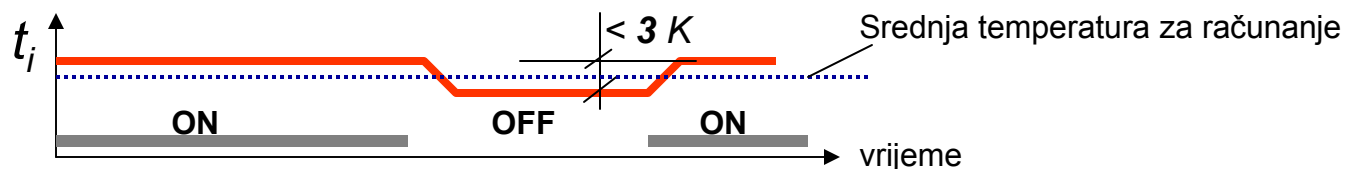
Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

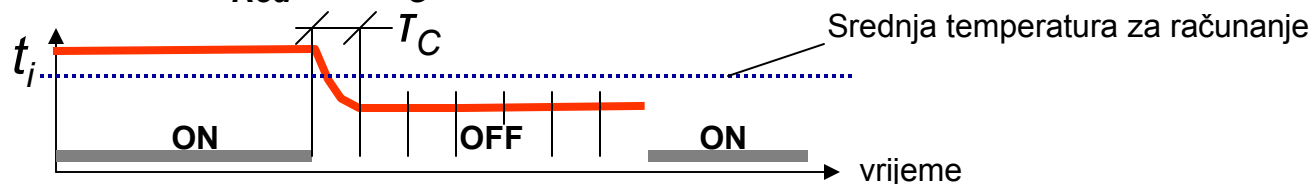
b. Kvazi-kontunualan rad

Kvazi-kontinualan rad instalacije je režim sa prekidima koji se tretira kao kontinualan, ako je zadovoljen bar jedan od uslova:

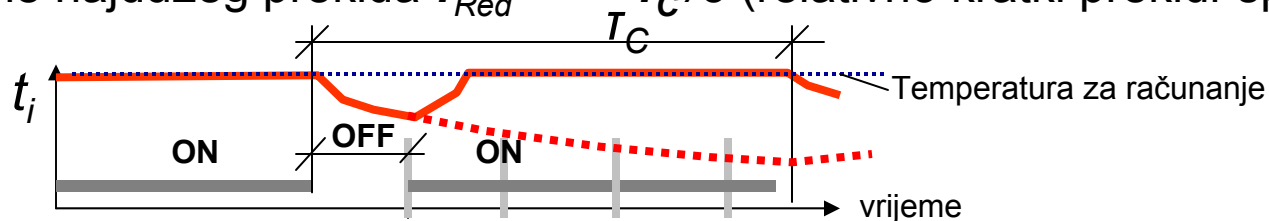
- ❑ $(t_i^{ON} - t_i^{OFF}) < 3 \text{ K}$ (razlika temperatura vazduha u objektu tokom radnog režima i režima u prekidu je manja od 3 K)



- ❑ vrijeme prekida $\tau_{Red} > 5 \tau_C$ (relativno dugi prekidi, brzo se hladi objekt)



- ❑ vrijeme najdužeg prekida $\tau_{Red}^{Max} < \tau_C / 3$ (relativno kratki prekidi-sporo hladjenje)



Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

c. Rad sa prekidima (režim van **a** i **b**)

Račun se izvodi kao za kontinualan režim, ali se uvodi faktor korekcije $a_{H, Red}$

$$Q_{H,n}(Korigovano) [Wh] = a_{H, Red} * Q_{H, n}(Kontinualno)$$

$$a_{H, Red} = 1 - (45 / \tau_c) \gamma (1 - f_{H,h})$$

$$f_{H,h} \leq a_{H, Red} \leq 1$$

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l} = \frac{\text{Toplotni dobici}}{\text{Toplotni gubici}}$$

PREKID

$$f_{H,h} = \text{Vrijeme ON (instalacija ON)} / (\text{Ukupno vrijeme: ON+OFF})$$

Primjer: instalacija radi 5 dana u nedelji po 10 h:

$$f_{H,Red} = (5 * 10) / (7 * 24) = 0.3$$

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

d. Rad sa dugim periodima isključenja ili redukcije
(Praznici, Školski raspusti i sl).

U ovim slučajevima zanemaruju se prelazni režimi. Režimi **ON** i **OFF**
tj. **RED**, se tretiraju pojedinačno i kao stacionarni.

$$Q_{H,n}[Wh] = f_{ON} Q_{H,n,ON} + (1 - f_{ON}) Q_{H,n,Red}$$

$$f_{ON} = \text{Vrijeme rada} / \text{Ukupno vrijeme}$$

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE

Isporučena energija (delivered)

To je energija dovedena na granice sistema (zgrade, kotlarnice itd)

$$E_{H,Del} [Wh] = \frac{Q_{H,n}}{\eta_H}$$

Stepen efikasnosti sistema

$$\eta_H = (\eta_{em} \eta_{dis} \eta_a \eta_{TBM} \eta_{Gen})_H$$

η_{em}

stepen efikasnosti emisije grejnih jedinica u objektu;

η_{dis}

stepen efikasnosti razvodnog sistema grijanja;

η_a

stepen efikasnosti sistema regulacije sistema grijanja;

η_{TBM}

stepen efikasnosti upravljanja i održavanja grejnog sistema;

η_{Gen}

stepen efikasnosti generatora toplote sistema

(kod toplotnih pumpi to je sezonski faktor grijanja **COP - Coefficient Of Performance**)

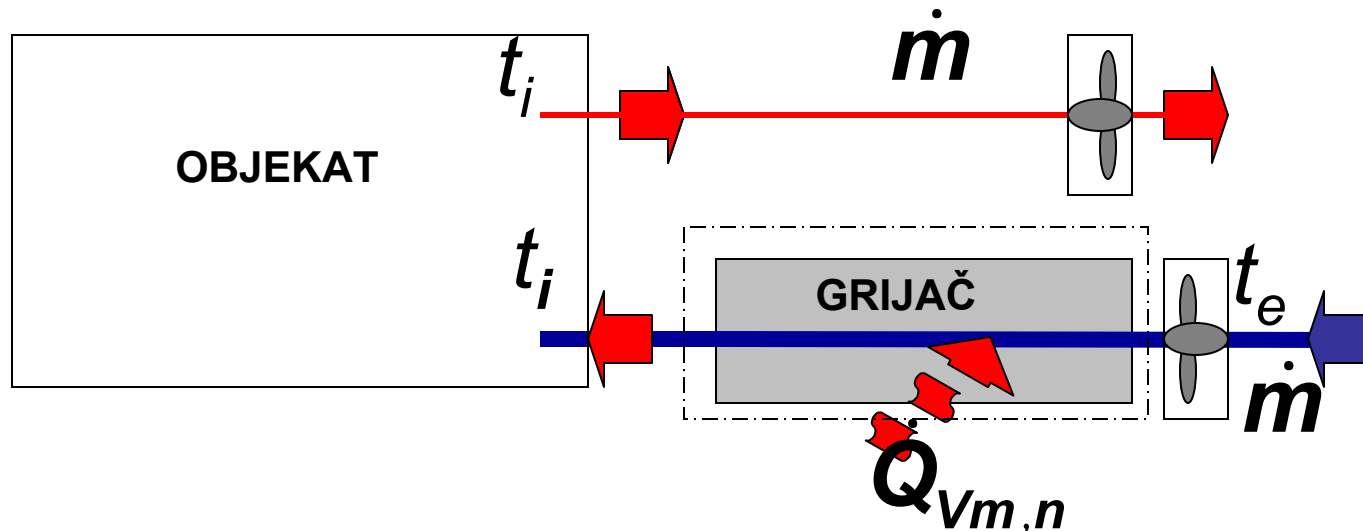
Standard EN 13790: Metoda proračuna

MAŠINSKA VENTILACIJA (Mech. Ventilation)

RAČUNA SE POSEBNO

Ventilacija se ostvaruje uz pomoć ventilacione instalacije.
Potrebna energija-toplota za zagrijavanje vazduha je:

$$Q_{Vm,n} [Wh, kWh] = \dot{m} c_p (t_i - t_e)_m \tau = H_{Vm} (t_i - t_e)_m \tau$$



τ [h] - Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

c_p [J/kgK] – Specifična toplota vazduha pri $p=const.$

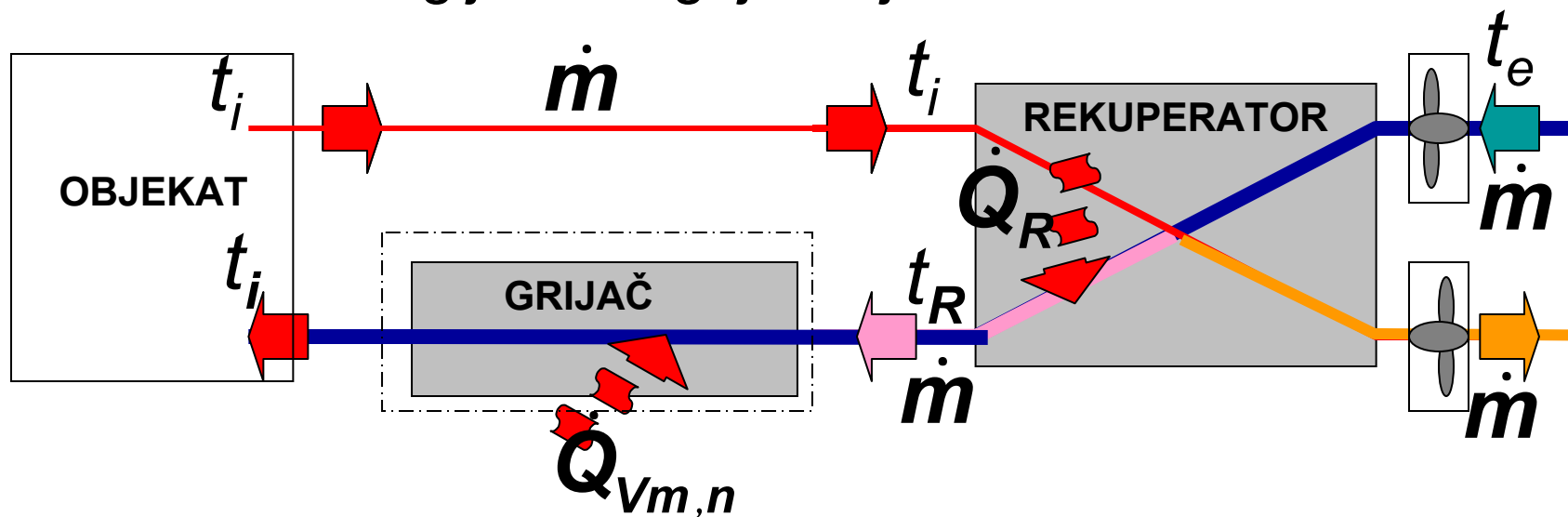
H_{Vm} [W/K] – Koeficijent ventilacionih (mašinskih) gubitaka

Standard EN 13790: Metoda proračuna

MAŠINSKA VENTILACIJA-REKUPERATOR

Rekuperator uz.ima dio energije-toplote od toplog vazduha koji se izbauje iz prostorije i njime predgrijeva svježi vazduh koji se zatim dogrijeva u zagrijaču i ubacuje u prostoriju

Potrebna energija za zagrijavanje vazduha:



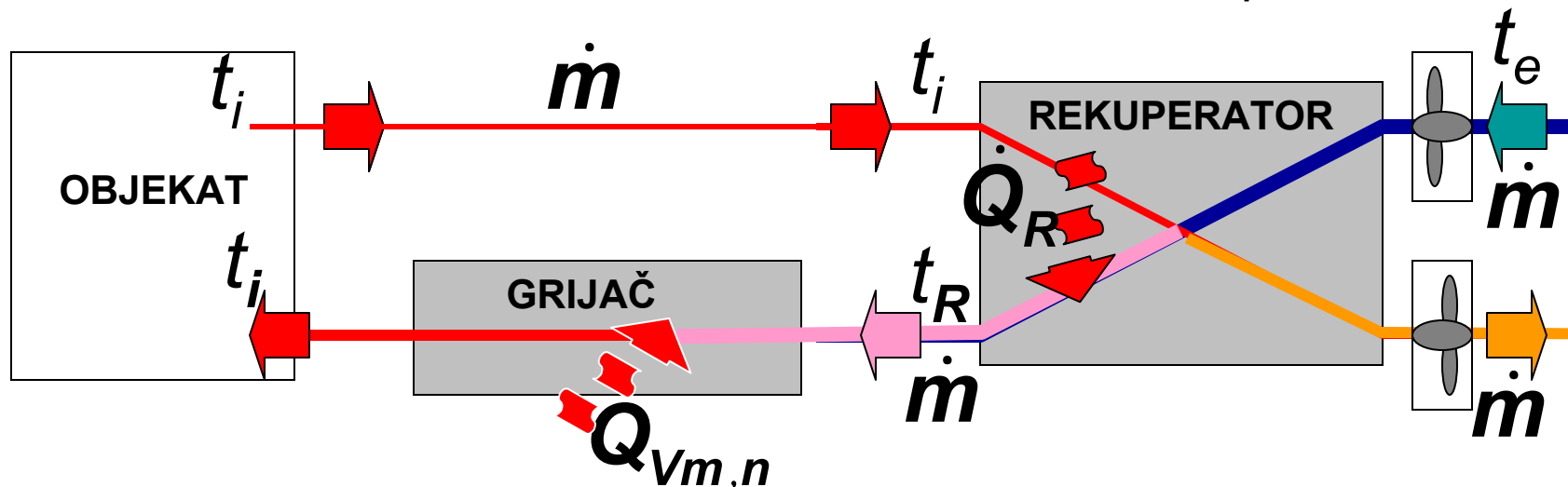
$$Q_{Vm,n} [Wh] = \dot{m} c_p (t_i - t_R) \tau = H_{Vm} (t_i - t_R) \tau$$

τ [h] - Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

MAŠINSKA VENTILACIJA-REKUPERATOR

Efikasnost Rekuperatora (50-70%) $\eta_R = \frac{Q_R}{Q_{RMax}} = \frac{\dot{m}c_p(t_R - t_e)}{\dot{m}c_p(t_i - t_e)} = \frac{t_R - t_e}{t_i - t_e}$



$$Q_{Vm,n} [Wh] = \dot{m}c_p (t_i - t_R)_m T = H_{Vm} (t_i - t_R)_m T$$

$$Q_{Vm,n} [Wh] = Q_{RMax} - Q_R = Q_{RMax} - Q_{RMax}\eta_R = Q_{RMax} (1 - \eta_R)$$

$$Q_{Vm,n} [Wh] = H_{Vm} (t_i - t_e)_m (1 - \eta_R) T$$

Standard EN 13790: Metoda proračuna

ZAGRIJAVANJE SANITARNE VODE

RAČUNA SE POSEBNO

Potrebna energija za zagrijavanje

$$Q_{W, n} [Wh] = \dot{m}_w c_w \Delta t_w \tau = \dot{v}_w A c_w \Delta t_w \tau,$$

$$Q_{W, n} [Wh] = q_w A \tau$$

\dot{m}_w [kg/h]- potrošnja tople vode

\dot{v}_w [l/h/m²] – specifična potrošnja tople vode

q_w [W/m²] – specifična grejna snaga

Δt_w [C] – porast temperature vode

A [m²] – površina grijanog-hladjenog prostora

τ [h] - Vrijeme u h (mjesec ili dio mjeseca)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

HLADJENJE (Cooling)

Potrebna toplota za hladjenje

Toplotni gubici samo djelimično učestvuju u rashladnom bilansu objekta, odnosno oni samo djelimično doprinose hladjenju. Njihov korisni udio je definiše

Faktor iskorišćenja toplotnih gubitaka η_{Cl} .

$$Q_{C,n} [Wh] = Q_g - \eta_{Cl} Q_l$$

$Q_l [Wh] = (H_{tr} + H_v)(t_i - t_e)_m T$ – toplotni gubici objekta

$Q_g [Wh]$ - toplotni dobici objekta

η_{Cl} – faktor iskorišćenja toplotnih gubitaka (0-1)

Standard EN 13790: Metoda proračuna **HLADJENJE (Cooling)**

Faktor iskorišćenja toplotnih gubitaka η_{Cl}

$$\eta_{Cl} = \gamma \eta_{Hg} \quad \eta_{Cl} = \frac{a}{a+1} \quad \eta_{Cl} = 1$$

$\gamma > 0, \gamma \neq 1$ $\gamma = 1$ $\gamma < 0$

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l} = \frac{\text{Toplotni dobici}}{\text{Toplotni gubici}}$$

$$a = 1 + T_C / 15$$

Standard EN 13790: Metoda proračuna

HLADJENJE

Kod *hladjenja* objekta prekidi su

Nedeljni – prekidi tokom vikenda ili praznika,

Dugi – prekid rada na duže vrijeme (raspusti i sl).

Dnevni prekidi su kod hladjenja implicitno uključeni preko koeficijenta iskorišćenja toplotnih gubitaka η_{CI} .

Kod hladjenja vrijeme prekida τ_{Red} , se računa samo za dane kada se instalacija hladjenja uopšte ne uključuje tokom $24 h$ (na primjer nedeljni prekid od dva dana, tj. kada tokom vikenda ne radi instalacija).

Standard EN 13790: Metoda proračuna

HLADJENJE

Režimi rada instalacije

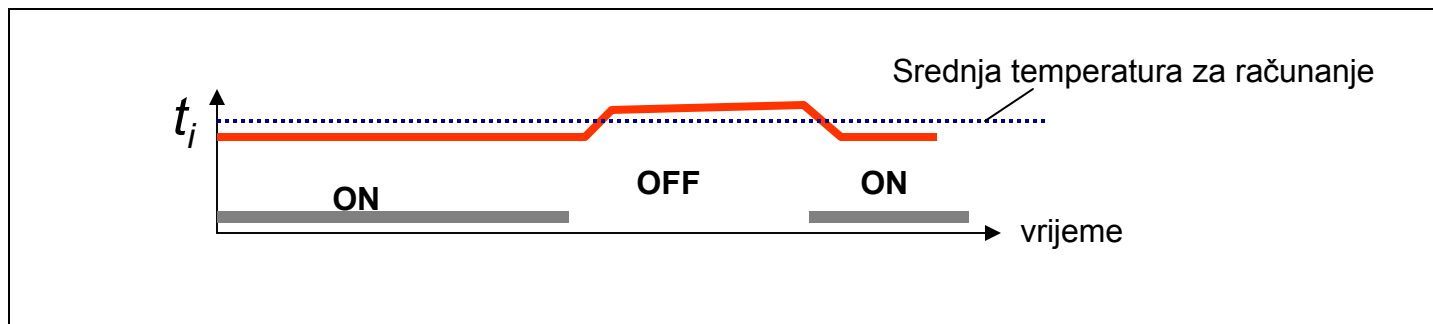
- a. Kontinualan rad,
- b. Kvazi-kontinualan rad.
- c. Rad sa prekidima,
- d. Rad sa dugim periodima isključenja.

Standard EN 13790: Metoda proračuna

HLADJENJE

a. Kontunualan rad

Kontinualan režim rada je neprekidan rad instalacije kojim se održavaju zadati parametri sistema



U rashladnom kontinualnom režimu se po definiciji pretpostavlja da se instalacija uključuje svakodnevno izvestan period (po pravilu danju, ne noću)

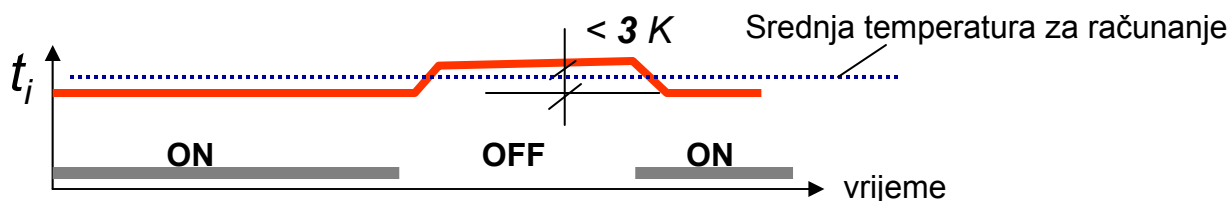
Standard EN 13790: Metoda proračuna

HLADJENJE

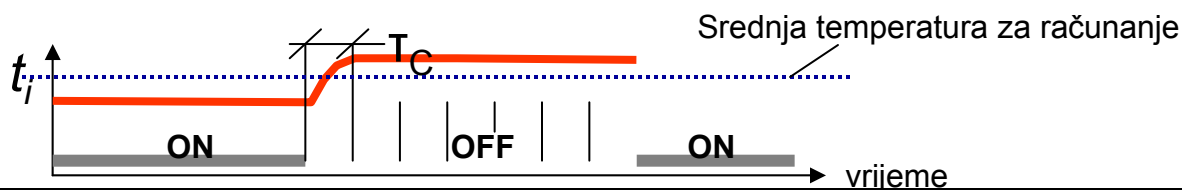
b. Kvazi-kontinualan rad

Kvazi-kontinualan rad instalacije je režim sa prekidima se tretira kao kontinualan, ako je zadovoljen bar jedan od uslova:

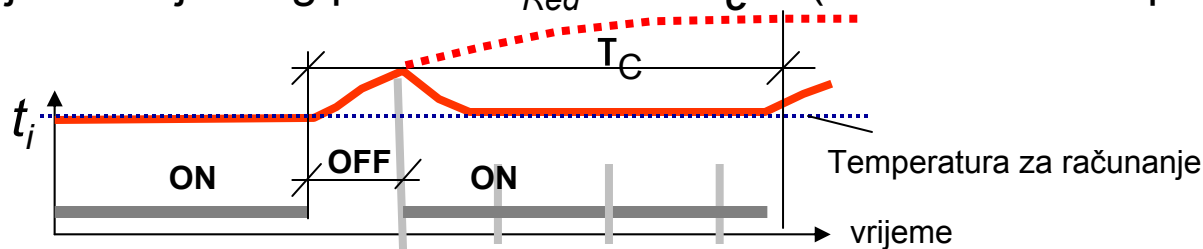
- $(t_i^{ON} - t_i^{OFF}) < 3 K$ (razlika temperatura vazduha u objektu tokom radnog režima i režima u prekidu je manja od 3 K)



- vrijeme prekida $\tau_{Red} > 5 \tau_C$ (relativno dugi prekidi)



- vrijeme najdužeg prekida $\tau_{Red}^{Max} < \tau_C / 3$ (relativno kratki prekidi)



Standard EN 13790: Metoda proračuna HLADJENJE

c. Rad sa prekidima (režim van **a** i **b**)

Račun se izvodi kao za kontinualan režim, ali se uvodi faktor korekcije $a_{C, Red}$

$$Q_{C,n}(Korigovano) [Wh] = a_{C, Red} * Q_{C,n}(Kontinualno)$$

$$a_{C, Red} = 1 - (45 / \tau_c) \gamma (1 - f_{C,d})$$

$$f_{C,d} \leq a_{C, Red} \leq 1$$

PREKID

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l} = \frac{\text{Toplotni dobici}}{\text{Toplotni gubici}}$$

$f_{C,d}$ = Broj dana instalacije **ON** / Ukupno dana (**ON**+**OFF**)

Primjer: instalacija radi 5 dana u nedelji, $f_{C,Red} = 5/7 = 0.71$.

Standard EN 13790: Metoda proračuna HLADJENJE

d. Rad sa dugim periodima isključenja ili redukcije
(Praznici, Školski raspusti i sl).

U ovim slučajevima zanemaruju se prelazni režimi. Režimi **ON** i **OFF**
tj. RED, se tretiraju pojedinačno i kao stacionarni.

$$Q_{C,n}[Wh] = f_{ON} Q_{C,n,ON} + (1 - f_{ON}) Q_{C,n,Red}$$

f_{ON} = Vrijeme rada Objekta / Ukupno vrijeme

Standard EN 13790: Metoda proračuna

HLADJENJE

Isporučena energija (Delivered)

To je energija dovedena na granice sistema (zgrade itd)

$$E_{C,Del} [Wh] = \frac{Q_{C,n}}{\eta_c}$$

Stepen efikasnosti sistema

$$\eta_c = (\eta_{em} \eta_{dis} \eta_a \eta_{TBM} \eta_{Gen})_c$$

η_{em}

stepen efikasnosti emisije rashladnih jedinica u objektu;

η_{dis}

stepen efikasnosti razvodnog sistema hladjenja;

η_a

stepen efikasnosti sistema regulacije sistema hladjenja;

η_{TBM}

stepen efikasnosti upravljanja i održavanja rashl. sistema;

η_{Gen}

stepen efikasnosti generatora rashladne toplote sistema

(kod rashl. uređaja to je sezonski faktor hladjenja *ESEER-*

European Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Standard EN 13790: Metoda proračuna

GRIJANJE - HLADJENJE

Broj grejnih i rashladnih dana u mjesecu

Broj dana grijanja i hladjenja u mjesecu se određuje na osnovu izračunate potrebne toplote za grijanje i hladjenje. Moguća su 3 slučaja:

- $Q_{H,n} > 0, Q_{C,n} = 0$ svi dani u mjesecu su *grejni* dani,
- $Q_{H,n} = 0, Q_{C,n} > 0$ svi dani u mjesecu su *rashladni* dani,
- $Q_{H,n} > 0, Q_{C,n} > 0$ dio dana u mjesecu je grejni, f_H , a dio rashladni $f_C = 1 - f_H$.

$$f_H \approx Q_{H,n} / (Q_{H,n} + Q_{C,n}),$$

$$f_C \approx Q_{C,n} / (Q_{H,n} + Q_{C,n}).$$

Metoda proračuna: Stepen Dan

Grejni Stepen Dan, *GSD*
Heating Degree Day, *HDD*

Potrebna toplota za grijanje

Grejni Stepen Dan je dan (24 h) tokom koga je temperaturska razlika izmedju unutrašnjosti objekta i

okoline $\Delta t = (t_i - t_e) = 1 \text{ C}$.

Primjer:

HDD = 10 predstavlja

$N_d = 10$ dana tokom kojih je razlika $(t_i - t_e) = 1 \text{ C}$

ili

$N_d = 1$ dan tokom koga je razlika $(t_i - t_e) = 10 \text{ C}$ itd.

Metoda proračuna: Stepen Dan

Grejni Stepen Dan (Heating Degree Day)

Potrebna toplota za grijanje

Tokom jednog stepen dana ($HDD=1$) toplotni gubici su

$$Q_{I,HDD=1}[Wh] = (H_{tr} + H_v) \cdot 1 \cdot 24$$

Ako u grejnoj sezoni imamo HDD stepen dana, ukupni toplotni gubici su

$$Q_I[Wh] = (H_{tr} + H_v) \cdot HDD \cdot 24$$

Prema ovoj metodi potrebna količina energije za grijanje tokom grejne sezone je proporcionalna toplotnim gubicima

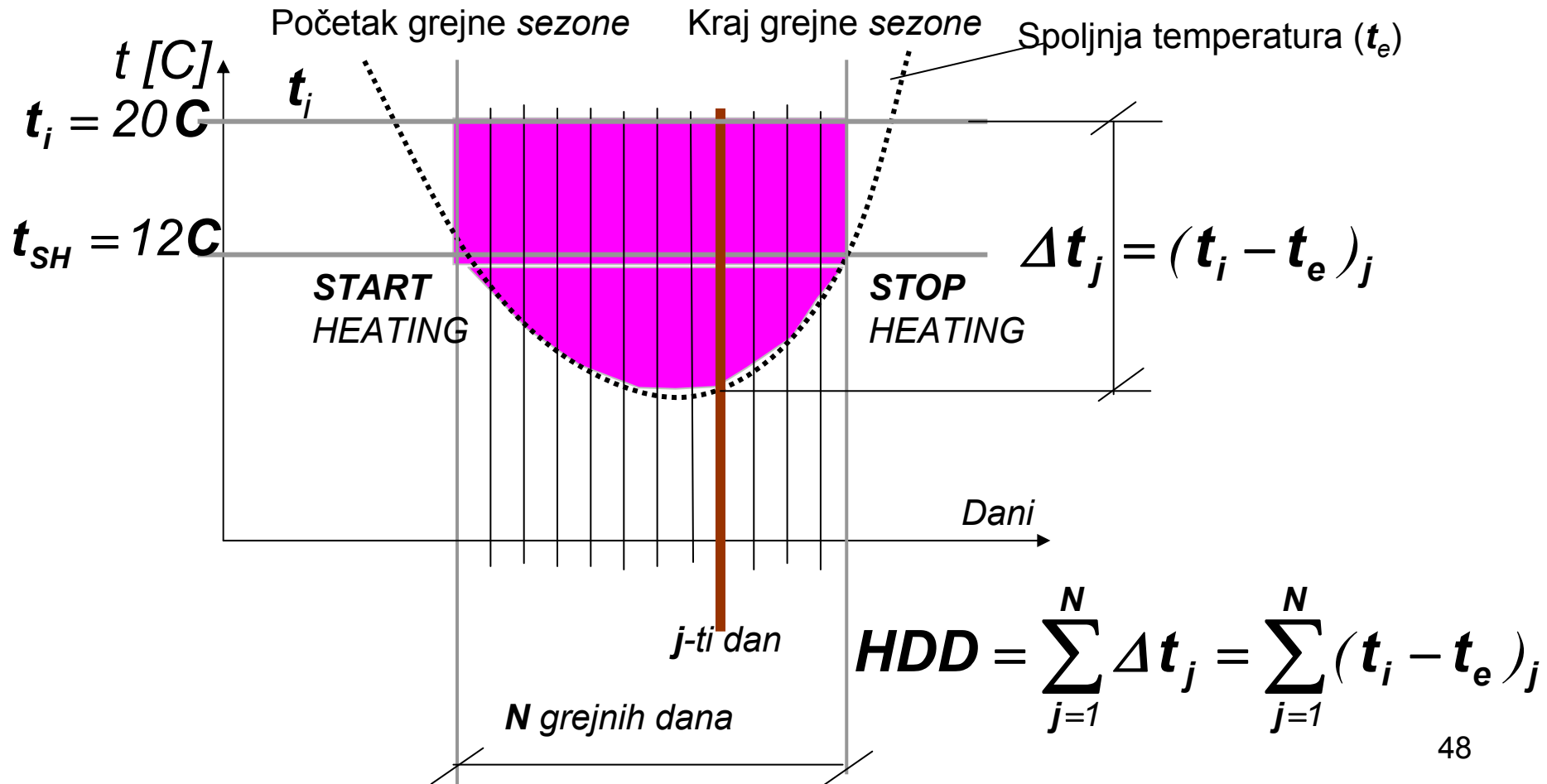
$$Q_{H,n}[Wh] = K \cdot Q_I$$

gdje $K \sim 0.8$ predstavlja korekcionni faktor usled prekida u grijanju.

Metoda proračuna: Stepen Dan

Grejni Stepen Dan (Heating Degree Day)

Potrebna toplota za grijanje



Metoda proračuna: Stepen Dan

Grejni Stepen Dan (Heating Degree Day)

Razlozi za:

- Robusna metoda
- Pogodna za brze procjene

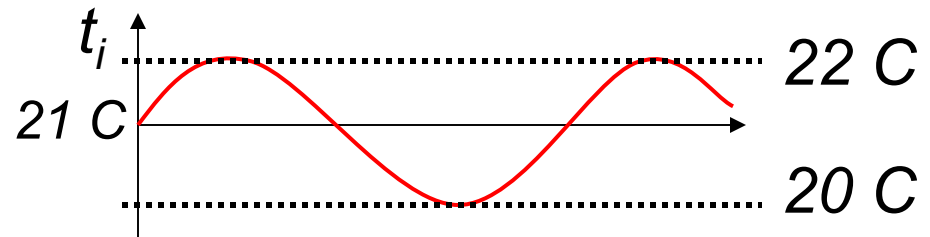
-Razlozi protiv:

- Ne uzima u obzir toplotne dobitke
- Nedovoljno precizna

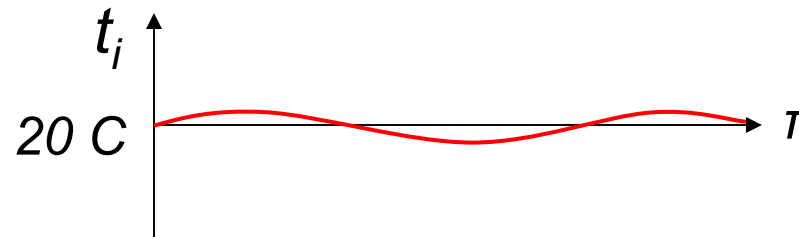
Metoda proračuna: Stepen Dan

Primjer:

Pri ON/OFF regulaciji rada toplotne pumpe (split izvedba), temperatura se održava u intervalu $20\text{ C} +2\text{ C}$, tj uređaj se pali na 20 C a isključuje na 22 C .



Toplotne pumpe sa invertorom (frekventna regulacija) rade bez prekida održavajući unutrašnju temperaturu približno konstantnom na 20 C .



Kolika se ušteda postiže primjenom frekventne regulacije na nivou grejne sezone?

Metoda proračuna: Stepen Dan

Primjer:

PDG ima $HDD=1612$ pri unutrašnjoj temperaturi od 20 C. Pri radu split uređaja sa *ON/OFF* regulacijom može se smatrati da je srednja unutrašnja temperatura $(20 + 22)/2=21$ C. Prema tome broj stepen dana u tom slučaju je

$$HDD_{21}^* = \sum_{j=1}^N (t_{i20} + \Delta t_{i1} - t_e)_j = \sum_{j=1}^N (t_{i20} - t_e)_j + \sum_{j=1}^N (\Delta t_{i1})_j$$

$$HDD_{21}^* = HDD_{20} + N\Delta t_{i1}$$

$$\Delta t_i = 1 \text{ C,}$$

Broj grejnih stepen dana za PDG je $HDD=1612$

Broj grejnih dana je $N \sim 140$.

Metoda proračuna: Stepen Dan

Primjer:

Procentualno povećanje u grejnoj energiji na nivou grejne sezone je

$$(Q_H^* - Q_H) / Q_H = K(H_{tr} + H_V)(HDD_{21}^* - HDD_{20}) / [K(H_{tr} + H_V)HDD_{20}]$$

$$(Q_H^* - Q_H) / Q_H = (HDD_{21}^* - HDD_{20}) / HDD_{20} = N\Delta t_{i1} / HDD_{20}$$

$$(Q_H^* - Q_H) / Q_H = 140 / 1612 \sim 0.09.$$

Dakle ušteda samo od regulacije je 9 %.