

Ministarstvo ekonomije CG & GTZ

**Obuka lica za vršenje energetskih pregleda i sertifikovanje zgrada**

Mašinski fakultet i Arhitektonski fakultet UCG

Podgorica, 08.03.2011.

ARHITEKTONSKI PARAMETRI EEZ – DINAMIČKI FAKTORI  
ELEMENATA OMOTAČA U LJETNJEM RAZDOBLJU  
[Arhitektura\_4]

Prof. dr Dušan Vuksanović, dipl.inž.arh.

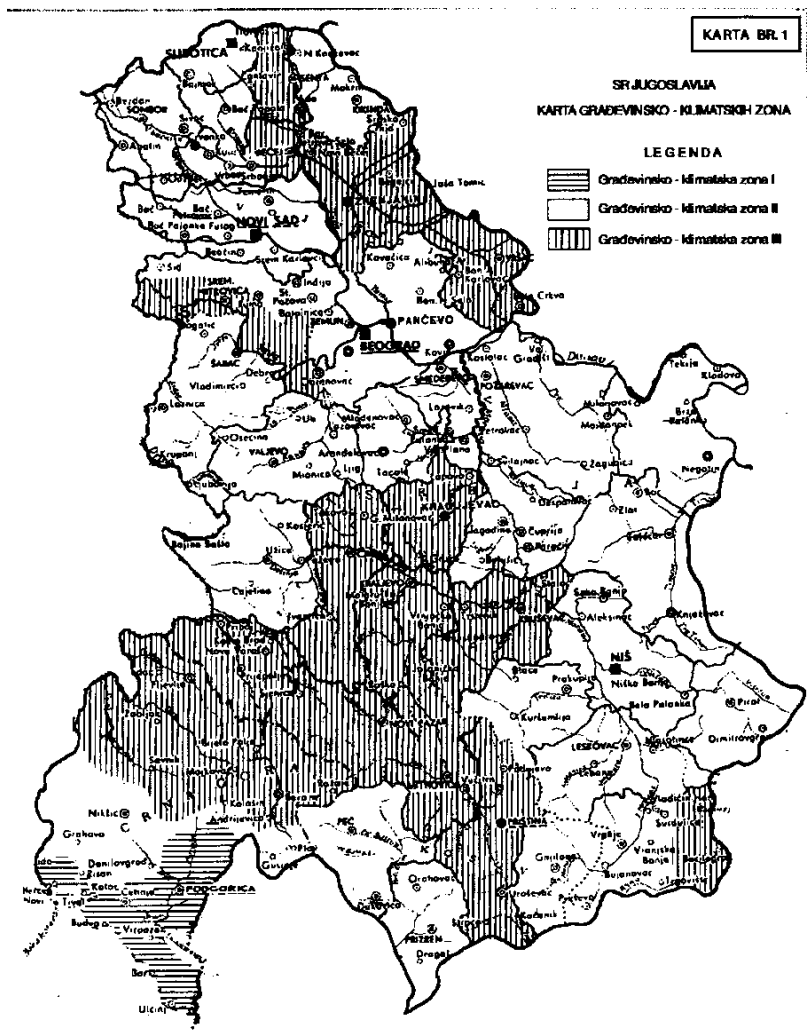
Arhitektonski fakultet u Podgorici

# Termička zaštita i propisi (JUS standardi)

- **JUS standardi** – još uvijek u praksi važeći propisi koji regulišu pitanje toplotne zaštite objekata:
  1. **JUS.U.J5.600** – Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada (1998)
  2. **JUS.U.J5.510** – Metode proračuna koeficijenta prolaza toplote u zgradama (1987)
  3. **JUS.U.J5.520** – Proračun difuzije vodene pare u zgradama (1997)
  4. **JUS.U.J5.530** – Proračun faktora prigušenja i proračun kašnjenja oscilacija temperature kroz spoljašnje građevinske pregrade zgrada u ljetnjem razdoblju (1997)

# JUS U.J5.: klimatske zone i spoljne projektne temperature

Karta br.1: Karta građevinsko-klimatskih zona



Karta br. 2: Karta spoljnih projektnih temperatura



# Algoritam provjere pojedinačnih građevinskih konstrukcija

## 1. korak

- **Proračun koeficijenta prolaza toplote  $k$  (U)**

- $k(U) < k_{\text{dozv}}$

- zahtjev ispunjen – prelazi se na sljedeći korak
- zahtjev nije ispunjen – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje korekciju

## 2. korak

- **Postojanje površinske kondenzacije**

- (temperatura unutraš. pov. građ.kon.)  $\theta_i > t_r$  (temperatura rošenja – tačka rose)

- zahtjev ispunjen – prelazi se na sljedeći korak
- zahtjev nije ispunjen – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje korekciju

# Algoritam provjere pojedinačnih građevinskih konstrukcija

## 3. korak

- **Proračun difuzije vodene pare**

- a. *Da li ima kondenzata?*

- nema – prelazi se na sljedeći korak
    - ima – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje dalju provjeru:

- b. *Proračun upijanja kondenzata*

- Da li konstrukcija može da upije kondenzat?
    - može – prelazi se na sljedeći korak
    - ne može – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje dalju provjeru:

- c. *Proračun ljetnjeg isušenja konstrukcije*

- Da li kondenzat može da se isuši tokom ljetnjeg perioda (isušenja)?
    - može – prelazi se na sljedeći korak
    - ne može – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje korekciju

# Algoritam provjere pojedinačnih građevinskih konstrukcija

## 4. korak

### a. *Proračun faktora prigušenja amplitude oscilacije temperature $v$*

- $v > v_{\min}$
- zahtjev ispunjen – prelazi se na sljedeći korak
- zahtjev nije ispunjen – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje korekciju

### b. *Provjera kašnjenja oscilacije temperature $\eta$*

- $\eta > \eta_{\min}$
- zahtjev ispunjen – konstrukcija zadovoljava uslove standarda
- zahtjev nije ispunjen – konstrukcija ne zadovoljava postavljeni zahtjev i iziskuje korekciju

# Provjera ljetnje stabilnosti spoljašnjih konstrukcija (izloženih sunčevom zračenju)

- Provjera ljetnje stabilnosti konstrukcije se svodi na **provjeru njenih mogućnosti akumulacije toplote**.
- **JUS.U.J5.530** – definiše konkretne metode i uslove proračuna karakterističnih parametara  **$v$ ,  $\eta$**

- **Uslovi proračuna:**

**faktor prigušenja oscilacije temperature  $v$**  izražava se odnosom

$$v = t_{em} / t_{om}$$

$t_{em}$  amplituda oscilacije temperature **spoljašnjeg vazduha**

$t_{om}$  amplituda oscilacije temperature **unutrašnje površine pregrade**

# Provjera ljetnje stabilnosti spoljašnjih konstrukcija (izloženih sunčevom zračenju) (2)

- **Uslovi proračuna:**
- **Kašnjenje oscilacije temperature  $\eta$**  predstavlja **vremenski interval** između trenutka pojave temperaturske promjene na unutrašnjoj površini pregrade i trenutka pojave promjene temperature spoljašnjeg vazduha koja je izazvala promjenu na unutrašnjoj površini.
- **U proračunu se ne uzimaju u obzir** slojevi pregrade tanji od 0,02m (malteri, premazi, parne brane,...), osim ako se ne radi o termoizolacionim materijalima čija je vrijednost koeficijenta toplotne provodljivosti manja od 0,1 W/mK
- **Za potrebe ovog standarda se usvaja:**
  - za vertikalne konstrukcije (zidove):  $\alpha_i = 8,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $\alpha_e = 11,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - za horizontalne konstrukcije (tavanice):  $\alpha_i = 6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $\alpha_e = 11,5 \text{ W/m}^2\text{K}$



## Provjera ljetnje stabilnosti spoljašnjih konstrukcija (izloženih sunčevom zračenju) (3)

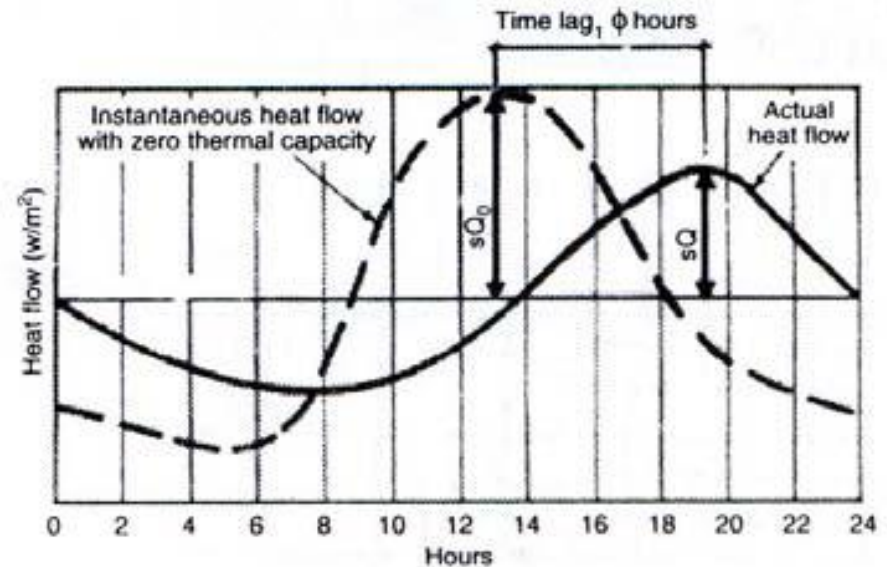
- **JUS.U.J5.600** – definiše granične uslove koje neka konstrukcija treba da zadovolji:
- Ako je faktor prigušenja oscilacije temperature **v krovova** veći od 45, a **v zidova** veći od 35, **ne postavljaju se zahtjevi** za  $\eta$
- Za spoljašnje građevinske konstrukcije koje u sastavu imaju **ventilisani vazdušni sloj** ili imaju ekran (zaklon), prema JUS U.J5.510, osim za slučaj sasvim slabo ventilisanih konstrukcija, ne postavljaju se zahtjevi u pogledu faktora prigušenja oscilacije temperature, uz uslov:
  - da **površinska masa konstrukcije**, bez spoljnje obloge, ne smije biti manja od 100 kg/m<sup>2</sup>,
  - u kom slučaju **koeficijent prolaza toplote k** mora biti manji od 0,35 W/m<sup>2</sup>K

## Provjera ljetnje stabilnosti spoljašnjih konstrukcija (izloženih sunčevom zračenju) (4)

- **Sve zastakljene površine** (osim sjeverne, sjeveroistočne i sjeverozapadne orijentacije) u boravišnim prostorijama **moraju imati netransparentnu** zaštitu od direktnog sunčevog zračenja u ljetnjem periodu.
- Dozvoljena je **zaštita od sunčevog zračenja i između stakala**, ako se uređaj za zasjenčenje koristi u zimsko doba kao dio sistema za prirodno grijanje suncem.
- **Materijali velikog termičkog kapaciteta** utiču na **dinamiku protoka toplote** – sposobnost akumulacije toplote usporava (odlaže) protok toplotne energije!

# Provjera ljetnje stabilnosti spoljašnjih konstrukcija (izloženih sunčevom zračenju) (5)

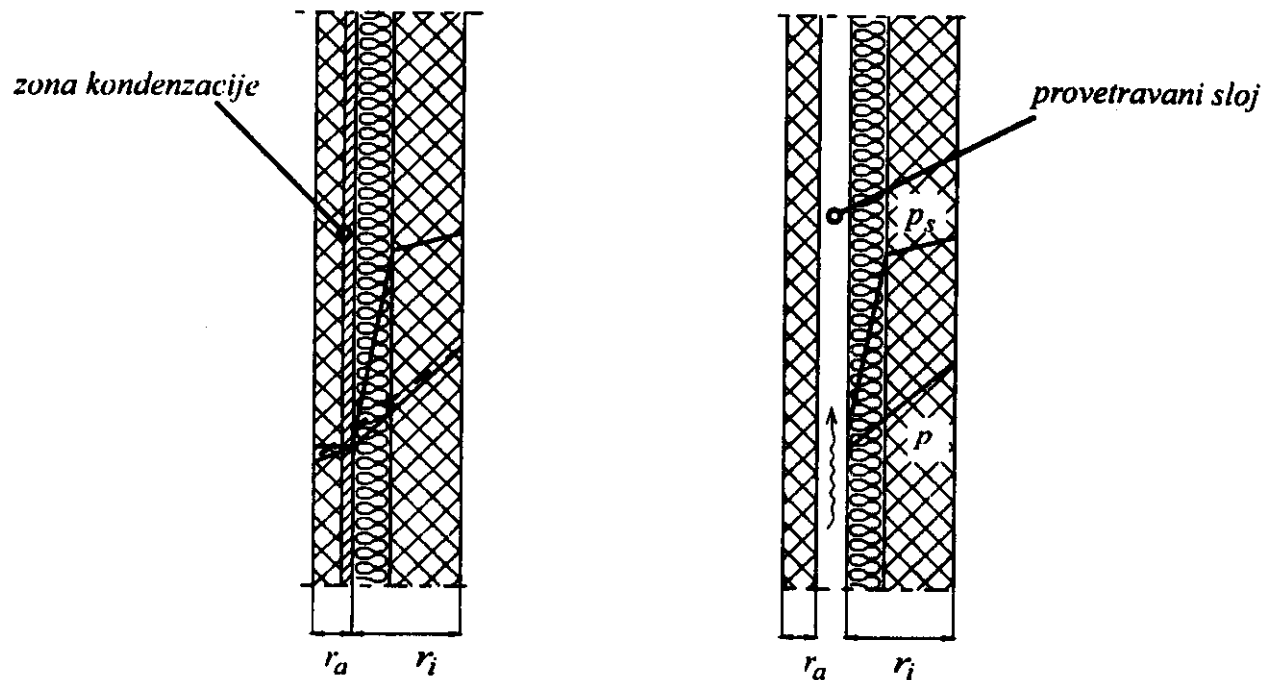
- Za masivnu konstrukciju je karakteristično da će **svaki sloj materijala**:
  - prvo apsorbovati dio toplote, čime će se povećati temperatura datog sloja, pa tek onda dalje prenijeti toplotu na sljedeći sloj
  - akumulirana toplota će se emitovati sa znatnim vremenskim pomakom!!
- **Korist od akumulacije toplote** se najviše ispoljava u toplim i suvim klimatima (velike temperaturne promjene dan-noć): kod višeslojnih konstrukcija **dinamički efekat** ne zavisi samo od vrste i debljine materijala nego i od njihovog redoslijeda u konstrukciji!



# Ventilisane konstrukcije

## UPOREDNA ANALIZA:

- Neventilisane (neprovjetravane) – Ventilisane (provjetravane) fasade
  - **Aspekt difuzije vodene pare** •



Sl. 1. Razlika u difuziji vodene pare provetravanog i neprovetravanog fasadnog zida

# Ventilisane konstrukcije

- **Prednosti ventilisane konstrukcije:**

→ smanjena/otklonjena termička naprezanja zida; pospješena difuzija vodene pare kroz noseći sloj fasade, **eventualna kondenzovana vlaga (u zoni/na površini TI) isušuje se vazдушnim strujanjem;**

- **Nedostaci neventilisane konstrukcije:**

→ zahtjevi za povišenim otporom difuziji vodene pare kod završnog sloja pospješuju kondenzaciju vodene pare (u zoni/na površini TI).

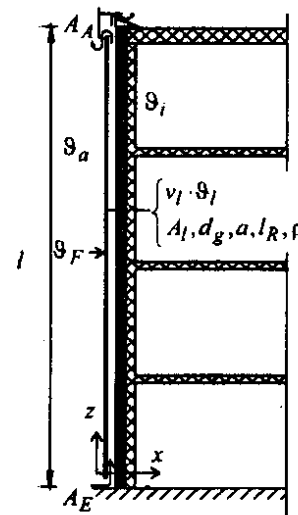
- **(!!) Promjenljivost toplotnih uslova tokom godine izaziva kondenzaciju vodene pare i van zimskog perioda:**

➤ proračunski (teorijski) dokaz o ispunjenosti potrebnog perioda isušenja konstrukcije prema standardu ne garantuje da neće doći do građevinske štete!

# Ventilisane konstrukcije

- **Parametri za proračun stanja vazduha u ventilisanom vazdušnom sloju:**
  - presudnu ulogu ima **veličina razmaka između ulaznog i izlaznog otvora** (geometrijske karakteristike fasade)

$l$  - dužina strujanja vazduha, tj. razmak između ulaznog i izlaznog otvora,  
 $A_i$  - površina poprečnog preseka provetravanog međuprostora,  
 $A_E$  - površina ulaznog otvora,  
 $A_A$  - površina izlaznog otvora.



Sl. 3. Šematski prikaz geometrijskih parametara

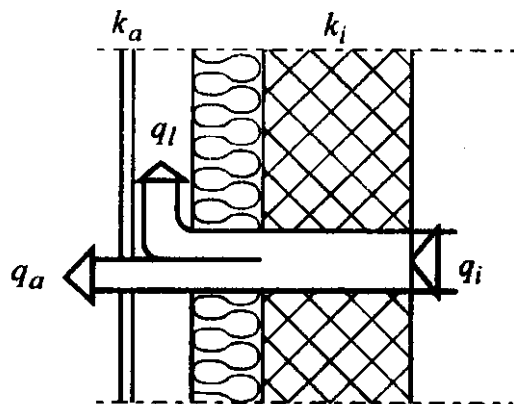
- **Termofizički faktori/parametri ventilisanog vazdušnog sloja:**
  - koeficijent prelaza toplote  $\alpha$ : zavisao od koeficijenata emisivnosti  $e_i$  i  $e_e$ ;
- **Veličina razmaka između ulaznog i izlaznog otvora:**
  - **pospešuje brzinu strujanja u vazdušnom sloju**, a time i gustinu toplotnog toka koji se odvodi vazdušnom strujom, ali i kod tog parametra **postoji i gornja granica koja se iskazuje u veličini od cca 20m, odn. 4-5 spratova**.

# Ventilisane konstrukcije

- Prolaz toplote u zimskim uslovima •

(smjer toplotnog toka: iz kondicioniranog prostora ka okolini)

$$g_l = \frac{k_i g_i}{k_a + k_i + 0,1 \rho_l \frac{v_l A_l}{l}}$$



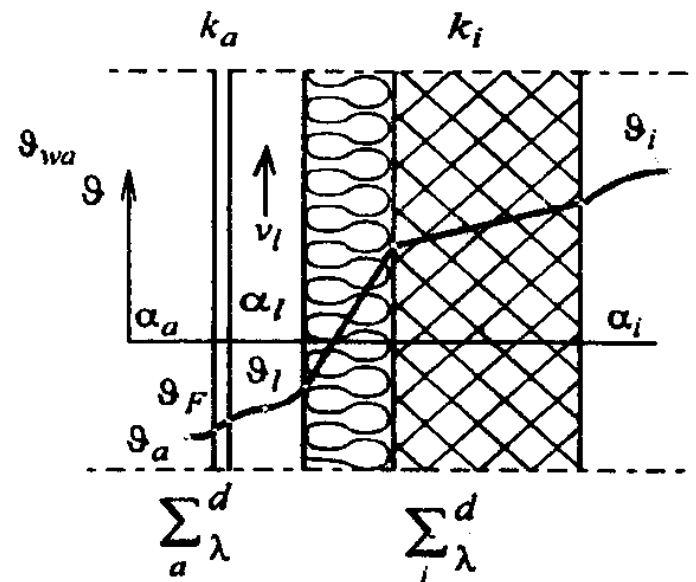
Sl. 5. Šematski prikaz toplotnog bilansa za zimske uslove

- Prednosti *ventilisane* konstrukcije:
  - **spriječavanje površinske kondenzacije i skraćivanje perioda isušenja kondenzata** u strukturi (zoni) konstrukcije (po pravilu u sloju TI);

# Ventilisane konstrukcije

- **Nedostaci ventilisane konstrukcije:**

→ **doprinos toplotnim gubicima** kroz pospješivanje odvođenja dijela toplotnog fluksa koji se (zimi) prenese iz grijanog prostora kroz TI.



Sl. 6. Grafik temperature u zimskim uslovima



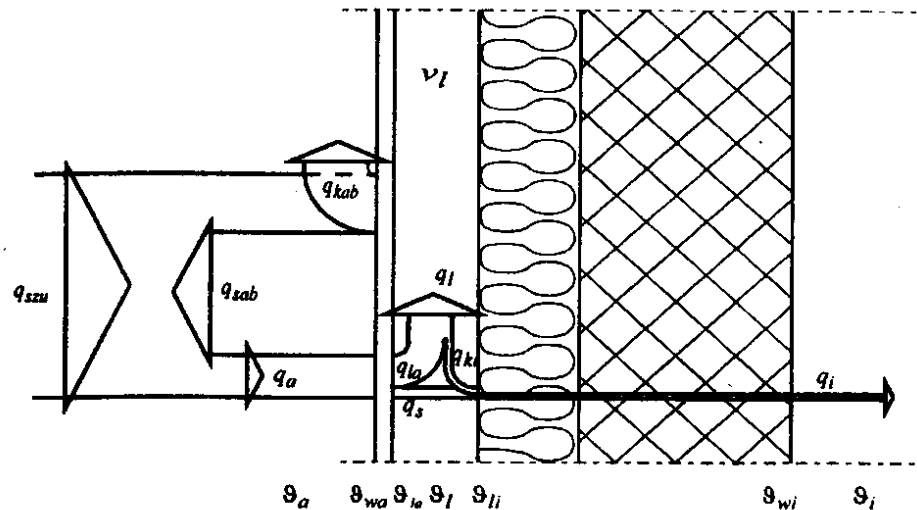
# Ventilisane konstrukcije

## • Prolaz toplote u ljetnjim uslovima •

(smjer toplotnog toka: iz okoline ka kondicioniranom prostoru)

→ 2 karakteristična slučaja:

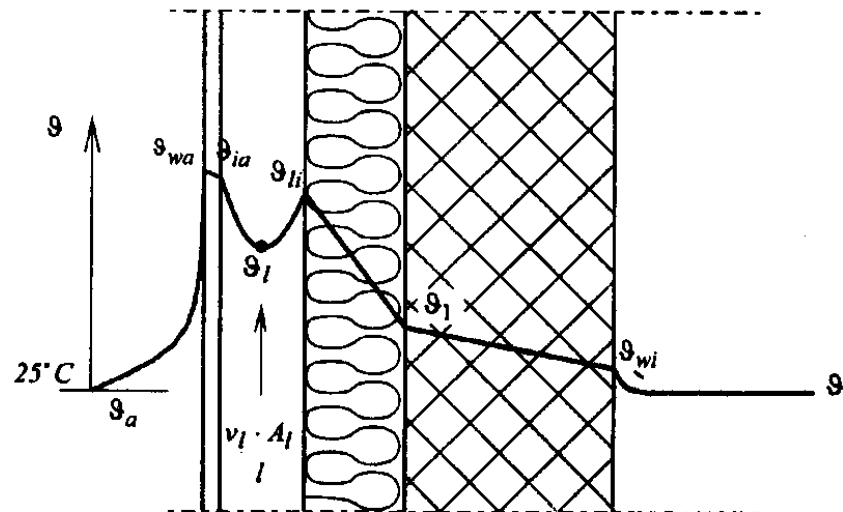
- **vedro nebo** – dominantan je uticaj direktnog sunčevog zračenja;
- **oblačno nebo** – dominantan je uticaj konvekcije, kao rezultat temperatura i zračenja u vazдушnom sloju.



Sl. 7. Šematski prikaz temperaturnih uticaja od zračenja

# Ventilisane konstrukcije

- Prednosti *ventilisane* konstrukcije – **kada dominira sunčevo zračenje**:  
→ **zagrijavanje završnog fasadnog sloja** (naročito njegove spoljašnje površine) **je smanjeno** zbog rashladnog efekta vazdušne struje



Sl. 8. Grafik temperaturnog toka pod uticajem zračenja