

Ministarstvo ekonomije CG & GTZ

Obuka lica za vršenje energetskih pregleda i sertifikovanje zgrada

Mašinski fakultet i Arhitektonski fakultet UCG

Podgorica, 01.03.2011.

ARHITEKTONSKI PARAMETRI EEZ – PRORAČUN KOEFICIJENTA PROLAZA
TOPLOTE “U” (“k”), HOMOGENOST KONSTRUKCIJA
[Arhitektura_2b]

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

Arhitektonski fakultet u Podgorici

Toplotna izolacija zgrade: predmet standarda (JUS U.J5.)

⇒ ANALIZA KONSTRUKCIJA (PREGRADA):

- **toplotna izolacija** građevinske konstrukcije – pregrade
 - karakteriše je koeficijent prolaza toplote “**k**” odnosno “**U**”
 - metode proračuna definiše JUS U. J5. **510** :1998 (:1987)
- **difuzija vodene pare** kroz građ. konstrukcije u zgradama
 - metode proračuna definiše JUS U. J5. **520** :1997
- **toplotna stabilnost** spoljašnjih građ. konstrukcija u ljetnjem razdoblju
 - metode proračuna definiše JUS U. J5. **530** :1997

⇒ **OCJENA** analiziranih / izračunatih **karakteristika – objekta i konstrukcija** – vrši se prema metodama i kriterijumima koje definiše:

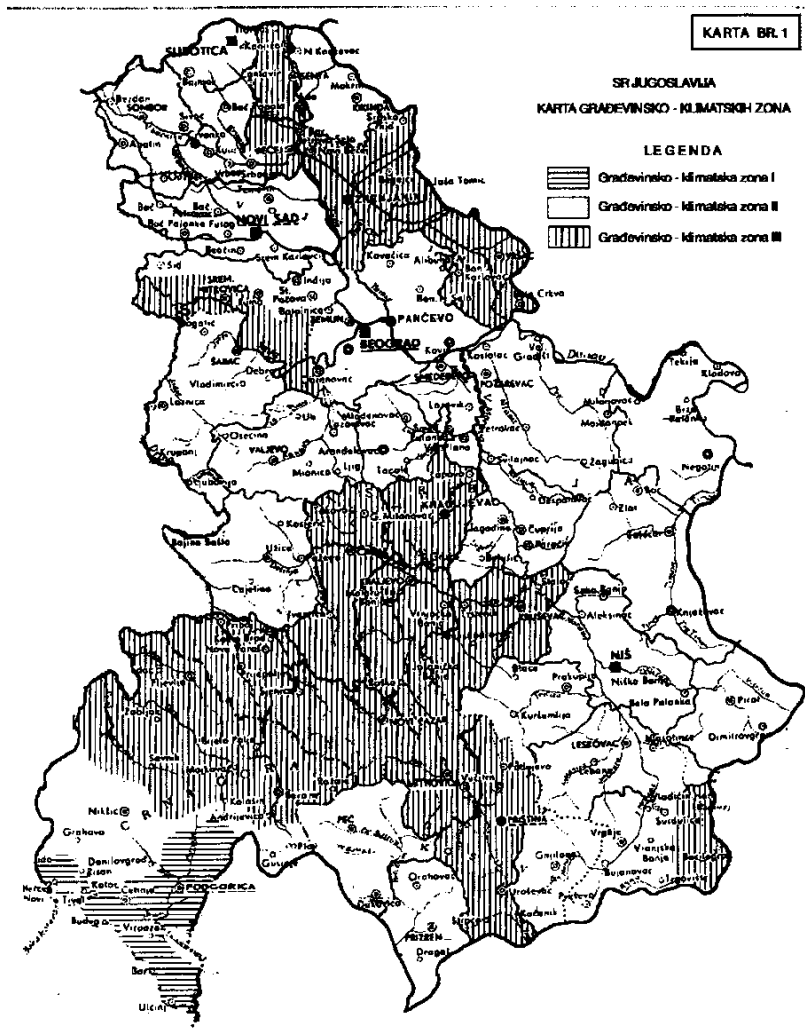
→ **Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada: JUS U. J5. 600**

Klimatski parametri, klimatske zone

- **Propisima su definisani realni klimatski parametri** koji se uzimaju u obzir prilikom različitih koraka termičkog proračuna (JUS.U.J5.600 – Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada (1998))
- **Podjela teritorije na 3 klimatske zone** uz uvažavanje lokalnih klimatskih karakteristika (na osnovu višegodišnjih meteoroloških osmatranja; uticaj vjetra) podjela na tri klimatske zone – okvirna;
- Podaci se koriste samo za neke od proračuna kojima se provjerava ispunjenost tehničkih uslova;
- **Na osnovu podjele na zone definisane su:**
 - maksimalne dozvoljene vrijednosti koeficijenta prolaza toplote ("k") za različite tipove konstrukcija
 - vrijednosti projektnih temperatura za proračun difuzije vodene pare, broj dana u toku kojih se difuzija pojavljuje i broj dana ljetnjeg isušivanja kondenzata

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

Karta br.1: Karta građevinsko-klimatskih zona



Karta br. 2: Karta spoljnih projektnih temperatura



Princip provjere pojedinačnih građevinskih konstrukcija u odnosu na zahtjeve toplotne zaštite

- Za svaki pojedinačni tip konstrukcije omotača objekta: fasadni zid, krov, konstrukciju prema negrijanom prostoru, pod na tlu,... provjerava se da li zadovoljava kriterijume određene propisima iz oblasti toplotne zaštite!
- Ova vrsta provjere predstavlja **potreban, ali ne i dovoljan uslov ispunjenosti toplotne zaštite** i iziskuje dalju provjeru u pogledu toplotnih gubitaka (po m² elementa omotača), odnosno, ukupnih toplotnih gubitaka objekta.

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

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

b. Provjera kašnjenja oscilacije temperature

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

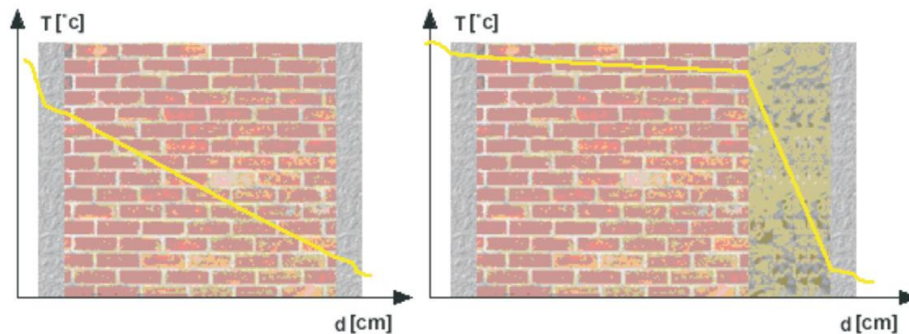
Analiza/provjera pojedinačnih konstrukcija: koeficijent prolaza toplote

- **Tipovi konstrukcija**
- **Metoda proračuna** koeficijenta prolaza toplote uslovljena tipom konstrukcije:
 - a) **homogena** konstrukcija
 - b) **konstrukcija od više homogenih slojeva**
 - c) konstrukcija jednostavne heterogenosti
 - d) konstrukcija složene heterogenosti
- Za slučajeve **homogenih konstrukcija (a)** i **konstrukcija jednostavne heterogenosti (c)** se usvaja (pretpostavlja) da je **toplotni protok (tok, fluks)**:
 - **stacionaran**
 - **upravan na površinu konstrukcije**

Analiza/provjera pojedinačnih konstrukcija: koeficijent prolaza toplote

- **Homogena građevinska konstrukcija:** konstrukcija čije su spoljna i unutrašnja strana međusobno paralelne i koja se sastoji **od samo jedne vrste materijala**

→ $k = 1/(1/\alpha_i + d/\lambda + 1/\alpha_e) \dots [W/(m^2 K)]$



- Kriva temperature u zidu:
- bez TI i
 - **sa primjenom TI**

- **Konstrukcija iz više homogenih slojeva:** konstrukcija čije su spoljašnja i unutrašnja strana međusobno paralelne i koja se sastoji iz više, njima paralelnih, homogenih slojeva materijala

→ $k = 1/(1/\alpha_i + \sum d_j/\lambda_j + 1/\alpha_e); j \in \{1,n\} \dots [W/(m^2 K)]$

Analiza/provjera pojedinačnih konstrukcija: koeficijent prolaza toplote

- **Konstrukcija jednostavne heterogenosti**: konstrukcija sastavljena od dva ili više homogenih slojeva sa geometrijski pravilnim spojevima; heterogenost - površinska
- **Konstrukcija složene heterogenosti**: struktura konstrukcije takva da postoje bočni toplotni protoci, odnosno, dodatni linijski toplotni gubici
 - **Posebni oblici konstrukcija složene heterogenosti**: različiti tipovi konstrukcija koje sadrže vazdušni sloj
- **Podtipovi konstrukcija sa vazdušnim slojem** se definišu u zavisnosti od načina izmjene vazduha u vazdušnom sloju
 - **Provjera koeficijenta prolaza toplote konstrukcije sa ventilisanim vazdušnim slojem** se vrši zavisno od toga da li je riječ o:
 - **vertikalnoj konstrukciji** – mjerodavan odnos ukupne površine presjeka otvora za ventilaciju s (m^2) i dužine građevinske konstrukcije koja se ventiliše L (m)
 - **horizontalnoj konstrukciji** – mjerodavan odnos ukupne površine presjeka otvora za ventilaciju s (m^2) i površine ventilisane građevinske konstrukcije A (m^2)

Analiza/provjera pojedinačnih konstrukcija

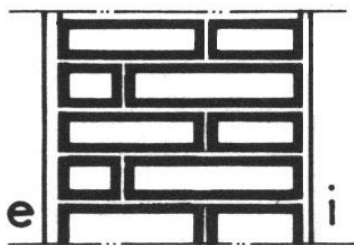
Princip formiranja spoljašnjih konstrukcija

- Treba usvojiti princip da spoljašnje konstrukcije imaju **tri osnovna sloja** koji moraju ispuniti zahtjeve:
 - **Unutrašnji konstruktivni sloj** zadovoljavajuće toplotne akumulacije
 - **Termoizolacioni sloj** koji garantuje optimalnu toplotnu izolaciju.
 - **Spoljni sloj postojan na vremenske promjene** koji treba da preuzme ulogu insolacione brane, brane kose kiše i atmosferilija i drugih meteoroloških činilaca
- Rješenja višeslojnih spoljašnjih konstrukcija sa aspekta toplotne zaštite:
 - **Kontaktne** fasada
 - Ventilisane fasada
 - Panelni fasadni sistemi

Otpor konstrukcije prolazu toplote i homogenost konstrukcija

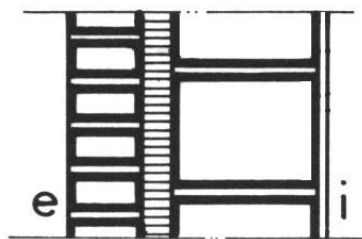
Otpor R koji (sama) konstrukcija pruža prolazu toplote:

Homogene
(*jednoslojne konstrukcije*)



$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda} = \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$$

Konstrukcije sa više homogenih slojeva
(*višeslojne konstrukcije*)



$$R = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\Lambda_i} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} = \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$$

Otpor graničnog sloja prelazu toplote (otpor konvekcije)

Toplotni otpor R_i i R_e prelazu toplote

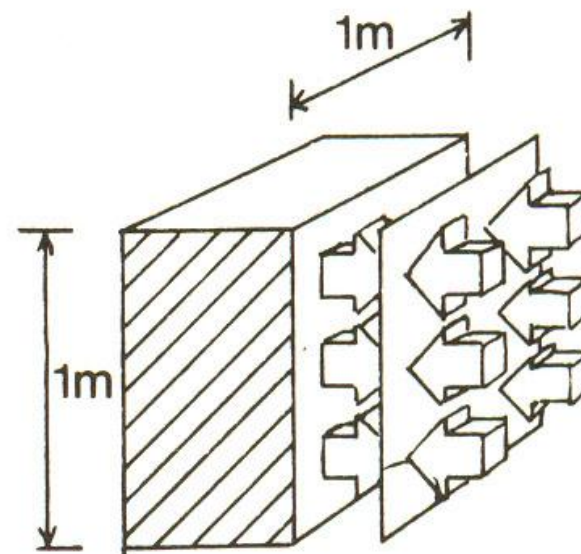
(Parametri definisani standardom)

- ✓ sa **unutrašnje** strane konstrukcije

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} = \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$$

- ✓ sa **spoljašnje** strane konstrukcije

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} = \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$$



Koeficijent prelaza toplote - Def.:
Količina toplote koja u jednoj sekundi pređe sa čvrstog tijela na fluid ili obratno, upravno na jediničnu površinu, ukoliko je razlika u njihovoj temperaturi 1°K.

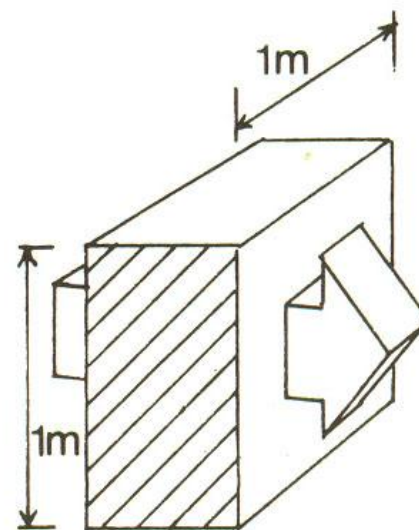
Ukupni otpor prolazu toplote “R” i koeficijent prolaza toplote “k” (“U”)

- **Ukupni otpor** prolazu toplote:
(predmet standarda)

$$R_k = R_i + R + R_e$$

- **Koeficijent prolaza toplote:**
(predmet standarda)

$$k(U) = \frac{1}{R_i + R + R_e} = \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$



Koeficijent prolaza toplote - Def.:
Količina toplote koja u jedinici vremena (sekundi) prođe kroz građevinsku konstrukciju, upravo na jediničnu površinu, pod uslovom da je razlika u temperaturi vazduha sa različitih strana konstrukcije 1°K.

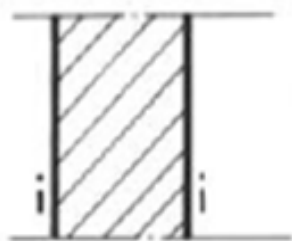
Proračun koeficijenta (k) primjenom standarda JUS U.J5.510

Oznake i jedinice:

k – koeficijent prolaza toplote	$W/(m^2 \cdot K)$
d – debljina homogene građevinske konstrukcije	m
Δt_j – razlika temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru unutar zgrade i prema prostoru izvan zgrade	$^{\circ}C$
U_i – temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru unutar zgrade	$^{\circ}C$
U_e – temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru izvan zgrade	$^{\circ}C$
α_i – koeficijent prelaza toplote koji se odnosi na površinu prema prostoru unutar zgrade	$W/(m^2 \cdot K)$
α_e – koeficijent prelaza toplote koji se odnosi na površinu prema prostoru izvan zgrade	$W/(m^2 \cdot K)$
λ – koeficijent toplotne provodljivosti materijala	$W/(m \cdot K)$
R_k – ukupni toplotni otpor homogene građevinske konstrukcije	$m^2 \cdot K/W$
R_i – toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru unutar zgrade	$m^2 \cdot K/W$
R_e – toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru izvan zgrade	$m^2 \cdot K/W$
R – toplotni otpor građevinske konstrukcije bez toplotnih otpora R_i and R_e	$m^2 \cdot K/W$

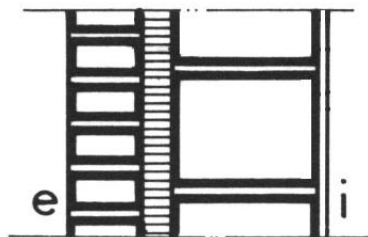
Proračun koeficijenta (k) primjenom standarda JUS U.J5.510

➤ **Homogena** građevinska konstrukcija



$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

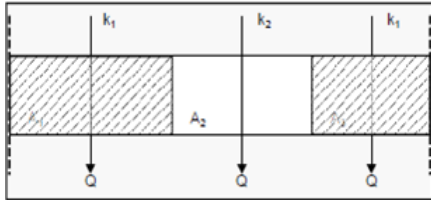
➤ Konstrukcija **sa više homogenih slojeva**:



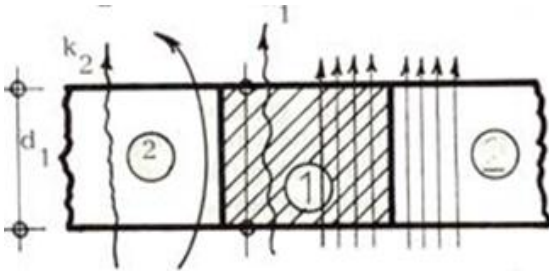
$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Proračun koeficijenta (k) primjenom standarda JUS U.J5.510

➤ Konstrukcija **jednostavne heterogenosti**:

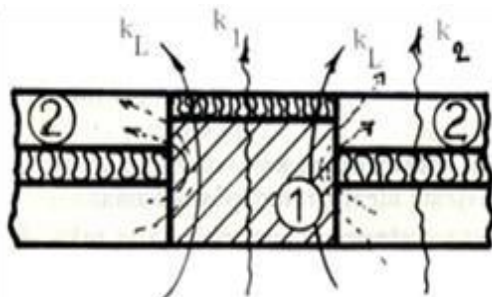


$$k = \frac{A_1 k_1 + A_2 k_2 + \dots + A_n k_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$



$$k = \frac{\sum A_j k_j}{\sum A}$$

➤ Konstrukcija **složene heterogenosti**:



$$k \cdot A = \sum_{j=1}^n (k_j \cdot A_j) + \sum_{j=1}^m (k_{jL} \cdot L_j) = \left(\frac{W}{^{\circ}K} \right)$$

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n (k_j \cdot A_j) + \sum_{j=1}^m (k_{jL} \cdot L_j)}{\sum A} = \left(\frac{W}{m^{2^{\circ}K}} \right)$$

Provjera parametara površinske kondenzacije i toplotnog komforta: temperatura unutrašnje površine konstrukcije

➤ Pad temperature po slojevima konstrukcije

Proračun temperature graničnih površina slojeva konstrukcije se sastoji u izračunavanju temperaturnih razlika za svaki sloj građevinske konstrukcije za zimski i ljetnji period.

- Pad temperature j-tog sloja građevinske konstrukcije računa se po formuli:

$$\Delta t_j = \frac{\Delta t}{R_k} \cdot R_j \quad \Delta t = t_i - t_e; \quad t_i = 20^\circ\text{C}, \quad t_e = \text{spolj. projekt. temp. (Karta br.2)}$$

- Temperatura unutrašnje površine građevinske konstrukcije data je izrazom:

$$\vartheta_i = t_i - \Delta t_i$$

$\vartheta_i > t_r$ (t_r – temp. tačke rose) ... **nema kondenzacije** na unutraš. površ. konstrukcija

$\Delta t_i < 3^\circ\text{C}$... min uslov koji treba postići odg. TI, kao **kriterijum toplotnog komforta**

- Temperatura na granici prvog i drugog sloja građevinske konstrukcije data je izrazom:

$$\vartheta_1 = \vartheta_i - \Delta t_1$$

- Temperatura spoljašnje površine građevinske konstrukcije data je izrazom:

$$\vartheta_e = \vartheta_{n-1} - \Delta t_n$$