



ОБУКА ЗА ПОЛАГАЊЕ СТРУЧНОГ ИСПИТА ЗА ОБЛАСТ  
ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА



## Тематско поглавље 5

# УСЛОВИ ГРАЂЕВИНСКЕ ФИЗИКЕ

Проф. др Ана Радивојевић, дипл. инж. арх.

[Ana@arh.bg.ac.rs](mailto:Ana@arh.bg.ac.rs)

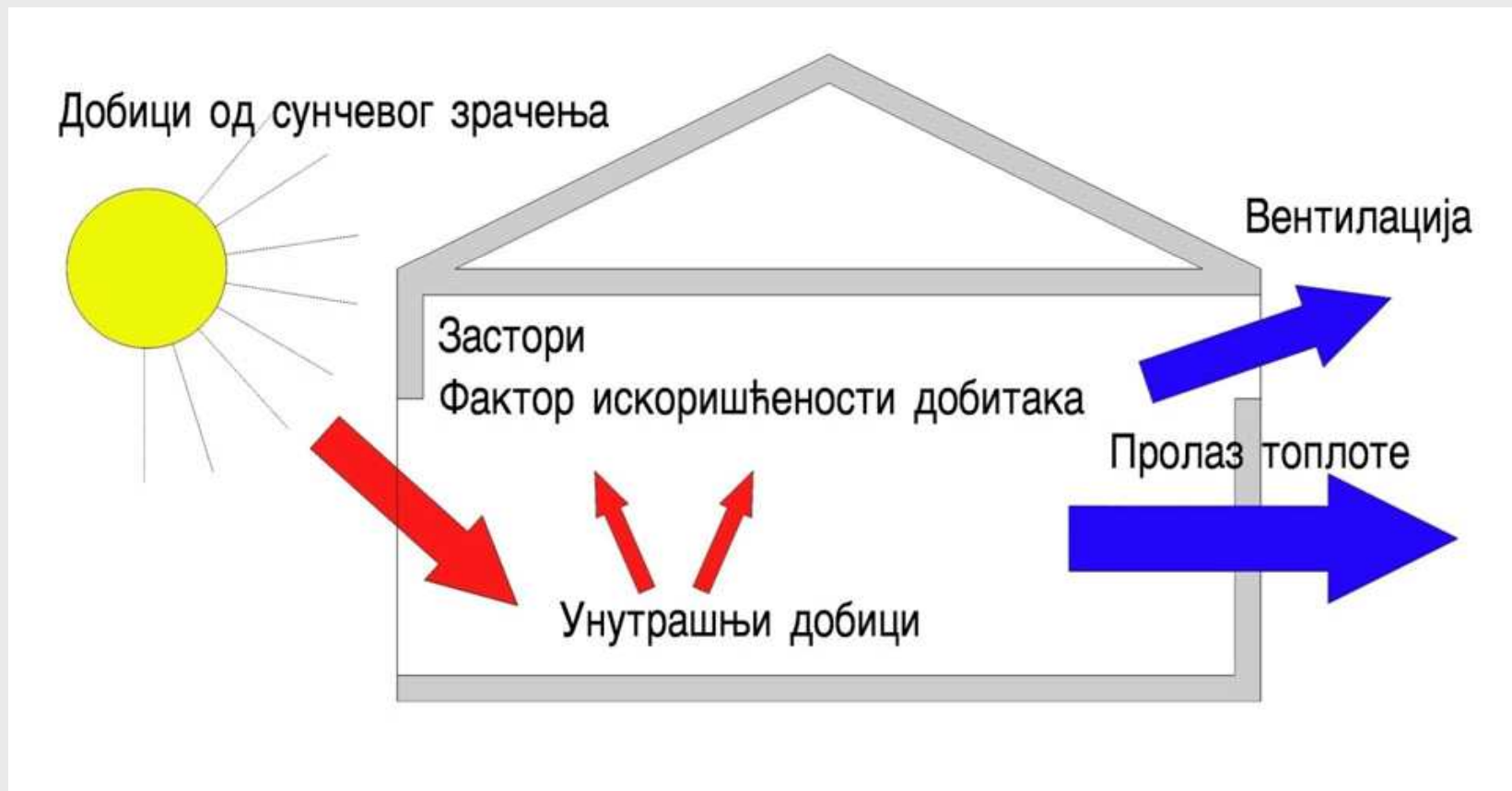
Доц. др Александар Рајчић, дипл. инж. арх.

[rajcic@arh.bg.ac.rs](mailto:rajcic@arh.bg.ac.rs)

Архитектонски факултет Универзитета у Београду

# Топлотна заштита зграда

- енергетска својства/перформансе зграда – полазиште за концепт топлотне заштите



# Топлотна заштита зграда

- уопште посматрано, питање термичке заштите условљено:
  - наменом објекта
  - климатским параметрима у односу на дневни циклус (ноћ-дан) и годишњи циклус (лето-зима)
  - климатске карактеристике нашег поднебља такве да изискују разматрање тзв. зимског и летњег режима





# Топлотна заштита зграда – прописи

- кључни стандард:

EN 13790 – Енергетска својства зграда –  
прорачун укупне потребне енергије за  
грејање и хлађење



## ОБУКА ЗА ПОЛАГАЊЕ СТРУЧНОГ ИСПИТА ЗА ОБЛАСТ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА



Домен/област примене стандарда	Претходно важећи стандарди		Стандарди на које се позива Правилник о енергетској сертификацији зграда	
Коефицијенти пролаза топлоте и општи услови	SRPS.U.J5.600	Технички услови за пројектовање и грађење зграда (1998)	SRPS EN ISO 13789	Топлотне перформансе зграда – Трансмисиони и вентилациони губици
	SRPS.U.J5.510	Методе прорачуна коефицијента пролаза топлоте у зградама (1987)	SRPS EN ISO 6946	Компоненте и елементи зграде – Топлотна отпорност и коефицијент пролаза топлоте
			SRPS EN ISO 10077-1 и 10077-2	Топлотне перформансе прозора, врата и заклона – Прорачун пролаза топлоте
			SRPS EN 13497	Топлотне перформансе зид завеса – Прорачун коефицијента пролаза топлоте
			SRPS EN ISO 13370	Топлотне карактеристике зграда – Преношење топлоте преко тла – Методе прорачуна
			SRPS EN ISO 10211	Топлотни мостови у конструкцији зграде – Топлотни протоци и површинске температуре – Детаљи прорачуна
Дифузија водене паре	SRPS.U.J5.520	Прорачун дифузије водене паре у зградама (1997)	SRPS.U.J5.520	Прорачун дифузије водене паре у зградама (1997)
			SRPS EN ISO 13788	Хигротоплотна својства грађевинских компонената и грађевинских елемената.....
Летња стабилност	SRPS.U.J5.530	Прорачун фактора пригушења и прорачун кашњења осцилација температуре кроз спољашње грађевинске преграде зграда у летњем раздобљу (1997)	SRPS.U.J5.530	Прорачун фактора пригушења и прорачун кашњења осцилација температуре кроз спољашње грађевинске преграде зграда у летњем раздобљу (1997)

проф.др Ана Радивојевић и  
доц.др Александар Рајчић

Инжењерска комора Србије

# Топлотна заштита зграда

Табела 3.1.1 – Методологија за одређивање параметара топлотне заштите зграде или дела зграде

Величина	Начин прорачуна	Опис / критеријум
Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента, $U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$	Оцена: $U \leq U_{\max}$ $R$ [m <sup>2</sup> ·K/W] је топлотна отпорност грађевинског елемента, а $R_{si}$ и $R_{se}$ су прелазне отпорности
Коефицијент трансмисионог губитка топлоте, $H_T$ [W/K]	$H_T = \sum_i (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + H_{TB}$ $H_{TB} = \Delta U_{TB} \cdot A$ $\Delta U_{TB} = 0,10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	Пренос топлоте кроз термички омотач зграде (или дела зграде); утицај топлотних мостова
Коефицијент вентилационог губитка топлоте, $H_V$ [W/K]	$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot V \cdot n$ $V$ – запремина грејаног простора [m <sup>3</sup> ]; $n$ – број измена ваздуха на час [h <sup>-1</sup> ]	Број измена ваздуха
Специфични трансмисиони губитак топлоте, $H'_T$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$H'_T = \frac{H_T}{A} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$	Оцена: $H'_T \leq H'_{T,\max}$ $A$ [m <sup>2</sup> ] је површина термичког омотача зграде
Укупни зпремински губици топлоте, $q_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	$q_v = \frac{H_T + H_V}{V_e}$	Укупни губици топлоте – трансмисиони и вентилациони

# Топлотна заштита зграда

- регулативом из области топлотне/термичке заштите зграда предвиђена је њена провера на два нивоа:
  1. на нивоу појединачних грађевинских конструкција провером следећих параметара:
    - коефицијента пролаза топлоте **U** за карактеристичне конструкције у склопу термичког омотача објекта
    - провером дифузије водене паре кроз дату конструкцију
    - провером летње стабилности конструкције

# Топлотна заштита зграда

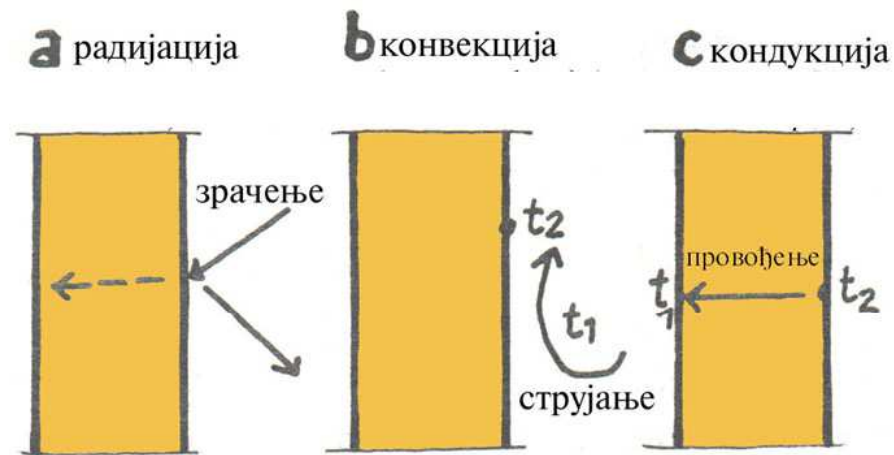
- регулативом из области топлотне/термичке заштите зграда предвиђена је њена провера на два нивоа:

## 2. на нивоу објекта као целине провером:

- коефицијента трансмисионог губитка топлоте  $H_T$  - сагледавање утицаја топлотних мостова
- специфичног трансмисионог губитка топлоте  $H'_T$
- коефицијента вентилационог губитка  $H_V$
- укупних запреминских губитака топлоте  $q_V$



## Начини преношења топлоте



- према другом закону термодинамике, топлота се креће од топлијег тела ка хладнијем (од више ка нижој температури) на 3 карактеристична начина: зрачењем, струјањем и провођењем

# Начини преношења топлоте

## 1. зрачење (радијација)

- топлота извора зрачења се преноси трансформацијом унутрашње топлотне енергије у енергију електромагнетног зрачења (**инфрацрвено зрачење**) које се од чврстог тела може одбити или апсорбовати

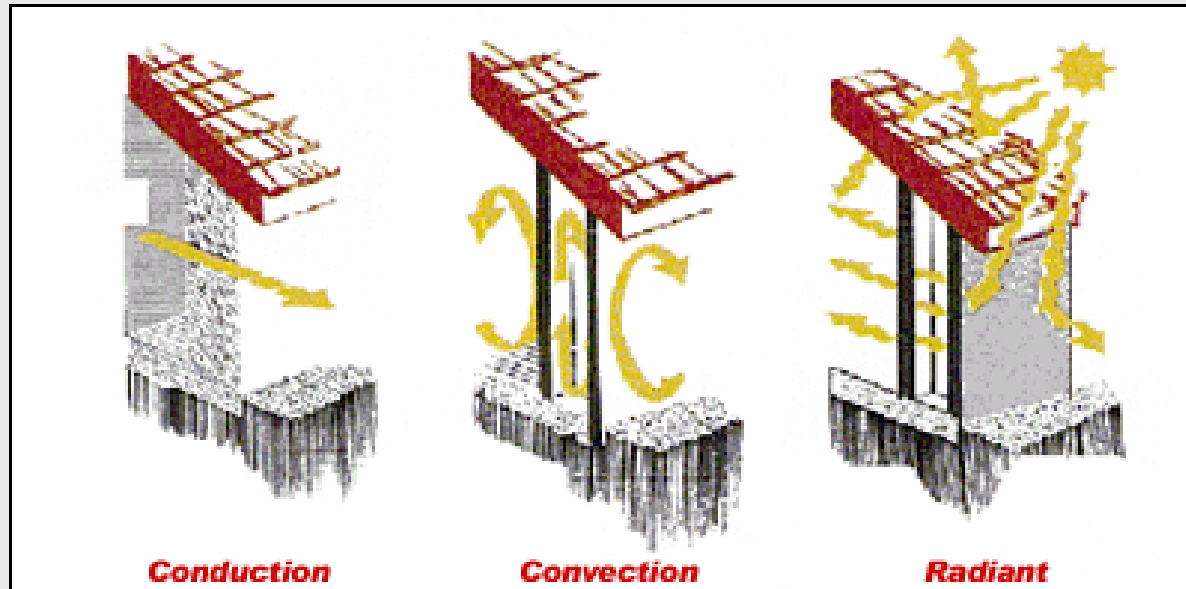
## 2. струјање (конвекција)

- карактеристично за флуиде (течности и гасове) и остварује се кретањем молекула флуида

## 3. провођење (кондукција)

- карактеристична за чврста тела и остварује се преношењем са молекула на молекул или преко слободних електрона (метали)

# Начини преношења топлоте



- сваки од начина преношења топлоте представља комплексну функцију величине, облика, састава (врсте материјала) и оријентације грађевинске компоненте

# Начини преношења топлоте

- Питање кондукције (провођења) и конвекције (струјања) топлоте изискује објашњење одређених појмова:

— **топлотни флукс  $F$  ( $\Phi$ )** — количина топлоте у јединици времена, односно, брзина преношења топлотне енергије

$$F = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left[ \frac{J}{s} \right] = [W]$$

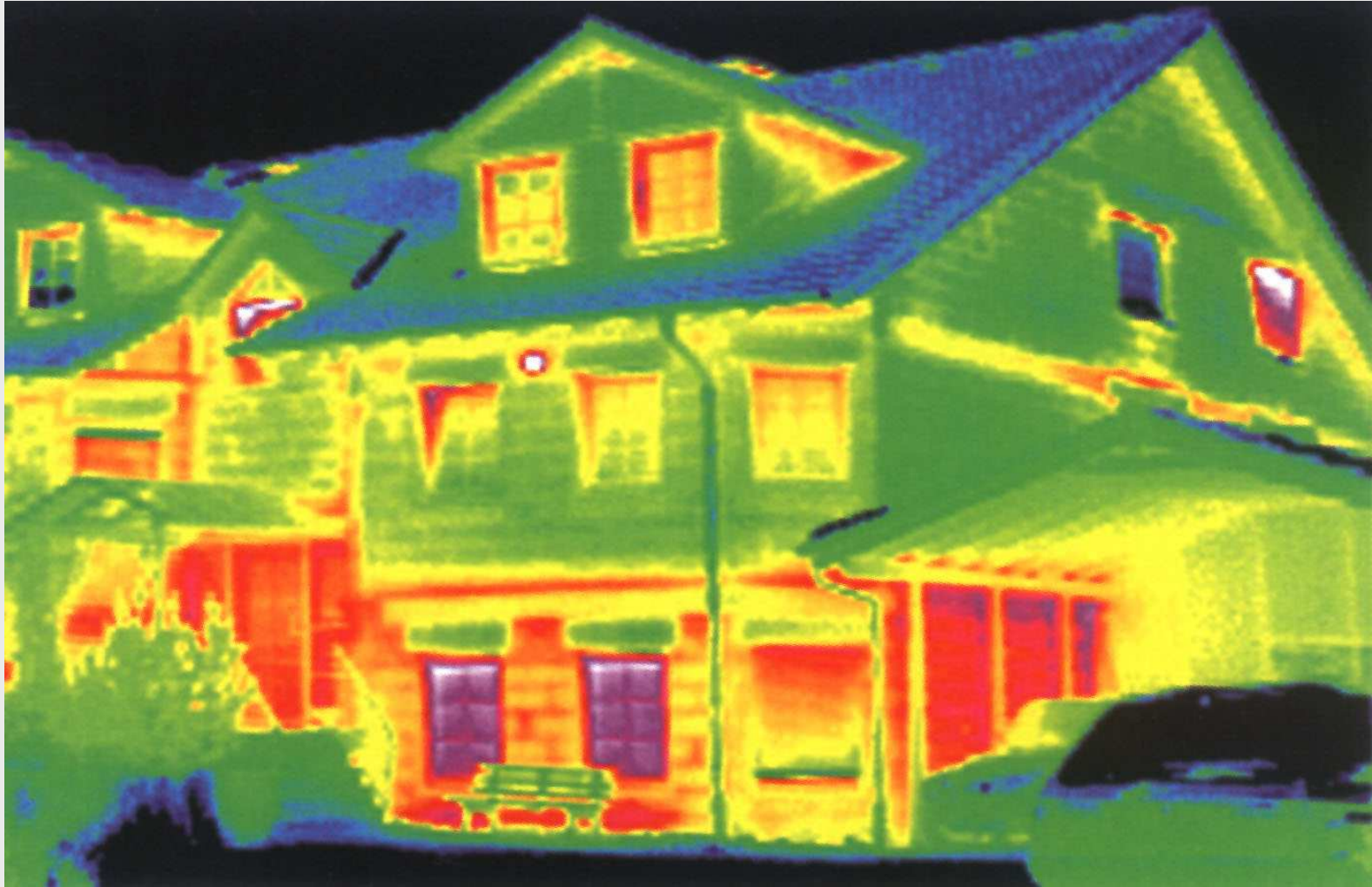
— **густина топлотног флуksа /специфични топлотни флукс  $q(\Phi_A)$**  - топлотни флукс по јединици површине, односно, топлотна енергија која у јединици времена прође кроз јединичну површину

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t \cdot A} = \left[ \frac{J}{s \cdot m^2} \right] = \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

## Проток топлотне енергије кроз конструкцију

- у начелу, контрола протока топлотне енергије кроз неку конструкцију се заснива на 3 карактеристична механизма деловања:
  - **рефлексција топлоте** (карактеристика метала, односно, материјала код којих преовлађује зрачење као начин преношења топлоте – принцип се везује за правилно постављање металних фолија у склопу конструкција)
  - **отпор пролазу топлоте** (принцип деловања термоизолационих материјала)
  - **складиштење (акумулирање) топлоте (карактеристика масивних конструкција)** – значајно за адекватну топлотну стабилност конструкције

# Проток топлотне енергије кроз конструкцију



проф.др Ана Радивојевић и  
доц.др Александар Рајчић

Инжењерска комора Србије

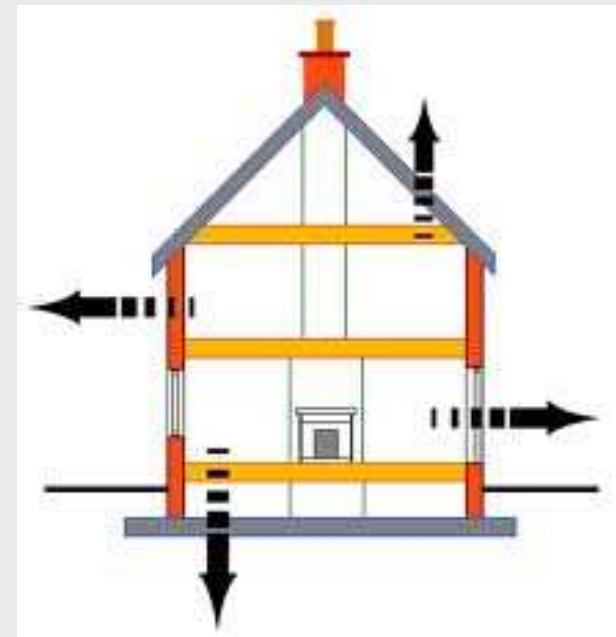
# Проток топлотне енергије кроз конструкцију

- **за архитектонске објекте од значаја питање:**

преношења топлоте са неког флуида (течност или гас) на чврсто тело – објекат и обрнуто услед разлике у температурама (прелаз-конвекција), као и преношења топлоте кроз саму конструкцију (пролаз-кондукција)

одређује се на основу отпора R:

1. прелазу топлоте са конструкције на ваздух
  2. пролазу топлоте кроз конструкције
- принцип прорачуна дефинисан стандардом SRPS EN ISO 6946





# Проток топлотне енергије кроз конструкцију

- укупни отпор пролазу топлоте (параметар дефинисан стандардом):

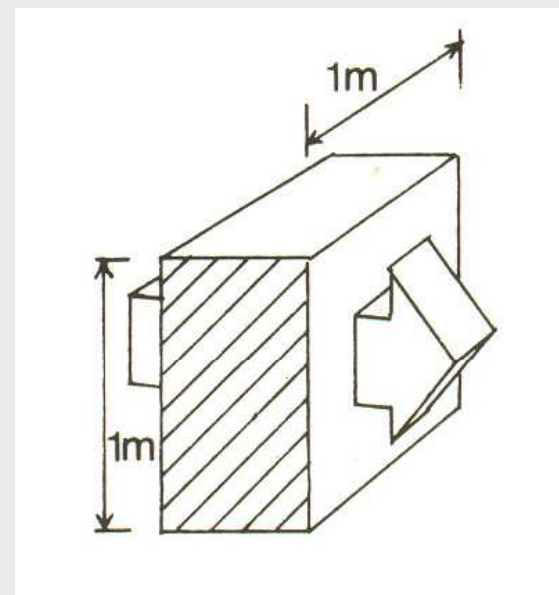
$$R_u = R_{si} + R + R_{se}$$

- коефицијент пролаза топлоте  $U$  (k):

(предмет стандарда)

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

проф.др Ана Радивојевић и  
доц.др Александар Рајчић



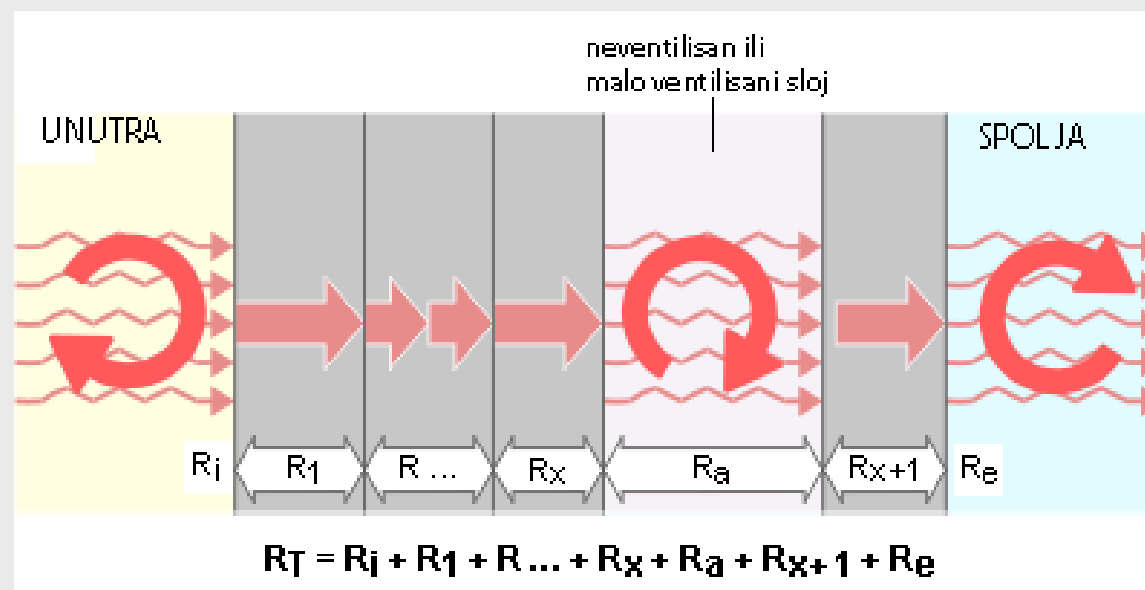
Количина топлоте која у јединици времена (секунди) прође кроз грађевинску конструкцију, управно на јединичну површину, под условом да је разлика у температури ваздуха са једне и друге стране конструкције 1K

Инжењерска комора Србије



# Проток топлотне енергије кроз конструкцију

Прелаз топлоте са конструкције на ваздух (и обрнуто)



размена топлоте се може десити на граници конструкције са унутрашњим и спољашњим слојем ваздуха или ваздушним слојем у оквиру конструкције

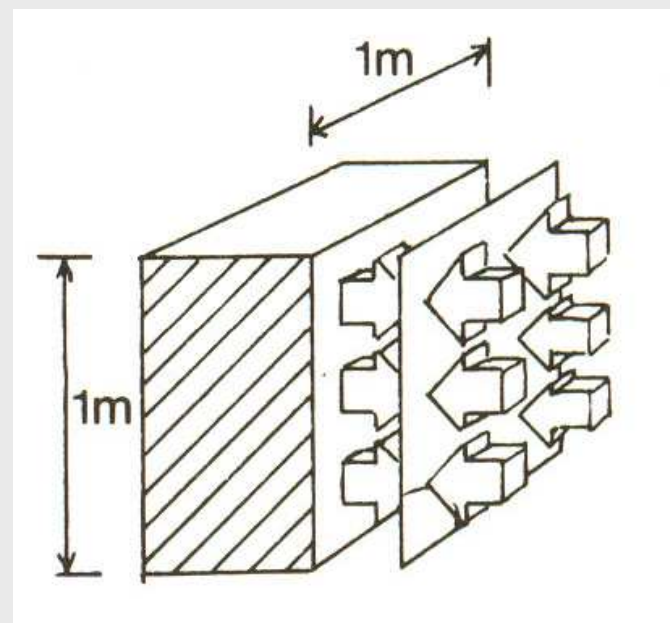
# Прелаз топлоте

## Параметри дефинисани стандардом:

- коефицијент прелаза топлоте  $h$  ( $\alpha$ ) (са унутрашње и са спољашње стране конструкције)

$$h = \frac{\Delta Q}{\Delta T \cdot A \cdot \Delta t} = \frac{q}{\Delta T} = \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

проф.др Ана Радивојевић и  
доц.др Александар Рајчић



Количина топлоте која у једној секунди пређе са чврстог тела на флуид или обратно, управно на јединичну површину, уколико је разлика у њиховој температури 1K.

Инжењерска комора Србије

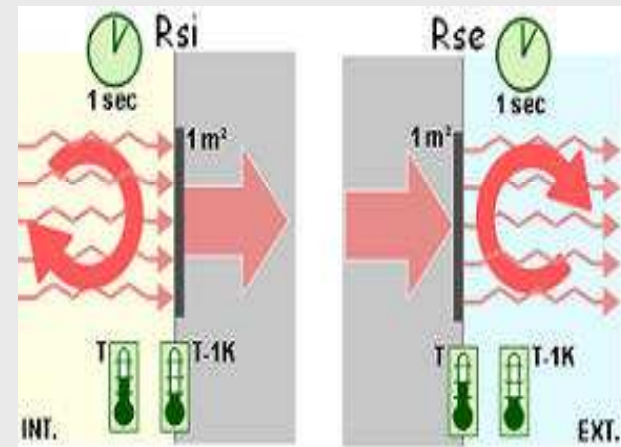
# Прелаз топлоте

## Параметри дефинисани стандардом:

- отпор граничне површине

$$R = \frac{1}{h} = \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

- отпор прелазу топлоте, унутрашњи
- отпор прелазу топлоте, спољашњи

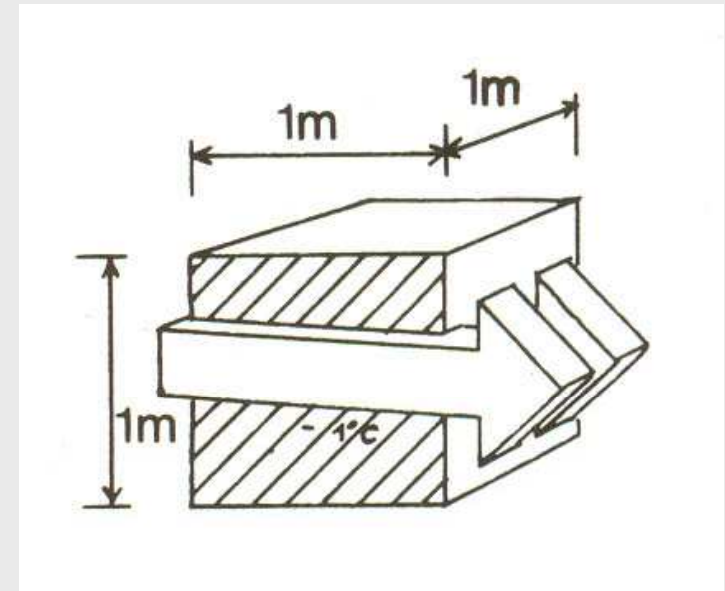
 $R_{si}$  $R_{se}$

# Провођење топлоте

Способност материјала да кроз своју масу пренесе топлоту као последицу разлике у температури између његових двеју површина представља његову **проводљивост** или **проводност** –  $\lambda$

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{\Delta T} = \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

- **коэффициент топлотне проводливости  $\lambda$  јесте својство самог материјала**



Количина топлоте која у секунди прође кроз слој материјала дебљине 1m, управно на површину од 1m<sup>2</sup> ако разлика у температури његових граничних површина у стационарном стању износи 1K

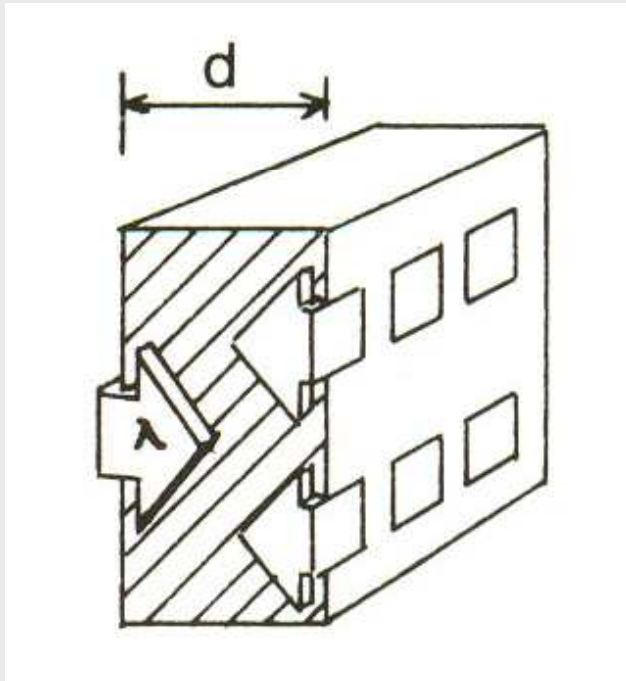
# Провођење топлоте

- топлотна својства материјала се изражавају преко **топлотног отпора**
- за хомогени изотропни слој (*слој константне дебљине са униформним топлотним својствима*) кроз који се топлота преноси кондукцијом, топлотна отпорност у стационарним условима је:

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{m^2 K}{W}$$

# Провођење топлоте

- *коэффициент теплотне пропустљивости  $\lambda$  - својство конструкције (грађ. елемента)*



Количина топлоте која се пропусти у једној секунди кроз неку грађевинску конструкцију, управно на њену јединичну површину уколико је разлика температуре у стационарном стању између њених граничних површина 1К.

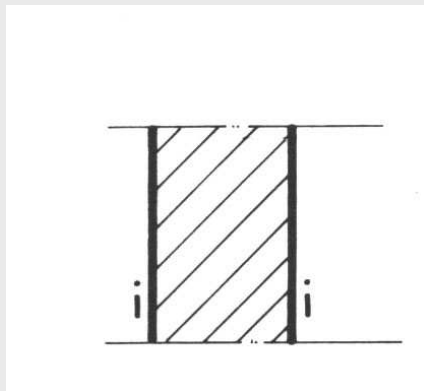
# Провођење топлоте

- 4 основна типа конструкција:
  - хомогена конструкција
  - хетерогена конструкција из више хомогених слојева
  - конструкција једноставне хетерогености
  - конструкција сложене хетерогености

# Провођење топлоте

## Хомогене

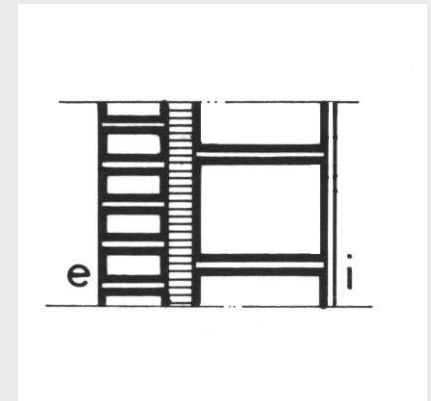
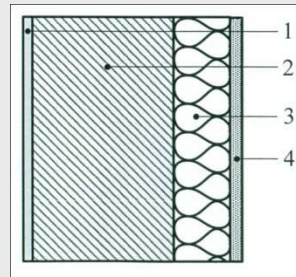
(једнослојне конструкције)



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

## Хетерогене из више хомогених слојева

(вишеслојне конструкције)



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



## Провођење топлоте

- отпор проласку топлоте који пружа конструкција :

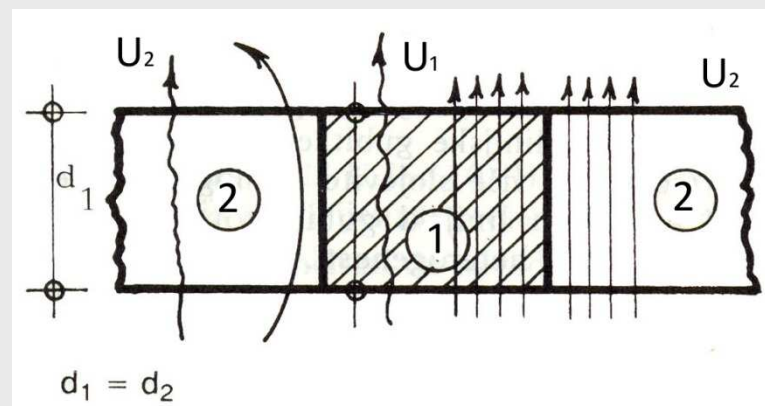
$$R = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\Lambda_i} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} = \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

# Провођење топлоте

## Конструкција једноставне хетерогености:

конструкција састављена из два или више хомогених делова (из 1 или више хомогених слојева) са геометријски правилним спојевима;

- не постоји већи бочни проток топлоте!
- хетерогеност - површинска

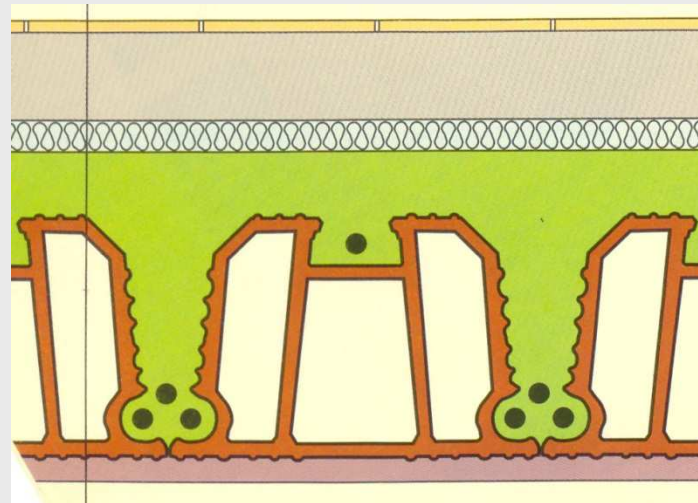
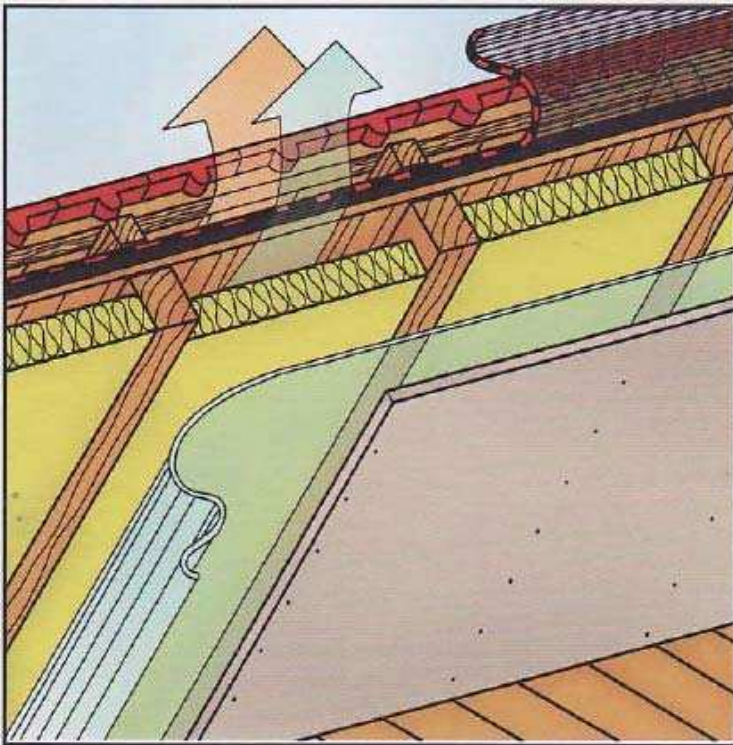


$$U = \frac{\sum A_j \cdot U_j}{\sum A} = \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

$$U = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

# Провођење топлоте

Конструкција једноставне хетерогености - примери:



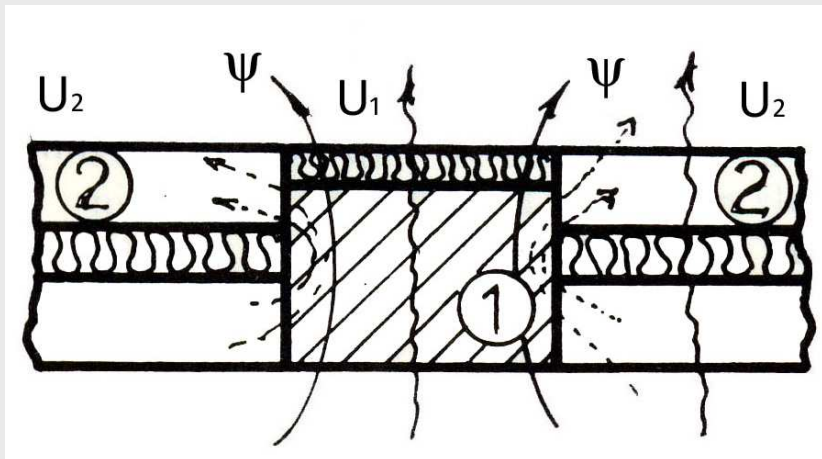
$$U = \frac{\sum A_j \cdot U_j}{\sum A} = \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

$$U = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

# Провођење топлоте

## Конструкција сложене хетерогености

- структура конструкције таква да постоје бочни топлотни протоци, односно, додатни линијски топлотни губици

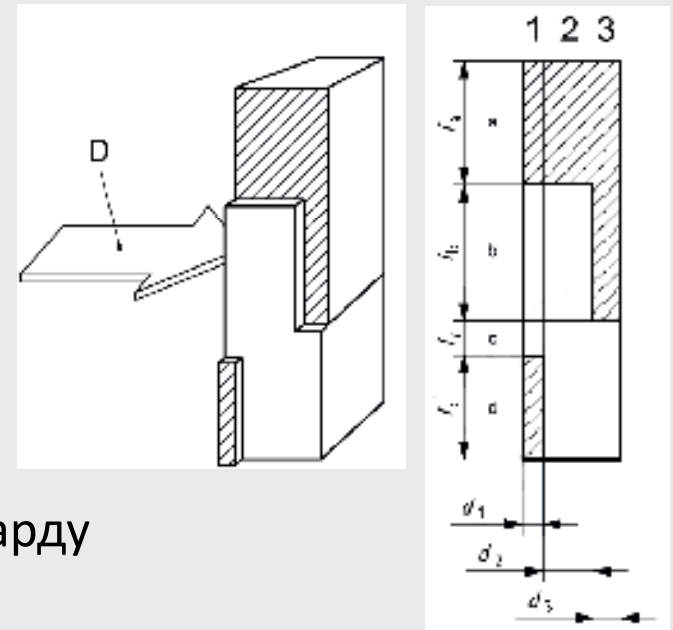


за прорачун се може користи поједностављени поступак дефинисан стандардом SRPS EN ISO 6946, или се утицај топлотних мостова рачуна помоћу нумеричке методе дефинисане стандардом SRPS EN ISO 10211 (прецизнији резултати)

# Провођење топлоте

## SRPS EN ISO 6946

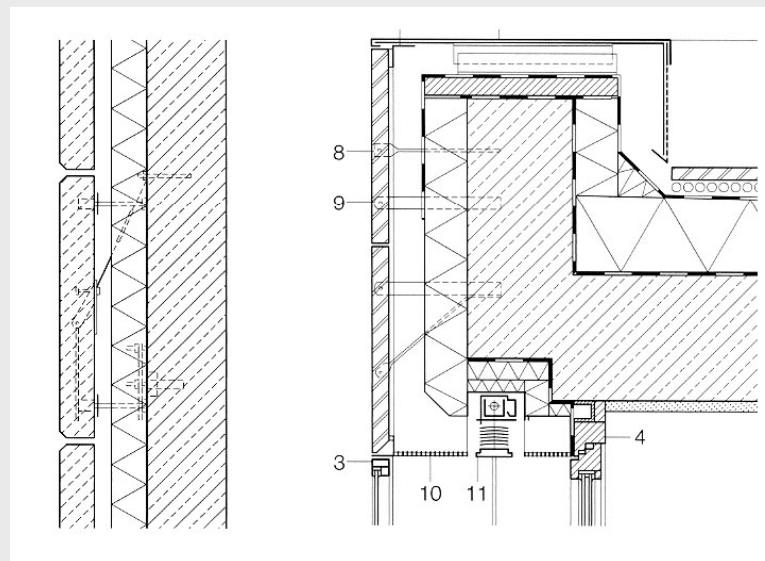
- третира прорачун сложенијих конструкција – састављених од једног или више нехомогених делова!
- укупни отпор конструкције се може рачунати:
  - поједностављеном процедуром
    - пропорционални метод
    - комбиновани метод
  - применом нумеричког метода према стандарду **SRPS EN ISO 10211**
  - за већину конструкција поједностављена процедура даје задовољавајуће резултате



# Провођење топлоте

посебан вид сложених  
конструкција **различити типови**  
**конструкција** које у себи имају  
**ваздушни слој**

подтипови конструкција са ваздушним  
слојем се дефинишу у зависности од  
брзине струјања ваздуха у ваздушном  
слоју – условљено величином и  
распоредом улазних и излазних  
отвора, као и дебљином ваздушног  
слоја (доказује се одговарајућим  
детаљима у пројекту)



# Провођење топлоте

према стандарду SRPS EN ISO 6946 ваздушни слој може бити:

1. невентилисан
2. слабо вентилисан
3. добро вентилисан

(гранични услови дефинисани стандардом)

- прорачун отпора пролазу топлоте ваздушног слоја се за вентилисане и слабо вентилисане ваздушне слојеве рачуна према табели и условима стандарда
- уколико се докаже да је ваздушни слој вентилисан, укупни отпор пролазу топлоте конструкције се рачуна без утицаја ваздушног слоја и облоге



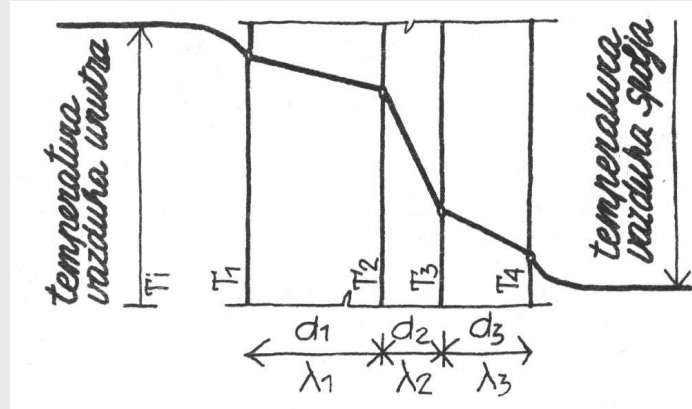
# Провођење топлоте

- према стандарду SRPS EN ISO 6946 корекција коефицијента пролаза израчунатог према стандарду потребна је уколико постоје следећи додатни фактори:
  1. ваздушни зазори у склопу изолације
  2. механички причвршћивачи који пролазе кроз изолациони слој
  3. падавине на обрнутим крововима
- коригована вредност коефицијента пролаза се рачуна као:
- $\Delta U$  се рачуна као:  $U_c = U + \Delta U$

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$



# Одређивање температуре тачке /слоја унутар конструкције -температурно поље



- **температурно поље** – скуп температура у свим тачкама простора који постоји у тренутку посматрања
  - температура у некој тачки простора одређена:
    - координатама те тачке
    - временом
- температурно поље може бити:
  - нестационарно (променљиво током времена)
  - стационарно (непроменљиво током времена)

# Одређивање температуре тачке /слоја унутар конструкције -температурно поље

- пад температуре по слојевима

$$q(\Phi_A) = \frac{\lambda_1 \cdot (T_1 - T_2)}{d_1} = \frac{\lambda_2 \cdot (T_2 - T_3)}{d_2} = \dots \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

пад температуре  
унутар неког слоја

$$T_1 - T_2 = \frac{d_1}{\lambda_1} \cdot q = R_1 \cdot q$$

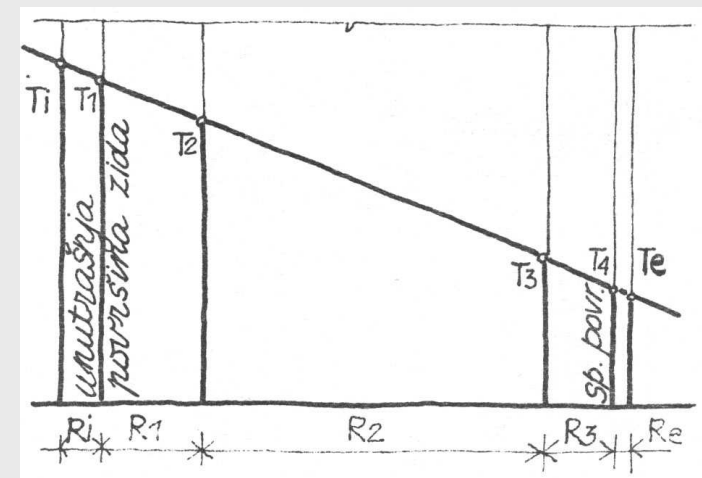
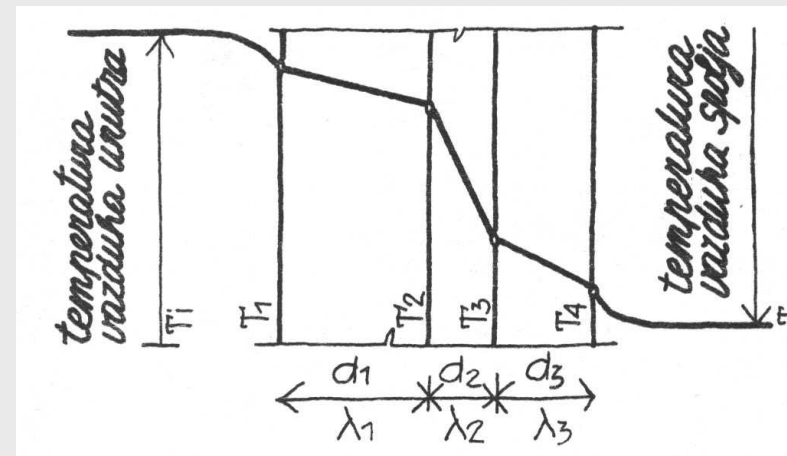
укупни пад температуре  
у конструкцији

$$T_1 - T_n = q \cdot \sum_1^4 R$$

$$q(\Phi_A) = \frac{\Theta_i - \Theta_e}{R_u}$$

пад температуре j-тог слоја:

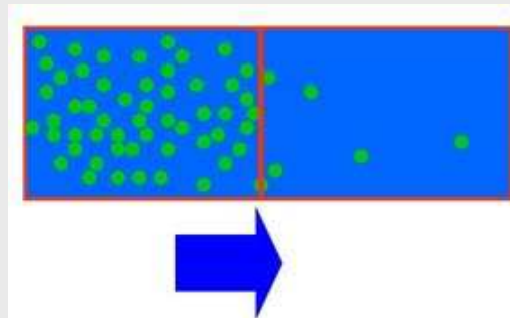
$$\Delta T_j = \frac{\Theta_i - \Theta_e}{R_u} \cdot R_j$$



# Дифузија водене паре

- Појам

**Дифузија водене паре** – појава кретања молекула водене паре са места веће концентрације ка месту мање концентрације, са тежњом да она постане равномерна.



- Дифузија водене паре** = струјање водене паре кроз неки преградни елемент или материјал услед разлике концентрације водене паре, односно услед разлике парцијалних притисака водене паре

# Дифузија водене паре

- Уколико су паропропустљиви, грађевински материјали се понашају као порозне мембране и не представљају препреку за дифузиони проток



# Параметри дифузије водене паре

- а.  $Q_m$  - количина дифундоване водене паре кроз неку површину  $A$

$$Q_m = \frac{\delta \cdot A \cdot \Delta t \cdot \Delta p}{d} \quad \text{односно} \quad \delta = \frac{Q_m \cdot d}{A \cdot \Delta t \cdot \Delta p} \left[ \frac{kg}{m \cdot h \cdot KPa} \right]$$

$\delta$  – коефицијент проводљивости водене паре

*количина водене паре у kg која за један час прође кроз материјал јединичне површине и дебљине, ако је разлика у концентрацији паре на различитим површинама материјала 1KPa*

# Параметри дифузије водене паре

- b.**  $\Phi_m$  - дифузијски проток или флукс водене паре  
*количина водене паре која у јединици времена прође  
кроз неку површину (брзина дифузије)*

$$\varphi_m = \frac{Q_m}{\Delta t} = \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

- c.**  $g_m$  – густина дифузијског протока  
*маса водене паре која се у јединици времена дифундује у  
смеру управном на јединицу површине*

$$g_m = \frac{\varphi_m}{A} \left[ \frac{kg}{m^2 \cdot h} \right]$$

# Параметри дифузије водене паре

d. коефицијент (фактор) отпора дифузији водене паре –  $\mu$

$$\mu = \frac{\delta_z}{\delta}$$

**својство неког материјала!!!!**

дефинише се као однос између коефицијента дифузијске проводљивости водене паре кроз миран ваздух  $\delta_z$  и коефицијента дифузијске проводљивости датог материјала  $\delta$

e. релативни (еквивалентни) дифузни отпор водене паре  
= дебљина ваздушног слоја исте вредности отпора –  $r$

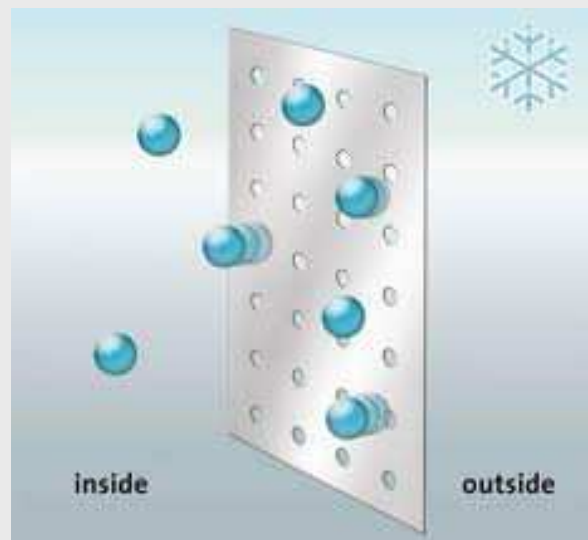
$$r = \mu \cdot d[m]$$

**својство конструкције!!!!**

# Дифузија водене паре

- у нашим климатским условима, карактеристична је дифузија водене паре кроз елементе и материјале спољног омотача објекта **у зимским условима.**

**правац кретања молекула водене паре (зими):** од унутра ка споља





# Дифузија водене паре

*Дифузија не изазива штетне последице по грађевинске елементе и материјале све док је смер дифузијског кретања непроменљив (стационаран), осим уколико није дошло до кондензације водене паре.*

## Кондензација се јавља:

1. када је ваздух засићен а дође до даљег додавања водене паре
2. када се засићени ваздух охлади

# Дифузија водене паре

- кондензација водене паре може да се догоди:
  1. унутар грађевинске конструкције као последица дифузије водене паре, у зависности од дифузионих својстава конструкције
  2. на унутрашњој површини грађевинске конструкције као последица:
    - неодговарајуће термичке изолованости конструкције
    - термичких (топлотних) мостова

# Дифузија водене паре

## Влажност ваздуха – појам и параметри

**Влажност ваздуха** - количина воде у облику водене паре у ваздуху која је увек условљена температуром.

**Параметри који дефинишу влажност ваздуха:**

апсолутна влажност	$m$	парцијални притисак водене паре	$p$
влажност засићења	$M$	притисак засићења	$p'$

**Релативна влажност ваздуха** – однос стварне количине водене паре и максималне количине водене паре у  $1\text{m}^3$  ваздуха на датој температури.

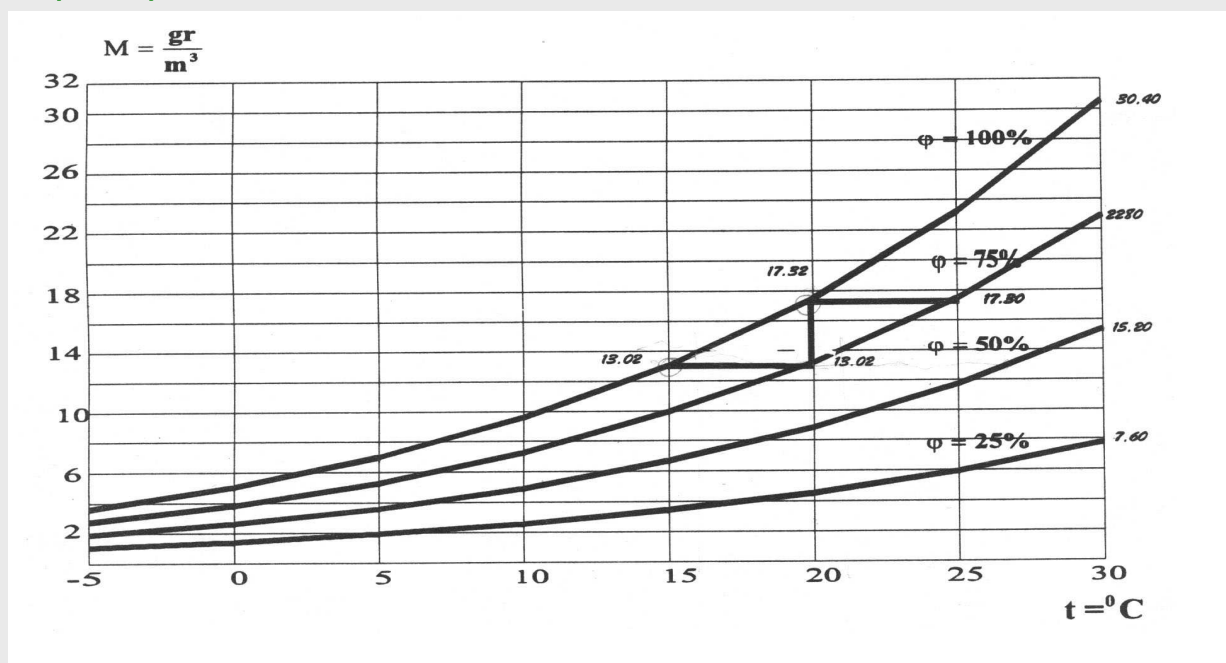
$$\varphi = \frac{m}{M} [\%] = \frac{p}{p'} [\%]$$

(видети табелу 3.3.1.1. Правилника о ЕЕЗ)

# Дифузија водене паре

## Влажност ваздуха – појам и параметри

**Температура тачке росе** - температура на којој одређена количина водене паре представља влажност засићења.



Однос између температуре и количине водене паре (њеног парцијалног притиска) је управо пропорционалан!!!

(видети табелу 3.3.1.1. Правилника о ЕЕЗ)

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

У конкретном разматрању феномена дифузије и њених последица, битно утврдити: да ли ће до кондензације у неком материјалу доћи, односно, уколико до ње дође, на којим се местима она јавља.

*Проблеми дифузије и кондензације водене паре у директној спреси са паропропустљивошћу материјала!!!*

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

Према Правилнику о ЕЕЗ:

1. дифузија водене паре се израчунава за:

- спољне грађевинске конструкције
- конструкције које се граниче са негрејаним простором,

осим за конструкције које се непосредно граниче са тереном (под на тлу, укопани зидови, укопане таванице)

2. није дозвољена површинска кондензација грађевинских конструкција

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

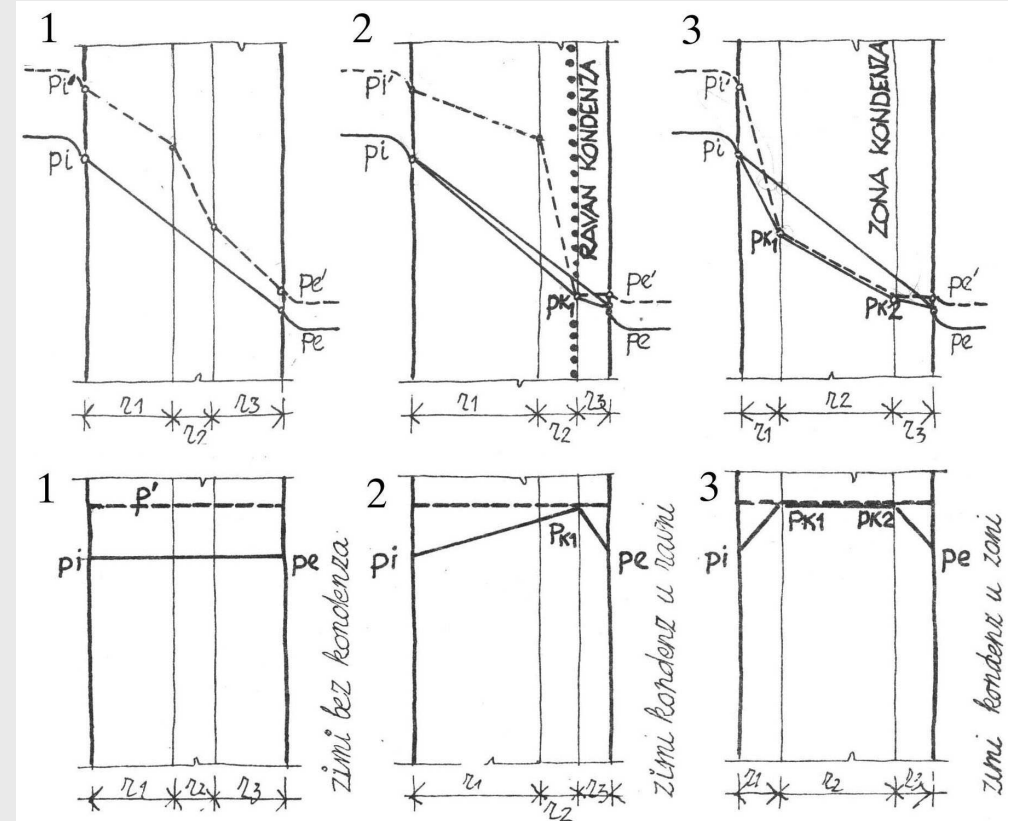
3. кондензација у унутрашњости конструкције је дозвољена под условом да је:

- a. време потребно за њено исушење мање од допушеног времена потребног за исушење конструкције (према табели у стандарду)
- b. укупна масена влажност мања од највеће дозвољене влажности за материјал у коме је настала кондензација

# Дифузија водене паре

Карактеристични случајеви појаве дифузије у грађевинским конструкцијама:

1. без конденза у посматраном елементу / конструкцији
2. конденз у равни кондензације
3. конденз у зони кондензације





# Дифузија водене паре - услови прорачуна

- Према Правилнику о ЕЕЗ, спречавање површинске кондензације унутрашње површине спољне грађевинске конструкције обезбеђује се:

- провером минималне топлотне отпорности унутрашње површине конструкције

$$R_{\min} \geq R_{si} \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_e}{\Theta_i - \Theta_s} - (R_{si} - R_{se})$$

(видети поглавље 3.3.1 и табелу 3.3.1.1. Правилника о ЕЕЗ)

усваја се:

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = \min 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}; \text{ у случају транспарентних елемената, } R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

На местима топлотних мостова, за оцену опасности од орошавања меродавна је температура тачке росе  $\Theta_s$  [°C], одређена према табели 3.3.1.1

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

- *Контрола дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондензације на основу услова:*
  - максималне вредности укупне кондензоване влаге на завршетку раздобља дифузије водене паре  
 $q_{\max}$  [kg/m<sup>2</sup>]:
    - 1,0 kg/m<sup>2</sup> у општем случају
    - 0,5 kg/m<sup>2</sup> уколико се кондензација дешава у слојевима/материјалима који немају својство капиларног упијања
    - у дрвету – максимални пораст садржаја влаге за 5% у односу на почетни садржај влаге
    - у материјалима на бази дрвета - максимални пораст садржаја влаге за 3% у односу на почетни садржај влаге

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

максималне вредности масене влажности за слој материјала у коме се дешава кондензација преко:

где је:

$$X'_{\max} = X'_r + X'_{\text{dif}, \max}$$

$X'_r [\%]$  *просечна рачунска влажност материјала*

$X'_{\text{dif}} [\%]$  *масена влажност настала услед кондензације*

$$X'_{\text{dif}, \max} = \frac{q_{\max} \cdot 100}{d_r \cdot \rho_0}$$

(видети поглавље 3.3.3 и табелу 3.3.3.1. Правилника о ЕЕЗ)

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

- Прорачун дифузије водене паре и периода исушења врши се на основу следећих услова:

## а. период кондензације (зима):

- Зона А (места за која је спољна пројектна температура у периоду грејања до  $\theta_{H,e} = -15\text{ °C}$ ):

<u>услови споља:</u>	температура спољашњег ваздуха	$\theta_e = -5\text{ °C}$
	релативна влажност	$\varphi_e = 90\%$ ,
<u>услови унутра:</u>	релативна влажност и температура унутрашњег ваздуха према пројектним условима или са вредношћу $\varphi_i = 55\%$	
<u>трајање конденз.</u>	60 дана	

- Зона Б (места за која је спољна пројектна температура у периоду грејања нижа од  $\theta_{H,e} = -15\text{ °C}$ )

<u>услови споља:</u>	температура спољашњег ваздуха	$\theta_e = -10\text{ °C}$
	релативна влажност	$\varphi_e = 90\%$ ,
<u>услови унутра:</u>	релативна влажност и температура унутрашњег ваздуха према пројектним условима или са вредношћу $\varphi_i = 55\%$	
<u>трајање конденз.</u>	60 дана	

# Дифузија водене паре - услови прорачуна

- Прорачун дифузије водене паре и периода исушења врши се на основу следећих услова:

## **b. период исушења (лето):**

- Зона А (места за која је спољна пројектна температура у периоду грејања до  $\theta_{H,e} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ):

дозвољено трајање исушења      90 дана

- Зона Б (места за која је спољна пројектна температура у периоду грејања нижа од  $\theta_{H,e} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

дозвољено трајање исушења      60 дана

услови споља/унутра: температура  
релативна влажност

$$\theta_i = \theta_e = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\varphi_i = \varphi_e = 65\%$$

- за зграде са климатизацијом или са већим ослобађањем водене паре дозвољено време исушења према унутрашњим микроклиматским условима, али не дуже од 90 дана (зона А), односно, 60 дана (зона Б)
- спољне пројектне температуре према табели 3.3.4.1. Правилника о ЕЕЗ

## Дифузија и кондензација водене паре

### Спречавање негативних последица дифузије / кондензације

- за наше климатске услове, као опште начело за решавање проблема дифузије водене паре код вишеслојних елемената важи да:

ОТПОР ПРОЛАЗУ ТОПЛОТЕ СВИХ СЛОЈЕВА ТРЕБА ДА РАСТЕ ИДУЋИ ОД УНУТРА ПРЕМА СПОЉА, А ДА ИСТОВРЕМЕНО ОТПОРИ ДИФУЗИЈИ ВОДЕНЕ ПАРЕ ОПАДАЈУ ОД УНУТРА ПРЕМА СПОЉА

# Топлотна стабилност конструкције – топлотна инерција

- топлотна стабилност – способност грађевинске конструкције да сачува релативну постојаност температуре на својој унутрашњој површини при осцилацијама температура спољашњег ваздуха (осцилацијама топлотног тока кроз конструкцију);
- процењује се на основу топлотне инерције (тромости) конструкције  $D$

$$D = R \cdot S$$

- $R$  – отпор пролазу топлоте
- $S$  – коефицијент упијања топлоте од стране материјала (обично  $S_{24}$ )

# Топлотна стабилност конструкције

- осцилације температуре су посебно карактеристичне за летње раздобље – летњи режим, па се понашање конструкције у односу на температурне промене третира као проблем

## ЛЕТЊЕ СТАБИЛНОСТИ КОНСТРУКЦИЈЕ

- уколико спољашњи елементи конструкције немају довољну топлотну стабилност – температура ваздуха унутар објекта ће знатно варирати, зависно од промене температуре спољашњег простора!



# Провера летње стабилности конструкције

- провера летње стабилности конструкције се своди на проверу њених могућности у погледу акумулације топлоте
- У погледу обезбеђења адекватних услова комфора у објекту Правилником о ЕЕЗ, као једна од мера за обезбеђење топлотног комфора наводи се коришћење термичке масе објекта
  - *Термичка маса представља делове термичког омотача и структуре зграде од материјала и у дебљини која омогућава акумулацију топлоте*

## Провера летње стабилности конструкције

- способност акумулације топлоте одређена:
  - a. специфичном топлотом материјала – специфични топлотни капацитет (масена количина топлоте)
    - представља својство материјала које указује на брзину његовог загревања/хлађења

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} = \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

- b. топлотним капацитетом
  - указује на способност акумулације топлотне енергије у неком елементу/конструкцији

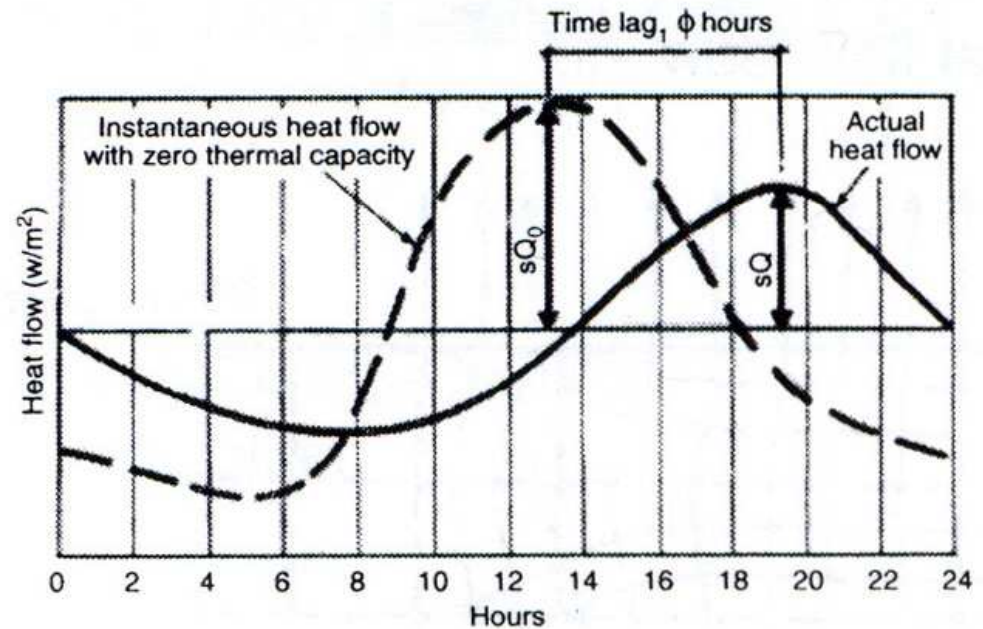
$$C = c \cdot m = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \left[ \frac{J}{K} \right]$$

## Провера летње стабилности конструкције

- материјали великог термичког капацитета не утичу само на повећање протока топлоте него и на време када се оно дешава –  
*способност акумулације топлоте успорава (одлаже) проток топлотне енергије!*
- за разлику од оваквих материјала, код изолационих материјала и оних који рефлектују топлоту, проток топлоте кроз конструкцију је тренутан!

# Провера летње стабилности конструкције

- за масивну конструкцију је карактеристично да ће сваки слој материјала:
  - прво апсорбовати део топлоте чиме ће се повећати температура датог слоја,
  - па тек онда даље пренети топлоту на следећи слој
- акумулирана топлота ће се емитовати са знатним временским помаком!!!!



# Провера летње стабилности конструкције – услови прорачуна

- Прорачун топлотне акумулативности нетранспарентних спољних грађевинских елемената зграде врши се у складу са SRPS U.J5.530 провером следећих параметара:

- фактора пригушења амплитуде осцилације температуре,  $\nu$  [-]

$$\nu = \frac{t_{em}}{t_{om}} = \frac{A_{Te}}{A_{\vartheta i}}$$

- кашњење осцилације температуре,  $\eta$  [h]

$$\eta = \frac{1}{15} \left( 40,5 \sum_{j=1}^n D_j - \arctg \frac{h_i}{h_i + U_1 \cdot \sqrt{2}} + \arctg \frac{U_n}{U_n + h_e \cdot \sqrt{2}} \right)$$

# Провера летње стабилности конструкције – услови прорачуна

Табела 3.2.1 – Најмање дозвољене вредности фактора пригушења амплитуде осцилације температуре,  $\nu_{\min}$  [-]

Грађевински елемент	$\nu_{\min}$ [-]
Равни кровови	25
Сви спољни зидови, осим оних који су на северној страни	15
Спољни зидови на северној страни	10

Табела 3.2.2 – Најмање дозвољене вредности кашњења осцилације температуре,  $\eta_{\min}$  [h]

Грађевински елемент	$\eta_{\min}$ [h]
Равни кровови хладњача	14
Равни кровови, осим равних кровова хладњача	10
Спољни зидови и коси кровови ка западној и југозападној страни	8
Спољни зидови и коси кровови ка јужној и југоисточној страни	7
Спољни зидови и коси кровови на источној, североисточној и северозападној страни	6

Уколико је за кровове  $\nu > 45$

не постављају се захтеви за вредност  $\eta$  [h]

Уколико је за зидове  $\nu > 35$

не постављају се захтеви за вредност  $\eta$  [h]

За спољне нетранспарентне вентилисане грађевинске елементе (осим за слабо вентилисане) важи:

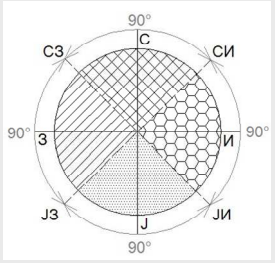
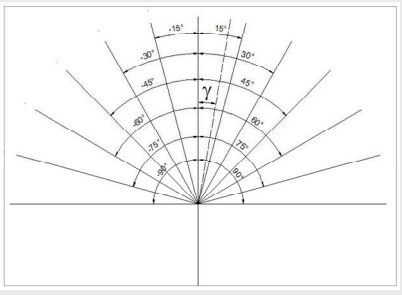
1. не постављају се захтеви за вредност  $\nu$  [-] уколико је површинска маса елемента без облоге већа (или једнака)  $100 \text{ kg/m}^2$
2. уколико је површинска маса елемента без облоге мања од  $100 \text{ kg/m}^2$  коефицијент пролаза топлоте елемента мора да буде мањи од  $0,35 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .

# Провера летње стабилности конструкције – услови прорачуна

- Све транспарентне (и полутранспарентне) површине у боравишним просторијама, осим оне које су на северу, североистоку и северозападу (при азимуту: 0 - 45° и 315 - 360°), морају да имају нетранспарентну заштиту од директног Сунчевог зрачења у летњем периоду.

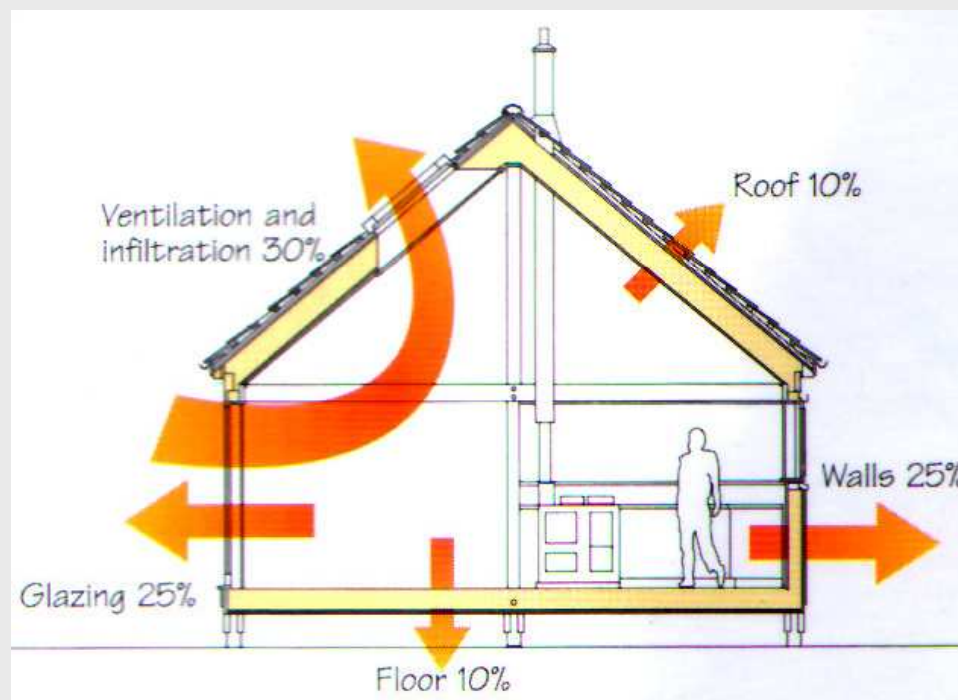
Оријентација,  $j$  (азимут и нагиб), застакљене површине се, поједностављено, одређује према табели 6.10.

Оријентација у хоризонталној равни и нагиби косих површина

Оријентација фасадних зидова*	Углови нагиба косих површина**
	

# Топлотни губици зграда

- топлотни губици зграде по свом пореклу и карактеру се могу разврстати на :
- **трансмисионе**
- **вентилационе**





# Топлотни губици зграда

- **трансмисиони**

губици који настају кондукцијом кроз спољни омотач објекта (као последица разлике у температури ваздуха споља-унутра), а у случају конструкција које садрже ваздушне слојеве, као и на месту контакта конструкције са ваздухом, и као последица конвекције

- **вентилациони**

резултат продора ваздуха у унутрашњи простор као последица инфилтрације или вентилације

## Топлотни губици зграда

- На нивоу зграде (или дела зграде), према Правилнику о ЕЕЗ, топлотни губици су одређени као:
  - *коэффициент трансмисионих губитака топлоте,  $H_T$  [W/K]*
  - *коэффициент вентилационих губитака топлоте,  $H_V$  [W/K]*
  - *(укупни) запремински губици топлоте,  $q_V$  [W/m<sup>3</sup>]*

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- *коэффициент трансмиссионных потерь теплоты,  $H_T$  [W/K]*

представља трансмисионе губитке топлоте кроз термички омотач зграде (или дела зграде) подељене разликом температура унутрашње и спољне средине

$$H_T = \sum_i (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + H_{TB}$$

- $F_{xi}$  - фактор корекције температуре за  $i$ -ти грађевински елемент, који се усваја према Табели 3.4.1.1 овог правилника;
- $U_i$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] - коэффициент пролаза топлоте  $i$ -тог грађевинског елемента, површине  $A_i$  [m<sup>2</sup>]
- трансмисиони топлотни губитак зграде (или дела зграде) услед **утицаја топлотних мостова** у термичком омотачу зграде (или дела зграде),  $H_{TB}$  [W/K], износи  $H_{TB} = \Delta U_{TB} \cdot A$

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- **трансмисиони топлотни губици могу бити:**

- површински
- линијски
- тачкасти



## Утицај термичких (топлотних, хладних) мостова

Новом номенклатуром (европски прописи), утицај термичког моста/додатни топлотни проток кроз термички мост у равни споја елемената изражава се као:

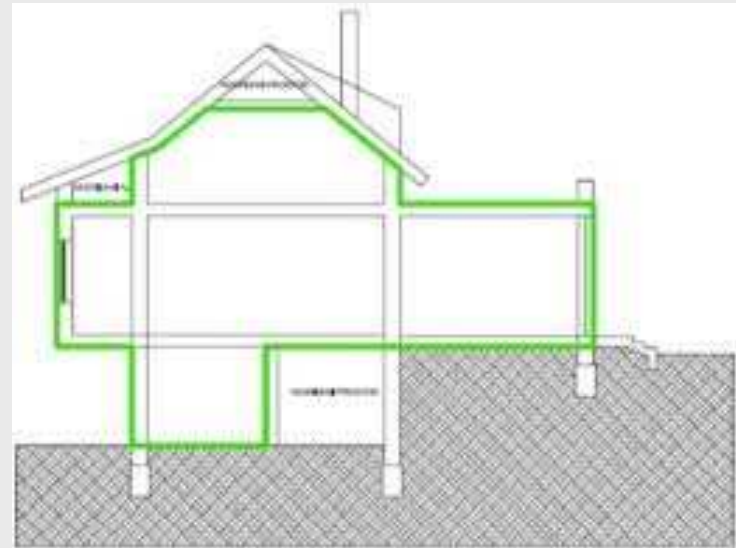
$\Psi$  [W/mK] - линијски коефицијент пролаза топлоте,

односно као

$\chi$  [W/mK] - коефицијент тачкастог пролаза топлоте

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- **површински топлотни губици:**
- губици до којих долази кроз **термички омотач зграде:**
  - спољне зидове
  - застакљене површине
  - равне или косе кровове над грејаним простором и таванице према негрејаним таванима
  - подове на тлу или подове изнад негрејаних подрума
  - конструкције изнад отворених пролаза (еркера)



Термички омотач зграде - чине сви елементи зграде који раздвајају грејани од негрејаног дела зграде, односно, целине зграде са различитим условима комфора или делова зграде код којих долази до прекида грејања услед привременог некоришћења неког простора.

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- мерило/параметар – коефицијент пролаза топлоте (U):

у општем случају: 
$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_m \frac{d_m}{\lambda_m} + R_{se}} = \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

критеријум:  $U \leq U_{\max}$  према табели 3.4.1.3. из Правилника

*подаци о материјалима: табела 3.4.1.2 Правилника*

*подаци о вредностима  $R_{si}$  и  $R_{se}$  према табели 3.4.1.1*



# Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте – табела 3.4.1.3.

Опис елемента / система	Постојеће зграда $U_{max} [W/(m^2 \cdot K)]$	Нове зграде $U_{max} [W/(m^2 \cdot K)]$
<i>Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом</i>		
1. Спољни зид	0,40	0,30
2. Зид на дилатацији (између зграда)	0,50	0,35
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника	0,90	0,90
4. Раван кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
5. Раван кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
6. Коси кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
7. Коси кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	0,30	0,20
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	1,50	1,50
10. Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	1,50	1,50
11. Спољна врата	1,60	1,60
12. Излози	1,80	1,80
13. Стаклене призме	1,60	1,60
<i>Унутрашње преградне конструкције</i>		
14. Зид према грејаном степеништу	0,90	0,90
15. Зид према негрејаним просторима	0,55	0,40
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	0,40	0,30
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0,40	0,30
<i>Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)</i>		
18. Зид у тлу	0,50	0,35
19. Под на тлу	0,40	0,30
20. Укопана међуспратна конструкција	0,50	0,40
<i>Напомена 1:</i> За елементе – системе панелног (подног, зидног, плафонског) грејања морају се применити одговарајући стандарди и технички услови прописани тим стандардима.		
<i>Напомена 2:</i> Вредности наведене за постојеће зграде односе се на највеће допуштене вредности после реновирања, санација, реконструкција.		



# Отпор прелазу топлоте – табела 3.4.1.1

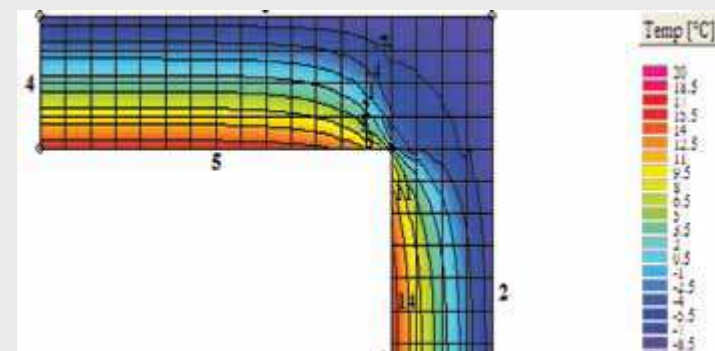
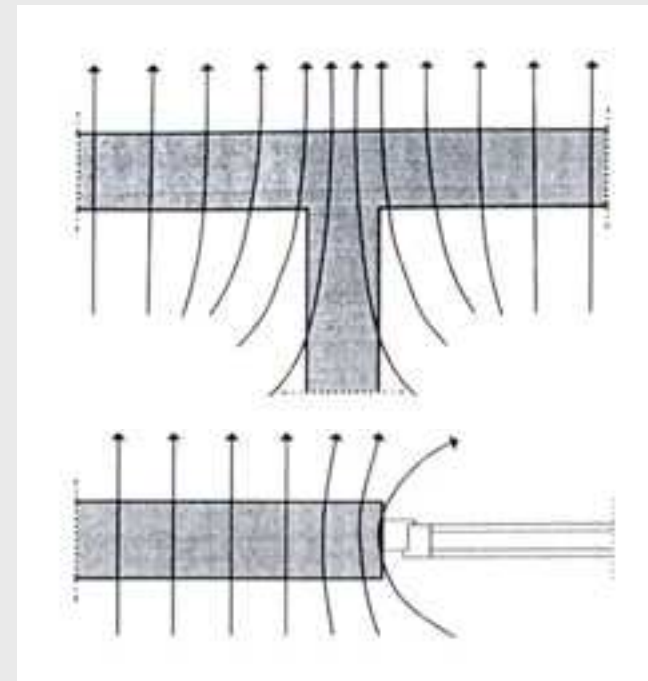
Топлотни проток ка спољној средини, преко грађевинског елемента одређеног типа	Отпор прелазу топлоте, у $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$			Фактор корекције температуре, $F_{xi}$
	$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$	
Грађевински елементи који се граниче са спољним ваздухом				
Спољни зид				
невентилисан	0,13	0,04	0,17	1,0
вентилисан	0,13	0,13	0,26	1,0
Равни кровови:				
невентилисано	0,10	0,04	0,14	1,0
вентилисано	0,10	0,10	0,20	1,0
Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза:				
невентилисано	0,17	0,04	0,21	1,0
вентилисано	0,17	0,17	0,34	1,0
Коси кровови:				
невентилисани	0,10	0,04	0,14	1,0
вентилисани	0,10	0,10	0,20	1,0
Грађевински елементи који се граниче са негрејаним просторима				
Зид ка негрејаном простору	0,13	0,13	0,26	0,5
Међуспратна конструкција ка негрејаном кровном простору	0,10	0,10	0,20	0,8
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0,17	0,17	0,34	0,5
Зид ка негрејаној зимској башти (стакленику), са спољним застакљењем зимске баште:	0,13	0,13	0,26	
Једноструко стакло, $U > 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				0,7
Изолационо стакло, $U \leq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				0,6
Побољшано стакло, $U \leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				0,5
Грађевински елементи у контакту са тлом				
зид у тлу, или делимично укопан	0,13	0,0	0,13	0,6
под на тлу	0,17	0,0	0,17	0,5
Међуспратна конструкција у тлу	0,10	0,0	0,10	0,6
Грађевински елементи између два грејана простора различите температуре				
Зид између зграда, зид који раздваја просторе различитих корисника, или зид ка грејаном степеништу	0,13	0,08	0,21	0,8
Међуспратна конструкција која раздваја простор између различитих корисника	0,10	0,08	0,18	0,8

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- вредности коефицијента пролаза топлоте  $U$  рачунају у складу са SRPS EN ISO 13789, и према одговарајућим стандардима зависно од типа конструкције:
  - SRPS EN ISO 6946 за нетренспарентне грађевинске елементе (изузев подова и зидова у тлу и зид завеса)
  - SRPS EN ISO 13370 за подове и зидове у тлу
  - SRPS EN ISO 10007-1 и SRPS EN ISO 10007-2 за елементе типа прозора, балконских врата и ролетни
  - SRPS EN ISO 13947 за зид-завесе
  - SRPS EN 673 и SRPS EN 410 за стакла
  - SRPS EN 1745 за елементе за зидање зиданих зидова и зидане зидове

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- **линијски топлотни губици – топлотни/термички/хладни мостови:**
  - додатни топлотни губици до којих долази на појединим местима конструкције:
    - местима промене материјала,
    - промене геометрије,
    - на месту склопа (углови, продори, контакт са тлом,....)



# Трансмисиони топлотни губици зграда

- могући начини прорачуна утицаја линијских губитака:
  1. детаљан прорачун
  2. каталог термичких мостова:
    - фиксне вредности
    - параметарске вредности
  3. апроксимација/паушално



# Методе прорачуна утицаја термичких мостова

Начин прорачуна	Стандард-норма	ЕУ	Србија стари прописи	Србија Нови прописи
детаљан прорачун	EN 10211-1 EN 10211-2	■		
Каталог мостова (фиксне вредности)	EN 14683	■		
Каталог (параметарске вредности)	СРПС.У.Ј5-510		■	
Апроксимација (паушално)	EN 13790	■ (санација)		■

## Утицај термичких (топлотних, хладних) мостова

Према Правилнику о ЕЕЗ:

утицај термичких мостова се апроксимира повећањем основне вредности коефицијента пролаза топлоте за све позиције термичког омотача (којима није обрачунат утицај на други начин), за фиксну (паушалну) вредност

$$\Delta U_{TB} = 0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Овако увећана вредност коефицијента  $U$  се користи у термотехничким прорачунима.

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- *специфични трансмисиони губитак топлоте зграде (или дела зграде),  $H'_T$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]*

$$H'_T = \frac{H_T}{A}$$

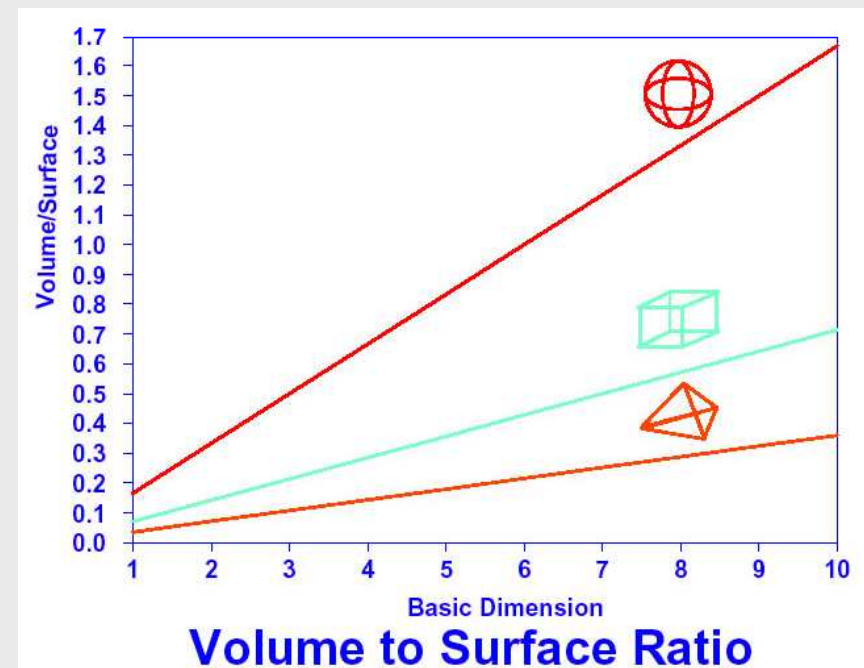
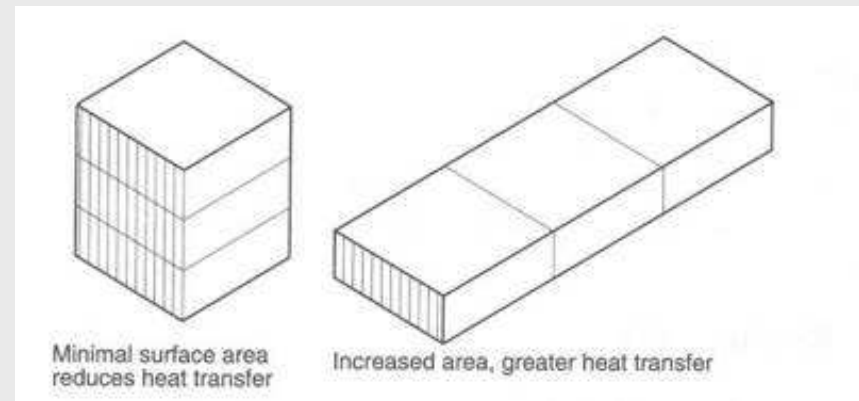
*гранична вредност се усваја према табели 3.4.2.3.1. Правилника о ЕЕЗ*

- узима у обзир карактеристике разуђености и волуметрије објекта, изражене кроз фактор облика зграде на основу чега се одређује гранична вредност специфичних трансмисионих губитака

$$f_o = \frac{A}{V}$$

# Трансмисиони топлотни губици зграда

- на вредност фактора облика зграде пре свега утичу:
  - облик објекта (лопта, коцка,....)
  - димензије објекта (вредност фактора облика за исти облик габарита ће опадати са порастом димензија)





# Трансмисиони топлотни губици зграда

**Табела 3.4.2.3.1** – Највеће допуштене вредности специфичних трансмисионих губитака топлоте,  $H'_{T,max}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], у зависности од фактора облика зграде (или дела зграде)

Фактор облика $A/V_e$ ( $m^{-1}$ )	Нестамбене зграде са уделом транспарентних површина $\leq 30\%$ и стамбене зграде $H'_T$ ( $W/m^2K$ )	Нестамбене зграде са уделом транспарентних површина $> 30\%$ $H'_T$ ( $W/m^2K$ )
$\leq 0.2$	1.05	1.55
0.3	0.80	1.15
0.4	0.68	0.95
0.5	0.60	0.83
0.6	0.55	0.75
0.7	0.51	0.69
0.8	0.49	0.65
0.9	0.47	0.62
1.0	0.45	0.59
$>1.05$	0.44	0.58

# Вентилациони топлотни губици

- *коефицијент вентилационих губитака топлоте,  $H_V$  [W/K]* - представља вентилационе губитке топлоте кроз омотач зграде подељене разликом температура унутрашње и спољне средине;

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot V \cdot n$$

критеријум - потребан број измена ваздуха на час

где је

$V$  – запремина грејаног простора [ $\text{m}^3$ ];

$n$  – број измена ваздуха на час [ $\text{h}^{-1}$ ]

$$\rho_a \cdot c_p = 0,33 [\text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})] = (1200 [\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})])$$

# Вентилациони топлотни губици

- *коэффициент вентилационих губитака теплоте,  $N_v$  [W/K]*

**Табела 3.4.2.1** – Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде (према SRPS EN ISO 13789) – Стамбене зграде са више станова и природном вентилацијом

	Број измена ваздуха $n$ [h <sup>-1</sup> ]			Број измена ваздуха $n$ [h <sup>-1</sup> ]		
Изложеност фасаде ветру	Више од једне фасаде			Само једна фасада		
Заптивеност	Лоша	Средња	Добра	Лоша	Средња	Добра
Отворен положај зграде	1,2	0,7	0,5	1,0	0,6	0,5
Умерено заклоњен положај	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Веома заклоњен положај	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

**Табела 3.4.2.2** – Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде (према SRPS EN ISO 13789) – Појединачне породичне куће са природном вентилацијом

	Број измена ваздуха $n$ [h <sup>-1</sup> ]		
Заптивеност	Лоша	Средња	Добра
Отворен положај зграде	1,5	0,8	0,5
Умерено заклоњен положај	1,1	0,6	0,5
Веома заклоњен положај	0,76	0,5	0,5

## Укупни топлотни губици зграда

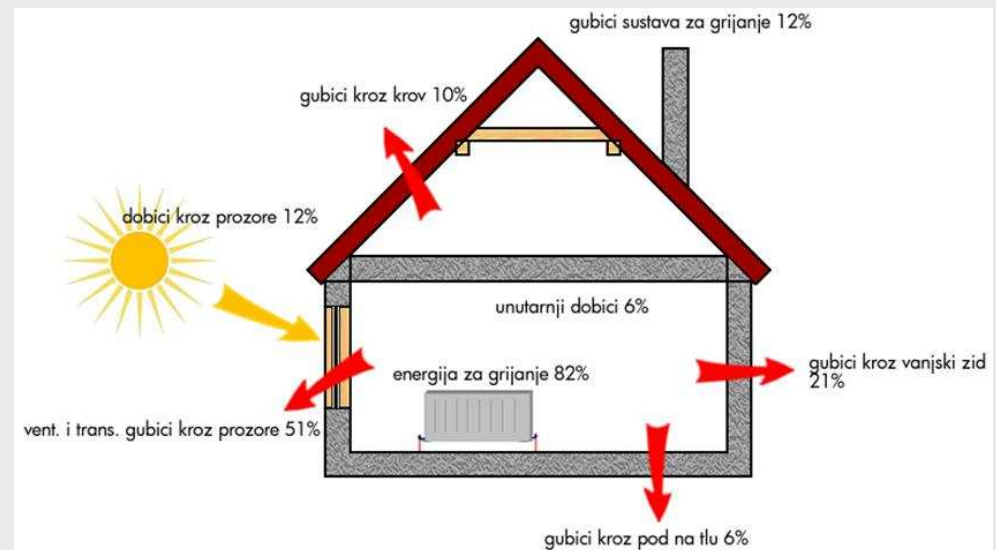
- *(укупни) запремински губици топлоте,  $q_v$  [W/m<sup>3</sup>],* представљају збир трансмисионих и вентилационих губитака по јединици запремине грејаног простора зграде и једнаки су специфичном топлотном току по јединици запремине, који при пројектним условима треба да одају уређаји за грејање у просторијама.

$$q_v = \frac{H_T + H_V}{V_e}$$

# Топлотни добици

- концепт топлотне заштите који се заснива на провери укупних енергетских својстава зграде подразумева контролу:

- топлотних губитака
- топлотних добитака
  - интерних и
  - соларних



# Топлотни добици

- интерни добици – узимају се у обзир добици топлоте од људи и електричних уређаја (табела 7.5)

$$Q_{\text{int}} = A_f \cdot (q_P + q_E)$$

- $A_f$  – површина грејаног простора

проф.др Ана Радивојевић и  
доц.др Александар Рајчић

Тип зграде	1	2	3	4	5	6	7	8	9) Остале зграде				Јединица
Улазни подаци	Стамбена зграда са једним станом	Стамбена зграда са више станова	Пословна зграда	Зграде намењене образовању	Болнице	Ресторани	Трговински центри	Спортски центри	Сале за састанке и презентације	Индустријске зграде	Складишта	Унутрашњи базени	
Унутрашња пројектна температура за зимски период	20	20	20	20	22	20	20	18	20	18	18	28	°C
Унутрашња пројектна температура за летњи период	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	28	°C
Површина по особи (заузетост)	60	40	20	10	30	5	10	20	5	20	100	20	m <sup>2</sup> /per
Одавање топлоте по особи	70	70	80	70	80	100	90	100	80	100	100	60	W/per
Одавање топлоте људи по јединици површине	1,2	1,8	4,0	7,0	2,7	20	9,0	5,0	16	5,0	1,0	3,0	W/m <sup>2</sup>
Присутност током дана (просечно месечно)	12	12	6	4	16	3	4	6	3	6	6	4	h
Годишња потрошња електричне енергије по јединици површине грејаног простора	20	30	20	10	30	30	30	10	20	20	6	60	kWh/m <sup>2</sup>
Проток свежег ваздуха по јединици површине грејаног простора	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,2	0,7	0,7	1,0	0,7	0,3	0,7	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )
Проток свежег ваздуха по особи (оброк по особи)	42	28	14	7	30	6	7	14	5	14	30	14	m <sup>3</sup> /(h·per)
Топлота потребна за припрему СТВ по јединици површине грејаног простора	10	20	10	10	30	60	10	80	10	10	1,4	80	kWh/m <sup>2</sup>

# Топлотни добици

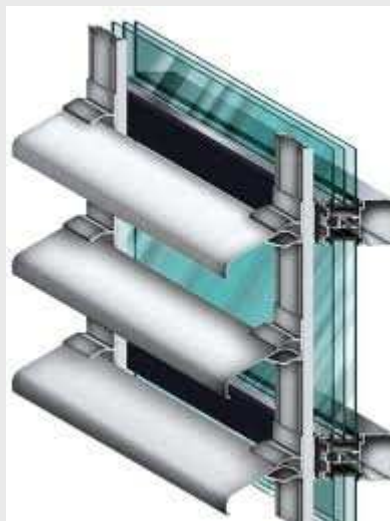
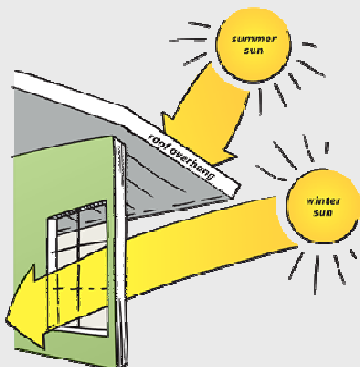
Табела 6.6 - Фактор осенчености зграде услед околних објеката

- соларни добици

$$Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot \tau_{sol}$$

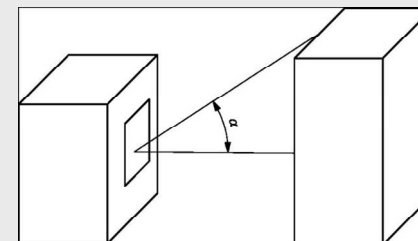
- $F_{sh}$  фактор осенчености зграде:

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



проф.др Ана Радивојевић и  
доц.др Александар Рајчић

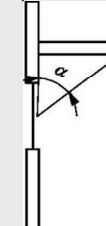
Корекциони фактор $F_{hor}$ за 45° СГШ			
Угао [°]	Ј	И,З	С
0	1,00	1,00	1,00
10	0,97	0,95	1,00
20	0,85	0,82	0,98
30	0,62	0,70	0,94
40	0,46	0,61	0,90



Табела 6.7 - Фактор осенчености зграде услед настрешница

Корекциони фактор $F_{ov}$ за 45° СГШ			
Угао [°]	Ј	И,З	С
0	1,00	1,00	1,00
30	0,90	0,89	0,91
45	0,74	0,76	0,80
60	0,50	0,58	0,66

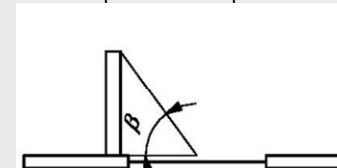
Вертикални пресек



Табела 6.8 - Фактор осенчености зграде услед вертикалних испуста на фасади

Корекциони фактор $F_{fin}$ за 45° СГШ			
Угао [°]	Ј	И,З	С
0	1,00	1,00	1,00
30	0,94	0,92	1,00
45	0,84	0,84	1,00
60	0,72	0,75	1,00

Хоризонтални пресек



# Топлотни добици

- соларни добици  $Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot \tau_{sol}$
- количина Сунчевог зрачења – усваја се на основу табеле 6.9

$$I_{sol} \cdot \tau_{sol} [\text{kWh/m}^2]$$

Mesec		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Zima
Средња месечна температура (°C)		0,9	3,0	7,3	12,5	17,6	20,6	22,3	22,0	17,7	12,7	7,2	2,6	5,6
Сунчево зрачење	XOP (kWh/m <sup>2</sup> )	42,75	60,35	103,86	133,65	170,43	181,23	192,83	170,43	127,58	88,94	45,50	33,87	398
	J (kWh/m <sup>2</sup> )	64,25	76,98	96,43	86,73	86,28	81,43	90,31	99,43	107,38	109,22	66,52	52,80	455
	И, 3 (kWh/m <sup>2</sup> )	32,57	55,35	79,80	96,05	112,90	116,78	125,22	114,37	91,32	67,21	34,67	25,53	310
	C (kWh/m <sup>2</sup> )	17,42	22,38	36,04	44,64	55,69	56,88	58,27	52,83	38,78	29,16	17,93	14,31	145
HDD = 2520		585	458	370	102	0	0	0	0	0	101	373	531	

- средња сума Сунчевог зрачења се израчунава на основу претежне оријентације (табела 6.10 Правилника)



# Топлотни добици

- соларни добици  $Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot \tau_{sol}$

- $A_{sol}$  – изложена површина омотача

- за стаклене спољне површине:  $A_{sol,gl} = g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_W$

- $g_{gl}$  - фактор пропустљивости Сунчевог зрачења у зависности од врсте стакла (Табела 3.4.1.4.) ;
- $F_F$  - фактор рама; удео површине рама у односу на укупну површину прозора/застакљења
- $A_W$  - површина прозора (грађевинског отвора)

- за спољне зидове:  $A_{sol,C} = \alpha_{s,C} \cdot R_{s,C} \cdot U_C \cdot A_C$

$\alpha_{s,C}$  емисивност спољне површине зида

$R_{s,C} = \frac{1}{h_e}$  отпор прелазу топлоте за спољну страну зида

# Методе провера и мерења

- Правилником се не предвиђа обавеза провере/мерења остварених термичких карактеристика зграде
  - Поред значаја које мерења могу да имају приликом провере остварених енергетских перформанси објекта у односу на пројекат, оно има посебно место код провере карактеристика постојећих објеката, детектовања грешака приликом извођења и сл.
- мерења подразумевају примену
  - **термовизије** – карактеристике термичког омотача у погледу протока енергије кроз конструкцију термичког омотача
  - **Blower door**-а – за проверу заптивености, односно, ваздушне пропустљивости неког простора

