



ОБУКА ЗА ПОЛАГАЊЕ СТРУЧНОГ ИСПИТА ЗА ОБЛАСТ
ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА



Тематско поглавље 8

Основе енергетског билансирања зграде

Проф. др Милош Бањац
Машински факултет Универзитета у Београду

Садржај презентације

1. Примарна, финална, секундарна и корисна енергија
2. Први закон термодинамике за отворени систем
3. Параметри који утичу на потрошњу енергије
4. Оквирни ток прорачуна
5. Могуће мере за уштеду енергије

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

- Поистовећивње појма енергије и енергента
- Облици енергије степену трансформације
 1. примарна (природне),
 2. секундарна (трансформисане) и
 3. корисна енергија

Примарна енергија – енергенти који се налазе у природи и нису прошли ни један процес трансформације.

(угаљ, нафта, гас, дрво, уран, торијум, енергија ветра, сунчево зрачење, биомаса ...)

Велики део примарних облика енергије се не може непосредно користити, већ се мора претходно трансформисати у секундарни облик.

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

Примарне енергије се могу поделити на:

- Конвенционалне и неконвенционалне изворе енергије
- Необновљиве и обновљиве изворе енергије

Конвенционалне изворе енергије

- Дрво, угаљ, сирова нафта, природни гас
- Енергија водених токова (хидропотенцијал)
- Нуклеарна горива (уран, торијум, деутеријум)

Неконвенционалне изворе енергије

- Енергија зрачења сунца
- Геотермална енергија
- Енергија мора и морских таласа, плиме и осеке
- Енергија ветра

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

Појам обновљиви извори енергије односи се на изворе енергије који су сачувани у природи и потпуно се или делимично обнављају

Обновљиви извори енергије су:

- Енергија зрачења сунца
- Енергија водених токова (хидроенергија)
- Енергија ветра
- Енергија плиме и осеке
- Енергија морских таласа
- (Геотермална енергија)

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

Необновљиви облици енергије су сви облици енергије чије се резерве смањују услед коришћења (енергија фосилних и нуклеарних горива као и геотермална енергија)

Необновљиви извори енергије су:

- Сва фосилна горива (угаљ, нафта, уљни шкриљци, битуминозни пескови)
- Нуклеарна горива
- (Геотермална енергија)

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

Сва енергија на Земљи потиче примарно из три извора:

1. [Сунчева енергија](#) потиче од зрачења [Сунца](#). Она настаје као последица [термонуклеарне реакције](#) која се дешава унутар Сунца и које се ка Земљи преноси као читав спектар електромагнетног зрачења;
2. [Распад изотопа](#) тешких елемената, [нуклеарна фисија](#);
3. Кретање планета - [гравитациона енергија](#), која се на Земљи манифестује кроз [енергију плиме и осеке](#).

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

Сунчева енергија у ширем смислу, се на планети земљи манифестује као :

- енергију водних токова,
- ветра (еолска),
- таласа,
- биоенергије кроз фотосинтезу (биомаса, биогаса и уопште биогорива)
- акумулисану енергију у фосилним горивима у облику хемијске енергије у остацима биомасе, у угљевима, тресету, нафти, природном гасу, шкриљцима итд. То је необновљив извор енергије.

Распад изотопа (нуклеарна фисија), може бити:

- у унутрашњости Земље - манифестује се као геотермална енергија
- вештачки изазван - нуклеарна енергија - необновљив извор енергије.

Примарна, секундарна, финална и корисна енергија

Секундарна енергија је енергија која је технолошким процесима трансформације добијена из примарних извора (нпр. кокс, брикети, нуклеарно гориво, бензин, лож уље, електрична струја, топлотна енергија, итд).

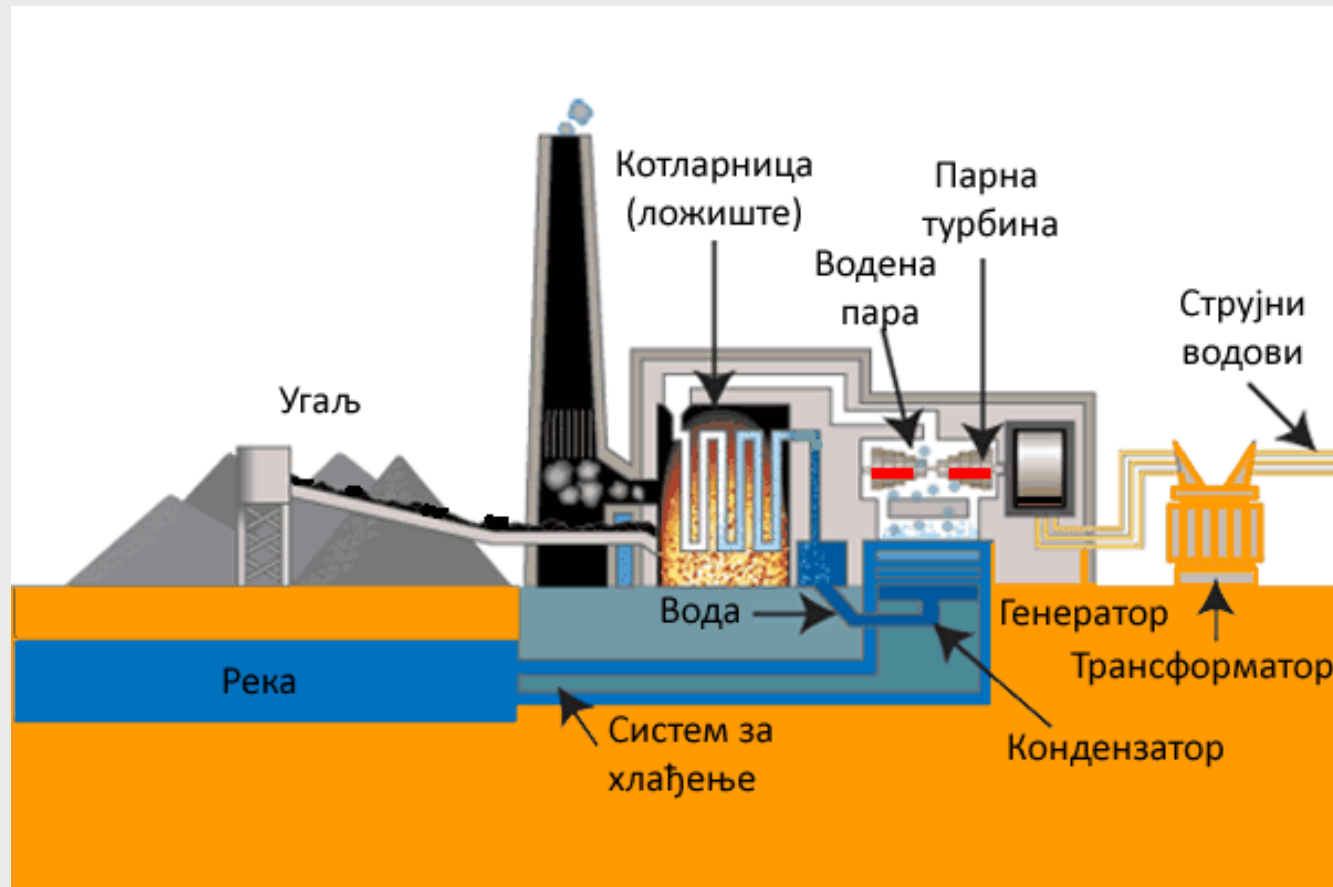
Овим се процесима трансформације мењају хемијске или физичке особине примарне енергије

Финална енергија је она енергија која долази до крајњег корисника - енергија на граници система (зграде) – може бити и примарана и секундарна

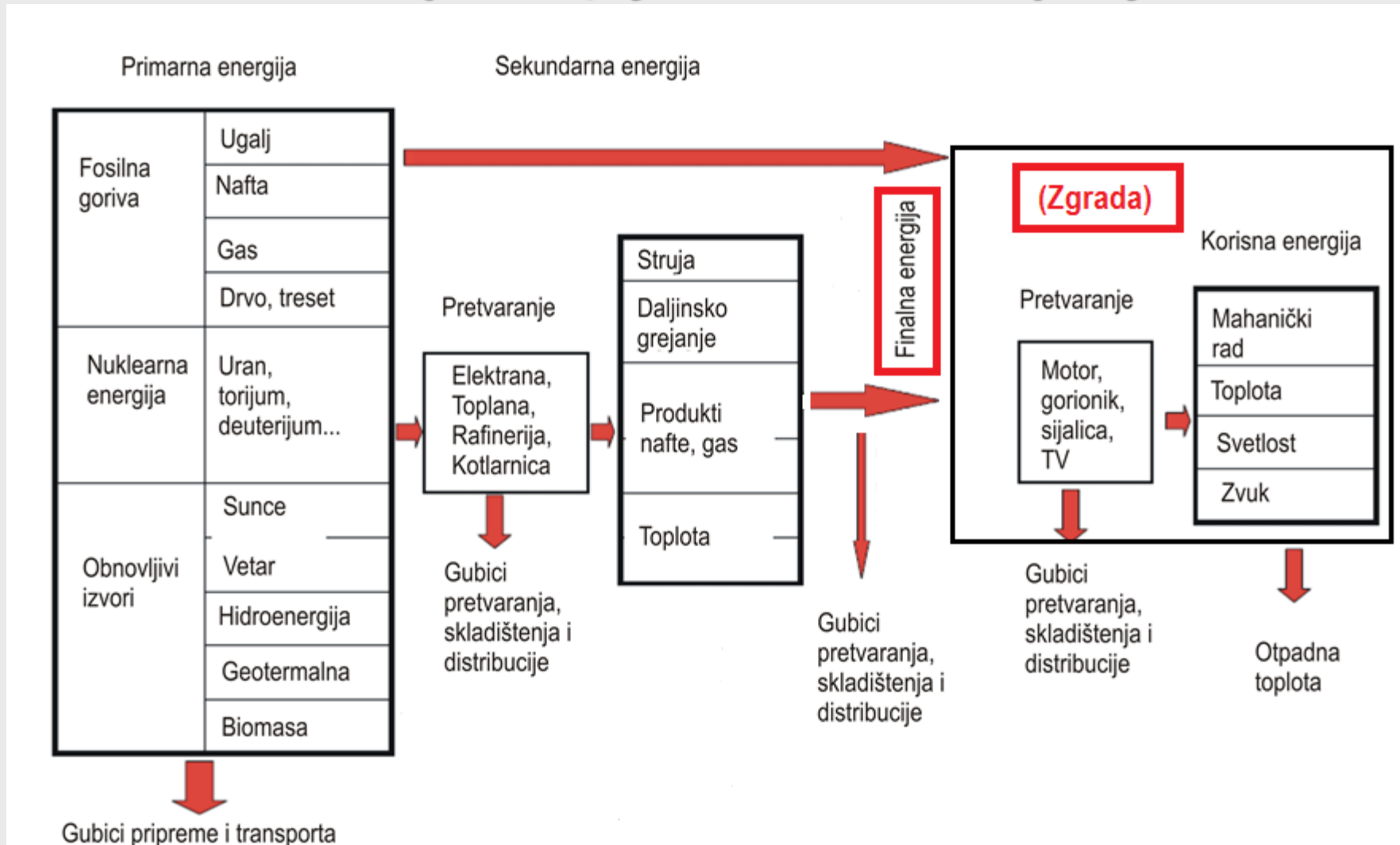
Примарна, секундарна и финална енергија

- **Корисна енергија** је онај део енергије који се добија после одбијања свих губитака који настају при процесима добијања, прераде (производње), складиштења и преноса примарних и секундарних извора енергије
Корисна је енергија крајњем кориснику на располагању у облику који му највише одговара
Облик енергије који се непосредно може користити је корисни облик енергије
- **Трансформације енергије** се одвијају до оних енергетских облика који су потребни, а то су:
 - топлотна енергија,
 - механичка енергија,
 - хемијска енергија и
 - светлосна енергија
 - енергија звука

Трансформација енергије



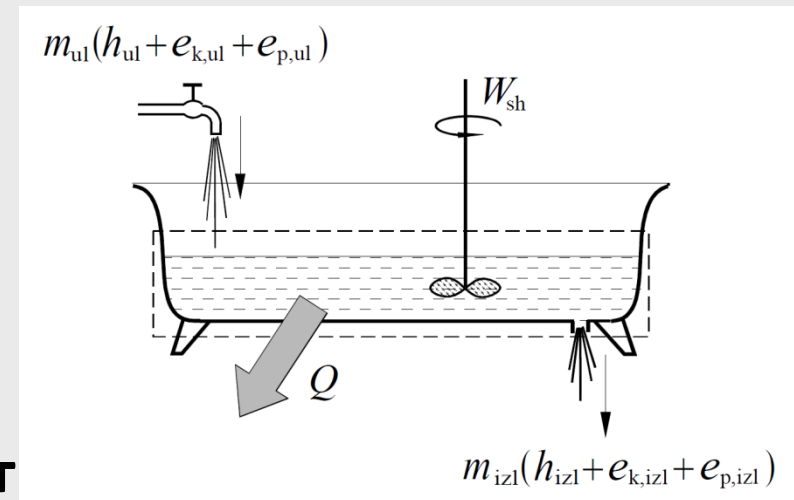
Класификација облика енергије



Први закон термодинамике (закон о одржању енергије) за отворени систем

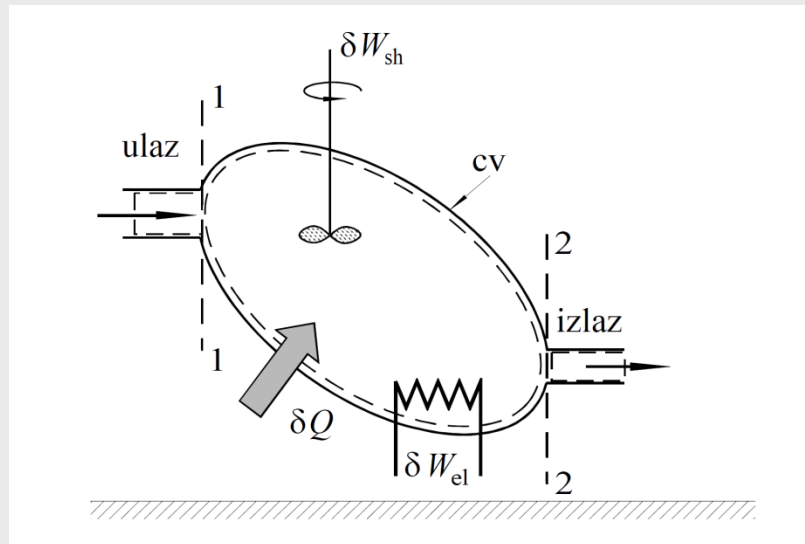
Начини размене енергије проточног термодинамичког система (контролне запремине) са његовом околином

1. Преношењем количине топлоте Q [J];
2. Вршењем рада W , [J];
3. Разменом супстанције са околином – обично утицањем флуида u , односно истицањем флуида из контролне запремине - проточног термодинамичког система



Први закон термодинамике

Отворени систем – контролна запремина

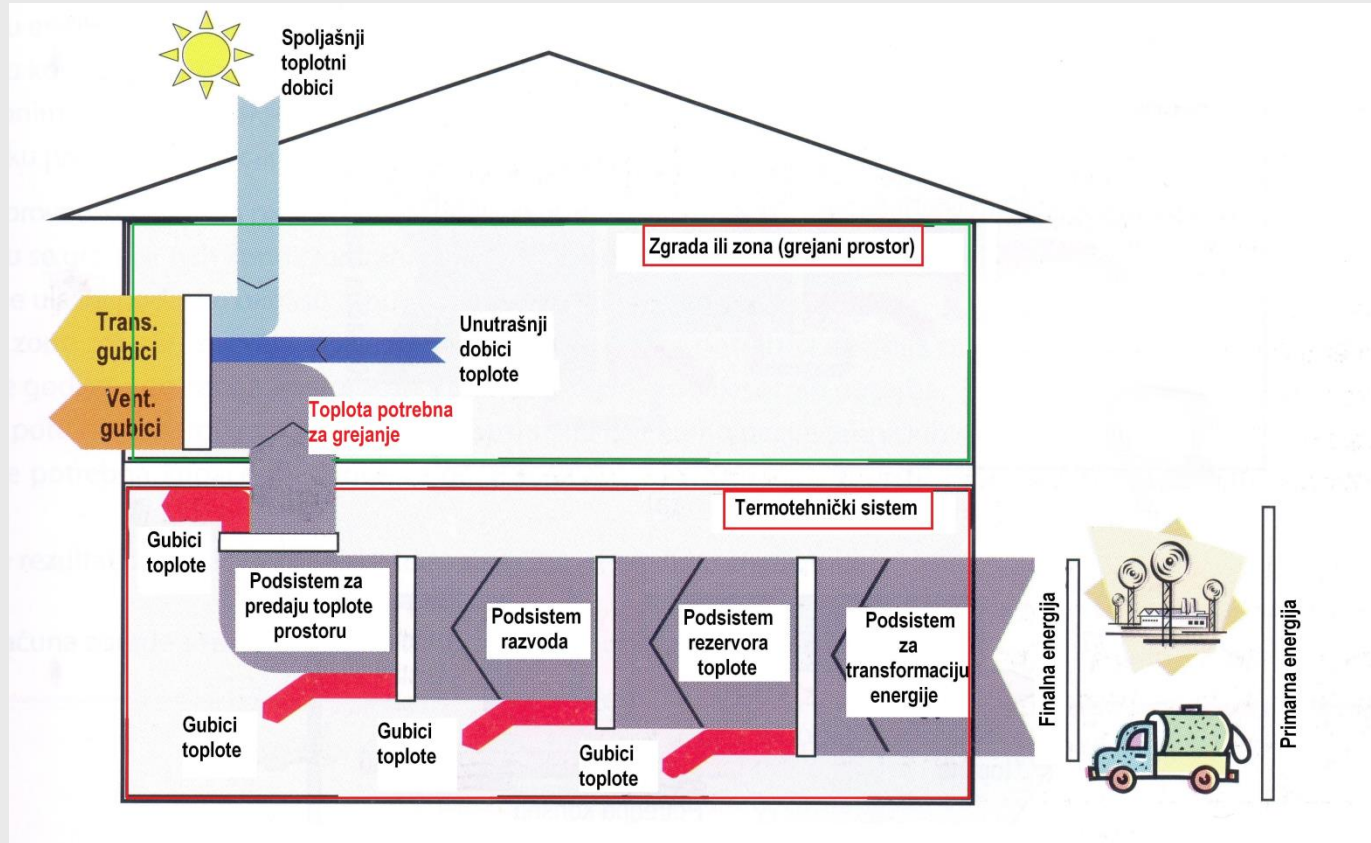


$$Q_{p-k} + W_{teh,p-k} + \sum_i m_{ul,i} \left(h_{ul} + \frac{w_{f,ul}^2}{2} + gz_{ul} \right)_i = (U_k - U_p)_{cv} + \sum_i m_{izl,j} \left(h_{izl} + \frac{w_{f,izl}^2}{2} + gz_{izl} \right)_j$$

$$\Phi + P_{teh} + \sum_i q_{m,ul,i} \left(h_{ul} + \frac{w_{f,ul}^2}{2} + gz_{ul} \right)_i = \frac{d(U)_{cv}}{dt} + \sum_i q_{m,izl,j} \left(h_{izl} + \frac{w_{f,izl}^2}{2} + gz_{izl} \right)_j$$

Први закон термодинамике

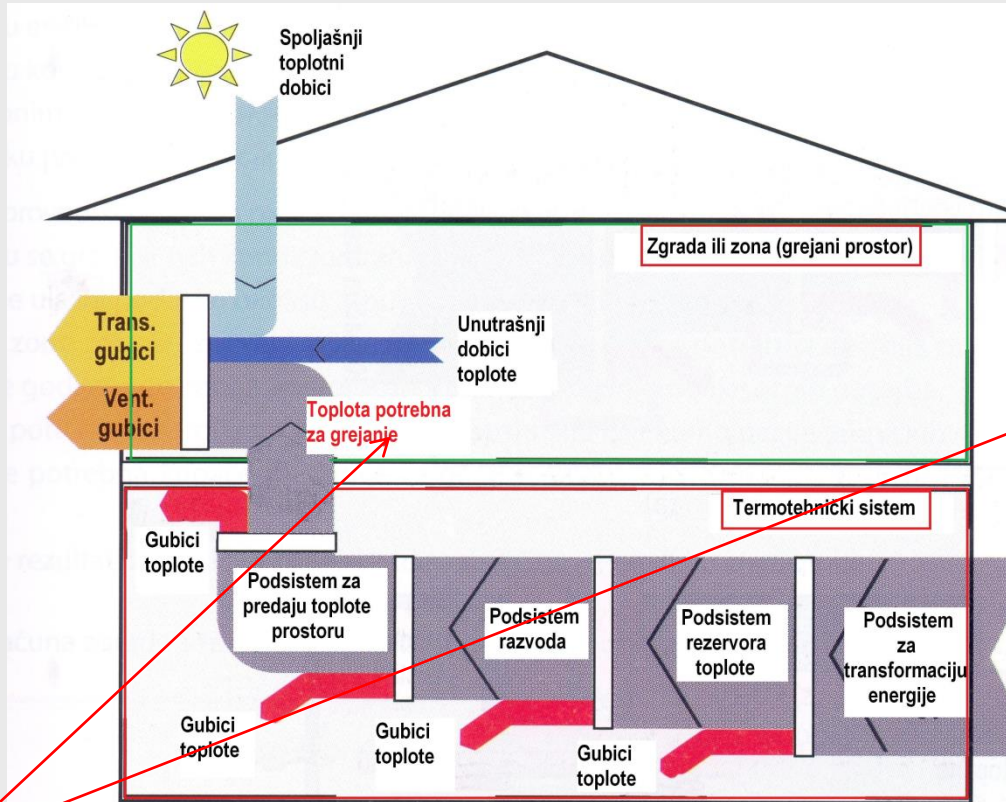
Отворени систем – контролна запремина



$$\Phi + P_{\text{teh}} + \sum_i q_{m,\text{ul},i} \left(h_{\text{ul}} + \frac{w_{f,\text{ul}}^2}{2} + gz_{\text{ul}} \right)_i = \frac{d(U)_{cv}}{dt} + \sum_i q_{m,\text{izl},j} \left(h_{\text{izl}} + \frac{w_{f,\text{izl}}^2}{2} + gz_{\text{izl}} \right)_j$$

Први закон термодинамике

Специфична годишња топлота потребна за грејање



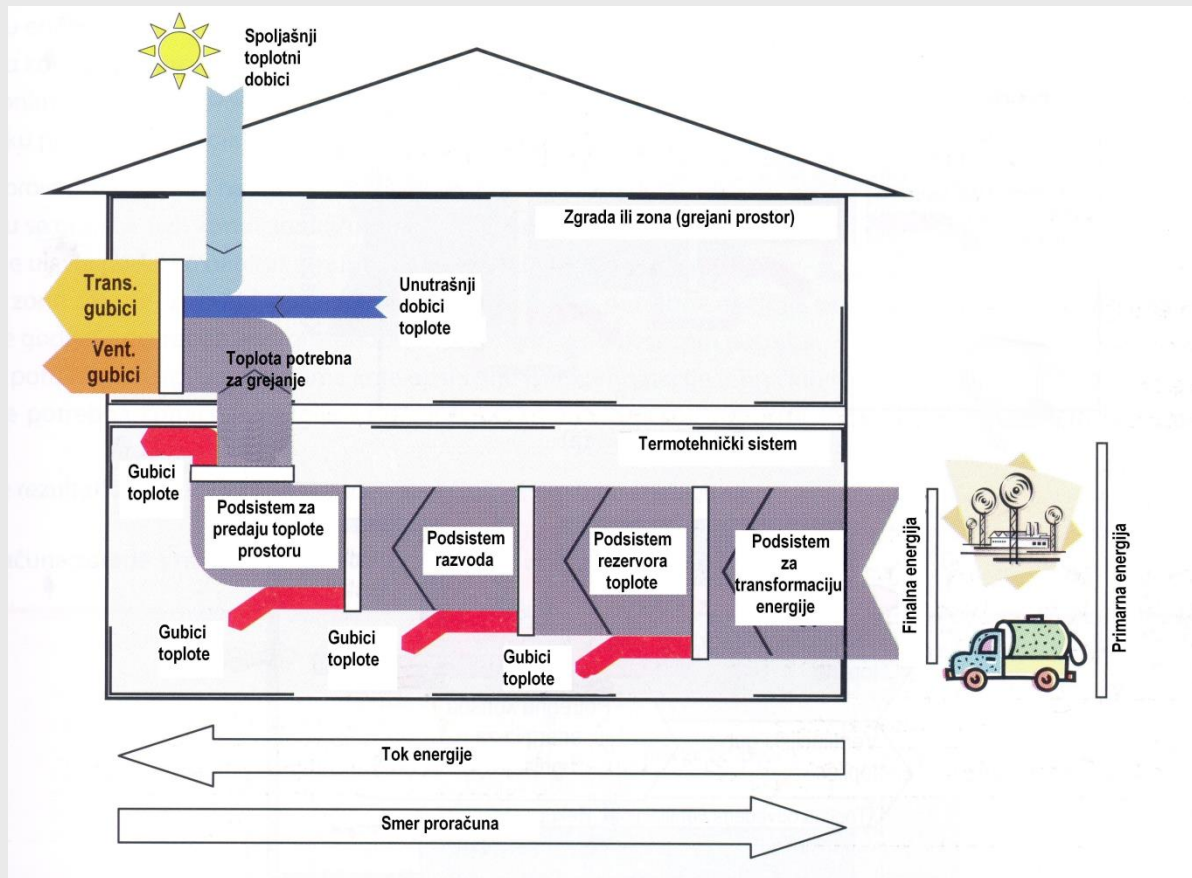
	ЗГРАДА	<input type="checkbox"/> нова	<input checked="" type="checkbox"/> постојећа
	Категорија зграде	1. Зграда са једним станом 2. Зграда са више станова	
Место, адреса:			
Катастарска парцела:			
Власник/инвеститор/правни заступник:			
Извођач:			
Година изградње:			
Година реконструкције/енергетске санације:			
Нето површина A_{yt} [m ²]:			
Енергетски пасош за стамбене зграде	Прорачун	$Q_{H,nd,reb}$ [W/m ²]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]
		45	34
	A+	≤ 15	
	A	≤ 25	
	B	≤ 50	B
	C	≤ 100	
	D	≤ 150	
	E	≤ 200	
	F	≤ 250	
	G	> 250	
Подаци о лицу које је издало енергетски пасош			
Овашћена организација:			
Потпис овлашћеног лица и печат организације:			
			М.П.
Одговорни инжењер:			
Потпис и печат одговорног инжењера ЕЕ:			
			М.П.
Број пасоша:			
Датум издавања/рок важења:			

$$Q_{H,nd} \left[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \right]$$

Количина топлоте потребна за грејање зграде током 1 године, сведена на 1 m² грејане површи зграде

Оквирни ток прорачуна (грејања)

- Прорачун токова енергије врши се за одређени простор – тзв. зону (нпр. стан, зграда, и сл.)
- Редосед прорачуна потребне енергије врши се у обрнутом смеру од тока енергије.



Оквирни ток прорачуна (грејања)

1. Најприје се израчунава **потребна топлота за грејање** коју треба довести или одвести у сврху остваривања жељеног стања у простору,

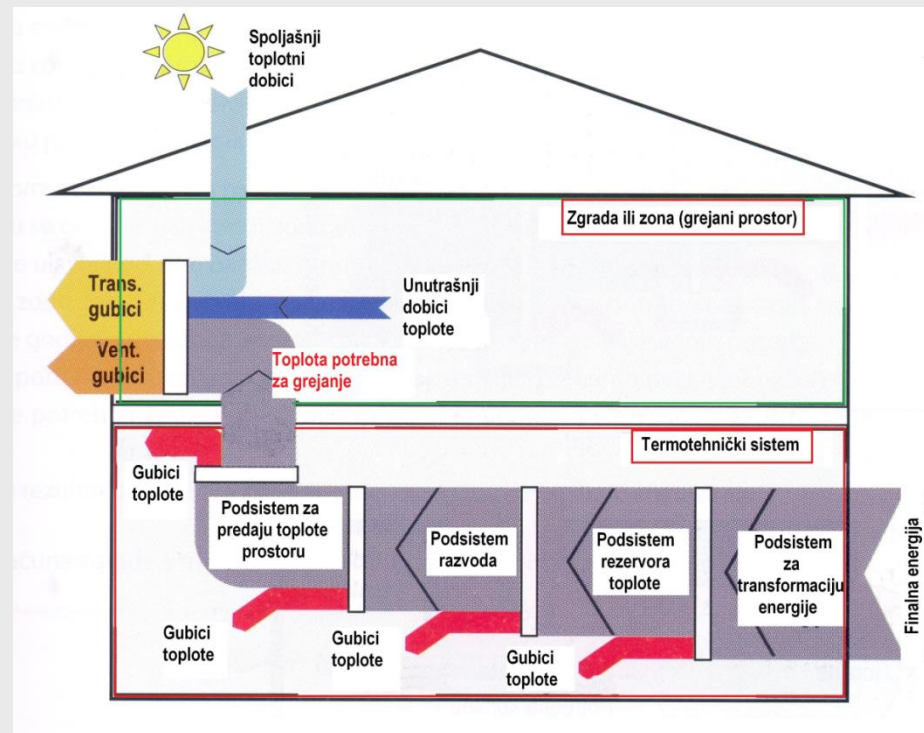
$$Q_{H,nd} \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

2. Затим се приступа прорачуну **потребне енергије за погон термотехничког** система испоруку потребне енергија за грејање.
3. Губици који се јављају у систему грејања потичу услед производње (трансформације хемијске енергије горива у топлоту и топлотних губитака котла у околину), приликом дистрибуције (топлотних губитака у околину приликом транспорта грејног флуида од извора до грејних тела), приликом складиштења (топлотни губици у околину од резервоара за складиштење топле воде) и услед губитака у размени топлоте у самом грејаном простору - укупни степен корисности постројења за грејање обухвата **степен корисности котла, цевне мреже и система аутоматске регулације**
4. На крају се одређује потребна **количина примарне енергије**, користећи факторе конверзије у зависности од извора енергије

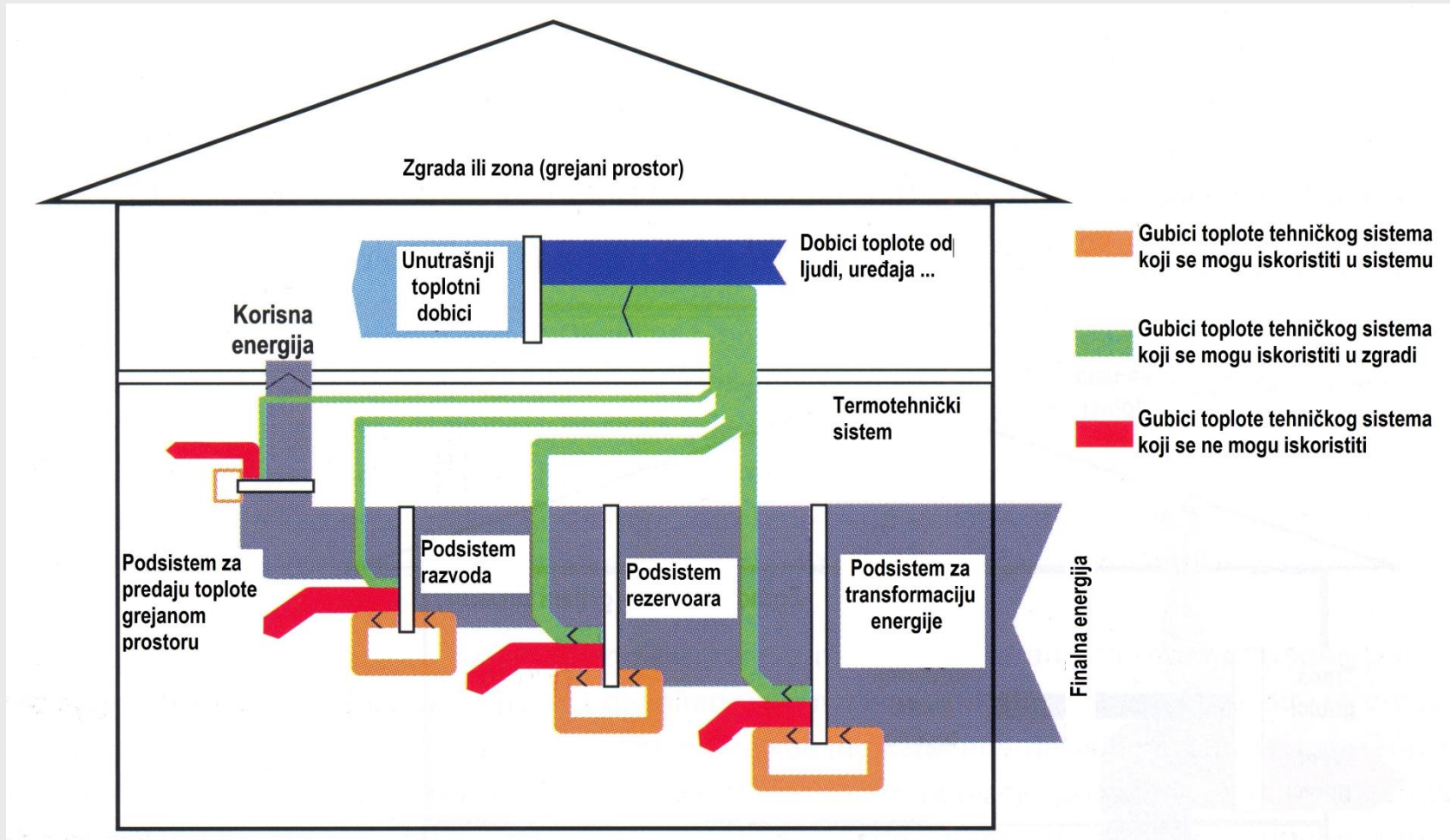
Оквирни ток прорачуна

- Податак о **топлотним губицима** улазни је параметар за биланс термотехничких система
- Технички системи имају губитке енергије које можемо поделити на три дела:

- губитке топлоте који се **могу искористити у техничком систему,**
- губитке топлоте система који се **могу искористити унутар грејаног простора и**
- губитке топлоте који се који се **могу не могу искористити**

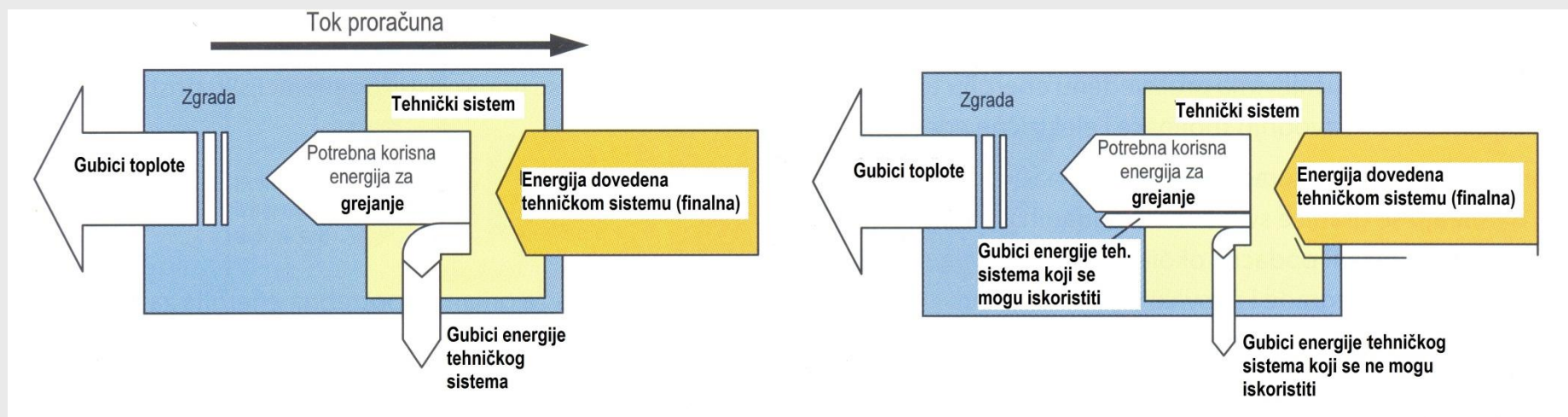


Оквирни ток прорачуна



Оквирни ток прорачуна

- Део топлонтних губитака техничког система се може директно искористити у згради за намирање потребне топлотне енергије.
- Због тога су биланс енергије зграде и биланс енергије термотехничког система међузавистан и прорачун је потребно провести итерацијски
- Итеративни поступак омогућује узимање у прорачун и међудејство зграде и техничког система као и међудејство између различитих зона зграде.

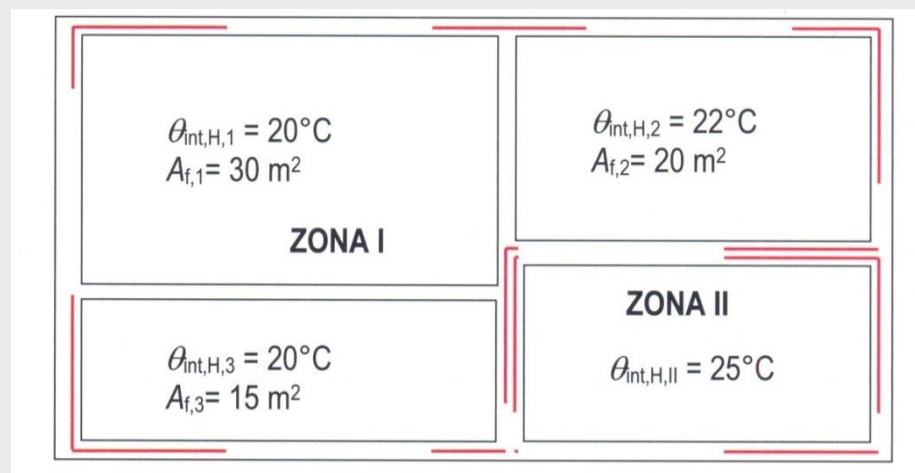


Интеракција и токови енергија између зграде и техничког система

Оквирни ток прорачуна

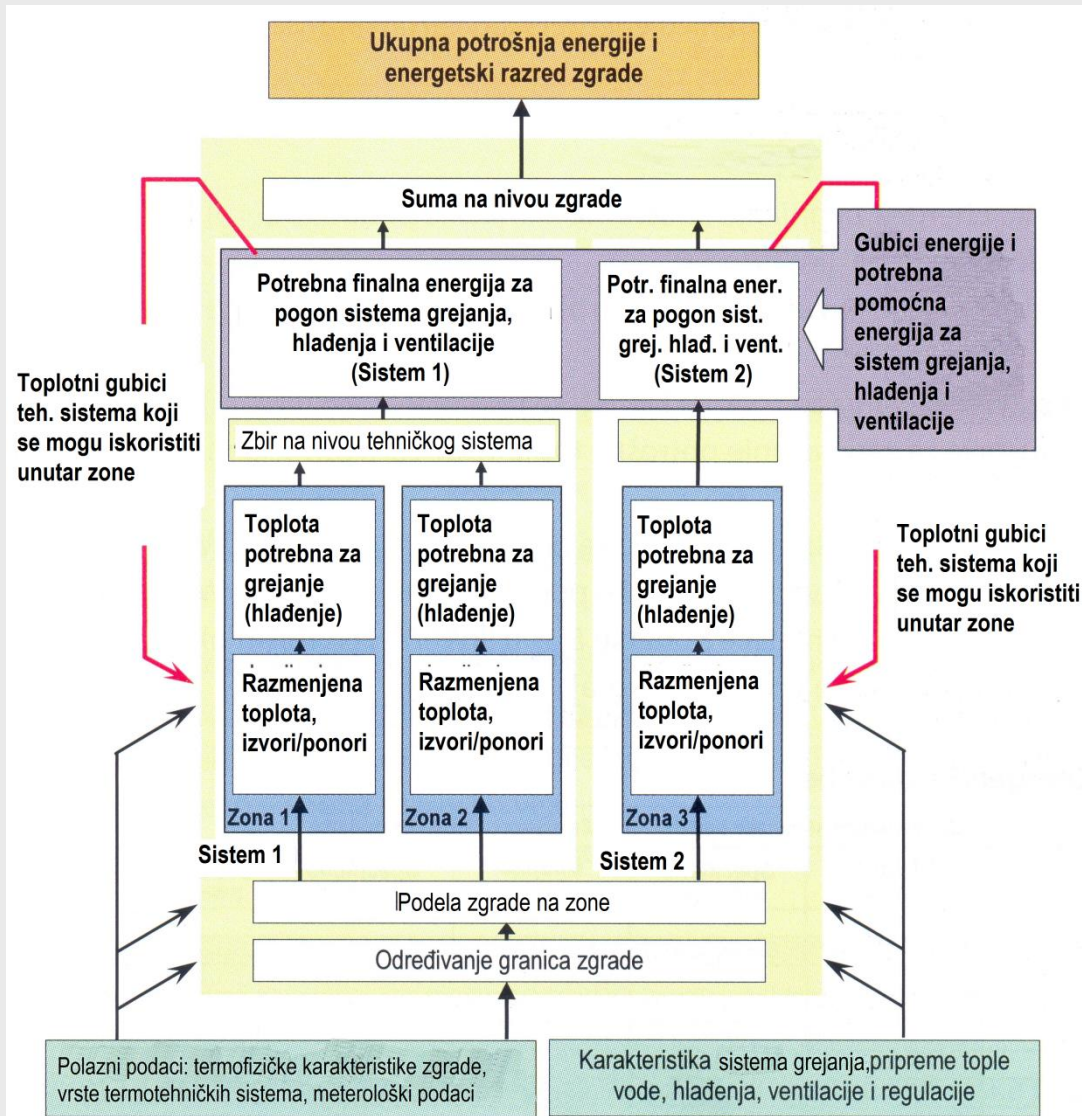
Топлотне зоне зграде - пројектни услови

- Приликом пројектовања зграде врши се **топлотно зонирање**, односно груписање грејаних просторија према:
 - намени (ако је 10 % или више површине за другу намену)
 - врсте режима и коришћења термотехничких система
 - унутрашњој пројектној температури (до 4 K (4°C) разлике) .



- Унутрашња пројектна температура одређује се према намени просторија, а у складу са условима за постизање термичког комфора према стандардима **SRPS EN 15251:2007** и **SRPS EN 7730:1994**.

Оквирни ток прорачуна



Параметри који утичу на потрошњу енергије

- Унутрашња пројектна температура
- Климатски фактори, који су одређени локацијом на којој се зграда налази;
- Термички омотач и геометрија зграде,
- Карактеристике КГХ система, извора енергије и нивоа аутоматске регулације,
- Режим коришћења и одржавања зграде и техничких система и
- Експлоатациони трошкови, односно цене енергената и енергије.

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Унутрашња пројектна температура

- Унутрашња пројектна температура се одређује према **намени просторија**.
- Намена просторије говори о томе којом се активности баве људи у одређеној просторији и каква је њихова **одевеност**.
- Под унутрашњом пројектном температуром се обично подразумева температура ваздуха мерена у **средини просторије** на одређеној висини од пода, практично у зони боравка људи.
- Унутрашња пројектна температура има различите вредности за **ЗИМСКИ И ЛЕТЊИ** период за исту просторију у згради.
- Током зимског периода (трајања грејне сезоне) **одевеност људи** је прилагођена спољним условима, а током боравка у затвореном простору углавном има вредност која одговара **приближно 1 clo**.
- За летњи период, када је потребно хлађење простора, унутрашња пројектна температура има вишу вредност, у односу на период грејања, и такође је прилагођена спољним условима и мањом одеветошћу која се креће око **вредности од 0,5 clo**.

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Термички параметри средине

На одавање топлоте човека утичу две врсте параметара, а то су:

ТЕРМИЧКИ ПАРАМЕТРИ СРЕДИНЕ

- температура ваздуха (θ_a),
- температура околних површина (θ_{si}),
- реалтивна влажност ваздуха (φ) и
- брзина струјања ваздуха (w)

Лични (субјективни) утицаји

- степен физичке активности,
- одевеност,
- здравствено стање,
- узраст (старосна доб),
- пол,
- телесна тежина, итд.

Најзначајнији лични утицаји су **степен физичке активности и одевеност.**

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Степен одевености

Јединица бездимензионалног отпора пролазу топлоте кроз одећу је
1 clo = 0,155 m²K/W (један кло).

Врста одеће	R_{cl} (clo)	f_{cl} (-)
Нага особа	0,0	1,00
Шортс	0,1	1,00
Веома лака одећа (шортс, лака кошуља – кратак рукав, лаке памучне чарапе и сандале)	0,3-0,4	1,05
Лака радна одећа (лаки памучни доњи веш, танке панталоне, памучна кошуља, памучне или вунене чарапе и лаке ципеле)	0,6	1,10
Типично пословно одело (Памучни доњи веш, кошуља, панталоне, сако, кравата, чарапе и ципеле)	1,0	1,15
Типично пословно одело са лаким капутом	1,5	1,15
Тешка вунена одећа са јакном (поларна)	3,0-4,0	1,30-1,50

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Степен физичке активности

Као мера физичке активности човека уведена је јединица *met* и она одговара одавању топлоте човека од **1 met = 58,2 W/m²** површине тела. Просечна површина коже одраслог човека износи 1,8 m².

Активност	Одавање топлоте	
	met	W
спавање	0,7	75
седење	1,0	105
ходање брзином 3,2 km/h	2,0	210
ходање брзином 6,4 km/h	3,8	400
канцеларијски рад	1,0 – 1,4	105 – 150
спремање куће	2,0 – 3,4	210 – 355
плесање	2,4 – 4,4	250 – 460
кошарка	5,0 – 7,6	580 – 800
максимална (краткотрајна)	11,5	1200

Параметри који утичу на потрошњу енергије

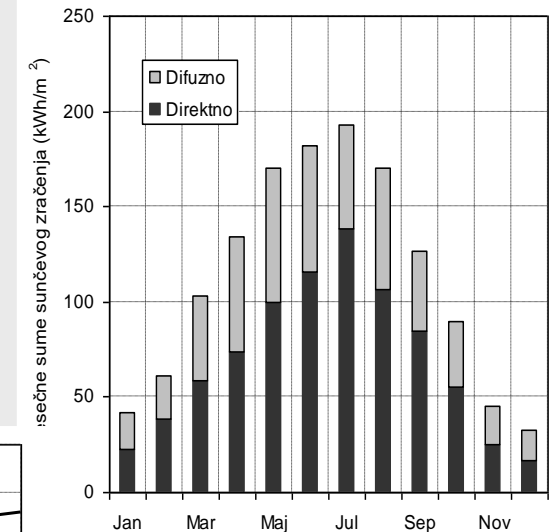
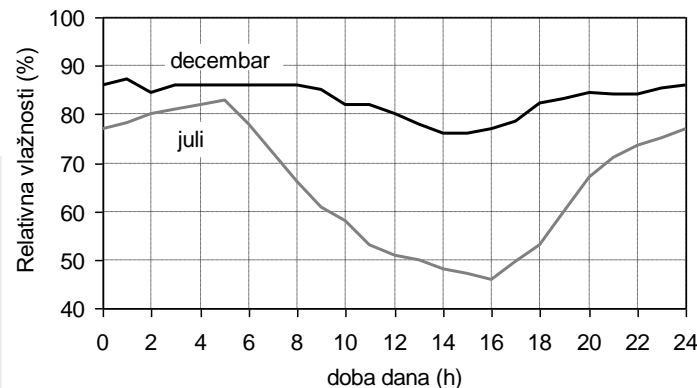
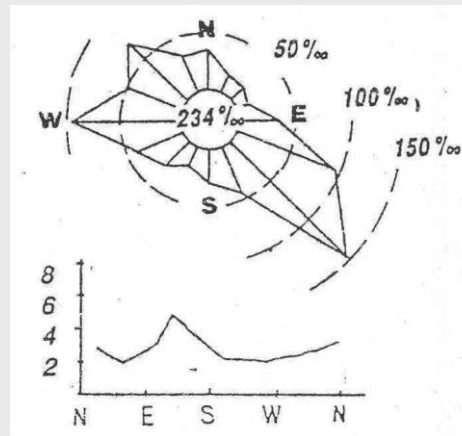
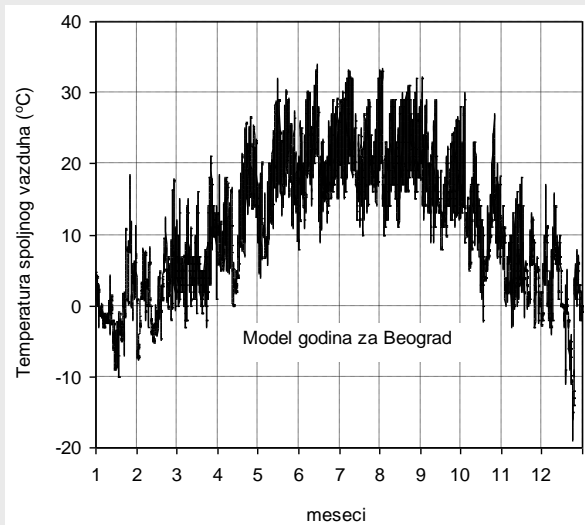
Унутрашња пројектна температура $\theta_{H,i}$ је задата температура унутрашњег ваздуха која служи за израчунавање топлотних губитака (и топлотног оптерећења) – Табела G12. EN ISO 13790:2008

Tip zgrade	1	2	3	4	5	6	7	8	9) Ostale zgrade				Jedini- nica
Ulazni podaci	Stambena zgrada sa jednim stanom	Stambena zgrada sa više stanova	Poslovna zgrada	Zgrade namenjene obrazovanju	Bolnice	Restorani	Trgovinski centri	Sportski centri	Sale za sastanke i prezentacije	Industrijske zgrade	Skladišta	Unutrašnji bazeni	
Unutrašnja projektna temperatura za zimski period	20	20	20	20	22	20	20	18	20	18	18	28	°C
Unutrašnja projektna temperatura za letnji period	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	28	°C
Površina po osobi (zauzetost)	60	40	20	10	30	5	10	20	5	20	100	20	m ² /per
Odavanje toplote po osobi	70	70	80	70	80	100	90	100	80	100	100	60	W/per
Odavanje toplote ljudi po jedinici površine	1,2	1,8	4,0	7,0	2,7	20	9,0	5,0	16	5,0	1,0	3,0	W/m ²

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Климатски фактори

Климатски фактори, као што је годишње кретање температуре ваздуха и релативне влажности, инсолација и дозрачени интензитет сунчевог зрачења, ветровитост, и друго, одлика су локације на којој се зграда налази.



Параметри који утичу на потрошњу енергије

Спољна пројектна температура

Спољна пројектна температура $\theta_{H,e}$ је прорачунска температура спољашњег ваздуха која служи за израчунавање топлотних губитака и топлотног оптерећења

Табела 3.3.4.1 – Спољне пројектне температуре, $\theta_{H,e}$ [°C], за места у Републици Србији

МЕСТО	$\theta_{H,e}$	МЕСТО	$\theta_{H,e}$
Банатски Карловац	-13,2	Копаоник	-20,1
Београд	-12,1	Лесковац	-17,4
Бечеј	-15,8	Лозница	-13,7
Ваљево	-14,4	Ниш	-14,5
Враће	-15,3	Нови Сад	-14,8
Вршац	-15,4	Пећ	-18,1
Велико Градиште	-14,1	Пожега	-18,3
Димитровград	-15,8	Призрен	-18,4
Зајечар	-17,5	Приштина	-19,8
Златибор	-16,0	Сјеница	-23,7
Зрењанин	-14,8	Сомбор	-15,1
Кикинда	-15,3	Сремска Митровица	-15,0
Краљево	-14,7	Сурчин-Београд	-13,0
Крушевац	-16,2	Црни Врх	-18,5
Крагујевац	-15,0	Ћуприја	-15,2

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Спољна пројектна температура

Број степен дана *HDD* (Heating Degree Days)

$$Q_1 = H (\theta_u - \theta_{s1}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]}$$

$$H = H_T + H_V$$

$$Q_2 = H (\theta_u - \theta_{s2}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]}$$

$$Q_3 = H (\theta_u - \theta_{s3}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]}$$

...

$$Q_n = H (\theta_u - \theta_{sn}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]}$$

па је енергија потребна за цео грејни период, односно целу грејну сезону:

$$Q_g = \sum_{n=1}^Z Q_n = 24 \cdot q \cdot \sum_{n=1}^Z (\theta_u - \theta_{sn}) \text{ [Wh/god]},$$

где је Z – број дана у грејној сезони.

Број STEPEN-DANA је:

$$SD = \sum_{n=1}^Z (\theta_u - \theta_{sn}),$$

па израз (12.3) има облик:

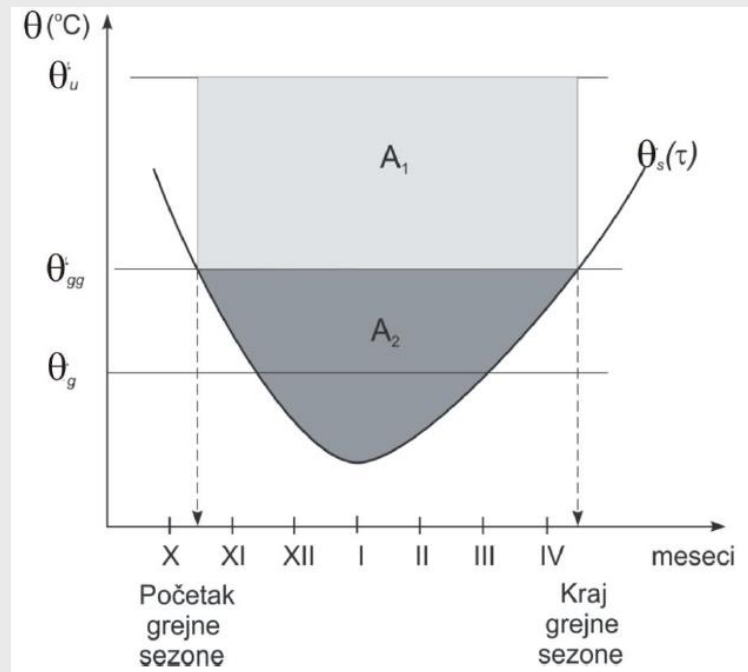
$$Q_g = \sum_{n=1}^Z Q_n = 24 H SD \text{ [Wh/god]},$$

Параметри који утичу на потрошњу енергије

Спољна пројектна температура

Број степен дана *HDD* (Heating Degree Days)

- средња унутрашња температура ваздуха у просторијама износи $t_u = 19^\circ\text{C}$ (у већини просторија је унутрашња температура 20°C , али ту су и спoredне просторије, чија је температура ваздуха нижа, па се за просечну вредност усваја 19°C);
- температура границе грејање износи $\theta_{gg} = 12^\circ\text{C}$.



Параметри који утичу на потрошњу енергије

Спољна пројектна температура

Број степен дана *HDD* (Heating Degree Days)

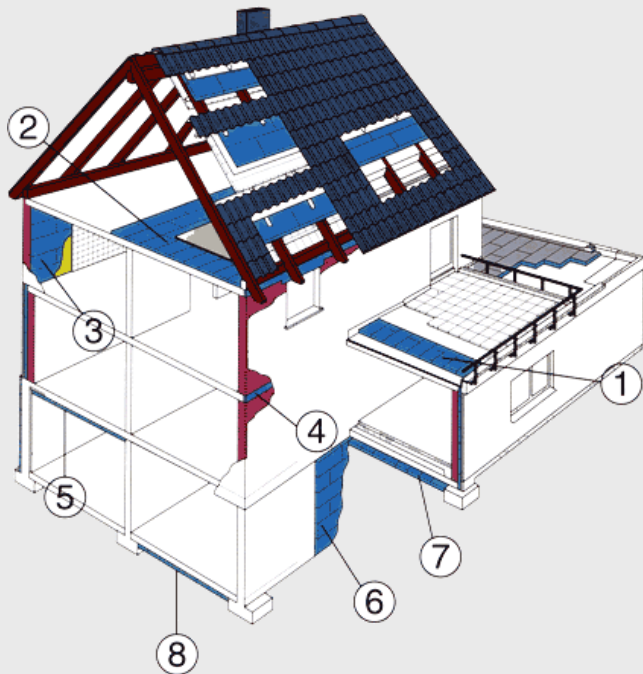
Ono što se razlikuje od mesta do mesta jeste:

- ток spoljne temperature vazduha $\theta_s = \theta_s(\tau)$,
- srednja temperatura grejnog perioda θ_g i
- dužina trajanja grejne sezone, odnosno broj dana u grejnoj sezoni Z .

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

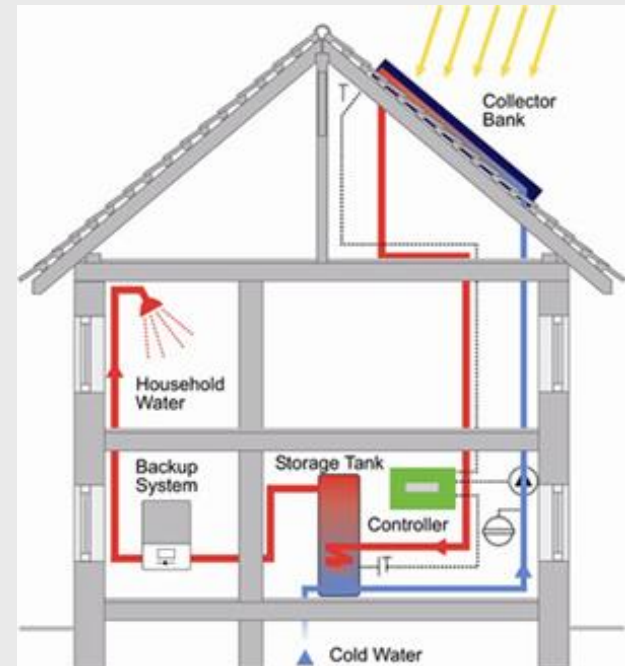
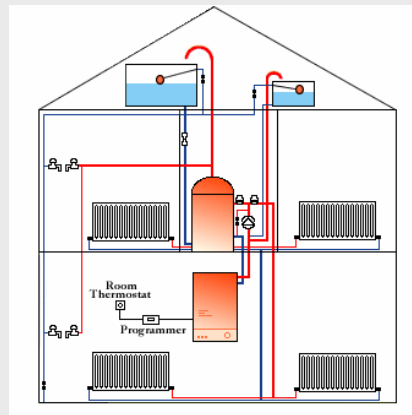
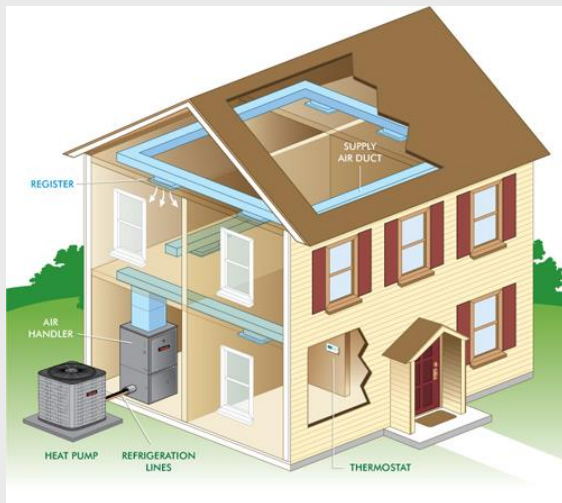
Параметри који утичу на потрошњу енергије Термички омотач

Термички омотач, геомерија зграде, њен положај у односу на изложеност Сунцу и ветровима директно утичу на енергетске потребе зграде. Што је боља **термичка изолација и заптивеност прозора и врата, а мањи фактор облика**, потребна инсталисана снага система за грејање ће бити мања.



Параметри који утичу на потрошњу енергије

Пажљивим и стручним избором КГХ система, извора снабдевања енергијом и нивоа **аутоматске регулације** могуће је остварити значајне уштеде енергије коју ови системи троше током године.



Параметри који утичу на потрошњу енергије

Како би зграда имала задовољавајуће енергетске перформансе, потребно је редовно и правилно одржавање зграде и система у њој. Уколико изостане редовно одржавање а не наруши се у потпуности функционалност система, готово редовно се јавља случај нерационалне потрошње енергије.



Параметри који утичу на потрошњу енергије

Приликом пројектовања нових система, а чешће приликом извођења пројеката реконструкције постојећих, саставни део процедура је спровођење техно-економске анализе, односно сагледавања **ИНВЕСТИЦИОНИХ И ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ ТРОШКОВА** кроз животни век пројекта. Уколико постоји диспаритет цена на тржишту, доћи ће до појаве нерационалне потрошње енергије.



Оквирни ток прорачуна (грејања)

Стандард **EN ISO 13790** даје методологију прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење кроз три различита приступа прорачуна:

- **квази-стационарни месечни метод прорачуна (посебна опција је сезонски метод);**
- упрошћени динамички прорачун базиран на часовним вредностима и
- метод прорачуна који подразумева детаљну динамичку симулацију понашања зграде у термичком смислу

Оквирни ток прорачуна (грејања)

Квази-стационарни месечни метод прорачуна

- Годишња потребна топлота за грејање (H – heating, nd - need)

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

 $Q_{H,ht}$

Годишња потребна топлота за надокнаду губитака топлоте (H – heating, ht – heat transfer)

 $\eta_{H,gn}$

Фактор искоришћења добитак топлоте за период грејања (H – heating, gn - gains)

 $Q_{H,gn}$

Годишња количина топлоте која потиче од унутрашњих добитак топлоте и добитак услед сунчевог зрачења

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

Оквирни ток прорачуна (грејања)

$$Q_{H,ht} \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Годишња потребна топлота за надокнаду губитака топлоте обухвата (*H- heat, ht -heat transfer*)

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

$$Q_T \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Топлота потребна за надокнаду трансмисионих губитака топлоте

$$Q_V \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Топлота потребна за надокнаду вентилационих губитака топлоте

Оквирни ток прорачуна (грејања)

Топлота потребна за надокнаду трансмисионих губитака

$$Q_T = H_T \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3}$$

H_T [W/K] - укупни коефицијент трансмисионих губитака

HDD - број степен дана (*Heating Degree Days*)

Оквирни ток прорачуна (грејања)

Топлота потребна за надокнаду трансмисионих губитака (2)

Укупни коефицијент трансмисионих губитака представља суму свих коефицијената за грађевинске елементе термичког омотача

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

где је

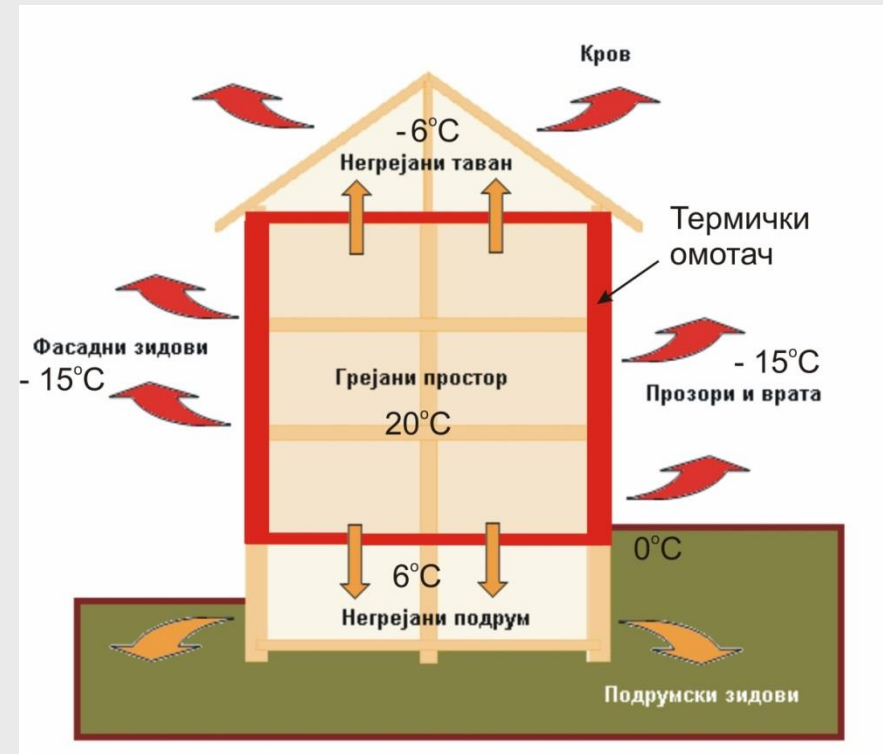
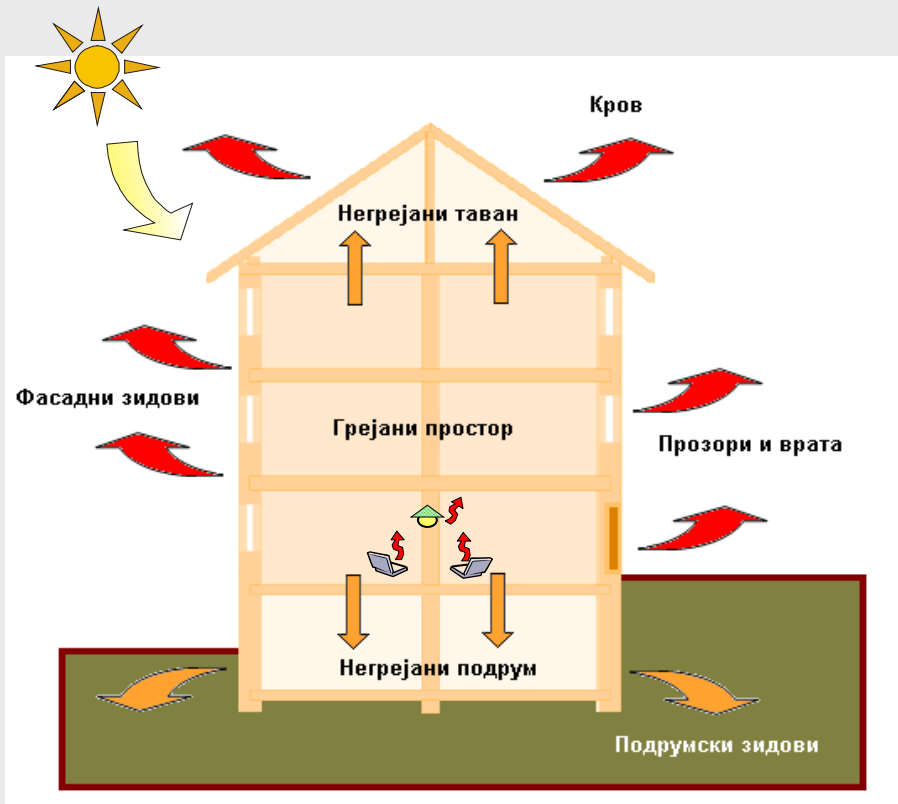
F_{xi} [-] фактор корекције температуре за i -ти грађевински елемент, који се усваја према Табели 3.4.1.1 Прилога Правилника о енергетској ефикасности зграда;

U_i [W/(m²K)] површински коефицијент пролаза топлоте i -тог грађевинског елемента,

A_i [m²] површина i -тог грађевинског елемента

Пример енергетског биланса (за негрејану просторију)

Дефинисање зона (контролне границе) зграде



F_{xi} [-] фактор корекције температуре за i -ти грађевински елемент, који се усваја према Табели 3.4.1.1 Прилога Правилника о енергетској ефикасности зграда;

Пример енергетског биланса (за негрејану просторију) (2)

Препоручене температуре негрејаних просторија у згради

При спољној температури (°C)		-9	-12	-15	-18	-21	-24
Поткровље	Кров $U < 2,3$ W/m ² ·K	0	-6	-9	-12	-12	-12
	Кров $U = 2,3$ W/m ² ·K	-9	-12	-15	-15	-15	-15
	Кров $U > 2,3$ W/m ² ·K	-12	-15	-18	-18	-18	-18
Суседне просторије претежно окружене	спољним ваздухом, спољних врата и подрумске просторије	+6	+6	+3	+3	0	0
	спољним ваздухом, спољних врата и подрумске просторије (ходници, коридори)	0	-3	-3	-6	-6	-6
Тло	испод пода просторије	0	0	0	+3	+3	+3
	уз спољни зид	0	0	0	-3	-3	-3
Сусредне зграде	са централним грејањем	+15					
	са пећима	+10					

Пример енергетског биланса (за негрејану просторију) (3)

Температура негрејаних просторија из топлотног биланса:

$$\theta_x = \frac{\sum (U \cdot A \cdot \theta_i) + \sum (U \cdot A \cdot \theta_e) + 0,36 \cdot V_x \cdot n \cdot \theta_e}{\sum (U \cdot A) + 0,36 \cdot V_x \cdot n}$$

где је:

U - коефицијент пролаза топлоте

A - површина грађевинског елемента

θ - температура,

V_x - запремина ваздуха у просторији (такође и негрејаном просору),

n - број измена ваздуха на час.

Индекс i се односи на унутрашње преграде, док се индекс e односи на грађевинске елементе у додиру са спољним ваздухом.

Оквирни ток прорачуна (грејања)

Топлота потребна за надокнаду вентилационих губитака

$$Q_V = H_V \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3}$$

$\theta_{H,i}$ [°C] - унутрашња пројектна температура

$\theta_{H,e}$ [°C] - спољна пројектна температура

H_V [W/K] - коефицијент вентилационих губитака

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \sum_i (V_i \cdot n_i)$$

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

V_i [m³] - запремина и-тог простора

n_i [h⁻¹] - број измена ваздуха на сат

Оквирни ток прорачуна за грејање и припрему санитарне топле воде

- Топлотна енергија за грејање и топлотна енергија за припрема потрошне топле воде рачунају се и исказују се одвојено.

- Годишња потребна топлота Q_H [kWh/(a)]

представља збир

$$Q_H = Q_{H,nd} + Q_W + Q_{H,ls} + Q_{W,ls} \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

$$Q_{H,nd} \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Годишња потребна топлота за грејање

$$Q_W \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Годишња потребна топлота за припрему санитарне топле воде

$$Q_{H,ls} \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Годишњи топлотни губици система за грејање

$$Q_{W,ls} \quad [\text{kWh}/(\text{a})]$$

Годишњи топлотни губици система за припрему санитарне топле воде

Оквирни ток прорачуна

Финална и примарна енергија

- Топлотна енергија за грејање и топлотна енергија за припрема потрошне топле воде рачунају се и исказују се одвојено.
- Такође, посебно се рачунају и потребна енергија,
 - за хлађење,
 - за вентилацију и климатизацију,
 - за осветљење и
 - за рад помоћних система (као што су пумпе и вентилатори система грејања и климатизације)

Сабирање је ових видова енергије могуће је тек по **свођењу на примарну енергију**, уз познавање из ког извора је добијена финална енергија и какви су губици настали приликом трансформације и дистрибуције.

За конверзију финалне енергије у примарну се користе фактори претварања за поједине изворе топлоте који се користе у системима грејања.

Оквирни ток прорачуна

Конверзија финалне у потребну примарну енергију

- Збир укупне енергије за грејање, хлађење, вентилацију, припрему СТВ и осветљење, укључујући и губитке у техничким системима и енергију за рад помоћних система (пумпе, вентилатори, погони вентила итд.), множи се одговарајућим фактором како би се одредила потребна примарна енергија.
- Груписање појединих видова утрошене енергије у згради врши се према извору снабдевања (нпр. топлота за грејање из сагоревања гаса у котлу, топлота за припрему СТВ из електричне енергије, топлота хлађења из електричне енергије - уз коефицијент хлађења расхладног урађаја који се користи.

Табела са факторима претварања у примарну енергију

Енергент	Фактор претварања
Уље за ложење	1,2
Гас	1,1
Угаљ	1,3
Дрвена биомаса	0,1
Електрична енергија	2,5
Даљинско грејање на фосилна горива	1,8
Даљинско грејање са когенерацијом	1,0

Оквирни ток прорачуна

Конверзија финалне у потребну примарну енергију

На пример, степен корисности извора који користи чврсто гориво:

$$\eta_{\text{peći}} \sim 50 - 80\%$$



$$\eta_{\text{kotla}} \sim 70 - 80\%$$

$$\eta_{\text{TE, max}} \sim 25 - 35\%$$

gorivo → **toplota** → vodena para → meh. rad →

$$\eta_{\text{el. en} \rightarrow \text{toplota}} = 1$$

el. energija → **toplota**

- Електрична енергија из ТЕ  топлота, $f_{\text{prim}} = 3 - 4$
- Структура производње електричне енергије у Републици Србији:
- 71% - термоелектране,
- 28% - хидроелектране,  $f_{\text{prim}} = 2,5$
- 1% - остали извори (претежно когенерација).

Могуће мере за уштеду енергије у области побољшања система грејања и хлађења

ТИП МЕРЕ	КОНКРЕТНЕ МЕРЕ	НИВО АНАЛИЗЕ
Мере домаћинског управљања енергијом	Затварање врата и прозора у просторијама које се греју/ хладе Искључивање грејања или хлађења ноћу и када нема никога Избегавање заклањања и покривања грејних тела завесама... Проветравање зграде у летњем периоду током ноћи Временско оптимизовање грејања и припреме топле воде, Смањивање собне температуре за 1°C у сезони грејања и Подешавање хлађења на мин 26°C у сезони хлађења	Прелиминарно снимање
Ниско буџетске мере	Уградња регулационих вентила у систем развода топ. енергије Одржавање грејних тела у просторијама (замена, поправке и др.) Уградња термостатских вентила на грејним телима Уградања клапни у котловским каналима димних гасова, Изолација цеви, арматуре и резервоара, Уградња високо-ефикасних пумпи за топлу воду,	Детаљно снимање
Високо-буџетске мере	Прелазак са грејања електричном ен. на грејање другим енергентом Прелазак са парног на топоводно грејање, Замена котла или ложишта, Рекулперација топлоте димних гасова котла економајзер), Инсталација топлотне пумпе(тип ваздух-ваздух или гео-термалне).	Детаљно снимање



Хвала на пажњи!

mbanjac@mas.bg.ac.rs