

## PRILOG 7 METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE ENERGIJSKIH KARAKTERISTIKA ZGRADA SA ALGORITMOM ZA PRORAČUN ISTIH

<b>SADRŽAJ</b>		<b>i</b>
1.	Uvod	1
2.	Bilana energije i indikatori energijske efikasnosti	2
3.	Fizičke veličine, oznake i jedinice	4
4.	Struktura proračuna	10
5.	Podjela na zone	10
6.	Ulazni podaci za proračun	12
7.	Godišnja potrebna toplotna energija za grijanje	14
7.1.	Proračun potrebne energije za grijanje	14
7.1.1.	Transmisioni gubici toplote	16
7.1.2.	Ventilacijski gubici toplote	21
7.1.3.	Razmjena toplote između zona	24
7.1.4.	Dobici toplotne energije	25
7.2.	Mjesečne vrijednosti potrebne energije za grijanje	33
8.	Godišnja potrebna toplotna energija za hlađenje	37
8.1.	Proračun potrebne energije za hlađenje	37
9.	Godišnja potrebna toplotna energija za zagrijavanje potrošne tople vode	38
10.	Godišnja potrebna energija za rasvjetu	39
11.	Proračuni isporučene energije sistema (Godišnji gubici sistema)	40
11.1	Stambene zgrade	42
11.1.1.	Godišnji toplotni gubici sistema grijanja	42
11.1.2.	Isporučena energija za grijanje zgrade	45
11.1.3	Godišnji toplotni gubici sistema za zagrijavanje potrošne tople vode	46
11.1.4.	Godišnja isporučena energija za zagrijavanje potrošne tople vode	47
11.1.5	Godišnja isporučena energija za stambene zgrade	48
11.2.	Nestambene zgrade	48
11.2.1.	Isporučena energija za grijanje zgrade	48
11.2.2.	Isporučena energija za zagrijavanje potrošne tople vode	48
11.2.3.	Godišnji toplotni gubici sistema za hlađenje zgrade	48
11.2.4.	Isporučena energija za hlađenje zgrade	48
11.2.5.	Godišnja isporučena energija za nestambene zgrade	49
12.	Godišnja primarna energija	50
13.	Godišnja emisija CO <sub>2</sub>	51
13.1.	Direktne emisije CO <sub>2</sub>	51
13.2.	Indirektne emisije CO <sub>2</sub>	54
14.	Iskazivanje energijskih karakteristika zgrada	55

## 1. Uvod

U Metodologiji je predstavljena procedura za utvrđivanje energijskih karakteristika stambenih i nestambenih zgrada zasnovanim na standardnim uslovima korištenja prostora.

Kod proračuna energijskih potreba **stambenih zgrada**, uzimaju se u obzir godišnje vrijednosti potrebne energije za grijanje i energije za pripremu potrošne tople vode.

Prema kategorizaciji stambene zgrade mogu biti:

- individualne stambene zgrade (porodične kuće) i
- višestambene zgrade za kolektivno stanovanje.

Kod proračuna energijskih potreba **nestambenih zgrada**, uzimaju se u obzir godišnje vrijednosti potrebne energije za grijanje, energije za hlađenje, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu.

Prema kategorizaciji nestambene zgrade mogu biti:

- upravno-poslovne ili administrativne zgrade,
- zgrade namjenjene obrazovanju,
- zgrade namjenjene zdravstvu i socijalnoj zaštiti,
- zgrade namjenjene turizmu i ugostiteljstvu,
- zgrade namjenjene za sport i rekreaciju,
- zgrade namjenjene za trgovinu i uslužne djelatnosti i
- ostale nestambene zgrade mješovite namjene i zgrade druge namjene koje koriste energiju.

Predstavljena je procedura za računanje korisne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode, rasvjete i pomoćne energije električnih potrošača instaliranih u termotehničkim sistemima koji su u funkciji ostvarivanja potreba za grijanjem i hlađenjem. Predstavljen je način proračuna isporučene energije zgradi, primarne energije i emisije CO<sub>2</sub> na godišnjem nivou.

## 2. Bilans energije i indikatori energijske efikasnosti

**Potrebna energija za grijanje i hlađenje** je toplota koju treba dovesti, odnosno odvesti kondicioniranom prostoru da bi se održala željena temperatura u zadanom vremenskom periodu (korisna energija).

**Potrebna energija za potrošnu toplu vodu;** toplota koju treba dovesti potrebnoj količini potrošne tople vode, da bi se zagrijala od temperature koju ima voda iz vodovodne mreže do temperature koju treba imati na mjestu isporuke.

Potrebna energija se računa na osnovu kvazistacionarnog energijskog bilansa, uzimajući u obzir unutrašnje i spoljne varijacije temperature i uticaj solarnog zračenja kroz transparentne otvore. Dinamički uticaj toplotnih dobitaka je uključen kroz faktor iskorištenja toplotnih dobitaka.

**Isporučena energija** je energija izražena po nosiocu energije, koja se dovodi u tehnički sistem u zgradu kroz granicu sistema, kako bi se zadovoljile potrebe zgrade za energijom. Ona se može proračunati uzimajući u obzir iskoristive i neiskoristive gubitke termotehničkih sistema ili pojednostavljeno uzimajući u obzir toplotne gubitke sistema kroz stepene efikasnosti.

**Primarna energija** je energija koja nije podvrgnuta ni jednom postupku pretvaranja.

Proračunom energijskih karakteristika zgrada računaju se:

- godišnja potrebna energija za grijanje,
- godišnja potrebna energija za hlađenje,
- godišnja potrebna energija za ventilaciju,
- godišnja potrebna energija za pripremu potrošne tople vode,
- godišnja potrebna energija za osvjetljenje,
- godišnji gubici tehničkih sistema (iskoristivi i neiskoristivi gubici),
- potrebna energija za pogon pomoćne opreme u termotehničkom sistemu,
- godišnja isporučena energija,
- primarna energija,
- godišnja emisija CO<sub>2</sub>.

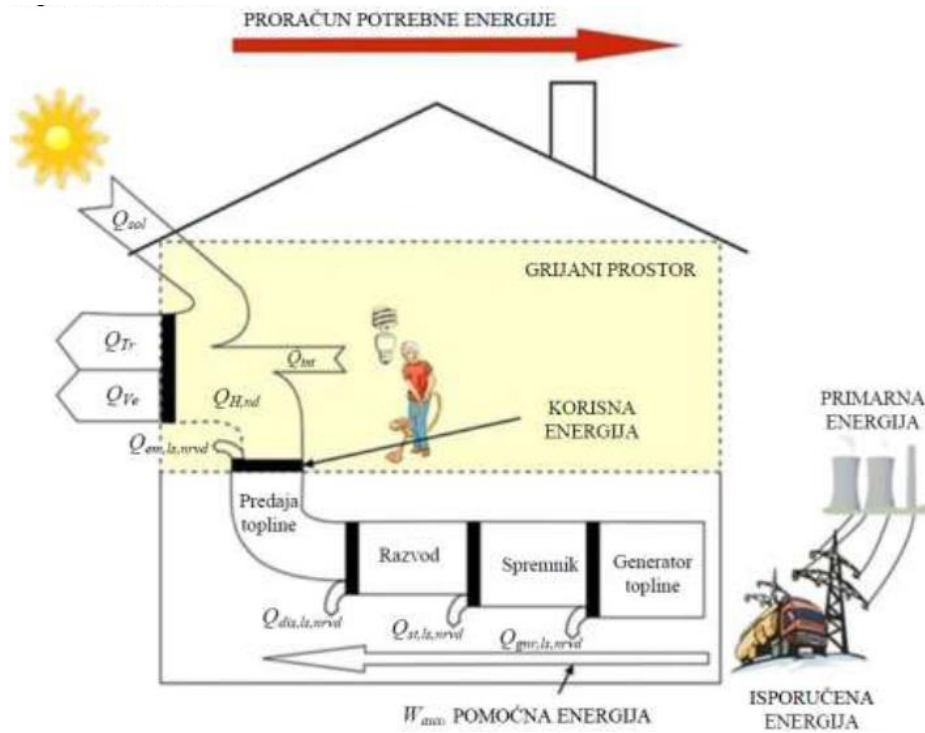
**Isporučena energija stambenoj zgradi je energija koja služi za zadovoljavanje godišnjih potreba energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode.** Kod novih zgrada se potrebe za energijom računaju prema standardiziranim uslovima kojim se osiguravaju; unutrašnja temperatura u sezoni grijanja i energija za pripremu potrošne tople vode na nivou godine. Kod postojećih zgrada se prema namjeni zgrade usvajaju standardne vrijednosti unutrašnje projektne temperature za period grijanja, broj sati rada sistema grijanja i godišnja potrebna količina potrošne tople vode.

**Isporučena energija nestambenoj zgradi je energija koja služi za zadovoljavanje godišnjih potreba energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu.** Kod novih zgrada se potrebe za energijom računaju prema standardiziranim uslovima kojim se

osiguravaju; unutrašnja temperatura grijanjem u sezoni grijanja i hlađenja, energija za pripremu potrošne tople vode i standardizirane karakteristike sistema rasvjete na nivou godine.

Kod postojećih zgrada se prema namjeni zgrade usvajaju standardne vrijednosti unutrašnje projektne temperature za period grijanja i hlađenja, broj sati rada sistema grijanja, hlađenja i sistema rasvjete i godišnja potrebna količina potrošne tople vode.

Isporučena energija zgradi uključuje i pomoćnu energiju potrebnu za pogon uređaja instalisanih u termotehničkom sistemu, slika 2.1.



Slika 2.1. Prikaz proračuna potrebne energije zgrade

### 3. Fizičke veličine, oznake i jedinice

Fizička veličina	Oznaka	Jedinica
Bezdimenzioni apsorpcijski koeficijent zida/krova	$\alpha_{S,c}$	-
Bezdimenzionalni faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju	$\alpha_{H,red}$	-
Bezdimenzionalni numerički parametar koji zavisi od vrijednosti vremenske konstante	$a_H$	-
Bezdimenzionalni odnos toplotnog bilansa	$y_H$	-
Broj dana rada sistema grijanja u i-tom mjesecu	$L_{H,mj}$	d/mj
Broj izmjena zraka	$n$	1/h
Broj izmjena zraka usljed infiltracije broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici pritisaka od 50 Pa	$e_{wind}$	1/h
Broj jedinica (kreveti, radna mjesta i tako dalje)	$f$	-
Bruto zapremina grijanog dijela zgrade, površine ovojnice $A$	$V_e$	m <sup>3</sup>
Dodatak na koeficijent prolaza toplote zbog toplotnih mostova	$\Delta U_{TM}$	W/m <sup>2</sup> K
Donja toplotna moć goriva	$H_d$	MJ/kg, MJ/m <sup>3</sup>
Dužina veze između elemenata konstrukcije	$l_A$	m
Efektivna površina otvora $k$ na koju upada solarno zračenje	$A_{sol,k}$	m <sup>2</sup>
Efikasnost sistema za automatsku kontrolu-regulaciju	$\eta_{ac}$	-
Efikasnost sistema za distribuciju	$\eta_{dis}$	-
Efikasnost sistema za generaciju	$\eta_{gen}$	-
Efikasnost sistema za predaju toplotne energije/hlađenja prostoru	$\eta_{em}$	-
Faktor eksportovane primarne energije $i$ -tog izvora energije	$f_{prim,ex,i}$	-
Faktor emisije ugljika	$EF_c$	kgC/GJ
Faktor iskorištenja toplotnih dobitaka kod grijanja	$\eta_{H,gn}$	-
Faktor iskorištenja toplotnih gubitaka kod hlađenja	$\eta_{C,gn}$	-
Faktor isporučene primarne energije $i$ -tog izvora energije	$f_{prim,del,i}$	-
Faktor korekcije temperature	$F_X$	-
Faktor oblika između otvora $k$ i neba	$F_{r,k}$	-
Faktor redukcije za susjedne nekondicionirane prostorije sa unutrašnjim izvorom toplotne energije	$b_{tr,l}$	-

Faktor smanjenja temperaturne razlike	$b_u$	-
Faktor smanjenja zbog neokomitog upada Sunčeva zračenja	$F_W$	-
Faktor umanjenja uređaja za zaštitu od Sunčeva zračenja	$F_C$	-
Faktor umanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja	$F_{sh,gl}$	-
Faktor zasjenjena uslijed vanjskih prepreka direktnom upadu Sunčeva zračenja	$F_{sh,ob,k}$	-
Faktori zaštićenosti zgrade od vjetra	$n_{50}$	-
Godišnja eksportovana energija i - tog izvora energije	$E_{ex,i}$	kWh/god.
Godišnja emisija CO <sub>2</sub>	$EM$	kg/god.
Godišnja količina potrošene električne/ toplotne energije	$AD$	kWh/god.
Godišnja potrebna energija za pogon pomoćnih sistema	$Q_{aux}$	kWh/god.
Godišnja potrebna toplotna energija	$Q_H$	kWh/god.
Godišnja potrebna toplotna energija za grijanje	$Q_{H,nd}$	kWh/god.
Godišnja potrebna toplotna energija za zagrijavanje potrošne tople vode	$Q_{W,nd}$	kWh/god.
Gornja toplotna moć goriva	$H_g$	MJ/kg, MJ/m <sup>3</sup>
Gustoca	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>
Isporučena energija	$E_{del}$	kWh/god.
Koeficijent emisivnosti zida	$\varepsilon$	-
Koeficijent prijenosa a toplote kontrolnim elementom zraka k putem ventilacije	$H_{Ve,k}$	W/K
Koeficijent prolaza toplote elementa ovojnice	$U$	W/m <sup>2</sup> K
Koeficijent toplotnih gubitaka prema tlu	$H_G$	W/K
Koeficijent toplotnih gubitaka zgrade ( $H=H_{tr}+H_{ve}$ )	$H$	W/K
Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka proračunske zone prema okolini, susjednim prostorijama ili drugoj zoni	$H_{tr,adj,k}$	W/K
Koeficijent transmisijskog gubitaka kroz ovojnicu prema okolini	$H_D$	W/K
Koeficijent transmisijskog gubitaka prema susjednim zgradima	$H_A$	W/K
Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka	$H_{tr,adj}$	W/K
Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka elementa k prema susjednoj prostoriji, okolini ili zoni temperature $\theta_{e,k}$	$H_{Tr,k}$	W/K
Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka kroz negrijane prostorije prema okolini	$H_U$	W/K
Koeficijent ventilacijske izmjene toplote	$H_{Ve}$	W/K

Koeficijent ventilacijskih gubitaka mehaničke ventilacije	$H_{Ve,v,meh}$	W/K
Koeficijent ventilacijskih gubitaka usljed infiltracije vanjskog zraka u grijani prostor	$H_{Ve,inf}$	W/K
Koeficijent ventilacijskih gubitaka usljed namjernog prozračivanja	$H_{Ve,v,win}$	W/K
Količina sagorjelog goriva	$B$	kg, m <sup>3</sup>
Korisna grijana površina zgrade	$A_k$	m <sup>2</sup>
Neto zapremina, zapremina grijanog dijela zgrade	$V$	m <sup>3</sup>
Odnos broja sati rada sistema za grijanje u toku sedmice prema ukupnom broju sati u sedmici	$f_{H,hr}$	-
Osrednjeni koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka zgrade	$H'_{tr,adj}$	W/m <sup>2</sup> K
Parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora u zavisnosti od orijentacije površine, uglu bočnog prozorskog zasjenjenja, geografskoj širini	$F_{fin}$	-
Parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora u zavisnosti od orijentacije površine, uglu gornjeg zasjenjenja, geografskoj širini	$F_{ov}$	-
Parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena u zavisnosti od orijentacije površine, ugla horizonta i geografskoj širini	$F_{hor}$	-
Potrebna toplotna energija za hlađenje	$Q_{C,nd}$	kWh
Površina elemenata ovojnice koji razdvajaju grijani prostor od okoline	$A_e$	m <sup>2</sup>
Površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama	$A_r$	m <sup>2</sup>
Površina ovojnice koja razdvaja grijani prostor od okoline	$A$	m <sup>2</sup>
Procijenjena parazitska energija	$W_P$	kWh
Procijenjena količina energije koju je potrebno dovesti kako bi rasvjeta ispunjavala svoju funkciju	$W_{L,t}$	kWh
Projicirana površina zida	$A_c$	m <sup>2</sup>
Prosječna temperaturna razlika vanjske temperature zraka i temperature neba	$\Delta\theta_{er}$	°C
Prosječni toplotni fluks od solarnog zračenja $k$ toplotne energije	$\Phi_{sol,mn,k}$	W
Prosječni toplotni fluks od solarnog zračenja u susjednoj nekondicioniranoj prostoriji	$\Phi_{sol,mn,u,l}$	W
Prosječni toplotni fluks od unutrašnjeg izvora $i$ u susjednoj nekondicioniranoj prostoriji	$F_{int,mn,u-l}$	W
Prosječni toplotni fluks od unutrašnjeg izvora u susjednoj	$\Phi_{int,mn,u,l}$	W

nekondicioniranoj prostoriji		
Prosječni toplotni fluks od unutrašnjih izvora $k$ toplotne energije	$F_{\text{int,mn,k}}$	W
Prosječni toplotni fluks od unutrašnjih izvora $k$ toplotne energije	$\Phi_{\text{int,mn,k}}$	W
Razmjenjena toplotna energija u periodu hlađenja (transmisijska , ventilacijska i infiltracijska )	$Q_{C,ht}$	kWh
Relativna vrijednost potrebne godišnje toplotne energije za grijanje	$Q''_{H,nd,rel}$	kWh/m <sup>2</sup> god.
Specifična toplotna energija potrebna za pripremu potrošne tople vode	$q_{W,A,a}$	kWh/m <sup>2</sup> god.
Specifični faktor emisije CO <sub>2</sub> za električnu ili toplotnu energiju	$EF$	-
Specifični toplotni kapacitet	$c_p$	J/m <sup>3</sup> K ili J/kgK
Specifični unutrašnji dobitak toplote	$q_{\text{spec}}$	W/m <sup>2</sup>
Srednja dozračena Sunčeva energija za proračunski period (za lokaciju i referentnu zonu)	$S_s$	MJ/m <sup>2</sup>
Srednja vanjska temperatura za proračunski period (za lokaciju i referentnu zonu)	$\theta_e$	°C
Srednji toplotni tok od solarnog zračenja na površinu građevinskog dijela	$I_{\text{sol,k}}$	W/m <sup>2</sup>
Stepen propuštanja ukupnog zračenja okomito na ostakljenje kada pomično zasjenjenje nije uključeno	$g_{\perp}$	-
Suma solarnih toplotnih dobitaka za posmatrani period	$Q_{\text{sol}}$	kWh
Tačkasti toplotni most	$\chi_j$	W/K
Temperatura potrošne tople vode	$\theta_{W,del}$	°C
Temperatura vode iz vodovoda	$\theta_{W,0}$	°C
Temperatura vode u spremniku	$\theta_0$	°C
Toplotna energija iz obnovljivih izvora dovedena odgovarajućim sistemom	$E_{\text{obnov}}$	kWh/god.
Toplotna energija vraćena sistemom za regeneraciju/rekuperaciju	$E_{\text{pov}}$	kWh/god.
Toplotni gubici sistema grijanja	$Q_{H,ls}$	kWh/god.
Toplotni gubici uslijed neuniformne raspodjele temperature	$Q_{\text{em,str}}$	kWh/god.
Toplotni gubici zbog kontrole unutrašnje temperature	$Q_{\text{em,c}}$	kWh/god.
Toplotni gubici zbog položaja emitera toplote	$Q_{\text{em,emb}}$	kWh/god.
Toplotni gubitak po dužnom metru veze	$\psi_1$	W/mK
Toplotni otpor	$R$	m <sup>2</sup> K/W



Toplotni tok negrijanog prostora od unutrašnjih toplotnih izvora ili solarnih dobitaka	$\Phi_U$	W
Toplotni tok zračenja od površine otvora k prema nebu	$\Phi_{r,k}$	W
Udio broja dana u mjesecu koji pripada sezoni grijanja	$f_{H,m}$	-
Udio oksidirajućeg ugljika	$O_c$	-
Udio površine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora	$F_F$	-
Udio vremena s uključenom pomičnom zaštitom	$f_{with}$	-
Ukupan broj dana u $i$ -tom mjesecu	$d_{mj}$	d/mj
Ukupna potrebna energija za rasvjetu	$E_L$	kWh
Ukupna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno	$g_{gl}$	-
Ukupni dobitci (priliv) toplote	$Q_{H,gn}$	kWh
Ukupni gubici toplotne energije za mjesece u periodu grijanja (transmisijski , ventilacijski i infiltracijski)	$Q_{H,ht}$	kWh
Ukupni toplotni dobitci u zgradu za mjesece u periodu grijanja (ljudi, rasvjeta i ostali aparati)	$Q_{H,gn}$	kWh
Ukupni toplotni dobitci u zgradu za mjesece u periodu hlađenja (ljudi, rasvjeta i ostali aparati)	$Q_{C,gn}$	kWh
Ukupni transmisijski gubici	$Q_{Tr}$	kWh
Ukupni ventilacijski gubici	$Q_{ve}$	kWh
Unutrašnja projektna temperatura temperaturnih zona	$\theta_{int,set,H}$	°C
Unutrašnji dobitci toplote od ljudi i uređaja	$Q_{int}$	kWh
Unutrašnji toplotni kapacitet	$C_m$	J/K
Vanjski koeficijent prolaza toplote zračenjem	$h_r$	W/m <sup>2</sup> K
Vremenske konstante	$\tau$ i $\tau_{H,0}$	h
Vrijeme trajanja operacije od ukupnog računskog perioda (ukupno vrijeme $f_t = 1$ )	$f_t$	-
Vrijeme trajanja računskog perioda	$t$	h
Zapremina	$V$	m <sup>3</sup>
Zapreminski protok	$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h
Subscripts		
Emiter		emb
Generator		gen
Godišnji		god.
Grijani prostor – negrijani prostor		iu

Grijani prostor – okolina	ue
Grijanje	H
Hlađenje	C
Infiltracija	inf
Kontinuirani rad	cont
Mehanička ventilacija	meh
Mjesečni	mj ili bez oznake
Negrijani	u
Negrijani prostor – okolina	ue
Okolina	e
Ostakljenje	gl
Pomična zaštita od Sunčeva zračenja	sh
Prozor	pr
Prozori, prozračivanje zbog otvaranja prozora	win
Satni	sa
Sistem za automatsku kontrolu i regulaciju	ac
Sistem za distribuciju	dis
Skladištenje	s
Specifični, izraženi po korisnoj grijanoj površini	"
Unutrašnji	int
Zrak	a
Zona	yz, mn

## **ALGORITAM ZA PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE, HLADENJE, VENTILACIJU PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE I RASVJETU**

### **4. Struktura proračuna**

1. Izabrati metodu proračuna (kvazistacionarni mjesečni proračun), za računanje potrebne energije za grijanje i dinamički satni proračun za računanje potrebne energije za hlađenje; za računanje isporučene i primarne energije zgradi koriste se godišnje vrijednosti.
2. Podijeliti objekat u zone.
3. Definisati dijelove ovojnice koji razdvajaju grijani i hlađeni prostor od okoline (negrijanog/nehlađenog prostora, susjednih zgrada, tla i tako dalje).
4. Definisati osnovnu namjenu prostora i parametre za grijani i hlađeni prostor, vanjske klimatske uslove (prema lokalnim klimatskim podacima i podacima datim za referentnu klimatsku zonu).
5. Za svaku zonu i odabrani vremenski korak (mjesečni ili satni proračun) proračunati potrebnu energiju za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu.
6. Proračunati godišnju potrebnu energiju za pojedine zone.
7. Unijeti elemente termotehničkih sistema pojedinih zona radi proračuna gubitaka sistema (iskoristivih i neiskoristivih).
8. Kombinovati rezultate pojedinih zona i proračunati godišnje vrijednosti isporučene energije za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu.
9. Proračunati godišnje vrijednosti primarne energije
10. Proračunati godišnje vrijednosti emisije CO<sub>2</sub>.

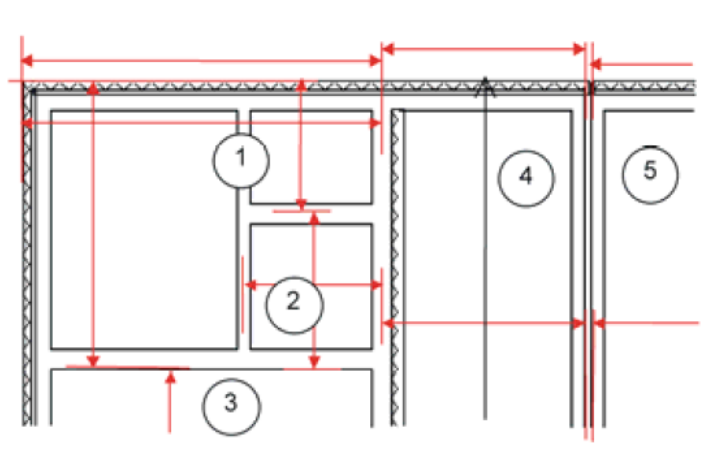
### **5. Podjela na zone**

Podjela na proračunske zone za koje se odvojeno računa potrebna energija za grijanje i hlađenje, pripremu tople vode i rasvjetu. te se za svaku zonu zasebno izdaje energijski certifikat, provodi se za dijelove zgrada ako se razlikuju

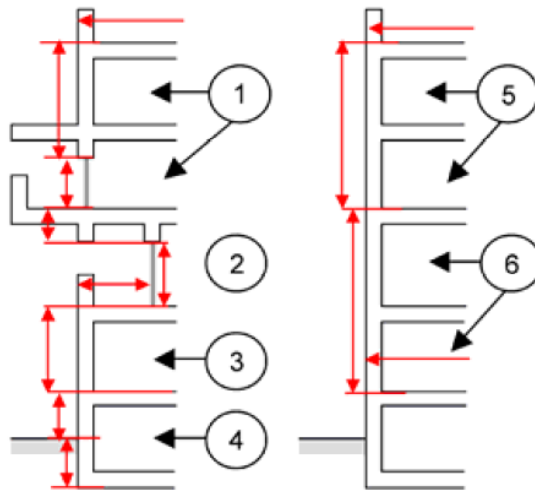
- dijelovi koji čine zaokružene funkcionalne cjeline koje imaju različitu namjenu te imaju mogućnost odvojenih sistema grijanja i hlađenja (stambeni dio u nestambenoj zgradi), ili se razlikuju po unutrašnjoj projektnoj temperaturi za više od 4 °C,
  - namjena drugačija od osnovne i to u iznosu od 10 % i više neto podne površine prostora veće od 50 m<sup>2</sup>,
  - u pogledu ugrađenog termotehničkog sistema i njegovog režima upotrebe.
- Proračun potrebne energije prema normi BAS EN ISO 13790 moguć je na tri načina:
- cijela zgrada tretirana kao jedna zona,

- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutrašnjih temperatura  $<5^{\circ}\text{C}$ , pa se izmjena toplote između samih zona ne uzima u obzir,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutrašnjih temperatura  $\geq 5^{\circ}\text{C}$ , pa se izmjena toplote između zona uzima u obzir.
- Radi usklađivanja važećih propisa i standardom propisanog načina proračuna, bira se proračun potrebne energije prema BAS EN ISO 13790 sa podjelom na zone sa podjelom na slučajeve kada se razmjena toplote između zona uzima ili ne uzima u obzir, prema razlici temperatura između zona.

Granice proračunskih zona se određuju prema Slici 5.1. (a i b.)



Slika 5.1.a. Horizontalni presjek (zone sa sistemom za kontrolu unutrašnje temperature su 1,2, 4 i 5)



Slika 5.1.b. Vertikalni presjek (sve zone sa sistemom za kontrolu unutrašnje temperature) ...

## 6. Ulazni podaci za proračun

Za proračun godišnje potrebne energije za grijanje neophodno je imati podatke navedene u Tabeli 6.1.

**Tabela 6.1. Ulazni podaci za proračun godišnje potrebne energije zgrada**

Klimatski podaci		Dimenzija
$\theta_e$	srednja vanjska temperatura za proračunski period (za lokaciju i referentnu klimatsku zonu)	(°C)
$S_s$	srednja dozračena Sunčeva energija za proračunski period (za lokaciju i referentnu klimatsku zonu)	(MJ/m <sup>2</sup> )
Proračunski parametri		
$\theta_{int,set,H}$	unutrašnja projektna temperatura temperaturnih zona (Tabela 7.1.)	(°C)
$n$	broj izmjena zraka proračunske zone u jednom satu (u Tabelama 7.4. – 7.7. su navedene projektne vrijednosti broja izmjena zraka, za postojeći objekat korisnik unosi stvarni broj izmjena zraka koji je funkcija od stanja prozora i vrata )	(1/h)
Podaci o zgradi		
	namjena zgrade (kategorizacija po Pravilniku o minimalnim zahtjevima za energijskim karakteristikama zgrada)	
$A_e$	površina elemenata ovojnice koji razdvajaju grijani prostor od okoline (zidovi, prozori, vrata, stropovi, krovovi, podovi), ukupna i podijeljena prema stranama svijeta	(m <sup>2</sup> )
$A$	površina ovojnice koja razdvaja grijani prostor od okoline	(m <sup>2</sup> )
$V_e$	bruto zapremina grijanog dijela zgrada, površine ovojnice $A$	(m <sup>3</sup> )
$A_k$	korisna grijana površina zgrada (za stambene zgrade je $A_k=0,32 V_e$ )	(m <sup>2</sup> )
$V$	neto zapremina, zapremina grijanog dijela zgrada (za zgrade do tri etaže $V=0,76 V_e$ . Za ostale slučajeve $V=0,8 V_e$ )	(m <sup>3</sup> )
$U$	koeficijent prolaza toplote elementa ovojnice (prozori, vrata, staklene površine ili čvrste konstrukcije ovojnice)	(W/m <sup>2</sup> K)
$\delta_e$	debljina elemenata konstrukcije ovojnice	(m)
$\lambda_e$	koeficijent provođenja toplote elemenata konstrukcije ovojnice, Tabela 5, Prilog B, Pravilniku o minimalnim zahtjevima za energijskim karakteristikama zgrada	(W/mK)
Podaci o termotehničkom sistemu		
	broj sati grijanja u toku jednog dana u sezoni grijanja (Tabela 7.8.)	(h)
	broj dana u sedmici u kojim sistem grijanja radi (Tabela 7.8.)	(-)
	način grijanja zgrade	
	način pripreme potrošne tople vode	
	izvori energije za pojedine termotehničke sisteme (grijanje i PTV)	
	vrsta ventilacije (prirodna, prisilna)	
	broj sati hlađenja u toku jednog dana u sezoni hlađenja (Tabela 7.8.)	(h)
	broj dana u sedmici u kojim sistem hlađenja radi (Tabela 7.8.)	(-)
	način hlađenja zgrade (dati nekoliko opcija)	
	izvori energije za sistem hlađenja	

### Upute za određivanje karakteristika zgrade

Površina elemenata ovojnice koji razdvajaju grijani prostor od okoline određuje se kao spoljna bruto površina elementa,  $A_e$  ( $m^2$ ) prikazana prema orijentaciji odnosno stranama svijeta tih elemenata. Pri određivanju površine poda, uzima se u obzir i debljina vanjskog zida.

Za određivanje bruto zapremine zgrade, za visinu prostorije uzima se spratna visina (svijetla visina sa međuspratnom konstrukcijom).

Korisna površina predstavlja neto grijanu površinu zgrade i može se razlikovati od ukupne korisne površine zgrada u slučaju kada neki dijelovi korisne površine nisu predviđeni za grijanje.

Ovojnica zgrada čine transparentni i netransparentni dijelovi. Za svaki element ovojnice je potrebno odrediti bruto površinu i elemente koji čine određenu konstrukciju radi određivanja koeficijenta prolaza toplote. Za konstrukcije koje su u kontaktu sa tlom, uzimaju se u obzir slojevi do hidroizolacije. Isto vrijedi i za ravni krov, osim u slučaju obrnutog ravnog krova i slučaju kada je toplotna izolacija zgrada u kontaktu sa tlom izvedena od vodonepropusnog materijala, kao što je na primjer ekstrudirani polistiren.

Koeficijent prolaza toplote  $U$  ( $W/m^2K$ ) određuje se prema BAS EN ISO 13789:

- za netransparentne dijelove ovojnice, osim podova i zidova prema tlu BAS EN ISO 6946,
- za podove i zidove prema tlu BAS EN ISO 13370,
- za prozore, balkonska vrata i rolete u skladu sa BAS EN ISO 10077-2 s tim da se mogu koristiti izmjerene  $U$  vrijednosti okvira prema BAS EN ISO 12412-2 i zastakljenja prema BAS EN 674 i BAS EN 410,
- za proizvode za zidne konstrukcije prema BAS EN 1745.

## 7. Godišnja potrebna toplotna energija za grijanje

Godišnja potrebna toplotna energija za grijanje računa se prema normi BAS EN ISO 13790.

### 7.1. Proračun potrebne energije za grijanje

Postupak proračuna potrebne energije za grijanje zgrada ili zone sadrži:

- Proračun transmisijskih gubitaka energije
- Proračun ventilacijskih i infiltracijskih gubitaka energije
- Proračun solarnih i unutrašnjih priliva toplote
- Proračun faktora iskorištenja toplotnih dobitaka.

Za svaku zonu zgrada, godišnja potrebna toplotna energija za grijanje računa se prema normi BAS EN ISO 13790, tako što se proračuna potrebna energija za grijanje za svaki mjesec u sezoni grijanja:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$Q_{H,nd}$	-	potrebna toplotna energija za grijanje za pojedini mjesec	(kWh)
$Q_{H,ht}$	-	ukupni gubici toplotne energije za mjesec u periodu grijanja (transmisijski, ventilacijski i infiltracijski)	(kWh)
$\eta_{H,gn}$	-	faktor iskorištenja toplotnih dobitaka	(-)
$Q_{H,gn}$	-	ukupni toplotni dobitci u zgradi za mjesec u periodu grijanja (ljudi, rasvjeta i ostali aparati)	(kWh)

Godišnja potrebna toplotna energija za grijanje zgrada računa se kao suma pozitivnih vrijednosti potrebne toplotne energije za grijanje za pojedini mjesec:

$$Q_{H,nd} = \sum_t Q_{H,n,t} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje je:

$t$	-	mjeseci u kojim je potrebna energija za grijanje pozitivna	(-)
-----	---	--	-----

Faktor iskorištenja toplotnih dobitaka je bezdimenzionalna funkcija omjera toplotnih dobitaka i gubitaka te termalne inercije zgrade. Ono predstavlja korisnu komponentu toplotnih dobitaka u prostoru.

Proračun grijanja uzima u obzir gubitke toplotne energije u periodu kada se u zgradi održava unutrašnja projektana temperatura i to vrijeme je vrijeme rada sistema grijanja (Tabela 7.1.).

Tokom ostalog perioda se pretpostavlja temperatura prostora jednaka minimalnoj temperaturi (set-back temperatura), koja je za 4 °C niža od unutrašnje projektne temperature.

Ukoliko zgrada ili zona zgrade sadrži više od jednog termotehničkog sistema, potrebna energija za grijanje se dijeli između tih sistema. Suma energija koja se zahtijeva od pojedinih sistema treba da bude jednaka ukupno potrebnoj energiji za grijanje. Ovo se može odnositi na nekoliko ventilacijskih, klimatizacijskih sistema ili sistema grijanja ili kombinacije bilo kojih drugih sistema.

**Tabela 7.1. Ulazni podaci/unutrašnja projektna temperatura**

Ulazni podaci	Unutrašnja temperatura u sezoni grijanja °C	Unutrašnja temperatura u sezoni hlađenja/zona Sjever °C	Unutrašnja temperatura u sezoni hlađenja/zona Jug °C
Vrsta zgrada	°C	°C	°C
Individualne stambene zgrade (porodične kuće)	20	26	26
Individualne stambene zgrade u nizu	20	26	26
Višestambene zgrade za kolektivno stanovanje/slobodnostojeća zgrada	20	26	26
Višestambene zgrade za kolektivno stanovanje/zgrade u nizu	20	26	26
Višestambene zgrade za kolektivno stanovanje/soliter	20	26	26
Upravno-poslovne ili administrativne zgrade	20	26	26
Zgrade namjenjene za obrazovanje	20	26	26
Zgrade namjenjene za ugostiteljstvo i turizam	20	26	26
Zgrade namjenjene za zdravstvo i socijalnu zaštitu	22	26	26
Zgrade namjenjene za sport i rekreaciju	18	26	26
Zgrade namjenjene za	20	26	26



trgovinu i uslužne djelatnosti			
Zgrade za proizvodne djelatnosti	18	26	26
Ostale zgrade koje troše energiju	20	26	26

Ukupni toplotni gubici se određuju kao:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $Q_{tr}$  - ukupni transmisijski gubici toplotne energije (kWh)
- $Q_{ve}$  - ukupni ventilacijski gubici toplotne energije (infiltracijski i ventilacijski) (kWh)

### 7.1.1. Transmisijski gubici toplote

Za proračun transmisijskih gubitaka toplote potrebno je proračunati koeficijent transmisije kroz ovojnici zgrade koji uzima u obzir i uticaj toplotnih mostova  $H_{tr}$  (W/K).

Ukupni transmisijski gubici proračunske zone i za posmatrani period računaju se prema BAS EN ISO 13790:

$$Q_{tr} = \frac{1}{1000} \sum_k (H_{tr,adj,k} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_{e,k})) \cdot t \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $H_{tr,adj,k}$  - koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka proračunske zone prema okolini, susjednim prostorijama ili drugoj zoni (W/K)
- $\theta_{int,set,H}$  - projektna temperatura zone (Tabela 7.1. za period grijanja i u periodima prekida grijanja – set back temperatura) (°C)
- $\theta_{e,k}$  - srednja vanjska temperatura za proračunski period (mjesec za grijanje a satna za hlađenje), temperatura okolnih prostorija ili druge zone (°C)
- $t$  - trajanje proračunskog perioda (broj sati u mjesecu za grijanje za period grijanja; preostalo vrijeme je proračun za prekid grijanja) (h)

Sumiranje se vrši nad svim građevnim dijelovima koji odvajaju unutrašnjost zgrade kontrolisane temperature od okoline.

Koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka  $H_{tr,adj}$  računa se prema standardu BAS EN ISO 13789, prema formuli:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_A + H_U + H_G \quad (\text{W/K})$$

gdje su:

- $H_D$  - koeficijent transmisijskih gubitaka kroz ovojnicu prema okolini (W/K)
- $H_A$  - koeficijent transmisijskih gubitaka prema susjednim zgradama (W/K)
- $H_U$  - koeficijent transmisijskih gubitaka kroz negrijane prostorije prema okolini (W/K)
- $H_G$  - koeficijent transmisijskih gubitaka prema tlu (W/K)

Metode proračuna toplotnog otpora i koeficijenata prolaza toplote za građevinske dijelove data je u BAS EN ISO 6946.

Kao jedan od parametara kod utvrđivanja energijskih karakteristika zgrade, koristi se osrednjeni koeficijent transmisijske izmjene toplote po jedinici površine omotača grijanog dijela zgrada  $H'_{tr,adj}$  koji se računa kao:

$$H'_{tr,adj} = \frac{H_{tr,adj}}{A} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

gdje su:

- $H'_{tr,adj}$  - osrednjeni koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka zgrada (W/m<sup>2</sup>K)
- $A$  - površina omotača grijanog dijela zgrada (m<sup>2</sup>)

**Koeficijent transmisijske izmjene toplote od grijanog prostora prema okolini  $H_D$** , računa se pomoću površine građevinskih elemenata  $A_k$ , koeficijenata prolaza toplote pojedinih građevinskih elemenata  $U_k$  (W/m<sup>2</sup>K), uzimajući u račun i dodatak za toplotne mostove:

$$H_D = \sum_k A_k U_k + \sum_l \psi_l l_l + \sum_j \chi_j \quad (\text{W/K})$$

gdje su:

- $A_k$  - Površina elementa ovojnice zgrada (zidovi, prozori, vrata i tako dalje), (m<sup>2</sup>)
- $U_k$  - koeficijent prolaza toplote elementa ovojnice (W/m<sup>2</sup>K)
- $\psi_l$  - toplotni gubitak po dužnom metru veze (W/mK)
- $l_A$  - dužina veze između elemenata konstrukcije (m)
- $\chi_j$  - tačkasti toplotni most (W/K)

Dodatak za toplotne mostove  $\Delta U_{TM}$  određuje se iz dužine  $l$  (m) i toplotnog gubitka u odnosu na dužni metar  $\psi_l$ , te koeficijenta prolaska toplote tačkastog toplotnog mosta  $\chi_j$ .

Pojednostavljenim postupkom proračuna uzima se dodatak na koeficijent prolaza toplote  $\Delta U_{TM}$  ( $W/m^2K$ ) kao:

$$H_D = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TM}) \quad (W/K)$$

gdje  $\Delta U_{TM}$  može imati vrijednosti:

$\Delta U_{TM} = 0,05$  ( $W/m^2K$ ) – za slučaj kada je toplotni most projektovan u skladu sa katalogom dobrih rješenja i

$\Delta U_{TM} = 0,10$  ( $W/m^2K$ ) - za slučaj kada toplotni most nije projektovan a u skladu sa katalogom dobrih rješenja.

**Koeficijent transmisijске izmjene toplote kroz negrijani prostor prema okolini  $H_u$ , računa se;**

$$H_U = b_u H_{iu} \quad (W/K)$$

gdje su:

- |          |   |       |
|----------|---|-------|
| $b_u$    | - faktor smanjenja temperaturne razlike   | (-)   |
| $H_{iu}$ | - koeficijent transmisijске i ventilacijske izmjene toplote između grijanog i negrijanog prostora | (W/K) |

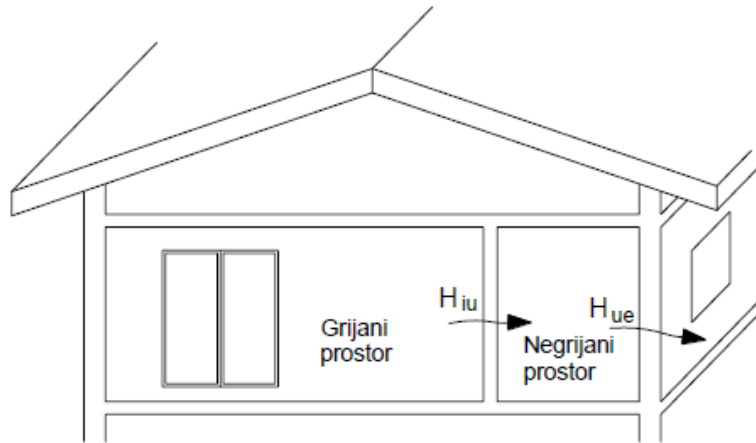
Faktor smanjenja temperaturne razlike računa se prema (Slika 7.1.):

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = \frac{H_{Tr,ue} + H_{Ve,ue}}{H_{Tr,iu} + H_{Ve,iu} + H_{Tr,ue} + H_{Ve,ue}} \quad (-)$$

gdje su:

- |                        |   |       |
|------------------------|---|-------|
| $H_{ue}$               | - koeficijent transmisijске i ventilacijske izmjene toplote između negrijanog prostora i okoline                  | (W/K) |
| $H_{Tr,iu}, H_{Tr,ue}$ | - koeficijent transmisijске izmjene toplote između grijanog i negrijanog prostora i negrijanog prostora i okoline | (W/K) |
| $H_{Ve,iu}, H_{Ve,ue}$ | - koeficijent ventilacijske izmjene toplote između grijanog i negrijanog prostora i negrijanog prostora i okoline | (W/K) |

Koeficijenti transmisijске izmjene toplote sadrže sve komponente gubitaka prema BAS EN ISO 13789 (gubici kroz ovojnicu, tlo i susjedne zgrade).



Slika 7.1. Gubici toplote preko negrijanih prostora u okolinu

Koeficijent ventilacijske izmjene toplote  $H_{V,ue}$  računa se koristeći sljedeći izraz:

$$H_{V,ue} = \frac{\dot{V}_{ue} \rho_a c_a}{3600} \quad (\text{W/K})$$

gdje su:

- $\dot{V}_{ue}$  - zapreminski protok zraka između negrijanog prostora i okoline  $(\text{m}^3/\text{h})$
- $\rho_a$  - gustina zraka  $(\text{kg}/\text{m}^3)$
- $c_a$  - specifični toplotni kapacitet zraka  $(\text{J}/\text{kgK})$

Zapreminski protok zraka između negrijanog prostora i okoline računa se iz sljedećeg izraza:

$$\dot{V}_{ue} = V_{ue} n_{ue} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

gdje su:

- $V_{ue}$  - zapremina zraka negrijanog prostora  $(\text{m}^3)$
- $n_{ue}$  - broj izmjena zraka između negrijanog prostora i okoline (Tabela 7.2.)  $(\text{h}^{-1})$

Temperatura negrijanog prostora se može proračunati kao:

$$\theta_u = \frac{\Phi_U + \theta_i (H_{Tr,iu} + H_{Ve,iu}) + \theta_e (H_{Tr,ue} + H_{Ve,ue})}{H_{Tr,iu} + H_{Ve,iu} + H_{Tr,ue} + H_{Ve,ue}} \quad (^\circ\text{C})$$

gdje je:

$\Phi_U$  - toplotni tok negrijanog prostora od unutrašnjih toplotnih izvora ili solarnih dobitaka (W)

**Tabela 7.2. Broj izmjena zraka u ovisnosti o zrakopropusnosti prostora**

Br.	Tip zrakopropusnosti	$n_{ue}$
1.	Bez prozora i vrata prema vanjskom okolišu, svi spojevi dobro zaptiveni, bez ventilacijskih otvora prema vanjskom okolišu	0,1
2.	Svi spojevi dobro zaptiveni, bez ventilacijskih otvora prema vanjskom okolišu	0,5
3.	Svi spojevi dobro zaptiveni, mali ventilacijski otvori	1
4.	Postoji zrakopropusnost zbog pojedinih otvorenih spojeva ili stalno otvorenih ventilacijskih otvora	3
5.	Postoji zrakopropusnost zbog brojnih otvorenih spojeva ili velikih ili brojnih stalno otvorenih ventilacijskih otvora	10

Prema DIN 18599 pojednostavljeni proračun za računanje srednje temperature negrijanih prostora je:

$$\theta_u = \theta_i - F_x (\theta_i - \theta_e) \quad (^\circ\text{C})$$

gdje je:

$F_x$  - faktor korekcije temperature (Tabela 7.3.) (-)

**Tabela 7.3. Faktor korekcije temperature**

Br.	Dio zgrada za koji se računaju gubici toplote	$F_x$
1.	Vanjski zid, prozor, strop prema okolini	1,0
2.	Krov (granica sistema)	1,0
3.	Strop prema negrijanom tavanu	0,8
4.	Zidovi i strop prema do vratku	0,8
5.	Zidovi, podovi i stropovi prema negrijanim dijelovima (osim podruma)	0,5
	Zidovi i prozori prema negrijanim osunčanim dijelovima sa:	
6.	jednostrukim ostakljenjem;	0,8
7.	dvostrukim ostakljenjem;	0,7

Br.	Dio zgrada za koji se računaju gubici toplote	$F_x$					
8.	- toplotnom izolacijom.	0,5					
	Elementi koji formiraju osnovu zgrada	$B'=A_G/(0,5 \cdot P)$					
		<5 m		5 do 10 m		>10 m	
		≤1	>1	≤1	>1	≤1	>1
	Površine grijanog podruma						
9. *	Pod grijanog podruma	0,30	0,45	0,25	0,40	0,20	0,35
10. *	Zidovi grijanog podruma	0,40	0,60	0,40	0,60	0,40	0,60
	Objekat ili zona bez podruma						
11. *	Pod na tlu bez rubne izolacije. Izolacija između poda i zemlje	0,45	0,6	0,4	0,5	0,25	0,35
	Pod na tlu sa rubnom izolacijom						
12. *	5 m široka, horizontalna	0,3		0,25		0,2	
13. *	2 m u dubinu, vertikalna	0,25		0,2		0,15	
	Strop podruma i unutrašnji zid negrijanog podruma						
14. *	Sa izolacijom po obimu	0,55		0,5		0,45	
15. *	Bez izolacije po obimu	0,7		0,65		0,55	
16. *	Dijelovi zgrada grijani od 12 do 18 °C	0,2	0,55	0,15	0,5	0,1	0,35
17.	Izdignuti pod	0,9					
	*Za sve dijelove na tlu može se usvojiti (9-16)	0,7					

Toplota razmjenjena između grijanih dijelova i okoline se računa prema BAS EN ISO 13370.

### 7.1.2. Ventilacijski gubici toplote

Ventilacijski gubici se računaju kao suma infiltracijskih gubitaka, gubitaka usljed prozračivanja zbog otvaranja prozora i mehaničke ventilacije:

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{Ve,v,mef} \quad (\text{kWh})$$

Takođe, ventilacijski gubici se mogu proračunati koristeći koeficijent ventilacijskih gubitaka  $H_{Ve}$ , kao:

$$Q_{Ve} = \frac{1}{1000} \sum_k (f_t \cdot H_{Ve,k} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_{e,k})) \cdot t \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $f_t$  - vrijeme trajanja operacije od ukupnog računskog perioda (-)
- $H_{Ve}$  - koeficijent ventilacijskih gubitaka (W/K)

Koeficijent ventilacijskih gubitaka se može odrediti kao:

$$H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{Ve,v,meh} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $H_{Ve,inf}$  - koeficijent ventilacijskih gubitaka usljed infiltracije vanjskog zraka u grijani prostor (W/K)
- $H_{Ve,v,win}$  - koeficijent ventilacijskih gubitaka usljed namjernog prozračivanja (W/K)
- $H_{Ve,v,meh}$  - koeficijent ventilacijskih gubitaka mehaničke ventilacije (W/K)

Koeficijent ventilacijskih gubitaka usljed infiltracije vanjskog zraka se računa kao:

$$H_{Ve,inf} = n_{inf} V \rho_a c_{p,a} \quad (\text{W/K})$$

gdje su:

- $n_{inf}$  - broj izmjena zraka usljed infiltracije ( $\text{h}^{-1}$ )
- $V$  - zapremina zraka u zoni ( $\text{m}^3$ )
- $\rho_a$  - gustoća zraka ( $\text{kg/m}^3$ )
- $c_{p,a}$  - specifični toplotni kapacitet zraka (J/kgK)

Broj izmjena zraka usljed infiltracije ako nema mehaničke ventilacije ili je mehanička ventilacija balansirana se računa kao:

$$n_{inf} = e_{wind} n_{50} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $e_{wind}$  - broj izmjena zraka usljed infiltracije broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici pritiska od 50 Pa, mjerena vrijednost ili Tabela 7.4. (1/h)
- $n_{50}$  - faktori zaštićenosti zgrade od vjetra Tabela 7.5. (-)

**Tabela 7.4. Broj izmjena zraka usljed infiltracije broj izmjena zraka  $e_{wind}$  pri nametnutoj razlici pritiska od 50 Pa**

Klasa zaklonjenosti	Izloženo više od jedne fasade	Izložena jedna fasada
Nezaklonjene: zgrade na otvorenom, visoke zgrade u gradskim centrima	0,1	0,03
Srednje zaklonjene: zgrade okružene drvećem ili	0,07	0,02

drugim zgradama, predgrađa		
Jako zaklonjene: zgrade prosječnih visina u gradskim centrima, zgrade u šumama	0,04	0,01

**Tabela 7.5. Proračunske vrijednosti  $n_{50}$  za netestirane zgrade**

Kategorije za određivanje zrakopropusnosti zgrade	$n_{50}$ (1/h)
I	a) 2; b) 1
II	4
III	6
IV	10

**Kategorija I:** Zgrade kod kojih se testiranje zrakopropusnosti izvodi nakon završetka zgrade

- a) zgradi bez mehaničkog uređaja za provjetravanje zahtjev zrakopropusnosti:  $n_{50} \leq 3$  (1/h)
- b) zgradi sa mehaničkim uređajem za provjetravanje zahtjev zrakopropusnosti:  $n_{50} \leq 1,5$  (1/h)

**Kategorija II:** Zgrade ili dijelovi zgrada koje će tek biti završene, za koje se ne planiraju raditi testiranja zrakopropusnosti

**Kategorija III:** Zgrade koje ne spadaju u kategorije I, II ni IV

**Kategorija IV:** Zgrade s očitim otvorima kroz koje slobodno ulazi zrak, kao što su pukotine u ovojnici zgrade.

Ukoliko se vrši procjena broja izmjena zraka uslijed infiltracije za postojeće stambene zgrade u funkciji od zaptivenosti i položaja zgrada, može se koristiti Tabela 7.6.

Koeficijent ventilacijskih gubitaka uslijed namjernog prozračivanja računa se kao:

$$H_{ve,win} = n_{win} V \rho_a c_{p,a} \quad (\text{W/K})$$

gdje je:

$n_{win}$  - broj izmjena zraka uslijed otvaranja prozora, Tabela 7.7. (h-1)

**Tabela 7.6. Broj izmjena zraka uslijed infiltracije  $n_{inf}$**

Višestambene zgrade						
Izloženost fasade vjetru	Više od jedne fasade			Samo jedna fasada		
	Loša	Srednja	Dobra	Loša	Srednja	Dobra
Zaptivenost						
Otvoren položaj zgrade	1,2	0,7	0,5	1,0	0,6	0,5
Umjereno zaklonjen	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Veoma zaklonjen	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Stambene zgrade/porodične kuće						
Zaptivenost	Loša		Srednja		Dobra	



Otvoren položaj zgrade	1,5	0,8	0,5
Umjereno zaklonjen	1,1	0,6	0,5
Veoma zaklonjen	0,76	0,5	0,5

**Tabela 7.7. Orijentacijske vrijednosti za broj izmjena zraka**

Položaj krila, prozora i vrata	Broj izmjena zraka $n_{win}$ (1/h)
Prozor otklopljen, vrata zatvorena	0-0,5
Prozor otklopljen, rolete spuštene	3 – 1,5
Prozor otklopljen bez roleti	0,8 - 4
Prozor poluotvoren	5 - 10
Prozor potpuno otvoren	9-15
Prozor i vrata potpuno otvoreni (poprečno provjetranje)	približno 40

U slučaju kad nema mehaničke ventilacije, za stambene i nestambene zgrade mora vrijediti:

$$n_{inf} + n_{wind} = \max \{n_{inf} + n_{wind}; 0,5\} \quad (1/h)$$

Koeficijent ventilacijskih gubitaka mehaničke ventilacije se računa prema DIN V 18599-2.

### 7.1.3. Razmjena toplote između zona

Ukoliko se razmatra razmjena toplote između zona (Slika 7.2.), razmjenjena toplotna energija transmisijom se računa kao:

$$Q_{Tr,zy} = \frac{H_{Tr,zy}}{1000} (\theta_{t,H} - \theta_{y,mn}) t \quad (\text{kWh})$$

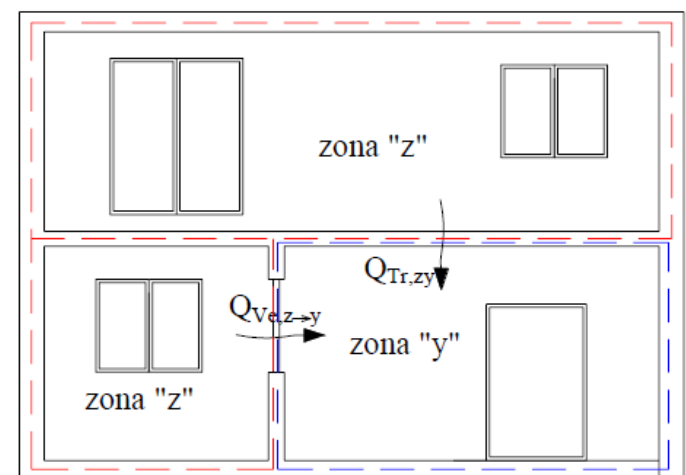
Razmjenjena toplotna energija ventilacijom se računa kao:

$$Q_{Ve,z \rightarrow y} = \frac{H_{Ve,z \rightarrow y}}{1000} (\theta_{t,H} - \theta_{y,mn}) t \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $H_{Tr,zy}$  - koeficijent transmisijske razmjene toplote između zona z i y (W/K)  
 $H_{Ve,z \rightarrow y}$  - koeficijent transmisijske razmjene toplote između zona z i y (W/K)

- $\theta_{t,H}$  - unutrašnja projektna temperatura grijane zone (°C)
- $\theta_{y,mn}$  - srednja temperatura u susjednoj zoni (°C)



Slika 7.2. Podjela zgrade na dvije proračunske zone

#### 7.1.4. Dobici toplotne energije

Ukupni dobiti (priliv) toplote ( $Q_{H,gn}$ ) određuju se kao zbir ukupnih unutrašnjih i solarnih dobitaka prema standardu BAS EN ISO 13790:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (\text{kWh})$$

Unutrašnji dobiti toplote usljed metabolizma ljudi koji borave u zgradi, uređaja i rasvjete računaju se kao:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_k t}{1000} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $q_{spec}$  - specifični unutrašnji dobitak po  $m^2$  korisne površine (W/m<sup>2</sup>)
- $A_k$  - korisna grijana površina (m<sup>2</sup>)
- $t$  - proračunsko vrijeme - Tabela 7.8. (h)

**Tabela 7.8. Ulazni podaci/broj sati rada i metabolički dobici toplote**

Ulazni podaci (DIN 18599) Vrsta zgrada	Prosječna površina	Prilivi toplote po osobi	Metabolički dobici toplote	Broj sati rada	Broj dana rada u sedmici
Vrsta zgrada	m <sup>2</sup> /os.	W/os.	W/m <sup>2</sup>	h	
Individualne stambene zgrade (porodične kuće)	20	70	3,5	12	7
Individualne stambene zgrade u nizu	20	70	3,5	12	7
Višestambene zgrade za kolektivno stanovanje/ slobodnostojeća zgrada	18	70	3.9	12	7
Višestambene zgrade za kolektivno stanovanje/zgrade u niz	18	70	3.9	12	7
Višestambene zgrade za kolektivno stanovanje/soliter	18	70	3.9	12	7
Upravno- poslovne ili administrativne zgrade	20	80	4,0	6	5
Zgrade namjenjene za obrazovanje	10	70	7,0	4	5
Zgrade namjenjene za zdravstvo i socijalnu zaštitu	30	80	2,7	16	7
Zgrade namjenjene za ugostiteljstvo i turizam	5	100	20,0	3	7
Zgrade	10	90	9,0	4	7

namjenjene za trgovinu i uslužne djelatnosti					
Zgrade namjenjene za sport i rekreacija	20	100	5,0	6	6
Zgrade namjenjene za proizvodne djelatnosti	20	100	5,0	6	5
Ostale zgrade koje koriste energiju				14	5

Specifični unutrašnji dobitak od ljudi koji borave u zgradi i proračunsko vrijeme su dati u Tabeli 7.8. Specifični unutrašnji dobitak od uređaja se procjenjuje prema instaliranoj snazi, broju uređaja instaliranim u zgradi i broju sati rada. Unutrašnji dobitak toplote od rasvjete se računa prema BAS EN 15193.

Unutrašnji dobitci toplote  $Q_{int}$  od ljudi i uređaja mogu se pojednostavljeno računati koristeći specifični unutrašnji dobitak energije koji ima vrijednost  $5 \text{ W/m}^2$  korisne površine za stambene prostore, a  $6 \text{ W/m}^2$  za nestambene prostore, ukoliko nemaju instalisane neke izrazito snažne uradjaje.

Ukupni unutrašnji dobitci mogu se odrediti i koristeći izraz:

$$Q_{int} = \left( \sum \Phi_{int,mn,k} \right) \cdot t + \left( \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{int,mn,u,l} \right) \cdot t \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $b_{tr,l}$  - faktor redukcije za susjedne nekondicionirane prostorije sa unutrašnjim izvorom toplotne energije (-)
- $\Phi_{int,mn,k}$  - prosječni toplotni fluks od unutrašnjih izvora  $k$  toplotne energije (W)
- $\Phi_{int,mn,u,l}$  - prosječni toplotni fluks od unutrašnjeg izvora u susjednoj nekondicioniranoj prostoriji (W)
- $t$  - dužina sezone grijanja (h)

Ukupni solarni dobitci određuju se prema izrazu:

$$Q_{sol} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right\} \cdot t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} \cdot t \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

- $b_{tr,l}$  - faktor redukcije za susjedne nekondicionirane prostorije sa unutrašnjim izvorom toplotne energije BAS EN ISO 13789 (-)
- $\Phi_{sol,mn,k}$  - prosječni toplotni fluks od solarnog zračenja  $k$  toplotne energije (W)
- $\Phi_{sol,mn,u,l}$  - prosječni toplotni fluks od solarnog zračenja u susjednoj nekondicioniranoj prostoriji (W)
- $t$  - dužina sezone grijanja (h)

Srednji toplotni tok od solarnog zračenja kroz građevni dio zgrade dat je sa:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k} \quad (W)$$

gdje su:

- $F_{sh,ob,k}$  - faktor zasjenjena uslijed vanjskih prepreka direktnom upadu Sunčeva zračenja (-)
- $I_{sol,k}$  - srednji toplotni tok od solarnog zračenja na površinu građevinskog dijela  $k$  (W/m<sup>2</sup>)
- $A_{sol,k}$  - efektivna površina otvora  $k$  na koju upada solarno zračenje (m<sup>2</sup>)
- $\Phi_{r,k}$  - toplotni tok zračenja od površine otvora  $k$  prema nebu (W)
- $F_{r,k}$  - faktor oblika između otvora  $k$  i neba (-)

**Tabela 7.9. Proračunate vrijednosti stepena propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje u slučaju okomitog upada Sunčevog zračenja**

R.br.	Uređaj za zaštitu od Sunčeva zračenja	$g_{\perp}$ (-)
1.	Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0,87
2.	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla)	0,80
3.	Trostruko izolirajuće staklo (s dva međusloja stakla)	0,70
4.	Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low E obloga)	0,60
5.	Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge)	0,50
6.	Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od Sunčeva zračenja	0,50

7.	Staklena opeka	0,60
----	----------------	------

Efektivna površina otvora  $k$  (prozirnog elementa) na koju upada Sunčevo zračenje računa se kao:

$$A_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,gl}} g_{\text{gl}} (1 - F_{\text{F}}) A_{\text{pr}} \quad (\text{m}^2)$$

$$g_{\text{gl}} = F_{\text{W}} g_{\perp} \quad (-)$$

gdje su:

$F_{\text{sh,gl}}$	- faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja	(-)
$g_{\text{gl}}$	- ukupna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno	(-)
$g_{\perp}$	- stepen propuštanja ukupnog zračenja okomito na ostakljenje kada pomično zasjenjenje nije uključeno, Tabela 7.9.	(-)
$F_{\text{W}}$	- faktor smanjenja zbog neokomitog upada Sunčeva zračenja, 0,9	(-)
$F_{\text{F}}$	- udio površine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora, 0,2 – 0,3	(-)
$A_{\text{pr}}$	- ukupna površina prozora	(m <sup>2</sup> )

Faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja računa se prema sljedećem izrazu:

$$F_{\text{sh,gl}} = \frac{(1 - f_{\text{widht}}) g_{\text{gl}} + f_{\text{widht}} g_{\text{gl+sh}}}{g_{\text{gl}}} \quad (-)$$

gdje je:

$g_{\text{gl+sh}}$	- ukupna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente s uključenom pomičnom zaštitom	(-)
--------------------	--	-----

**Tabela 7.10. Faktor umanjenja uređaja za zaštitu od Sunčeva zračenja**

R. br.	Uređaj za zaštitu od Sunčeva zračenja	$F_c$ (-)
1.	Bez uređaja za zaštitu od Sunčeva zračenja	1
2.	Uređaj s unutrašnje strane ili između stakala	
2.1.	- bijele ili reflektirajuće površine i malene transparentnosti	0,75
2.2.	- svjetle boje ili malene transparentnosti	0,80
2.3.	- tamne boje ili povišene transparentnosti	0,90
3.	Uređaj s vanjske strane	
3.1.	- žaluzine, lamele koje se mogu okretati, otraga provjetravano	0,25

3.2.	- žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje)	0,30
4.	Strehe, lođe	0,50
5.	Markize, gore i bočno provjetranje	0,40

Ukupna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente s uključenom pomičnom zaštitom računa se kao:

$$g_{gl+sh} = F_w g_{\perp} F_C \quad (-)$$

gdje su:

- $F_C$  - faktor umanjenja uređaja za zaštitu od Sunčeva zračenja, Tabela 7.10. (-)
- $f_{with}$  - udio vremena s uključenom pomičnom zaštitom (kod proračuna  $Q_{H,nd}$  uzima se da je zaštita uključena ako je intenzitet Sunčeva zračenja veći od  $300 \text{ W/m}^2$ ), Tabela 7.11. (-)

**Tabela 7.1.1 Koeficijent udjela vremena sa uključenom pomičnom zaštitom  $f_{with}$  za zonu jug proračun napravljen prema podacima za sunčevo zračenje iz Meteonorma**

### JUG

Mjesec	Strana svijeta							
	S	I	J	Z	SI	SZ	JI	JZ
jan	0,00	0,39	0,79	0,41	0,00	0,00	0,72	0,77
feb	0,00	0,53	0,79	0,44	0,00	0,00	0,76	0,75
mar	0,00	0,55	0,74	0,56	0,04	0,10	0,71	0,79
apr	0,00	0,56	0,67	0,57	0,28	0,20	0,64	0,60
may	0,00	0,67	0,57	0,61	0,45	0,30	0,65	0,61
jun	0,00	0,64	0,54	0,63	0,49	0,36	0,60	0,63
jul	0,00	0,69	0,62	0,64	0,59	0,32	0,66	0,64
aug	0,00	0,68	0,70	0,64	0,40	0,25	0,68	0,67
sep	0,00	0,65	0,79	0,67	0,19	0,12	0,77	0,71
oct	0,00	0,55	0,79	0,63	0,00	0,00	0,74	0,77

nov	0,00	0,46	0,86	0,54	0,00	0,00	0,80	0,83
dec	0,00	0,30	0,78	0,39	0,00	0,00	0,73	0,74

**Tabela 7.1.1 Koeficijent udjela vremena sa uključenom pomičnom zaštitom  $f_{with}$  za zonu sjever proračun napravljen prema podacima za sunčevo zračenje iz Meteonorma**

**SJEVER**

Mjesec	Strana svijeta							
	S	I	J	Z	SI	SZ	JI	JZ
jan	0,00	0,25	0,67	0,34	0,00	0,00	0,65	0,71
feb	0,00	0,29	0,67	0,37	0,00	0,00	0,66	0,69
mar	0,00	0,44	0,66	0,48	0,07	0,07	0,65	0,62
apr	0,00	0,52	0,62	0,52	0,18	0,20	0,61	0,65
may	0,00	0,62	0,49	0,54	0,29	0,30	0,55	0,60
jun	0,00	0,63	0,46	0,54	0,33	0,36	0,53	0,55
jul	0,00	0,65	0,56	0,61	0,30	0,32	0,61	0,67
aug	0,00	0,63	0,66	0,54	0,29	0,25	0,63	0,74
sep	0,00	0,50	0,68	0,53	0,11	0,12	0,68	0,75
oct	0,00	0,44	0,70	0,48	0,00	0,00	0,69	0,68
nov	0,00	0,35	0,75	0,54	0,00	0,00	0,72	0,69
dec	0,00	0,26	0,75	0,47	0,00	0,00	0,73	0,57

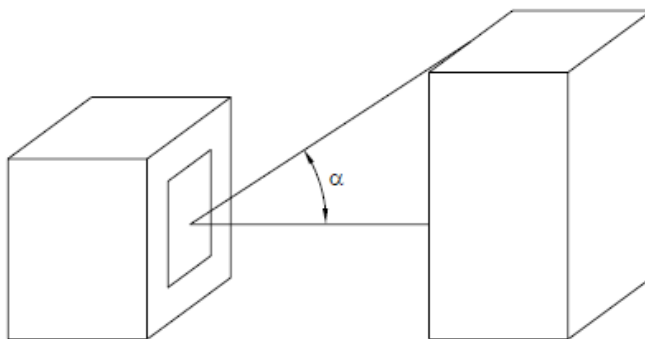
Faktor zasjenjena  $F_{sh,ob}$  je u funkciji od vanjskih prepreka direktnom upadu Sunčeva zračenja (susjedne zgrade, konfiguracija terena, vanjski dijelovi otvora prozora):

$$F_{sh,ob} = F_{hor} F_{ov} F_{fin} \quad (-)$$

gdje su:



- $F_{hor}$  - parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena u zavisnosti od orijentacije površine, ugla horizonta i geografskoj širini (Tabela 7.12. i Slika 7.3.) (-)
- $F_{ov}$  - parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora u zavisnosti od orijentacije površine, ugla gornjeg zasjenjenja, zemljopisne širine (Tabela 7.13. i Slika 7.4.) (-)
- $F_{fin}$  - parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora u zavisnosti od orijentacije površine, ugla bočnog prozorskog zasjenjenja, zemljopisne širine (Tabela 7.14. i Slika 7.4.) (-)



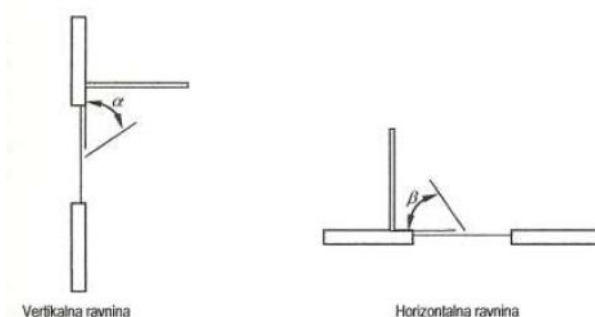
Slika 7.3. Ugao zaklonjenosti zgrade

**Tabela 7.12. Parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena u zavisnosti od orijentacije površine, ugla horizonta i geografskoj širini**

Ugao horizonta	45°S zemljine širine		
	J	I/Z	J
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

**Tabela 7.13. Parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora u zavisnosti od orijentacije površine, gornjeg zasjenjenja, geografskoj širini**

uglu	Ugao gornjeg prozorskog sjenila	45°S zemljine širine		
		J	I/Z	J
	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



Slika 7.4. Prozorsko zasjenjenje; a) horizontalna ravan i b) vertikalna ravan

**Tabela 7.14. Parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora u zavisnosti od orijentacije površine, uglu bočnog prozorskog zasjenjenja, geografskoj širini**

Ugao bočnog prozorskog sjenila	45°S zemljine širine		
	J	I/Z	J
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

Efektivna površina neprozirnog građevinskog elementa na koji upada Sunčevo zračenje računa se kao:

$$A_{\text{sol,c}} = \alpha_{\text{S,c}} R_{\text{se}} U_{\text{c}} A_{\text{c}} \quad (\text{m}^2)$$

gdje su:

- $\alpha_{\text{S,c}}$  - bezdimenzionalni apsorpcijski koeficijent zida/krova, Tabela 7.15. (-)
- $R_{\text{se}}$  - toplotni otpor vanjske površine zida/krova,  $R_{\text{se}} = 0,04$  ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ )
- $U_{\text{c}}$  - koeficijent prolaza toplote zida/krova ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
- $A_{\text{c}}$  - projicirana površina zida ( $\text{m}^2$ )

**Tabela 7.15. Bezdimenzioni apsorpcijski koeficijent**

Površina	$\alpha_{\text{S,c}}$
<b>Zidovi</b>	
Svijetle boje	0,4
Mat	0,6
Tamne boje	0,8
<b>Krovovi</b>	
Crijep	0,6
Tamne površine	0,8
Metal visokog sjaja	0,2
Šindra	0,6

Toplotni tok  $k$ -tog građevnog elementa prema nebu računa se kao:

$$\Phi_{\text{r,k}} = R_{\text{s,e}} \cdot U_{\text{c}} \cdot h_{\text{r}} \cdot \Delta\theta_{\text{er}} \quad (\text{W})$$

gdje su:

- $h_{\text{r}}$  - vanjski koeficijent prelaza toplote zračenjem;  $h_{\text{r}} \approx 5\varepsilon$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
- $\varepsilon$  - koeficijent emisivnosti zida, BAS EN ISO 13790 (-)
- $\Delta\theta_{\text{er}}$  - prosječna temperaturna razlika vanjske temperature zraka i temperature neba,  $\Delta\theta_{\text{er}} = 10$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

## 7.2. Mjesečne vrijednosti potrebne energije za grijanje

Ukoliko je predviđeno grijanje bez prekida, za svaku zonu i vremenski korak (mjesec), potrebna energija za grijanje je data kao:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} \quad (\text{kWh})$$

gdje je:

$$Q_{H,nd,cont} \quad - \quad \text{potrebna toplotna energija za grijanje pri kontinuiranom radu} \quad (\text{kWh})$$

Toplotna energija za grijanje zgrada pri kontinuiranom radu u određenom mjesecu se računa kao:

$$Q_{H,nd,cont} = \sum_i Q_{H,nd,cont,i} \cdot L_{H,mj} / d_{mj} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$$Q_{H,nd,interm,i} \quad - \quad \text{potrebna toplotna energija za grijanje pri kontinuiranom radu u} \quad (\text{kWh})$$

$$\text{periodu grijanja (bez prekida u noći i/ili vikendima)}$$

$$d_{mj} \quad - \quad \text{ukupan broj dana u } i\text{-tom mjesecu} \quad (\text{d/mj})$$

$$L_{H,mj} \quad - \quad \text{broj dana rada sistema grijanja u } i\text{-tom mjesecu} \quad (\text{d/mj})$$

Ukoliko je predviđeno grijanje sa prekidima tokom noći i/ili vikenda, za svaku zonu i vremenski korak (mjesec), potrebna energija za grijanje je data kao:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,a} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje je:

$$Q_{H,nd,a} \quad - \quad \text{potrebna toplotna energija za grijanje sa prekidima u radu} \quad (\text{kWh})$$

Toplotna energija za grijanje zgrada pri radu sa prekidima u određenom mjesecu se računa kao:

$$Q_{H,nd,a} = \sum_i \alpha_{H,red,i} \cdot Q_{H,nd,a,i} \cdot L_{H,mj} / d_{mj} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$$Q_{H,nd,interm,i} \quad - \quad \text{potrebna toplotna energija za grijanje pri radu sa prekidima u} \quad (\text{kWh})$$

$$\text{periodu grijanja (sa prekidima u noći i/ili vikendima)}$$

$$\alpha_{H,red} \quad - \quad \text{bezdimezionalni faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju} \quad (-)$$

Vremenska konstanta  $\alpha_{H,red}$ , koja karakteriše unutrašnju toplotnu inerciju grijanog prostora računa se prema izrazu:

$$\alpha_{H,red} = 1 - 3 \left( \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \cdot y_H \cdot (1 - f_{H,hr}) \quad (-)$$

gdje su:

- $\tau$  i  $\tau_{H,0}$  - vremenske konstante; za režim grijanja je  $\tau_{H,0} = 15$  (h)
- $y_H$  - bezdimenzionalni odnos toplotne bilance (-)
- $f_{H,hr}$  - odnos broja sati rada sistema za grijanje tokom sedmice prema ukupnom broju sati u sedmici (-)

Vremenska konstanta sadrži podatke o toplotnom kapacitetu ovojnice i računa se kao:

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H} \quad (h)$$

gdje su:

- $C_m$  - unutrašnji toplotni kapacitet, koji predstavlja količinu toplote akumuliranu u strukturi zgrade ako unutrašnja temperatura varira sinusoidalno u period od 24 h i sa amplitudom od 1K (J/K)
- $H$  - koeficijent toplotnih gubitaka zgrade ( $H=H_{tr}+H_{ve}$ ) (W/K)

$C_m$  se može odrediti na sljedeći način:

$$C_m = 370A_f \quad (J/K)$$

za zgrade s masivnim unutrašnjim i vanjskim zidovima (masa konstrukcije veća od 550 kg/m<sup>2</sup>), gdje je:

- $A_f$  - površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama (m<sup>2</sup>)

Za ostale zgrade se unutrašnji toplotni kapacitet računa prema Tabeli 7.16.

**Tabela 7.16. Efektivni toplotni kapacitet grijanog dijela zgrada**

Klasa zgrada	$C_m \cdot 10^{-3}$ , (J/K)	Masa konstrukcije $m'$ (kg/m <sup>2</sup> )
Vrlo lagana	$80 \cdot A_f$	$m' \leq 100$
Lagana	$110 \cdot A_f$	$100 < m' \leq 250$
Srednje teška	$165 \cdot A_f$	$250 < m' \leq 400$
Teška	$260 \cdot A_f$	$400 < m' \leq 550$
Masivna gradnja	$370 \cdot A_f$	$m' > 550$

Parametar potreban za proračun faktora iskorištenja dobitaka toplote  $\eta_{H,gn}$ , je granična vrijednost omjera toplotnih dobitaka i gubitaka,  $y_{H,lim}$ .

Faktor iskorištenja dobitaka toplote za period grijanja i vrijednost odnosa toplotnih dobitaka i gubitaka računaju se kao (BAS EN ISO 13790):

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - y_H^{a_H}}{1 - y_H^{a_H+1}} \text{ za } y_H > 0 \text{ i } y_H \neq 1 \quad (-)$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \text{ za } y_H = 1 \quad (-)$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{y_H} \text{ za } y_H < 0$$

gdje su:

$a_H$  - bezdimenzionalni numerički parametar koji zavisi od vrijednosti vremenske konstante (-)

$y_H$  - bezdimenzionalni odnos toplotnog bilansa (-)

Bezdimenzionalni numerički parametar se računa kao:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (-)$$

Bezdimenzionalni odnos toplotnog bilansa se računa kao odnos toplotnih dobitaka i ukupne razmjenjene toplote transmisijom i ventilacijom:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (-)$$

Granična vrijednost odnosa toplotnih dobitaka i gubitaka se računa kao:

$$\gamma_{H,\text{lim}} = \frac{a_H + 1}{a_H} \quad (-)$$

Ako je  $\gamma_{H,2} < \gamma_{H,\text{lim}} \Rightarrow f_{H,m} = 1$  (grijanje je cijeli mjesec u radu)

Ako je  $\gamma_{H,1} > \gamma_{H,\text{lim}} \Rightarrow f_{H,m} = 0$  (nema potrebe za grijanjem)

Dužina sezone grijanja računa se kao:

$$L_H = \sum_{m=1}^{m=12} f_{H,m} \quad (-)$$

gdje je:

$f_{H,m}$  - udio broja dana u mjesecu koji pripada sezoni grijanja, a određuje se prema standardu BAS EN ISO 13790 (-)

## 8. Godišnja potrebna toplotna energija za hlađenje

Potrebna energija za hlađenje  $Q_{C,nd}$  je računski određena količina toplote koju koju sistemom hlađenja treba odvesti iz zgrade za održavanje unutrašnje projektne temperature u zgradi tokom razdoblja hlađenja zgrade za posmatrani period.

Godišnja potrebna energija za hlađenje proračunava se prema normi BAS EN ISO 13790.

### 8.1. Proračun potrebne energije za hlađenje

Postupak proračuna potrebne energije za hlađenje zgrada ili građevinske zone sadrži:

- Proračun transmisivskih dobitaka energije
- Proračun ventilacijskih i infiltracijskih dobitaka energije
- Proračun solarnih i unutrašnjih priliva toplote
- Proračun faktora iskorištenja toplotnih dobitaka.

Za svaku zonu zgrade, godišnja potrebna energija za hlađenje proračunava se prema normi BAS EN ISO 13790, tako što se proračuna potrebna energija za hlađenje svaki sat u periodu hlađenja:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,gn} \cdot Q_{C,tr} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$Q_{C,nd}$	- potrebna toplotna energija za hlađenje	(kWh)
$Q_{C,gn}$	- ukupni toplotni dobitci u zgradi za mjesec u periodu hlađenja (ljudi, rasvjeta i ostali aparati)	(kWh)
$Q_{C,ht}$	- razmjenjena toplotna energija u periodu hlađenja (transmisivska, ventilacijska i infiltracijska)	(kWh)
$\eta_{C,gn}$	- faktor iskorištenja toplotnih gubitaka kod hlađenja	(-)

Unutrašnji toplotni dobitci i toplotni dobitci od Sunčeva zračenja proračunavaju se na isti način kao kod proračuna godišnje potrebne toplotne energije za grijanje vodeći računa o vrijednosti unutrašnje temperature koja se u ovom slučaju uzima za period hlađenja. Izuzetak je proračun efektivne površine prozirnog elementa. Iz izraza za izmjenjenu toplote transmisijom izdvojiti proračun gubitaka prema podu.

U odnosu na proračun  $Q_{H,nd}$  faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja  $F_{sh,gl}$  je stalno uključen te se efektivna površina otvora  $k$  (prozirnog elementa) na koju upada Sunčevo zračenje  $A_{sol,k}$  računa iz sljedećeg izraza:

$$A_{sol,k} = g_{gl+sh} (1 - F_F) A_{pr} \quad (\text{m}^2)$$

Ostale jednačine vrijede kao i za proračun  $Q_{H,nd}$ .



Trajanje proračunskog perioda za sve veličine je  $t = 1$  h unutar perioda rada sistema hlađenja.

## 9. Godišnja potrebna toplotna energija za zagrijavanje potrošne tople vode

Godišnja potrebna toplotna energija za zagrijavanje potrošne tople vode za stambene zgrade se računa kao:

$$Q_{W,nd} = \frac{q_{W,A,a}}{365} A_k \cdot d \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$q_{W,A,a}$	- specifična toplotna energija potrebna za pripremu potrošne tople vode	(kWh/m <sup>2</sup> god.)
$A_k$	- korisna površina zgrada	(m <sup>2</sup> )
$d$	- broj dana u posmatranom periodu	(d)

Za nestambene zgrade se godišnja potrebna toplotna energija za zagrijavanje potrošne tople vode računa kao:

$$Q_{W,nd} = 4,182 \cdot V_{W,dan} \cdot f \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) \frac{d}{3600} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$4,182$	- Poizvod specifične toplote i gustine vode	kJ/ (l K)
$V_{W,dan}$	- dnevna potrošnja potrošne tople vode po jedinici pri temperaturi $\theta_{W,del}$ (litara/jedinici/dan), dnevna potrošnja za urede može se odrediti prema broju radnih mjesta i iznosi $V_{W,dan} = 16$ l/radnom mjestu	(l/jedinici/d)
$f$	- broj jedinica (kreveti, radna mjesta i tako dalje)	(-)
$\theta_{W,del}$	- temperatura potrošne tople vode, $\theta_{W,del} = 60$ °C	(°C)
$\theta_{W,0}$	- temperatura vode u cjevovodu, $\theta_{W,0} = 13,5$ °C	(°C)

Pojednostavljene vrijednosti iz DIN 18599, izražene preko ukupne korisne površine prostora (bruto vrijednosti određene do sloja toplotne izolacije) date su u Tabeli 9.1.

Pojednostavljeno za stambene zgrade sa maksimalno tri stambene jedinice specifična vrijednost iznosi 12,5 (kWh/(m<sup>2</sup>a)), a za stambene zgrade s više od tri stambene jedinice specifična vrijednost iznosi 16 (kWh/(m<sup>2</sup>a)), izraženo preko korisne površine zgrade.

**Tabela 9.1. Potrebna energija za pripremu potrošne tople vode**

Vrsta zgrada	$q'_{w,nd}$ (kWh/m <sup>2</sup> )*
Individualna/slobodnostojeća stambena zgrada (porodična kuća)	10
Kolektivno stanovanje/ slobodnostojeća zgrada	20
Upravno-poslovne ili administrativne zgrade	10
Zgrade namjenjene za obrazovanje	10
Zgrade namjenjene za zdravstvo i socijalnu zaštitu	30
Zgrade namjenjene za ugostiteljstvo i turizam	60
Zgrade namjenjene za trgovinu i uslužne djelatnosti	10
Zgrade namjenjene za sport i rekreaciju	80
Zgrade namjenjene za proizvodne djelatnosti	10
Skladišta	1,4
Bazeni	80

\*izraženo prema ukupnoj korisnoj površini

## 10. Godišnja potrebna energija za rasvjetu

Osvjetljavanje prostora projektovati u skladu s normom BAS EN 12464-2, prema zahtijevanim vrijednostima iz Tabela i tekstualno opisanim zahtjevima za pojedine svjetlotehničke veličine.

Racionalna upotreba energije za rasvjetu se prvenstveno ostvaruje korištenjem dnevnog svjetla, a ako to nije moguće, treba koristiti energijski efikasne sijalice sa efikasnim i okolinski prihvatljivim izvorima svjetlosti i pripadajuće uređaje, kao i odgovarajuću regulaciju. Prilikom projektovanja treba voditi računa o veličini i namjeni prostora kao i o broju osoba koje ga koriste, te o posebnim zahtjevima prema vrstama zadatka i aktivnosti.

Energijske zahtjeve za rasvjetu određuje norma BAS EN 15193, na temelju instalirane snage rasvjete i korištenja na godišnjem nivou, a prema vrsti zgrada, prisutnosti i načinu upravljanja rasvjetom.

Ukupna potrebna energija za rasvjetu određuje se prema BAS EN 15193 na slijedeći način:

$$E_L = W_{L,t} + W_{P,t} \quad (\text{kWh})$$

gdje je:

- $W_{L,t}$  - procjenjena energija koju je potrebno dovesti kako bi rasvjeta ispunjavala svoju funkciju i određuje se putem izraza: (kWh)

$$W_{L,t} = \sum \frac{\left\{ (P_n \cdot F_C) \cdot [t_D \cdot F_O \cdot F_D + t_N \cdot F_O] \right\}}{1000} \quad (\text{kWh})$$

gdje je:

$W_{P,t}$  - procijenjena parazitska energija (kWh)

## 11. Proračun isporučene energije sistema (Godišnji gubici sistema)

Vrijednost isporučene energije zavisi od potrebne energije za odvijanje određene aktivnosti i gubitaka termotehničkih sistema. Takođe, vrijednosti energije potrebne za rad pomoćnih uređaja u termotehničkim sistemima se računa i uzima u obzir. Godišnji gubici sistema sastoje se od gubitaka regulacije, distribucije, skladištenja i proizvodnje za sve razmatrane sisteme (grijanje, hlađenje i priprema potrošne tople vode). U proračun se unose komponente sistema i proračunaju gubici sistema. Dio gubitaka je iskoristiv (Slika 11.1.) (kao na primjer dio iskoristivih toplotnih gubitaka sistema grijanja koji, kroz član unutrašnjih priliva toplote, smanjuju potrebnu energiju za grijanje, dakle djeluju kao dobitak toplote kod proračuna korisne energije za grijanje) a dio neiskoristiv te je jasno da je čitav proces iterativan.

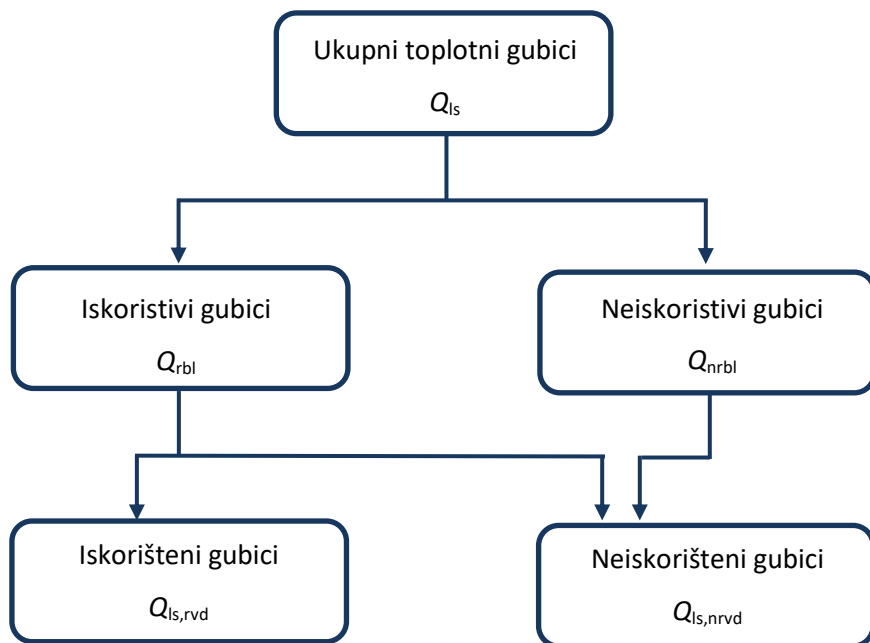
Iskoristivi gubici su gubici dijela sistema (kotlova, spremnika, cjevovoda, regulacije i tako dalje) koji se mogu vratiti u grijani prostor u toku sezone grijanja i smanjiti toplotnu energiju  $Q_{em,out}$  koju je ogrijevnim tijelima potrebno predati u grijani prostor, Slika 1.1.

Neiskoristivi gubici su toplotni gubici koji se ne mogu koristiti za grijanje prostora, a predstavljaju razliku ukupnih i iskoristivih toplotnih gubitaka.

Iskorišteni toplotni gubici predstavljaju stvarno iskorišteni dio iskoristivih gubitaka za smanjenje  $Q_{em,out}$ .

Neiskorišteni gubici predstavljaju neiskorišteni dio ukupnih gubitaka koji se nije iskoristio za smanjenje  $Q_{em,out}$ , i računaju se kao razlika ukupnih i iskorištenih gubitaka.

Vraćena pomoćna energija je dio energije potrebne za pogon pojedinačnog pomoćnog uređaja (pumpe, ventilatora, plamenika i tako dalje) koja se direktno vraća radnom mediju i zraku za izgaranje. Preostali dio pomoćne energije se predaje u okolinu kao iskoristivi/neiskoristivi toplotni gubitak.



Slika 11.1. Podjela toplotnih gubitaka

Tabela 11.1. Opis i oznaka nekih veličina

	Korisna energija	Regulac. i emisija	Distribuc.	Skladišt.	Toplota/hlad iz generatora	Generator	Isporuč. energija
Grijanje	Energija za grijanje	Gubici na regulaciji	Gubici u sistemu distribucije	Gubici skladišenja	Toplota predata sistemu iz generatora	Gubici u generatoru	Isporučena energija sistemu grijanja
	$Q_{H,nd}$	$Q_{H,ac}$	$Q_{H,dis}$	$Q_{H,s}$	$Q_{H,outg}$	$Q_{H,gen}$	$Q_{H,del}$
Hlađenje	Energija za hlađenje	Gubici na regulaciji	Gubici u sistemu distribucije	Gubici skladišenja	Toplota predata sistemu iz generatora	Gubici u generatoru	Isporučena energija sistemu hlađenja
	$Q_{C,nd}$	$Q_{C,ac}$	$Q_{C,dis}$	$Q_{C,s}$	$Q_{C,outg}$	$Q_{C,gen}$	$Q_{C,del}$
Ventilacijski sistem (grijanje)	Energija za kondicioniranje zraka	Gubici na regulaciji	Gubici u sistemu distribucije	Gubici skladišenja	Toplota predata sistemu iz generatora	Gubici u generatoru	Isporučena energija sistemu ventilacije
	$Q_{Vh,nd}$	$Q_{Vh,ac}$	$Q_{Vh,dis}$	$Q_{Vh,s}$	$Q_{Vh,outg}$	$Q_{Vh,gen}$	
Ventilacijski sistem (hlađenje)	Energija za kondicioniranje zraka	Gubici na regulaciji	Gubici u sistemu distribucije	Gubici skladišenja	Toplota predata sistemu iz generatora	Gubici u generatoru	
	$Q_{Vc,nd}$	$Q_{Vc,ac}$	$Q_{Vc,dis}$	$Q_{Vh,s}$	$Q_{Vh,outg}$	$Q_{Vh,gen}$	$Q_{Vh,del}$
Potrošna topla vode	Energija za potrošnu toplu vodu	Gubici na regulaciji	Gubici u sistemu distribucije	Gubici skladišenja	Toplota predata sistemu iz generatora	Gubici u generatoru	Isporučena energija sistemu

							potrošne tople vode
	$Q_{W,nd}$	$Q_{W,ac}$	$Q_{W,dis}$	$Q_{W,s}$	$Q_{W,outg}$	$Q_{W,gen}$	$Q_{W,del}$
Rasvjeta	Potrebna energija za rasvjetu	-	-	-	-	-	Isporučena energija za rasvjetu
	$E_{L,b}$						$E_{L,del}$

### 11.1. Stambene zgrade

Kod proračuna energije isporučene stambenoj zgradi uzimaju se u obzir energija za sistem grijanja i energija za pripremu potrošne tople vode, gubici svih sistema i potrebna energija za pogon pomoćne opreme u svim termotehničkim sistemima.

#### 11.1.1. Godišnji toplotni gubici sistema grijanja

Godišnji toplotni gubici sistema grijanja su energijski gubici sistema grijanja u toku jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutrašnje temperature u zgradi. Proračun se započinje sa godišnjom potrebnom toplotnom energijom za grijanje.

Za svaki podsistem se proračunavaju toplotni gubici koji se sabiraju sa toplotom koju podsistem mora isporučiti (toplotni izlaz), kako bi se odredila energija koju je sistemu potrebno dovesti (toplotni ulaz).

Toplotni gubici emisijom, prema normi BAS EN ISO 13790, koji povećavaju gubitke ovojnice zgrade se određuju direktno tj. zajedno sa toplotnim potrebama zgrade, bez razdvajanja, pri čemu se razlikuju toplotni gubici sistema koji su povrativi za potrebe grijanja i toplotni gubici sistema grijanja koji se mogu povratiti direktno u podsistem i mogu se oduzeti od gubitaka podsistema.

Toplotni gubici se proračunavaju prema:

$$Q_{H,ls} = Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,st,ls} + Q_{H,gen,ls} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

- $Q_{H,em,ls}$  - toplotni gubici kod izmjene toplote u prostoru, uključujući regulaciju prema BAS EN 15316-2-1 (kWh/god.)
- $Q_{H,dis,ls}$  - toplotni gubici kod razvoda toplote, uključujući regulaciju prema BAS EN 15316-2-3 (kWh/god.)
- $Q_{H,st,ls}$  - toplotni gubici kod spremnika toplote, uključujući regulaciju prema BAS EN 15316-3-3 (kWh/god.)
- $Q_{H,gen,ls}$  - toplotni gubici kod proizvodnje ili prijema toplote, uključujući regulaciju BAS EN 15316-4-1 (kWh/god.)

#### Toplotni gubici pri predavanju toplote

Toplotni gubici pri predavanju toplote se računaju prema izrazu:

$$Q_{H,em,ls} = Q_{em,str} + Q_{em,emb} + Q_{em,c} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

$Q_{em,str}$	-	toplotni gubici uslijed neuniformne raspodjele temperature	(kWh/god.)
$Q_{em,emb}$	-	toplotni gubici zbog položaja emitera toplote (tj. ugrađeni)	(kWh/god.)
$Q_{em,c}$	-	toplotni gubici zbog kontrole unutrašnje temperature	(kWh/god.)

### Toplotni gubici zbog položaja emitera toplote

Pojavljuje se kod podnog grijanja, stropnog grijanja kao i zidnog grijanja i sličnih sistema. Ovaj se gubitak razmatra samo kada je dio zgrade koji sadrži ugrađeni emiter orjentisan prema vani, tlu ili negrijanom prostoru iste ili susjedne zgrade. Toplotni gubici se računaju na slijedeći način:

$$Q_{em,emb} = Q_h \cdot \sum_{emb} \frac{A_{emb}}{A_{zone}} \cdot \frac{x_i}{100} \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$A_{emb}$	-	površina koja se grije putem ugrađenog emitera	(m <sup>2</sup> )
$A_{zone}$	-	toplotni gubici zbog položaja emitera toplote (tj. ugrađeni)	(m <sup>2</sup> )
$x_i$	-	procenat toplotnog gubitka (između 0 i 100)	(%)

### Toplotni gubici uslijed neuniformne raspodjele temperature

Toplotni gubici uslijed neuniformne raspodjele temperature se računaju koristeći izraz za generalno određivanje toplotnih gubitaka, koji uzima u obzir povećanje unutrašnje temperature i povećanje koeficijenta prijenosa toplote, koji je uključen u U-faktor izložene površine.

$$Q_{c,inc} = \sum A \cdot U_{inc} \cdot (\theta_{i,inc} - \theta_e) \cdot t \quad (\text{kWh})$$

gdje su:

$A$	-	površina stropa, vanjskog zida iza emitera ili prozora	(m <sup>2</sup> )
$U_{inc}$	-	$U$ od izolacije površine i same površine toplotni gubici zbog položaja emitera toplote (tj. ugrađeni)	(W/m <sup>2</sup> K)
$\theta_{i,inc}$	-	lokalno povećanje unutrašnje temperature	(°C)
$\theta_e$	-	vanjska temperatura	(°C)
$t$	-	vrijeme	(h)

## Toplotni gubici zbog kontrole unutrašnje temperature

Ako je poznata efikasnost sistema, toplotni gubici zbog kontrole sistema se računaju kao:

$$Q_{c,em} = \frac{1-\eta_{ac}}{\eta_{ac}} \cdot Q_{c'} \text{ (kWh)}$$

gdje je:

- $\eta_{ac}$  – efikasnost kontrole

Uticaj kontrole je dat i kao ekvivalentno povećanje unutrašnje temperature. Stoga, toplotni gubitak zbog kontrole sistema se može proračunati na dva različita načina:

- množeći godišnju potrebnu toplotnu energiju sa faktorom koji zavisi od odnosa ekvivalentnog povećanja unutrašnje temperature ( $\Delta\theta_i$ ) i prosječne temperaturne razlike za grijnu sezonu između unutrašnje i vanjske temperature

$$Q_{c,em} = Q_h \cdot \left(1 + \Delta\theta_i / (\theta_i - \theta_{e,avg})\right)$$

- preračunavanjem toplotnih potreba zgrade, prema BAS EN ISO 13790:2005, koristeći ekvivalentno povećanje unutrašnje temperature.

### 11.1.2. Isporučena energija za grijanje zgrade

Godišnja potrebna energija za grijanje uključujući gubitke se određuje prema BAS EN ISO 13790, BAS EN 15241 i BAS EN 15243, pri tome se mogu koristiti tri metode:

- direktno, kao ukupna potrebna energija sistema  $Q_{H,sys,i}$  po energentima, uključujući proizvodnju, elektroniku, transport, spremanje, distribuciju osim ukoliko je naznačeno ili bez godišnje potrebne energije za pogon pomoćnih sistema u (kWh/god.),
- kao zbir toplotnih potreba sistema za grijanje  $Q_{H,nd,i}$ , toplotnih gubitaka sistema  $Q_{H,sys,ls,i}$  i godišnje potrebne energije za pogon pomoćnih sistema  $Q_{H,sys,aux,t}$ .

$$Q_{H,del} = Q_{H,nd} + Q_{H,sys,ls} + Q_{H,sys,aux,t} \quad \text{(kWh/god.)}$$

- toplotni gubici sistema se indiciraju kroz ukupnu efikasnost sistema u kom slučaju je moguće izvesti slijedeće pretvorbe:

$$Q_{H,del} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,sys}} \quad \text{(kWh/god.)}$$

gdje je:

- $\eta_{\text{sys}}$  - ukupni koeficijent efikasnosti sistema uključujući proizvodnju, elektroniku, transport, spremanje, distribuciju osim ukoliko je naznačeno bez godišnje potrebne energije za pogon pomoćnih sistema. (-)

Prethodni izraz se može napisati i kao:

$$Q_{\text{H,del}} = Q_{\text{H,nd}} \frac{1}{\eta_{\text{em}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{dis}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ac}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{gen}}} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

- $\eta_{\text{em}}$  - Efikasnost sistema za emisiju toplote (-)
- $\eta_{\text{dis}}$  - Efikasnost sistema za distribuciju toplote (-)
- $\eta_{\text{ac}}$  - Efikasnost sistema automatske kontrole grijanja (ovaj faktor uzima u obzir to što sistem za regulaciju nije u mogućnosti da slijedi podešene unutrašnje temperature) (-)
- $\eta_{\text{gen}}$  - Efikasnost sistema za generaciju toplote (kotao, toplotna pumpa i tako dalje) (-)

### 11.1.3. Godišnji toplotni gubici sistema za zagrijavanje potrošne tople vode

Godišnji toplotni gubici sistema za zagrijavanje potrošne tople vode se određuje na slijedeći način:

$$Q_{W,ls} = Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,gen,ls} \quad [\text{kWh/god.}],$$

gdje su:

- $Q_{W,dis,ls}$  - toplotni gubici kod razvoda potrošne tople vode uključujući regulaciju, prema BAS EN 15316-3-2 [kWh/god.]
- $Q_{W,st,ls}$  - toplotni gubici spremnika potrošne tople vode uključujući i regulaciju, prema BAS EN15316-3-3 [kWh/god.]
- $Q_{W,gen,ls}$  - toplotni gubici kod proizvodnje potrošne tople vode uključujući i regulaciju, prema BAS EN15316-3-3 [kWh/god.]

### Toplotni gubici spremnika potrošne tople vode

Toplotni gubitak indirektno grijanog spremnika potrošne tople vode se određuje putem izraza:

$$Q_{M,E\tau,IE} = \frac{(\theta_{W,s} - \theta_{amb})}{\theta_{q,s-b}} \cdot Q_{s-b} , \quad [\text{kWh/dan}]$$



gdje su:

$\theta_{W,s}$  – prosječna temperatura vode u spremniku (°C )

$\theta_{amb}$  – prosječna temperatura okoline (°C )

$\theta_{q,s-b}$  – prosječna temperaturna razlika korištena pri stand-by testu (°C )

$Q_{s-b}$  – toplotni gubitak u stand by modu

**a) Toplotni gubici kod proizvodnje ili pripreme potrošne tople vode**

Ukupni toplotni gubici kotla se računaju iz toplotnih gubitaka u toku rada kotla i toplotnih gubitaka kada je kotao u režimu stand-by na slijedeći način:

$$Q_{H,gen,Is} = Q_{H,gl,100\%} + Q_{H,g,sb} , \quad (\text{kWh/dan})$$

gdje su :

$Q_{H,gl,100\%}$  - toplotni gubici kotla u toku rada u periodu od 24 sata (kWh/dan)

$Q_{H,g,sb}$  – toplotni gubici kotla u stand-by režimu (kWh/dan)

Toplotni gubici u toku rada kotla se računaju prema izrazu :

$$Q_{H,gl,100\%} = \left( \frac{H_g}{H_t} - \eta_{100\%} \right) \cdot \frac{Q}{\eta_{100\%}} (\text{kWh/dan})$$

gdje su:

$Q$  – nominalni toplotni učin kotla

$\eta_{100\%}$  - stepen efikasnosti kotla pri nominalnom učinku kotla

$H_g$  – gornja toplotna moć goriva (kWh/kg ili kWh/m<sup>3</sup>)

$H_d$  – donja toplotna moć goriva ( kWh/kg ili kWh/m<sup>3</sup> )

Toplotni gubici u stand-by režimu se računaju na slijedeći način :

$$Q_{sb} = q_{B/70} \cdot \frac{(\theta_{g,m} - \theta_{u,m})}{70 - 20} \cdot (Q_n / \eta_{100\%}) \cdot (24 - t_{tw,100\%}) \cdot \frac{H_g}{H_t}$$

gdje su:

$Q_n$  – nominalni toplotni učin kotla

$q_{B/70}$  – toplotni gubici kotla na stand-by režimu pri temperaturi vode u kotlu od 70°C i temperaturi okoline od 20°C

$\theta_{g,m}$  – prosječna temperatura u bojleru pri stand-by režimu (°C )

$\theta_{u,m}$  – prosječna temperatura okoline (°C)

$t_{tw,100\%}$  - period u kojem se vrši isporuka toplote, (h)

#### 11.1.4. Godišnje isporučena energija za zagrijavanje potrošne tople vode

Godišnja toplotna energija sistema za pripremu potrošne tople vode se računa kao:

$$Q_{W,del} = Q_w + Q_{W,ls} \quad (\text{kWh/god.})$$

Ukoliko su poznate srednji godišnji stepen iskorištenja sistema ili pojedinih komponenti sistema, godišnja toplotna energija za pripremu potrošne tople vode se može proračunati kao:

$$Q_{W,del} = Q_{W,nd} \frac{1}{\eta_{dis}} \cdot \frac{1}{\eta_{ac}} \cdot \frac{1}{\eta_{gen}} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

- |              |  |     |
|--------------|--|-----|
| $\eta_{dis}$ | - Efikasnost sistema za distribuciju toplote   | (-) |
| $\eta_{ac}$  | - Efikasnost sistema automatske kontrole grijanja (ovaj faktor uzima u obzir to što sistem za regulaciju nije u mogućnosti da slijedi podešene unutrašnje temperature) | (-) |
| $\eta_{gen}$ | - Efikasnost sistema za generaciju toplote (kotao, toplotna pumpa i tako dalje)  | (-) |

#### 11.1.5. Godišnja isporučena energija za stambene zgrade

Godišnja isporučena energija zgrada  $E_{del}$  se računa kao:

$$E_{del} = Q_{H,del} + Q_{W,del} + Q_{aux} + E_{obnov} - E_{pov} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

- |             |  |            |
|-------------|--|------------|
| $Q_{H,del}$ | - godišnja isporučena toplotna energija  | (kWh/god.) |
| $Q_{W,del}$ | - godišnja isporučena energija za pripremu potrošne tople vode   | (kWh/god.) |
| $Q_{aux}$   | - godišnja potrebna energija za pogon pomoćnih sistema (pumpe, ventilatori, kompresori, regulacija i sl.) prema BAS EN 15241:2008, BAS EN 15243:2008 | (kWh/god.) |

$E_{\text{obnov}}$	- toplotna energija iz obnovljivih izvora dovedena odgovarajućim sistemom (npr. sunčanim kolektorima)	(kWh/god.)
$E_{\text{pov}}$	- toplotna energija vraćena sistemom za regeneraciju/rekuperaciju	(kWh/god.)

## 11.2. Nestambene zgrade

Kod proračuna energije isporučene nestambenoj zgradi uzimaju se u obzir energija za sistem grijanja, hlađenja, energija za pripremu potrošne tople vode i rasvjetu, gubici svih sistema i potrebna energija za pogon pomoćne opreme u svim termotehničkim sistemima.

### 11.2.1. Isporučena energija za grijanje zgrade

Isporučena energija se računa kao u 12.1.2.

### 11.2.2. Isporučena energija za zagrijavanje potrošne tople vode

Isporučena energija se računa kao u 12.1.4.

### 11.2.3. Godišnji toplotni gubici sistema za hlađenje zgrade

Godišnji gubici sistema hlađenja  $Q_{C,ls}$  (kWh/god.) su energijski gubici sistema hlađenja tokom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutrašnje temperature u zgradi, a određuju se prema standardu BAS EN 15243.

### 11.2.4. Isporučena energija za hlađenje zgrada

Godišnja potrebna energija za hlađenje računa se kao zbir godišnje energije za hlađenje i godišnjih gubitaka sistema hlađenja u zgradi:

$$Q_{C,del} = Q_{C,nd} + Q_{C,ls} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

$Q_{C,nd}$	- toplotna energija potrebna za hlađenje zgrade	(kWh/god.)
$Q_{C,ls}$	- ukupni toplotni gubici sistema hlađenja prema standardu BAS EN 15243	(kWh/god.)

Ukoliko su poznate srednji godišnji stepen iskorištenja sistema ili pojedinih komponenti sistema, godišnja toplotna energija za hlađenje zgrada se može proračunati kao:

$$Q_{C,\text{del}} = Q_{C,\text{nd}} \frac{1}{\eta_{\text{em}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{dis}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ac}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{gen}}} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

- $\eta_{\text{em}}$  - Efikasnost sistema ventilacijskih jedinica u prostorijama zgrada (-)
- $\eta_{\text{dis}}$  - Efikasnost sistema za distribuciju vazduha (-)
- $\eta_{\text{ac}}$  - Efikasnost sistema za automatsku kontrolu-regulaciju ventilacije (-)
- $\eta_{\text{gen}}$  - Efikasnost sistema za generaciju rashladne energije (rashlana mašina, toplotna pumpa i tako dalje) (-)

### 11.2.5. Godišnja isporučena energija za nestambene zgrade

Godišnja isporučena energija zgrada  $E_{\text{del}}$  se računa kao:

$$E_{\text{del}} = Q_{H,\text{del}} + Q_{W,\text{del}} + \frac{Q_{C,\text{del}}}{COP} + Q_{Ve} + E_L + Q_{\text{aux}} + E_{\text{obnov}} - E_{\text{pov}} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

- $Q_{H,\text{del}}$  - godišnja isporučena toplotna energija (kWh/god.)
- $Q_{W,\text{del}}$  - godišnja isporučena energija za pripremu potrošne tople vode (kWh/god.)
- $Q_{C,\text{del}}$  - godišnja isporučena energija za hlađenje (kWh/god.)
- $Q_{Ve}$  - godišnja potrebna energija za ventilaciju prema BAS EN ISO 13790:2005, BAS EN 15241:2008 i BAS EN 15243:2008 (kWh/god.)
- $Q_{\text{aux}}$  - godišnja potrebna energija za pogon pomoćnih sistema (pumpe, ventilatori, kompresori, regulacija i sl.) prema BAS EN 15241:2008, BAS EN 15243:2008 (kWh/god.)
- $E_L$  - godišnja isporučena energija za rasvjetu prema BAS EN 15193 (kWh/god.)
- $E_{\text{obnov}}$  - toplotna energija iz obnovljivih izvora dovedena odgovarajućim sistemom (npr. sunčanim kolektorima) (kWh/god.)
- $E_{\text{pov}}$  - toplotna energija vraćena sistemom za regeneraciju/rekuperaciju (kWh/god.)

## 12. Godišnja primarna energija

Godišnja primarna energija se računa pomoću faktora primarne energije u zavisnosti od izvora energije jednako za stambene i nestambene zgrade a vodeći računa o isporučenoj energiji za zgradu:

$$E_{\text{prim}} = \sum_i E_{\text{del},i} \cdot f_{\text{prim,del},i} - \sum_i E_{\text{ex},i} \cdot f_{\text{prim,ex},i} \quad (\text{kWh/god.})$$

gdje su:

$E_{\text{del},i}$	-	godišnja isporučena energija i-tog izvora energije	(kWh/god.)
$f_{\text{prim,del},i}$	-	faktor isporučene primarne energije i -tog izvora energije	(-)
$E_{\text{ex},i}$	-	godišnja izvezena energija i - tog izvora energije	(kWh/god.)
$f_{\text{prim,ex},i}$	-	faktor izvezene primarne energije i -tog izvora energije	(-)

Tabela 12.1. Faktor primarne energije

Izvor energije	Energent	Faktor primarne energije $f_p$
Gorivo	Lako loživo ulje	1,1
	Zemni gas	1,1
	Ukapljeni gas	1,1
	Kameni ugalj	1,1
	Mrki ugalj	1,2
	Drvo	0,2
	Obnovljiva goriva	0
	Fosilno gorivo	0,7
	Obnovljiva goriva	0,1
	Fosilno gorivo	1,3
Lokalna/ daljinska toplota iz kogeneracije		3,0
Lokalna/ daljinska toplota iz kotlovnice/toplane električne energije		(2,0 pri korištenju akumulacijskih sistema grijanja)

### 13. Godišnja emisija CO<sub>2</sub>

Emisija CO<sub>2</sub> može biti direktna i indirektna.

Direktne emisije nastaju na lokaciji neposrednog korištenja energije (npr. stambene zgrade i nestambene zgrade), kao posljedica sagorijevanja fosilnih goriva u stacionarnim energijskim postrojenjima (npr. kotlovi).

U slučaju korištenja električne energije ili toplote iz javnih toplana ili kotlovnica do emisije ne dolazi na lokaciji neposrednog korištenja energije, pa je potrebno proračunati indirektnu emisiju koja nastaje pri proizvodnji električne ili toplotne energije.

### 13.1. Direktne emisije CO<sub>2</sub>

Tokom sagorijevanja većina ugljika oksidira i emitira se u atmosferu u obliku CO<sub>2</sub>.

Dio ugljika koji se oslobađa kao CO, CH<sub>4</sub> ili NMVOC, također oksidira u CO<sub>2</sub>, u atmosferi u razdoblju od nekoliko dana do oko 12 godina, dio ugljika iz goriva koji ne oksidira, već se vezuje u česticama, šljaci ili pepelu se isključuje iz proračuna.

Udio oksidirajućeg ugljika za tekuća fosilna goriva iznosi 99 % , a 99,5 % za prirodni plin.

Oksidacijski faktor za uglj ovisi o uslovima sagorijevanja i može varirati nekoliko postotaka. Ukoliko oksidacijski faktor za ugljik nije moguće odrediti i elaborirati, koristi se predloženi faktor 98 %.

Za proračun emisije CO<sub>2</sub> primjenjuje se sljedeći izraz:

$$EM = EF_c \cdot H_d \cdot O_c \cdot \frac{44}{12} \cdot B \quad (\text{kg/god.})$$

gdje su:

<i>EM</i>	-	emisija CO <sub>2</sub>	(kg/god.)
<i>EF<sub>c</sub></i>	-	faktor emisije ugljika, Tabela 13.1.	(kgC/GJ)
<i>H<sub>d</sub></i>	-	donja toplotna moć goriva, Tabela 13.1.	(MJ/kg, MJ/m <sup>3</sup> )
<i>O<sub>c</sub></i>	-	udio oksidirajućeg ugljika, Tabela 13.1.	(-)
44/12	-	stehiometrijski omjer CO <sub>2</sub> i C	(-)
<i>B</i>	-	količina sagorjelog goriva	(kg, m <sup>3</sup> )

za korištenje formule potrebno je znati faktor emisije ugljika, ogrijevnu vrijednost, udio oksidirajućeg ugljika i količinu potrošenog goriva.

Ukoliko nisu poznati faktori emisije ugljika preporučuje se korištenje faktora navednih u Tabeli 13.1. u kojoj su navedene donje ogrjevne vrijednosti prosječne vrijednosti za FBiH.

U konkretnom slučaju proračuna emisije CO<sub>2</sub> preporučuje se koristiti vlastite donje ogrjevne vrijednosti, a ukoliko su nepoznate moguće je koristiti prosječne nacionalne vrijednosti.

**Tabela 13.1. Faktori emisije CO<sub>2</sub> za različita fosilna goriva**

Izvor energije	EFC (kgC/GJ)	$H_d$ (MJ /kg(m <sup>3</sup> ))	$O_c$ (-)	EFC - $H_D$ - $O_C$ - 44/12 (kgCO <sub>2</sub> /kg (m <sup>3</sup> ))
Ekstra lako loživo ulje*	20,2	43	0,99	3,153018
Lož ulje*	21,1	40	0,99	3,063372
Ukapljeni plin	17,2	41	0,99	2,559876
Kameni ugalj	25,8	27,5	0,98	2,54947
Mrki ugalj	26,2	19	0,98	1,788761
Lignit	27,6	11,3	0,98	1,120689
Prirodni gas	15,3	33,3	0,995	2,065322

\*- ekstra lako i lako lož ulje su grupisani i prikazani kao ekstra lako lož ulje, a srednje i teško lož ulje kao lož ulje.

Emisija CO<sub>2</sub> ovisi o količini i vrsti sagorjelog goriva.

Specifična emisija po energiji goriva je najveća uslijed sagorijevanja uglja, zatim tekucih goriva i prirodnog gasa, Tabela 13.2.

Grubi omjer specifičnih emisija pri sagorjevanju fosilnih goriva je 1:0.75:0,55 (ugalj :tekuca goriva: prirodni gas).

Do emisije CO<sub>2</sub> dolazi i sagorjevanjem biomase ali ta emisija ne ulazi u ukupni bilans emisija gasova staklene bašte na državnom nivou jer je emitovani CO<sub>2</sub> prethodno apsorbiran za rast i razvoj biomase.

Za lakši proračun emisije CO<sub>2</sub> prikazani su i faktori emisije po naturalnoj i energijskoj jedinici goriva i po jedinici proizvedene korisne toplote.

Pri proračunu faktora emisije po jedinici korisne toplote primjenjene su prosječne vrijednosti stepena djelovanja stacionarnih energijskih postrojenja/uređaja u kojima pojedina goriva sagorijevaju.

Na taj način se povećava nesigurnost proračuna, pa je preporuka da se koristi faktor emisije po energijskoj jedinici goriva.

**Tabela 13.2. Specifični faktor emisije CO<sub>2</sub> po jedinici goriva i jedinici korisne toplote**

Izvor energije	Faktor emisije CO <sub>2</sub>		
	Po naturalnoj jedinici goriva (kgCO <sub>2</sub> /kg (m <sup>3</sup> ))	Po energijskoj jedinici goriva (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	Po jedinici korisne toplote (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Eksta lako loživo ulje*	3,153018	0,263974	0,318
Lož ulje*	3,063372	0,275735	0,332/0,340413
Ukapljeni plin	2,559876	0,202095	0,264
Kameni ugalj	2,54947	0,333749	0,439

Mrki ugalj	1,788761	0,338923	0,446/0,484176
Lignit	1,120689	0,357034	0,470/0,525055
Prirodni gas	2,065322	0,20095	0,236/0,236412

\*- ekstra lako i lako lož ulje su grupisani i prikazani kao ekstra lako lož ulje, a srednje i teško lož ulje kao lož ulje

Smanjenje emisije CO<sub>2</sub> se računa kao razlika emisije prije i nakon primjene mjera za smanjenje emisije (npr. mjere povećanja energetske efikasnosti), a prema izrazu:

$$EM_S = EM_P - EM_N \quad (\text{kg/god.})$$

gdje su:

$EM_S$	-	smanjenje emisije CO <sub>2</sub>	(kg/god.)
$EM_P$	-	emisija CO <sub>2</sub> prije primjene mjera	(kg/god.)
$EM_N$	-	emisija CO <sub>2</sub> nakon primjene mjera	(kg/god.)

Uobičajeno je računati smanjenje emisije CO<sub>2</sub> na godišnjem nivou, a kao posljedica primjene mjera za smanjenje emisije.

### 13.2. Indirektne emisije CO<sub>2</sub>

Za potrebe proračuna emisije CO<sub>2</sub> uslijed potrošnje električne i/ili toplotne energije sagledava se indirektna emisija koja nastaje na lokaciji proizvodnje energije.

Pri proračunu indirektnih emisija CO<sub>2</sub> koristi se sljedeća formula:

$$EM = AD \cdot EF \quad (\text{kg/god.})$$

gdje su:

$EM$	-	emisija CO <sub>2</sub>	(kg/god.)
$AD$	-	korištena električna/toplotna energije	(kWh/god.)
$EF$	-	specifični faktor emisije CO <sub>2</sub> za električnu ili toplotnu energiju	(kg CO <sub>2</sub> /kWh)

Preporuka je koristiti izmjerene vrijednosti korištene električne/toplotne energije ili koristiti vrijednosti iskazane u računima za električnu i toplotnu energiju.

Za potrebe određivanja emisija CO<sub>2</sub> na godišnjem nivou uz podatak o korištenoj energiji, potrebno je poznavati i specifičnu emisiju CO<sub>2</sub> po jedinici korištene električne/ toplotne energije, Tabela 13.3.



Specifični faktor emisije CO<sub>2</sub> varira od godine do godine i ovisi o hidrometeorološkoj situaciji, odnosno o proizvedenoj električnoj energiji iz hidroelektrana, kao i o strukturi fosilnih goriva korištenih u termoelektranama i javnim toplanama.

Za proračunavanje specifične emisije CO<sub>2</sub> po jedinici korisne toplote, pri korištenju električnih uređaja za grijanje, pretpostavljena je prosječna Efikasnost uređaja od 98 %.

**Tabela 13.3. Specifični faktori emisije CO<sub>2</sub> za električnu energiju**

Izvor energije	Po jedinici električne energije (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	Po jedinici korisne toplote (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Električna energija	0,7446	0,7597

Specifični faktori emisije CO<sub>2</sub> za toplote je proračunat na osnovu prosječnog stepena korisnog dejstva sistema proizvodnje i distribucije toplote.

## 14. Iskazivanje energijskih karakteristika zgrada

Osnovni parametar kojim se iskazuje ispunjavanje ili neispunjavanje uslova propisanih Pravilnikom o minimalnim zahtjevima za energijske karakteristike zgrada je relativna vrijednost potrebne godišnje toplotne energije za grijanje za referentne klimatske podatke  $Q''_{H,nd,rel}$ , iskazana kao odnos proračunate referentne toplotne energije i dozvoljene vrijednosti referentne toplotne energije. Prema ovom parametru se određuje i energijski razred zgrada.

$$Q''_{H,nd,rel} = \frac{Q''_{H,nd}}{Q''_{H,nd,dop}}, (\%)$$

gdje su:

$Q''_{H,nd}$	- specifična godišnja potrebna energija za grijanje	(kWh/m <sup>2</sup> god.)
$Q''_{H,nd,dop}$	- dopuštena vrijednost godišnje potrebne energije za grijanje prema Pravilniku o minimalnim zahtjevima za energijske karakteristike zgrada	(kWh/ m <sup>2</sup> god.)

Ostali parametri prema kojim se vrednuju energijske karakteristike zgrada su:

- specifična godišnja potrebna energija za grijanje  $Q''_{H,nd}$  (kWh/m<sup>2</sup>god),
- koeficijent transmisijskog toplotnog gubitka po jedinici površine omotača, grijanog dijela zgrada,  $H''_{tr,adj}$  (W/m<sup>2</sup>K)
- koeficijent prolaza toplote elemenata ovojnice zgrada,  $U_e$  (W/m<sup>2</sup>K).