

Izračunavanje toplotnog opterećenja

Postojeće metode

Mehanizam prenosa toplote u građevinski objekat i kroz njegove delove zavisi od mnogo faktora, koje je teško matematički simulirati ili eksperimentalno utvrditi. Zato su načini proračunavanja toplotnog opterećenja i simulacija prenosa toplote u zgradama teme stalnog proučavanja i usavršavanja.

Sve metode koje se danas koriste zasnivaju se na toplotnom bilansu pripadajućih masa koje ograničavaju prostor koji se klimatizuje uključujući i vazduh prostorije koji je nosilac tehničkih karakteristika unutrašnje sredine.

Najbliža aproksimacija toplotnog bilansa postiže se metodom prenosnih ili tzv. "transfer" funkcija (TF), kojom se toplotno opterećenje dobija u dva koraka: prethodnim izračunavanjem dobitaka od svih izvora toplote, a potom toplotnog opterećenja koje je posledica ovih dobitaka. Sam tok proračuna je dugotrajan i obiman, pa se u praksi izvodi pomoću računara.

Postojeće metode

U evropskoj i našoj projektantskoj praksi najčešće se primenjuje uprošćena verzija metode transfer funkcija za direktno izračunavanje opterećenja, u samo jednom proračunskom koraku. Pomoću fiktivne temperaturske razlike, određene za različite konstrukcije, izračunava se toplotno opterećenje od prolaza toplote kroz zidove, krovove, vrata i prozore.

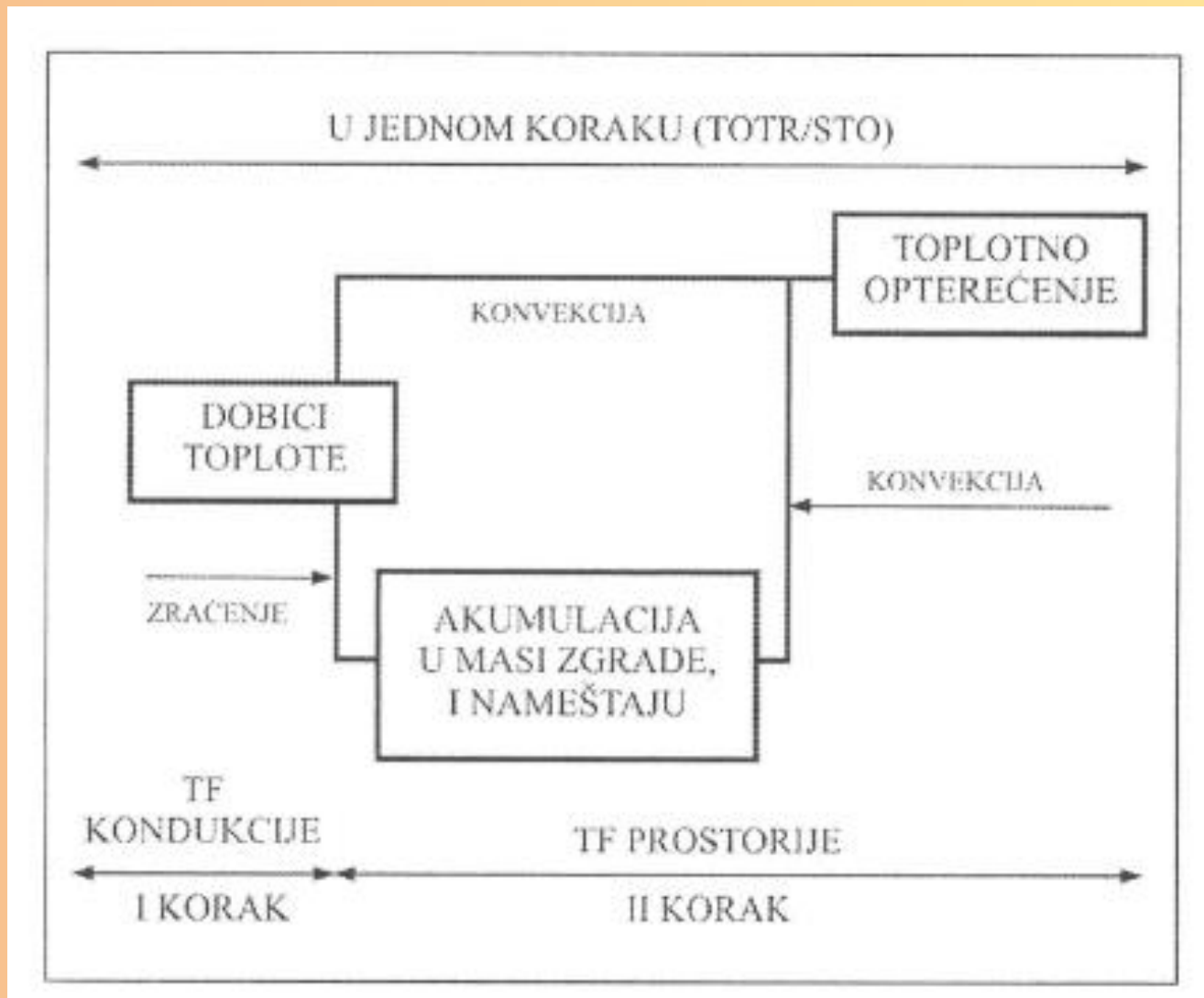
Prema nemačkom standardu DIN, ona se naziva "ekvivalentna temperaturska razlika" ($\Delta t_{\text{ekv.}}$), a prema američkoj literaturi *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) tj. prevedeno kao TOTR (totalno opterećenje od temperaturske razlike).

Postojeće metode

U novijim verzijama ASHRAE literature koja se bavi ovom tematikom, izložen je najnoviji postupak proračuna koji je namenjen isključivo korišćenju računarskog programa. To je metoda „bilansa toplote“ (heat balance method) i njena uprošćena verzija „radijacionih vremenskih nizova“ (radiant time series). Njihova objašnjenja i uputstva za primenu daju se uz računarske programe, a u osnovi su proistekli iz primene teorije prenosnih funkcija.

Postojeće metode

Određivanje toplotnog opterećenja u jednom i dva proračunska koraka



Letnji spoljni projektni parametri

Prema američkoj literaturi, letnja spoljna projektna temperatura je određena kao vrednost koja će u prosečnoj godini biti dostignuta ili prevaziđena u 5% časova u periodu jun-septembar (ukupno 2 928 h). Međutim, data je mogućnost dimenzionisanja i za strože uslove (umesto 5% kriterijum je 1 % ili 2,5% časova) za objekte specijalne namene i strogih zahteva. Spoljne projektne vlažnosti su definisane preko temperatura po vlažnom termometru, koje su određene po istom kriterijumu kao i projektne temperature. Za svako mesto je dat i prosečni dnevni skok temperature (razlika između maksimalne i minimalne dnevne temperature).

Letnji spoljni projektni parametri

U Nemačkoj su definisane četiri klimatske oblasti, pa su propisima predviđena četiri nivoa spoljnih projektnih temperatura. Za svaki je određen dnevni tok temperature prema njenim varijacijama u toku najtoplijih 40 dana u periodu od 20 godina.

Ekstremne vlažnosti spoljnog vazduha su definisane apsolutnom vlažnošću $x = 12$ g/kg suvog vazduha, za sva četiri nivoa spoljne projektne temperature.

Letnje spoljne projektne temperature za našu zemlju su određene putem obrasca:

$$t_{sp} = \frac{\frac{1}{n} \sum_1^n t_{max} + t_{m\ max}}{2}$$

Letnji spoljni projektni parametri

Spoljne projektne vlažnosti date su kao relativne vlažnosti, određene preko srednjih mesečnih vrednosti temperature i vlažnosti u 14 časova, najtoplijeg meseca iz posmatranog perioda.

Treba naglasiti da se klimatske prilike ciklično menjaju i da bi spoljne projektne parametre trebalo češće proveravati. Ovo se naročito odnosi na letnje vlažnosti koje su poslednjih nekoliko godina u toku letnjih meseci u porastu. Takođe, veliki uticaj imaju klimatske promene izazvane globalnim zagrevanjem.

Mesto	Zima	Leto	
	t_{sp}	t_{sp}	φ
Srbija			
1. Aleksinac	-16	34	40
2. Bački Petrovac	-18	34	34
3. Bela Crkva	-19	34	34
4. Beograd	-15	33	33
5. Bečej	-20	34	32
6. Bor	-15	31	-
7. Bosiljgrad	-20	32	36
8. Bujanovac	-18	34	36
9. Bukovička Banja	-18	33	32
10. Valjevo	-16	34	31
11. Vel. Gradište	-	34	29
12. Vladimirci	-	-	-
13. Vlasina	-18	27	38
14. Vranje	-15	34	32
15. Vrbas	-19	33	34
16. Vreoci	-	34	-

Mesto	Zima	Leto	
	t_{sp}	t_{sp}	φ
17. Vrnjačka Banja	-18	34	29
18. Vršac	-22	34	35
19. Gornji Milanovac	-19	33	38
20. Divčibare	-18	26	-
21. Dimitrovgrad	-18	34	30
22. Đakovica	-15	33	-
23. Žagubica	-	33	31
24. Zaječar	-18	34	29
25. Zemun	-18	33	37
26. Zlatibor	-17	28	32
27. Zrenjanin	-18	34	33
28. Jagodina	-18	35	36
29. Jarmenovci	-	32	36
30. Kikinda	-20	33	33
31. Knjaževac	-18	33	39
32. Kokin Brod	-20	31	38
33. Koviljača	-17	34	33
34. Kovin	-18	34	38
35. Kopaonik	-	-	-
36. Kos. Mitrovica	-17	32	-
37. Kragujevac	-18	34	28
38. Kraljevo	-20	34	36
39. Kruševac	-18	35	29
40. Kuršumlija	-17	34	25
41. Leskovac	-18	35	30
42. Mitrovac na Tari	-	26	46
43. Mladenovac	-17	32	42
44. Negotin	-18	35	31
45. Niš	-15	35	26
46. Novi Kneževac	-18	35	45
47. Novi Pazar	-19	33	28
48. Novi Sad	-18	34	32
49. Palić	-18	33	35
50. Pančevo	-16	33	35
51. Petrovac na Mlavi	-	-	-
52. Peć	-15	32	36
53. Pirot	-18	35	33
54. Požarevac	-18	-	-

Letnji spoljni projektni parametri

Za Beograd, sa projektnom temperaturom od 33°C, definisan je i dnevni tok temperature u toku projektnog dana (Tabela 4.2.). Temperature su određivane za svaki sat, kao prosečne vrednosti onih dana krajem jula meseca, čije su maksimalne temperature iznosile oko 33°C.

Tabela 4.2. Trenutna vrednost spoljne temperature vazduha za Beograd (21. juli)

Vreme [h]	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00
t_{sp} [°C]	25,7	25,0	24,4	24,1	24,0	24,4	25,3	26,6	28,2	29,7	30,8	31,9
Vreme [h]	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
t_{sp} [°C]	32,5	32,9	33,0	32,8	32,1	31,0	29,8	28,7	27,8	27,2	26,7	26,4

Intenziteti sunčevog zračenja kao spoljne projektne vrednosti, određene su za 21. jul, za refleksiju okolnog tla od 0,20 i čisto nebo.

ASHRAE metoda (CLTD)

1) Toplotno opterećenje kroz zidove

Proračun toplote provedene kroz zidove (krovove) računa se obuhvatajući istovremeno uticaj sunčevog zračenja i spoljnog vazduha. Oba ova uticaja se kombinuju pomoću sunčano-vazdušne temperature, čije su vrednosti za domaće uslove spoljne temperature i intenzitete sunčevog zračenja za 45° severne širine date u tabeli.

Sam proračun koristi ekvivalentnu temperatursku razliku, koje obuhvata uticaj sunčevog zračenja, termofizičke karakteristike zida (krova), uzimajući u obzir vremensko trajanje prenosa toplote i akumulacionu sposobnost materijala.

ASHRAE metoda (CLTD)

Obrazac formalno ima oblik izraza za stacionarni prenos toplote:

$$Q_z = k \cdot A \cdot TOTR [W],$$

gde je:

k – koeficijent prolaza toplote [W/m^2K]

A – površina zida/krova [m^2]

TOTR (orig. CLTD) - merodavna temperaturska razlika za izračunavanje toplotnog opterećenja [$^{\circ}C$]

ASHRAE metoda (CLTD)

Vrednosti za TOTR su date za grupe zidova i krovova (Tabela 4.3.), sličnih masa i otpora prolazu toplote, zavisno od orijentacije zida odnosno izloženosti suncu, za svaki sat u toku dana. Iznalaženje odgovarajuće temperaturske razlike za izračunavanje toplotnog opterećenja sastoji se u definisanju zida (krova) prema termičkim karakteristikama. Tako se nalazi grupa kojoj data konstrukcija pripada i očitavaju merodavne vrednosti za TOTR.

Zidovi su svrstani u 15 grupa (1-7,9-16). Grupu određuje osnovni materijal zida čije se oznake i karakteristike nalaze u tabeli, položaj osnovne mase prema izolacionom sloju (spolja, unutra, ravnomerno po preseku), otpor prolazu toplote kao i dodatni - sekundarni materijal.

ASHRAE metoda (CLTD)

Kada je definisana grupa kojoj zid pripada, nalaze se vrednosti temperaturnih razlika TOTR koje su izračunate za stalni rad klimatizacionog postrojenja i sledeće uslove:

- spoljna strana zida (krova) je tamne površine i ne nalazi se u senci;
- refleksija tla je 0,20;
- nebo je potpuno vedro, a stepen oblačnosti je 0,0;
- koeficijent prelaza toplote na spoljnoj površini zida (krova) je: $\alpha_s = 17 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- koeficijent prelaza toplote na unutrašnjoj površini zida (krova) je : $\alpha_u = 8,3 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- unutrašnja temperatura: $t_u = 25,5^\circ\text{C}$ (praktično 26°C);
- spoljna projektna temperatura: $t_s = 35^\circ\text{C}$;
- srednja dnevna spoljna temperatura: $t_{om} = 29,4^\circ\text{C}$;
- opseg dnevne promene temperature: $\Delta t_s = 11,6^\circ\text{C}$;
- sunčevo zračenje se odnosi na severnu geografsku širinu na dan 21. jula.

ASHRAE metoda (CLTD)

Ukoliko se temperaturski uslovi razlikuju od ovih, treba izvršiti korekciju tabličnih vrednosti prema:

$$TOTR = (TOTR_T + M) \cdot K + (25,5 - t_u) + (t_{sm} - 29,4),$$

gde je:

TOTR - korigovana tablična vrednost [°C],

TOTR_T - tablična vrednost za zid [°C],

t_u - unutrašnja temperatura [°C],

t_{sm} - srednja dnevna temperatura [°C],

t_s - spoljna projektna temperatura [°C],

M - korektura ako se radi o drugim mesecima [°C],

K - korektura za druge boje zida.

K = 1,0 za tamne površine ili zidove u industrijskoj zoni

K = 0,83 za stalno održavanje srednjih - ni svetlih niti tamnih boja (vangradska sredina)

K = 0,65 za stalno održavanje svetle boje (vangradska sredina).

Tabela 4.3. Temperaturske razlike za izračunavanje toplotnog opterećenja *TOTR za zidove na 45° SŠ [°C]**

Strana sveta	Zid 1																							
	Vreme [h]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
S	1	0	-1	-1	-1	1	5	6	6	7	9	12	13	15	16	16	15	15	15	11	7	4	3	2
SI	1	0	-1	-1	-1	4	16	23	25	22	18	15	15	16	16	16	15	13	11	8	6	4	3	2
I	1	0	-1	-1	-1	4	18	29	35	36	32	26	20	17	17	16	16	14	11	8	6	4	3	2
JI	1	0	-1	-1	-1	2	10	19	27	32	34	33	29	24	19	17	16	14	11	8	6	4	3	2
J	1	0	-1	-1	-1	-1	0	3	8	14	21	27	31	32	31	27	21	16	12	8	6	4	3	2
JZ	1	0	-1	-1	-1	-1	0	3	4	7	10	15	24	32	38	41	40	35	26	15	8	5	3	2
Z	1	1	-1	-1	-1	-1	0	3	5	7	9	12	15	23	32	40	45	44	36	21	10	6	3	2
SZ	1	0	-1	-1	-1	-1	0	3	4	7	9	12	13	15	19	26	32	35	31	19	10	5	3	3

Tabela 4.3a. Korekura *M* za određeno doba godine [°C]

Mesec	<i>S</i>	<i>SI/SZ</i>	<i>I/Z</i>	<i>J1/JZ</i>	<i>J</i>	<i>Hor</i>
Decembar	-3,3	-6	-6,6	-1	4	13
Januar/novembar	-3,3	-6	-6	-1	5	12
Februar/oktobar	-2,7	-6'	-4	-1	6	9
Mart/septembar	-2,2	-3	-2	3	6	6
April/avgust	-1,4	-2	-1	2	4	2
Maj/juli	0	0	0	0	0	0
Juni	0,5	1	1	1	1	1

Tabela 4.4. Termičke karakteristike i opis materijala sloja zida (krova)

Ozna- ka	Opis materijala	Fizičke i termičke karakteristike					
		L [mm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	C_p [kJ/kgK]	R [m ² K/W]	M [kg/m ³]
A0	Otpor prelazu toplote na sp. površ.	0	0,000	0	0,00	0,059	0,00
A1	Malter	25	0,692	1858	0,84	0,037	47,34
A2	Fasadna cigla	100	1,333	2002	0,92	0,076	203,50
A3	Čelična obloga	2	44,998	7698	0,42	0,000	11,71
A4	Šljaka	13	0,190	1121	1,67	0,096	10,74
A5	Otpor prelazu toplote na sp. površ.	0	0,000	0	0,00	0,059	0,00
A6	Završni sloj	13	0,415	1249	1,09	0,031	16,10
A7	Fasadna cigla	100	1,333	2002	0,92	0,076	203,50

Primedba: L - debljina, λ - koeficijent provođenja toplote, ρ - gustina, C_p - specifični toplotni kapacitet, R - termički otpor, M - masa po kvadratnom metru površine.

Tabela 4.5a. Vrste zidova (položaj zidne mase unutra)

Dodatni materijal	R(m ² K/W)	Osnovni materijal ¹⁾														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18

Gipsani sloj / sloj od kreča	0
	0,1
	0,2
	0,3
	0,4
	0,5
	0,6
	0,7
	0,8
	0,9
	1,0
	1,1
	1,2
	1,3
	1,4
	1,5
	1,6
	1,7
	1,8
	1,9
	2,0
	2,1
	2,2
	2,3
	2,4
	2,5
	2,6
	2,7
	2,8
	2,9
	3,0
	3,1
	3,2
	3,3
	3,4
	3,5

Tabela 4.5b. Grupe vrsta zidova (ravnomeran položaj zidne mase)

Dodatni materijal	R(m ² K/W)	Osnovni materijal ¹⁾														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18

Tabela 4.5c. Vrste zidova (položaj zidne mase spolja)

Dodatni materijal	R(m ² K/W)	Osnovni materijal ¹⁾														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Gipsani sloj/sloj od kreča	0 do 0,35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,35 do 0,44	*	3	*	*	*	*	*	2	3	5	*	*	*	*	*
	0,44 do 0,53	*	3	*	*	*	2	*	2	4	5	*	*	5	*	*
	0,53 do 0,62	*	3	*	*	*	2	2	2	5	5	*	*	5	*	*
	0,62 do 0,70	*	3	*	*	*	2	2	2	5	5	10	4	6	*	5
	0,70 do 0,84	*	4	*	*	*	4	2	2	5	5	10	4	6	*	9
	0,84 do 0,97	*	4	*	*	*	4	2	2	5	6	11	5	10	*	10
	0,97 do 1,14	*	5	*	*	*	4	2	2	5	6	11	5	10	*	10
	1,14 do 1,36	*	5	*	*	*	4	2	2	5	6	11	5	10	*	10
	1,36 do 1,59	*	5	*	*	*	5	2	4	5	6	16	10	10	*	10
	1,59 do 1,89	*	5	*	*	*	5	4	4	5	6	16	10	19	4	11
	1,89 do 2,24	*	5	*	*	*	5	4	4	10	6	16	10	10	9	11
	2,24 do 2,64	*	5	*	*	*	5	4	4	10	10	*	10	11	9	11
	2,64 do 3,08	*	5	*	*	*	5	4	4	10	10	*	10	11	10	16
	3,08 do 3,52	*	5	*	*	*	9	4	4	10	10	*	10	15	10	16

ASHRAE metoda (CLTD)

2) Toplotno opterećenje kroz krovove

Određivanje temperaturskih ekvivalentnih razlika TOTR za krovove slično je kao i za zidove (Tabela 4.6.). U tabeli su svrstane vrednosti TOTR prema vrstama krovova, za 10 različitih konstrukcija (obeležениh brojevima 1-5, 8-10, 13 i 14). Vrednosti temperaturskih razlika su zasnovane na istim uslovima kao i za zidove: tamna boja površine krova, unutrašnja i spoljna maksimalna temperatura su $25,5^{\circ}\text{C}$ i 35°C , srednja dnevna temperatura je $29,4^{\circ}\text{C}$, a dnevni skok temperature $11,6^{\circ}\text{C}$.

Grupa kojoj određena konstrukcija krova pripada, nalazi se prema koeficijentu otpora prolazu toplote, ugrađenom materijalu i položaju osnovne mase prema izolacionom sloju, sa izdvojenim slučajevima kada je ispod krova obična ili spuštena tavanica.

ASHRAE metoda (CLTD)

Ukoliko se temperaturski uslovi razlikuju od ovih, treba izvršiti korekciju tabličnih vrednosti prema:

$$TOTR = [(TOTR_T + M) \cdot K + (25,5 - t_u) + (t_{sm} - 29,4)] \cdot f,$$

gde je:

TOTR - korigovana tablična vrednost [°C] ,

TOTR_T - tablična vrednost za krov [°C],

t_u - unutrašnja temperatura [°C] ,

t_{sm} - srednja dnevna temperatura [°C],

t_s - spoljna projektna temperatura [°C],

M - korektura ako se radi o drugim mesecima [°C],

K - korektura za druge boje zida,

f - korektura ako se tavan provetrava f = 0,75.

K = 1,0 za taman krov

K = 0,5 za stalno svetao krov (vangradska sredina)

Tabela 4.6. Temperaturska razlika za toplotno opterećenje kroz krovove *TOTR**

Br. krova	Sati																							
	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
1	0	-1	-2	-3	-3	-3	0	7	16	25	33	41	46	49	49	46	41	33	24	14	8	5	3	1
2	1	0	-1	-2	-3	-3	-2	2	9	18	27	34	41	46	48	47	44	39	31	22	14	8	5	3
3	7	4	3	1	0	-1	0	3	7	13	19	26	32	37	40	41	41	37	33	27	21	17	13	9
4	9	6	4	2	1	-1	-2	-2	0	4	9	16	23	30	36	41	43	43	41	37	31	25	19	13
5	12	9	7	4	3	2	1	1	3	7	12	17	23	28	33	37	38	38	36	33	28	23	19	15
8	16	13	12	9	8	7	6	6	7	9	12	16	19	23	27	29	31	32	31	29	27	24	21	18
9	18	14	12	9	7	5	3	2	2	4	7	11	15	20	25	29	33	35	36	35	32	39	35	21
10	21	18	15	13	11	8	7	6	5	6	7	9	13	17	21	24	28	31	32	32	31	29	26	23
13	19	17	16	14	12	11	10	9	9	9	11	13	16	18	21	23	26	27	27	27	26	24	22	21
14	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	12	13	16	18	20	22	23	24	25	25	24	23	22	21

Tabela 4.7. Grupe krovnih konstrukcija za primenu tabele 4.6

<i>Položaj mase¹⁾</i>	<i>Spuštena tavanica</i>	<i>R [m²K/W]</i>	<i>B7 (drvo 25) [mm]</i>	<i>C12 (vrlo težak beton) 50 mm</i>	<i>A3 (čelična prekrivka)</i>	<i>Kombinacija tavanica i tavan</i>
Masa unutra	bez	0 do 0,9	*	2	*	*
		0,9 do 1,8	*	2	*	*
		1,8 do 2,6	*	4	*	*
		2,6 do 3,5	*	4	*	*
		3,5 do 4,4	*	5	*	*
		4,4 do 5,3	*	*	*	*
	sa	0 do 0,9	*	5	*	*
		0,9 do 1,8	*	8	*	*
		1,8 do 2,6	*	13	*	*
		2,6 do 3,5	*	13	*	*
		3,5 do 4,4	*	14	*	*
		4,4 do 5,3	*	*	*	*
Masa ravnomerno raspoređena	bez	0 do 0,9	1	2	1	1
		0,9 do 1,8	2	*	1	2
		1,8 do 2,6	2	*	1	2
		2,6 do 3,5	4	*	2	2

ASHRAE metoda (CLTD)

3) Toplotno opterećenje kroz spoljašnja vrata

Prolaz toplote kondukcijom kroz vrata (isto važi i za prozore) smatra se da ne podleže znatnijem uticaju akumulacije, s obzirom na malu masu vrata. Opterećenje se računa sa spoljnom temperaturom za doba dana za koje se vrši proračun, prema sledećoj formuli:

$$Q_{(\tau)} = k \cdot A \cdot [t_{s(\tau)} - t_u] [W]$$

gde je:

k - koeficijent prolaza toplote kroz vrata [W/m^2K],

A - površina vrata [m^2],

t_s - spoljna temperatura za čas za koji se računa opterećenje [$^{\circ}C$],

t_u - unutrašnja temperatura [$^{\circ}C$].

Za mesta u našoj zemlji sa letnjom spoljnom projektnom temperaturom od oko $33^{\circ}C$, treba koristiti časovne temperature koje su date u tabeli 4.2.

ASHRAE metoda (CLTD)

4.1) Proračun toplotnog opterećenja od sunčevog zračenja kroz prozore korišćenjem koeficijenta akumulacije

Ovaj stariji pristup bio je zasnovan na propuštenoj količini toplote koja je množena tzv. koeficijentom akumulacije toplote. Na taj način se dobitak toplote svodi na opterećenje, uzimajući u obzir uticaj akumulacije toplote prenete u prostoriju zračenjem. Ovakav postupak proračunavanja toplotnog opterećenja pratio je fizikalnost procesa: sunčevo zračenje se propušta kroz prozor u vidu dobitka toplote (sunčevi toplotni dobici - STD), a potom se apsorbuje, podleže akumulaciji i prenosi se konvekcijom na sobni vazduh, predstavljajući toplotno opterećenje.

ASHRAE metoda (CLTD)

Sa takvim pristupom proračunu koristi se izraz:

$$Q_{\tau} = A \cdot STD_{max} \cdot f_{PR} \cdot S(\tau),$$

gde je:

A - površina prozora [m^2],

STD_{max} - maksimalno propušteno sunčevo zračenje (sunčevi toplotni dobici) kroz referentno staklo [W/m^2] (SHGF - Solar Heat Gain Factor),

f_{PR} - propustljivost prozora (stakla) prema referentnom staklu,

$S(\tau)$ - koeficijent akumulacije (CLF - Cooling Load Factor).

ASHRAE metoda (CLTD)

Ako je prozor delom ili potpuno pod senkom od ispusta oko njega, balkona iznad prozora ili ako je uvučen, onda deo prozora prima samo difuzno zračenje, pa važi sledeći obrazac:

$$Q_{\tau} = [A_1 \cdot (STD)_{max} \cdot S_{(\tau)} + (A - A_1) \cdot (STD)_{dif.max.} \cdot S_{(\tau) dif.}] \cdot f_{PR},$$

gde je:

A_1 – deo prozora pod sunčevim zračenjem [m^2],

A – ukupna površina prozora [m^2],

STD – ukupno sunčevo zračenje kroz prozor [W/m^2],

$STD_{dif.}$ – difuzno sunčevo zračenje kroz prozor [W/m^2].

U gornjem obrascu osenčena površina A_1 odgovara trenutku za koji se opterećenje računa, što stvara grešku, jer zbog posledica efekta akumulacije treba obuhvatiti veličine senke i iz prethodnog perioda.

ASHRAE metoda (CLTD)

Koeficijent f_{PR} predstavlja odnos propustljivosti ugrađenog stakla prema referentnom, a uključuje ne samo razne debljine stakla i dodatne materijale u staklenoj masi, već i prozorske zastore, kao i druge vrste zaštite od sunčevog zračenja.

Koeficijenti akumulacije, odnosno skladištenja toplote S , razvrstani su prema masi konstrukcije prostorije svedene na jedinicu površine poda (laka 150 kg/m^2 , srednja 350 kg/m^2 , teška 650 kg/m^2) i izraženi su u odnosu na maksimalnu vrednost propuštenog sunčevog zračenja (dobitak toplote) kroz prozor odgovarajuće orijentacije. Koeficijenti su dati za neprekidan rad klimatizacionog sistema i nalaze se u tabeli 4.8 za prozore bez zastora, a u tabeli 4.9 sa unutrašnjim zastorima.

U tabeli 4.10 su izdvojene vrednosti maksimalnog propuštenog zračenja STD_{\max} kroz referentno staklo (obično staklo debljine 3 mm).

Tabela 4.8. Koeficijenti akumulacije $S(\tau)$ za prozore bez unutrašnjih zastora – opšti slučajevi (prema ASHRAE – CLF, Cooling Load Factor)

Orijentacija	Konstr. sobe	Koeficijenti																							
		Vreme																							
		01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
S	L	0,17	0,14	0,11	0,09	0,08	0,33	0,42	0,48	0,56	0,63	0,71	0,76	0,80	0,82	0,82	0,83	0,79	0,75	0,84	0,61	0,48	0,31	0,25	0,20
	S	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,34	0,41	0,46	0,53	0,59	0,65	0,70	0,73	0,75	0,76	0,74	0,75	0,79	0,61	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27
	T	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,38	0,45	0,49	0,55	0,60	0,65	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,70	0,75	0,57	0,46	0,39	0,34	0,31	0,28
SI	L	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,23	0,41	0,51	0,41	0,45	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	S	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,21	0,36	0,44	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08

Tabela 4.9 Koeficijenti akumulacije $S(\tau)$ za prozore sa unutrašnjim zastorima

Orijentacija	Koeficijent																							
	Vreme																							
	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
S	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,73	0,66	0,65	0,73	0,80	0,86	0,89	0,89	0,86	0,82	0,75	0,78	0,91	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10
SI	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,56	0,76	0,74	0,58	0,37	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,16	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
I	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,47	0,72	0,80	0,76	0,62	0,42	0,27	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
JI	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,30	0,57	0,74	0,81	0,79	0,68	0,49	0,33	0,28	0,25	0,22	0,18	0,13	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
J	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,16	0,23	0,38	0,58	0,75	0,83	0,80	0,68	0,50	0,35	0,27	0,19	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
JZ	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,38	0,59	0,75	0,83	0,81	0,69	0,45	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06
Z	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,31	0,53	0,72	0,82	0,81	0,61	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
SZ	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,82	0,69	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
HOR	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,12	0,27	0,44	0,59	0,72	0,81	0,85	0,85	0,81	0,71	0,58	0,42	0,25	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06

Tabela 4.10. Maksimalno propušteno sunčevo zračenje kroz staklo za 45° SŠ (STD_{max})

Mesec	S Senka	SI SZ	I Z	JI JZ	J	Hor
Januar	53	53	414	712	783	325
Februar	68	131	551	769	779	485
Mart	85	269	659	750	694	635
April	102	426	696	664	549	743
Maj	112	506	691	585	429	800
Juni	148	530	679	545	377	814
Juli	116	500	677	571	418	792
Avgust	107	413	671	641	531	731
Septembar	88	246	619	715	671	597
Oktoabar	71	128	530	742	753	477
Novembar	54	54	504	698	770	325
Decembar	47	47	330	658	758	261

Tabela 4.11. Koeficijenti propustljivosti stakla i zastora Σ_{PR}

Vrsta stakla	Debljine [mm]	f_{PR} – prozori bez zastora	f_{PR} – prozori sa unutrašnjim zastorom				
			Žaluzine		Roletne		
			srednje	svetle	tamne	svetle	prozračne
Jednostruko							
obično	3	1					
obično	6	0,94	0,64	0,55	0,59	0,25	0,39
obično	9	0,90					
obično	12	0,87					
apsorpciono	3	0,83					
apsorpciono	5	0,69					
plavo	3	0,69	0,57	0,53	0,45	0,30	0,36
refleksiono	–	0,69					
Dvostruko							
spoljnje obično	3	0,88					
unutr. obično	3	0,88					
spoljnje obično	6	0,81	0,57	0,51	0,60	0,25	0,37
unutr. obično	6	0,81					
spoljnje obično	6	0,36					

ASHRAE metoda (CLTD)

Određivanje "težine" prostorije, odnosno ugrađene mase koja joj pripada, svedeno na jedinicu površine poda, vrši se obuhvatajući celu masu spoljnog zida i polovinu mase ostalih, uključujući pod i tavanicu, jer pregradne mase između dve prostorije pripadaju obema prostorijama:

$$M = \frac{M_{sz} + \frac{1}{2} \sum (M_{uz} + M_p + M_t)}{A_p},$$

gde je:

M - ugrađena masa [kg],

sz - spoljni zidovi,

uz - unutrašnji zidovi,

p - pod,

t - tavanica,

A_p - površina poda [m²].

Ukoliko se radi o poslednjem spratu ili prizemlju, masa krova-tavanice, odnosno podne konstrukcije, obuhvata se sa svojom celokupnom masom.

ASHRAE metoda (CLTD)

4.2) Toplotno opterećenje od sunčevog zračenja kroz prozore korišćenjem jediničnog opterećenja

Noviji način principijelno se ne razlikuje od prethodno objašnjenog. Razlika je što su uvedene vrednosti toplotnog jediničnog sunčevog opterećenja STO (SCL - Solar Cooling Load), kao ekvivalent proizvodu STD_{max} i S , izračunate i date u tabelarnom pregledu, smanjujući korišćenje dve tabele na jednu, pomoću sledećeg obrasca:

$$Q = A \cdot STO \cdot f_{PR} [W],$$

gde je:

A – površina prozora [m^2]

STO - toplotno opterećenje od sunčevog zračenja kroz prozor određene orijentacije [W/m^2]

f_{PR} - koeficijent propustljivosti određenog prozora prema propustljivosti jednostrukog prozorskog stakla.

ASHRAE metoda (CLTD)

Za prozore pokrivene senkom, analognim pristupom kao u prethodnoj metodi, koristi se sledeći izraz:

$$Q_{\tau} = [A_1 \cdot STO + (A - A_1) \cdot STO_{dif}] \cdot f_{PR},$$

gde je:

A_1 – deo prozora pod sunčevim zračenjem [m^2],

A – ukupna površina prozora [m^2],

STO – jedinično toplotno opterećenje za stranu sveta kojoj je izložen prozor [W/m^2],

STO_{dif} – opterećenje za prozor severne orijentacije i sve osenčene prozorske površine [W/m^2].

ASHRAE metoda (CLTD)

Vrednosti jediničnog toplotnog opterećenja STO date su za četiri grupe prostorija - A, B, C i D, pa pri izračunavanju opterećenja treba prvo naći pripadnost određenoj grupi. Polazi se od toga da li je zgrada jednospratna ili višespratna, a potom nalazi odgovarajući nivo – sprat.

Za prizemne - pojedinačne zgrade, merodavne karakteristike su broj spoljašnjih zidova, prekrivka poda, materijal pregradnih zidova i postojanje zaštite od sunčevog zračenja sa unutrašnje strane prozora.

Za prostorije u višespratnicama razlikuju se one sa 1 ili 2 odnosno 3 ili 4 spoljna zida. S obzirom na efekat akumulacije, osnovni faktor je materijal podne - međuspratne konstrukcije, a potom tip tavanice i ostale karakteristike već pomenute za prostorije u pojedinačnim zgradama.

Tabela 4.17. Toplotno opterećenja od sunčevog zračenja kroz prozor za 1–24 časa – STO

Strana sveta	Prostorije grupe A																							
	Vreme [h]																							
	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
S	0	0	0	0	29	85	79	86	99	108	118	122	122	119	111	98	90	109	64	25	12	5	3	2
SI	0	0	0	0	65	300	409	407	320	209	162	144	133	122	113	99	82	59	28	12	6	3	0	0
I	0	0	0	0	64	331	511	589	575	484	330	207	163	138	121	102	84	59	28	12	6	3	0	0
JI	0	0	0	0	23	170	321	437	501	509	455	349	226	164	133	109	87	61	28	12	6	3	2	0
J	0	0	0	0	6	32	56	89	163	253	329	371	370	328	248	160	110	71	33	15	8	3	2	0
JZ	2	0	0	0	6	32	56	76	95	108	137	238	360	457	510	507	445	319	140	63	31	15	8	3
Z	3	2	0	0	6	32	56	76	95	108	116	122	203	355	494	588	608	514	243	103	49	25	12	6
SZ	3	0	0	0	6	32	56	76	95	108	116	122	122	138	231	352	433	418	204	85	41	20	9	5
hor	0	0	0	0	10	92	219	379	521	644	730	779	784	743	661	543	394	233	103	48	24	12	6	3
Strana sveta	Prostorije grupe B																							
	Vreme [h]																							
	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
S	6	6	3	3	27	75	68	76	88	101	108	115	116	115	108	99	92	108	70	36	24	18	13	9
SI	6	3	3	3	57	256	347	354	293	209	134	158	145	136	125	111	95	73	45	28	19	16	9	9
I	6	6	3	3	55	282	435	509	513	451	331	233	197	171	149	129	107	83	51	34	24	18	13	9
JI	8	6	5	3	21	146	275	375	439	456	422	342	245	195	162	138	114	88	55	36	27	19	15	12
J	8	6	5	3	7	29	49	76	141	220	287	329	335	308	248	177	133	99	62	43	31	23	17	12
JZ	21	18	13	9	12	32	53	69	85	98	171	211	316	403	455	463	421	322	174	110	76	53	39	29
Z	29	21	16	13	12	32	53	69	85	98	108	113	184	314	434	519	548	481	261	151	103	72	51	39
SZ	21	16	13	9	10	32	53	69	85	96	105	113	115	129	210	315	386	379	209	114	75	54	39	27
hor	25	19	16	13	17	83	197	328	454	566	651	707	724	704	647	554	430	292	175	119	85	62	46	35

ASHRAE metoda (CLTD)

5) Toplotno opterećenje prenosom toplote kroz prozore kondukcijom

Toplotno opterećenje koje se javlja i usled prenosa toplote kondukcijom kroz prozore, računa se kao i kroz vrata, koristeći izraze za prolaz toplote:

$$Q_{\tau} = A \cdot k \cdot (TOTR) [W],$$

$$Q_{\tau} = A \cdot k \cdot (t_s(\tau) - t_u) [W],$$

gde je:

A - površina prozora [m²],

k - koeficijent prolaza toplote za prozor [W/m²K],

t_s - stalna temperatura u trenutku τ za koji se radi opterećenje [°C],

t_u - unutrašnja temperatura [°C],

TOTR - temperaturska razlika za izračunavanje toplotnog opterećenja [°C].

ASHRAE metoda (CLTD)

Vrednosti TOTR za projektni letnji dan su izračunate za spoljnu projektanu temperaturu od 35°C, dnevni skok od oko 12°C, srednju dnevnu od 29,4°C i za unutrašnju temperaturu od 25,5°C.

Tabela 4.18. TOTR za prozore

Vreme	TOTR [°C]	Vreme [h]	TOTR [°C]	Vreme [h]	TOTR [°C]
01.00	1	09.00	7	17.00	7
02.00	0	10.00	2	18.00	7
03.00	-1	11.00	4	18.00	6
04.00	-1	12.00	2	20.00	4
05.00	-1	13.00	7	21.00	3
06.00	-1	14.00	7	22.00	2
07.00	-1	15.00	8	23.00	2
08.00	0	16.00	8	24.00	1

Podaci u tabeli važe za spoljne projektne temperature od 33°C do 39°C, za dnevni skok 9-19°C, za srednju dnevnu temperaturu oko 29,4°C. Korektura je neophodna za unutrašnje temperature različite od 25,5°C. Za domaće uslove, za gradove sa letnjom projektnom temperaturom od oko 33°C (Beograd) koristiti podatke o časovnim vrednostima spoljne projektne temperature i drugu navedenu formulu.

ASHRAE metoda (CLTD)

6) Toplotno opterećenje od unutrašnjih izvora

Među unutrašnje izvore toplote spadaju pre svega ljudi, osvetljenje i razni aparati i uređaji. Oni predstavljaju značajne uzroke toplotnog opterećenja, koje u nekim slučajevima može da bude dominantno pri dimenzionisanju klimatizacionog postrojenja. Tipični primeri su pozorišne dvorane, televizijski studiji i razne proizvodne prostorije.

Svi pomenuti izvori odaju toplotu konvekcijom i zračenjem, pa se s obzirom na prenos toplote zračenjem, uticaj akumulacije u građevinskoj masi mora obuhvatiti pri izračunavanju toplotnog opterećenja.

ASHRAE metoda (CLTD)

Toplotno opterećenje od ljudi

Čovek u stanju mirovanja oslobađa i osetnu i latentnu toplotu. Opterećenje se izračunava prema izrazima:

$$Q_s = n \cdot q_s \cdot (KTO)_{lj} [W],$$

$$Q_l = n \cdot q_l [W],$$

gde je:

q_s – osetno odavanje toplote jednog čoveka [W/čovek],

q_l – latentno odavanje toplote jednog čoveka [W/čovek],

n – broj ljudi,

KTO_{lj} - koeficijent toplotnog opterećenja s kojim se dobitak toplote svodi na opterećenje (Cooling Load Factor - CLF for people)

ASHRAE metoda (CLTD)

Koeficijenti toplotnog opterećenja koji se odnose na odavanje toplote ljudi zavise od dužine njihovog zadržavanja u klimatizovanom prostoru, vremena koje je proteklo od prvog ulaska i vrste prostorije. Vrste prostorije su podeljene u četiri grupe (A, B, C, D) i klasifikovane u iste tabele kao i za slučaj toplotnog opterećenja od sunčevog zračenja kroz prozore. Koeficijenti su određeni za odnos odavanja toplote zračenjem i konvekcijom 70:30.

Ako je režim rada klimatizacionog postrojenja takav da dolazi do noćnih prekida, onda pri ponovnom uključivanju sistema treba računati sa koeficijentom toplotnog opterećenja $KTO = 1$. Ovo je zato što se akumulisana energija iz prethodnog perioda rada klimatizacionog postrojenja nije oslobodila, jer je nakon isključenja sistema nestala temperaturna razlika između površine zidova i vazduha u prostoriji, pa do njenog oslobodjenja dolazi tek nakon ponovnog uključivanja klimatizacionog postrojenja i to se obuhvata maksimalnim koeficijentom toplotnog opterećenja.

ASHRAE metoda (CLTD)

Toplotno opterećenje od osvetljenja

Svetiljke takođe odaju toplotu konvekcijom i zračenjem. Toplota konvektivno prenetu na sobni vazduh jeste trenutno toplotno opterećenje koje istovremeno neutrališe klimatizacioni sistem. Deo toplote koji se prenosi zračenjem, kao i u slučaju sunčevog zračenja i odavanja toplote ljudi, podleže apsorpciji i akumulaciji u građevinskoj masi i nameštaju. Zbog toga dolazi do vremenskog kašnjenja pri ostvarivanju opterećenja, pa se ono javlja i posle isključenja svetla.

Toplota svetiljki odaje se pre svega od elemenata koji emituju svetlost (cevi, sijalice), ali i od drugih delova svetiljke.

ASHRAE metoda (CLTD)

Trenutno toplotno opterećenje od osvetljenja računa se prema:

$$q = N \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot (KTO)_s [W],$$

gde je:

N - ukupna instalisana snaga [W],

f_1 - koeficijent jednovremenosti,

f_2 - koeficijent ostatka,

$(KTO)_s$ - koeficijent toplotnog opterećenja od svetiljki.

Koeficijent jednovremenosti f_1 predstavlja odnos snage koja se koristi u uslovima za koje se računa opterećenje, prema instalisanom. Koeficijent f_2 se odnosi na fluorescentne svetiljke, kroz koje se izvlači vazduh kao i na one koje su ugrađene tako da samo delom opterećuju toplotom klimatizovani prostor.

ASHRAE metoda (CLTD)

Vrednosti koeficijenta toplotnog opterećenja takođe su raspoređene za četiri vrste prostorija A, B, C i D. Pripadnost se očitava u istim tabelama kao i pri proračunu toplotnog opterećenja od sunčevog zračenja kroz prozore i opterećenja od ljudi.

Tabela za očitavanje koeficijenta KTO ima vrednosti razvrstane prema trajanju uključenosti svetla i periodu koji je protekao po isključenju. Ukoliko klimatizaciono postrojenje radi samo za vreme boravka ljudi u zgradi, KTO je 1. Ako se osvetljenje koristi sva 24 časa, opet se koristi $KTO = 1$. Ako deo svetiljki radi po jednom, a deo po drugom rasporedu, proračun se izvodi izdvojeno. Vrednosti KTO su izračunate za odnos odavanja toplote svetiljki konvekcijom i zračenjem 30:70. Za drugačije relacije vrši se korekcija. Za svetiljke koje su ventilirane ili uvučene u tavanicu, proizvođač mora da navede podatke na osnovu kojih bi mogao da se ustanovi deo snage koji utiče na toplotno opterećenje prostorije, odnosno deo koji se odvodi vazduhom preko svetiljki.

ASHRAE metoda (CLTD)

Toplotno opterećenje od mašina

Toplotno opterećenje od mašine pokretane elektromotorom koji se nalazi sa njom u klimatizovanoj prostoriji, izračunava se prema izrazu:

$$q_m = \left(\frac{P}{e_m} \right) \cdot f_m \cdot f_o \cdot (KTO)_m [W],$$

gde je:

$(KTO)_m$ - koeficijent toplotnog opterećenja od mašina,

P - ukupna instalisana snaga mašine [W],

e_m - koeficijent efikasnosti elektromotora $< 1,0$,

f_m - koeficijent upotrebe elektromotora $\leq 1,0$,

f_o - koeficijent opterećenja elektromotora $\leq 1,0$.

Koeficijent upotrebe elektromotora u konvencionalnoj primeni je $f_m = 1$, samo kada su poznati periodi prekida u radu motora važi $f_m < 1$. Koeficijent opterećenja elektromotora predstavlja procenat angažovanosti mašine od ukupno instalisane snage P.

ASHRAE metoda (CLTD)

Koeficijenti toplotnog opterećenja mašina $(KTO)_m$ računati su takođe metodom prenosnih funkcija i tablično su dati u zavisnosti od toga da li na motoru postoji kapa (hauba) za lokalno odsisavanje vazduha. Za otvorene motore odnos zračenja i konvekcije je 70:30, pa je potrebno izvršiti korekciju za drugi odnos kao i kod ljudi. Logično, za poklopljene motore podaci se odnose na stoprocentno odavanje toplote zračenjem (nema konvektivnog odavanja toplote). Podaci su dati u zavisnosti od vremena rada mašine.

ASHRAE metoda (CLTD)

Kada je u pitanju toplotno opterećenje od bilo koje druge opreme ili tehnološkog postupka, ono se deli na osetno i latentno. Računa se po obrascu:

$$q_{os} = q'_{os} \cdot (KTO)_m [W],$$

$$q_{lat} = q'_{lat} \cdot e_{lat} [W],$$

gde je:

q' - odgovarajući toplotni dobitci [W],

q – odgovarajuće opterećenje [W].

Koeficijenti toplotnog opterećenja i u ovom slučaju imaju isto značenje kao i u prethodnim, a uzimaju se takođe iz tabela, kao i za toplotno opterećenje od mašina. Ukoliko sistem za klimatizaciju ne radi konstantno sva 24 sata dnevno, tada i ovaj koeficijent ima vrednost 1,0, kao i u prethodnim slučajevima. Podaci za toplotne dobitke mogu se eksperimentalno odrediti, ili dobiti od proizvođača opreme.

Tabela 4.19. Koeficijenti toplotnog opterećenja od ljudi i otvorenih mašina (KTO)

Broj sati provedenih u prostoriji	Tip prostorije A											
	Broj sati koji su protekli otkako su ljudi u prostoriji ili otkako su mašine uključene											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0,75	0,88	0,18	0,00								
4	0,75	0,88	0,93	0,00								
6	0,75	0,88	0,93	0,00								
8	0,75	0,88	0,93	0,00								
10	0,75	0,88	0,93	0,00								
12	0,75	0,88	0,93	0,00								
14	0,76	0,88	0,93	0,00								
16	0,76	0,89	0,94	0,00								
18	0,77	0,89	0,94	0,00								
Broj sati provedenih u prostoriji	Broj sati koji su protekli otkako su mašine uključene											
	13	14	15	16								
	13	14	15	16								
2	0,00	0,00	0,00	0,00								
4	0,01	0,01	0,00	0,00								
6	0,02	0,01	0,01	0,00								
8	0,03	0,02	0,02	0,01								

Tabela 4.20. Koeficijenti toplotnog opterećenja za osvetljenje – KTO

Uključenost osvetljenja [h]	Tip prostorije A											
	Broj sati koji su protekli otkako je osvetljenje uključeno											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	0,85	0,92	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
10	0,85	0,93	0,95	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
12	0,86	0,93	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
14	0,86	0,93	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
16	0,87	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Broj sati koji su protekli otkako su mašine uključene											
	13	14	15	16								
	13	14	15	16								
8	0,02	0,02	0,02	0,01								
10	0,04	0,03	0,02	0,02								
12	0,14	0,07	0,04	0,03								
14	0,99	0,99	0,15	0,07								
16	0,99	0,99	0,99	0,99								

Tabela 4.21. Koeficijenti toplotnog opterećenja za poklopljene mašine – KTO

Broj sati rada	Tip prostorije A											
	Broj sati koji su protekli otkako su mašine uključene											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0,64	0,83	0,26	0,11	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
4	0,64	0,83	0,90	0,93	0,31	0,14	0,07	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01
6	0,64	0,83	0,90	0,93	0,96	0,96	0,33	0,16	0,09	0,06	0,04	0,03
8	0,64	0,83	0,90	0,93	0,96	0,96	0,97	0,97	0,34	0,16	0,09	0,06
10	0,64	0,83	0,90	0,93	0,96	0,96	0,97	0,97	0,99	0,99	0,34	0,17
12	0,64	0,83	0,90	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99
14	0,66	0,83	0,90	0,94	0,96	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
16	0,66	0,84	0,91	0,94	0,96	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
18	0,67	0,84	0,91	0,94	0,96	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
	Broj sati koji su protekli otkako su mašine uključene											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ASHRAE metoda (CLTD)

Toplotno opterećenje usled prodora toplog vazduha

Spoljni vazduh koji je na višoj temperaturi od klimatizovane prostorije, bilo da se uvodi u zgradu zbog ventilacije, ili prodire infiltracijom kroz razne otvore, predstavlja izvor toplotnog opterećenja - i osetnog i latentnog. Osetno toplotno opterećenje se računa prema izrazu:

$$Q_{os} = 3,6 \cdot \rho \cdot V \cdot (C_{Ps} + C_{Pv}) \cdot (t_s - t_u) [W],$$

Gde je:

ρ - gustina vazduha 1,2 [kg/m³],

V - količina spoljnjeg vazduha koji prodire u prostoriju [m³],

C_{Ps} - specifična toplota suvog vazduha 1,006 [kJ/kgK],

C_{Pv} - specifična toplota vodene pare 1,84 [kJ/kgK],

t_s - spoljna temperatura [°C],

t_u - unutrašnja temperatura [°C].

ASHRAE metoda (CLTD)

Latentna toplota se računa iz:

$$Q_l = 3,6 \cdot \rho \cdot V \cdot r \cdot (x_s - x_u) [W],$$

gde je:

r - toplota isparavanja vode 2500 [kJ/kg],

x_s - apsolutna vlažnost spoljnjeg vazduha [kg/kg],

x_u - apsolutna vlažnost unutrašnjeg vazduha [kg/kg].

ASHRAE metoda (CLTD)

Toplotno opterećenje od susednih neklimatizovanih prostorija

U slučaju graničenja klimatizovane prostorije sa prostorima u kojima se održava temperatura višom ili nižom od one u prostoriji za koju se računa toplotno opterećenje, dolazi do dobitaka ili gubitaka. Kada je u susednoj prostoriji promena temperature mala, toplotno opterećenje se računa pomoću izraza za prolaz toplote u stacionarnim uslovima:

$$Q = k \cdot A \cdot (t_b - t_u) [W],$$

Gde je:

A - površina pregradnog zida [m²],

k- koeficijent prolaza toplote [W/m²K],

t_b - temperatura u susednom prostoru [°C],

t_u - temperatura klimatizovane prostorije [°C].

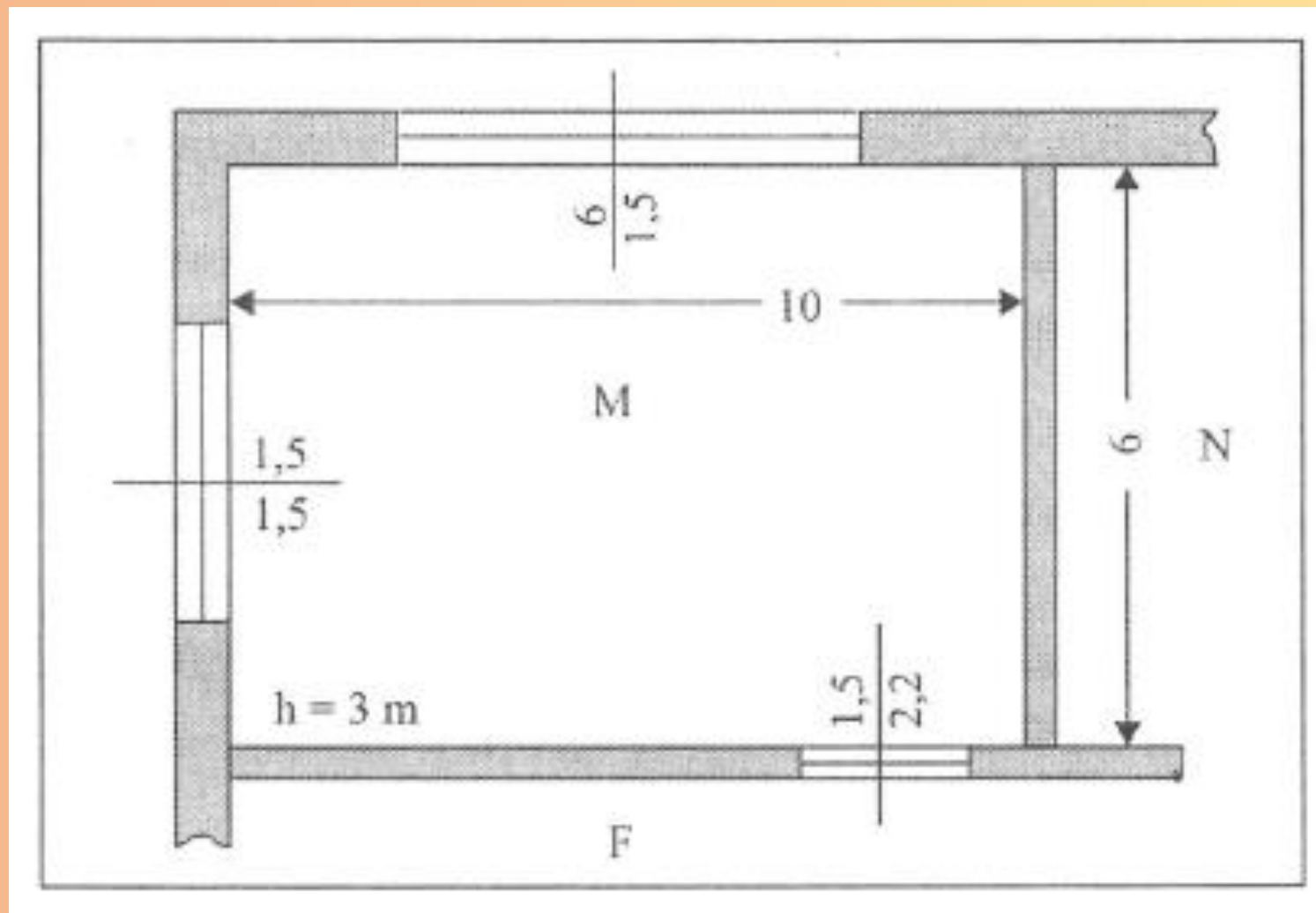
Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Primer 1.

Izračunati toplotno opterećenje, u 12.00 i 14.00 h, za prostoriju M, za koju je osnova prikazana na slici. Prostorija se nalazi na trećem spratu višespratnice, a u njoj se održava temperatura od 24°C. Ista temperatura je i na spratu iznad i ispod, kao i u susednoj prostoriji N. Prostorija F se ne klimatizuje. Zgrada se nalazi u Beogradu. Građevinske karakteristike: spoljni zidovi se sastoje od svetle fasadne cigle debljine 100 mm (prema tabeli 4.4, oznaka A2), izolacionog sloja od 20 mm (B20), teškog betona 100 mm (C5) i unutrašnjeg završnog sloja od 13 mm (A6). Unutrašnji pregradni zidovi su od lakog betona, debljine 100 mm, obostrano omalterisani. Prozori su jednostruki sa svetlim žaluzinama sa unutrašnje strane ($k = 4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$). Vrata prema neklimatizovanoj prostoriji imaju koeficijent prolaza toplote $k = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Primer 1.



Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz spoljašnje zidove

<i>Spoljni zid</i>	<i>k</i>	<i>A</i>	<i>12.00</i>			<i>14.00</i>		
			<i>TOTR_T</i>	<i>TOTR</i>	<i>Q</i>	<i>TOTR_T</i>	<i>TOTR</i>	<i>Q</i>
	<i>W/m²K</i>	<i>m²</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>	<i>W</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>	<i>W</i>
J	1,315	21	8	8,5	234	10	10,5	290
I	1,315	15,75	14	14,5	300	16	16,5	342
Ukupno					534			632

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz prozore korišćenjem koeficijenta akumulacije

<i>Prozor</i>	<i>A</i>	<i>SDO_{max}</i>	<i>f_{PR}</i>	<i>12.00</i>		<i>14.00</i>	
				<i>S</i>	<i>Q</i>	<i>S</i>	<i>Q</i>
	<i>m²</i>	<i>W/m²</i>	–	–	<i>W</i>	–	<i>W</i>
J	9	418	0,55	0,83	1717	0,68	1406
I	2,25	677	0,55	0,27	226	0,22	184
Ukupno					1943		1590

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz prozore korišćenjem jediničnog opterećenja

<i>Prozor</i>	<i>A</i>	<i>f_{PR}</i>	<i>12.00</i>		<i>14.00</i>	
			<i>STO</i>	<i>Q</i>	<i>STO</i>	<i>Q</i>
	<i>m²</i>	–	<i>W/m²</i>	<i>W</i>	<i>W/m²</i>	<i>W</i>
J	9	0,55	302	1628	272	1346
I	2,25	0,55	196	242	162	200
Ukupno				1870		1546

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz prozore - kondukcija

<i>Prozor</i>	<i>k</i>	<i>A</i>	<i>12.00</i>		<i>14.00</i>	
			<i>T</i>	<i>Q</i>	<i>T</i>	<i>Q</i>
	<i>W/m²K</i>	<i>m²</i>	<i>°C</i>	<i>W</i>	<i>°C</i>	<i>W</i>
J	4,6	9	31,9–24	327	32,9–24	368
I	4,6	2,25	31,9–24	82	32,9–24	92
Ukupno				409		460

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz unutrašnje pregrade

<i>Pregrada</i>	<i>k</i>	<i>A</i>	<i>12.00</i>		<i>14.00</i>	
			<i>T</i>	<i>Q</i>	<i>T</i>	<i>Q</i>
	<i>W/m²K</i>	<i>m²</i>	<i>°C</i>	<i>W</i>	<i>°C</i>	<i>W</i>
Zid	1,1	26,7	27,9–24	114	28,5–24	191
Vrata	1,4	3,3	27,9–24	18	28,5–24	21
Ukupno				132		212

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Rešenje

Ukupno toplotno opterećenje

	<i>12.00</i>	<i>14.00</i>
Kroz spoljne zidove	534	632
Od sunčevog zračenja kroz prozor	1870	1546
Kondukcijom kroz prozor	409	460
Od susedne prostorije	132	212
Ukupno	1945 W	1850 W

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Primer 2.

U prostoriji iz primera 1. boravi 6 ljudi, od 8.00 do 18.00 časova. Izračunati osetno toplotno opterećenje ako je u prostoriji unutrašnja temperatura 25°C, a klimatizaciono postrojenje radi neprekidno. Račun sprovesti za 12.00 i 14.00 časova.

Rešenje

Broj ljudi	Trajanje osvetljavanja	Vreme od ulaska	Osetno odavanje	12.00		14.00	
				KTO	Q	KTO	Q
<i>n</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>W/čovek</i>	–	<i>W</i>	–	<i>W</i>
6	8	4	70	0,79	332	–	
6	8	6	70	–		0,86	361
Ukupno					332		361

Primeri proračuna metodom CLTD/SCL

Primer 3.

Treba izračunati toplotno opterećenje od osvetljenja u 12.00 i 14.00 časova, u prostoriji definisanoj u primeru 1. Svetiljke su fluorescentne, slobodno viseće, snage 800 W. Faktor jednovremene uključenosti je 1, koeficijent ostatka - balasta 1,25, a klimatizaciono postrojenje radi sva 24 časa. Osvetljenje traje od 8.00 do 18.00 časova, a tip prostorije je D.

Rešenje

N	f_1	f_2	12.00			14.00		
			<i>Vreme od uključenja</i>	KTO	Q	<i>Vreme od uključenja</i>	KTO	Q
W	–	–	h	–	W	h	–	W
800	1	1,25	4	0,81	810	6	0,85	850

VDI Metoda

Nemački propis za proračun toplotnog opterećenja, VDI 2078 definiše način proračuna zasnovan na prenosnim funkcijama kao i već objašnjena metoda ASHRAE. Međutim, detaljno je obrazložen tzv. kratak postupak proračuna koji je sličan metodi temperaturnih razlika merodavnih za toplotno opterećenje i koeficijenata akumulacije ASHRAE.

S obzirom na veću podudarnost konstrukcija zidova i krovova koje se primenjuju kod nas sa nemačkim građevinskim konstrukcijama, propisi VDI za toplotno opterećenje u mnogim detaljima odgovaraju potrebama domaće projektantske prakse. Zato je opisana ova metoda i dokumentovana sa podacima potrebnim za sprovođenje proračuna koji su izvedeni za neprekidan rad klimatizacionih postrojenja slično metodama ASHRAE, ali za unutrašnju temperaturu od 22°C, u čemu se ove dve metode razlikuju.

VDI Metoda

1) Toplotno opterećenje kroz zidove i krovove

Pri proračunu toplotnog opterećenja od prolaza toplote kroz zidove i krovove, koristi se ekvivalentna temperaturna razlika Δt_{ekv} , koja obuhvata sve posledice nestacionarnog transporta toplote kao i termofizičke karakteristike određenih konstrukcija. Ona odgovara već opisanoj razlici temperatura TOTR koja se primenjuje u metodi ASHRAE. Važi sledeći obrazac:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t_{ekv} [W],$$

gde je:

k – koeficijent prolaza toplote [W/m^2K],

A – površina zida odnosno krova [m^2].

VDI Metoda

Ekvivalentna temperaturska razlika je određena za 6 tipova gradnje zidova i 6 tipova krovova, a prema koeficijentima prigušenja temperature oscilacije i vremenskog zakašnjenja koje se ostvaruju pri transportu toplote.

U tabelama je detaljno opisano 12 konstrukcija najčešće primenjivanih zidova, sa podacima o materijalu svakog sloja, specifičnoj masi, koeficijentu prolaza toplote i oznakom jedne od šest grupa kojoj zid pripada. Takođe su definisane konstrukcije 8 tipova krovova sa odgovarajućim podacima i pripadnosti određenoj vrsti gradnje 1-6.

Za svaku konstrukciju zida i krova navedeno je zakašnjenje Δz u odnosu na vreme za koje su date vrednosti za Δt_{ekv} , pa se vrednosti Δt_{ekv} očitavaju za Δz ranije ili kasnije od časa naznačenog u tabeli.

VDI Metoda

Ekvivalentne temperaturne razlike su određene za sledeće uslove:

- srednja dnevna temperature julskog dana $t_m = 24,5^\circ\text{C}$,
- unutrašnja temperatura je konstantno 22°C ,
- koeficijent apsorpcije sunčevog zračenja je za zidove $a = 0,7$, a za krovove $a = 0,9$,
- sunčevo zračenje u mesecu julu,
- koeficijenti emisije spoljne strane zidova i krovova za dugotalasno zračenje je $f = 0,9$.

VDI Metoda

Za odstupanje srednje dnevne temperature od 24,5°C ili unutrašnje projektne od 22°C, prema kojima su određene Δt_{ekv} , vrši se korektura tabličnih vrednosti slično TOTR iz metode ASHRAE. Važi sledeći izraz:

$$\Delta t'_{ekv} = \Delta t_{ekv} + (t_{sm} - 24,5) + (22 - t_u) \text{ [}^\circ\text{C]},$$

gde je:

t_{sm} – stvarna srednja dnevna temperatura [$^\circ\text{C}$],

t_u – stvarna unutrašnja temperatura [$^\circ\text{C}$].

Korekture se preporučuju i pri odstupanju boje spoljne površine zidova i krova, odnosno koeficijenta emisije i apsorpcije, uz napomenu da se ovakva odstupanja u praksi retko sreću.

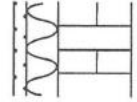
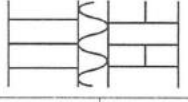
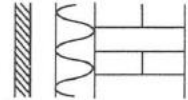
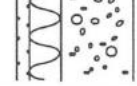
Vrednosti za Δt_{ekv} pri projektovanju za naše podneblje (srednja dnevna temperature 28,4°C), pri unutrašnjoj projektnoj temperaturi od 26°C, prema kojoj se određuje toplotno opterećenje, mogu se koristiti bez korigovanja tabličnih vrednosti.

VDI Metoda

Tabela 4.33. Ekvivalentne temperaturske razlike Δt_{ekv} za zidove ($t_u = 22^\circ\text{C}$)

Tip	Ori-jent.	Vreme u [h]													
		2	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
TIP GRADNJE 1	SI	-6,4	-5,6	4,9	9,9	12,1	12,3	8,0	8,2	9,2	9,2	10,0	9,9	9,1	7,9
	I	-6,3	-5,7	6,6	14,9	20,9	22,9	17,0	13,3	11,1	11,1	10,3	10,1	9,5	8,3
	JI	-6,2	-6,7	1,3	8,4	15,8	21,7	24,5	21,7	17,9	17,9	14,2	11,5	9,8	8,4
	J	-5,9	-7,3	-6,0	-2,9	-2,1	8,5	21,1	24,7	25,7	25,7	24,2	20,7	16,3	11,8
	JZ	-6,0	-7,4	-5,9	-4,4	-2,2	0,8	11,0	17,7	24,2	24,2	29,1	31,1	29,5	24,6
	Z	-5,9	-7,3	-6,1	-4,4	-2,0	0,6	5,9	9,8	15,5	15,5	22,5	28,9	32,0	30,1
	SZ	-6,1	-7,2	-5,9	-4,5	-2,2	0,7	5,8	7,3	9,0	9,0	12,3	17,0	21,2	22,6
	S	-6,1	-6,4	-3,4	-1,9	-0,5	1,2	5,8	7,8	8,9	8,9	9,3	9,6	9,9	9,9
TIP GRADNJE 2	SI	-3,6	-6,0	-2,7	1,5	5,6	8,3	9,0	8,5	8,0	8,1	8,8	9,5	9,7	9,4
	I	-3,8	-6,0	-2,7	2,6	8,9	14,5	17,8	18,3	16,7	14,6	12,9	12,0	11,4	10,8
	II	-3,7	-6,1	-4,8	-1,3	4,0	10,0	15,5	19,3	21,0	20,4	18,5	16,2	14,0	12,3

Tabela 4.34. Konstrukcija zidova – tipovi gradnje 1–6

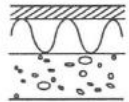
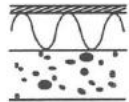
Konstrukcija	k [W/(m ² K)]	m [kg/m ²]	Tip gradnje	Δz [h]
1. Zid sa spolj. izolacijom				
				- malter; - 5 cm izolacije; - laki ili rupičasti kamen
a) 17,5 cm rupičastog ili lakog kamena	0,60	252	5	0
b) 24 cm rupičastog ili lakog kamena	0,57	343	6	0
c) 30 cm rupičastog ili lakog kamena	0,54	427	6	-2
2. Dvostruki zid sa izolacijom u sredini				
				- 11,5 cm punog kamena; - izolacija 5 cm; - laki ili rupičasti kamen
a) 17,5 cm rupičastog ili lakog kamena	0,57	478	6	-2
b) 24 cm rupičastog ili lakog kamena	0,54	569	6	-4
3. Dvostruki zid sa spoljnom izolacijom i visećom fasadom				
				- aluminijumski lim; - vazдушna izolacija; - 8 cm tvrde pene; - rupičasti ili lak kamen
a) 17,5 cm rupičastog ili lakog kamena	0,40	258	6	+2
b) 24 cm rupičastog ili lakog kamena	0,38	349	6	0
c) 30 cm rupičastog ili lakog kamena	0,37	433	6	-2
4. Teški betonski zid sa spoljnom izolacijom				
				- malter; - 5 cm izolacije; - armirani beton

VDI Metoda

Tabela 4.35. Ekvivalentne temperaturske razlike Δt_{ekv} za krovove ($t_u = 22^\circ\text{C}$)

Orijen- tacija	Vreme u [h]															
	2	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	
GRADNJA TIP 1																
horiz.	-7,9	-8,8	-2,1	5,3	14,5	24,0	32,3	38,4	42,1	43,3	41,9	37,8	31,4	23,4	15	
	-7,8	-8,8	-6,4	-4,1	-1,5	1,2	3,7	5,9	7,7	8,9	9,6	9,8	9,4	8,2	6	
GRADNJA TIP 2																
horiz.	-4,5	-7,6	-7,4	-4,4	0,8	7,9	15,9	23,7	30,3	35,4	38,4	39,2	37,7	34,0	28	
	-5,2	-7,4	-7,9	-7,0	-5,5	3,5	-1,2	1,1	3,3	5,3	6,8	8,0	8,7	8,9	8	

Tabela 4.36. Konstrukcije krovova

Konstrukcija	k [W/(m ² K)]	m [kg/m ²]	Vrsta gradnje	Δ_Z [h]	
1. Težak beton – krov sa izolacijom					– kameni sloj; – 10 cm izolacije; – armirani beton
1.1. Prekrivka: troslojni bitumen					
a) 10 cm armiranog betona	0,36	257	5	0	
b) 15 cm armiranog betona	0,36	377	6	2	
c) 20 cm armiranog betona	0,35	497	6	0	
d) 25 cm armiranog betona	0,35	617	6	0	
1.2. Prevlaka: 5 cm ili 5 cm betonske ploče na pesku					
a) 10 cm armiranog betona	0,36	330	6	0	
b) 15 cm armiranog betona	0,35	450	6	0	
c) 20 cm armiranog betona	0,35	570	6	0	
d) 25 cm armiranog betona	0,35	690	6	0	
1.3 Završni sloj: 20 cm beton					
a) 10 cm armiranog betona	0,25	325	6	-4	
b) 15 cm armiranog betona	0,25	445	6	-6	
c) 20 cm armiranog betona	0,25	565	6	-7	
d) 25 cm armiranog betona	0,25	685	6	-8	
2. Laki beton – sa izolacijom					– troslojni bitumen; – 10 cm izolacije; – ploča od gas-betona

VDI Metoda

2) Toplotno opterećenje kroz prozore

Toplotni uticaji od prenosa toplote kroz staklo kondukcijom i propuštanjem sunčevog zračenja izračunavaju se odvojeno, s obzirom na različitost fizičkog prenosa toplote.

Prolaz toplote kondukcijom kroz staklo izračunava se pomoću izraza:

$$Q = k \cdot A \cdot (t_s - t_u) [W],$$

gde je:

k – koeficijent prolaza toplote [W/m^2K],

A – površina prozora koja odgovara merama građevinskog otvora [m^2],

t_s – trenutna spoljna temperatura [$^{\circ}C$],

t_u – temperatura prostorije [$^{\circ}C$].

VDI Metoda

Za komponentu koja se odnosi na sunčevo zračenje koje prodire u unutrašnjost zgrade i koje podleže akumulaciji u građevinskoj masi koja okružuje prostoriju, koristi se izraz:

$$Q = [A_1 \cdot I_{max} + (A - A_1) \cdot I_{dif.max.}] \cdot b \cdot S [W],$$

gde je:

A_1 – površina prozora ozračena suncem [m^2],

A – ukupna površina prozora [m^2],

I_{max} – maksimalno ukupno sunčevo zračenje propušteno kroz dvostruko staklo [W/ m^2],

$I_{dif.max}$ – maksimalno difuzno sunčevo zračenje [W/ m^2],

b – koeficijent propustljivosti sunčevog zračenja prozora i zastora,

S – koeficijent akumulacije (skladištenja) sunčevog zračenja.

VDI Metoda

U obrascu su razdvojen osunčani (A_1) i osenčeni deo prozora ($A - A_1$), kada na prozor bacaju senku ispusti oko prozora. Po nemačkom propisu, veličina senke se uzima u obzir za trenutak kada je intenzitet zračenja najveći, što unosi aproksimaciju u proračun. U metodi ASHRAE, senka odgovara trenutku za koji se vrši proračun, što je još veće udaljavanje od tačnog rezultata zbog efekta akumulacije i vremenskog kašnjenja koje ono stvara.

Intenziteti sunčevog zračenja propuštenog kroz prozor odnose se na mesec jul i dvostruko staklo. Za srednjoevropsku geografsku širinu 50° , podaci se odnose na dva nivoa zamućenosti atmosfere ($T = 4,3$ i $T = 6,1$). Kako je zamućenost atmosfere u Beogradu oko 4,2, priložena je samo tabela sa podacima zračenja za niži nivo zamućenosti.

Tabela 4.37. Sunčevo zračenje (ukupno i difuzno) propušteno kroz dvostruko staklo [W/m²]; 50° SŠ – mesec juli

Mesec	Str. sveta	Zračenje	Časovi																							
			01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
23. juli T = 4,3	normalno	Ukupno	0	0	0	0	163	384	539	636	693	723	738	743	738	723	693	636	539	384	163	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	46	99	124	133	132	126	121	119	121	126	132	133	124	99	46	0	0	0	0	0
	horiz.	Ukupno	0	0	0	0	24	82	191	324	449	548	609	631	609	548	499	324	191	82	24	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	22	44	61	73	83	90	94	96	94	90	83	73	61	44	22	0	0	0	0	0
	SI	Ukupno	0	0	0	0	150	314	357	294	174	98	88	92	88	83	74	64	51	36	18	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	42	84	98	100	98	96	88	92	88	83	74	64	51	36	18	0	0	0	0	0
	I	Ukupno	0	0	0	0	147	359	492	528	475	344	92	100	92	84	74	64	51	36	17	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	42	92	118	128	127	120	92	100	92	84	74	64	51	36	17	0	0	0	0	0
	JI	Ukupno	0	0	0	0	53	183	327	433	481	466	137	261	137	92	78	65	51	36	17	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	26	63	94	116	128	132	106	118	106	92	78	65	51	36	17	0	0	0	0	0
	J	Ukupno	0	0	0	0	17	38	59	98	186	287	359	385	359	287	186	98	59	38	17	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	17	38	59	80	99	115	125	129	125	115	99	80	59	38	17	0	0	0	0	0
	JZ	Ukupno	0	0	0	0	17	36	51	65	78	92	388	261	388	466	481	433	327	183	53	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	17	36	51	65	78	92	128	118	128	132	128	116	94	63	26	0	0	0	0	0
	Z	Ukupno	0	0	0	0	17	36	51	64	74	84	180	100	180	344	475	528	492	359	147	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	17	36	51	64	74	84	110	100	110	120	127	128	118	92	42	0	0	0	0	0
	SZ	Ukupno	0	0	0	0	18	36	51	64	74	83	94	92	94	98	174	294	357	314	150	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	18	36	51	64	74	83	94	92	94	96	98	100	98	84	42	0	0	0	0	0
	S	Ukupno	0	0	0	0	62	77	62	70	78	85	89	90	89	85	78	70	62	77	62	0	0	0	0	0
		Difuzno	0	0	0	0	27	50	61	70	78	85	89	90	89	85	78	70	61	50	27	0	0	0	0	0

VDI Metoda

Neke od površina, u zavisnosti od njihove orijentacije, primaju tokom letnjeg režima rada klimatizacionih uređaja u mesecu septembru sunčevo zračenje jačeg intenziteta, nego u julu. Zato se u nemačkom standardu nalaze podaci o propuštenom zračenju i za septembar, kojim se vrši kontrola maksimalnog opterećenja prostorije južnih orijentacija.

Koeficijenti toplotnog opterećenja, ili tzv. koeficijenti akumulacije S, pomoću kojih se obuhvata uticaj efekta akumulacije, zavise od građevinske mase koja pripada određenoj prostoriji. Za praktične proračune razlikuju se četiri klase prostorija: vrlo laka (EL), laka (L), srednje teška (MT) i teška (T).

VDI Metoda

Pripadnost određenoj klasi može se približno izračunavanjem toplotnog kapaciteta odgovarajuće mase svedene na površinu poda A_p , a prema sledećoj podeli:

Oznaka	$\Sigma (M/A_p)$ [kg/m ²]	$\Sigma (MC_p/A_p)$ [Wh/km ²]
EL – ekstra laka	do 150	do 50
L – laka	150 – 300	50 – 100
MT – srednje teška	300 – 800	100 – 200
T – teška	> 800	> 200

Ukoliko se na podu nalazi tepih ili neka druga prekrivka koja praktično predstavlja izolacioni sloj koji umanjuje efekat akumulacije mase poda, mora se uvesti korektura u proračunu mase prostorije. Za prekrivku se otporom toplote $R > 0,15$ do $0,3$ m²K/W, masa poda se obračunava sa 50%, a za $R > 0,3$, masa poda se zanemaruje.

Tabela 4.38. Koeficijenti toplotnog opterećenja S od sunčevog zračenja kroz prozor za 50 SŠ; mesec juli

Orijent.	Zastori	Vreme u toku dana [h]																							
		01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
		<i>Tip prostorije EL</i>																							
Normalno	Spolja/bez	0,08	0,07	0,07	0,07	0,23	0,47	0,65	0,76	0,84	0,88	0,90	0,91	0,91	0,90	0,87	0,81	0,71	0,55	0,31	0,12	0,09	0,09	0,09	0,08
	Unutra	0,04	0,04	0,04	0,03	0,22	0,49	0,68	0,81	0,88	0,92	0,94	0,95	0,95	0,93	0,90	0,83	0,72	0,53	0,26	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
Horiz.	Spolja/bez	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,14	0,28	0,45	0,62	0,75	0,84	0,88	0,86	0,79	0,67	0,52	0,34	0,20	0,11	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
	Unutra	0,03	0,03	0,03	0,02	0,06	0,14	0,29	0,48	0,66	0,81	0,90	0,94	0,91	0,83	0,69	0,51	0,32	0,16	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
SI	Spolja/bez	0,03	0,03	0,03	0,03	0,34	0,72	0,85	0,74	0,47	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,01	0,38	0,80	0,92	0,78	0,48	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
I	Spolja/bez	0,03	0,03	0,03	0,03	0,24	0,56	0,78	0,86	0,80	0,61	0,36	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,01	0,26	0,62	0,85	0,93	0,85	0,63	0,35	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,11	0,09	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
II	Spolja/bez	0,04	0,04	0,03	0,03	0,11	0,33	0,57	0,76	0,86	0,85	0,73	0,53	0,32	0,23	0,20	0,17	0,15	0,12	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,35	0,62	0,83	0,93	0,91	0,77	0,53	0,30	0,21	0,18	0,15	0,13	0,10	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
J	Spolja/bez	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,16	0,24	0,42	0,63	0,80	0,87	0,83	0,69	0,48	0,29	0,20	0,15	0,10	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,11	0,15	0,24	0,45	0,69	0,86	0,93	0,88	0,72	0,48	0,27	0,18	0,12	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
JZ	Spolja/bez	0,05	0,04	0,04	0,04	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,26	0,46	0,69	0,83	0,87	0,81	0,64	0,40	0,17	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,27	0,50	0,74	0,90	0,93	0,85	0,66	0,39	0,14	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Z	Spolja/bez	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,30	0,55	0,76	0,86	0,82	0,64	0,32	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,08	0,10	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,32	0,60	0,83	0,93	0,88	0,66	0,30	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
SZ	Spolja/bez	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,26	0,42	0,69	0,86	0,79	0,43	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
	Unutra	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,11	0,15	0,18	0,20	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,45	0,76	0,92	0,83	0,43	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02
S	Spolja/bez	0,09	0,08	0,08	0,07	0,59	0,77	0,66	0,71	0,79	0,86	0,90	0,92	0,91	0,88	0,83	0,76	0,68	0,80	0,69	0,16	0,11	0,10	0,09	0,09
	Unutra	0,04	0,04	0,04	0,04	0,64	0,81	0,67	0,74	0,83	0,90	0,94	0,96	0,95	0,91	0,85	0,77	0,69	0,83	0,69	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05

VDI Metoda

Koeficijenti propustljivosti b , navedeni su za razne vrste prozora i zastora, kao vrednosti u odnosu na propustljivost dvostrukog stakla za koje su date vrednosti koeficijenta toplotnog opterećenja od sunčevog zračenja.

Tabela 4.39. Prosečni koeficijenti propustljivosti za sunčevo zračenje b

<i>Stakla</i>	<i>b</i>	<i>Dodatni zastori</i>	<i>b</i>
Obična stakla		Spoljni	
1) Jednostruko staklo	1,1	1) Žaluzine pod 45°	0,15
2) Dvostruko staklo	1,0	2) Platnene markize – perde	
3) Trostruko	0,9	sa ventilacijom	0,3
Apsorpciono staklo		bez ventilacije	0,4
1) Jednostruko staklo	0,75	Između stakala	

VDI Metoda

3) Toplotno opterećenje od unutrašnjih izvora toplote

Dobici toplote i toplotno opterećenje od ljudi, osvetljenja i mašina proračunavaju se na isti način kao i prema već iznetim metodama proračuna prema ASHRAE. Kada su u pitanju ljudi, osetna ili suva toplota se deli na konvektivnu komponentu koja predstavlja i trenutno toplotno opterećenje, i na deo koji čovekovo telo emituje zračenjem, pa podleže efektu akumulacije:

$$Q = Q_k + f_{ak} \cdot Q_z [W],$$

gde je:

Q_k – toplota odata konvekcijom [W],

Q_z – toplota odata zračenjem [W],

f_{ak} – faktor akumulacije za toplotu odatu zračenjem.

VDI Metoda

Za praktične proračune, umesto faktora akumulacije uveden je koeficijent toplotnog opterećenja S_n koji uzima u obzir efekat akumulacije za deo koji se odaje zračenjem, a sveden je na ukupno odatu, osetnu toplotu. Sa ovim koeficijentom, izračunavanja opterećenja od ljudi se vrše prema:

$$Q = n \cdot q_{lj} \cdot S_n [W],$$

gde je:

n – broj ljudi u prostoriji,

q_{lj} – osetno odata toplota jednog čoveka [W],

S_n – koeficijent toplotnog opterećenja.

VDI Metoda

Količine toplote koju odaju ljudi nalaze se u tabeli, u zavisnosti od stepena fizičke aktivnosti i temperature okoline.

Tabela 4.40. Odavanje toplote ljudi

	<i>Temperatura prostorije</i>	18	20	22	23	24	25	26	°C
Mirovanje i lak rad; stajanje	ukupno Q_n	125	120	120	120	115	115	115	W
	osetno Q_s	100	95	90	85	75	75	70	W
	latentno Q_l	25	25	30	35	40	40	45	W
	odavanje vlage	25	35	40	50	60	60	65	g/h
Srednje težak fizički rad	ukupno Q_n	190	190	190	190	190	190	190	W
	osetno Q_s	125	115	105	100	95	90	85	W
	latentno Q_l	65	75	85	90	95	100	105	W
	odavanje vlage	95	110	125	135	140	145	150	g/h
Težak fizički rad	ukupno Q_n	270	270	270	270	270	270	270	W
	osetno Q_s	155	140	120	115	110	105	95	W
	vlažno Q_l	115	130	150	135	160	165	175	W
	odavanje vlage	165	185	215	225	230	240	250	g/h

VDI Metoda

Koeficijenti S su navedeni u tabeli, a merodavne vrednosti se očitavaju u poslednjim redovima koji se odnose na svetiljke sa 50% odavanja toplote zračenjem. Svi podaci u tabeli određeni su uz obuhvatanje uticaja nameštaja, smatrajući da 20% odate toplote unutrašnjih izvora apsorbuje nameštaj i odmah predaje vazduhu putem konvekcije.

Tabela 4.41. Koeficijenti topotnog opterećenja S_n za unutrašnje izvore toplote za različite periode delovanja izvora

Tip prostorije: građevinska masa „vrlo laka“ (EL)

Početak: 8 h; kraj: 16 h

S_n

Udeo konvekcije, %			Vreme [h]																							
Nameštaj	Osvetljenje	Unut. oprema	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
20	0	0	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,83	0,86	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
20	30	30	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,88	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
20	50	40	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03

Početak: 8 h; kraj: 20 h

S_n

Udeo konvekcije, %			Vreme [h]																							
Nameštaj	Osvetljenje	Unut. oprema	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
20	0	0	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,14	0,12	0,11	0,10
20	30	30	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,10	0,08	0,08	0,07
20	50	40	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,07	0,06	0,05	0,05

Početak: 7 h; kraj: 12 h

VDI Metoda

Latentna toplota od ljudi oslobađa se isparavanjem znoja sa čovekovog tela i vode iz pluća. Predstavlja trenutno odatu toplotu prostoriji i izracunava se zavisno od broja ljudi, stepena njihove aktivnosti i temperature u prostoriji prema obrascu:

$$Q = n \cdot q_{lat} [W],$$

gde je:

n – broj ljudi u prostoriji,

q_{lat} – latentna toplota koju odaje jedan čoveka [W].

VDI Metoda

Za sagledavanje toplotnog opterećenja od osvetljenja potrebni su podaci iz odgovarajućeg projekta o stvarno instalisanoj električnoj snazi i režimima korišćenja, koji su uključeni u izraz za izračunavanje:

$$Q = P \cdot l \cdot \mu \cdot S_n [W],$$

gde je:

P – ukupno priključena snaga, uključujući i gubitke - tzv. "balast" na svetiljkama sa cevima [W],

l – faktor jednovremenosti,

μ – koeficijent opterećenja prostorije prema odvođenju vazduha kroz svetiljke,

S_n – faktor toplotnog opterećenja od unutrašnjeg izvora toplote.

VDI Metoda

Koeficijenti toplotnog opterećenja S_n navedeni su u tabeli, kao i za ostale unutrašnje izvore toplote, a vrednosti su grupisane za različite periode u toku dana u kojima oni deluju. Koeficijenti su razvrstani prema odnosu odavanja toplote zračenjem i konvekcijom, koji zavisi od načina ugradnje svetiljke. Slobodno viseće svetiljke odaju 50% toplote konvekcijom, ugrađene u tavanicu ili na samoj tavanici 30%, a sa odvođenjem vazduha kroz samu svetiljku, konvektivno odata toplota je zanemarljiva.

Faktor jednovremenosti l određuje projektant električnih instalacija ili investitor. Posebno je važan za velike prostorije, u kojima zona pored prozora ima drugi režim osvetljavanja od delova prostorije u njenoj sredini. U takvim slučajevima treba znati periode sa punim i one sa delimičnim opterećenjem.

VDI Metoda

Koeficijent μ ukazuje na deo koji u trajnom pogonu stvara toplotno opterećenje, što zavisi od načina odvođenja vazduha. U vezi sa ovim, u Nemačkoj se razlikuju svetiljke sa odvodom vazduha kroz prostor iznad spuštene tavanice i kroz kanale sa kojima su direktno priključen. Za svetiljke bez odsisavanja vazduha $\mu = 1$.

Tabela 4.42. Koeficijent opterećenja prostorije od osvetljenja μ – svetiljke u tavanici

<i>Protok vazduha sveden na priključnu snagu svetiljke</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>	<i>0,5</i>	<i>1 m³/hW</i>
Odsisavanje kroz prostor iznad spuštene tavanice	0,8	0,7	0,55	0,45
Odsisavanje kroz neizolovane kanale	0,45	0,40	0,35	0,30
Odsisavanje kroz izolovane kanale	0,40	0,35	0,30	0,25

VDI Metoda

Kod mašina i aparata, celokupna oslobođena energija u prostoriji javlja se kao toplota. U slučajevima kada su mašine pokrivene haubom, pa se deo oslobođene toplote odstranjuje odmah, ta količina toplote se ne obračunava kada je u pitanju opterećenje prostorije.

U slučaju kada su poznate samo priključne snage pogonskih motora, koristi se faktor opterećenja μ u cilju procene stvarnog korišćenja energije. A kako su motori obično predimenzionisani, koeficijent μ će biti < 1 i pri radu mašine sa punim opterećenjem.

Koeficijenti toplotnog opterećenja su navedeni u istoj tabeli za sve unutrašnje izvore toplote i očitavaju se prema proceni udela odavanja toplote konvekcijom (0%, 30%, 40%). Vrednosti su svrstane prema tipu prostorije s obzirom na akumulacionu masu i period uključenosti mašina.

VDI Metoda

Za izračunavanje toplotnog opterećenja od mašina i aparata kao unutrašnjih izvora toplote, nemački propisi navode izraz:

$$Q = l \cdot S_n \cdot \sum_1^n \frac{P_i}{\eta} \cdot \mu_i [W],$$

gde je:

P_i – priključna snaga mašine [W],

η – srednji stepen korisnosti motora,

μ_i – koeficijent opterećenja mašine u trenutku za koji se vrši proračun,

l – koeficijent jednovremenosti korišćenja mašina,

S_n – koeficijent toplotnog opterećenja.

VDI Metoda

Proračun toplotnog opterećenja od okolnih neklimatizovanih prostorija računa se za stacionarne uslove prenosa toplote:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t [W],$$

gde je:

k – koeficijent prolaza toplote kroz pregradni zid, pod ili tavanicu [W/m^2K],

A – površina pregrade [m^2],

Δt – razlika temperatura u dvema prostorijama [$^{\circ}C$].

VDI Metoda

Za utvrđivanje temperaturnih razlika za neklimatizovane prostorije, u tabeli su navedene okvirne temperature u njima.

Tabela 4.43. Temperature susednih neklimatizovanih prostorija

<i>Prostorija, zemlja</i>	t_u [°C]
Nedograđena potkrovlja	40 – 50
Izgrađena potkrovlja	35
Ostale susedne prostorije (hodnici)	30
Podrumske prostorije bez toplotnih izvora	20
Zemljana podloga	20
Prostor između izloga i unutrašnje staklene pregrade zavisno od zastora	35– 45

VDI Metoda

Što se tiče dobitaka od prodora spoljnog toplog vazduha infiltracijom, nemački propisi ukazuju da se taj izvor toplotnog opterećenja može zanemariti. Fasade današnjih građevina su dobro zaštićene od prodora vazduha, kao i moderne konstrukcije prozora. Uticaj vetra kao i razlika gustina spoljnog i unutrašnjeg vazduha su mali prema onima zimi, tako da se dobici toplote infiltracijom računaju samo za prostorije u kojima se spoljna vrata često otvaraju.

Primer proračuna metodom VDI

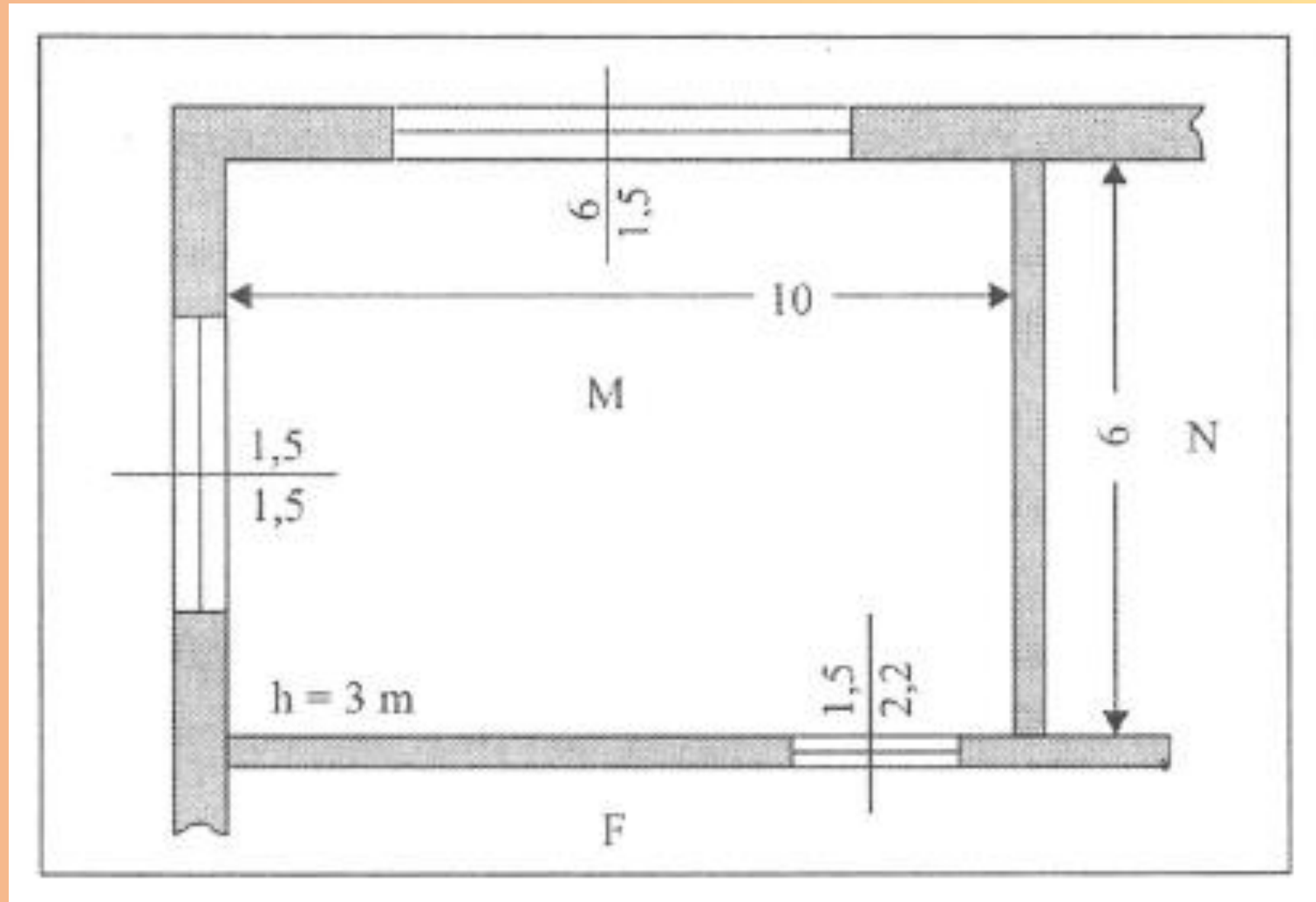
Primer 4.

Za prostoriju M, prema slici iz primera 1, proračunati toplotno opterećenje od spoljnjih izvora toplote u 12.00 i 14.00 časova, za unutrašnju temperaturu 24°C ako je konstrukcija lake gradnje.

Spoljni zidovi su od teškog betona, sa spoljnom izolacijom (konstrukcija 4b - tabela 4.34). Prozor je od izolacionog dvostrukog stakla sa vazдушnim slojem od 9 mm i izolovanim metalnim ramom. Sa unutrašnje strane je zastor od veštačkog materijala ($k = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$). Zgrada je višespratna, u Beogradu, a prostorija se nalazi na nekom od srednjih spratova. Sve susedne prostorije imaju istu temperaturu kao prostorija M.

Primer proračuna metodom VDI

Primer 4.



Primeri proračuna metodom VDI

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz spoljašnje zidove

Zid	k W/m^2K	A, m^2	12.00			14.00		
			$\Delta t_{ekv} \text{ } ^\circ C$	$\Delta t_{ekv}' \text{ } ^\circ C$	Q, W	$\Delta t_{ekv} \text{ } ^\circ C$	$\Delta t_{ekv}' \text{ } ^\circ C$	Q, W
J	0,65	21	4,4	6,3	86	5,9	7,8	106
I	0,65	15,75	6,5	8,4	86	7,2	9,1	93
<i>Ukupno</i>					172			199

Primeri proračuna metodom VDI

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz prozore - zračenje

<i>Zid</i>	<i>A, m²</i>	<i>I_{max}, W/m²</i>	<i>b, -</i>	<i>12.00</i>		<i>14.00</i>	
				<i>S, -</i>	<i>Q, W</i>	<i>S, -</i>	<i>Q, W</i>
J	9	385	0,5	0,79	1368	0,64	1109
I	2,25	528	0,5	0,25	148	0,21	125
<i>Ukupno</i>					1516		1234

Primeri proračuna metodom VDI

Rešenje

Toplotno opterećenje kroz prozore - kondukcija

<i>Prozor</i>	<i>A, m²</i>	<i>k, W/m²K</i>	<i>12.00</i>		<i>14.00</i>	
			<i>Δt, °C</i>	<i>Q, W</i>	<i>Δt, °C</i>	<i>Q, W</i>
J	9	3,0	7,9	213	0,64	1109
I	2,25	3,0	7,9	53	0,21	125
<i>Ukupno</i>				266		300

Primeri proračuna metodom VDI

Rešenje

Ukupno toplotno opterećenje

	<i>12.00</i>	<i>14.00</i>
– kroz spoljne zidove	172	199
– sunčevo zračenje kroz prozore	1516	1234
– kondukcija kroz prozore	266	300
<i>Ukupno</i>	1954 W	1733 W

Primer proračuna metodom VDI

Primer 5.

Za prostoriju A, prikazanu na slici, proračunati toplotno opterećenje od spoljašnjih i unutrašnjih izvora toplote u 13:00 časova, za unutrašnju temperaturu od 23 °C. Smatra se da je srednja dnevna temperatura 26,8 °C. Konstrukcija je srednje teške gradnje.

Spoljni zidovi su od lakog betona debljine 20 cm, sa spoljnom izolacijom, dok je krov od teškog betona debljine 25 cm, sa prekrivkom od 8 cm gas-betona. Prozor je od običnog dvostrukog stakla, sa unutrašnjim žaluzinama od pamuka ($k = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$). Površina prozora pod senkom je 30%. Vrata su standardna drvena sa koeficijentom prolaza toplote $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Unutrašnji zidovi imaju koeficijent prolaza toplote $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Primer proračuna metodom VDI

Primer 5.

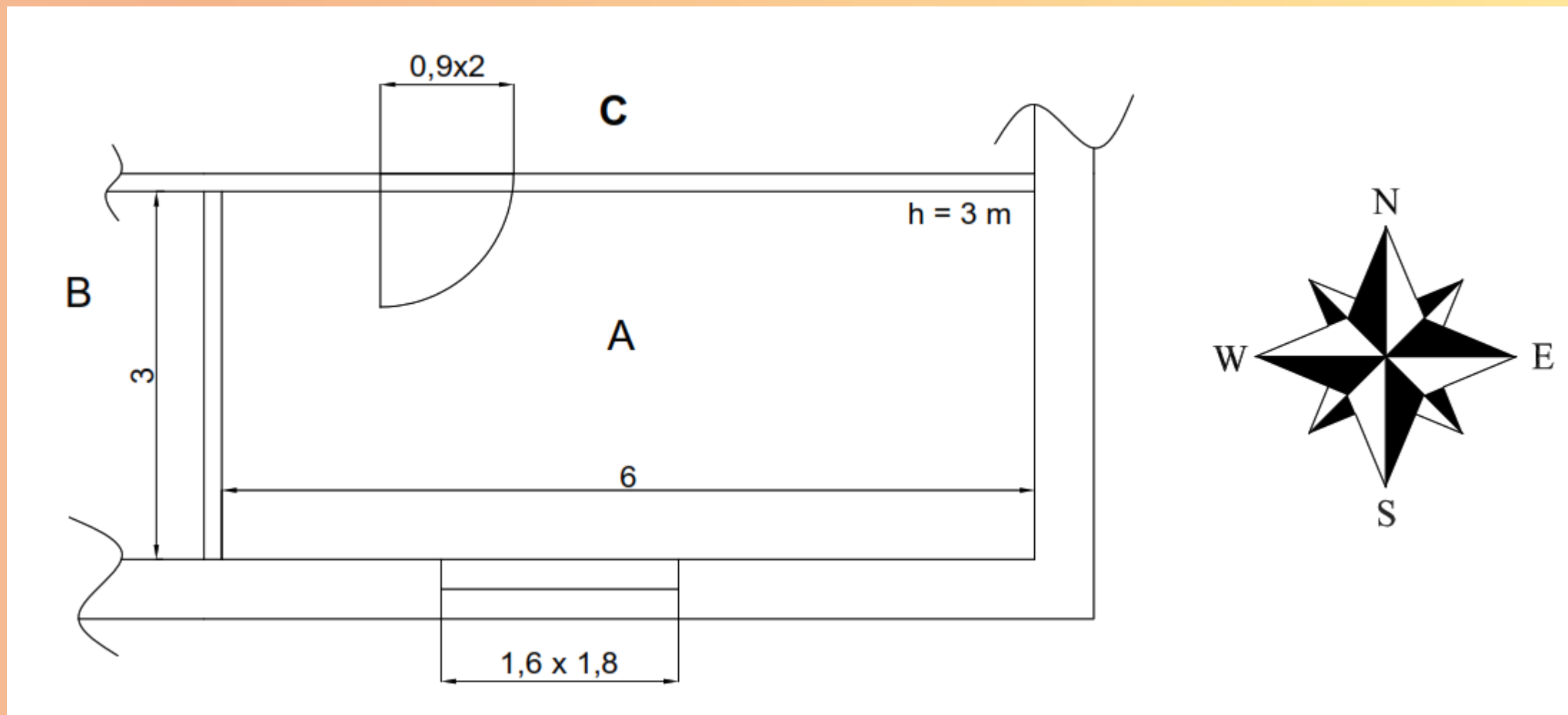
Zgrada je višespratnica u Beogradu, a prostorija se nalazi na poslednjem spratu. Susedna prostorija B se nalazi na istoj temperaturi kao posmatrana prostorija, dok je prostorija C neklimatizovani hodnik. Prostorija ispod se takođe nalazi na istoj temperaturi.

U prostoriji boravi četvoro ljudi, koji obavljaju kancelarijske poslove, u periodu od 08:00 h do 16:00 h. U prostoriji se nalaze svetiljke montirane na plafon, ukupne snage 200 W. Faktor jednovremenosti je 1. Nema odsisavanja vazduha kroz svetiljke. Svetiljke su uključene u periodu od 08:00 h do 20:00 h.

U prostoriji radi mašina, snage 1000 W i stepena efikasnosti motora 92%. Faktor jednovremenosti je 1. Mašina je uključena u periodu od 07:00 h do 12:00 h. Udeo konvekcije pri prenosu toplote sa mašine je 30%.

Primer proračuna metodom VDI

Primer 5.



Primer proračuna metodom VDI

Primer 5.

Rešenje:

Ukupno opterećenje za 13:00 h		
Vrsta	Opterećenje [W]	Udeo u opterećenju [%]
Zidovi	71	5,5
Krov	58	4,5
Prozori – zračenje	440	33,8
Prozori – kondukcija	55	4,2
Ljudi	422	32,5
Osvetljenje	158	12
Mašine	/	/
Susedne prostorije	96	7,5
Ukupno	1300	

Literatura:

- Todorović B., *Klimatizacija*, SMEITS, Beograd, 2009.