

INSTALACIJE GRIJANJA

Skripta za studente Arhitektonskog fakulteta - 1. dio



Instalacije grijanja – skripta za studente Arhitektonskog fakultet

1.dio

Autori:

mr. sc. Ivan Cetinić, dipl. ing. stroj.
Tihomir Rengel, dipl. ing. stroj.
Damir Prodan-Abramović, dipl. ing. stroj.

Nakladnik:

Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Kačićeva 26, Zagreb

Za nakladnika:

Dekan dr. sc. Bojan Baletić

Urednik:

Damir Prodan-Abramović, dipl. ing. stroj.

Recenzenti:

prof. dr. sc. Igor Balen
izv. prof. dr. sc. Zoran Veršić

Dizajn naslovnice:

Stanka Ostojić, dipl. ing. arh.

Lektura:

Nina Kuljiš Palac, prof.

Publikaciju je za objavu prihvatilo Povjerenstvo za nakladničku djelatnost Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na sjednici održanoj 20.6.2022.

ISBN: 978-953-8042-76-8

Sve ilustracije unutar skripta koriste se isključivo u nastavne svrhe.

Zagreb, svibanj, 2022.

© Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Sadržaj

1.	UVOD	9
2.	TOPLINSKA UGODNOST	10
2.1.	OSNOVE	10
2.2.	TEMPERATURA ZRAKA U PROSTORU	10
2.3.	TEMPERATURA PLOHA PROSTORIJE	13
2.4.	RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA	15
2.5.	STRUJANJE ZRAKA.....	17
2.6.	STUPANJ ODJEVENOSTI	18
2.7.	STUPANJ FIZIČKE AKTIVNOSTI	18
2.8.	BUKA	20
2.8.1.	Osnovne fizikalne veličine.....	20
2.8.2.	Širenje zvuka	21
2.8.3.	Zvuk u zatvorenim prostorijama	23
2.8.4.	O izvorima buke	23
3.	PRORAČUN SUSTAVA GRIJANJA	25
3.1.	OSNOVE	25
3.2.	KLIMATSKI PODACI	25
3.3.	UNUTARNJA PROJEKTNJA TEMPERATURA	26
3.4.	ZNAČAJKE GRAĐEVNIH DIJELOVA OBJEKTA	26
3.5.	POJEDNOSTAVLJEN PRORAČUN SUSTAVA GRIJANJA	28
3.5.1.	Ukupni projektni toplinski gubici	28
3.5.2.	Transmisijski toplinski gubici	28
3.5.3.	Ventilacijski toplinski gubici.....	29
3.5.4.	Toplinsko opterećenje grijanih prostorija.....	30
3.5.5.	Dodatan učinak za ponovno zagrijavanje	30
3.5.6.	Ukupno toplinsko opterećenje stana ili zgrade	31
4.	SUSTAVI GRIJANJA	32
4.1.	OSNOVE	32
4.2.	POJEDINAČNI SUSTAVI GRIJANJA	33
4.2.1.	Grijalice za pojedinačno grijanje na kruta goriva.....	33
4.2.2.	Grijalice za pojedinačno grijanje na plin	34
4.2.3.	Grijalice za pojedinačno grijanje na struju.....	35
4.3.	Centralna grijanja.....	37
4.3.1.	Topla voda kao nosioc topline	37
4.3.2.	Vrela voda kao nosioc topline.....	38
4.3.3.	Vodena para kao nosioc topline	38

4.3.4.	Zrak kao nosioc topline	38
4.3.5.	Centralno grijanje s prisilnom cirkulacijom pomoću pumpi	39
5.	DIJELOVI SUSTAVA GRIJANJA.....	42
5.1.	OSNOVE	42
5.1.1.	Električna energija	42
5.1.2.	Loživo ulje	42
5.1.3.	Plinovita goriva	43
5.1.4.	Kruta goriva.....	44
5.1.5.	Sunčeva energija.....	44
5.2.	DIJELOVI SUSTAVA GRIJANJA.....	45
5.2.1.	Kotlovi	45
5.2.2.	Plinski zidni kondenzacijski uređaji.....	51
5.2.3.	Dimnjak.....	52
5.2.4.	Izmjenjivači topline.....	55
5.2.5.	Dizalice topline.....	57
5.2.6.	Priprema potrošne tople vode.....	61
5.2.7.	Spremnici goriva	64
5.2.8.	Ekspanzijske posude	68
5.2.9.	Pumpe.....	69
5.3.	REGULACIJA TEMPERATURE	70
5.4.	CJEVOVODI CENTRALNOGA GRIJANJA.....	73
5.4.1.	Cijevi za cjevovode centralnoga grijanja.....	73
5.4.2.	Izolacija cjevovoda	73
5.4.3.	Polaganje cjevovoda centralnoga grijanja	75
5.4.4.	Proračun cjevovoda	76
5.5.	OGRJEVNA TIJELA	77
5.5.1.	Člankasti radijatori	77
5.5.2.	Aluminijski lijevani radijatori	77
5.5.3.	Pločasti (panelni) radijatori.....	78
5.5.4.	Kupaonski grijači	79
5.5.5.	Podno grijanje	80
5.5.6.	Ventilokonvektori	83
5.5.7.	Viseći grijači (kaloriferi).....	86

Popis ilustracija

Sl. 2-1	Odnos temperature okoline i prostorije u smislu ugodnosti [1]	10
Sl. 2-2	Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: A-teorijski, B1-radijator na vanjskom zidu B2-radijator na unutarnjem zidu, C-grijanje toplim zrakom.....	14
Sl. 2-3	Temperaturni profili podnog i stropnog grijanja: A - teorijski, B - podno, C – stropno.....	14
Sl. 2-4	Ovisnost relativne vlažnosti zraka o temperaturi zraka [1]	15
Sl. 2-5	Najviša dopuštena temperatura i vlažnost [1]	16
Sl. 2-6	Utjecaj vlage i temperature na ugodu u prostoru [1]	16
Sl. 2-7	Visoka turbulentnost zraka.....	17
Sl. 2-8	Niska turbulentnost zraka	17
Sl. 2-9	Optimalna temperatura kao funkcija aktivnosti i odjevenosti [1].....	18
Sl. 2-10	Toplinska bilanca čovjeka	19
Sl. 2-11	Osnovni oblici spektra [2]	21
Sl. 2-12	Putovi širenja zračnih i strukturnih komponenti unutarne i vanjske buke [2]	22
Sl. 4-1	Moderan kamin [1]	33
Sl. 4-2	Metalna peć [1]	33
Sl. 4-3	Zidana kaljeva peć [1]	34
Sl. 4-4	Plinska infracrvena grijalica sa tamnim zračenjem [1]	35
Sl. 4-5	Plinska infracrvena grijalica sa svijetlim zračenjem [1]	35
Sl. 4-6	Prijenosni električni kalorifer [1]	36
Sl. 4-7	Električna infracrvena grijalica [1]	36
Sl. 4-8	Električno podno grijanje [Uponor].....	37
Sl. 4-9	Ilustracija hipokausta.....	39
Sl. 4-10	Shematski prikaz jednocijevnoga sustava toplovodne instalacije centralnoga grijanja [1]	40
Sl. 4-11	Način povezivanja radijatora u jednocijevnom sustavu toplovodne instalacije centralnoga grijanja [1].....	40
Sl. 4-12	Način povezivanja radijatora u dvocijevnome sustavu toplovodne instalacije centralnoga grijanja – donji razvod [1]	41
Sl. 5-1	Čelični plinsko-uljni kondenzacijski kotao [Bosch].	46
Sl. 5-2	Iskorištenje topline kondenzacijskoga plinskog kotla [1].	47
Sl. 5-3	Funkcionalna shema rada plinskoga kondenzacijskog kotla [1].....	47
Sl. 5-4	Kotao s atmosferskim plamenikom [Bosch]	48
Sl. 5-5	Minimalne udaljenosti između kondenzacijskoga plinsko-uljnog kotla snage 400 kW i zidova kotlovnice [Bosch].....	48

Sl. 5-6	Kotao na pelete [Froling]	49
Sl. 5-7	Minimalne udaljenosti između kotlova na pelete i zidova kotlovnice [Froling]	49
Sl. 5-8	Plinski zidni kondenzacijski uređaj [Bosch]	51
Sl. 5-9	Minimalne udaljenosti za smještaj kondenzacijskoga plinskog zidnog uređaja [Bosch]	51
Sl. 5-10	Primjer spajanja odvoda kondenzata na dimnjak Schiedel ADVANCE [Schiedel]	52
Sl. 5-11	Primjer spajanja kondenzacijskog uređaja na dimnjak Schiedel ADVANCE [Schiedel]	53
Sl. 5-12	Dijagram za odabir dimnjaka za kotao s atmosferskim plamenikom [Schiedel]	54
Sl. 5-13	Dimenzije i mase dimnjaka ADVANCE [Schiedel]	54
Sl. 5-14	Poprečni presjek izmjenjivača topline s cijevima [Pireko]	55
Sl. 5-15	Snop cijevi u obliku slova U - izmjenjivač topline s cijevima [Pireko]	56
Sl. 5-16	Pločasti izmjenjivači topline [Danfoss]	56
Sl. 5-17	Shematski prikaz a) istosmjernog izmjenjivača topline i b) protustrujnog izmjenjivača topline	57
Sl. 5-18	Prikaz tijeka energije u ljevokretnome kružnom procesu [1]	58
Sl. 5-19	Prikaz djelotvornosti i raspoloživosti izvora topline [1]	59
Sl. 5-20	Shematski prikaz dizalice topline sa vanjskom i unutarnjom jedinicom te spremnikom tople vode [Bosch]	60
Sl. 5-21	Minimalne udaljenosti za smještaj vanjske jedinice dizalice topline (sve dimenzije su u mm) [Bosch]	60
Sl. 5-22	Protočna električna grijalica vode [Bosch]	61
Sl. 5-23	Sustav s protočnim grijačem PTV-a [Bosch]	62
Sl. 5-24	Neizravno zagrijavani spremnik tople vode volumena 300 l za kombinaciju s kolektorima u presjeku (sve dimenzije u mm) [Bosch]	63
Sl. 5-25	Minimalne udaljenosti akumulacijskoga spremnika PTV-a od zidova prostorije i ostale opreme (sve dimenzije u mm) [Bosch]	63
Sl. 5-26	Spremnik UNP-a [Sladović]	64
Sl. 5-27	Spremište peleta s automatskom dobavom peleta [Froling]	65
Sl. 5-28	Dimenzije spremnika peleta većeg volumena [Froling]	65
Sl. 5-29	Prostorija kao spremnik peleta [Froling]	66
Sl. 5-30	Način izvedbe konstrukcije s kosinom [Froling]	66
Sl. 5-31	Ukopani spremnik peleta [Froling]	67
Sl. 5-32	Način punjenja spremnika peleta [Froling]	67
Sl. 5-33	Zatvorena ekspanzijska posuda [1]	68
Sl. 5-34	Ekspanzijski diktir sustav [1]	69
Sl. 5-35	Cirkulacijska pumpa s ugrađenim pretvaračem frekvencije [Grundfos]	70
Sl. 5-36	Tijelo radijatorskoga ventila [Danfoss]	71
Sl. 5-37	Termostatska glava radijatorskoga ventila [Danfoss]	71
Sl. 5-38	Sobni osjetnici temperature za zidnu montažu [Danfoss]	71

Sl. 5-39	Soba kao zona s osjetnicima i regulatorom [Danfoss].....	72
Sl. 5-40	Ovisnost temperature u polaznome vodu o vanjskoj temperaturi [Danfoss].....	72
Sl. 5-41	Regulacija temperature u polaznome vodu centralnoga grijanja s troputnim ventilom	73
Sl. 5-42	Izolacija cjevovoda [1].	74
Sl. 5-43	Izolacija toplinskih cjevovoda "Ecoflex Thermo Single" [Uponor].....	74
Sl. 5-44	Aksijalni kompenzator uz čvrstu točku u ravnom cjevovodu [Spiroflex].....	75
Sl. 5-45	Cijevni kompenzator [Spiroflex]	75
Sl. 5-46	Cijevna lira s tri zglobna kompenzatora [Spiroflex]	76
Sl. 5-47	Člankasti radijator [1]	77
Sl. 5-48	Aluminijski lijevani radijator [Lipovica].....	78
Sl. 5-49	Čelični pločasti radijator [Bosch]	78
Sl. 5-50	Kupaonski grijač [Bosch].....	79
Sl. 5-51	Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: a) teorijski, b) radijator na vanjskom zidu, c) radijator na unutarnjem zidu [1].....	79
Sl. 5-52	Načini polaganja cijevi [Uponor]	80
Sl. 5-53	Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: a) teorijsko, b) podno, c) stropno [1].....	81
Sl. 5-54	Preporučene dimenzije ugradnje ormarića za podno grijanje [Uponor].....	81
Sl. 5-55	Prikaz podžbukne ugradnje ormarića za podno grijanje [Uponor]	82
Sl. 5-56	Ventilokonvektor u parapetnoj izvedbi za vidljivu ugradnju [DAIKIN]	83
Sl. 5-57	Ventilokonvektor kao kanalna jedinica za ugradnju unutar spuštenoga stropa [DAIKIN]	84
Sl. 5-58	Ventilokonvektor kao kazetna jedinica za ugradnju unutar spuštenoga stropa [DAIKIN]	84
Sl. 5-59	Ventilokonvektor za ugradnju unutar poda [Klimaoprema]	84
Sl. 5-60	Minimalne udaljenosti za smještaj ugradbenoga parapetnog ventilokonvektora [DAIKIN]	85
Sl. 5-61	Dijelovi za odvodnju kondenzata ugradbenoga parapetnog ventilokonvektora [DAIKIN]	85
Sl. 5-62	Viseći grijač [SABIANA]	86

Popis tablica

Tablica 2-1	Temperature grijanih prostorija (t_{int} °C) [2]	11
Tablica 2-2	Toplinski tok od osoba za različite aktivnosti [1]	19
Tablica 2-3	Prigušenje koje uzrokuje raslinje [2]	23
Tablica 3-4	Vanjske projektne temperature [https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Meteo_parametri_po_postajama.pdf]	25
Tablica 3-5	Unutarnje projektne temperature [3]	26
Tablica 3-6	Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [W/(m ² · K)], građevnih dijelova novih zgrada te nakon rekonstrukcije postojećih zgrada [3]	27
Tablica 3-7	Faktor korekcije temperature $f_{\Delta\phi,i}$ [3]	28
Tablica 3-8	Temperaturni korekcijski faktori f_k za pojednostavljeni proračun [3]	29
Tablica 3-9	Minimalan broj izmjena zraka n_{min} [3]	30
Tablica 3-10	Korekcijski faktor ponovnog zagrijavanja za stambene zgrade, noćni prekid maksimalno 8 h [3]	31
Tablica 5-11	Sastav ekstra lakoga loživog ulja [1]	43
Tablica 5-12	Sastav prirodnog plina [1]	44

1. UVOD

Sustav grijanja označava sve elemente (izvor topline, ogrjevna tijela, razvod cijevi, regulaciju, opskrbu energentom itd.) koji u kući, stanu ili zgradi služi za grijanje prostorija, tj. za ostvarivanje osjećaja toplinske ugodnosti. Ljudi koji borave u klimatiziranoj zgradi imaju dobre radne uvjete u smislu postizanja optimalne radne učinkovitosti, zahvaljujući reguliranim mikroklimatskim uvjetima.

Osim toga, u doba sve skupljih energenata i sve većeg onečišćenja okoliša, energetska učinkovitost nameće se kao nužnost u svim sektorima ljudskog djelovanja. To je posebno važno u zgradarstvu jer se u zgradama na grijanje, rasvjetu, pripremu potrošne tople vode i sl. troši oko 40 % ukupne potrošnje energije u svim sektorima društva.

Smanjenje potrošnje energije i emisija CO₂, podrazumijeva izradu učinkovitijih koncepata grijanja i hlađenja. Kao odgovor na navedene zahtjeve, treba uzeti u obzir niz koraka. Od iskorištavanja građevinskoga zemljišta, zbrinjavanja građevinskog otpada, načina i količine potrošnje voda, do rješenja vezanih za krajobraz i ambijent interijera, odabir i način uporabe materijala, emisiju stakleničkih plinova iz objekta, energetska učinkovitost i korištenje obnovljivim izvorima energije.

Nove niskoenergetske zgrade, projektirane na ovaj način, troše manje energije od klasičnih zgrada i u tome veliki značaj imaju sustavi za postizanje toplinske ugodnosti.

U procesu izrade projektne dokumentacije zgrade potrebno je optimalno koristiti i rasporediti energiju, sprječavajući nepotreban gubitak energenata. Važan zahtjev u projektiranju i građenju zgrada jest ugodan boravak u radnim i stambenim prostorijama. To je kompleksan zadatak za arhitekta, kao i ostale inženjere u procesu projektiranja jer moraju pomiriti zahtjeve zadovoljavajućih dimenzioniranih prostorija za smještaj strojskih instalacija, uštedu energije, zaštitu okoliša, toplinske ugodnosti itd.

Razlog izrade ove skripte jest pružiti osnovna znanja o sustavima grijanja studentima Arhitekture, ali i svim ostalim sudionicima u procesu građenja. Skripta obrađuje kriterije toplinske ugodnosti, osnove proračuna i odabir sustava grijanja, hlađenja i klimatizacije, kako bi se arhitektima olakšala integracija termotehničkih sustava u zgrade, uz udovoljavanje svim zahtjevima koji se postavljaju u modernom građenju. Skriptom su obuhvaćena moguća rješenja instalacija grijanja zgrade te definiranje uvjeta koji utječu na arhitektonska i konstrukcijska rješenja. Time se studentima olakšava odabir sustava s potrebnim elementima instalacija koje osiguravaju mikroklimatske uvjete, kao i određivanje veličine tehničkih prostora za smještaj pojedinih uređaja (dizalice topline, klimakomore i sl.) i optimalno pozicioniranje istih u zgradi.

Skripta je napisana u dva zasebna dijela. Prvi dio bavi se grijanjem i naziva se „Skripta grijanje“, a drugi dio pod nazivom „Skripta hlađenje i klimatizacija“ bavi se sustavima za hlađenje i klimatizaciju u zgradama.

Ovim putem zahvaljujemo se prof. dr. I. Balenu na nesebičnoj pomoći i savjetima pri izradi ove skripte.

2. TOPLINSKA UGODNOST

2.1. OSNOVE

Čovjek se može prilagoditi promjenjivom stanju zraka, ali ipak postoji područje fizikalnih vrijednosti kao što su temperatura, vlažnost zraka, odjevenost čovjeka i sl. pri kojima se osjeća ugodno. Stroge se granice, za ovo područje, ne mogu navesti jer velik broj drugih čimbenika također utječu na ugodnost (odjeća, spol, konstitucija, zdravlje, starost, godišnje doba, vrsta rada, rasvjeta, buka...).

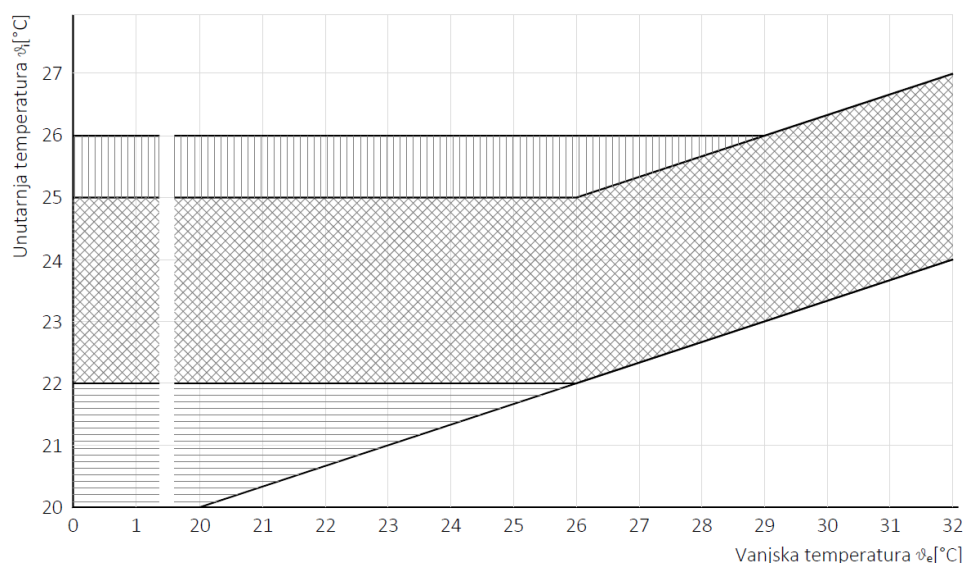
Sukladno normi HRN ISO 7730, toplinska ugodnost definirana je kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Osjećaj ugodnosti je individualan, stoga ne postoji neki određeni skup stanja okoliša koji bi bio jednako doživljen kod svih osoba. Ugodnost je skup veličina stanja okoliša u kojem postotak nezadovoljnih ne prelazi određenu vrijednost. Osnovni čimbenici koji utječu na toplinsku ugodnost za vrijeme boravka osoba u nekom prostoru su:

1. Temperatura zraka
 2. Temperatura ploha prostora
 3. Vlažnost zraka
 4. Strujanje zraka (brzina, smjer)
 5. Stupanj odjevenosti
 6. Stupanj fizičke aktivnosti
 7. Ostali čimbenici (kvaliteta zraka, namjena prostora, buka i dr.)
- (Balen, I. i dr., 2010.)

2.2. TEMPERATURA ZRAKA U PROSTORU

Podatak da se čovjek najugodnije osjeća pri određenoj temperaturi, npr. 20 °C, nije točna. Neko pravilo koje bi se moglo primijeniti na sve ljude ne postoji, jer ugodnost, zavisi od velikog broja drugih okolnosti naročito od srednje temperature okolnih površina.

Sl. 2-1 prikazan je odnos vanjske temperature do 26 °C i unutarnje temperature prostorije od 22 °C do 25 °C, koje se smatraju ugodnima. Viša temperatura ljeti uvjetovana je prevelikom razlikom temperatura unutarnjeg prostora i vanjskog okoliša koji može prouzročiti temperaturni šok organizma.



Sl. 2-1 Odnos temperature okoline i prostorije u smislu ugodnosti [1]

Za vrijeme visokih ljetnih vanjskih temperatura ljudi su lagano odjeveni i već kratkotrajanim boravakom u rashlađenim prostorijama od 22 °C, ta će temperatura biti niska kao npr. u robnim kućama i sl. Temperatura od 22 °C može biti ugodna samo u slučaju duljega boravka.

Za osobe koje imaju viši stupanj fizičke aktivnosti, optimalna temperatura prostorije bit će niža. Ovisno o stupnju fizičke aktivnosti, temperatura zraka u prostoriji u kojoj se osoba osjeća ugodno može se spustiti na 18° C ili niže (npr. teški fizički rad u ljevaonici od 10 °C do 12 °C; rad u montažnoj hali od 12 °C do 15 °C; rad za tokarskim strojem od 16 °C do 18 °C). (Balen, I. i dr., 2010.)

Temperature grijanih prostorija u ovisnosti o namjeni istih dane su u Tablici 2-1.

Tablica 2-1 Temperature grijanih prostorija (t_{int} °C) [2]

NAMJENA PROSTORIJE		°C
1.	STAMBENE ZGRADE	
	Prostorija za dnevni boravak, spavaća soba, kuhinja, predsoblje	+ 20
	Predvorje, WC, stubište bez prozora	+15
	Stubište s prozorima, ali bez izlaznih vrata	+10 do +15
	Kupaonica, sama ili zajedno s WC-om	+22 do +24
	Vjetrobran	+5 do + 10
2.	ŠKOLA	
	Školska soba, učionica za mlade iznad 15 godina	+18
	Učionica za djecu ispod 15 god., kabinet glazbenog, crtaonica, biblioteka, čitaonica, kabinet za učenje, soba za sastanke, upravne prostorije	+20
	Učionica za domaćinstvo, školska blagavaonica, garderoba, prostorija za odmor učenika	+18
	Stručne radionice - temperaturu odrediti prema tehnologiji (vidi pod radionice)	-
	Skladište, hodnik i stubišta koja ne služe kao prostor za odmaranje, prostorije ispred WC-a, WC	+15
	Vjetrobran (ako je grijan)	+10
	Gimnastička dvorana (opća)	+18
	Gimnastička dvorana - za gimnastiku	+20
	Gimnastička dvorana za igre	+15
	Hodnici i svlačionice - iste temperature kao i u gimnastičkoj dvorani	-
	Umivaonici i korita za pranje nogu	+20
	Kupaonica s tuševima	+22
	Plivački bazen (vidi pod sportske prostorije)	-
	Ambulanta	+22 do +24
	Dječje jaslje	+22
	Dječji vrtić	+20
	WC za djecu (do 14 godina)	+18
3.	BOLNICE, DOMOVI ZDRAVLJA, DOMOVI ZA STARIJE OSOBE	
* Temperature prostorija ovih objekata treba odrediti odgovorni liječnik; podaci koje navodimo trebaju služiti kao smjernice		

NAMJENA PROSTORIJE		°C
	Bolesnička soba - spavaća soba, laboratorij za ispitivanje, hodnik	+22
	Kirurški odjel	+20 do +25
	Operacijska dvorana	+20 do +30
	Sala za porođaje	+18
	WC za bolesnike	+22
	Kupaonica	+22 do +25
	Gimnastička dvorana za ortopedsku gimnastiku	+22 do +24
	Kuhinja, praonica s pomoćnim prostorijama i hodnici u kojima se bolesnici ne zadržavaju	+18
4.	HOTEL, MOTEL, PANSION, PRENOĆIŠTE, GOSTIONICA, PROSTORIJA ZA DORUČAK, BIFE	
Kategorija "De lux"- najviša kategorija		
	Sve prostorije u kojima se gosti zadržavaju ili kroz koje prolaze trebaju biti ravnomjerno zagrijane	+22 do +24
Kategorija "A"		
	Isto kao i kod "De lux"	+22 do +24
Kategorija "B" i "C", pansion I i II		
	Spavaća soba koja može služiti i kao prostorija za boravak	+20
Kategorija "D" i gostionice		
	Prostorija koja služi samo kao spavaća soba	+18
Ostale prostorije - vrijedi za sve kategorije, osim kategorije "De lux" i "A"		
	Blagavaonica	+20 do +22
	Prostorija za doručak, bife, ako gosti u njima borave	+15 do + 18
	WC	+15
	Kupaonica	+22 do +24
	Prostorije za zabavu, noćni bar	+22 do +24
	Dvorana za ples, bez stolova	+18 do + 20
	Vjetrobran (na ulazu)	+10 do +15
	Garaža	+5
	Plivački bazen - vidi sportski objekti	-
	Radne prostorije, kuhinja, praonica, sporedne prostorije, hodnik, pomoćno stubište	+18
5.	SPORTSKE DVORANE I DVORANE ZA KULTURNE I ZABAVNE PRIREDBE	
	Kazališta, auditorij	+20 do +22
	Pozornica u kazalištu i pozornica za razne zabavne priredbe	+20 do +24
	Filmska dvorana	+18 do +20
	Sportska dvorana - temperaturu odrediti prema vrsti i svrsi sportske djelatnosti	+5 do +20
	Čekaonica	+20
	Plivački bazen* i prostorije u kojima se plivači zadržavaju u kupaćim kostimima	+25 do +32
* Vrijedi samo za vrijeme kada se plivači nalaze u bazenu, a izvan toga vremena, kada uređaji za ventilaciju ne rade, vlaga na vanjskim zidovima i prozorima ne smije kondenzirati.		

NAMJENA PROSTORIJE		°C
Temperatura zraka za prostoriju s bazenom utvrđuje se na osnovu dozvoljene računske vlažnosti $\varphi = 50 \%$ i izolacijske sposobnosti vanjskih zidova, uzimajući pri tome u obzir ekonomsku računicu.		
6.	RADIONICA, TVORNICA	
Tehnološki zahtjevi u pogledu temperature i vlage zraka u prostorijama, kao i higijensko-tehnički propisi o zaštiti radnika određuju uvjete u prostorijama radionica i tvornica.		
	Lagani fizički posao koji se obavlja sjedeći (više temperature važe za žene)	+20 do +22
	Srednje teški fizički poslovi montaže (za muškarce) težak fizički posao, ljevaonica	+10 do +15
	Stolarski pogon	+18
	Prostorije za kaljenje, lijepljenje, lakiranje	+22 do +26

Za osjećaj ugodnosti bitna je ujednačenost raspodjele temperature u prostoriji. U svim zagrijanim prostorijama postoje temperaturne razlike u vertikalnom i horizontalnom pravcu koje zavise od vrste grijanja, položaja, veličine i temperature ogrjevnih tijela kao i od vanjske temperature. Svakao je važna i udaljenost ogrjevnih tijela od prozora.

2.3. TEMPERATURA PLOHA PROSTORIJE

Srednja temperatura svih unutarnjih ploha prostorije, odnosno srednja temperatura zračenja, važan je čimbenik ugodnosti. Tako se može dogoditi iako temperatura zraka zadovoljava uvjete ugodnosti prilikom grijanja zimi, osobe u prostoriji osjećaju neugodu zbog nižih temperatura ploha. Zato u grijanju postoji pojam osjetne temperature, a to je srednja vrijednost temperature zraka i ploha.

Približnu veličinu osjetne temperature daje jednačba 2-1:

$$t_o = \frac{t_{zr} + t_{sr}}{2} \quad (2-1)$$

gdje je:

t_o = osjetna temperatura (°C)

t_{zr} = temperatura zraka u prostoriji (°C)

t_{sr} = srednja temperatura zračenja (°C) gdje je:

$$t_{sr} = \frac{\sum A_i \cdot t_i}{\sum A_i} \quad (2-2)$$

gdje je

A_i = površina plohe (zidovi, pod, strop itd.) (m²)

t_i = temperatura pojedine plohe prostorije (°C)

Osjetnu temperaturu možemo mjeriti za to predviđenim instrumentima npr. balonskim termometrom po Krausu.

Ako je brzina strujanja zraka veća od 0.2 m/s, temperatura zraka koja djeluje na čovjeka postaje sve utjecajniji faktor toplinske udobnosti pa je točniji izraz za osjetnu temperaturu:

$$t_o = a \cdot t_{zr} + (1 - a) \cdot t_{sr} \quad (2-3)$$

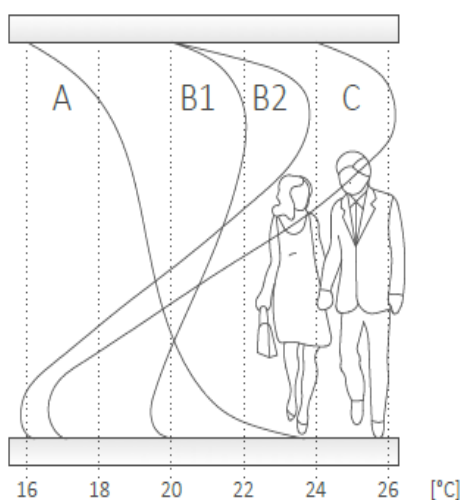
Pri čemu je:

$a = 0,5$ za brzinu zraka $v < 0,2$ m/s

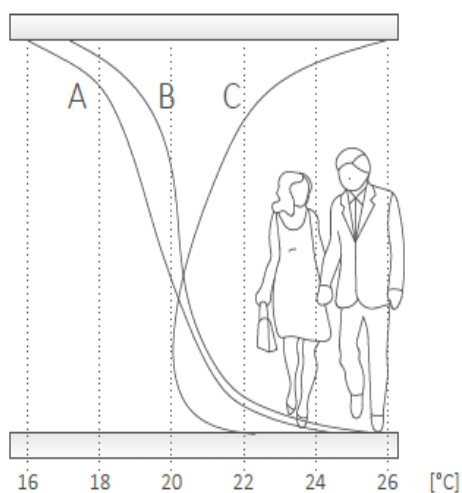
$a = 0,6$ za brzinu zraka $v = 0,2 - 0,6$ m/s

$a = 0,7$ za brzinu zraka $v = 0,6 - 1,0$ m/s

Ako je temperatura ploha niža od temperature zraka, kao što je zimi slučaj prilikom grijanja prostorija, onda će sobna temperatura od 20 °C biti niska i morat će se regulirati kako bi se osjetila ista ugodnost. Od velikoga značaja za utjecaj temperature zida je odnos između položaja ogrjevnih tijela i čovjeka u prostoriji što prikazuje Sl. 2-2 i Sl. 2-3.



Sl. 2-2 Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: A-teorijski, B1-radijator na vanjskom zidu B2-radijator na unutarnjem zidu, C-grijanje toplim zrakom [ilustraciju izradila I. Abrashi]



Sl. 2-3 Temperaturni profili podnog i stropnog grijanja: A - teorijski, B - podno, C – stropno [ilustraciju izradila I. Abrashi]

Pri poboljšanoj toplinskoj izolaciji zidova, koja se danas obično traži, te prozorima s troslojnim staklom i LOW-E premazom, moguće je i postavljanje ogrjevnih tijela na unutarnjim zidovima.

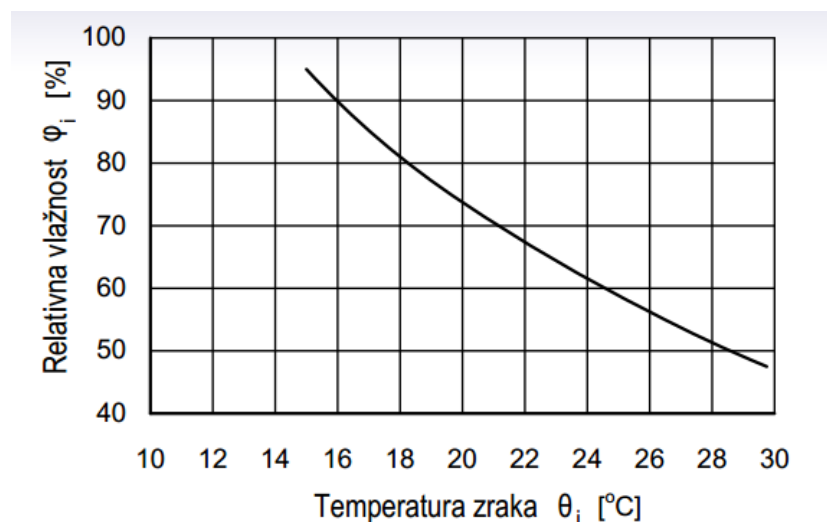
Iskustvo je pokazalo da je kod podnog grijanja površinska temperatura viša od 27 °C neugodna u prostorijama za trajni boravak. Na površinama po kojima se ne hoda (rubne zone) dopuštene su i više temperature, do 35 °C. Pri stropnom grijanju dozračivanje topline na tijelo čovjeka ne bi trebalo biti preveliko pa što je prostorija niža, utoliko mora biti niža i srednja temperatura stropa npr. pri visini prostorije od 3 m, maksimalno 35 °C.

2.4. RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA

Budući da se hlađenje ljudskog tijela dijelom vrši ishlapljivanjem vlage s površine kože vlažnost zraka postaje jedan od čimbenika ugodnosti. Sl. 2-4 prikazuje vrijednosti relativne vlažnosti zraka u ovisnosti od temperature prostorije.

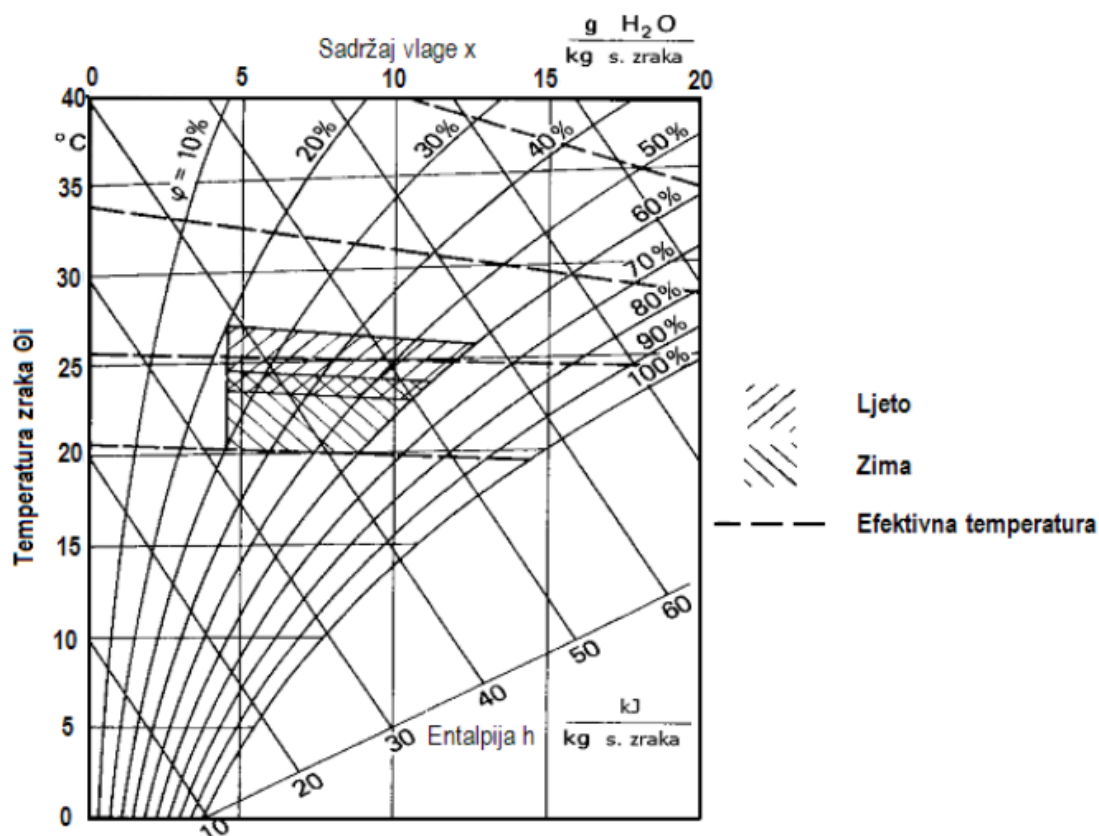
Pri normalnoj sobnoj temperaturi od 20 °C, odavanje topline uslijed isparavanja ima minimalnu ulogu. Zbog toga se može pretpostaviti da i vlažnost zraka nema veliki utjecaj u ovom području. Donja granica relativne vlažnosti zraka je oko 30 %, a niže vrijednosti, kakve se mogu javiti u prostoru u sezoni grijanja, dovode do osjećaja "suhog" zraka što nije prihvatljivo u smislu ugodnosti. U tom slučaju se sve vrste vune i umjetnih materijala pune statičkim elektricitetom i skupljaju okolne čestice prašine. Preporučuje se održavanje relativne vlažnosti u prostoru između 40 % i 60 % za temperature zraka do 25 °C. Kod povećane razine fizičke aktivnosti, veći je i udio latentne topline što daje mogućnost smanjenja relativne vlažnosti zraka za održavanje iste razine toplinske ugodnosti. Pod latentnom toplinom podrazumijevamo toplinu koju neka masa tvari mora predati ili primiti iz okoline kako bi promijenila agregatno stanje. U spomenutom je primjeru to toplota predana okolišu ishlapljivanjem preko kože i disanjem.

Slične su okolnosti u uvjetima relativne vlažnosti preko 70 %, kada na hladnim mjestima nastaje vlaga.



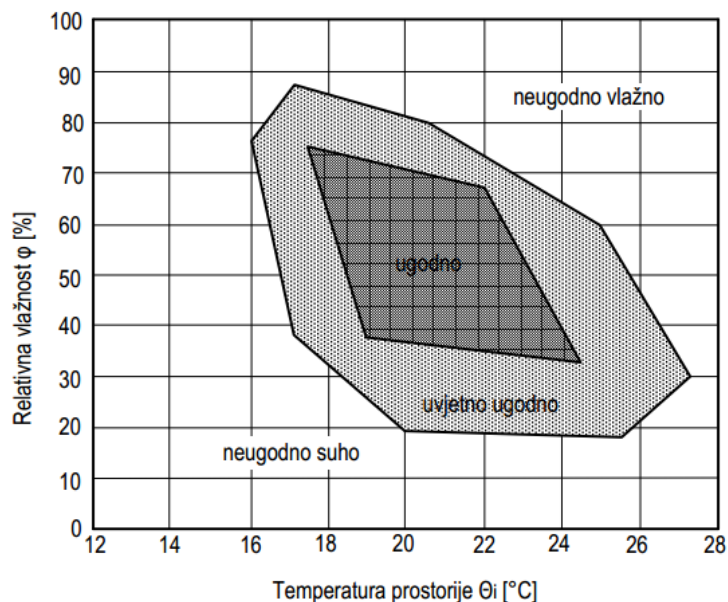
Sl. 2-4 Ovisnost relativne vlažnosti zraka o temperaturi zraka [1]

Pri visokim sobnim temperaturama, vlažnost postaje važan čimbenik jer se tada utjecaj isparavanja dodavanjem topline povećava. Ovo se vidi kada se promatra gornja granica ugodnosti u h, x-dijagramu (Sl. 2-5) za vlažni zrak za zimsko i ljetno razdoblje prema ASHRAE Standard 55. Prema navedenom dijagramu za laki fizički rad uz sjedenje i brzinu strujanja zraka u zoni boravka do 0,2 m/s, preporučena ljetna temperatura zraka u prostoriji je do 26 °C.



Sl. 2-5 Najviša dopuštena temperatura i vlažnost [1]

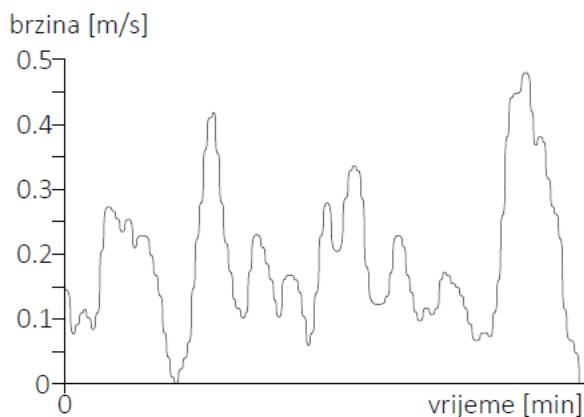
Sl. 2-6 prikazuje utjecaj vlage i temperature na osjećaj ugodnosti u nekom prostoru. Tamno osjenčano područje odgovara kriterijima ugodnosti u klimatizaciji, dok svijetlo područje uvjetno odgovara postavljenim zahtjevima na sustav klimatizacije.



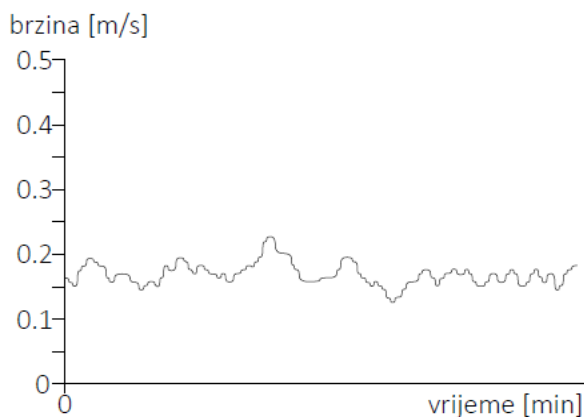
Sl. 2-6 Utjecaj vlage i temperature na ugodu u prostoru [1]

2.5. STRUJANJE ZRAKA

Brzina strujanja zraka ima iznimno velik utjecaj na toplinsku ugodnost. Nepoželjno je strujanje zraka s nižom sobnom temperaturom usmjerenom samo na jedan dio tijela jer se radi o propuhu. Ljudi su najosjetljiviji na nepokrivenim dijelovima tijela (npr. lice i donji dio nogu). Propuh se definira kao neželjeno lokalno hlađenje ljudskoga tijela, prouzročeno strujanjem zraka. Kod nižih temperatura zraka, već i mala brzina strujanja može izazvati neugodan osjećaj, dok se kod viših temperatura i pri nešto višim brzinama, može očekivati prihvatljiva razina ugodnosti. U prihvaćenim rasponima temperature zraka, preporučljiva brzina je do 0,25 m/s za osobe u mirovanju. Za standardne temperaturne uvjete, brzine strujanja zraka u zoni boravka do 0,15 m/s ne utječu značajno na toplinsku ugodnost. (Balen, I. i dr., 2010.)



Sl. 2-7 Visoka turbulentnost zraka [ilustraciju izradila I. Abrashi]



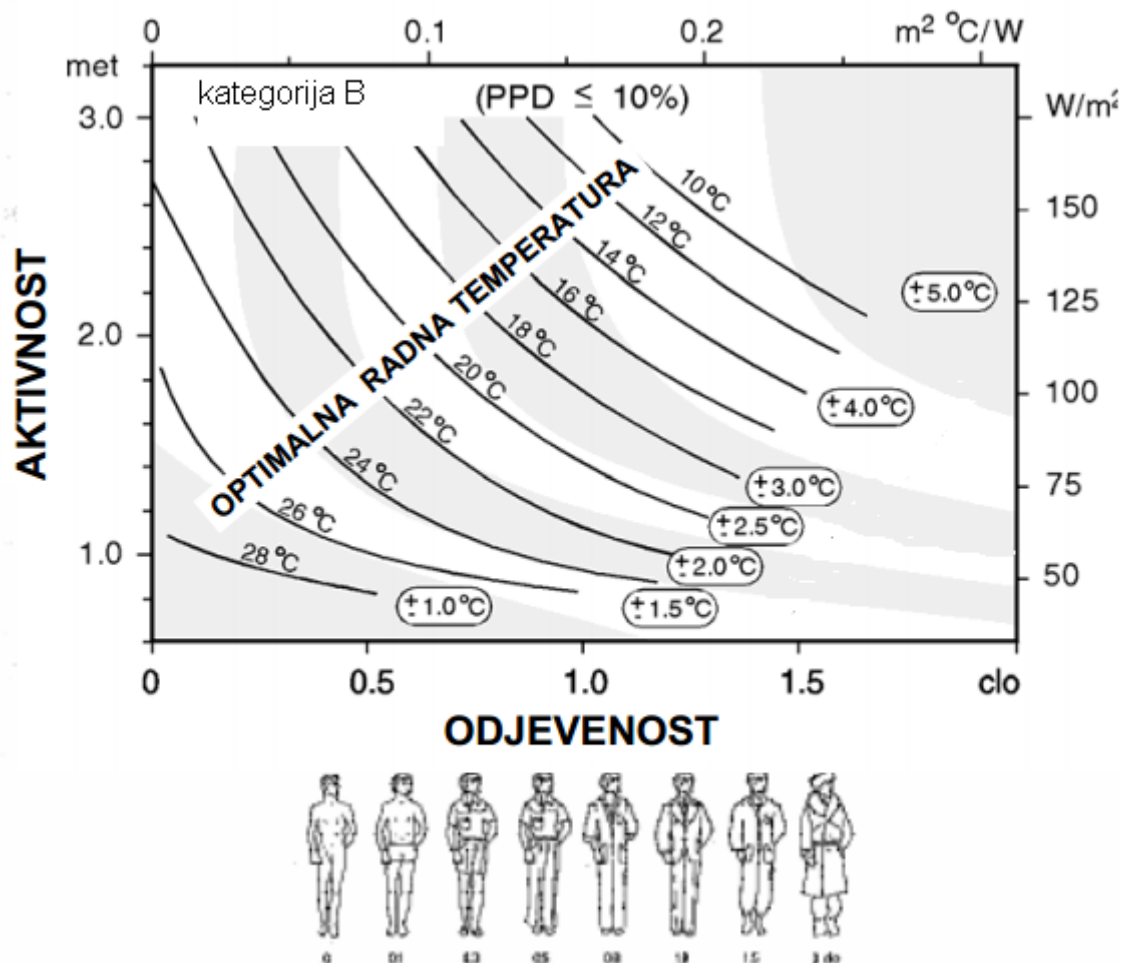
Sl. 2-8 Niska turbulentnost zraka [ilustraciju izradila I. Abrashi]

U prihvaćenim rasponima temperature zraka, preporučljiva brzina zraka je do 0,15 m/s za osobe u mirovanju (Sl. 2-7, Sl. 2-8). Iz dijagrama je vidljivo da fluktuacije brzine strujanja zraka imaju utjecaj na ugodnost. Ovaj slučaj fluktuacije u jedinici vremena naziva se turbulentnost. Osobe s višom razinom fizičke aktivnosti manje su osjetljive na propuh te su u tom slučaju prihvatljive brzine zraka i do 0,5 m/s.

2.6. STUPANJ ODJEVENOSTI

Količina odjeće koju čovjek ima na sebi utječe na izmjenu topline. Prolaz osjetne topline od tijela do vanjske površine odjeće obavlja se konvekcijom u zračnom sloju između tijela i odjeće, provođenjem kroz odjeću i u završnoj fazi konvekcijom u zračnom sloju između odjeće i okoline. Kako bi se olakšalo praćenje ovih postupaka uvedena je veličina I_{cl} . Mjerna jedinica je $1 \text{ clo} = 0,160 \text{ (m}^2\text{K)/W}$, a to je toplinski otpor poslovnog odijela s košuljom, kravatom i sakoom.

Iz dijagrama koji prikazuje Sl. 2-9 može se očitati najpovoljnija temperatura u zavisnosti od odjevenosti i aktivnosti čovjeka.

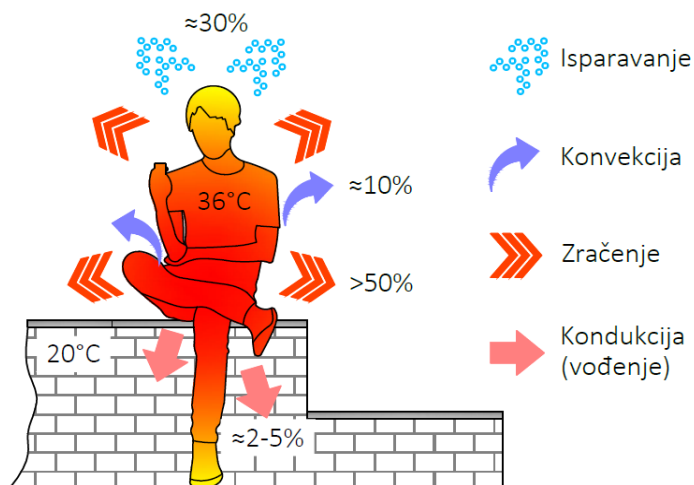


Sl. 2-9 Optimalna temperatura kao funkcija aktivnosti i odjevenosti [1]

2.7. STUPANJ FIZIČKE AKTIVNOSTI

Količina topline koju proizvodi ljudski metabolizam ovisi o razini fizičke aktivnosti.

Pri niskim temperaturama zraka viši je udio topline predane konvekcijom, a ako se temperatura povisi, udio (osjetne) topline predane konvekcijom se smanji, a poraste udio (latentne) topline predane ishlapljivanjem. Sl. 2-10 prikazuje načine izmjene topline čovjeka i okoline.



Sl. 2-10 Toplinska bilanca čovjeka [ilustraciju izradila I. Abrashi]

Ako se razina fizičke aktivnosti povećava pri stalnoj temperaturi okoliša, površinska temperatura kože se snižava kako bi se povećao toplinski tok iz tijela prema vanjskoj površini kože. Tablica 2-2 prikazuje vrijednosti toplinskoga toka za različite aktivnosti odraslih osoba. (Balen, I. i dr., 2010.)

Tablica 2-2 Toplinski tok od osoba za različite aktivnosti [1]

Aktivnost	Ukupni toplinski dobitak Φ_{UK} [W]		Osjetna toplina Φ_{OS} [W]	Latentna toplina Φ_L [W]
	Odrasli muškarac	Usklađena vrijednost M/Ž		
Sjedenje u kazalištu, dan	115	95	65	30
Sjedenje u kazalištu, noć	115	105	70	35
Sjedenje, lagani rad	130	115	70	45
Ured, umjerena aktivnost	140	130	75	55
Trgovina, stajanje, lagani rad; hodaње	160	130	75	55
Banka, hodaње, stajanje	160	145	75	70
Restoran, jedaње	175	160	80	80
Tvornica, lagani rad	235	220	80	140
Plesanje, umjereno	265	250	90	160
Tvornica, lagani rad za strojem, hodaње 4.8 km/h	295	295	110	185
Tvornica, teški rad	440	425	170	255
Tvornica, teški rad za strojem uz podizanje tereta	470	470	185	285
Kuglanje	440	425	170	255
Atletika u dvorani	585	525	210	315

Napomene:

Vrijednosti u tablici odgovaraju temperaturi zraka oko 22 °C. U slučaju povišenja temperature na npr. 27 °C, ukupni toplinski dobitak ostaje isti, a iznos osjetne topline treba umanjiti za 20 %, te za taj iznos uvećati latentnu toplinu.

Usklađena vrijednost toplinskoga dobitka temelji se na normalnom postotku muškaraca, žena i djece za navedenu aktivnost, uz pretpostavku da toplinski dobitak odrasle žene iznosi oko 85 %, a toplinski dobitak djeteta oko 75 % toplinskog dobitka od odraslog muškarca.

Sve vrijednosti zaokružene su na 5 W.

Ako hlađenje organizma uslijed povećanja cirkulacije krvi u krvnim žilama bliže površini kože nije dovoljno, tijelo reagira znojenjem jer se hlađenjem kapljevite vlage s površine kože efekt hlađenja dodatno pojačava.

Za lakši opis izmjene topline povezane sa stupnjem fizičke aktivnosti, uveden je pojam metaboličkog učinka mjerna jedinica za istu je met.

2.8. BUKA

2.8.1. Osnovne fizikalne veličine

Postizanje zadanih vrijednosti razine buke je svakako jedan od važnih čimbenika za ugodan boravak u prostoriji. Također, utječe na odabir opreme za grijanje, hlađenje i klimatizaciju te pravilan smještaj. U termotehničkim instalacijama značajni izvori buke su ventilatori unutar klima-komora te kompresori unutar dizalica topline.

Buka je najčešće nepravilan ili statistički slučajan zvuk, a zvuk je titranje čestica u elastičnom mediju koje se kao zvučni val širi brzinom karakterističnom za taj medij. Pod zvukom se podrazumijeva titranje čestica zraka. Kada je riječ o zvuku u čvrstim tijelima, govorimo o strukturnome zvuku. Osnovna fizikalna veličina kojom se općenito izražava zvuk jest zvučni tlak p . Zvučni je tlak izmjenični tlak u nekoj točki medija, koji se pri širenju zvučnih valova superponira postojećemu statičkom tlaku, tj. atmosferskom tlaku u zraku. Razlika između ukupnoga tlaka, u određenoj točki medija te u određenom trenutku, i statičkoga tlaka je trenutni zvučni tlak.

Općenito, razina neke veličine je logaritam omjera zadane veličine i referentne veličine iste vrste. Baza logaritma, iznos referentne veličine te vrsta razine, moraju biti naznačeni. Osnovna jedinica razina u akustici jest bel (B). To je jedinica razine veličina koje su razmjerne snazi ako je baza logaritma deset. U praksi se koristi jedna desetina bela - decibel (dB). Prema tome, razina neke veličine razmjerne snazi (zvučne snage, zvučne jakosti, zvučne energije) jednaka je deseterostrukom dekadskom logaritmu omjera zadane i referentne veličine.

Zvučni je tlak veličina koja opisuje zvučno polje te je kvadrat zvučnoga tlaka proporcionalan zvučnoj snazi. Uzevši to u obzir, dobiva se izraz za razinu zvučnoga tlaka L_p :

$$L_p = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_o}\right) \quad (\text{dB}) \quad (2-4)$$

pri čemu je:

p_o - referentni zvučni tlak koji iznosi 20 μPa

p - promatrani zvučni tlak (Pa)

Zvučna snaga izvora W jest sva zvučna energija koju zrači izvor zvuka u određenome frekvencijskom području i u određenome vremenskom intervalu podijeljena sa širinom toga intervala. Razina zvučne snage L_w jednaka je:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0} \quad (\text{dB}) \quad (2-5)$$

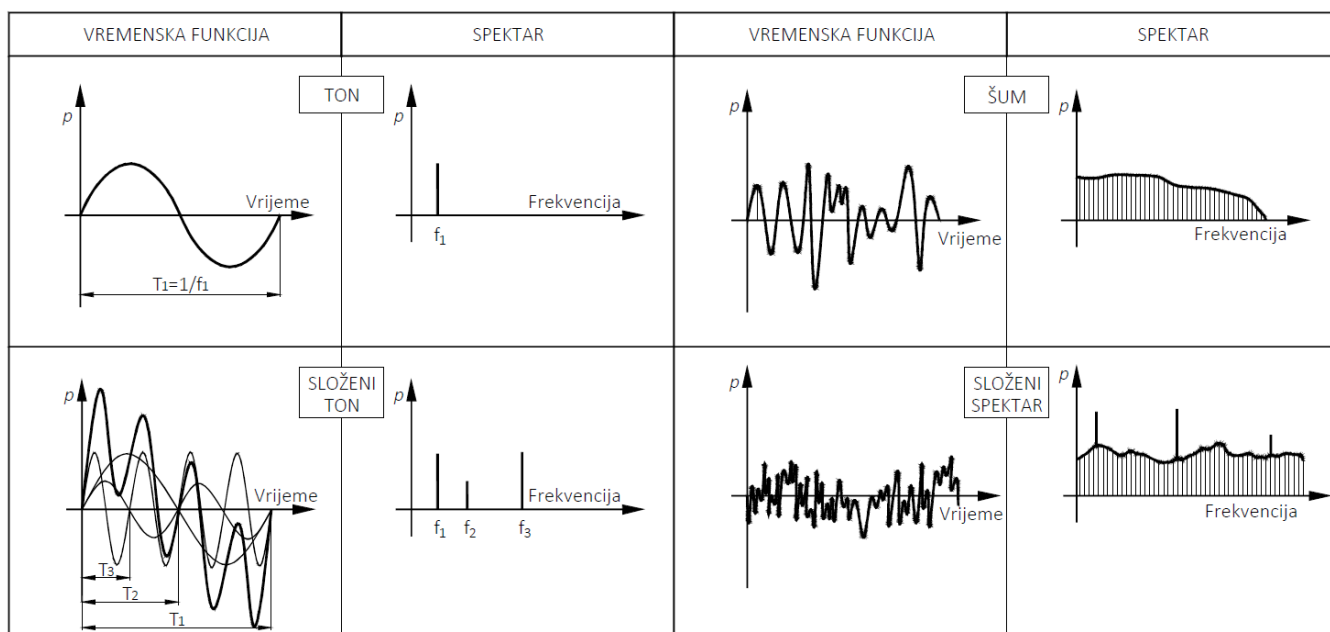
gdje je:

$W_0 = 10^{-12} \text{ W} = 1 \text{ pW}$ – referentna zvučna snaga.

Frekvencija (titranja) osnovno je svojstvo zvuka koje se izražava brojem titraja u sekundi, a jedinica je herc (Hz). U praktičnoj primjeni važno je čujno frekventijsko područje koje se prosječno kreće u rasponu frekvencija od 16 Hz do 16 kHz, a u iznimnim slučajevima do 24 kHz. U tehničkoj akustici ono se zaokružuje na područje od 20 Hz do 20 kHz, ispod čega je infrazvuk a iznad označenoga područja ultrazvuk. Dok se titranje na vrlo visokim ultrazvučnim frekvencijama u području iznad 10^{10} Hz, naziva hiperzvukom.

Razlaganjem vremenske funkcije zvuka po frekvenciji dobiva se zvučni spektar. Prema obliku spektra razlikujemo (Sl. 2-11):

- čisti ton kao sinusoidno zvučno titranje, tj. harmoničko titranje, koje ima *diskretan*, odnosno *linijski spektar* sadržan na jednoj frekvenciji;
- složeni ton kao zvuk koji nije jednostavno titranje, već je kao periodičko neharmoničko titranje. Ovaj ton Fourierovom analizom možemo rastaviti na čiste tonove: osnovni ton i harmonike;
- šum kao titranje uzrokovano ukupnim djelovanjem mnogobrojnih elementarnih poremećaja čija je vremenska raspodjela slučajna. Spektralne su komponente gusto raspoređene i spajaju se u *kontinuirani spektar*;
- buku koja ima *složeni* ili *miješani spektar*, tj. u kontinuiranome spektru ističu se neke diskretne komponente kao rezultat periodičnih procesa u izvorima buke.

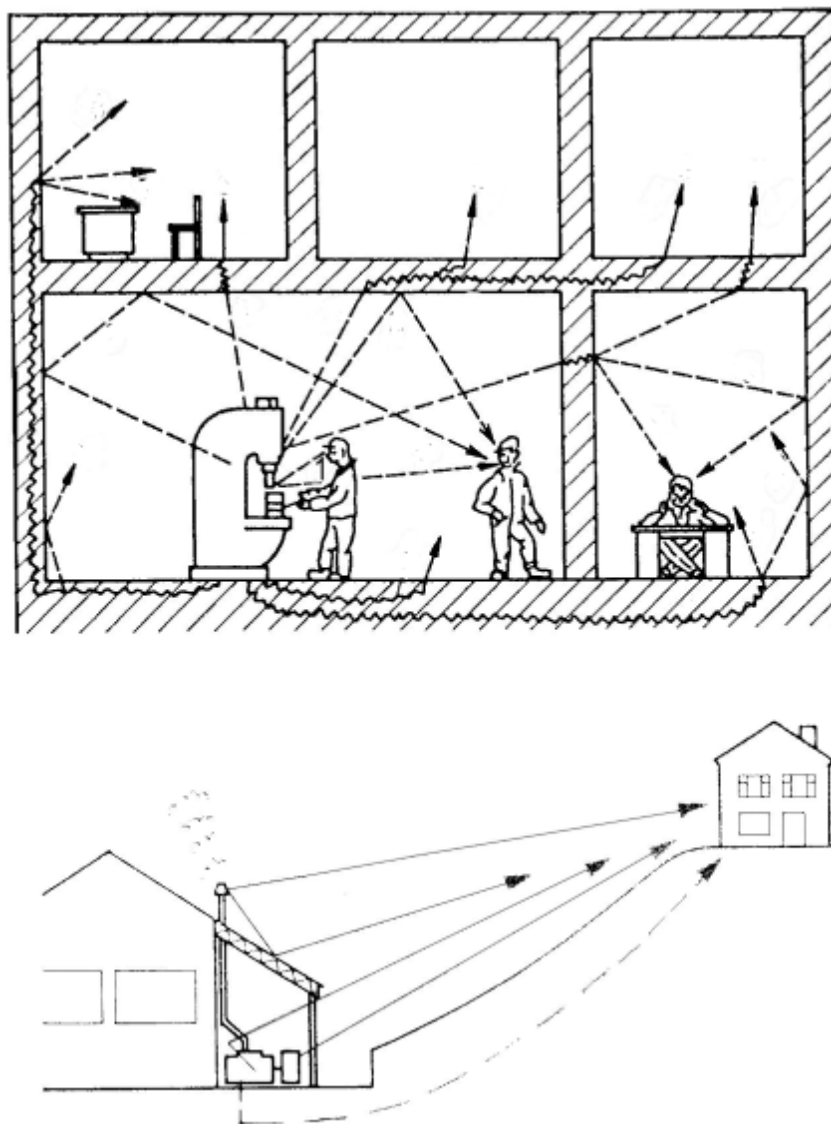


Sl. 2-11 Osnovni oblici spektra [2]

2.8.2. Širenje zvuka

Uzrok nastanka zvuka je poremećaj koji uzrokuje pomak čestica ili jednoga dijela medija koji se preko elastičnih veza prenosi na okolne čestice medija ili na njegove okolne dijelove. Tako se početni pomak prenosi na cijeli medij čime nastaje valno gibanje, tj. nastaju zvučni valovi koji se šire. Zvučni valovi koji se pojavljuju zbog titranja čestica u smjeru kojim se zvuk širi jesu *longitudinalni valovi*. U plinovima i tekućinama zvučni valovi isključivo se tako šire. Ako čestice titraju poprečno, okomito na smjer širenja zvuka, dobivaju se *transverzalni valovi*. Takvi valovi šire se čvrstim tijelima. S obzirom na putove širenja razlikujemo zračnu i strukturnu komponentu zvuka, odnosno buke.

Sl. 2-12 prikazuje moguće putove širenja zvuka u nekoj građevini kao i na vanjskom prostoru.



Sl. 2-12 Putovi širenja zračnih i strukturnih komponenti unutarnje i vanjske buke [2]

Zvučni val, koji se iz točkastoga izvora širi radijalno u svim smjerovima, zove se kuglasti val. Na velikoj udaljenosti od izvora zvuka kuglasti val postaje ravni zvučni val. U ravnim se valovima zvuk širi izazvan titranjem plošnog izvora (npr. klipa), a u zatvorenome prostoru u smjeru širenja vala. Uz ove dvije vrste izvora postoji još linijski izvor zvuka (npr. cestovni promet) koji stvara valjkaste zvučne valove.

Najmanja udaljenost između dvije točke iste faze vala, u određenome trenutku, jest valna duljina λ . Brzina kojom se određena faza vala pomiče u prostoru zove se brzina širenja zvuka c . Ona ovisi o prirodi medija u kojem se zvuk širi.

Apsorpcija zvuka je proces slabljenja zvuka prilikom njegova prolaska kroz neki medij ili pri prelasku preko neke površine. Zvučna se energija pri tome najviše pretvara u toplinu.

Prigušenje koje uzrokuje raslinje ovisi o visini izvora zvuka i slušatelja iznad zemlje. U Tablici 2-3 prikazano je prigušenje pri čemu je uzeta visina izvora zvuka i uha oko 1 do 2 m iznad zemlje:

Tablica 2-3 Prigušenje koje uzrokuje raslinje [2]

	DODATNO PRIGUŠENJE U dB/m		
	100 Hz	1 000 Hz	5 000 Hz
Trava rijetka, visine 10 do 20 cm	0,005	0,03	-
Trava gusta, visine 40 do 50 cm	0,005	0,12	0,15
Žito gusto, visine 180 cm	0,03	0,36	0,4
Šuma	0,02	0,06	0,15

Kao što se vidi, samo sa zelenim površinama u naseljima i oko autocesta ne može se znatno prigušiti buka, pa se za zaštitu moraju izgraditi prepreke (barijere ili zaslони) koje na strani prema izvoru zvuka imaju apsorpcijski sloj. Kada zvučni valovi udare o neku plohu, jedan dio energije reflektira se i apsorbira, a ostatak se prenese kroz plohu na drugu stranu.

2.8.3. Zvuk u zatvorenim prostorijama

Zvučni tlak L_p u nekoj točki prostorije, koji uzrokuje izvor poznate zvučne snage L_w , ovisi o apsorpciji prostorije, o položaju izvora, odnosno, o faktoru usmjerenosti i udaljenosti od izvora.

Apsorpcija prostorije iskazuje se ekvivalentnom apsorpcijskom površinom A jednako površini plohe čiji je koeficijent apsorpcije $\alpha = 1$, koja bi u odječnoj prostoriji u difuznom zvučnom polju apsorbirala jednako onoliko zvučne energije koliko i dana površina. U zatvorenim prostorijama uzima se u obzir površina svih unutarnjih ploha prostorije, kao i apsorpcija predmeta i ljudi u prostoriji.

Apsorpcija prostorije nije izravno mjeriva, već se kao mjera apsorpcije prostorije rabi vrijeme odjeka T_r u prostoriji. Vrijeme odjeka je vrijeme potrebno da se razina zvučnoga tlaka u prostoriji za zvuk određene frekvencije ili frekvencijskoga pojasa snizi za 60 dB nakon što je zvučni izvor prestao emitirati zvuk.

2.8.4. O izvorima buke

Uzroci buke mogu biti mehanički, aerodinamički, hidrodinamički, elektromagnetski i drugi. Karakteristični mehanički izvori buke koje srećemo u praksi jesu:

- motori s unutarnjim izgaranjem (klipni motori, turbine)
- kompresori
- ventilatori
- elektromotori i električni transformatori
- strojevi za obradu metala, drva i drugih materijala
- ručni alati različitih namjena
- različita vozila (laki i teški automobili, radna vozila, brodovi i sl.).

Podaci o buci strojeva i uređaja obično postoje kod proizvođača i na zahtjev se mogu dobiti. Drugi mogući izvor podataka jesu mjerenja na istim ili sličnim strojevima i instalacijama. Ako takvi podaci nisu dostupni, u akustičkoj literaturi mogu se naći empirijske jednadžbe za približno izračunavanje ukupnih i oktavnih razina buke. Jednadžbe su dobivene na temelju velikog broja eksperimenata. Tim jednadžbama povezuju se neke od akustičkih veličina i nekih osnovnih tehničkih parametara stroja, kao što su snaga stroja, broj okretaja osovine, broj diskontinuiteta, protok medija i drugi.

Osnovni akustički podaci s kojima se barata kod strojeva kao izvora buke jesu vrednovana ili linearno iskazana (nevrednovana) razina zvučne snage stroja ili A-razina buke u dB(A) na nekoj od normiranih mjernih udaljenosti od obrisa stroja.

Kod strojeva većih dimenzija za određivanje razine buke, u blizini strojeva uvedena je pomoćna veličina koja povezuje zvučnu snagu stroja i razinu buke stroja - indeks mjerne plohe L_s . Mjerna ploha je geometrijski jednostavna ploha koja obuhvaća neki stroj približno slijedeći njegov obris, a na kojoj su raspoređene mjerne točke za određivanje srednje razine buke na toj plohi. Mjerna ploha može biti paralelopiped, polukugla ili polualjak. Obično se kao referentna mjerna udaljenost od obrisa stroja izabere udaljenost od 1 m.

3. PRORAČUN SUSTAVA GRIJANJA

3.1. OSNOVE

Kako bi odabir sustava za grijanje bio korektan potrebno je napraviti proračun koji će u obzir uzeti karakteristike zgrade, njezinu namjenu, smještaj u određenoj klimatskoj zoni itd. Ovo poglavlje bavi se samo pojednostavljenim postupkom sukladno normi HRN EN 12 831:2003 (E). U njemu su pojašnjene veličine te način izrade proračuna gubitaka topline.

3.2. KLIMATSKI PODACI

Za proračun gubitaka topline važni su klimatski podaci za područje na kojem je objekt. Podaci koji se uzimaju u proračun su:

- Vanjska projektna temperatura θ_e za toplinske gubitke prema okolišu
- Srednja vrijednost vanjske temperatura $\theta_{m,e}$ za toplinske gubitke prema zemlji.

Vanjska temperatura predstavlja temelj proračuna toplinskih gubitaka. To je najniža temperatura okoline na kojoj uređaji za grijanje ugrađeni u zgradu trebaju osigurati zadovoljavajuću temperaturu prostora.

Člankom 5. stavkom 2. *Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (Narodne novine, broj: 128/15, 70/18, 73/18, 86/18) propisano je da meteorološke podatke objavljuje ministar na službenim internetskim stranicama Ministarstva.

U Tablica 3-4 naznačene su vanjske projektne temperature za gradove očitane sa stranica Ministarstva prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine koji se nalaze u aktima sa područja energetske učinkovitosti, direktna veza:

https://mpgi.gov.hr/UserDocImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Meteo_parametri_po_postajama.pdf.

Tablica 3-4 Vanjske projektne temperature
[https://mpgi.gov.hr/UserDocImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Meteo_parametri_po_postajama.pdf]

Grad	$\vartheta_{\min,e}$ [°C]	Grad	$\vartheta_{\min,e}$ [°C]	Grad	$\vartheta_{\min,e}$ [°C]
Bjelovar	-14,3	Ogulin	-14,1	Slavonski Brod	-16,4
Daruvar	-14,2	Osijek	-16,1	Split	-3,0
Dubrovnik	-1,6	Pazin	-9,6	Sunja	-16,7
Gospić	-17,2	Ploče	-2,4	Varaždin	-14,9
Hvar	-0,5	Poreč	-6,5	Vinkovci	-14,6
Imotski	-5,9	Pula	-6,2	Zadar	-4,6
Karlovac	-14,5	Puntijarka	-17,6	Zagreb Grič	-9,8
Knin	-8,9	Rab	-2,4	Zagreb Maksimir	-12,8
Koprivnica	-15,0	Rijeka	-7,7	Zagreb Pleso	-15,7
Krapina	-12,4	Samobor	-12,2	Belje	-15,8
Križevci	-14,8	Senj	-9,1	Lipik	-15,7
Makarska	-1,3	Šibenik	-5,7	Požega	-15,8
M. Lošinj	-2,7	Sisak	-12,2	Slunj	-15,4
Našice	-13,2	Slatina	-14,8	Županja	-13,8

3.3. UNUTARNJA PROJEKTNJA TEMPERATURA

Za unutarnju projektну temperaturu koja se uzima u proračun, pretpostavlja se da su temperatura zraka i temperature ploha u prostoriji jednake. U Tablica 3-5 dane su osnovne vrijednosti unutarnjih projektnih temperatura.

Tablica 3-5 Unutarnje projektne temperature [3]

Namjena prostorije	$t_{\text{min,e}} [^{\circ}\text{C}]$
Uredi	20
Veliki uredi	20
Prostorije za sastanke	20
Restorani	20
Učionice	20
Dječji vrtići, jaslice	20
Trgovački centri	16
Stambeni prostori	20
Kupaonice	24
Crkve	15
Muzeji/galerije	16

3.4. ZNAČAJKE GRAĐEVNIH DIJELOVA OBJEKTA

Ulazni podaci za proračun su sljedeći:

V_i volumen grijanoga prostora (m^3);

A_k površina svakoga građevinskog elementa (m^2);

U_k koeficijent prolaza topline ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$).

Proračun U_k vrši se prilikom odabira građevnih materijala s ciljem ostvarivanja toplinske zaštite. Ovaj pojam obuhvaća mjere toplinske zaštite kojima se, uz uvjet dovoljnog grijanja i provjetravanja za uobičajeno korištenje zgrade, osigurava higijenska mikroklima u prostoru zgrade i sprječava kondenzacija vodene pare na svakome mjestu unutarnje površine omotača grijanoga prostora zgrade. Koeficijent prolaska topline U_k građevnih dijelova u omotaču grijanoga prostora zgrade temperature $t_i > 12^{\circ}\text{C}$, koji imaju plošnu masu $\geq 100 \text{ kg}/\text{m}^2$ a ploštine su $> 0,5 \text{ m}^2$, ne smiju biti veći od vrijednosti danih u Tablica 3-6.

Tablica 3-6 Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], građevnih dijelova novih zgrada te nakon rekonstrukcije postojećih zgrada [3]

R.br.	Građevni dio	U [$W/m^2 \cdot K$]			
		$\vartheta_{int,set,H} \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \vartheta_{int,set,H} < 18^\circ C$	
		$\vartheta_{e,mj,min} \leq 3^\circ C$	$\vartheta_{e,mj,min} > 3^\circ C$	$\vartheta_{e,mj,min} \leq 3^\circ C$	$\vartheta_{e,mj,min} > 3^\circ C$
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetravanom tavanu	0,3	0,45	0,5	0,6
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,6	1,8	2,5	2,8
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovni prozori, prozirni elemenati ovojnice zgrade	1,1	1,4	1,4	1,4
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0,25	0,3	0,4	0,5
5.	Stropovi iznad vanjskoga zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,3	0,4	0,5
6.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od $0^\circ C$	0,4	0,6	0,9	1,2
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	$0,4^{1)}$	$0,5^{1)}$	$0,65^{1)}$	$0,8^{1)}$
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetravanom prostoru	2	2,4	2,9	2,9
9.	Stjenke kutija za rolete	0,6	0,8	0,8	0,8
10.	Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.)	0,6	0,8	1,2	1,2
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12.	Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,0	3,0	3,0	3,0

Napomena:

$\vartheta_{e,mj,min}$ je srednja mjesečna temperatura vanjskoga zraka najhladnijega mjeseca na lokaciji zgrade.

¹⁾ Kod podova na tlu zahtjev vrijedi do dubine poda prostorije 5m od vanjskoga zida, zida prema tlu ili negrijanoga prostora, osim u slučaju projektiranja podnoga grijanja.

3.5. POJEDNOSTAVLJEN PRORAČUN SUSTAVA GRIJANJA

Postupak proračuna sustava grijanja, odnosno toplinskog opterećenja prostorija ili njihovih potreba za toplinom provodi se sukladno normi HRN EN 12 831:2003 (E).

Postoje dva postupka proračuna toplinskog opterećenja (toplinskih gubitaka, odnosno potreba za toplinom) prostorija i cijele zgrade: pojednostavljen i detaljan. Pri tome je primjena pojednostavljenoga proračuna predviđena za stambene zgrade s najviše tri stana i propusnošću ovojnice zgrade do $n_{50} = 3 \text{ h}^{-1}$.

3.5.1. Ukupni projektni toplinski gubici

Pojednostavljeni postupak proračuna polazi od pojedine plohe s odgovarajućom U-vrijednosti. Prema normi EN 12 831:2003 (E) u obzir se uzimaju sve plohe koje imaju toplinske gubitke prema okolišu (vanjski zidovi, odnosno zidovi i podovi koji su u doticaju s tlom) te utjecaj toplinskih mostova, zbog čega se kod primjene pojednostavljenoga proračuna redovito uključuje dodatak za toplinske mostove ($\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Pojednostavljenim postupkom prostorije s povišenim temperaturama (više od 4 K u odnosu na ostale prostorije, npr. kupaoonica: 24 °C) obuhvaćene su faktorom $f_{\Delta\Phi,i}$.

Ukupni toplinski gubici se u pojednostavljenome postupku računaju jednadžbom 3-1:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\Phi,i} \quad (\text{W}) \quad (3-1)$$

pri čemu su:

- $\Phi_{T,i}$ transmisijski toplinski gubici za grijane prostore (i) (W);
- $\Phi_{V,i}$ ventilacijski toplinski gubici za grijane prostore (i) (W);
- $f_{\Delta\Phi,i}$ temperaturni korekcijski faktor koji uzima u obzir dodatne gubitke topline prostorija grijanih na višu temperaturu, npr. kupaoonice: 24°C (Tablica 3-7).

Tablica 3-7 Faktor korekcije temperature $f_{\Delta\Phi,i}$ [3]

Projektna temperatura prostorije	$f_{\Delta\Phi}$
normalno	1,0
povišeno	1,6

3.5.2. Transmisijski toplinski gubici

Transmisijski toplinski gubici se u pojednostavljenom postupku računaju jednadžbom 3-2:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad (3-2)$$

pri čemu su:

- A_k - površina građevinskog elementa (k) (m^2);
- U_k - koeficijent prolaza topline građevinskog elementa (k) ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$);
- f_k - temperaturni korekcijski faktor građevinskog elementa (k) (Tablica 3-8).

Tablica 3-8 Temperaturni korekcijski faktori f_k za pojednostavljeni proračun [3]

Toplinski gubici	f_k	Napomena
izravno prema okolini	1,00	za izolirane toplinske mostove
	1,40	za neizolirane toplinske mostove
	1,00	za prozore i vrata
prema negrijanim prostorijama	0,80	za izolirane toplinske mostove
	1,12	za neizolirane toplinske mostove
prema tlu	0,30	za izolirane toplinske mostove
	0,42	za neizolirane toplinske mostove
preko krova	0,90	za izolirane toplinske mostove
	1,26	za neizolirane toplinske mostove
podignuti pod	0,90	za izolirane toplinske mostove
	1,26	za neizolirane toplinske mostove
prema susjednoj zgradi	0,50	za izolirane toplinske mostove
	0,70	za neizolirane toplinske mostove
prema susjednom stanu	0,30	za izolirane toplinske mostove
	0,42	za neizolirane toplinske mostove

3.5.3. Ventilacijski toplinski gubici

Ventilacijski gubici topline računaju se prema sljedećoj jednadžbi:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{\min,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad (\text{W}) \quad (3-3)$$

pri čemu su:

$\Phi_{V,i}$ - ventilacijski toplinski gubici (W);

$V_{\min,i}$ - najmanja potrebna protočna količina zraka grijanoga prostora, zbog zadovoljenja higijenskih potreba (m^3/h).

Najmanja potrebna protočna količina zraka nužna zbog zadovoljenja higijenskih potreba računa se :

$$V_{\min,i} = V_i \cdot n_{\min} \quad (3-4)$$

Gdje su:

$n_{\min}$ - najmanji potrebni broj izmjena zraka po satu (h^{-1})

Projektne vrijednosti za najmanji potrebni broj izmjena zraka po satu prikazuje Tablica 3-9

V_i - volumen grijanog prostora (m^3)

Tablica 3-9 Minimalan broj izmjena zraka $n_{\min}$ [3]

Namjena prostorije	$n_{\min} \text{ h}^{-1}$
Stambene prostorije	0,5
Kuhinja ili kupaonica s prozorom	1,5
Ured	1,0
Prostorija za sastanke, učionica	2,0

3.5.4. Toplinsko opterećenje grijanih prostorija

Toplinsko opterećenje prostorija računa se prema:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} \quad (3-5)$$

pri čemu su:

- Φ_i - ukupni toplinski gubici prostorije (W);
 $\Phi_{RH,i}$ - dodatan toplinski učinak za ponovno zagrijavanje grijanih prostora (W).

3.5.5. Dodatan učinak za ponovno zagrijavanje

U normi HRN EN 12 831:2003 (E) uveden je dodatan učinak za ponovno zagrijavanje u slučaju pogona sustava grijanja s prekidima. Za prostorije u kojima je predviđen takav pogon, definiran je korekcijski faktor koji se mora uzeti u obzir, a ovisi o:

- vremenu u kojemu se ponovno uspostavlja normalna temperatura u prostoriji
- vrsti građevine
- konstrukciji građevine
- predviđenom snižavanju temperature za vrijeme prekida rada sustava.

$$\Phi_{RH,i} = A_i f_{RH} \quad (3-6)$$

pri čemu su:

- A_i - površina poda grijane prostorije, u metrima kvadratnim (m^2);
 f_{RH} - korekcijski faktor ponovnog zagrijavanja.

Osnovne vrijednosti za korekcijski faktor f_{RH} za stambene zgrade prikazuje Tablica 3-10

Tablica 3-10 Korekcijski faktor ponovnog zagrijavanja za stambene zgrade, noćni prekid maksimalno 8 h [3]

Vrijeme zagr. [h]	$f_{RH} [W/m^2]$		
	Pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida		
	1 [K]	2 [K]	3 [K]
	masa zgrade velika	masa zgrade velika	masa zgrade velika
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

3.5.6. Ukupno toplinsko opterećenje stana ili zgrade

Ukupno toplinsko opterećenje stana ili zgrade je jednako zbroju toplinskih opterećenja (toplinskih gubitaka) pojedinih prostorija kako slijedi:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad (3-7)$$

pri čemu je:

- $\Phi_{T,i}$ - transmisijski gubici topline prostorije (W);
- $\Phi_{V,i}$ - ventilacijski gubici topline prostorije (W);
- $\Phi_{RH,i}$ - toplota za zagrijavanje zbog prekida grijanja (W).

U slučaju da nema sustava ventilacije u zgradi, ventilacijski gubici $\Phi_{V,i}$ uzimaju se kao veća vrijednost između protoka zraka infiltracijom kroz fuge u ovojnici zgrade i minimalno potrebnog protoka zraka iz higijenskih razloga:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) \quad (m^3/h) \quad (3-8)$$

gdje su:

- $V_{inf,i}$ - infiltracija zraka kroz fuge u ovojnici zgrade (m^3/h);
- $V_{min,i}$ - higijenski minimalni volumni protok zraka koji se računa prema jednadžbi 3-4 (m^3/h).

Infiltracija zraka kroz fuge u ovojnici zgrade računa se prema izrazu:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (3-9)$$

gdje su:

- n_{50} - broj izmjena zraka prostora u jednom satu pri razlici tlaka od 50 Pa između prostora i vanjskog okoliša ($1/h$);
- e_i - koeficijent zaklonjenosti;
- ε_i - korekcijski faktor za visinu prostorije od tla (do 10 m $\varepsilon_i = 1$).

4. SUSTAVI GRIJANJA

4.1. OSNOVE

Svrha sustava za grijanje prostorija je osigurati unutarnju projektnu temperaturu prostora kod niskih (zimskih) vanjskih temperatura, koja ovisi o namjeni prostorije kao što je vidljivo u Tablica 2-1. u poglavlju 2.

U osnovi se razlikuju dva sustava grijanja prostorija:

- Pojedinačni sustav grijanja kod kojeg se u svakoj grijanoj prostoriji nalazi izvor topline, a od energenta koriste se kruta goriva, plin ili električna energija.
- Centralni sustav grijanja kod kojeg se izvor topline nalazi na jednom, za to određenom mjestu u zgradi, a toplina se prenosi do ogrjevnih tijela smještenih u grijanim prostorijama. Pri tome jedan izvor topline opskrbljuje toplinom ogrjevna tijela u više prostorija jednog stana, zgrade ili čak više zgrada. Ako se koristi jedan ogrjevni uređaj po stanu u građevini s više stanova, govori se o etažnom grijanju.

Kao posebna grupa centralnih sustava smatra se daljinsko grijanje. Kod daljinskog grijanja voda se grije na jednom mjestu (toplani, termoelektrani - toplani) i preko razvodne mreže distribuira prema toplinskim podstanicama u naselju ili gradu, gdje se u izmjenjivačima toplina predaje na cijevnu mrežu unutar pojedinih zgrada.

Sustavi daljinskoga grijanja mogu se podijeliti u dvije glavne skupine: prema nositelju topline i prema vrsti izvora topline u kojem se proizvodi energija. Prema nositelju topline i normi HRN EN 12828 2014 sustavi mogu biti:

- toplovodni kod kojih je temperatura vode manja od 105 °C,
- vrelovodni kod kojih je temperatura vode veća od 105 °C
- parovodni.

Prema vrsti izvora topline mogu biti:

- sa zajedničkom proizvodnjom toplinske i električne energije, obično u termoelektranama - toplanama u kojima se u kogeneracijskom procesu proizvode različite vrste energije
- s blokovskim kotlovnica za proizvodnju samo toplinske energije koje su smještene u većim ili manjim gradovima te proizvode toplinsku energiju za pojedine dijelove grada.

Prednosti daljinskoga grijanja su:

- toplinska energija proizvodi se na jednom mjestu,
- lakša kontrola onečišćenja zraka,
- može se upotrijebiti više raznih vrsta goriva, a uz to je lakša doprema goriva samo na jedno mjesto, kao i njegovo skladištenje
- postrojenja u zgradama potrošača su manja, jednostavnija i sigurnija za upotrebu.

4.2. POJEDINAČNI SUSTAVI GRIJANJA

4.2.1. Grijalice za pojedinačno grijanje na kruta goriva

Najstariji način grijanja prostorija je putem ognjišta u kojem izgaraju drvene cjepanice. Ognjišta kod kojih se dimni plinovi odvođe direktno u dimnjak su kamini, koji danas služe u dekorativne svrhe (Sl. 4-1).



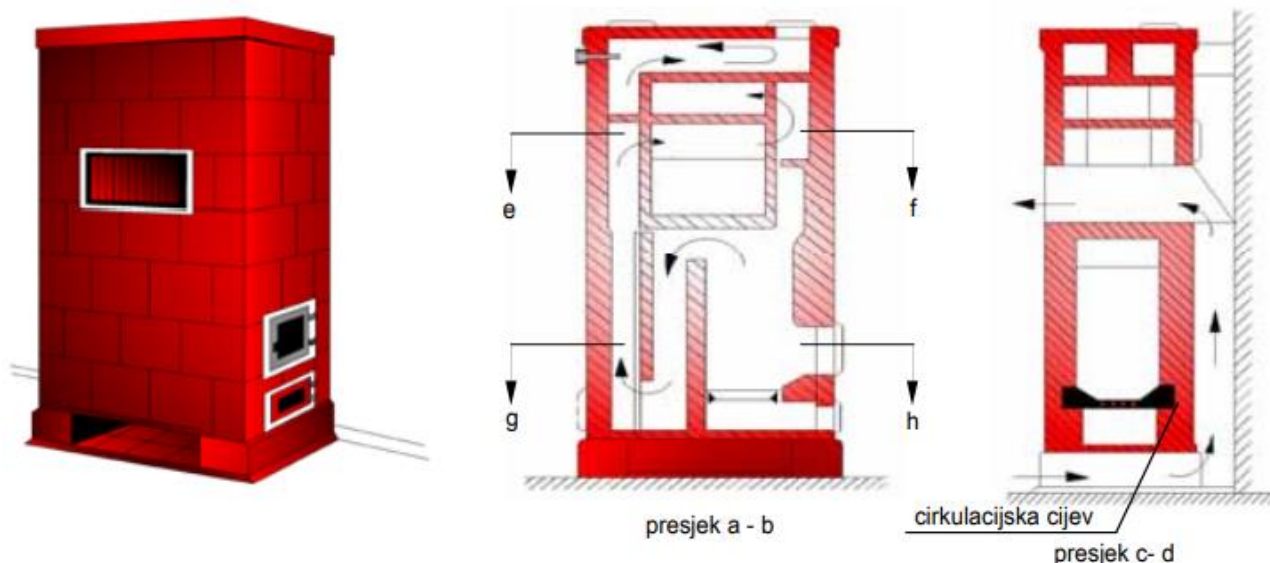
Sl. 4-1 Moderan kamin [1]

Zatvorene peći za grijanje prostorija izvede se u metalnoj ili zidanoj izvedbi. Metalne peći (Sl. 4-2) najčešće su izrađene s kućištem od ljevanog željeza, čeličnog lima ili kombinirano, a da bi dulje zadržavale toplinu i da bi se smanjile temperature na površini peći. u kućište se stavlja obloga od šamotnih opeka.



Sl. 4-2 Metalna peć [1]

Zidane ili kaljeve peći (Sl. 4-3) zidaju se od šamotnih elemenata (kaljeva) i imaju sposobnost akumulacije topline pa odaju toplinu dugo nakon prestanka loženja. U unutrašnjosti obično imaju kanale za vođenje dimnih plinova kako bi se poboljšala akumulacija te prijenos topline prema prostoriji.



Sl. 4-3 Zidana kaljeva peć [1]

Kaljeve peći su termoakumulacijske peći. Odlikuju ih velike površine za prijenos topline u prostor, čije su temperature niske te je osjećaj ugodnosti u prostoru dobar. Najčešće se koristi drvo ili briketi ugljena kao gorivo za kaljeve peći, koje se iz arhitektonskih razloga zadržavaju u prostorijama i kad se prilikom rekonstrukcije grijanja želi izbjeći daljnje loženje krutim gorivima. U tom slučaju mogu se ugraditi električni grijači unutar kaljeve peći.

4.2.2. Grijalice za pojedinačno grijanje na plin

Plinske grijalice prostorija razlikuju se prema načinu odavanja topline. Kaloriferi odaju toplinu konvekcijom, dakle strujanjem zraka preko ogrjevnih elemenata pomoću ventilatora s elektromotornim pogonom. Infracrvene grijalice odaju toplinu uglavnom zračenjem s metalnih ili keramičkih grijaćih elemenata koji imaju površinsku temperaturu do 300 °C, iza kojih se nalaze površine za usmjeravanje toplinskoga zračenja.

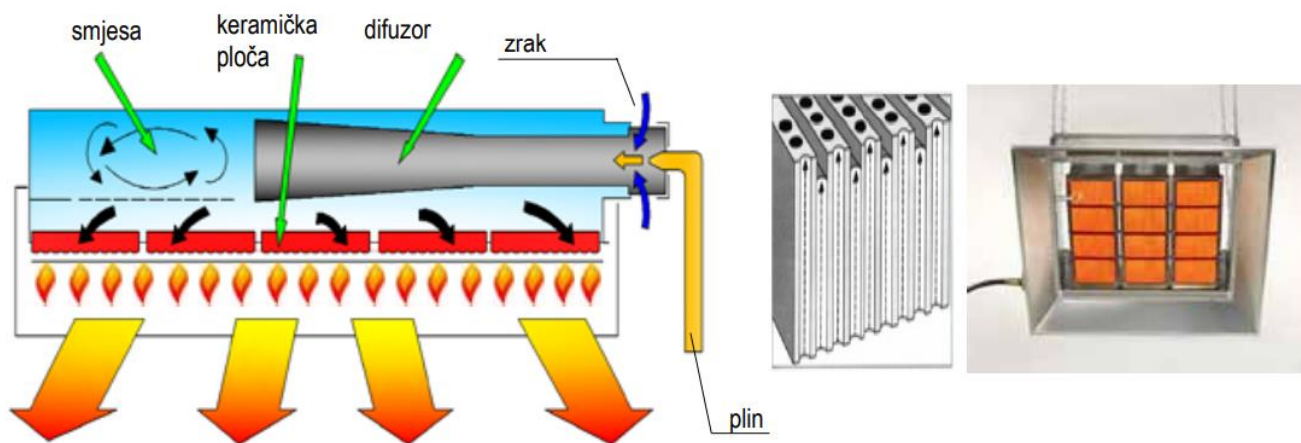
Plinska infracrvena grijalica s tamnim zračenjem ima sve prednosti infracrvenoga grijanja (Sl. 4-4), a nema mane (prejaki intenzitet zračenja). Infragrijanje je najpovoljniji sustav zagrijavanja velikih prostora jer omogućava zagrijavanje samo dijela prostora u kojem se boravi.



Sl. 4-4 Plinska infracrvena grijalica sa tamnim zračenjem [1]

Temperatura zračećih cijevi je do 300 °C pa cijevi nisu užareno crvene i odatle naziv tamni zračeći grijači.

Plinska infracrvena grijalica sa svijetlim zračenjem koristi se za prostorije veće visine, zbog temperatura površine keramike od 900 °C. Grijalice direktno zagrijavaju prostor ili pojedinu zonu koju želimo grijati. Radi pojačanog infracrvenoga zračenja, potrebno je postaviti grijalice na primjerenoj udaljenosti, kako ne bi došlo do pregrijavanja predmeta. Dimne plinove koji nastaju prilikom izgaranja potrebno je na prirodan ili prisilan (ventilacija) način odvoditi iz grijanoga (zatvorenog) prostora.



Sl. 4-5 Plinska infracrvena grijalica sa svijetlim zračenjem [1]

4.2.3. Grijalice za pojedinačno grijanje na struju

Grijanje električnom energijom je relativno skupo zbog visoke cijene električne energije, ali je vrlo komforno, bez potrebe donošenja goriva i bez problema s dimnim plinovima i pepelom.

Prema *Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* prilikom projektiranja i građenja novih te prilikom rekonstrukcije postojećih zgrada, nije dopušteno rabiti sustave

elektrootpornoga grijanja. Elektrootporno grijanje može se koristiti samo kao pomoćni sustav u pojedinim dijelovima zgrade gdje je takvo tehničko rješenje optimalno. Pri tome, udio instaliranog učinka elektrootpornoga grijanja u ukupnom učinku grijanja zgrade ne smije biti veći od 20 %. Takvo grijanje može biti direktno ili akumulacijsko.

Prijenosni električni kaloriferi (Sl. 4-6) koriste se za kratkotrajno zagrijavanje prostorija, npr. kupaonica u prijelaznome periodu.



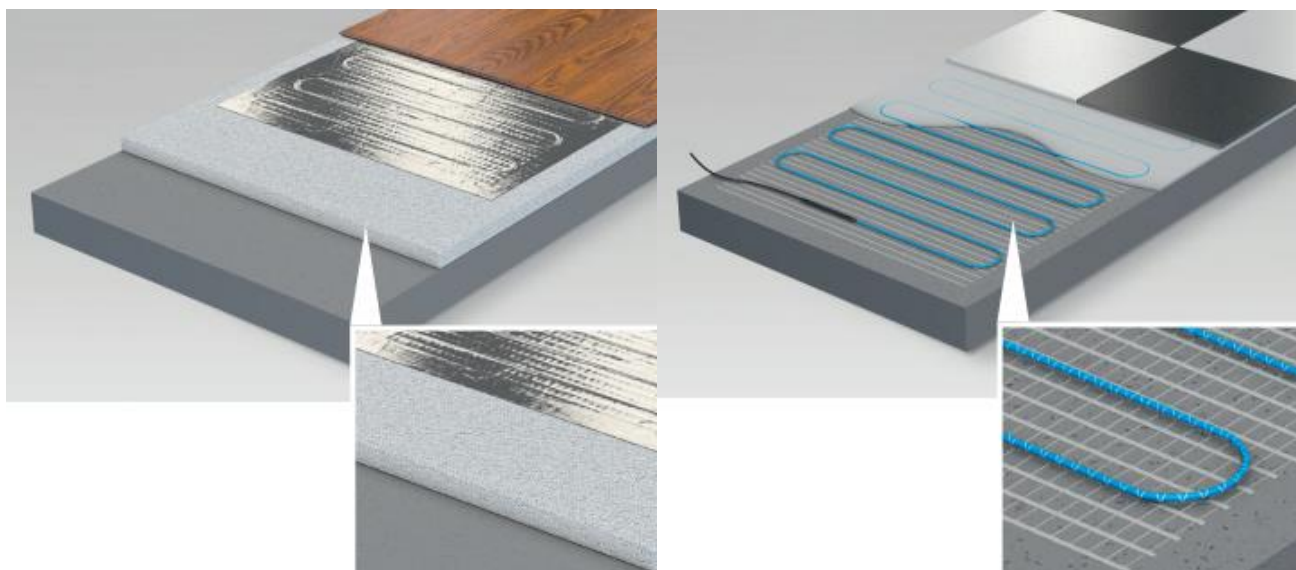
Sl. 4-6 Prijenosni električni kalorifer [1]

I u slučaju struje kao energenta postoje infracrvene grijalice (Sl. 4-7). Elementi koji griju su cijevi (čelik ili kvarc) s ugrađenim elektrootpornim žicama.



Sl. 4-7 Električna infracrvena grijalica [1]

Osim navedenih električnih grijalica, koriste se i stropni ili podni električni grijači. Koriste se gotove ploče, međusobno zalijepljene poliesterske folije s ugrađenim elektrogrijačima iz bakra i folijom od legure aluminija namijenjenom za provođenje topline, kao na Sl. 4-8.



Sl. 4-8 Električno podno grijanje [Uponor]

4.3. CENTRALNA GRIJANJA

Kod centralnoga grijanja, jedan izvor topline opskrbljuje toplinom ogrjevna tijela u zgradi. Obično osigurava i potrošnu toplu vodu, a izvor topline može biti plinski kombi aparat ili toplovodni kotao ložen krutim, tekućim gorivom ili plinom.

Nositelji topline su mediji koji prenose toplinu potrebnu za zagrijavanje prostorija od izvora topline (kotlova u kotlovnici ili izmjenjivača topline u toplinskoj stanici) do ogrjevnih tijela u pojedinim prostorijama. Kao nositelji topline upotrebljavaju se:

- topla voda
- zrak
- vrela voda
- vrelo ulje
- vodena para.

4.3.1. Topla voda kao nosioc topline

Topla voda u temperaturnome režimu 70/50 °C, tj. s temperaturom vode u polaznom vodu od 70 °C, a u povratnom od 50 °C je nositelj topline u sustavima plinskoga etažnog grijanja. Danas se primjenjuju temperature nositelja topline 50/40 °C za ventilokonvektorsko grijanje i 35/30 °C za podno.

Prednosti tople vode kao nosioca topline su:

- niska temperatura na površini ogrjevnih tijela, tako da pri dodiru ne može doći do opekotina, a osim toga ne može doći do izgaranja prašine na površini ogrjevnih tijela,
- jednostavna regulacija topline u grijanoj prostoriji, regulacijom temperature vode u polaznom vodu.

Loše strane vode kao nosioca topline su:

- zbog relativno niske površinske temperature ogrjevnih tijela potrebne su relativno velike ogrjevne površine, odnosno veći broj ogrjevnih tijela.

Slijedom navedenoga, topla voda se kao nosioc topline primjenjuje u stambenim i poslovnim zgradama.

Cirkulacija tople vode u sustavu centralnoga grijanja najčešće se ostvaruje cirkulacijskim pumpama. Pri tome se dobavna visina pumpe odabire tako da se osigura protok vode u količini koja je potrebna za distribuciju toplinske energije do svakog ogrijevnog tijela, a promjeri cijevi određuju se tako da se brzina strujanja medija zadrži u zadanim granicama.

4.3.2. Vrela voda kao nosioc topline

Vrelvodni sustavi rade s temperaturama vode iznad 105 °C. Vrelvodni sustavi primjenjuju se najčešće za daljinske vrelvode kod kojih se toplina prenosi na veće udaljenosti za grijanje više zgrada ili čitavih naselja, pri čemu svaka zgrada ima svoju toplinsku stanicu u kojoj vrela voda predaje toplinu ogrjevnoj vodi u sustavu centralnoga grijanja zgrade.

4.3.3. Vodena para kao nosioc topline

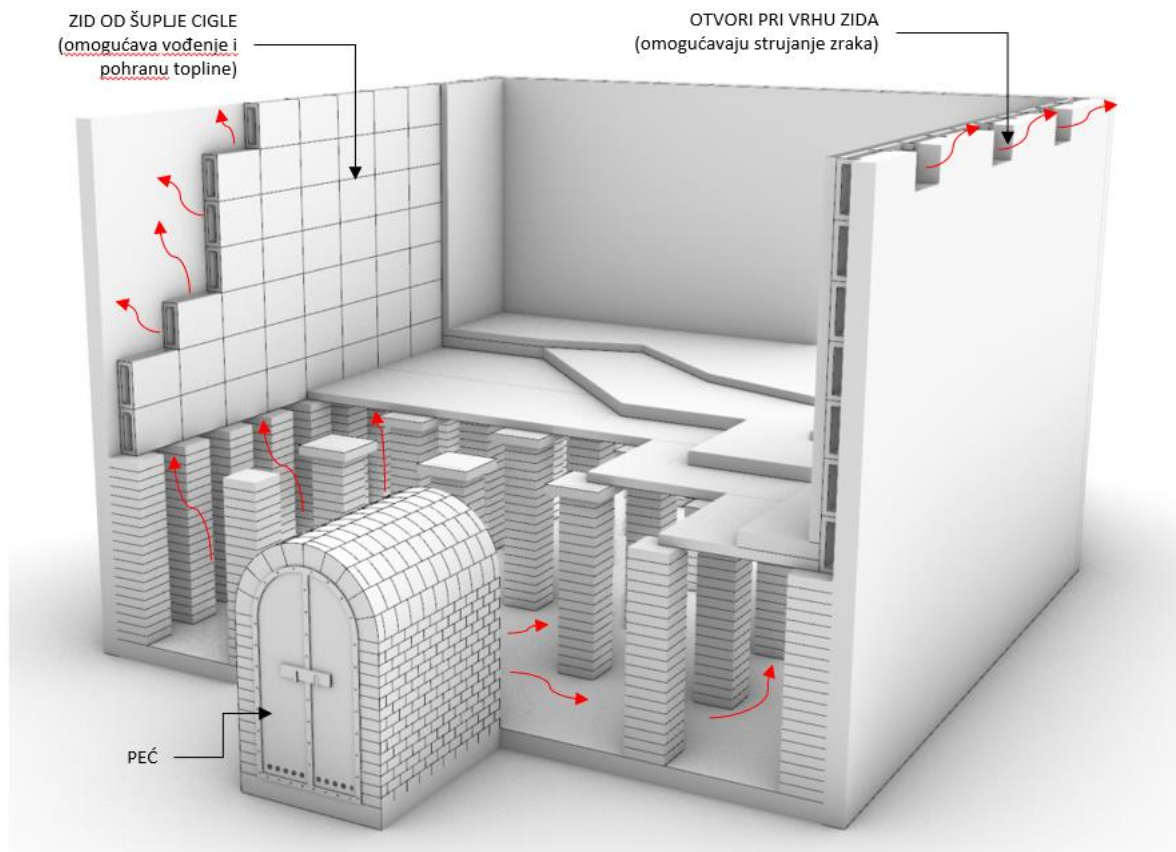
Parnim grijanjem vodena para u ogrjevnim tijelima kondenzira, predajući pri tome toplinu, pa iz ogrjevnih tijela izlazi kondenzat, to jest vrela voda koja ima istu temperaturu kao i vodena para.

Temperatura kondenzacije je konstantna tijekom kondenzacije pare, to jest tako dugo dok sva para ne kondenzira. Nakon toga, kondenzat se skuplja i vraća u kotlovnicu, odnosno parni kotao. Time se smanjuje potreba pripreme vode za napajanje kotla, što doprinosi daljnjim uštedama. Parno grijanje danas se primjenjuje u zgradama gdje je para potrebna i za razne tehnološke procese, u industrijskim postrojenjima.

4.3.4. Zrak kao nosioc topline

Zrak se kao nosioc topline primjenjuje kod tzv. toplozračnoga grijanja. Kod toga se zrak zagrijava u izmjenjivačima topline toplom vodom, vrelom vodom ili parom i zatim se ventilatorima transportira kroz kanale za distribuciju u prostorije koje treba grijati. Prilikom zagrijavanja zraka treba uzeti u obzir da se grijanjem hladnoga zraka, unatoč znatnoj relativnoj vlažnosti, dobiva topli zrak s niskom relativnom vlažnosti koji nije ugodan za boravak ljudi pa ga treba ovlažiti.

Pomoću sličnoga sustava (hipokaust, Sl. 4-9), u antičkome Rimu, grijali su prostorije. Vreli dimni plinovi iz ložišta sustavom nadsvođenih kanala između niza stupaca zidanih od opeke (suspensurae), vode se ispod poda gornje prostorije ili kroz šuplje opeke u zidovima (tubuli). (*Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.)



Sl. 4-9 Ilustracija hipokausta [ilustraciju izradila I. Abrashi]

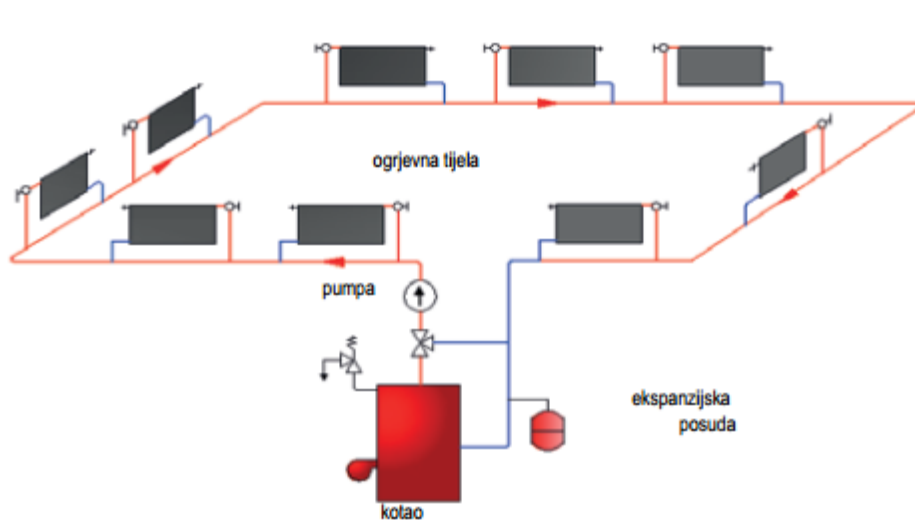
4.3.5. Centralno grijanje s prisilnom cirkulacijom pomoću pumpi

U sustavu postoji cirkulacijska pumpa koja tjera toplu vodu kroz cijevni razvod do ogrjevnih tijela. Presjeci cijevi su manji, a nema ograničenja u vođenju razvodne mreže. Ogrjevna tijela mogu biti ispod vodoravne razvodne mreže (gornji razvod – tzv. potopljeni radijatori s ispusnim slavinama zbog pražnjenja) ili iznad nje (donji razvod – gdje su na najviše pozicioniranim radijatorima odzračni ventili ili mreža s odzračnim lončićem). Dimenzije cijevi ovise o količini i brzini strujanja vode, odnosno raspoloživom tlaku ugrađene cirkulacijske pumpe. Ako je na svakom radijatoru ugrađen prigušni ventil (prigušnica) na povratnome vodu, moguće je naknadno balansirati mrežu u cilju što pravilnije cirkulacije i raspodjele tople vode do svih ogrjevnih tijela.

Ovakvi sustavi grijanja mogu biti jednocjevni (jedan cjevovod za polaznu i povratnu vodu) i dvocjevni (jedan cjevovod za polaznu i povratnu vodu).

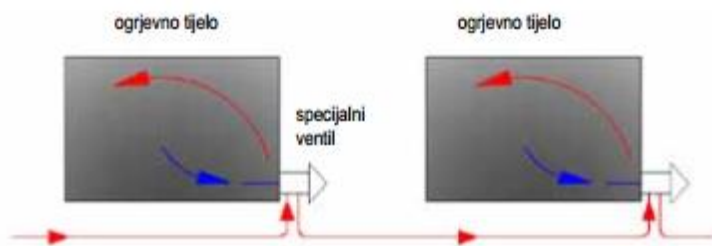
Jednocijevno centralno grijanje

Cijevni razvod se sastoji od jednog voda koji serijski povezuje ogrjevna tijela kao na Sl. 4-10. Temperatura ogrjevnog medija na ulasku u ogrjevna tijela se smanjuje ovisno o njihovoj udaljenosti od izvora topline te se površina ogrjevnih tijela za odavanje topline povećava.



Sl. 4-10 Shematski prikaz jednocijevnoga sustava toplovodne instalacije centralnoga grijanja [1]

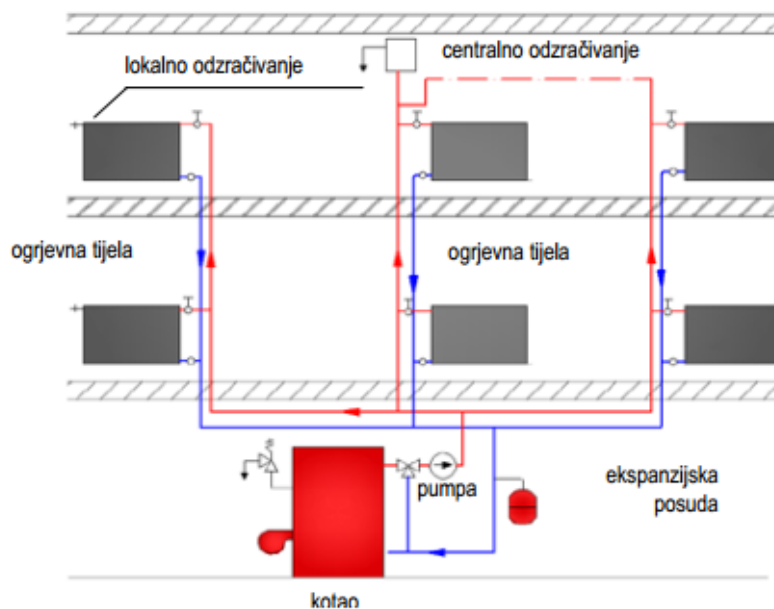
Radijatorski ventili su izvedbe za jednocijevno grijanje kod ovakvoga grijanja (Sl. 4-11).



Sl. 4-11 Način povezivanja radijatora u jednocijevnom sustavu toplovodne instalacije centralnoga grijanja [1]

Dvocijevno centralno grijanje

U ovakvome sustavu, cijevni razvod sastoji se od dva voda, polaznoga i povratnoga voda grijanja. Temperatura ogrjevnoga medija je, na ulasku u svako ogrjevno tijelo, jednaka.



Sl. 4-12 Način povezivanja radijatora u dvocijevnome sustavu toplovodne instalacije centralnoga grijanja – donji razvod [1]

Osim dvocijevnooga sustava s donjim razvodom, kao na Sl. 4-12, postoji i sustav s gornjim razvodom.

Pri donjem razvodu, polazni i povratni vodovi postavljaju se ispod stropa podruma odakle se vode usponski polazni i povratni vertikalni vodovi do ogrjevnih tijela. Odzračivanje je centralno ili lokalno na najvišim mjestima instalacije.

5. DIJELOVI SUSTAVA GRIJANJA

5.1. OSNOVE

Sustav centralnoga grijanja sastoji se od izvora topline (kotao, plinski zidni uređaj, dizalica topline), dimovodnoga sustava u slučaju kada je generator topline kotao, izmjenjivača topline, cirkulacijskih pumpi, spremnika potrošne tople vode, spremnika goriva, ekspanzijskoga sustava, sustava regulacije i upravljanja, cijevne mreže za distribuciju ogrjevnog vode i ogrjevnih tijela. Potrebno je poznavanje svih navedenih dijelova sustava grijanja zgrade kako bi se u fazi izrade projektne dokumentacije predvidjele prostorije potrebne za smještaj cjelokupne opreme, uz uvažavanje zahtjeva za izgledom i formom zgrade.

Izvori topline najvažniji su dijelovi sustava grijanja i u njima dolazi do pretvorbe energije iz primarna oblika (kemijska energija goriva, električna, Sunčeva i sl.) u toplinsku energiju, a mogu biti kotlovi, dizalice topline i sl.

Cijevna mreža za distribuciju ogrjevnog vode (razvod) dio je sustava grijanja koji služi za prijenos toplinske energije od izvora topline do ogrjevnih tijela.

Ogrjevno tijelo dio je sustava grijanja koji služi za prijenos toplinske energije s ogrjevnog medija (topla voda) na zrak u prostoriji.

Kao izvori energije mogu se koristiti:

- kapljevita, plinovita i kruta goriva,
- električna energija iz distribucijske mreže,
- obnovljivi izvori energije (Sunce, biomasa).

Energija, u smislu *Zakona o energiji (Narodne novine, broj: 68/18)*, jest električna energija, toplinska energija, plin, nafta i naftni derivati. Korisni oblici energije jesu toplinska energija, mehanička energija, električna energija i kemijska energija. Energenti su izvori energije koje možemo razdvojiti na:

- neobnovljivi (fosilni) izvori energije, odnosno skupni naziv za ugljen, naftu i zemni plin su oni koji su sačuvani u prirodi i ne obnavljaju se, nego im se iscrpljuju prirodne rezerve,
- obnovljivi izvori energije su oni koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično.

To se posebno odnosi na biomasu, geotermalnu energiju, Sunčevu energiju, energiju vjetra itd.

5.1.1. Električna energija

Najčešće se koristi kao izvor energije za rad dizalica topline. Kao elektrootporno grijanje može se koristiti pomoćni sustav u pojedinim dijelovima zgrade gdje je takvo tehničko rješenje optimalno. Pri tome, udio instaliranog učina elektrootpornoga grijanja u ukupnome učinku grijanja zgrade, ne smije biti veći od 20 %.

5.1.2. Loživo ulje

Loživo ulje je tekući izvor energije koji se dobiva destilacijom nafte, a kao gorivo u kotlovima koristi se ekstra lako loživo ulje čiji je sastav prikazan u Tablica 5-11.

Tablica 5-11 Sastav ekstra lakoga loživog ulja [1]

Formula	Maseni udio [%]
C	86
H	13
O+N	0,5
S	0,2

S obzirom na fizikalno-kemijska svojstva i primjenu, loživa ulja dijele se na:

- **ekstra lako loživo ulje (EL):** destilatno je gorivo s primjenom u domaćinstvu i industriji, za uređaje s isparnim plamenicima i pretlačnim plamenicima bez mogućnosti predgrijavanja goriva,
- **lako loživo ulje (L):** kombinacija je destilatnoga i ostatnoga goriva koje se primjenjuje za izvore topline u sustavima grijanja i industriji opremljenih s instalacijama za predgrijavanje goriva pri skladištenju i uporabi,
- **srednje loživo ulje (S):** ostatno je gorivo koje se primjenjuje za izvore topline u industriji i energetskim postrojenjima s mogućnosti predgrijavanja pri prijenosu, skladištenju i uporabi,
- **teško loživo ulje (T):** ostatno je gorivo koje se primjenjuje u velikim industrijskim pećima i velikim energetskim postrojenjima s mogućnosti predgrijavanja pri prijenosu, skladištenju i uporabi. Njegova viskoznost prilagođuje se i poboljšava prethodnom toplinskom obradom ili miješanjem ulja s manje viskozim lakim ili srednjim loživim uljima, a potrebno je zagrijavanje neposredno prije doziranja i raspršivanja u ložištima te se danas rjeđe koristi.

5.1.3. Plinovita goriva

Plinovita goriva možemo podijeliti prema načinu dobivanja pa imamo:

- prirodna koja se dobivaju izravno iz zemlje (prirodni plin),
- umjetna koja se dobivaju preradom nafte (ukapljeni naftni plin) ili raznim tehnološkim procesima (bioplin).

Prirodni plin dobiven je kao usputni proizvod crpljenja nafte. Nakon izlaska iz bušotine, prirodne plinu jednostavnom se separacijom uklanja ležišna voda, po potrebi se plin čisti od tzv. kiselih plinova i drugih štetnih primjesa i konačno se od metana odvajaju viši ugljikovodici. Smjesa je metana s molnim udjelom > 90 % s udjelima etana, propana i viših ugljikovodika. Visoko je zapaljiv i gotovo u potpunosti izgara. Plin je čisto gorivo, relativno jednostavno za transport i uporabu. Kao gorivo čišće je od nafte, ugljena i drva te za istu količinu energije izgaranjem proizvodi manju emisiju ugljikova dioksida. Neotrovan je, bez boje, okusa i mirisa, lakši od zraka i izgara plavim plamenom. Za korištenje u gradskim mrežama, preradom se miješa s odorantom kako bi se lakše otkrilo istjecanje jer je eksplozivan u mješavini sa zrakom. Ovisno o udjelu metana i drugih ugljikovodika, 1 m³ prirodnoga plina izgaranjem daje od oko 9 do 12 kWh toplinske energije [<https://www.hep.hr/plin/o-nama/o-plinu/1533>].

Tamo gdje nema distribucije prirodnoga plina, za izgaranje se koristi ukapljeni naftni plin koji je smjesa propana i butana bez boje, okusa i mirisa te oko dva puta teža od zraka. Proizvodi se rafinerijskom preradom nafte i naftnih plinova. Skladišti se i prevozi u kapljevitom stanju, a koristi u plinovitom. Prirodni se plin transportira sustavom cjevovoda od izvorišta do krajnjih potrošača, dok se ukapljeni naftni plin skladišti u proizvodnji i kod potrošača, te transportira u tlačnim posudama. Ovi plinovi sadrže u svom sastavu znatan udio vodika i stoga su pogodni za korištenje u kondenzacijskim kotlovima. Sastav prirodnoga plina prikazan je u Tablica 5-12.

Tablica 5-12 Sastav prirodnog plina [1]

Formula	Volumni udio [%]
CH ₄	92,00 - 99,00
C ₂ H ₆ N ₂	0,05 - 2,60
CO ₂	0,40 - 2,90
C _m H _n	0,05 - 0,09
	0,10 - 0,40

5.1.4. Kruta goriva

Kruto gorivo korišteno kao izvor energije za proizvodnju topline je drvena biomasa. Ugljen kao gorivo se ne koristi u razvijenim zemljama zbog čađi koja je produkt izgaranja, kao i logističkih problema transporta i skladištenja u gusto naseljenim gradskim zonama.

Drvenu biomasu čini sva šumska drvena masa (drveće – stabla i krošnje) i drvni ostaci nastali iz prerade drveta. Predstavlja jedan od najstarijih izvora energije i ujedno je obnovljivi izvor. Korištenje drvene biomase za koji se oslobađa prilikom izgaranja se koristi u kombinaciji sa Sunčevom energijom za pgrijanje znači koristiti energiju unutar prirodnoga CO₂ ciklusa. Ugljikov dioksid roizvodnju nove biomase.

S tehnološkog aspekta korištenja drvene biomase možemo podijeliti u nekoliko segmenata:

- **Drvena sječka:** dobija se iz drvnih ostataka u šumarstvu ili drveno-prerađivačkoj industriji, koji se usitnjavaju za daljnju uporabu. Različitih je veličina i nepravilnog oblika [www.ba.undp.org].
- **Peleti:** najraširenije moderno drveno gorivo dobiva se prešanjem piljevine i strugotina raznih vrsta drveta pod visokim pritiskom. Njegove najbitnije karakteristike su niska vlažnost (<10 %) i visoka ogrjevna vrijednost. Standardne dimenzije peleta su: promjer 6 – 8 mm, dužina 20 – 30 mm.

Prednost u odnosu na ostala goriva je što ne zahtijeva mnogo prostora za skladištenje i, kao i kod drvene sječke, sustavom se automatski upravlja. Zbog oblika i veličine, peleti se vrlo lako transportiraju i jednostavno pune u ložišta peći. Može se reći da kotlovi na pelet gotovo u potpunosti mogu zamijeniti kotlove na loživo ulje. Peleti se danas obično isporučuju u cisternama ili vrećama. Temeljem svoje normirane veličine peleti su sipki, što omogućuje uporabu automatskih traka pri punjenju [www.ba.undp.org].

- **Briket** nastaje prešanjem usitnjenih drvnih ostataka. Cilindričnoga je oblika i različitih veličina (dužina 60 – 350 mm i promjer 50 – 100 mm) [www.ba.undp.org].

5.1.5. Sunčeva energija

Sunce je najveći izvor energije na Zemlji te je glavni izvor elektromagnetskoga zračenja koje prolazi atmosferom. Sunčevo zračenje zajedno sa sekundarnim Sunčevim izvorima, kao što su energija vjetra i energija valova, hidroenergija i biomasa, zajedno čine većinu raspoložive obnovljive energije na Zemlji. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovome središtu. Radi se o fuziji kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Ova se energija u obliku svjetlosti i topline širi u svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje.

Do vrha Zemljine atmosfere dolazi oko $1,75 \times 10^{14}$ W energije. Iako se 30 % Sunčeva zračenja reflektira natrag u svemir, Zemlja godišnje dobiva $1,07 \times 10^{18}$ kWh energije [4] .

Sunčevo zračenje koje dolazi do granice gornjega dijela Zemljine atmosfere naziva se ekstraterističko. Jakost ekstraterističkoga zračenja koje dopijeva na neku površinu okomitu prema zračenju na srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca je solarna konstanta E_0 . U Svjetskoj meteorološkoj organizaciji iznos od 1367

W/m^2 je prihvaćen kao vrijednost solarne konstante [4]. Daljnjim prolaskom kroz zračni omotač Sunčevo zračenje slabi jer čestice prašine, razni aerosoli te oblaci reflektiraju dio Sunčeva zračenja u svemir, dok se drugi dio djelovanjem atmosfere, reflektira u svim smjerovima. Sunčevo zračenje koje dopre do Zemljine površine čine dvije komponente:

- **Izravno zračenje:** ekstrasferističko zračenje oslabljeno apsorpcijom i rasipanjem.
- **Raspršeno (difuzno) zračenje:** nastaje rasipanjem izravnoga zračenja u Zemljinoj atmosferi [4] .

Prilikom vedrih ljetnih dana jakost Sunčevoga zračenja na ekvatoru iznosi oko 1000 W/m^2 [4]. No zbog Zemljinog oblika, njezine putanje oko Sunca te nagiba njezine osi, energija sa Sunca nije jednoliko raspoređena na Zemlji pa u srednjoj Europi jakost Sunčevoga zračenja iznosi oko 900 W/m^2 . Zimi za oblačnih dana jakost zračenja može pasti ispod 100 W/m^2 [4].

Sunčeva energija može se iskorištavati kroz aktivne i pasivne sustave.

Aktivna primjena Sunčeve energije podrazumijeva njezinu izravnu pretvorbu u toplinsku ili električnu energiju. Sunčeva energija u izvornome obliku koristi se za pretvorbu u toplinsku energiju u sustavima pripreme potrošne tople vode i grijanja, dok se za pretvorbu u električnu energiju koriste fotonaponski sustavi.

Pod pasivnim načinom smatramo iskorištavanje Sunčeve energije za grijanje prostora primjenom odgovarajućih arhitektonskih rješenja, dok je aktivni način primjena moderne tehnologije za grijanje PTV-a (potrošna topla voda) i prostora, hlađenje, proizvodnju pare i električne energije. Pasivno korištenje Sunčeve energije primjenjuje se u zgradarstvu, pri čemu se podrazumijeva orijentacija zgrada, prozirna toplinska izolacija zgrada (TWD fasada) i sl. Tako izgrađena zgrada troši značajno manje energije za grijanje u odnosu na klasično građene zgrade. Osnovni su pasivni sunčani sustavi u primjeni:

- neposredan zahvat Sunčevoga zračenja, izvedba staklenih površina na južnoj strani kuće čime se propušta što veća količina Sunčevoga zračenja,
- Trombov zid,
- staklenik smješten na jugu,
- prozirna toplinska izolacija zgrada (TWD fasada).

5.2. DIJELOVI SUSTAVA GRIJANJA

5.2.1. Kotlovi

Kotlovi koji se uporabljaju u kotlovnica centralnoga grijanja razlikuju se po izvedbi i vrsti materijala:

- lijevani, člankasti kotlovi,
- čelični kotlovi te kotlovi od plemenitih materijala,
- kotlovi od kombinacije materijala.

Ljevani kotlovi sastoje se od šupljih članaka u kojima je ogrjevni medij topla voda. Između prednjega i stražnjega članka ugrađuju se središnji članci, a kapacitet kotla mijenja se prema broju članaka.

Čelik se kao materijal, koji omogućava vrlo različita konstrukcijska rješenja, koristi za sve veličine kotlova. Za izradu čeličnih kotlova koristili su se ugljični čelici, ali uvođenjem kondenzacije uporabljaju se plemeniti čelici koji ne hrđaju.

Moguća je i podjela prema vrsti goriva pa tako imamo:

- kotao na kruta goriva (biomasa),
- kotao na ulje,
- kotao na plin,
- električni kotao.

Podjela kotlova prema učinkovitosti korištenja energije je:

- **STANDARDNI KOTAO** - toplovodni kotao u kojemu se prosječna pogonska temperatura ogrjevnoga medija, zbog same konstrukcije kotla sa svrhom sprječavanja kondenzacije vodene pare sadržane u dimnim plinovima, održava na temperaturi od 70 do 80 °C
- **NISKOTEMPERATURNI KOTAO** - toplovodni kotao može kontinuirano raditi s temperaturom povratne vode do 35 °C u kojemu, u određenim uvjetima, može nastupiti kondenzacija vodene pare sadržane u dimnim plinovima
- **KONDENZACIJSKI KOTAO** - toplovodni kotao konstruiran upravo za kondenzaciju većega dijela vodene pare sadržane u dimnim plinovima u svrhu iskorištenja latentne topline, tj. gornje ogrjevne vrijednosti (Sl. 5-1 Čelični plinsko-uljni kondenzacijski kotao [Bosch].).

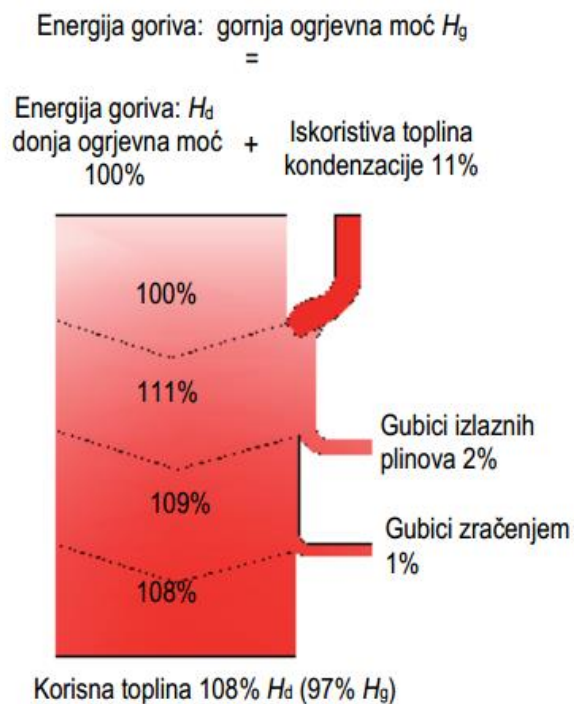


Sl. 5-1 Čelični plinsko-uljni kondenzacijski kotao [Bosch].

S obzirom na zahtjeve postavljene za kotlove glede zaštite okoliša i uštede energije, svakako treba koristiti kondenzacijske kotlove, zato što omogućavaju:

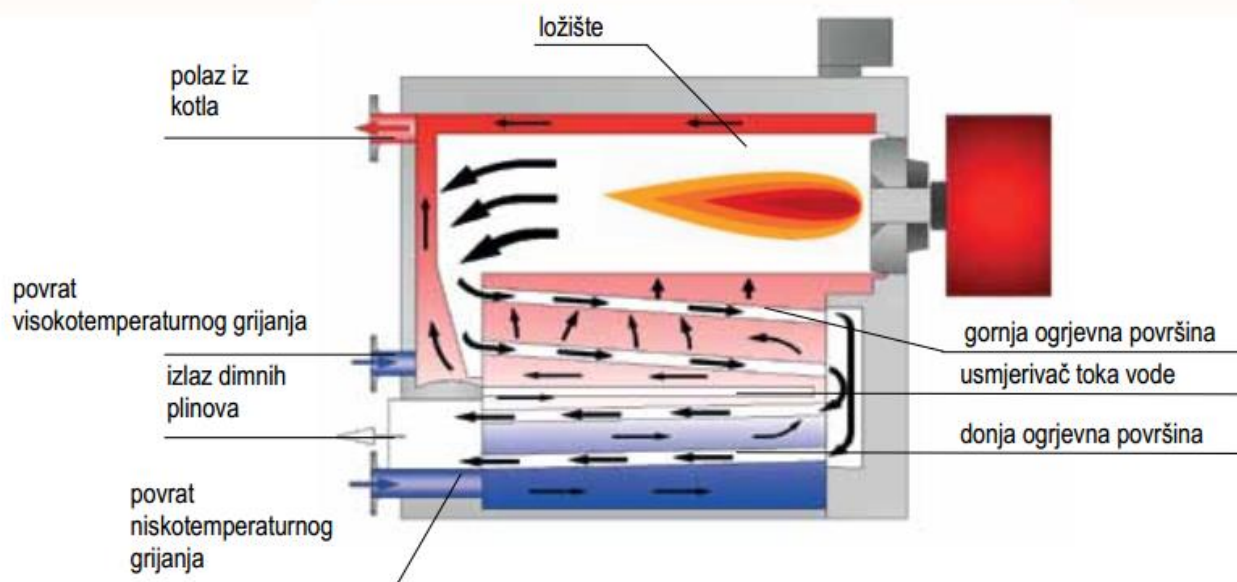
- bolju godišnju iskoristivost toplinskog uređaja u odnosu na niskotemperaturne kotlove, na račun korištenja gornje ogrjevne vrijednosti goriva
- iskorištavanje dodatne topline iz plinova nastalih izgaranjem kondenzirajući vodenu paru, čime se iskorištava preostala toplota isparavanja i postiže povoljan stupanj djelovanja $\eta = 97\%$ ako se za računanje učinkovitosti uzima gornja ogrjevna vrijednost H_g kako bi se mogla obaviti usporedba s konvencionalnim uređajima. Proizvođači često navode učinkovitost

kondenzacijskih kotlova višu od 100 %, ali ovo vrijedi samo ako se za računanje učinkovitosti uzima donja ogrjevna vrijednost H_d goriva (Sl. 5-2).



Sl. 5-2 Iskorištenje topline kondenzacijskoga plinskog kotla [1].

Konstrukcija kondenzacijskog kotla spojem hladnijeg povrata na kotao u blizini izlaza plinova izgaranja omogućava rad u području kondenzacije uz navedeno iskorištavanje topline kondenzacije (Sl. 5-3).



Sl. 5-3 Funkcionalna shema rada plinskoga kondenzacijskog kotla [1]

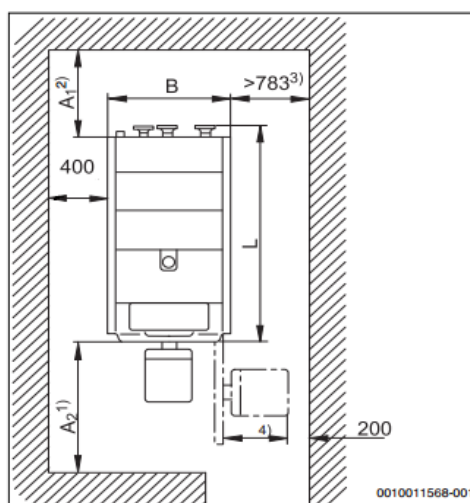
Prema pripremi zraka postoje plamenici s ventilatorom, bez ventilatora, s kompresorom i s predgrijavanjem zraka. Plinski atmosferski plamenici (Sl. 5-4) su plamenici bez ventilatora pa je priprema gorive smjese plina i zraka po principu injektora (plin se ubrizgava u cijev za miješanje preko mlaznice) [1]. Plinski plamenici s ventilatorom su oni kod kojih se zrak za izgaranje dovodi pomoću ventilatora pa je ovisnost ovih plamenika o podtlaku dimnjaka jako smanjena u usporedbi s atmosferskim plamenicima [1].

Plamenici po svom učinku mogu biti jednostupanjski, dvostupanjski ili kontinuirani. Danas se najviše koriste kontinuirani plamenici.



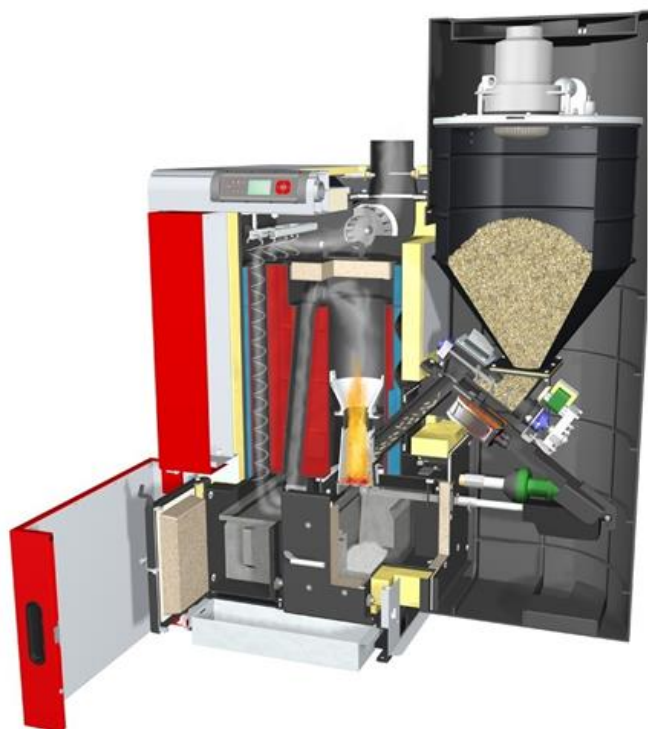
Sl. 5-4 Kotao s atmosferskim plamenikom [Bosch]

Kotlovi se koriste za grijanje većih poslovnih zgrada ili u industriji, dok se za manje zgrade i obiteljske kuće koriste plinski zidni kondenzacijski uređaji. Na Sl. 5-5 prikazane su preporučene udaljenosti između kondenzacijskoga plinsko-uljnog kotla snage do 400 kW i zidova kotlovnice. Vrijednosti A1 i A2 za kotao ovoga učina iznose 900 mm i 1750 mm prema uputama proizvođača i različite su ovisno o učinku kotla.

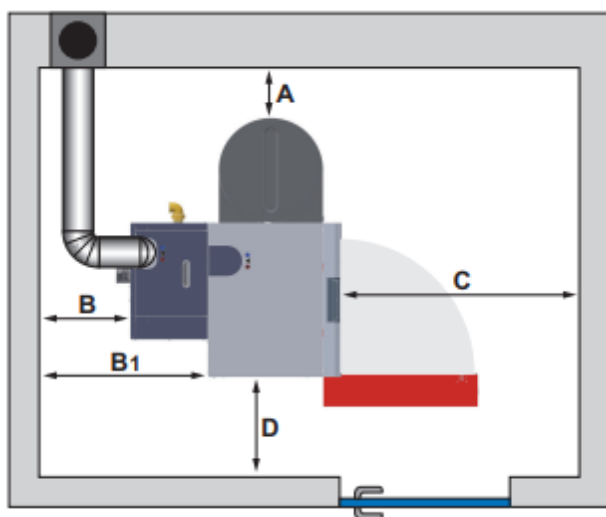


Sl. 5-5 Minimalne udaljenosti između kondenzacijskoga plinsko-uljnog kotla snage 400 kW i zidova kotlovnice [Bosch]

Kotlovi na kruta goriva koriste drvenu biomasu, najčešće pelete. Presjek kotla na pelete prikazan je na Sl. 5-6, a primjer smještaja u kotlovnici na Sl. 5-7.



Sl. 5-6 Kotao na pelete [Froling]



Sl. 5-7 Minimalne udaljenosti između kotlova na pelete i zidova kotlovnice [Froling]

Oznaka	Mj. j.	Tip kotla P4			
		15	20-25	32-38	45-60
A	mm	300	300	300	300
B	mm	300	350	450	450
B1	mm	680	780	960	980
C	mm	550	720	830	490
D	mm	200	200	200	200

Zajednički osnovni uvjeti za kotlovnice su:

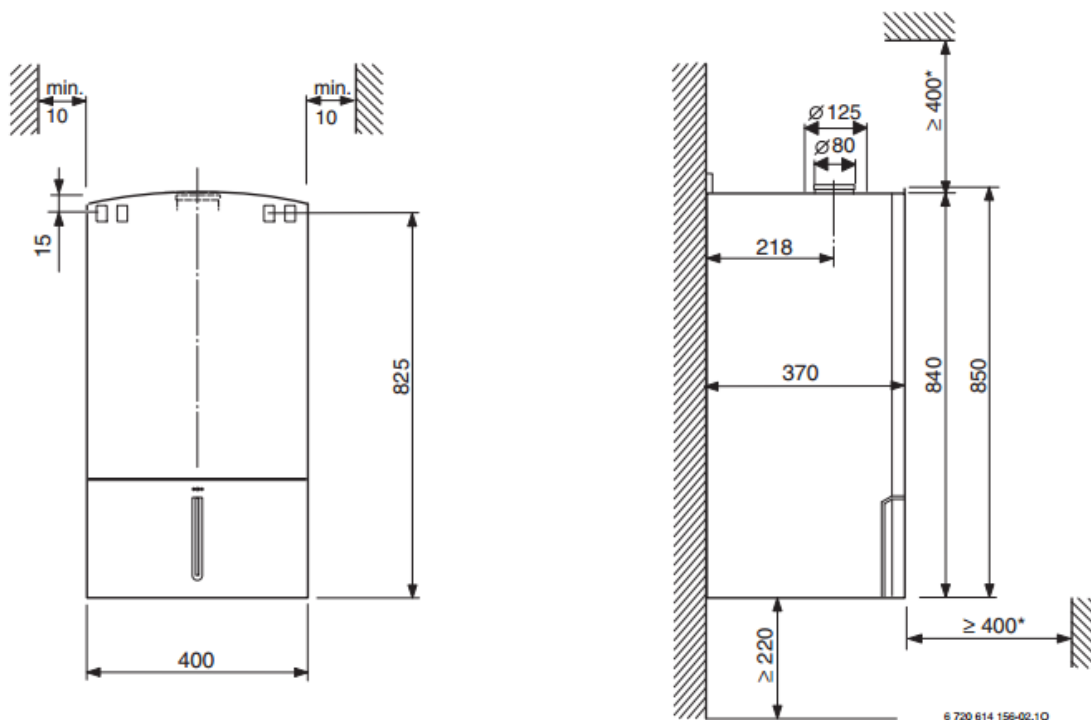
- Za konstrukciju i obloge kotlovnice koriste se isključivo negorivi elementi.
- Zidovi i krov kotlovnice, kao i pod (ako se ispod njega nalazi prostorija) moraju biti vatrootporni najmanje 30 minuta.
- Izvori topline moraju imati postolje koje je od poda uzdignuto najmanje 5 do 10 cm.
- U kotlovnici mora postojati najmanje jedan siguran izlaz. Sigurnim se izlazom smatra i izlaz iz prostorije kotlovnice u prostoriju na istoj razini uz uvjet da postoji izlaz u slobodan prostor.
- Ako je površina kotlovnice veća od 40 m² ili ako je učin veći od 350 kW, u njoj mora postojati i drugi izlaz na pogodnome mjestu. Kao drugi izlaz može poslužiti i prozor minimalnih dimenzija 60 x 90 cm, do kojeg se može doći ugrađenim penjalicama. Taj se prozor mora otvarati prema van.
- Vrata kotlovnice moraju se otvarati prema van s mogućnošću učvršćenja u otvorenome položaju, a zatvarati automatski i to čeličnom oprugom.
- Na ulazna vrata s vanjske strane postavlja se natpis KOTLOVNICA – NEZAPOSLENIMA ULAZ ZABRANJEN, a s unutarnje strane natpis IZLAZ. Vrata se trebaju zaključati, ali se iznutra moraju otključavati bez ključa.
- Kotlovnica mora imati najmanje jedan (1) prozor površine minimalno 1/8 površine poda.
- U kotlovnici mora biti praonik s izljevnom slavinom, a odvod vode izvodi se tako da ne može doći do izravne veze kotlovnice i glavne kanalizacije.
- Između kotlovnice i drugih prostorija ne smiju postojati otvori koji se ne mogu zatvoriti.
- U kotlovnici se ne smiju nalaziti predmeti ili sredstva koja povećavaju opasnost od požara i eksplozija (drvo, papir, boja, boce s plinom...)
- Svaka kotlovnica mora imati opremu za gašenje požara koju čine hidrantska mreža i mobilna oprema:
 - a) površina poda do 50 m²: dva aparata S-6 i jedan CO 2-5;
 - b) površina poda od 50 do 400 m²: dva aparata S-9, jedan S-6 i jedan CO 2-5;
 - c) površina poda preko 400 m²: bira se na temelju proračuna.
- Zaštita od eksplozije sastoji se od niza mjera koje sprječavaju propuštanje plina prema van ili prema unutra. U ove mjere spada i izrada podnih rešetki u kotlovnici.
- Ostaviti dovoljno prostora između kotlova i zidova, između kotlova međusobno te iznad kotlova za nesmetano čišćenje, posluživanje i remont.
- Ispred kotlova treba ostaviti dovoljno prostora za nesmetano čišćenje ložišta (obično jednu dužinu ložišta).
- Prostor kotlovnice mora se provjetravati tako da se osigura potrebna količina zraka za izgaranje i održavanje standardnih radnih uvjeta.

5.2.2. Plinski zidni kondenzacijski uređaji

Kod plinskih zidnih kondenzacijskih uređaja (Sl. 5-8) plin izlazi kroz mlaznicu pri čemu zrak zbog nastalog podtlaka ulazi u cijev plamenika gdje nastala smjesa izgara. Plinski zidni uređaji mogu biti izvedbe za grijanje ili kao kombinirani uređaji (za grijanje i pripremu tople vode). Predviđeni su za zidnu ugradnju, a s obzirom na male dimenzije namjena im je za etažna grijanja u zgradama s više stanova ili obiteljskim kućama. Primjer udaljenosti koje treba zadovoljiti prilikom smještaja ovakvih uređaja je dan na Sl. 5-9.



Sl. 5-8 Plinski zidni kondenzacijski uređaj [Bosch]



Sl. 5-9 Minimalne udaljenosti za smještaj kondenzacijskoga plinskog zidnog uređaja [Bosch]

5.2.3. Dimnjak

Dimnjak je građevinski element koji služi za odvođenje dimnih plinova nastalih izgaranjem goriva u atmosferu na siguran način, a ponekad i za istovremeni dovod zraka potreban za izgaranje. Dimnjak mora zadovoljavati mnoge zahtjeve od kojih su najvažniji:

- vatrootpornost
- niska poroznost
- dobra termoizolacijska svojstva
- trajnost
- jednostavna ugradnja u nove i postojeće objekte.

S obzirom na izvedbu imamo ove osnovne vrste dimnjaka:

- dimnjaci od opeke,
- dimnjaci od betonskih elemenata s međuslojem staklene vune
- šamotni dimnjaci koji imaju unutarnju dimovodnu cijev od šamotnoga materijala i vanjski plašt od betona
- čelični višeslojni dimnjaci s unutarnjom cijevi od nehrđajućega čelika s izolacijskim slojem mineralne vune
- keramički višeslojni dimnjaci imaju unutarnju cijev od keramike s izolacijskim slojem mineralne vune.

Otvori za kontrolu i čišćenje postavljaju se na dnu dimnjaka pri čemu najmanja širina otvora iznosi 10 cm, a visina 18 cm. Svaki dimnjak mora imati i mogućnost čišćenja s vrha. Dimnjaci za kondenzacijske aparate moraju imati odvod kondenzata koji se postavlja u dnu dimnjaka tako da se nastali kondenzat u potpunosti odvodi, prikazano na Sl. 5-10. Posude za neutralizaciju kondenzata se obvezno moraju koristiti na kondenzacijskim kotlovima učina iznad 200 kW, a prije odvođenja kondenzata u gradsku kanalizaciju.

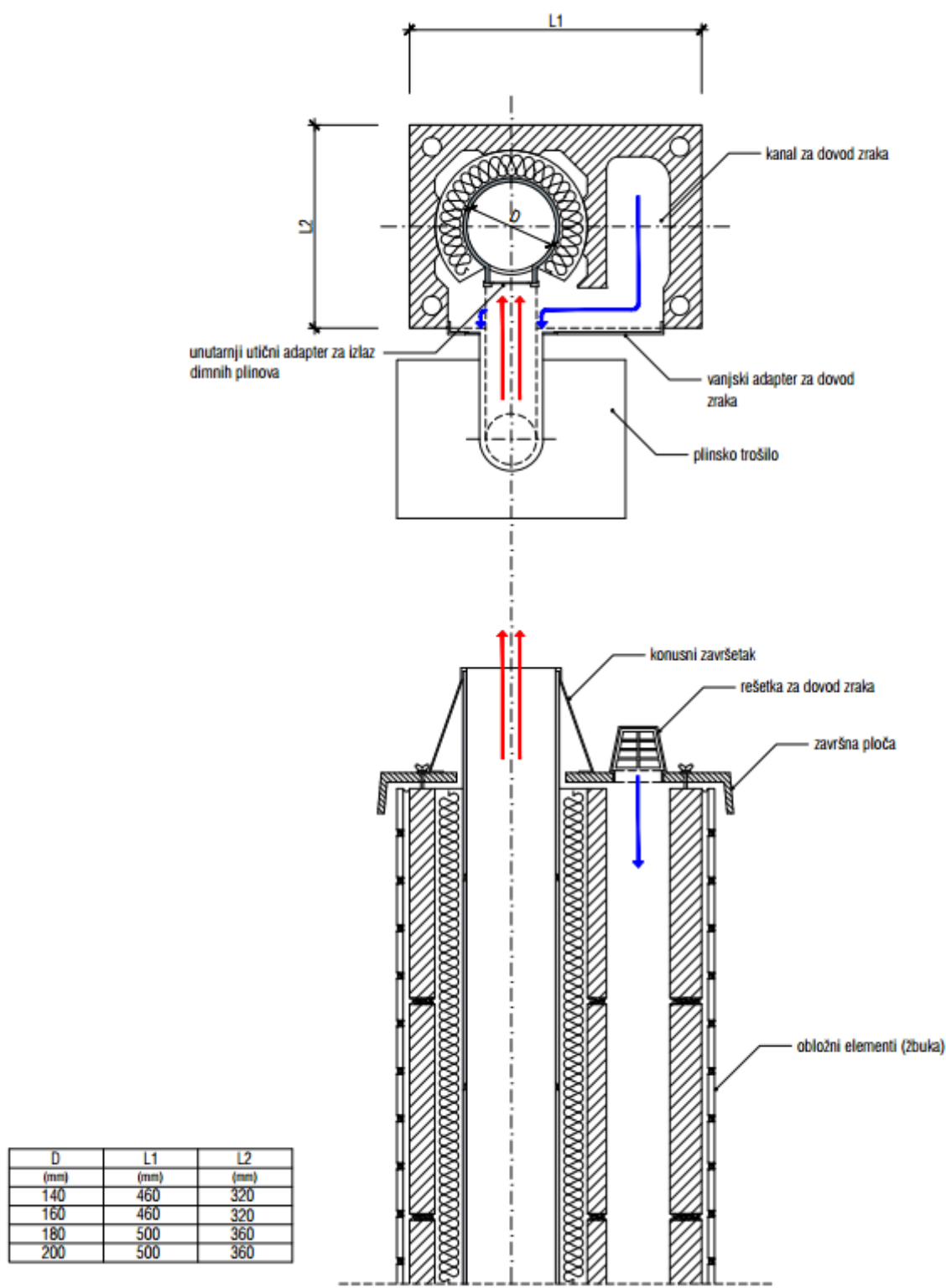
Promjer dimnjaka određuje se prema:

- broju priključenih ložišta,
- vrsti ložišta,
- učinku priključenih ložišta, odnosno masi dimnih plinova,
- temperaturi dimnih plinova,
- visini dimnjaka.



Sl. 5-10 Primjer spajanja odvoda kondenzata na dimnjak Schiedel ADVANCE [Schiedel]

Na Sl. 5-11 prikazan je primjer spajanja plinskoga zidnog kondenzacijskog uređaja na dimnjak Schiedel ADVANCE. Takav dimnjak predviđen je za rad s kondenzacijskim uređajima zahvaljujući profilnoj cijevi od tehničke keramike otporne na temperaturne promjene, kiseline, apsolutne neosjetljivosti na kondenzat, bez obzira o kakvom se ložištu ili vrsti goriva radi.

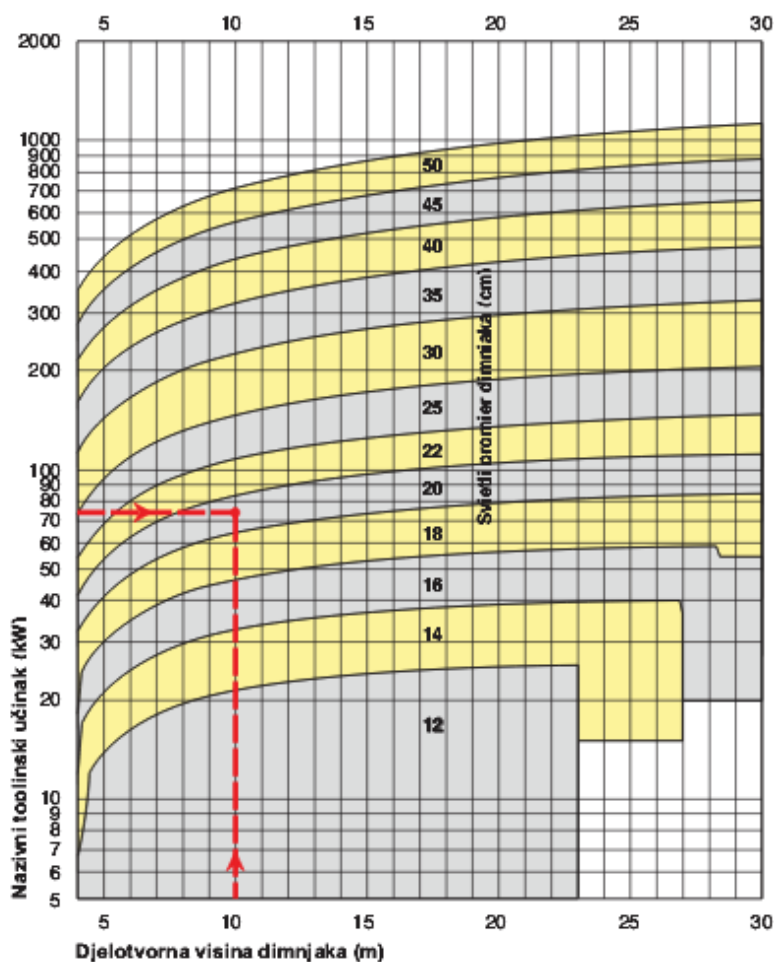
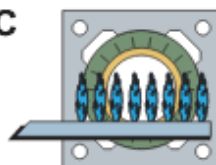


Sl. 5-11 Primjer spajanja kondenzacijskog uređaja na dimnjak Schiedel ADVANCE [Schiedel]

Potreban promjer dimovoda dimnjaka može se odrediti pomoću dijagrama na Sl. 5-12 u ovisnosti o učinku plinskoga atmosferskog uređaja i korisnoj visini dimnjaka. Ovaj dijagram vrijedi za dimnjak kroz koji

prolaze dimni plinovi temperature od 80 do 100 °C. Također postoje i dijagrami za određivanje promjera dimnjaka kroz koje prolaze dimni plinovi viših ili nižih temperatura.

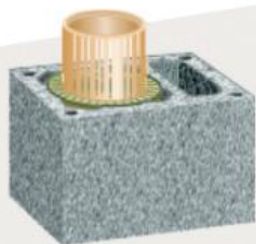
Ložišta sa plamenikom bez ventilatora 80 °C
(atmosferski plamenik). Temperatura
plinova izgaranja iza osigurača strujanja.
 $t_w \geq 80 \text{ °C}$ i $< 100 \text{ °C}$
Izračun prema HRN EN 13384-1



Sl. 5-12 Dijagram za odabir dimnjaka za kotao s atmosferskim plamenikom [Schiedel].

Dimenzije dimnjaka za plinske zidne kondenzacijske uređaje su prikazane na Sl. 5-13.

JEDNOSTRUKI S VENTILACIJOM



Promjer dimnjačke cijevi (cm)	Otvor za ventilaciju (cm)	Vanjska mjera (cm)	Težina (kg/m)	Tip
14	10 x 22	32 x 46	120	ADVANCE 14L
16	10 x 22	32 x 46	125	ADVANCE 16L
18	10 x 26	36 x 50	135	ADVANCE 18L
20	10 x 26	36 x 50	140	ADVANCE 20L

Sl. 5-13 Dimenzije i mase dimnjaka ADVANCE [Schiedel]

5.2.4. Izmjenjivači topline

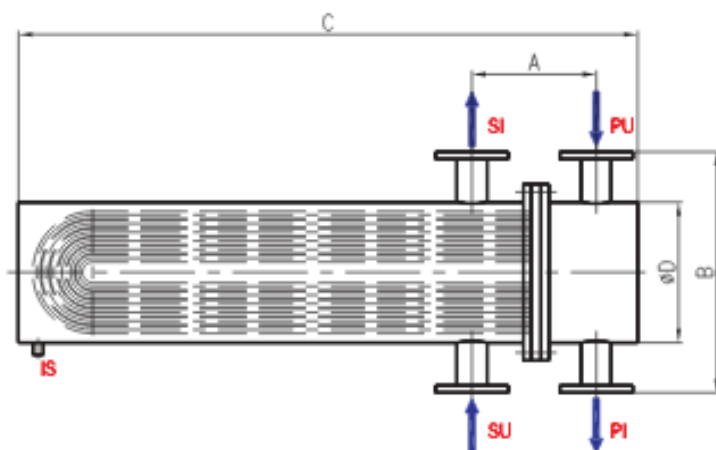
Izmjenjivači topline su dijelovi sustava grijanja u kojima se toplinska energija izmjenjuje između dva fluida. Imaju vrlo široku primjenu u postrojenjima centralnoga grijanja, postrojenjima za pripremu potrošne tople vode te kod postrojenja u rashladnoj tehnici. Prema načinu konstrukcije možemo ih podijeliti na:

- izmjenjivače topline s cijevnim snopom unutar plašta,
- pločaste izmjenjivače.

Izmjenjivač topline s cijevnim snopom i plaštem sastoji se iz snopa cijevi koji je umetnut u plašt (bubanj). Razlikuje se više tipova industrijskih višecijevnih izmjenjivača topline:

- izmjenjivači s učvršćenim snopom cijevi - sastoji se iz snopa cijevi koji je umetnut u plašt, kroz cijevi struji radni medij koji se prolaskom kroz izmjenjivač npr. zagrijava, a u prostoru oko cijevi struji medij koji se hladi prolaskom kroz izmjenjivač
- U-cijevni izmjenjivači - cijevi kroz koje struji medij izvedene su u obliku slova U čija su oba kraja učvršćena u istu cijevnu stijenu pomoću koje su uložene u bubanj. Na plašt je učvršćena podnica s priključcima za medij koji struji kroz cijevi (Sl. 5-15)
- izmjenjivači s plutajućom glavom - snop cijevi nije učvršćen za stjenku plašta u zadnjem dijelu izmjenjivača, nego za manju "glavu" koja slobodno pluta i time se izbjegavaju problemi naprezanja konstrukcijskoga materijala.

U sustavima grijanja uobičajene su prve dvije izvedbe izmjenjivača topline.



Sl. 5-14 Poprečni presjek izmjenjivača topline s cijevima [Pireko]



Sl. 5-15 Snop cijevi u obliku slova U - izmjenjivač topline s cijevima [Pireko]

Osim cijevnih izmjenjivača u tehnici grijanja i hlađenja, sve više se koriste pločasti (Sl. 5-16) koji su povoljni za smještaj jer su manji. Isti su izrađeni od tankih, razdvojenih ploča koje imaju veliku površinu kako bi se omogućio prijenos topline između različitih medija. Pločasti izmjenjivači topline su u ponudi kao kompaktni lemljeni ili rastavljivi.



Sl. 5-16 Pločasti izmjenjivači topline [Danfoss].

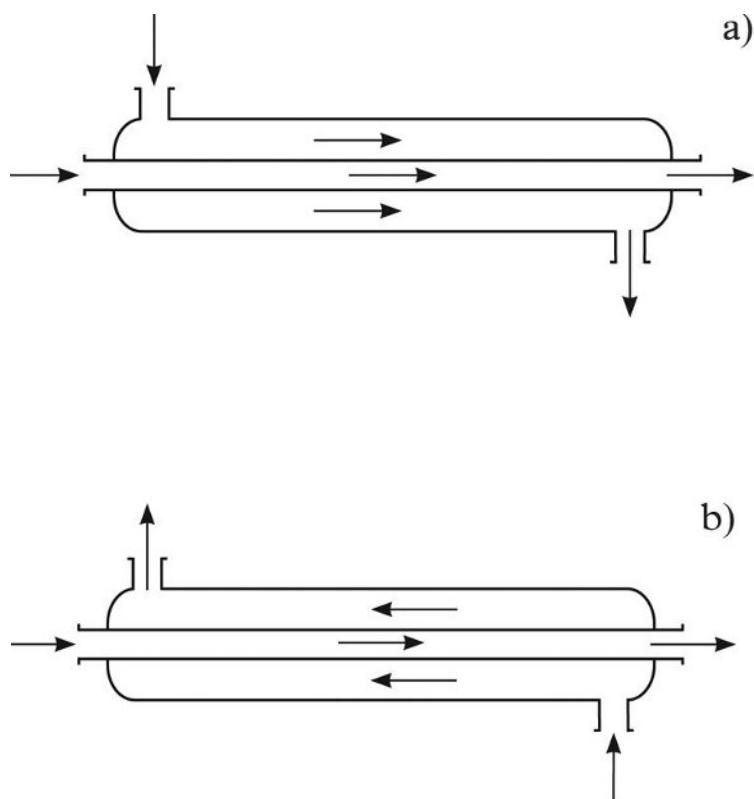
Izmjenjivači topline razlikuju se po smjeru strujanja medija (fluida):

istosmjerni izmjenjivači kod kojih oba medija struje u istome smjeru (

- Sl. 5-17 a)

protusmjerni izmjenjivači kod kojih mediji struje u suprotnim smjerovima (

- Sl. 5-17 b)
- križni.



Sl. 5-17 Shematski prikaz

a) istosmjernog izmjenjivača topline i

b) protustrujnog izmjenjivača topline

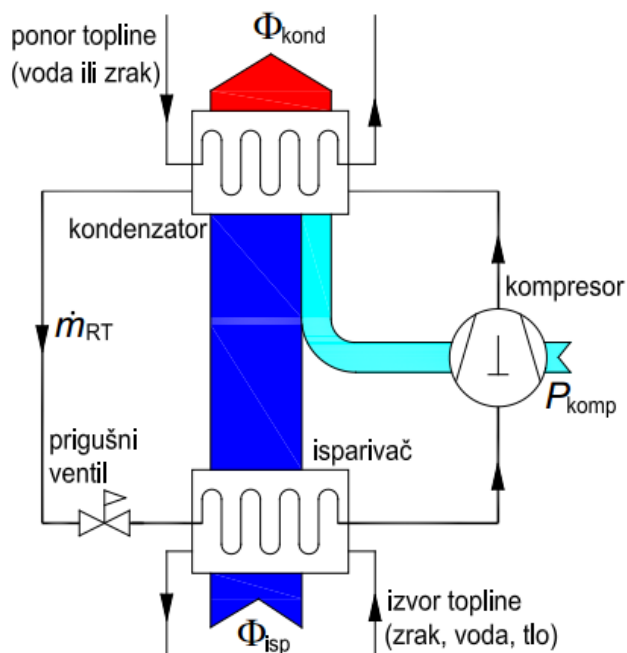
[ilustraciju izradila I. Abrashi prema izvoriku iz Nauke o toplini II, A. Galović].

Protustrujna konstrukcija najefikasnija je jer može prenijeti najviše toplinske energije s jednoga medija na drugi zbog velike temperaturne razlike hladnijega i toplijega medija.

5.2.5. Dizalice topline

Dizalice topline prihvatljivo je ekonomsko i ekološko rješenje za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode. Postoji više vrsta dizalica topline, a radi se o uređajima koji uz malu potrošnju električne energije koriste toplinu iz okoliša, odnosno izvora topline (zemlje, vode ili zraka) te pomoću medija za prijenos topline griju i hlade prostorije u objektima (Sl. 5-18). Rad ovih uređaja zasniva se na Carnotovom ciklusu. U tom

kružnom procesu podiže se toplinska energija s niže (izvor topline) na višu energetska razinu uz privedeni vanjski rad (mehanički rad kompresora) s ciljem korištenja toplinske energije više razine za grijanje zgrada.



Sl. 5-18 Prikaz tijeka energije u ljevokretnome kružnom procesu [1]

Budući da je za pokretanje svakoga ljevokretnog procesa, pa tako i za dizalicu topline, potrebno uložiti energiju, dizalice topline mogu se podijeliti na:

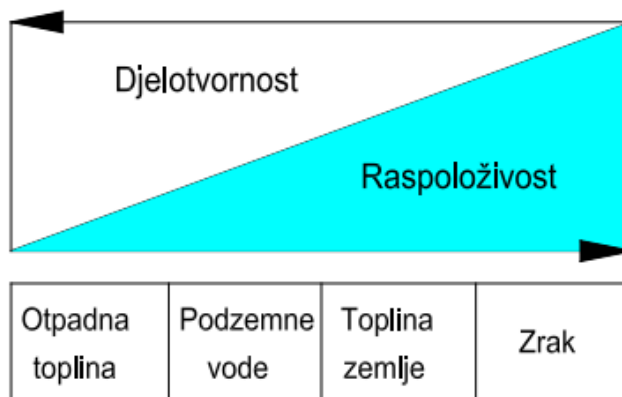
- kompresijske uređaje – koriste električnu energiju za pogon kompresora i pumpi
- apsorpcijske uređaje – koriste toplinsku energiju za pogon uređaja.

Svaka kompresijska dizalica topline sastoji se od četiri osnovna elementa:

- kompresora,
- kondenzatora,
- isparivača,
- prigušnoga ventila.

Za postrojenje dizalice topline od najvećeg su značaja svojstva toplinskog izvora. Kako bi se postigao ekonomičan rad dizalice topline, na izvor topline postavlja se niz zahtjeva među kojima su najvažniji:

- toplinski izvor treba osigurati potrebnu količinu topline u svako doba
- troškovi za priključenje toplinskog izvora na dizalicu topline trebaju biti što manji
- energija za transport topline od izvora do isparivača dizalice topline treba biti što manja [1].



Sl. 5-19 Prikaz djelotvornosti i raspoloživosti izvora topline [1]

Prema Sl. 5-19 jasno je da je zrak najpovoljniji toplinski izvor u smislu raspoloživosti i inicijalnih troškova pa u grijanju obiteljskih kuća najčešće koristimo kompresijsku dizalicu topline koja u pogonu grijanja funkcionira kako slijedi:

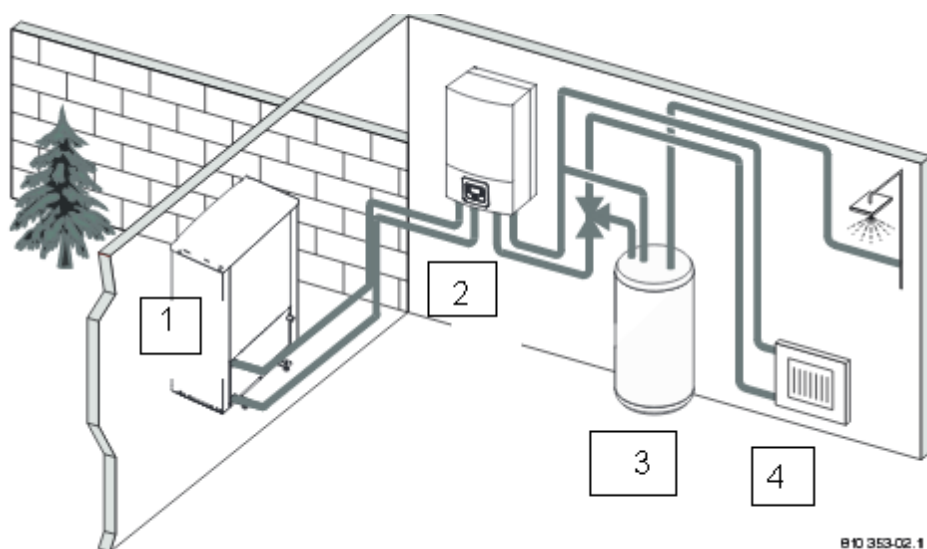
1. U isparivaču toplinska energija sadržana u zraku zagrijava radnu tvar pri čemu dolazi do isparavanja. Plin koji tako nastaje odvodi se u kompresor.
2. U kompresoru se tlak radne tvari povećava i tako pregrijana radna tvar ulazi u kondenzator.
3. Predajom topline ogrjevnoj vodi u kondenzatoru, radna tvar postepeno kondenzira i mijenja svoje agregatno stanje u kapljevinu.
4. Radna tvar u tekućem stanju prolazi kroz ekspanzijski ventil koji snizuje tlak radne tvari
5. Po ulasku u isparivač dolazi do isparavanja te se proces ponavlja.

Kod dizalice topline u razdvojenoj (split) izvedbi unutarnji dio sadrži pločasti izmjenjivač u kojem se toplina s radne tvari predaje ogrjevnoj vodi u instalaciji grijanja.

Kod niskih vanjskih temperatura, na vanjskome dijelu dizalice topline može se stvarati led. Kada sloj leda bude toliko velik da sprječava strujanje zraka kroz isparivač, automatski se pokreće otapanje. Čim se led otopi, toplinska pumpa nastavlja s grijanjem. Kod nižih vanjskih temperatura za otapanje, mijenja se smjer strujanja rashladnoga sredstva u krugu putem četveroputnoga ventila, tako da vrući plinovi koji dolaze od kompresora otapaju led na površini izmjenjivača u vanjskoj jedinici.

S obzirom na potrebu odleđivanja te smanjenje učina pri nižim vanjskim temperaturama, dizalica topline za grijanje zgrada, s vanjskim zrakom kao izvorom topline, može se ekonomski i pogonski opravdano upotrijebiti do vanjske temperature od - 5 °C, a ispod - 5 °C koristi se pomoćni izvor grijanja na biomasu, plin ili električnu energiju.

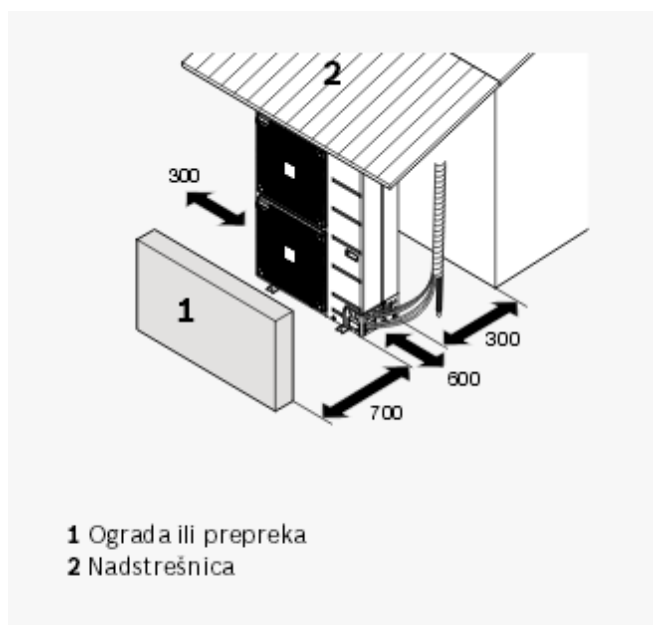
Ako se dizalica topline koristi za grijanje i pripremu potrošne tople vode, potrebno je priključiti spremnik potrošne tople vode (Sl. 5-20). Promjena režima rada između grijanja zgrade ili tople vode tada se vrši putem troputnoga ventila.



- 1 - vanjska jedinica dizalice topline
- 2 - unutarnja jedinica dizalice topline
- 3 - spremnik potrošne tople vode
- 4 - ogrijevno tijelo

Sl. 5-20 Shematski prikaz dizalice topline sa vanjskom i unutarnjom jedinicom te spremnikom tople vode [Bosch]

Vanjska jedinica može se postaviti na temelje uz fasadu zgrade, nosače montirane na fasadu ili na krov zgrade. Jedinicu je potrebno zaštititi od vjetrova i snijega. Jak vjetar koji puše prema izlazu za zrak na vanjskoj jedinici, može uzrokovati zaleđivanje u režimu grijanja, prekid rada i kvar ventilatora. Do zaleđivanja, također može doći ako je jedinica prekrivena snijegom. Da bi se izbjegle takve situacije, vanjsku jedinicu dizalice potrebno je smjestiti pod nadstrešnicu koja služi kao zaklon od nepogodnih vanjskih utjecaja, prikazano na Sl. 5-21.



Sl. 5-21 Minimalne udaljenosti za smještaj vanjske jedinice dizalice topline (sve dimenzije su u mm) [Bosch]

Postolje za montažu vanjske jedinice mora biti minimalne visine 150 mm kako bi se osiguralo dobro pražnjenje i izbjeglo nakupljanje leda zimi. Oko temelja treba pripremiti odvodni kanal kojim će oborinska voda otjecati iz okoline uređaja. Postolje mora biti čvrsto i ravno kako jedinica ne bi uzrokovala vibracije i buku.

5.2.6. Priprema potrošne tople vode

Zagrijavanje sanitarne potrošne tople vode može se provesti lokalnim (decentraliziranim) ili centralnim sustavima. Kod lokalne pripreme potrošne tople vode (PTV), mogu se koristiti protočni grijači jer se radi o pojedinačnim potrošačima. Za ovu namjenu koriste se plinski ili električni grijači vode. Protočna električna grijalica vode za instaliranje iznad izljevna mjesta, prikazana je na Sl. 5-22. Učinak protočnoga grijača treba biti takav da svu količinu vode, koja se u određenome trenutku troši, može zagrijati na željenu temperaturu.



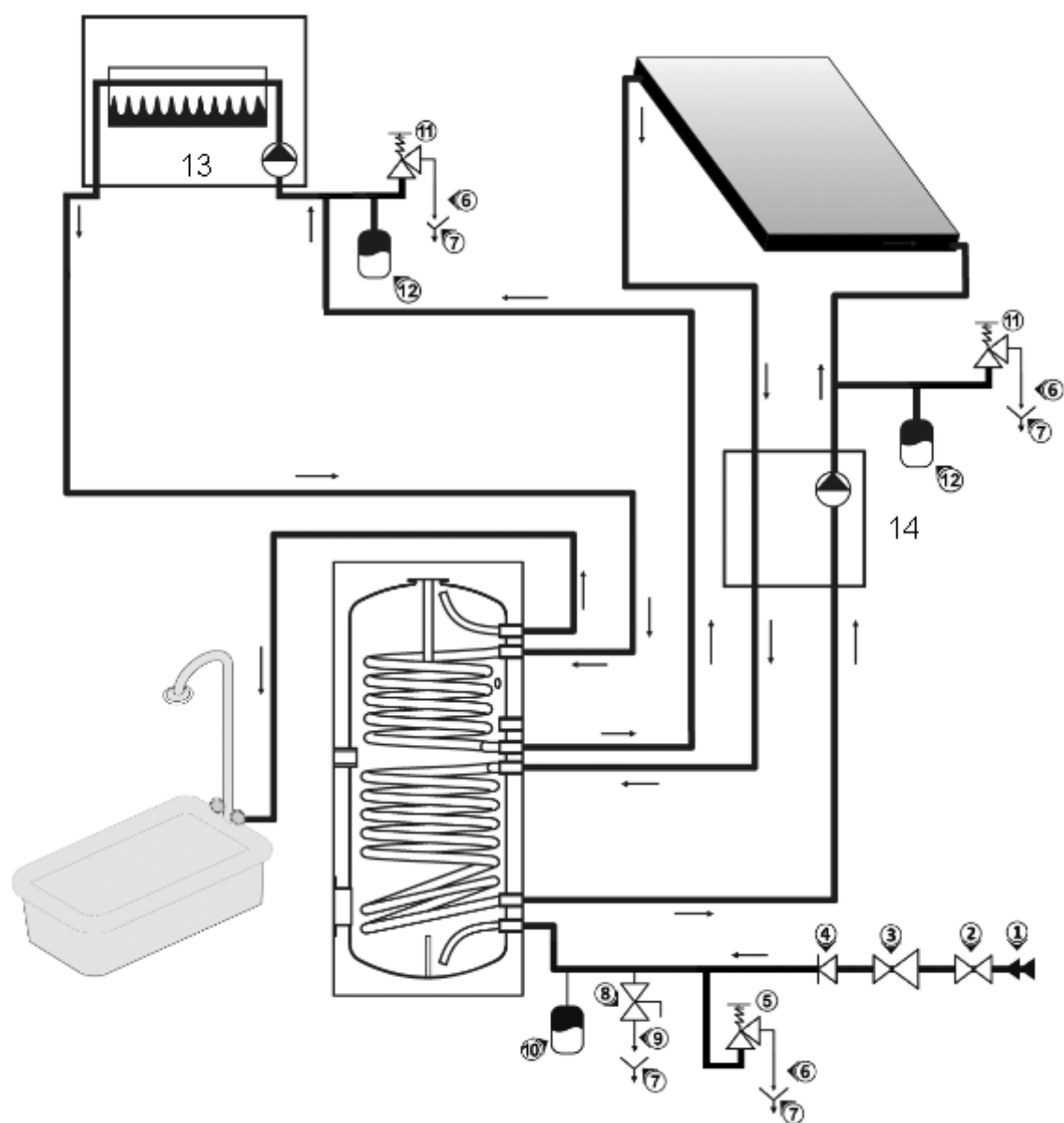
Sl. 5-22 Protočna električna grijalica vode [Bosch].

Akumulacijski spremnici potrošne tople vode su elementi sustava za pripremu potrošne tople vode, a obično smješteni u toplinsku stanicu ili kotlovnicu te se u njima vrši centralna priprema potrošne tople vode.

Korištenje Sunčeve energije za pripremu potrošne tople vode sve je češće, pogotovo u priobalnome području i na otocima. Najčešće se koriste solarni sustavi s prisilnom cirkulacijom pomoću pumpe čiji su dijelovi prikazani na Sl. 5-23

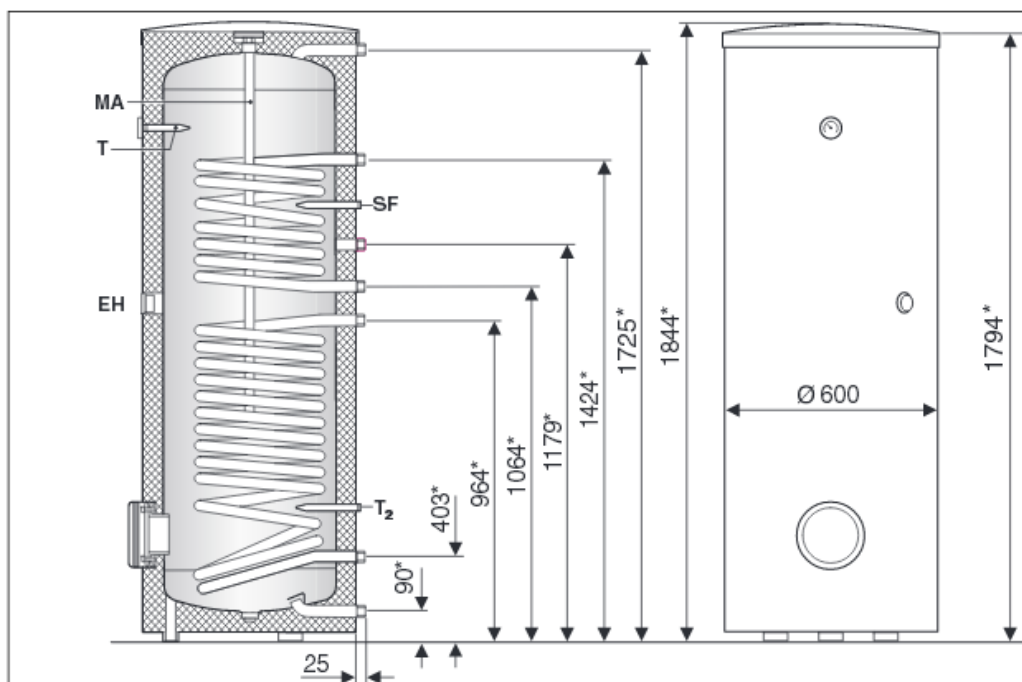
Pumpa solarnoga kruga (14) uključuje se samo ako je temperaturna razlika između osjetnika temperature u kolektoru i spremniku viša od uključne temperaturne razlike (od 5 do 8 °C), odnosno isključuje se kada ta razlika postane mala (od 2 do 5 °C) [4]. Pumpa solarnoga kruga isključuje se i kod tzv. sigurnosnog isključenja pri temperaturi od 90 °C [4]. Pumpa u krugu plinskoga bojlera (13) dogrijava vodu do potrebne temperature kada se energijom Sunčeva zračenja ne može postići zadana temperatura potrošne tople vode. Solarni sustav za pripremu potrošne tople vode za kućanstvo obično se sastoji od 4 do 6 m² kolektorske površine i spremnika od 200 do 400 litara vode prikazanoga na

Sl. 5-24 [4]. Potrebna temperatura tople vode je od 45 do 60 °C uz pretpostavljenu potrošnju vode od 40 do 60 litara po osobi i po danu [4].



- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1 polazni vod hladne vode | 8 ventil za pražnjenje |
| 2 zaporni ventil | 9 izljevno mjesto |
| 3 regulacijski ventil | 10 ekspanzijska posuda |
| 4 nepovratni ventil | 11 sigurnosni ventil |
| 5 sigurnosni ventil | 12 ekspanzijska posuda |
| 6 izljevno mjesto | 13 pumpa u krugu plinskoga bojlera |
| 7 odvod | 14 pumpa solarnoga kruga |

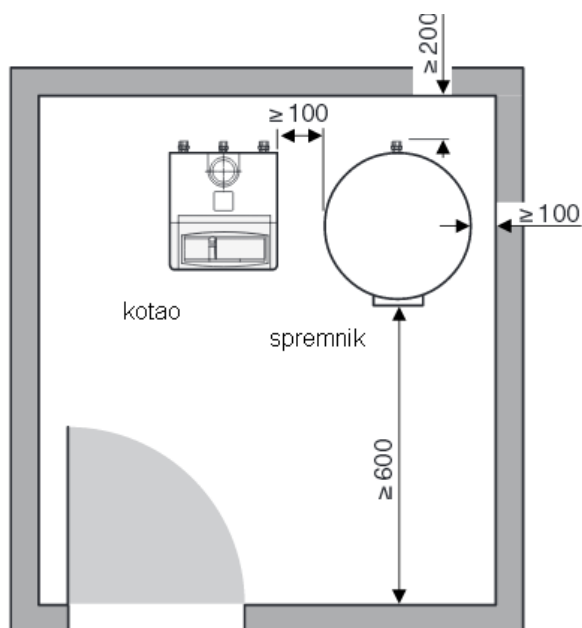
Sl. 5-23 Sustav s protočnim grijačem PTV-a [Bosch].



T - uronjeni tuljac s termometrom za prikaz temperature
T2 - uronjeni tuljac osjetnika temperature spremnika za krug grijanja Sunčevom energijom
MA - magnezijeva anoda
EH - električni grijač
SF - uronjeni tuljac osjetnika temperature za krug grijanja pomoćnim izvorom topline

Sl. 5-24 Neizravno zagrijavani spremnik tople vode volumena 300 l za kombinaciju s kolektorima u presjeku (sve dimenzije u mm) [Bosch].

Na Sl. 5-25 prikazane su udaljenosti kojih se treba pridržavati prilikom smještaja akumulacijskoga spremnika PTV-a.



Sl. 5-25 Minimalne udaljenosti akumulacijskoga spremnika PTV-a od zidova prostorije i ostale opreme (sve dimenzije u mm) [Bosch].

5.2.7. Spremnici goriva

Spremnici goriva služe za skladištenje goriva potrebnoga za rad kotlovnice kroz određeno vrijeme koje obično ovisi o mogućnosti redovnog opskrbljivanja gorivom te o drugim ekonomskim uvjetima. Prema *Pravilniku o zapaljivim tekućinama (Narodne novine, broj: 54/99)* spremnik za držanje ulja za loženje za potrebe centralnih grijanja obiteljskih kuća, obrtničkih radnji, pogona ili drugih građevina može se postaviti kao podzemni ili nadzemni na otvorenome prostoru ili u obiteljskoj kući, zanatskoj radnji, pogonu ili drugoj zgradi.

Za nadzemno skladištenje loživih ulja za domaćinstvo često se koriste termoplastični spremnici. U slučaju razlijevanja ulja za loženje, mora se osigurati prostor oko istih za prihvrat ukupnoga sadržaja, npr. pomoću pragova, zidića, metalne tave i sl.

Plinske kotlovnice na ukapljeni naftni plin (mješavina propan-butana) obično imaju spremnik tekućega naftnog plina odgovarajućeg volumena (Sl. 5-26). Uvjeti za postavljenje i korištenje, kao i sigurnosne udaljenosti te mjere zaštite od požara i tehnoloških eksplozija pri izgradnji postrojenja te skladištenju, držanju i prometu ukapljenoga naftnog plina propisane su *Pravilnikom o ukapljenom naftnom plinu (Narodne novine, broj: 117/07)*.

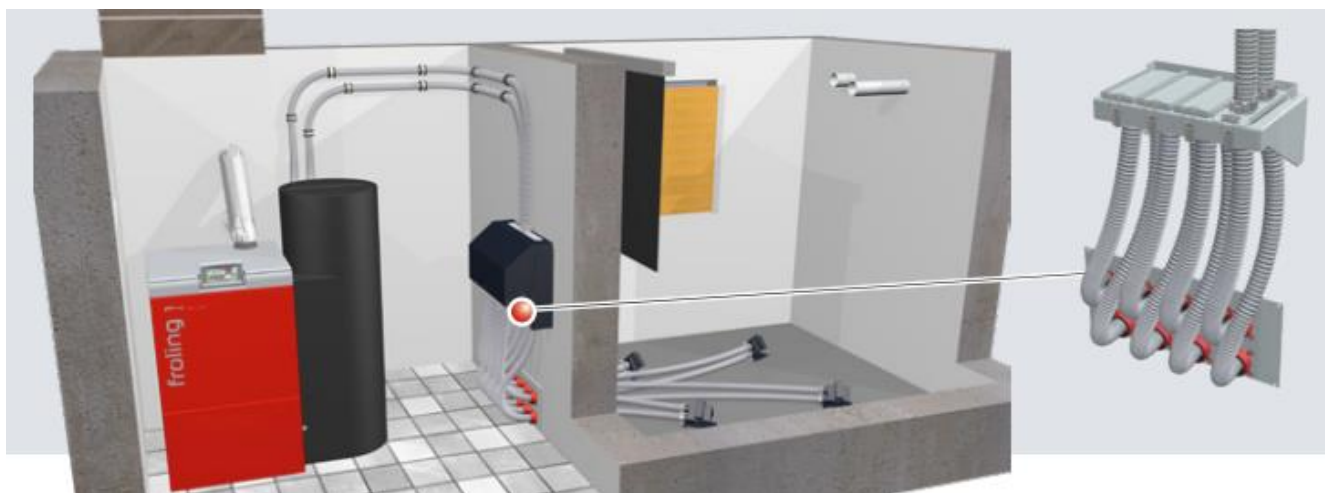


Sl. 5-26 Spremnik UNP-a [Sladović]

Nadzemni spremnici UNP-a postavljaju se na otvoreni prostor ili na prostor pokriven laganim krovom, pojedinačno ili u grupi, pod uvjetom da njihova ukupna zapremnina nije veća od 15 m³. Iznimno, nadzemni mali spremnici UNP-a postavljaju se u za to namijenjen objekt, pojedinačno ili u paru, pod uvjetom da njihova ukupna zapremnina nije veća od 6,4 m³.

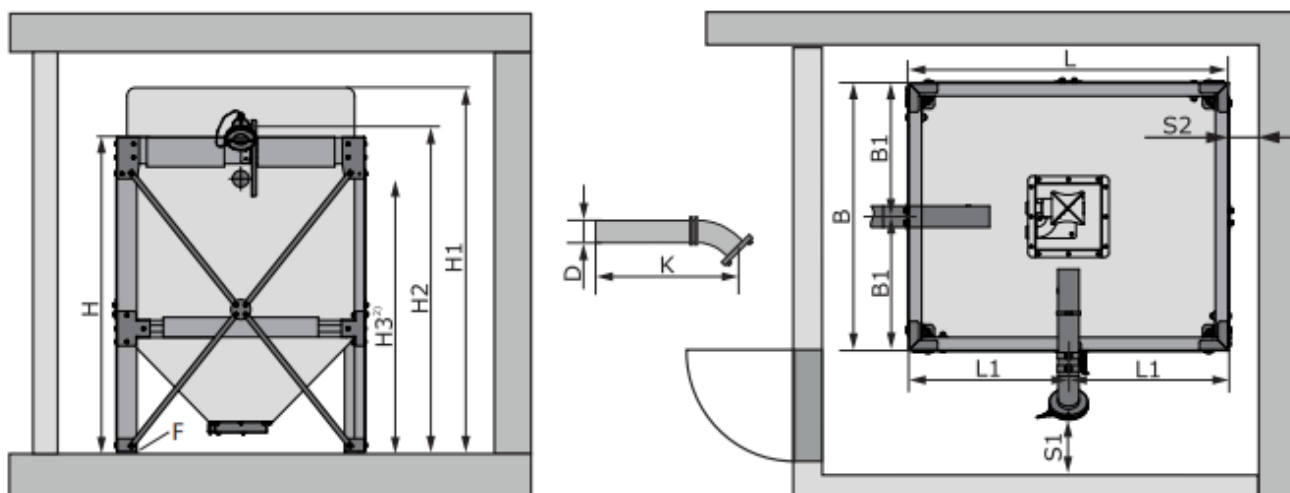
Dobava peleta pomoću vakuuma (Sl. 5-27) namijenjena je za manje sustave grijanja do 90 kW toplinskog učina gdje spremište peleta nije odmah do kotla te se traži automatska dobava. Uz pomoć fleksibilnih cijevi

pelet se transportira iz većeg spremišta do spremnika pokraj kotla kako bi se kotlu osigurala kontinuirana opskrba peletom. Ovakav način dobave sastoji se od turbine koja se montira na spremnik peleta kraj kotla, senzora razine goriva u spremniku, fleksibilnih cijevi maksimalne dužine do 10 m u jednome smjeru i maksimalne visinske razlike od 2,5 do 5 m, ovisno o ukupnoj dužini cijevi. Dobavom upravlja kotlovska regulacija prema senzoru u spremniku i turbini te prilagođenim vremenima rada. Sustav dobave može se spojiti na tri različite vrste spremišta peleta: spremište peleta s fleksibilnom cijevi za uzimanje peleta, veliki spremnik peleta te spremište peleta s pužnim transporterom.



Sl. 5-27 Spremište peleta s automatskom dobavom peleta [Froling]

Veliki pelet spremnici (Sl. 5-28) namijenjeni su skladištenju većih količina drvenih peleta (od 1,6 do 7,4 t), a ugrađuju se uz kotlovnice gdje je omogućen spoj spremnika i pelet plamenika pužnim transporterom ili kao dislocirani spremnici.



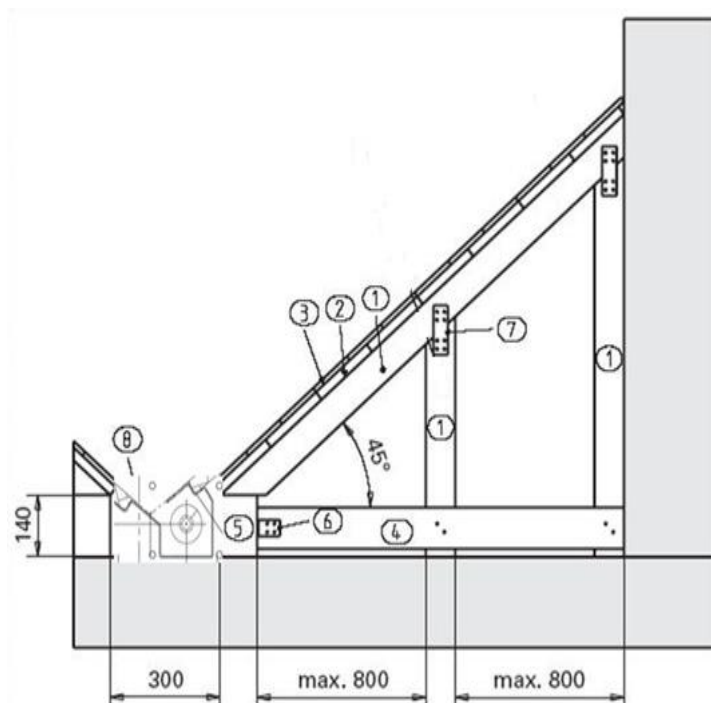
Oznaka	Opis	Mj. j.	Type 7	Type 8	Type 9	Type 10	Type 20
H	visina okvira	cm	190	190	190	182	182
H1	visina vreće kada je puna	cm	210	210	210	205	205
L	dužina okvira	cm	125	125	150	200	230
B	širina okvira	cm	150	200	200	200	230
S1	udaljenost od cijevi do zida, min	cm			min.30		
S2	udaljenost od vreće do zida, min.	cm			min. 10		
	Sadržaj u tonama	t	1,6	2,0	2,4	3,7	4,7

Sl. 5-28 Dimenzije spremnika peleta većeg volumena [Froling]

Spremište peleta (Sl. 5-29) može biti i prostorija namijenjena samo skladištenju peleta. Dužina pužnoga transportera za izvlačenje peleta iz prostorije može biti 2 m, 3 m, 4 m i 5 m te se prema tome moraju podesiti kosine unutar prostorije, nagiba 45 °C (Sl. 5-30).



Sl. 5-29 Prostorija kao spremnik peleta [Froling]



Konstrukcija s kosinom:

1. Drvena greda 80x80 mm
2. Drvena daska 24 mm debljine (tanke daske)
3. Lamelirana daska (pero – utor)
4. Drvene daske za osiguranje
5. Drvena greda 140x100 mm
6. Metalna konzola
7. Metalne pločice
8. Pužni prijenos

Sl. 5-30 Način izvedbe konstrukcije s kosinom [Froling]

Za skladištenje peleta koriste se ukopani spremnici u slučaju nedostatka prostora u samoj zgradi (Sl. 5-31).



Sl. 5-31 Ukopani spremnik peleta [Froling]

Pelet je uobičajeno na tržištu dostupan u vrećama od 15 kg, što je do sada ujedno bio najčešći oblik otpreme. Ako su potrebne veće količine peleta, transport se obavlja cisternom. U tom slučaju spremnici se pune pomoću dviju cijevi koje se priključuju na cisternu s peletima (Sl. 5-32). Najveća udaljenost od spremnika do cisterne je 40 m, što prilikom projektiranja prilaznih putova do kotlovnice i spremnika peleta treba uzeti u obzir.

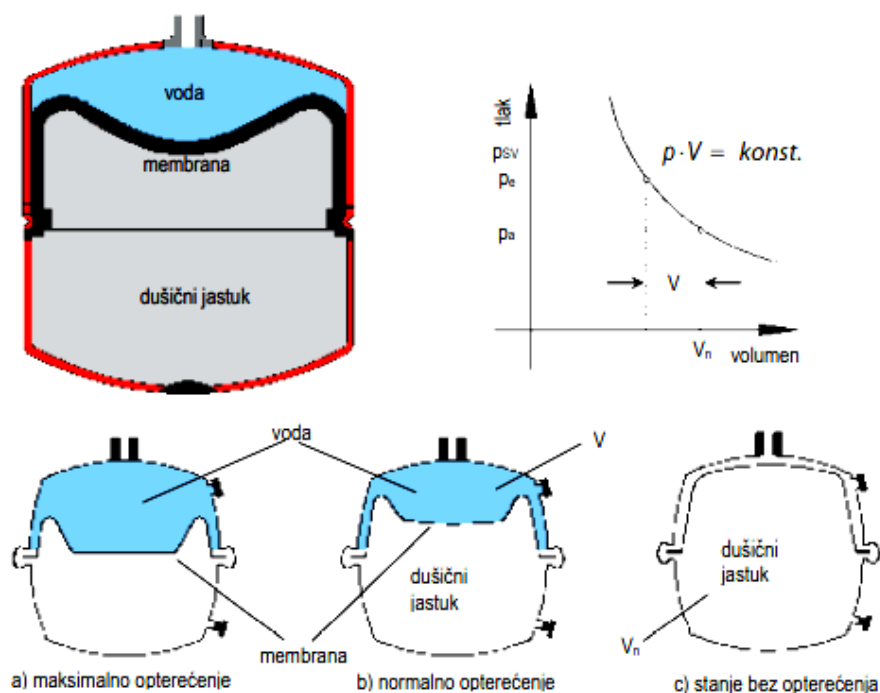


Sl. 5-32 Način punjenja spremnika peleta [Froling]

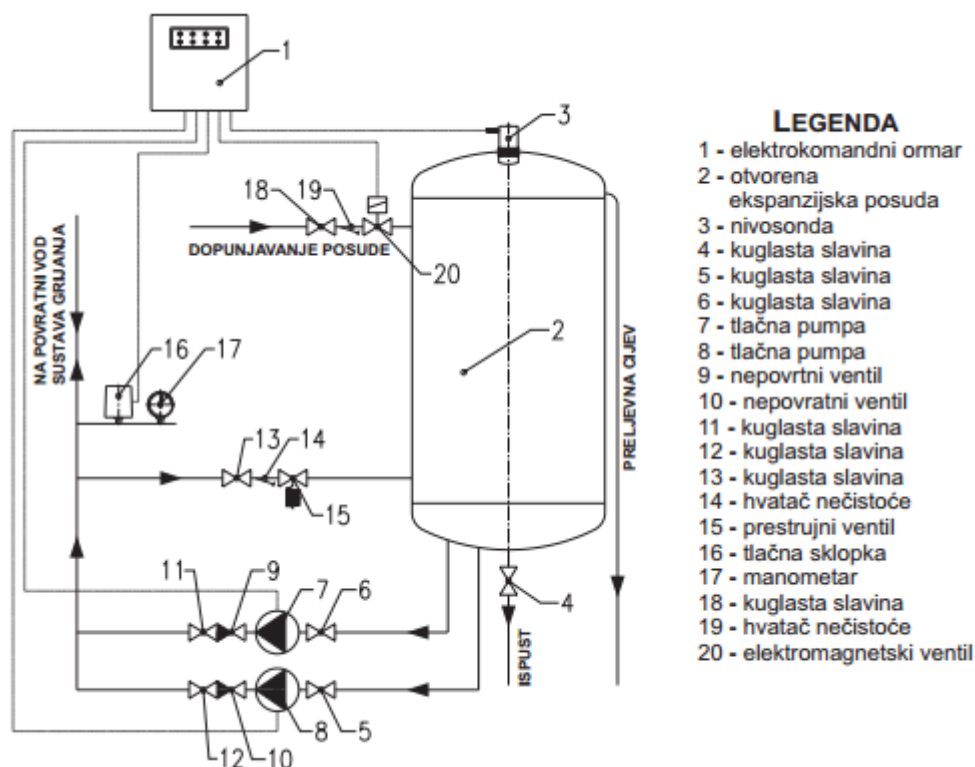
5.2.8. Ekspanzijske posude

Ekspanzijske posude služe za kompenzaciju povećanja volumena vode u sustavu centralnoga grijanja prilikom zagrijavanja. Kod zagrijavanja ogrjevnice vode s temperature prostora na radnu temperaturu, volumen vode poveća se za 3 do 4 %. Prije su se za preuzimanje povećanja volumena primjenjivale otvorene ekspanzijske posude koje su morale biti smještene na najvišoj etaži zgrade, često izvan kotlovnice. Danas se upotrebljavaju zatvorene ekspanzijske posude (Sl. 5-33). Dio koji preuzima širenje vode kao ogrijevnoga medija ispunjen je komprimiranim zrakom, dušikom ili nekim drugim inernim plinom.

Održavanje tlaka u sustavima grijanja određeno je normom HRN EN12828. U većim sustavima grijanja, osim održavanja tlaka, postoji potreba za nadopunjavanjem ogrjevnice vode. Kod takvih sustava tlak treba održavati pomoću otvorene ekspanzijske posude s pumpnim agregatima za održavanje tlaka u sustavu što je prikazano na Sl. 5-34. Kod punjenja sustava i povećanja temperature vode, nakon postizanja radnoga tlaka, tlačna sklopka isključuje pumpu koja tlači vodu u sustavu. Uslijed povećanja temperature vode dolazi do ekspanzije te se višak vode iz sustava preko prestrujnoga ventila usmjerava u ekspanzijsku posudu. Kada tlak u sustavu, uslijed hlađenja ili propuštanja, počne padati, tlačna sklopka uključuje pumpu koja nadopunjuje sustav vodom i postiže radni tlak. U slučaju preniske razine vode u ekspanzijskoj posudi, osjetnik razine tekućine uključuje elektromagnetski ventil preko kojega se posuda dopunjava. Regulacija razine vode u posudi je automatska preko osjetnika razine tekućine i elektromagnetskoga ventila.



Sl. 5-33 Zatvorena ekspanzijska posuda [1]



Sl. 5-34 Ekspanzijski diktir sustav [1]

5.2.9. Pumpe

Pumpe su uređaji koji transportiraju tekućinu u određeni prostor pod tlakom ili transportiraju tekućinu u cirkulacijskome sustavu. Prema načinu rada, pumpe se dijele na:

- volumetrijske (stapne i rotacijske)
- centrifugalne
- mlazne pumpe (ejektori).

S obzirom na elektromotor koji ih pokreće pumpe se dijele na monofazne (220 V) i trofazne (380/400 V).

Pumpe koje osiguravaju cirkulaciju vode u cjevovodima centralnoga grijanja obično su centrifugalne pumpe s trofaznim elektromotorom (Sl. 5-35). Regulacija rada pumpe vrši se promjenom broja okretaja pa imamo stupnjevitu (u više stupnjeva) i kontinuiranu regulaciju. Danas se upotrebljuju pumpe s pretvaračem frekvencije koji omogućuje kontinuiranu regulaciju brzine vrtnje elektromotora što dovodi do znatnih ušteda energije jer je moguće ekonomično prilagođavanje snage pumpe promijenjenim pogonskim uvjetima cijevne mreže.



Sl. 5-35 Cirkulacijska pumpa s ugrađenim pretvaračem frekvencije [Grundfos]

Centrifugalne cirkulacijske pumpe određene su protokom vode u cirkulaciji i dobavnom visinom (pad tlaka). Potreban protok ovisi o toplinskom učinku postrojenja centralnoga grijanja, odnosno o toplini koja se prenosi cirkulacijom vode i razlici temperature vode u polaznom i povratnom vodu. Dobavna visina pumpe određena je hidrauličkim otporima koje pumpa mora svladati i biti to veća što su otpori strujanju veći, čemu uzrok mogu biti prevelike brzine vode u cijevima, odnosno premali promjeri cijevi. Optimalna brzina strujanja vode u cjevovodima je $0,3 \div 1 \text{ m/s}$.

5.3. REGULACIJA TEMPERATURE

Uređaji za regulaciju temperature grijanja usklađuju učin ogrjevnih tijela i izvora topline tako da se zadovolje kriteriji ugodnosti boravka u nekoj prostoriji. Prema lokaciji djelovanja mogu se podijeliti na:

- lokalnu regulaciju
- zonsku regulaciju
- centralnu regulaciju.

Pod lokalnom regulacijom najčešće se misli na termostatske radijatorske ventile koji se sastoje od tijela (Sl. 5-36) i termostatske glave (Sl. 5-37).

Unutar termostatske glave ventila nalazi se plin ili tekućina koji se širi i skuplja, odnosno reagira na promjene temperature. Termostatski ventil, ovisno o temperaturi u prostoru, prilagođava protok vode na način da mijeh punjen tekućinom ili plinom, uslijed promjene temperature, mijenja volumen i time ostvaruje pomak pladnja ventila u odnosu na sjedište, odnosno propušta veći ili manji protok vode u radijator.



Sl. 5-36 Tijelo radijatorskoga ventila [Danfoss]



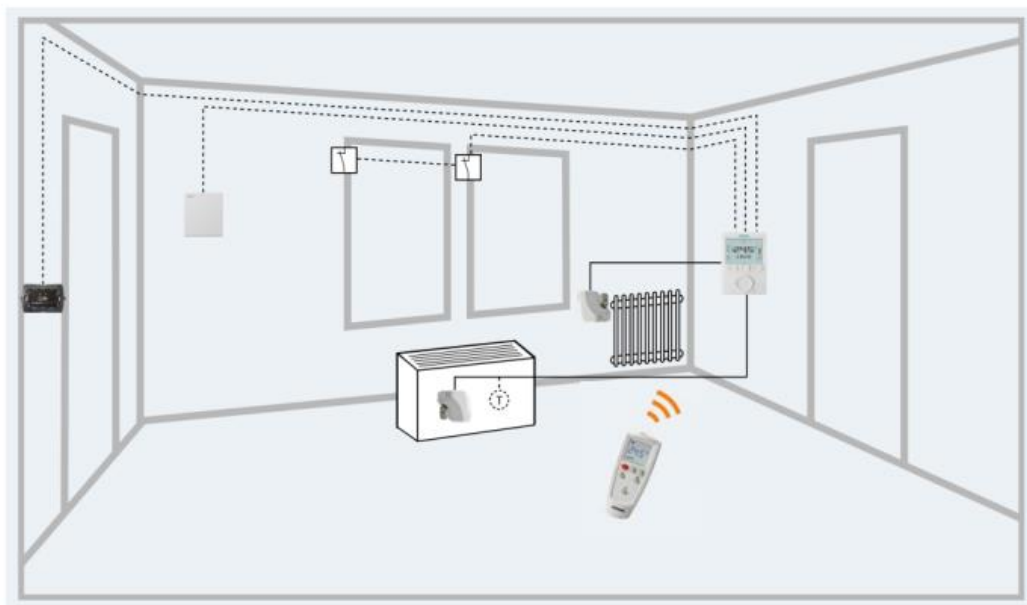
Sl. 5-37 Termostatska glava radijatorskoga ventila [Danfoss]

Zonskom regulacijom zgrada se podijeli na zone prema namjeni prostorija ili režimima korištenja pri čemu se reguliraju pojedine zone sa sličnim karakteristikama toplinskih opterećenja. U zonskome sustavu koriste se kontrolni ventili s termoelektričnim izvršnim elementima povezani s upravljačkim, kao i sobni osjetnici temperature i vlažnosti (Sl. 5-38) uz detektore prisutnosti.



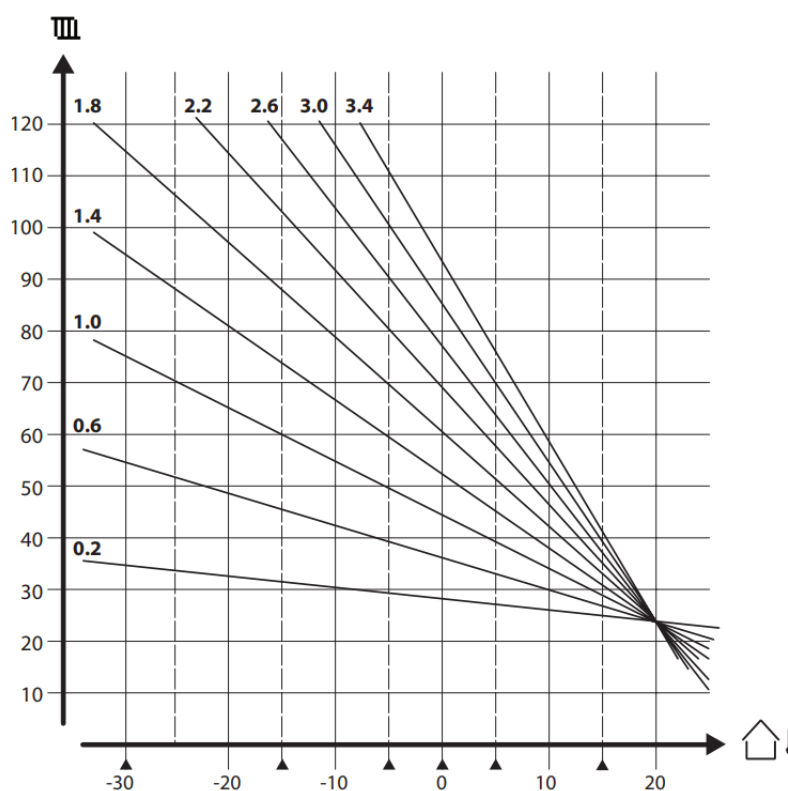
Sl. 5-38 Sobni osjetnici temperature za zidnu montažu [Danfoss]

U slučaju ovakve regulacije u obiteljskim kućama može se kao zona promatrati jedna soba pa tako kuća može imati onoliko zona koliko ima prostorija (Sl. 5-40).



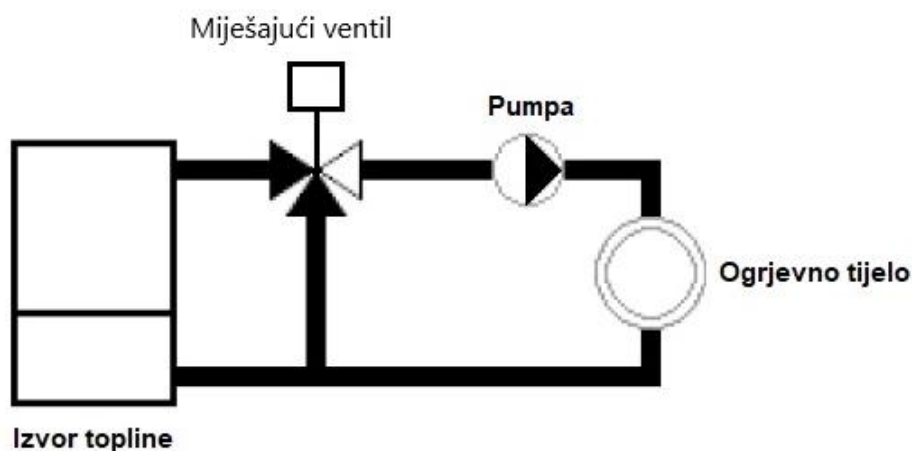
Sl. 5-39 Soba kao zona s osjetnicima i regulatorom [Danfoss]

Centralna regulacija je automatska, najčešće s vremenskom funkcijom. Ovakva regulacija u postrojenju centralnoga grijanja regulira temperaturu vode u polaznome vodu tako da kod niskih vanjskih temperatura, temperatura u polaznome vodu bude usklađena ovisno o klimatskoj zoni (Sl. 5-41). U naprednijim sustavima automatske regulacije, vanjski osjetnik temperature može se dopuniti vanjskim osjetnikom Sunčevoga zračenja i/ili vjetra u cilju prilagođavanja osnovne krivulje grijanja. Prednost ovakvoga načina upravljanja jest da se promjene vrijednosti polazne temperature brzo usklađuju s vanjskom temperaturom.



Sl. 5-40 Ovisnost temperature u polaznome vodu o vanjskoj temperaturi [Danfoss]

Potrebna temperatura u polaznome vodu postiže se miješanjem tople vode iz kotla ili izmjenjivača topline s hladnijom vodom iz povratnoga voda, reguliranjem troputnoga ili četveroputnoga ventila. Kod troputnoga ventila (Sl. 5-41) na jedan otvor ulazi toplija voda iz kotla, na drugi hladnija povratna voda, dok na treći otvor izlazi voda potrebne temperature.



Sl. 5-41 Regulacija temperature u polaznome vodu centralnoga grijanja s troputnim ventilom [ilustraciju izradila I. Abrashi prema izvorniku Danfoss]

Ventil se namješta regulatorom koji određuje omjer ulaza toplije i hladnije vode kako bi se dobila voda potrebne temperature, ovisno o vanjskoj temperaturi o kojoj regulator dobiva podatke od izvanjskoga osjetnika. Ovaj osjetnik mora biti na sjevernoj strani zgrade, kako bi se spriječio utjecaj Sunčevoga zračenja na regulaciju temperature. Osim ovoga, može postojati i sobni osjetnik temperature, koji je smješten u referentnu prostoriju.

5.4. CJEVOVODI CENTRALNOGA GRIJANJA

5.4.1. Cijevi za cjevovode centralnoga grijanja

Za cjevovode centralnoga grijanja upotrebljavaju se cijevi proizvedene iz raznih materijala. Za veće promjere koriste se čelične bešavne cijevi. Čelične cijevi spajaju se zavarivanjem, a izvana se štite od korozije lichenjem temeljnom bojom i završnim lakom.

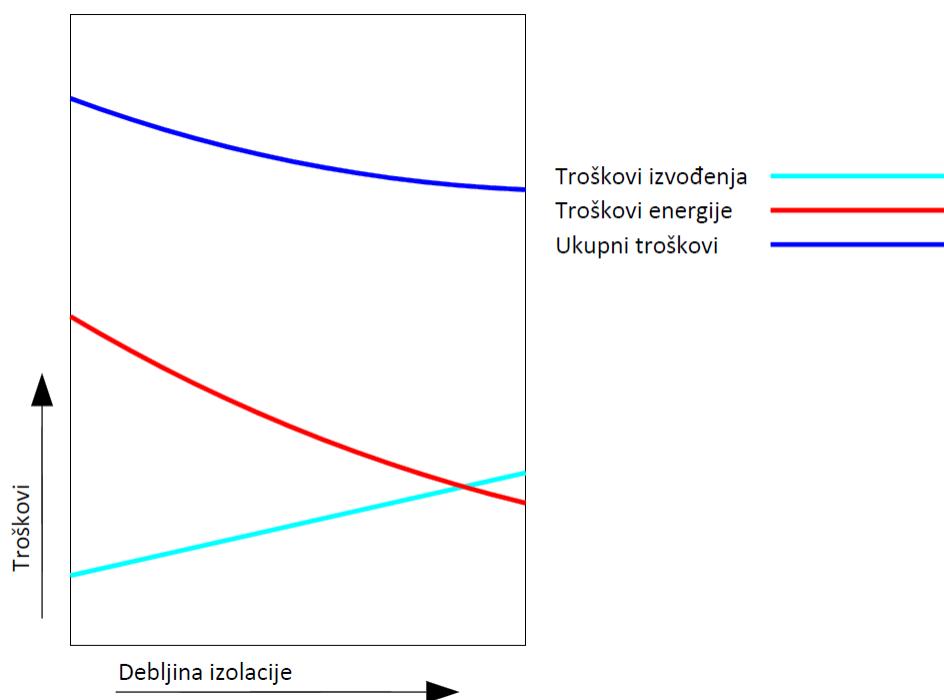
Za manje promjere upotrebljavaju se bakarne cijevi, koje su znatno skuplje, ali otpornije na koroziju.

Osim toga, upotrebljavaju se i cijevi od raznih polimernih materijala, od kojih je najčešći polietilen visoke gustoće HDPE.

5.4.2. Izolacija cjevovoda

Energetska učinkovitost jedan je od najvažnijih parametara u planiranju, obnovi i održavanju zgrada. Izolacija cjevovoda za grijanje i hlađenje jedan je od najjednostavnijih, najekonomičnijih i najučinkovitijih načina uštede energije. Cjevovodi grijanja moraju biti toplinski izolirani kako bi se smanjili gubici topline ogrjevnog voda, a cjevovodi hlađenja kako bi spriječili zagrijavanje hladne vode. U prošlosti se za izolaciju koristila staklena, odnosno mineralna vuna koja se umetala između cijevi i obloge od aluminijskoga lima ili ljepenke. Danas se koristi fleksibilan izolacijski materijal sa strukturom zatvorenih ćelija s visokim koeficijentom otpora difuziji vodene pare i niskom toplinskom vodljivosti od elastomerne pjene na bazi

sintetičke gume. Kako povećanjem debljine izolacije rastu i troškovi izvođenja, treba optimizirati navedene troškove s troškovima gubitaka topline prilikom određivanja debljine (Sl. 5-42).



Sl. 5-42 Izolacija cjevovoda [1].

Postoje predizolirane cijevi koje se isporučuju s izolacijom čime je olakšana montaža. Kao izolacijski materijal koristi se pjena, a vanjska obloga je od polietilena (Sl. 5-43).



Sl. 5-43 Izolacija toplinskih cjevovoda "Ecoflex Thermo Single" [Uponor].

5.4.3. Polaganje cjevovoda centralnoga grijanja

Od polaznoga razdjelnika u kotlovnici, odnosno toplinskoj stanici, cijevima se transportiraju ogrjevne vode do pojedinih ogrjevnih tijela i natrag u kotlovnicu. Prilikom montaže mogu biti oslonjene na konzole ili zavješene na obujmice, uz zidove ispod stropa najniže etaže, što je donji razvod. Kod toplovodnoga i vrelovodnoga grijanja, cijevi se zbog odzračivanja polažu s blagim (od 0.5 % do 1 %) usponom u smjeru strujanja vode u polaznome vodu. Povećanjem temperature kod dužih ravnih dionica cjevovoda, dolazi do promjene duljine Δl cijevi. Ovo toplinsko širenje mora biti omogućeno na osloncima tako da se oni izvedu kao klizni, a tek na nekim mjestima kao čvrste točke (Sl. 5-44).

Razmak oslonaca cijevi računa se prema:

$$L = 0,4 \sim 0,6 * \sqrt{D} \quad (5-1)$$

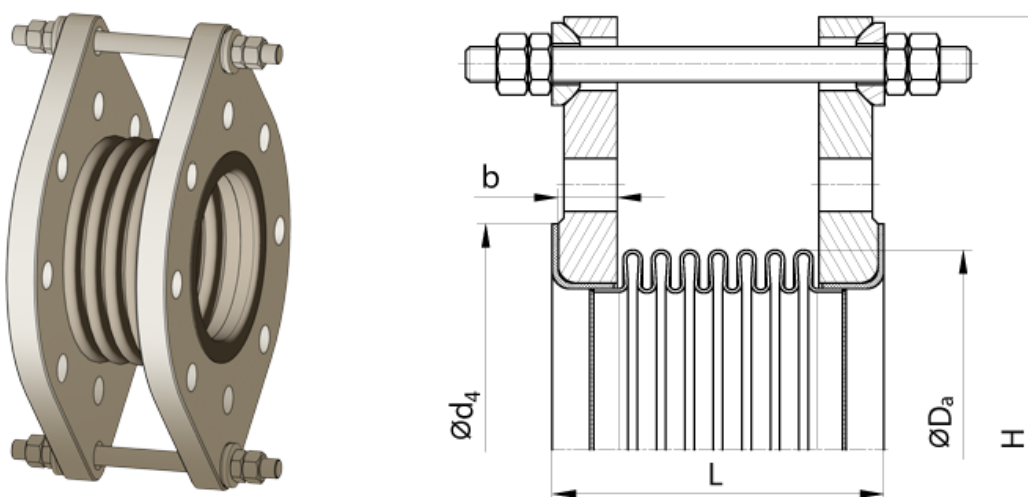
pri čemu je:

D - promjer cijevi (m)

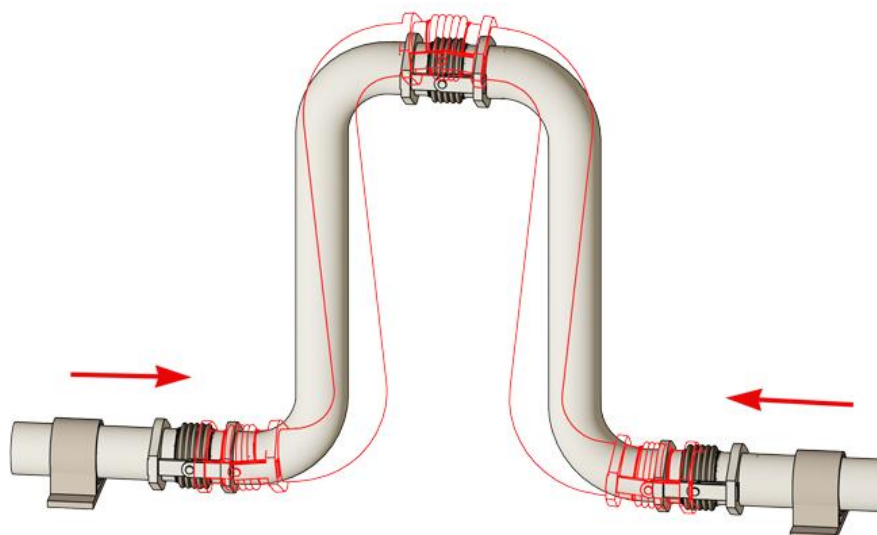
Kompenzacija istezanja cijevi između čvrstih točaka može se postići ugrađivanjem kompenzatora istezanja cijevi (Sl. 5-45), slobodnim krakovima ili lirama (Sl. 5-46).



Sl. 5-44 Aksijalni kompenzator uz čvrstu točku u ravnom cjevovodu [Spiraflex]



Sl. 5-45 Cijevni kompenzator [Spiraflex]



Sl. 5-46 Cijevna lira s tri zglobna kompenzatora [Spiroflex]

5.4.4. Proračun cjevovoda

Proračun cjevovoda centralnoga grijanja treba omogućiti ispravno dimenzioniranje promjera cijevi, omogućivši tako traženi protok ogrjevnoga medija do svih ogrjevnih tijela. Cijevi moraju biti dimenzionirane tako da se postigne potreban protok, uz određenu razliku tlaka ogrjevnoga medija u polaznome i povratnome vodu, za što se koristi cirkulacijska pumpa. Ova se razlika tlaka utroši za svladavanje otpora strujanja ogrjevnoga medija kroz cjevovode i ogrjevna tijela.

Ukupni otpori strujanja sastoje se od otpora strujanja u ravnim dionicama cjevovoda i pojedinačnih (lokalnih) otpora: lukovi, koljena, ventili ili zasuni.

Ukupni pad tlaka u cjevovodu jednak je zbroju linijskih i lokalnih padova tlaka u cjevovodu. Linijski pad tlaka je pad tlaka uslijed trenja koji se javlja zbog površinske hrapavosti cijevi.

Lokalni pad tlaka javlja se u elementima sustava gdje struja fluida mijenja smjer poput kotlova, lukova, ventila, koljena ili u slučaju promjene presjeka cjevovoda.

Linijski pad tlaka računa se prema jednadžbi 5-2:

$$\Delta p_F = \lambda \cdot \frac{L \cdot \rho \cdot v^2}{D \cdot 2} \quad (\text{Pa}) \quad (5-2)$$

gdje je:

- λ koeficijent trenja u ravnim cijevima koji ovisi o hrapavosti unutarnje površine cijevi i promjera cijevi;
- D unutarnji promjer cijevi (m);
- v brzina strujanja ogrjevnoga medija (tople vode) (m/s);
- L duljina cijevi (m);
- ρ gustoća medija (kg/m³).

dok se lokalni otpori računaju prema jednadžbi 5-3:

$$\Delta p_L = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ (Pa)} \quad (5-3)$$

gdje je:

- ξ koeficijent pojedinačnog otpora koji ovisi o vrsti otpora i promjeru cijevi;
- v brzina strujanja ogrjevnoga medija (tople vode) (m/s);
- L duljina cijevi (m);
- ρ gustoća medija (kg/m³).

5.5. OGRJEVNA TIJELA

Ogrjevna tijela služe za predaju topline ogrjevnoga medija zraku u prostoriji. Danas se uporabljaju sljedeća ogrjevna tijela:

- člankasti radijatori (lijevano-željezni i lijevani aluminijski)
- pločasti (panelni) i kupaonski grijači
- podno grijanje
- ventilokonvektori
- kaloriferi

5.5.1. Člankasti radijatori

Člankasti radijatori (Sl. 5-47) sastavljeni su od pojedinih članaka koji su izrađeni od lijevanoga željeza, čelika ili aluminijskih legura. Pojedini članci spajaju se u radijatore nazuvicama s narezom. U unutrašnjosti svakoga članka ima nekoliko kanala kroz koje struji ogrjevna voda. Lijevano-željezni člankasti radijatori relativno su teški, ali trajni i otporni na koroziju i podnose veće radne tlakove.



Sl. 5-47 Člankasti radijator [1]

5.5.2. Aluminijski lijevani radijatori

Pojedini članci aluminijskih lijevanih radijatora izrađuju se od aluminijskih legura, a spajaju se u cjelinu nazuvicama s narezom. Lakši su od lijevano-željeznih, a mogu se primijeniti za sve tlakove u sustavima toplovodnoga grijanja.

Aluminijski radijatori (Sl. 5-48) izrađeni su od specijalne aluminijske legure velike korozijske stabilnosti.



Sl. 5-48 Aluminijski lijevani radiator [Lipovica]

5.5.3. Pločasti (panelni) radijatori

Najčešće su dvije vrste panelnih (pločastih) radijatora i izrađuju se od čeličnoga lima kao:

- radijatori s glatkim stijenkama s debljinom panela (25 ± 3) mm
- radijatori s profiliranim stijenkama (Sl. 5-49) s debljinom panela (18 ± 3) mm.



Sl. 5-49 Čelični pločasti radiator [Bosch]

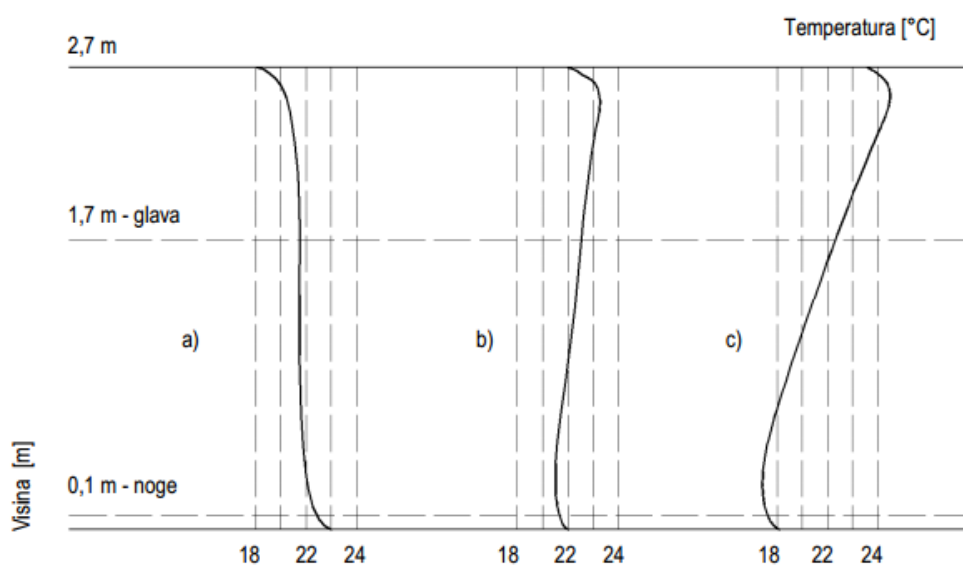
5.5.4. Kupaonski grijači



Sl. 5-50 Kupaonski grijač [Bosch]

Linija kupaonskih grijača sa zaobljenim cijevima, osim za grijanje, služi i za sušenje ručnika što je omogućeno specifičnom izvedbom (Sl. 5-50).

Za osjećaj ugodnosti bitna je ujednačenost raspodjele temperature u prostoriji. U svim zagrijanim prostorijama postoje temperaturne razlike u vertikalnome i horizontalnome pravcu koje zavise od položaja ogrjevnih tijela. Na Sl. 5-51 vidljivo je da temperaturni profil radijatora na vanjskome zidu manje odstupa od idealne krivulje u usporedbi s radijatorom postavljenim na unutarnjem zidu.



Sl. 5-51 Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: a) teorijski, b) radijator na vanjskom zidu, c) radijator na unutarnjem zidu [1]

5.5.5. Podno grijanje

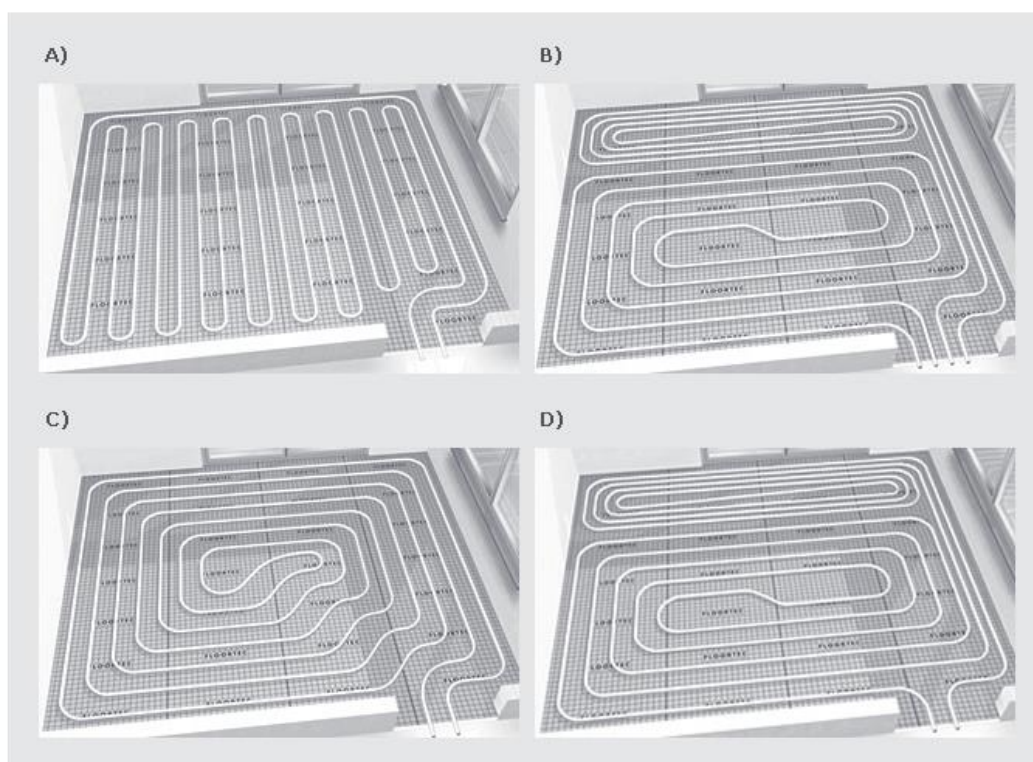
Kod podnoga grijanja, cijevi položene u podu prostorije služe kao ogrjevna tijela (Sl. 5-52), a ogrjevni medij, tj. nositelj topline je topla voda.

Kod podnoga grijanja uobičajena temperatura ogrjevnog vode je do 40 °C, što je povoljno ako se podno grijanje kombinira s dizalicama topline i solarnim grijanjem kojima odgovara temperaturni režim 30/35 °C.

Ogrjevni učini prema površini podnoga grijanja, sukladno normi EN 1264 koji se postižu su:

- | | | |
|---|---------------------------|---|
| ○ za prostorije u kojima se stalno boravi | 100 W/m ² , za | $\vartheta_{\text{poda}} = 29^{\circ}\text{C}$ i $\vartheta_o = 20^{\circ}\text{C}$ |
| ○ za kupaonice | 100 W/m ² , za | $\vartheta_{\text{poda}} = 33^{\circ}\text{C}$ i $\vartheta_o = 24^{\circ}\text{C}$ |
| ○ za rubne zone, uz vanjski zid | 175 W/m ² , za | $\vartheta_{\text{poda}} = 35^{\circ}\text{C}$ i $\vartheta_o = 20^{\circ}\text{C}$ |

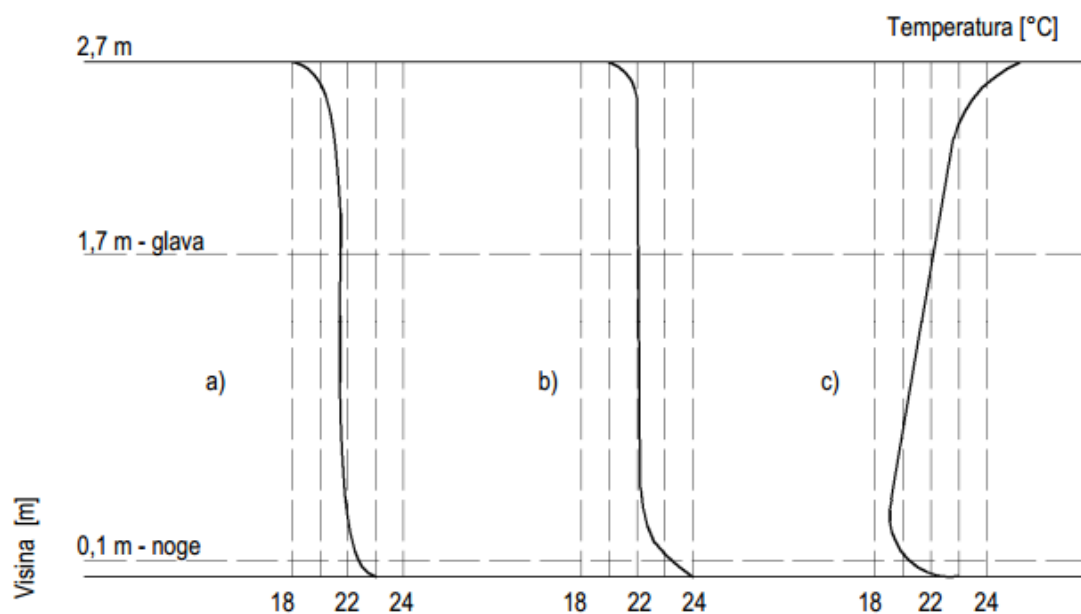
Potrebna stratifikacija temperatura zraka po visini prostora ostvaruje se polaganjem cijevi s određenim razmakom, odnosno određenom gustoćom. Da bi se spriječili gubici topline prema prostorima koji se ne griju, ispod cijevi podnoga grijanja postavlja se toplinska izolacija.



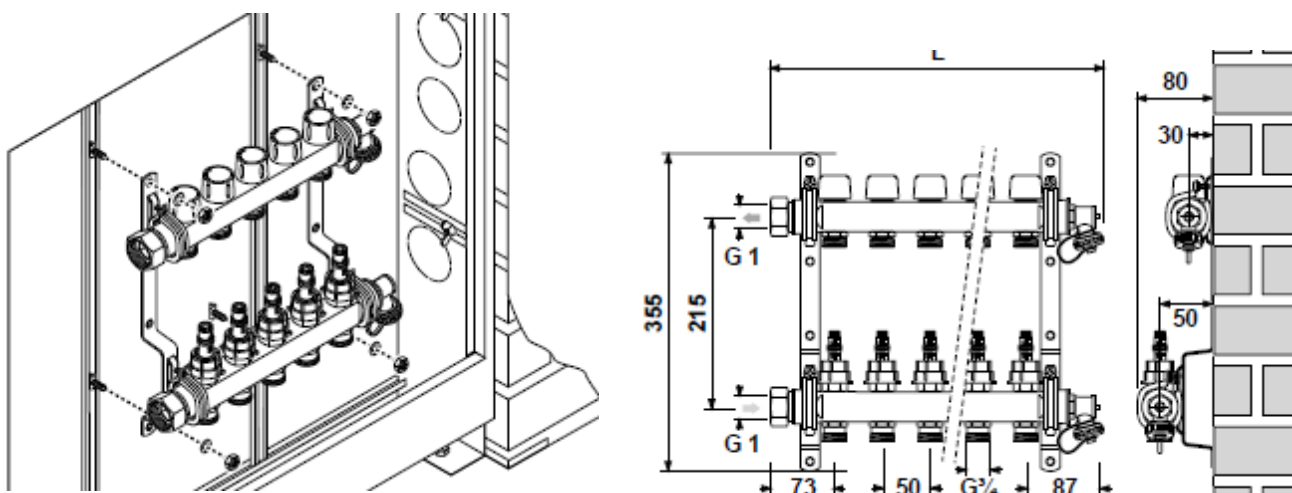
- A) Polaganje u obliku meandra
B) Polaganje u obliku puža s dodatnom rubnom zonom
C) Polaganje u obliku puža
D) Polaganje u obliku puža s integriranom rubnom zonom

Sl. 5-52 Načini polaganja cijevi [Uponor]

Posebna pogodnost podnoga grijanja je povoljan raspored temperatura zraka u prostoriji po visini prostorije, što prikazuje Sl. 5-53 na kojoj je vidljivo da temperaturni profil podnoga grijanja približno odgovara idealnome, što povoljno utječe na osjećaj ugodnosti u tako grijanom prostoru.



Sl. 5-53 Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: a) teorijsko, b) podno, c) stropno [1]



Sl. 5-54 Preporučene dimenzije ugradnje ormarića za podno grijanje [Uponor]

Sl. 5-54 prikazuje dimenzije ugradbenoga zidnog ormarića koji služi za distribuciju toplinske energije podnoga grijanja po prostorijama zgrade (obiteljske kuće ili stana). Obično je potreban jedan po stanu, odnosno na svakoj etaži kuće.

Osim zaporne armature, u ormariću se nalaze i uređaji za automatsko upravljanje podnim grijanjem po prostorijama. Prilikom projektiranja zgrada s podnim grijanjem treba predvidjeti mjesto za navedene ormariće (Sl. 5-55).



Sl. 5-55 Prikaz podžbukne ugradnje ormarića za podno grijanje [Uponor]

5.5.6. Ventilokonvektori

Ventilokonvektori se sastoje od izmjenjivača topline, ventilatora i filtera ugrađenih u jedno kućište. Izmjenjivač je pritom izveden kao cijevni s lamelama (Cu-Al izmjenjivači) i unutar njega struji prijenosnik energije - voda. Ventilatorom se ostvaruje prisilno strujanje zraka iz prostorije preko izmjenjivačkih ploha, čime se zrak hladi ili grije, ovisno o tome struji li kroz izmjenjivač hladna ili topla voda.

Voda struji u zatvorenome krugu:

- a) u slučaju hlađenja: rashladni agregat (koji osigurava hladnu vodu) - polazni vod (voda) - ventilokonvektor - povratni vod (voda) - rashladni agregat
- b) u slučaju grijanja: kotlovnica (koja osigurava toplu vodu) - polazni vod (voda) - ventilokonvektor - povratni vod (voda) - kotlovnica.

Za grijanje vode mogu poslužiti: kotlovnica, toplinska podstanica, dizalica topline itd.

Ventilokonvektor se na cjevovod najčešće spaja fleksibilnim crijevom i ventilima.

Sustav može biti dvocijevni ili četverocijevni. Kod dvocijevnoga sustava postavljaju se dvije cijevi - polazni i povratni vod, čime se ostvaruje cirkulacija tople ili hladne vode u zatvorenome krugu. Instalacija tada služi za sezonski rad jer u vremenu kad je potrebno hlađenje, kroz cjevovod struji hladna voda, a kad je potrebno grijanje struji topla voda. Ventili, razdjelnici i ostala oprema koja omogućava prebacivanje sustava sa zimskog na ljetni način rada, smješta se u strojarnicu ili kotlovnicu. Ventilokonvektori u dvocijevnome sustavu imaju samo jedan izmjenjivač topline kroz koji struji hladna ili topla voda. Četverocijevni sustavi imaju četiri cijevi - dva polazna voda i dva povratna voda, tj. poseban par vodova za ogrjevnju i hlađenu vodu. Takva instalacija i uređaji su, naravno, skuplji, ali pružaju potpunu ugodnost.

Ovisno o izvedbi i namjeni ventilokonvektori se postavljaju na pod (parapetna ili podna izvedba) kao što je prikazano na Sl. 5-56, pri čemu se pričvršćuju na podne nogare, ili na zid pomoću konzola i odstoynika. Isporučuju se s tvorničkom maskom s ugrađenim rešetkama za cirkulaciju zraka za vidljivu ugradnju ili bez maske za skrivenu ugradnju unutar parapeta. Ventilokonvektori se vješaju o strop slobodno u prostoru, unutar spuštjenoga stropa (Sl. 5-57) ili kazetnom izvedbom (Sl. 5-58). Postoji i izvedba za ugradnju u pod (Sl. 5-59).



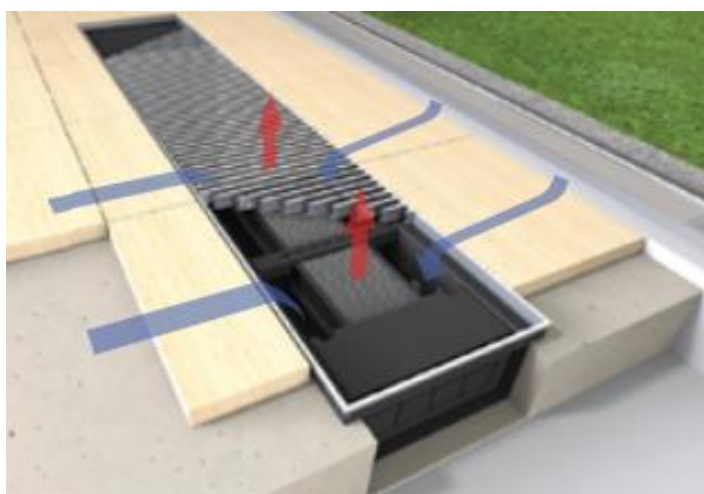
Sl. 5-56 Ventilokonvektor u parapetnoj izvedbi za vidljivu ugradnju [DAIKIN]



Sl. 5-57 Ventilokonvektor kao kanalna jedinica za ugradnju unutar spuštenoga stropa [DAIKIN]

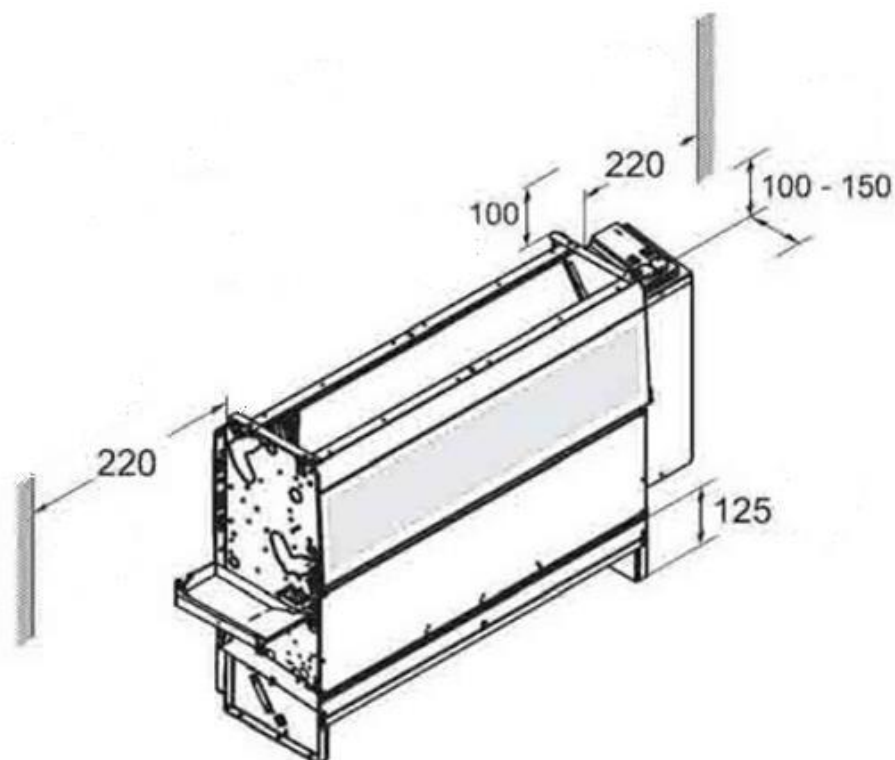


Sl. 5-58 Ventilokonvektor kao kazetna jedinica za ugradnju unutar spuštenoga stropa [DAIKIN]



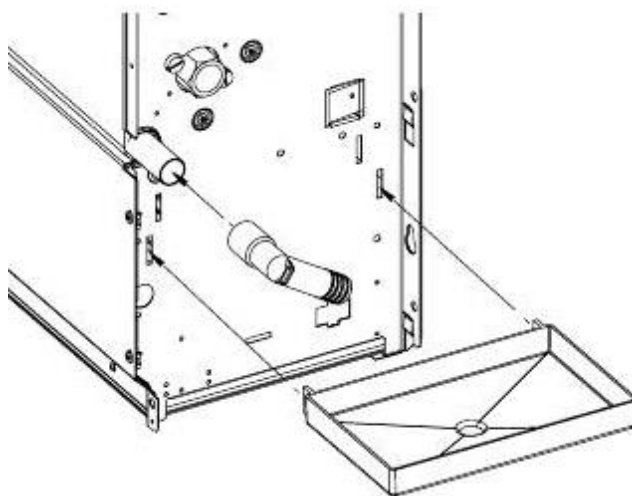
Sl. 5-59 Ventilokonvektor za ugradnju unutar poda [Klimaoprema]

Sl. 5-60 prikazuje udaljenosti potrebne prilikom montaže ugradbenih ventilokonvektora s obzirom na priključke ogrjevnog voda i električne energije.



Sl. 5-60 Minimalne udaljenosti za smještaj ugradbenoga parapetnog ventilokonvektora [DAIKIN]

Pri ljetnom načinu rada (hlađenje) zrak se odvlažuje i treba predvidjeti cjevovod za odvod kondenzata, dok su posuda za prihvatanje kondenzata (tava ili okapnica) i priključak na cjevovod sastavni dijelovi svakog uređaja (Sl. 5-61). Kako bi se ovo postiglo, ispod ventila i priključnih cijevi nalazi se posuda za skupljanje kondenzata napravljena od pocinčanoga i obojanoga lima s vanjskom izolacijom.



Sl. 5-61 Dijelovi za odvodnju kondenzata ugradbenoga parapetnog ventilokonvektora [DAIKIN]

Za regulaciju i upravljanje postoji nekoliko mogućnosti. Upravljač može biti izveden kao ugradbeni (u sklopu ventilokonvektora) ili kao zidni, daljinski. Najosnovnija, a ujedno i najjeftinija je tzv. regulacija na strani zraka. Topla ili hladna voda struje cjevovodom, a količinu i temperaturu regulira osnovna regulacija kotla ili rashladnog agregata. Regulacija toplinskog učina, u ovom slučaju, postiže se promjenom brzine ventilatora (najčešće 3 brzine).

Najbolja, ali dakako i najskuplja je regulacija na strani vode koja koristi ugrađeni ventil s elektromagnetskim ili elektromotornim pogonom povezan sa sobnim termostatom. Ovisno o željenoj temperaturi, reguliraju se količina i temperatura tople, odnosno hladne vode.

Ventilokonvektori se najčešće koriste za grijanje i hlađenje, osobito u srednjim i većim poslovnim zgradama.

5.5.7. Viseći grijači (kaloriferi)

Viseći grijači (kaloriferi) namijenjeni su za grijanje velikih prostora kao što su industrijske hale, radionice, skladišta, trgovine, dvorane, staklenici i sl. (Sl. 5-62). Ovi uređaji sastoje se od izmjenjivača topline, ventilatora i kućišta. Izmjenjivač je pritom izveden kao cijevni s lamelama (Cu-Al izmjenjivači) i unutar njega struji prijenosnik energije - voda. Ventilatorom se ostvaruje prisilno strujanje zraka iz prostorije preko izmjenjivačkih ploha, čime se zrak hladi ili grije, ovisno o tome struji li kroz izmjenjivač hladna ili topla voda.



Sl. 5-62 Viseći grijač [SABIANA]

Popis literature:

- [1] Balen, I i dr. (2010.) *Priručnik za energetska certificiranje zgrada*
- [2] Radanović, B. (2007.) *Buka* (skripta). Zagreb, Visoka škola za sigurnost.
- [3] Norma EN 12831:2003, Sustavi grijanja u građevinama -- Postupak proračuna normiranoga toplinskog opterećenja
- [4] Majdandžić, Lj. (2010.) *Solarni sustavi* (sveučilišni udžbenik). Zagreb: Graphis d. o. o.
- [5](<https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetsko-certificirane-zgrada.pdf>)
- [6] *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.
- [7] Norma HRN ISO 7730, Ergonomija toplinskog okoliša -- Analitičko utvrđivanje i tumačenje toplinske udobnosti uporabom izračuna PMV i PPD indeksa i lokalnih toplinskih kriterija udobnosti