



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

4. SUSTAVI GRIJANJA

PREDAVANJE:

4.1. KLASIČNI IZVORI ENERGIJE

Predavač:

mr.sc. Luka Čarapović, dipl. ing. stroj.

ABACO d.o.o. Slavonski Brod

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK



IZVORI ENERGIJE, PRETVORBA ENERGIJE, GORIVA

Općenito, energija je sposobnost obavljanja rada. Promjena energije jednaka je izvršenom radu.

Energiju se ne može uništiti niti iz bilo čega dobiti, ona samo prelazi iz jednog oblika u drugi, s jednog tijela na drugo i uvijek u skladu sa Zakonom o održanju energije.

Gornja definicija objedinjuje sve oblike energije, a koliko će se pojedinog oblika energije utrošiti za neku radnju ovisi o učinkovitosti procesa pretvorbe energije u rad.

Iako termin „izvor energije” u fizikalnom smislu nema smisla, jer se kosi s osnovnim **Zakonom o održanju energije**, ovdje se podrazumijevaju oni elementi koji mogu dati određenu korisnu energiju tj. energiju koja će vršiti koristan rad. Svi sustavi mogu se podijeliti na dvije osnovne grupe tzv.

- Obnovljivi izvori energije i
- Neobnovljivi (konvencionalni) izvori energije

Osnovni i prirodni izvori energije

Sva na Zemlji iskoristiva prirodna toplinska energija potječe iz tri osnovna izvora energije:
energije Sunca,



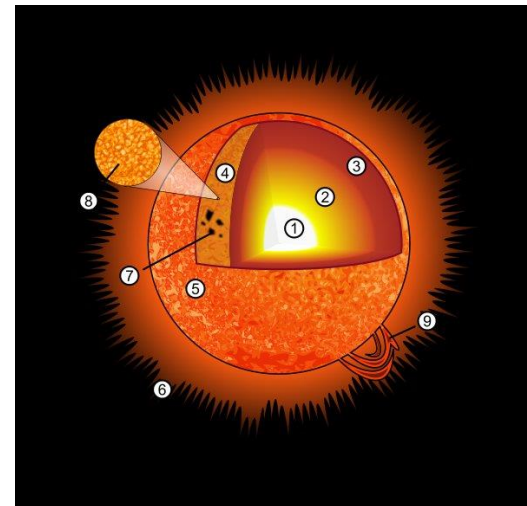
energije iz zemlje,



i energije gravitacije.



Energija Sunca nastaje procesima termonuklearne fuzije vodika koji se odvijaju u središtu Sunca. Produkti fuzije su helij i velika količine energije koja se prenosi prema površini Sunca prosječne temperature 5760 K. S površine Sunca energija se emitira u svemir elektromagnetskim valovima. Iako samo vrlo mali dio ukupne Sunčeve energije dolazi do površine Zemlje, ukupna Sunčeva energija koja dopre do površine Zemlje u jednoj godini veća je od energije ukupnih rezervi ugljena i nafte. Energija sunčeva zračenja na zemlji se pretvara u druge oblike energije procesima fotosinteze, isparivanja i strujanja.



Energija iz Zemlje posljedica je topline rastaljene Zemljine jezgre. Zemlja se od svojih početaka, kada je postojala kao kugla užarenih tvari, hladi i stvara kruti dio Zemljine kore koji je deo do 50 km. Zemlja se hladi, te se topline iz unutrašnjosti provodi prema površini Zemlje. Prosječna dnevna gustoća energije koja se iz središta Zemlje dovodi površini iznosi $5,4 \text{ MJ/m}^2$. (gustoća toplinskog toka $0,063 \text{ W/m}^2$). Toplinski gradijent po dubini Zemljine kore može biti mjestimično vrlo različit, a on je mjerodavan za iskorištavanje topline iz Zemlje. Energija iz Zemlje najčešće se koristi kao topline izvora vruće vode ili pare, topline suhih stijena i topline Zemlje kao toplinski izvor za rad dizalica topline.



Energija gravitacije posljedica je gravitacijskih sila između Sunca, Meseca i Zemlje. Gravitacijske sile uzrokuju promjene razine mora i time promjenu potencijalne energije morske vode. Amplituda plime i oseke mjestimično varira, a može iznositi od nekoliko centimetara do šesnaest metara.



Tri osnovna izvora energije prirodnim pretvorbama pretvaraju se u druge oblike energije te su izvor svih prirodnih (primarnih) oblika energije tj. oblika energije koje nalazimo u prirodi.



Prirodni izvori energije kao posljedica energije od Sunca su:

- energija direktnog Sunčeva zračenja
- energija biomase i fosilnih goriva (nastalih primarno procesom pretvorbe Sunčeva zračenja fotosintezom)
- energija hrane
- energija vjetra (nastala kao posljedica strujanja zračnih masa zbog nejednolikog ugrijavanja sunčevim zračenjem)
- energija valova (kao posljedica energije vjetra)
- potencijalna energija jezera i vodotoka (nastala procesima cirkulacije vode u atmosferi uslijed isparivanja)
- topline zraka, mora i dijelom topline zemlje.

Energija iz zemlje očituje se u sljedećim prirodnim izvorima energije:

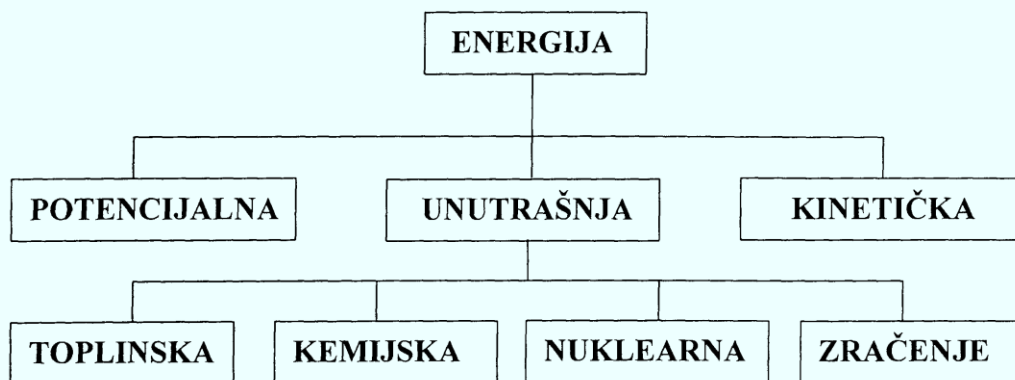
- energija vrućih izvora
- toplina zemlje
- energija nuklearnog goriva i
- energija vulkana.

Energija gravitacije očituje se u energiji plime i oseke.



Prirodni izvori energije s obzirom na oblik energije :

Oblik energije	Prirodni izvor energije
kemijska energija	drvo, treset, ugljen, sirova nafta, uljni škrljavci, prirodni plin, bituminozni škrljac
potencijalna energija	vodne snage, energija plime i oseke, energija valova
kinetička energija	energija vjetra
toplinska energija	vrući izvori, energija suhih stijena, toplinska energija zemlje i mora
nuklearna energija	uran, torij, laki atomi upotrijebljeni za fuziju
energija zračenja	Sunčeva energija





Konvencionalni i nekonvencionalni oblici energije

Konvencionalni izvori energije - oni koji se za određenu namjenu najčešće upotrebljavaju:

- ogrjevno drvo,
- fosilna goriva (ugljen, sirova nafta i prirodni plin),
- potencijalna energija vodotoka,
- nuklearna goriva
- i vrući izvori.

U nekonvencionalne izvore energije ubrajaju se:

- energija Sunčeva zračenja,
- energija vjetra,
- energija valova,
- energija plime i oseke,
- energija suhih stijena,
- potencijalna energija vodotoka malih snaga,
- toplinska energija mora itd.



Vrste energije u energetici prema stupnju pretvorbe:

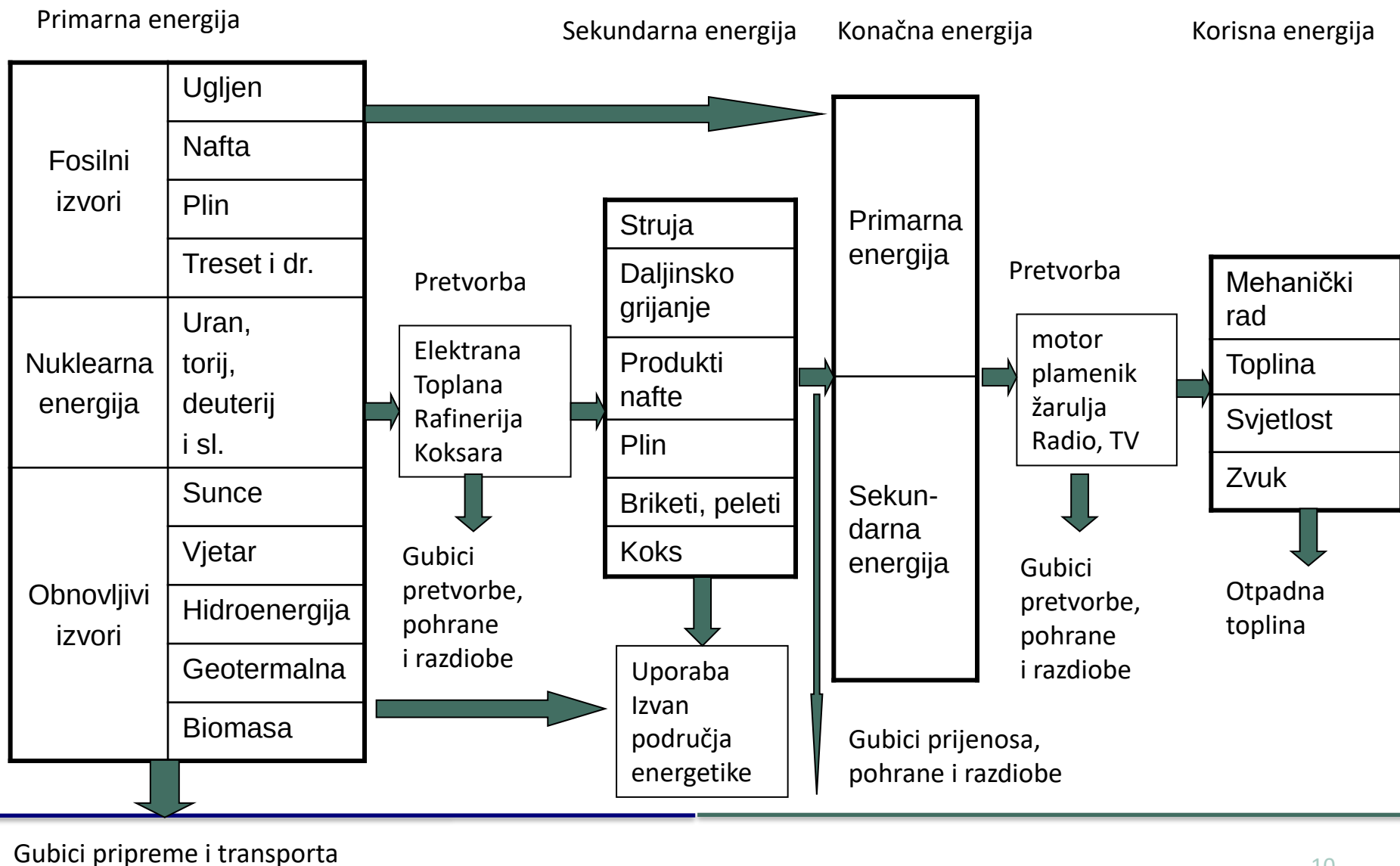
Prirodni oblici energije mogu se koristiti direktno ili se preko pretvorbenih oblika energije mogu pretvarati u korisne oblike energije, najčešće u mehaničku ili toplinsku energiju.

Primarna energija: sadržana u energentu – nositelju energije

Sekundarna energija: dobivena energetsom pretvorbom iz primarne energije (npr. električna energija proizvedena izgaranjem goriva u termoelektrani, tj. primarna energija umanjena za gubitke u pretvorbi)

Konačna (neposredna) energija: energija koja dolazi do krajnjeg korisnika (sekundarna energija umanjena za gubitke prijenosa i distribucije)

Korisna energija: energija za zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika (konačna energija umanjena za gubitke pretvorbe kod korisnika)





Eksergija

Eksergija je maksimalan rad kojega se može dobiti iz nekog radnog fluida dovođenjem njegovog stanja povratnim (reverzibilnim) putem do stanja okoline. U svim realnim (nepovratnim) procesima eksergija se troši.

Energija - u svim realnim (nepovratnim) procesima se pretvara iz jednog oblika u drugi, pri čemu gubitak predstavlja dio koji se pretvara u neiskoristivu energiju. Energija se ne gubi, već samo pretvara iz jednog oblika u drugi.

Energetski resursi (gorivo) – u procesu korištenja (izgaranje) degradiraju se zbog izjednačenja njihovog kemijskog potencijala s okolinom.

Zadatak energetičara – na što učinkovitiji način iskoristiti sadržanu energiju energetskih resursa prije njihove degradacije odnosno izjednačenja sa stanjem okoline.

Kvaliteta energije – je *veća što se veći njen udjel može transformirati u koristan rad*, odnosno što je veća pripadna eksergija. Eksergiju *možemo smatrati mjerom za vrijednost energije*. Čim je veći udjel eksergije u nekoj energiji, tim je veća vrijednost te energije. Kvaliteta električne, potencijalne i kinetičke energije veća je od kvalitete toplinske energije. *Električna, potencijalna i kinetička energija jednaka je eksergiji, tj. sadrži samo eksergiju. Toplinska energija je veća od eksergije, tj. pored eksergije sadrži u sebi i anergiju.* Toplinska energija okoline nema u sebi nikakvu eksergiju. Cjelokupnu energiju okoline čini anergija.



Eksergija topline (toplinskog fluksa)

$$Eks_Q = \eta_{\text{carnot}} Q = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) Q$$

Anergija topline (toplinskog fluksa)

$$A_Q = \frac{T_0}{T} Q$$

Eksergija dimnih plinova izgaranja

$$Eks_Q = \int_1^2 \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) dQ$$

Anergija dimnih plinova izgaranja

$$A_Q = T_0 \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

Eksergija goriva – je rad koji bi se teoretski mogao dobiti reverzibilnom (povratnom) **kemijskom reakcijom izgaranja**, što realno nije moguće u tehnički izvedivom procesu.

Eksergija goriva je približno jednaka gornjoj ogrjevnoj moći goriva.



Prvi zakon termodinamike - zakon održanja (očuvanja) energije

Toplina je tek jedan oblik energije, te i za toplinu vrijedi zakon očuvanja energije. Ako neki sustav vrši rad i dovedena mu je toplina (energija), zakon očuvanja energije i dalje vrijedi. Stoga je ta energija sadržana u sustavu u konačnom stanju, u obliku koji nazivamo unutarnja energija „U”.

Ovaj zakon simbolički se može zapisati kao:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

Porast unutarnje energije sustava = količina topline dovedena u sustav - rad sustava

Alternativna formulacija glasi: *nemoguće je napraviti stroj (perpetuum mobile) koji bi stvarao energiju ni iz čega.*



Drugi zakon termodinamike

Nemoguć je proces u kome bi toplina spontano prelazila s tijela niže temperature na tijelo više temperature. Također je nemoguć perpetuum mobile druge vrste tj. nije moguće dobiti korisni mehanički rad uz samo jedan toplinski spremnik.

Alternativno se govori o gubitcima rada zbog nepovratnosti procesa, tj. u realnim procesima je za povratak u početno stanje potrebno uložiti energiju. Ta nepovratnost se mjeri porastom entropije.

Učinkovitost energetske procesa

- Energetska iskoristivost – analiza temeljena na 1. zakonu termodinamike
- Eksergetska iskoristivost – analiza temeljena na 2. zakonu termodinamike

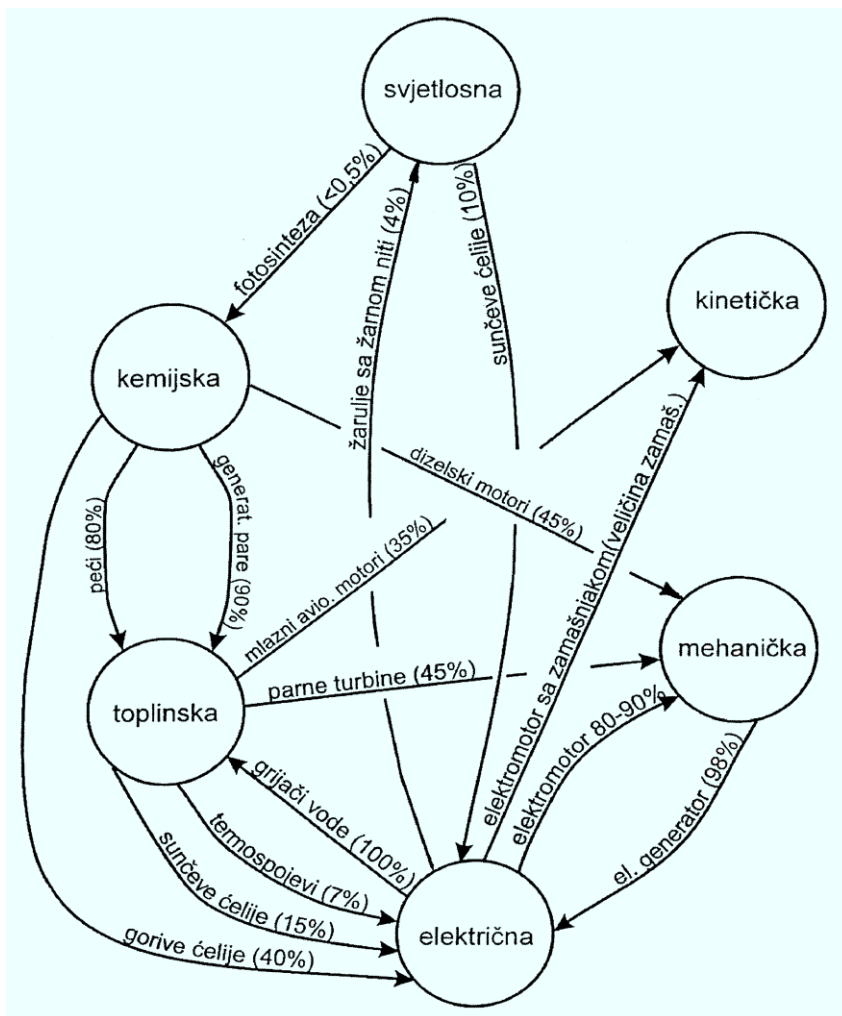
Energetska iskoristivost

$$\eta_{en} = \frac{\text{iskorišten a (izlazna) energija}}{\text{utrošena (ulazna) energija}} = \frac{\text{rad} + \text{iskoristiv a izlazna toplina}}{\text{ulazna toplina}}$$

$$\eta_{en} = \frac{W + Q_{izl}}{Q_{ul}}$$

Primjeri energetske iskoristivosti nekih procesa i dostizivih granica maksimalnih vrijednosti (u zgradama)

Energetski sustav	η_{en}
Parne elektrane (konvencionalno izgaranje)	0,25 – 0,40 (0,45)
Plinske elektrane	0,20 – 0,35 (0,40)
Dizelske elektrane	0,35 – 0,45 (0,52)
Elektrane s kombiniranim procesom	0,45 – 0,55 (0,60)
Kogeneracijske elektrane	0,50 – 0,80 (0,90)





Eksergetska iskoristivost

Za sustav koji proizvodi rad

$$\eta_{eks} = \frac{\text{rad}}{\text{utrošena (iskorište na) eksergija}} = \frac{W}{Eks_{ul} - Eks_{izl}}$$

Za sustav koji troši rad

$$\eta_{eks} = \frac{\text{dobivena eksergija (prirast)}}{\text{rad}} = \frac{Eks_{izl} - Eks_{ul}}{W}$$

Za sustav koji niti proizvodi
niti troši rad

$$\eta_{eks} = \frac{\text{dobivena eksergija (prirast)}}{\text{utrošena eksergija}} = \frac{\sum Eks_{rad.medija, izl} - \sum Eks_{rad.medija, ul}}{\sum Eks_{pog.medija, ul} - \sum Eks_{pog.medija, izl}}$$

Za povratne procese

$$\eta_{eks, max} = 1,0$$

Za realne nepovratne procese

$$\eta_{eks, max} < 1,0$$



Konačna energija – oblici i svojstva

Od oblika konačne energije koji se kod korisnika pretvaraju u korisnu energiju posebno su zanimljivi

- ☐ Električna energija iz distribucijske mreže (sekundarna energija)
- ☐ Kapljevita, plinovita i kruta goriva (primarni oblici)
- ☐ Obnovljivi izvori energije (sunce, vjetar, biomasa)



ELEKTRIČNA ENERGIJA

Električna energija može se koristiti za elektrootporno grijanje, za pogon kompresijskih dizalica topline itd. Cijene za kućanstva formiraju se u skladu s tarifnim pravilnikom elektrodistribucijskih poduzeća.

Prema podacima HEP-a iz 2019. godine

- oko 50-60% ukupne godišnje proizvedene električne energije (ovisno o hidrološkoj situaciji) proizvodi se radom hidroelektrana,
- oko 30 - 40 % radom termoelektrana i
- oko 8 - 10 % radom nuklearne elektrane Krško.



GORIVA

To su gorive tvari koje pri izgaranju (oksidaciji s kisikom) razvijaju određenu količinu topline, odnosno tvari koje dovedene na temperaturu zapaljenja, pod utjecajem kisika iz zraka uz stvaranje plamena ili žara prelaze u plinovite spojeve i nesagorive ostatke te razvijaju određenu količinu topline.

Zahtjevi na goriva:

- cijena
- dovoljne količine
- lako paljenje (da točka zapaljenja nije previsoka),
- dimni plinovi koji ne zagađuju okoliš i nisu toksični
- prikladnost za transport i skladištenje.

Vrste goriva:

- Kapljevita goriva (najčešće lož ulje)
- Plinovita goriva (prirodni plin, ukapljeni naftni plin)
- Kruta goriva (ugljen, koks, drvene cjepanice, peleti, briketi, sječka, hoblovina)



Ogrjevna moć goriva

Donja ogrjevna moć goriva H_d

To je toplina oslobođena procesom izgaranja goriva bez dodatnog iskorištavanja topline kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para u njima ne kondenzira).

Za poznati kemijski sastav goriva vrijedi izraz za izračunavanje donje ogrjevnice moći:

$$H_d \cong 34,8c + 93,9h + 10,5s + 6,3n - 10,8o - 2,5w \text{ [MJ/kg]}$$

gdje je:

c – sadržaj ugljika (kg/kg)

h – sadržaj vodika (kg/kg)

s – sadržaj sumpora (kg/kg)

n – sadržaj dušika (kg/kg)

o – sadržaj kisika (kg/kg)

w – sadržaj vode (kg/kg)



Gornja ogrjevna moć goriva H_g

Kod goriva koja u sastavu sadrže vodik, pa stoga u plinovima izgaranja sadrže vodenu paru, razlikuje se gornja ogrjevna moć od donje ogrjevnosti. Gornja ogrjevna moć predstavlja toplinu oslobođena procesom izgaranja goriva s dodatnim iskorištavanjem topline kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para u njima kondenzira).

Gornja ogrjevna moć veća je od donje ogrjevnosti za količinu kondenzacije vodene pare sadržane u plinovima izgaranja.

$$H_g = H_d + r \frac{9h + w}{100}$$

gdje je:

h – sadržaj vodika (kg/kg)

w – sadržaj vode (kg/kg)

r – toplota isparivanja vode $r = 2,5$ (MJ/kg)

Vlaga (sadržana npr. u krutim gorivima) znatno utječe na donju ogrjevnost.

Iskorištenje topline kondenzacije moguće je i opravdano kod goriva koja sadrže vodik (npr. plinovita goriva), ali povezano je s problemima sumporne korozije u slučaju da goriva sadrže i sumpor (loživo ulje).

Količina zraka za izgaranje

Teorijska količina zraka za izgaranje krutih i tekućih goriva je

$$L_{\min} = \frac{22,4}{0,21} \left(\frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o}{32} \right) = 8,88 c + 26,44 h + 3,32 s + 3,33 o \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

Kod plinovitih goriva vrijedi

$$L_{\min} = \frac{1}{0,21} \left[\left(\frac{\text{CO} + \text{H}_2}{2} \right) + \left(n + \frac{m}{4} \right) C_n H_m - O_2 \right] \text{ [m}^3/\text{m}^3]$$

Stvarna količina zraka za izgaranje je veća jer cjelokupna masa gorive tvari ne može biti u kontaktu s kisikom potrebnim za izgaranje.

$$L = \lambda L_{\min}$$

λ je koeficijent pretička zraka. Orijentacijske vrijednosti su sljedeće:

Plinska ložišta s ventilatorom	$\lambda = 1,1 - 1,3$
Atmosferski plinski plamenici	$\lambda = 1,25 - 1,5$
Uljna ložišta	$\lambda = 1,2 - 1,5$
Ložišta s ugljenim prahom	$\lambda = 1,2 - 1,3$
Mehanička ložišta s ugljem	$\lambda = 1,3 - 1,5$
Ložišta s ručnim ubacivanjem krutih goriva	$\lambda = 1,5 - 2,0$

Također, ukoliko je pretičak zraka prevelik, ložište radi neučinkovito, jer se hladi nepotrebno dovedenim zrakom.



Kapljevita goriva

Gorivo	Gustoća kod 20°C	Sastav % m/m				Gornja ogrjevnja moć	Donja ogrjevnja moć
	kg/dm	C	H	O + N	S	kJ/kg	kJ/kg
Etilni alkohol	0,80	52	13	25		29890	26960
Benzol	0,88	92	8			41940	40230
Benzin	0,72-0,80	85	15			46700	42500
Loživo ulje EL	0,82-0,86	86	13	0,5	0,3	45400	42700
Loživo ulje S	0,90-0,92	86	11	1	2	42300	40200
Petrolej	0,80-0,82	85	15			42900	40800
Metanol	0,79	38	12	50		22310	19510
Diesel gorivo	0,84	86	13	0,4	0,5	44800	41650
Katransko ulje kamenog uglja	1,00-1,08	89	7	4		39150	37450



Lož ulje

Lož ulje je uglavnom energent za sustave centralnih grijanja. Najčešće se koristi ekstra lako lož ulje (LUEL), čiji su sastav i karakteristike sljedeći:

C	86% m/m
H	13% m/m
O + N	0,5 % m/m
S	0,2 % m/m
Vrelište / Područje vrenja	180 - 300 °C
Točka paljenja / Plamište, najmanje	55 °C
Temperatura samozapaljenja	50 – 460 °C
Granice eksplozivnosti	0,6 – 6,5% v/v
Gustoća (15°C), najviše	820 - 860 kg/m ³
Točka tečenja, najviše	0 do -12 °C
Viskoznost (20 °C)	1,8 – 6,0 mm ² /s
Viskoznost (40 °C)	1,3 – 3,8 mm ² /s
Količina sumpora, najviše	0,2 % m/m
Gornja ogrjevna moć	45400 kJ/kg (12,611 kWh/kg)
Donja ogrjevna moć	42700 kJ/kg (11,861 kWh/kg)



Plinovita goriva

Prirodni plin: Uobičajeni sastav prirodnog plina kojeg isporučuje HEP-Plin je sljedeći:

metan	CH_4	vol. %	92,00 - 99,00
etan	C_2H_6	vol. %	0,05 - 2,60
dušik	N_2	vol. %	0,40 - 2,90
ugljik dioksid	CO_2	vol. %	0,05 - 0,09
viši ugljikovodici	C_mH_n	vol. %	0,10 - 0,40
gornja ogrjevnja moć (25°C, 1013,25 mbar)	H_g	kJ/m^3 kWh/m^3	40152 11,153
donja ogrjevnja moć (25°C, 1013,25 mbar)	H_d	kJ/m^3 kWh/m^3	6218 10,061
gustoća (0°C, 1013,25 mbar) ρ		kg/m^3	0,753
relativna gustoća (zrak =1) d_v		-	0,590
Wobbe broj	W_g	kJ/m^3 kWh/m^3	52273 14,520
teoretska količina zraka za izgaranje	V_{Zmin}	m^3/m^3	9,592

Ukapljeni naftni plin

Ukapljeni naftni plin je smjesa propana i butana. Komercijalni propan-butan plin je smjesa bez boje, okusa i mirisa, teži oko 2x od zraka, za uporabu je odoriziran najčešće etil merkaptanom, da bi se njegova prisutnost u zraku mogla osjetiti njuhom, nije otrovan, ali kod prevelike koncentracije smanjuje količine kisika u prostoriji, kod atmosferskog tlaka i normalne temperature propan-butan plin je u plinovitom stanju. Svojstva su dana u donjim tablicama.

Fizikalno-kemijske karakteristike UNP-a

Naziv	Propan	Butan
Formula	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Molarna masa M, kg/kmol	44,096	58,123
Plinska konstanta R, J (kg K)	188,5	143,18
Maseni udio ugljika %	81,71	82,66
Maseni udio vodika %	18,28	17,34
Vrelište tvr °C	-42	-0,5
Kritična temperatura tkr °C	96,8	153,2
Kritični tlak pkr, bar	42,46	36,48
Specifični volumen u plinovitom stanju (pri 15 °C) vpl, m ³ /kg	0,521	0,381
Specifični volumen u kapljevitom stanju (pri 15 °C) vkap, l/kg	1,972	1,71
Gustoća u plinovitom stanju (pri normalnim uvjetima) ppl, kg/m ³	2,011	2,709
Gustoća u kapljevitom stanju (pri 15 °C) vkap, kg/l	0,507	0,585
Specifični toplinski kapacitet u kapljevitom stanju (pri 0 °C) ckap, kJ (kg K)	2,43	2,26
Relativna gustoća d	1,555	2,095
Gornja ogrjevna vrijednost Hg, kWh/kg kWh/m ³	14 28,28	13,77 37,22
Donja ogrjevna vrijednost Hd, kWh/kg kWh/m ³	12,87 25,99	12,69 34,31
Omjer ogrjevnih vrijednosti Hd / Hg	0,919	0,934



Kruta goriva

Sastav i ogrjevna moć nekih krutih goriva

	Sastav goriva (maseni udjeli) za supstanciju bez vlage i pepela					Sadržaj vlage i pepela		Donja ogrjevna moć
	c	h	o	n	s	w	a	MJ/kg
Drvo	0,50	0,06	0,44	0,01	0,00	0,12-0,25	0,245	15,3
Kakanj-sitni	0,756	0,057	0,151	0,018	0,018	0,067	0,245	20,8
Banović-kocka	0,747	0,063	0,138		0,052	0,090	0,146	22,2
Trbovlje-orah	0,677	0,056	0,230		0,038	0,123	0,139	19,5
Kreka-krupni	0,671	0,041	0,266	0,017	0,005	0,185	0,078	19,4
Kosovo	0,723	0,055	0,178	0,015	0,029	0,153	0,287	15,4
Rurski kameni ugljen								
plameni	0,831	0,054	0,090	0,017	0,009			
masni	0,887	0,049	0,041	0,016	0,007			
kovački	0,909	0,044	0,025	0,016	0,006	0,02-0,05	0,02-0,10	28 – 32
mršavi	0,912	0,041	0,024	0,016	0,008			
antracit	0,918	0,036	0,026	0,014	0,007			
Koks kamenog ugljena	0,975	0,003	0,003	0,010	0,009	0,02-0,16	0,08-0,10	29



Nasipna gustoća nekih krutih goriva

Gorivo	Nasipna gustoća kg/m ³
Kameni ugalj	850 - 890
Briket kamenog uglja	740 - 780
Prašina kamenog uglja	700 - 800
Mrki ugalj	650 - 780
Briket mrkog uglja	700 - 720
Prašina mrkog uglja	450 - 500
Slama u prešanim balama	80 - 130
Slama u okruglim balama	60 - 130
Tvrdo drvo (bukva)	560

Gorivo	Nasipna gustoća kg/m ³
Drveni ugalj tvrdog drva	190 - 220
Drveni ugalj mekog drva	130 - 150
Piljevina	180 - 280
Treset	310 - 380
Briketi treseta	650 - 750
Koks za visoke peći	460 - 530
Koks za livnice	430 - 500
Sitni koks	700 - 760
Meko drvo (četinari)	420



Biomasa: uporaba biomase kao goriva u termotehničkim sustavima

Kao gorivo u termotehničkim sustavima, tj. u toplovodnim kotlovima na biomasu najčešće se koristi biomasa iz šumarstva. Najčešće se na tržištu pojavljuje obliku oblica, sječke, briketa ili peleta.

Sječka:

Najčešće se proizvodi na samom mjestu sječe. Usitnjavanje drvene biomase vrši se strojem pogonjenim motorom traktora ili šumskim strojem. Sječka se, nakon sušenja na zraku, skladišti ili odmah koristi u termotehničkim sustavima s kotlovima na biomasu prilagođenim za prihvrat sječke. Vlažnost sječke može biti od 15 do 50%.

Brikete:

Proizvode se procesom prešanja (zgušnjavanja) drvene biomase pomoću strojeva za briketiranje klipne ili pužne izvedbe. Briketi su obično cilindričnog oblika promjera od 20 do 120 mm i duljine do 400 mm.

Pelete:

Proizvode se zgušnjavanjem sitnijih komadića drvene biomase (piljevine, blanjevine i bruševine) bez dodatka sredstava za vezivanje ili kemijskih sintetskih primjesa. Proizvode se u visokotlačnim prešama, a imaju oblik malog cilindra promjera od 4 do 40 mm i duljine do 100 mm. Postupak izrade peleta obuhvaća proces usitnjavanja drvene biomase, sušenje u sušari do vlažnosti od 8 do 10%, komprimiranje sirovine (peletiranje), hlađenje gotovih peleta zrakom, te pakiranje. Pelete su naročito pogodne za automatsko loženje kotlova za centralno grijanje uz odgovarajuće skladištenje. Korištenjem suvremenih kotlova i poboljšanim vođenjem procesa izgaranja postiže se mala emisija CO i pepela. Obzirom da ne sadrže puno vlage, njihova donja ogrjevna moć je oko 5,1 kWh/kg.



Biomasa - ogrjevno drvo u cjepanicama

Na tržištu se uglavnom nalaze bukovo, jelovo, grabovo i hrastovo drvo. Osnovna goriva tvar ne razlikuje se značajno u ogrjevoj moći, dok razlike slijede uglavnom iz sadržaja vlage te mase jednog prostornog metra (gustoća slaganja).

Prosječni sastav suhog drva je sljedeći:

C	43-50% m/m
H	5 - 8% m/m
O	35 - 45% m/m
N	0,5 - 1 % m/m
S	0 % m/m

Donja ogrjevna moć suhog drva je 19975 kJ/kg (5,55 kWh/kg). Vлага značajno utječe na ogrjevnú moć. Donja ogrjevna moć cjepanica sušenih na zraku (15% vlage) je 15764 kJ/kg (4,38 kWh/kg).

Uz prosječnu masu od oko 500 kg za jedan prostorni metar, ogrjevna moć jednog prostornog metra kreće se oko 2189 kWh.



Drvena sječka



Briketi



Peleti



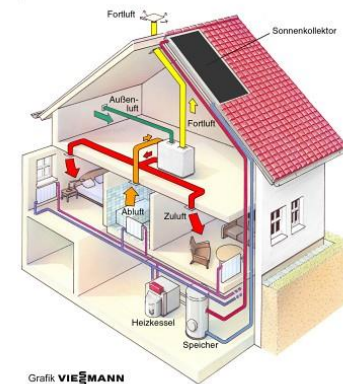
Cjepanice

Sustavi grijanja – vrste ložišta

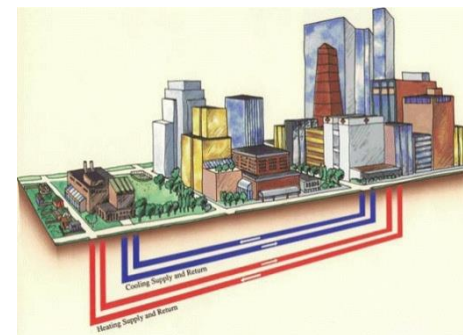
Pojedinačna (lokalna) grijanja: ložište ili izvor topline se nalazi u grijanoj prostoriji.



Centralna grijanja: ložište za izgaranje goriva ili izvor topline (kad se kaže izvor topline misli se npr. na dizalice topline ili uređaje za korištenje sunčeve energije odnosno drugih alternativnih izvora topline) je smješteno na jednom mjestu u građevini, dok su ogrjevnna tijela smještena u pojedinačnim prostorijama. Ako se koristi jedan ogrjevnni uređaj po stanu u građevini s više stanova, govori se o etažnom grijanju.



Daljinska grijanja: ložište ili izvor topline je u centralnoj toplani iz koje se toplinom snabdijeva jedna ili više grupa građevina, stambeni blokovi ili gradske četvrti. Često su ova postrojenja građena kao termoelektrane – toplane, tj. kogeneracijska postrojenja s istovremenom proizvodnjom električne i toplinske energije.



POJEDINAČNA (LOKALNA) GRIJANJA

Grijalice na kruta goriva

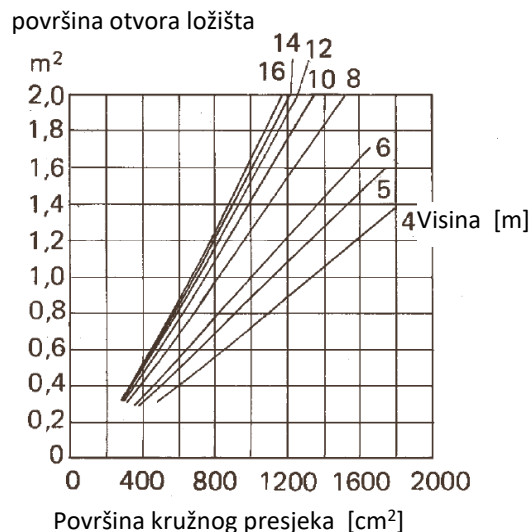
Otvorena ložišta – kamini

Nastali od otvorenog ognjišta, koriste se rijetko, češće u dekorativne svrhe. Prijenos topline prema grijanom prostoru je uglavnom putem zračenja. Stupanj iskorištenja topline goriva je nizak, reda veličine 20 – 30 %. Poboljšanje stupnja iskorištenja ostvaruje se poboljšanom konvekcijom, ugradnjom kaminskih uložaka s sabirnikom dimnih plinova koji služe boljem iskorištenju topline dimnih plinova, staklenim vratima koja utječu na povećanje učinkovitosti (smanjuje se pretičak zraka). Postoje i varijante kamina za grijanje s cijevnim snopom ili dvostrukim stijenkama ložišta koji se mogu priključiti na instalaciju kućnog toplovodnog grijanja. Ogrjevni učinci ovakvih kamina su do oko 20 kW. Opsluživanje je zahtjevno, traži značajan rad poslužioca.



Kamini su namijenjeni prvenstveno izgaranju drvenih cjepanica. Za izgaranje su potrebne značajne količine zraka ($120 - 500 \text{ m}^3/\text{h}$), koji samo djelomično sudjeluje u izgaranju (zato je stupanj iskorištenja nizak). Potrebno je osigurati potreban dovod zraka (paziti kod novih zgrada s dobrim brtvenjem prozora i vrata i eventualno predvidjeti kanale za dovod zraka). Presjek dimnjaka izračunava se za srednju temperaturu plinova izgaranja od 50 do 60°C i raspoloživu visinu, prema ogrjevnom učinku, koji mora biti povezan i s veličinom presjeka površine otvora ložišta.

Primjer na donjoj slici daje presjek dimnjaka poprečnog kružnog presjeka u funkciji površine otvora ložišta (ogrjevni učinak) i visine dimnjaka. Vidi se da je presjek od oko 350 cm^2 (promjer 20 cm) najmanja moguća vrijednost prikazana u dijagramu.



Kaljeve peći

Građene od glinenih ili šamotnih elemenata (kaljeva), s kanalima za vođenje dimnih plinova postavljenim u peći tako da se osiguraju povoljni uvjeti prijenosa topline na prostoriju. U zatvorenom ložištu se izgaranjem krutog goriva u kratkom vremenu proizvede toplina koja se akumulira u velikoj masi peći i tijekom dana odaje u prostor. Kaljeve peći su dakle termoakumulacijske peći. Odlikuju se velikim površinama za prijenos topline na prostoriju, pa su površinske temperature niske, a osjećaj lagodnosti u tako grijanom prostoru dobar. Mogućnost regulacije je nedovoljna, pa su gradijenti temperature u prostoru i u vremenu znatni.



Postoje izvedbe za jednu prostoriju ili više prostorija (povezane zračnim kanalima s drugim prostorijama). Starije izvedbe su zidane u prostorijama, dok su novije izvedbe prenosive, glazirane sa svih strana i postavljene na nožicama. Postoje lake, srednje i teške izvedbe, koje se razlikuju po debljini stijenki. Što je stijenka deblja odavanje topline je manje ($0,7 \text{ kW/m}^2$ kod teškog tipa, a $1,2 \text{ kW/m}^2$ kod lakog tipa). Oko 50% topline se odaje u prostoriju zračenjem a 50% konvekcijom.

Uobičajeno gorivo je drvo ili briketi mrkog uglja. Za druga goriva treba paziti na termičko opterećenje ložišta. Kaljeve peći se iz arhitektonskih razloga zadržavaju u prostorijama i kad se želi izbjeći loženje krutim gorivima. Mogu se u peć ugraditi i plamenici na lož ulje ili plin (treba koristiti odgovarajuće uloške za grijanje iz razloga sigurnosti). Kaljeva peć može poslužiti i kao ogrjevno tijelo. Naime, u nju je moguće ugraditi električne grijače, a postoje i izvedbe s toplovodnim cijevima u sustavu centralnog grijanja ugrađenima u peć. Stupnjevi iskorištenja kreću se oko 65 do 75 %. Dimnjaci su manjeg presjeka, minimalni promjer dimnjaka okruglog presjeka je oko 13 cm.



‘Željezne’ peći

Izrađene od ‘željeza’ (čelik, SL), ložište obloženo šamotnom oblogom. Regulacijom količine zraka za izgaranje lako se regulira brzina izgaranja u ovim pećima. U novije vrijeme ova je regulacija automatska. Temperatura površine im je viša (200 do 250°C), pa se veći dio topline odaje zračenjem. Kao i kod kaljevih peći, gradijenti temperature u prostoru i vremenu su znatni. Koriste se često u dekorativne svrhe (lijevano željezne peći), najčešće kao dopunsko grijanje.

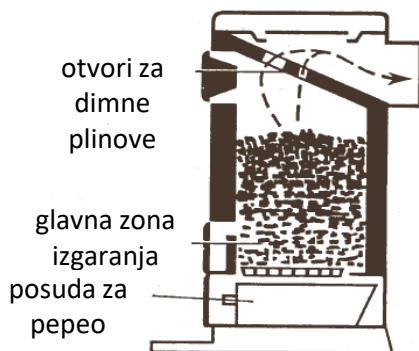


Ovisno o načinu punjenja i izgaranja razlikuju se izvedbe s progorijevanjem, s donjim izgaranjem i univerzalne trajno žareće peći. Kod izvedbi s progorijevanjem peć se puni odozgo, potpala i dovod zraka su odozdo i cjelokupna masa goriva izgara postupno odozdo, prostrujana dimnim plinovima. Najveći stupanj djelovanja je od 75 do 80%, a trajno se ostvaruje 65 do 70%. Temperatura izlaznih plinova je 250 do 300°C pri punom opterećenju. Koeficijent pretička zraka je oko 2. Lože se skoro svim vrstama krutih goriva (antracit, koks, kameni ugalj, cjepanice, briketi...).

Kod peći s donjim izgaranjem šahta za punjenje je odvojena od prostora za izgaranje. Samo donji dio goriva koji se nalazi na rešetki izgara. Gorivo se postepeno spušta prema rešetki. Zbog ograničenog prostora izgaranja regulacija može biti vrlo precizna. Optimalni stupanj djelovanja je 80 do 85%, a trajno se ostvaruje 70 do 75%.

Univerzalna trajnožareća peć predstavlja kombinaciju prethodne dvije vrste. Zrak za izgaranje dovodi se s više strana na gorivo koje izgara, čime se osigurava kontrolirano i potpuno izgaranje.

Željezna
trajnožareća peć
s
progorijevanjem



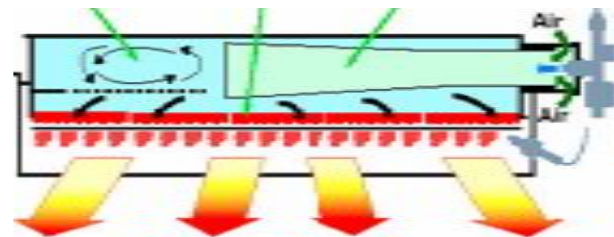
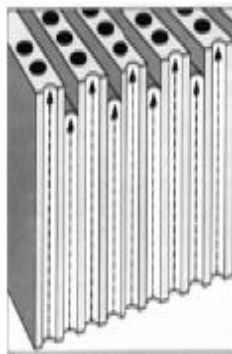
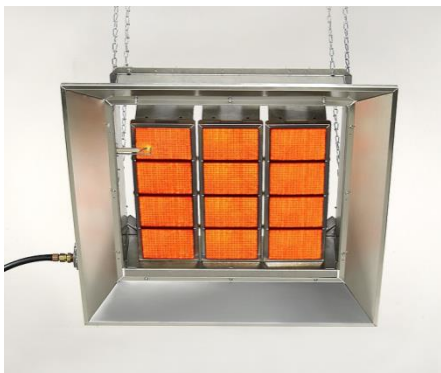
Željezna
trajnožareća peć
s donjim
izgaranjem

Plinski grijači za pojedinačna (lokalna) grijanja

Plinski uređaji za grijanje primjenjuju se za zagrijavanje stambenih prostorija, kancelarija, prodavaonica, škola, terasa, hala i sl. Pogodni su za primjenu kod sanacije starih građevina, za kratkotrajno zagrijavanje prostorija i lokalno zagrijavanje u halama. Odaju toplinu najvećim dijelom zračenjem, dok konvektivni grijači odaju toplinu uglavnom konvekcijom. Koriste se za grijanje cijelih ili dijelova površina, radnih mjesta u velikim prostorima u industrijskim i proizvodnim halama, za skladišta, crkve, sportske hale ili površine na otvorenom prostoru (npr tribine, kolodvori, terase). Prijelaz topline zračenjem nije vezan za materiju, sloj zraka kroz koji prolaze infracrvene zrake se ne zagrijava, dok se površina na koje zrake padaju ovisno o svojim fizikalnim svojstvima apsorbira, reflektira ili propušta infracrvene zrake. Obzirom da stanje lagodnosti osobe u prostoru ovisi pored temperature zraka i o temperaturi obuhvatnih ploha, primjenom ovakvih uređaja moguće je da temperature zraka u prostoru, a time i potrošnja energije budu niže u odnosu na konvencionalne sustave grijanja. Posebno su zanimljivi u slučaju grijanja dijelova prostora.



Uređaji sa svijetlim zračenjem povoljni su za zagrijavanje prostorija većih visina ($H > 5\text{m}$). Sastoje se od komore za izgaranje, Venturijeve cijevi za slobodan ulaz zraka za izgaranje s mlaznicama za plin, reflektora i zračeće ploče od keramike. Plin struji kroz mlaznicu u sredinu Venturijeve cijevi gdje se po principu injektora usisava zrak za izgaranje. Smjesa zraka i plina se vodi u komoru za izgaranje. Smjesa se predgrijava i dovodi do keramičke zračeće ploče izrađene iz keramike visoke poroznosti. Kroz veliki broj otvora smjesa zraka i plina izlazi van, gdje se pali, tj. nastaje veliki broj malih plamenova. Veličina plamenova ovisi o podešenom tlaku u otvorima. Površina keramike doseže temperaturu 900°C , na kojoj nastaje vidljivo crveno „zračenje“. Stupnjevi djelovanja zračenja su od najmanje 60% pa do 80%. Vođenje otpadnih plinova se vrši bez direktnog priključka, već pomoću ventilatora koji se u prostoriji postavljaju iznad grijača ili putem prirodnog provjetravanja. Za instalirani 1 kW ogrjevnog učinka treba osigurati $10\text{ m}^3/\text{h}$ otpadnog zraka. Kupni stupanj iskorištenja topline postrojenja je do 95% (udio uložene energije i za grijanje prostora iskorištene energije). Učinci pojedinačnih grijača su od 3 do 42 kW.



Uređaji s tamnim zračenjem rade po istim zakonitostima i s istim prednostima kao i uređaji sa svijetlim zračenjem. Temperatura zračećih cijevi je prosječno oko 300°C. Zbog nižih temperatura na površini, ovim se uređajima mogu grijati i niže hale (minimalna visina postavljanja $H > 3$ m). Zbog nižih površinskih temperatura cijevi nisu užareno crvene i odatle je naziv tamni zračeći grijači.



Uređaji se dijele na sljedeći način:

Standardni uređaj (pojedinačni): uređaj s linearnom ili U-cijevi, reflektorima iznad cijevi, plamenikom i ventilatorom.

Uređaj s više plamenika: na jednoj cijevi postavljeno je nekoliko plamenika jedan iza drugoga. Na kraju se nalazi ventilator za plinove izgaranja.

Recirkulacijski uređaji: s promjerima cijevi do 450 mm i duljinom cijevi preko 100 m to su najveći tamni zračeći grijači. Imaju samo jedan plamenik. Plinovi izgaranja preko recirkulacijske komore vraćaju se u zračeću cijev. Visokoučinski uređaji odlikuju se toplinski izoliranim reflektorima, čime se povećava stupanj iskorištenja zračenja.

Sobne plinske grijalice: izrađuju se u varijanti s odvodom plinova izgaranja putem dimnjaka ili s odvodom plinova izgaranja na vanjski zid. Približno 70% odavanja topline vrši se konvekcijom.

Postoje i sobne plinske grijalice na UNP, s odvodom plinova izgaranja u samu prostoriju, ali njihovo je korištenje rijetko i vrlo ograničeno.

Sigurnost: Kod svih pojedinačnih plinskih uređaja za grijanje važno je osigurati da neizgoreni plinovi ne izlaze iz uređaja. To se provodi bimetalnim osiguranjem gdje plamen grije bimetal koji drži plinski ventil otvorenim, termoelektričnim osiguranjem gdje se umjesto bimetala koristi termoelement koji stvara napon koji drži ventil otvorenim ili ionizacijskim osiguranjem gdje plamen koji gori provodi jednosmjernu struju do mase, a strujni krug se prekida gašenjem plamena. Pored toga, sve plinske peći vezane za dimnjake imaju i protočne prekidače koji prekidaju dovod plina kod prekida strujanja izlaznih plinova.



Električni uređaji za pojedinačna (lokalna) grijanja

Ovi uređaji odaju razvijenu toplinu neposredno u grijani prostor. Takvo grijanje može biti direktno, gdje uređaj toplinu nastalu pretvorbom električne energije odaje u prostoriju u trenutku kada ona nastaje ili s kratkim kašnjenjem i akumulacijsko, gdje se toplina u vrijeme jeftinije tarife električne energije akumulira, a predaje prostoriji tijekom razdoblja skuplje tarife. Grijanje kompresijskom dizalicom topline (toplinskom crpkom) je kombinacija električnog grijanja (pogon kompresora) i korištenja obnovljivih izvora energije (korištenje topline sadržane u okolnom zraku, podzemnoj ili površinskoj vodi i sl.).

Pomični uređaji za direktno grijanje (kaloriferi, konvektori): koriste se uglavnom za povremeno zagrijavanje prostorija. Učinci do oko 2 kW. Prednosti su kratko vrijeme zagrijavanja i ujednačena temperatura u prostoriji. Obično su opremljeni regulatorom za sobnu temperaturu i sigurnosnim termostatom.



Nepomični uređaji za direktno grijanje

Grijanje zračenjem (grijalice): elementi koji griju su cijevi (čelik ili kvarc) s ugrađenim elektrootpornim žicama. Površinske temperature cijevi su 600 do 700°C, pa se govori o infracrvenoj grijalici. Sve zračeće grijalice imaju reflektore od poliranog sjajnog metala. Namjena je kao i kod plinskih infracrvenih grijalica za lokalna, a zbog cijene električne energije uglavnom za povremena grijanja.



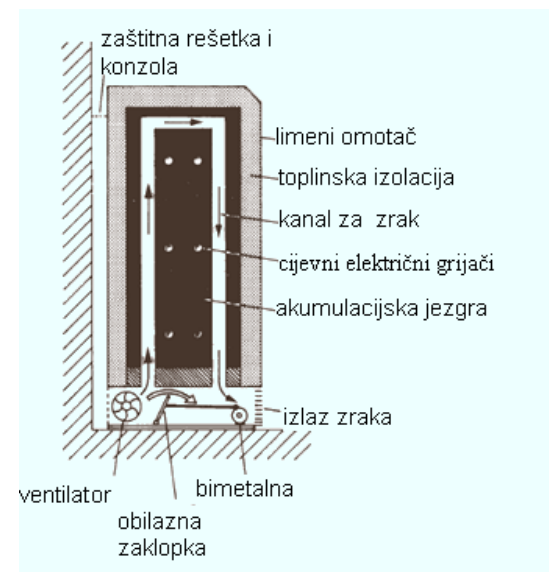
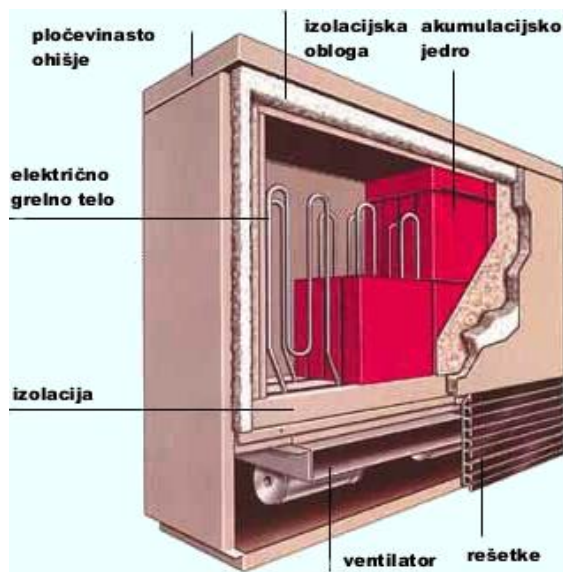
Grijanje konvekcijom: temperature površine izložene prema prostoru su male i odavanje topline je uglavnom konvekcijom. Sobna temperatura se ugađa putem regulatora. Razlikuju se uređaji s prirodnom (konvektori, cijevna ogrjevnna tijela sa ili bez rebrastih cijevi i sl.) i prisilnom konvekcijom (ventilatorski konvektori).



Stropni ili podni električni grijači: gotove ploče (međusobno zalijepljene poliesterske folije s ugrađenim elektrogrijačima iz bakra i folijom od legure kalaja i olova ili grafita) isporučuju se u obliku gotovih elemenata za grijanje. Odavanje topline stropnih ploča 100 do 300 W/m², dok kod podnih ploča treba paziti na zone boravka (odavanje topline iznosi do 160 W/m²), ograničenja temperature poda (do oko 9°C iznad temperature prostorije, fiziološki zahtjevi), te sve ostalo u skladu s pravilima struke za podno grijanje.



Električno akumulacijsko grijanje: unutar uređaja, u kućištu od čeličnog lima s 20 do 50 mm toplinske izolacije smješteni su betonski ili magnezitni elementi koji se pomoću elektrugrijača ugrijavaju na 500 do 700°C za vrijeme isporuke struje po jeftinijoj tarifi. U vrijeme više tarife uređaj se ne puni već se koristi akumulirana toplota. Za 1 dm³ magnezita koji se ohladi od 600 na 120°C, okolini se preda toplota od 0,47 kWh. Kod akumulacijskih uređaja s nereguliranim odavanjem topline ne može se regulirati temperatura izlaznog zraka, dok se kod uređaja s reguliranim odavanjem topline zrak koji ventilator usisava iz prostorije miješa sa zrakom koji uslijed rada ventilatora protječe kroz akumulacijsku jezgru, a omjer tih količina (temperatura dovodnog zraka) se regulira djelovanjem zaklopke pokretane bimetalnom spiralom.



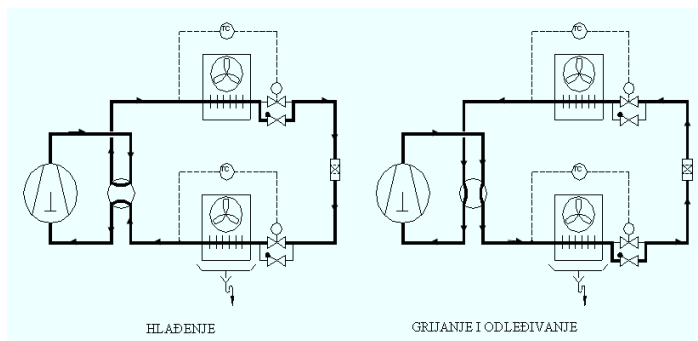
Površinske nadtemperature električnih termoakumulacijskih peći u odnosu na prostor su ograničene (prednja stijenka 70 K, bočne stijenke 60 K, poklopac 45 K, stražja stijenka 60 K).

Prednosti ove vrste grijanja u odnosu na konvencionalna grijanja s izgaranjem goriva su to što nema dimnjaka, jednostavno se postavljaju, ne treba kotlovnica i spremište goriva, prostorije se brzo zagrijevaju, ušteda ovisi o omjeru cijena energenata ali uglavnom je ostvariva u odnosu na konvencionalne energente, lako se određuju i obračunavaju troškovi grijanja.

Nedostaci su velika masa (do oko 40 kg/kW ogrjevnog učinka), velik prostor za smještaj, visoka temperatura zraka na izlazu (do 120°C) što rezultira izgaranjem prašine i stvaranjem nadražujućih plinova, buka ventilatora i ograničena priključna snaga.

Dizalice topline za lokalna grijanja

Naprijed je rečeno da je grijanje kompresijskom dizalicom topline kombinacija električnog grijanja i korištenja obnovljivih izvora energije. Ovdje će se samo spomenuti najčešće korišteni “split” (podijeljeni) uređaji za pojedinačna grijanja, kod kojih je izvor topline okolni zrak.





Centralna grijanja

Kao nosioci topline kod centralnih grijanja koriste se voda, para ili zrak, pa se govori o toplovodnom, parnom ili zračnom grijanju.

Prednosti centralnih grijanja u odnosu na lokalna:

- smanjen broj ložišta i dimnjaka
- smanjeno zagađivanje okoline
- nema prenošenja goriva i pepela u prostorima za boravak ljudi
- veća ekonomičnost iskorištenja goriva
- manji potreban prostor za smještaj ogrjevnih tijela
- manje posla pri opsluživanju

Nedostaci:

- potrebno mjerenje za raspodjelu troškova u slučaju više korisnika
- veći troškovi ali i veća udobnost
- gubici energije pri distribuciji topline



KOTLOVI

Centralni zadatak današnjeg razvoja generatora topline je povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje emisija štetnih tvari. Modernizacijom kotlovskih postrojenja mogu se smanjiti emisija CO₂ i potrošnja goriva. Emisije NO_x, C_xH_y, CO i čađe mogu se smanjiti u mnogo većoj mjeri utjecajem na temperaturu plamena kroz konstrukciju ložišta i komora za izgaranje. Od posebnog su utjecaja i suvremene konstrukcije plamenika.

Razvojem niskotemperaturnih kotlova postignuto je značajno povećanje godišnjeg stupnja korisnosti. Kod ovih se kotlova temperatura polazne vode i dimnih plinova snižavaju u skladu s krivuljom grijanja u skladu s parcijalnim opterećenjem. Time se smanjuju i gubici uslijed zračenja i pogonske pripravnosti.

Daljnje poboljšanje (čak 10 do 14%) u odnosu na niskotemperaturne kotlove osigurava se korištenjem utilizatora – *kondenzacijskih kotlova*. Ovi kotlovi rade s izrazito niskom temperaturom izlaznih plinova koja je oko 3 do 10°C viša od temperature povratne vode u kotao. Ovisno o tome, *kondenzira se manji ili veći dio vodene pare sadržane u izlaznim plinovima. Toplina kondenzacije vode iz dimnih plinova prenosi se vodi u kotlu i tako ne izlazi kroz dimnjak.* Kisela voda nastala kondenzacijom se može ili mora neutralizirati, ovisno o propisima i zahtjevima nadležnih organa.



Norme i zakonski propisi:

Direktivama europske zajednice na kojima se temelje hrvatski pravilnici i usklađenim europskim normama koje su preuzete kao hrvatske norme dani su bitni zahtjevi koje moraju zadovoljiti kotlovi a da bi mogli biti stavljeni na tržište i uporabu. Sukladnost s zahtjevima pravilnika i norma potvrđuje se oznakom sukladnosti (CE oznaka ili C oznaka u hrvatskoj) i izjavom o sukladnosti proizvođača. Kako kotlovi spadaju u uređaje koji moraju biti sigurni u uporabi, imati određene karakteristike u pogledu emisija štetnih tvari u zrak i zadovoljiti funkciju na njih se obično odnosi više direktiva (pravilnika). Oznaka sukladnosti na pločici kotla znači da su zadovoljeni zahtjevi svih propisa koji se na kotao odnose.

Za nove toplovodne kotlove ložene plinovitim i tekućim gorivom do 350 kW na snazi je Pravilnik o zahtjevima za stupnjeve djelovanja novih toplovodnih kotlova na tekuće i plinovito gorivo kojim se propisuju minimalni stupnjevi djelovanja kotlova koji se stavljaju na tržište i u uporabu. Svi pravilnici i norme odnose se na nove kotlove koje proizvođač stavlja na tržište.

Uljni i plinski kotlovi s plamenicima s ventilatorom, maksimalnom radnom temperaturom do 100°C, radnim tlakom do 8 bar i učinkom do 1000 kW podliježu normi EN 303 – dijelu 1 do 4. Dio 4 važi za kotlove s uljnim plamenikom s ventilatorom i nadtlakom od 3 bar, učinka do 70 kW. Dio 5 je mjerodavan za kotlove na kruto gorivo učinka do 300 kW. Pravila za ispitivanje uljnih plamenika s raspršivanjem dana su u normi EN 304. Plinski specijalni kotlovi podliježu normama EN 297 i EN 625. Ovim normama regulirani su pojmovi, zahtjevi u odnosu na debljinu stjenki, postupci zavarivanja, izrada, ispitivanje i obilježavanje.



Prema normi HRN EN 304 traže se ispitivanja za utvrđivanje zadovoljavanja zahtjeva na konstrukciju, termotehničke karakteristike i ispitivanje tlakom. Ispitivanja provodi proizvođač i/ili ovlašteno neovisno tijelo prema zahtjevima pojedinog pravilnika. Ispitni postupak obuhvaća i kontrolu dokumentacije, podataka za identifikaciju kotla, tehničkih uputa za postavljanje, puštanje u rad i nadzor u radu.

Svaki kotao mora imati natpisnu pločicu na kojoj moraju biti slijedeći podaci:

- Naziv i sjedište firme proizvođača
- Naziv – tip proizvoda
- Serijski broj i godina proizvodnje
- Nazivna toplinska snaga i područje snage
- Dozvoljeni tlak, bar
- Dozvoljena temperatura, °C

Upute za montažu moraju sadržavati:

- Način sklapanja kotla
- Zahtjeve za podlogu na koju se kotao postavlja
- Mjesta postavljanja osjetnika i sigurnosnih elemenata
- Stavljanje u pogon



Tehničke upute moraju sadržavati najmanje sljedeće podatke:

Nazivno toplinsko opterećenje, kW

Nazivnu toplinsku snagu i područje snage, kW

Potreban propuh, mbar

Otpor na strani dimnih plinova, tlak u ložištu za kotlove s pretlakom u ložištu, mbar

Temperaturu dimnih plinova °C

Količinu dimnih plinova kg/s

Dimenziju dimnjače

Otpor na strani vode, mbar

Gubitak na pogonsku spremnost

Sadržaj vode u kotlu, lit.

Područje rada regulatora temperature

Karakteristike sigurnosnog temperaturnog graničnika

Vrste goriva

Dimenzije i volumen ložišta

Broj prolaza dimnih plinova

Način regulacije

Dimenzije priključaka plamenika



Upute za održavanje moraju sadržavati:

Način održavanja kotla

Karakteristike upravljanja

Obrazloženja i preporuke za održavanje i vremenske intervale

Vrste goriva

Ispitivanja kod proizvođača ili ovlaštenog tijela, (tipsko ispitivanje) trebaju obuhvatiti:

Ispitivanje nazivnog i djelomičnog toplinskog učinka

Ispitivanja stupnja djelovanja

Određivanje emisije štetnih tvari

Određivanje pada tlaka na strani vode i strani dimnih plinova

Kontrolu površinskih temperatura

Ispitivanje sigurnosti

Kontrolu tehničke dokumentacije

Kontrolu uputa za postavljanje, uporabu i održavanje



Podjela kotlova:

Prema mediju koji zagrijavaju kotlovi se mogu podijeliti na *toplovodne, vrelovodne, parne*, a postoje kotlovi kod kojih se kao medij za prijenos topline koristi i ulje.

Važna podjela toplovodnih i vrelovodnih kotlova je **prema temperaturi** na koju se u kotlu zagrijava nosilac topline, tj. voda. Kotlovi u kojima se voda zagrijava na temperaturu $t \leq 110^{\circ}\text{C}$ nazivaju se toplovodni a oni u kojima se voda zagrijava na temperaturu $t > 110^{\circ}\text{C}$ vrelovodni. Zahtjevi koje ti kotlovi moraju ispuniti da bi bili stavljeni na tržište i uporabu vezani su na temperaturu nosioca topline.

Drugi kriteriji podjele mogu biti materijal izrade, radni nadtlak, učinak, konstrukcija, učinkovitost korištenja energije, način vođenja plamena i sl.

Podjela prema materijalu izrade:

lijevani, čelični i kotlovi od plemenitih čelika, aluminijski, kotlovi od kombinacije materijala.

Podjela prema radnom nadtlaku:

kotlovi niskog tlaka ($<1,0$ bar nadtlaka, odnosno $<120^{\circ}\text{C}$), kotlovi visokog tlaka ($>1,0$ bar nadtlaka, odnosno $>120^{\circ}\text{C}$)



Podjela prema učinku:

mali, srednji, veliki (bez nekih točno određenih granica, moglo bi se uzeti da je granica za male kotlove do 50 kW, srednje do 50 do 500 kW a veliki su iznad tog učinka)

Podjela prema konstrukciji:

kotao za kruta goriva, plinski kotao s ventilatorom u plameniku, plinski kotao s plamenikom bez ventilatora, plinski kotao s pogonom u funkciji sobne temperature i neovisno o sobnoj temperaturi, plinski kondenzacijski kotao s ventilatorom u plameniku, uljni/plinski kotao s ventilatorom u plameniku, plinski ili uljni kondenzacijski kotao s plamenikom i ventilatorom, kotao za električno grijanje.

Podjela kotlova prema načinu vođenja dimnih plinova:

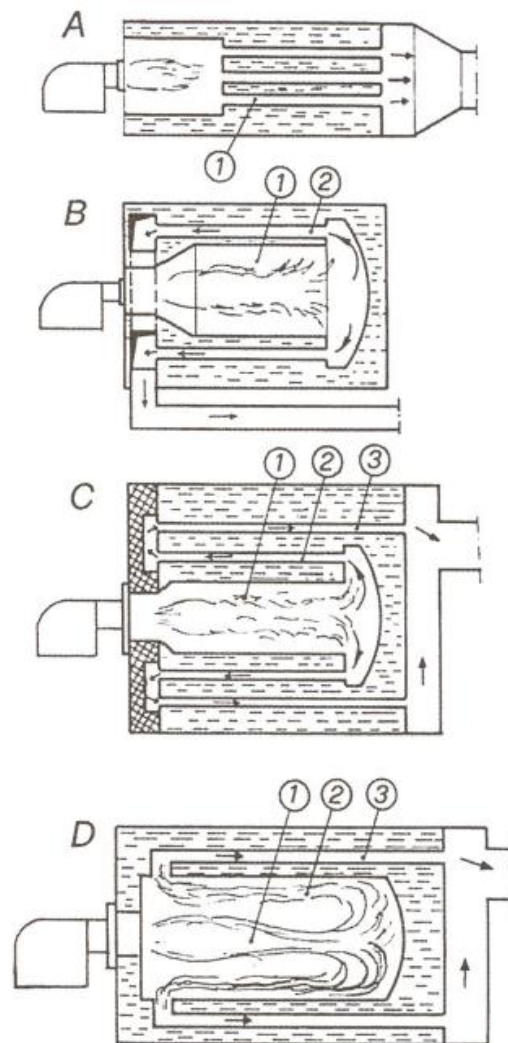
- kotlovi s jednim prolazom (slika desno, A)
- kotlovi s dva prolaza (slika desno, B)
- kotlovi s tri prolaza (slika desno, C)
- kotlovi s povratnim strujanjem u ložištu (slika desno, D)

Moguća je i podjela prema izvedbi i načinu rada plamenika:

- plamenik bez ventilatora (atmosferski plamenik)
- plamenik s ventilatorom (ventilatorski plamenik)

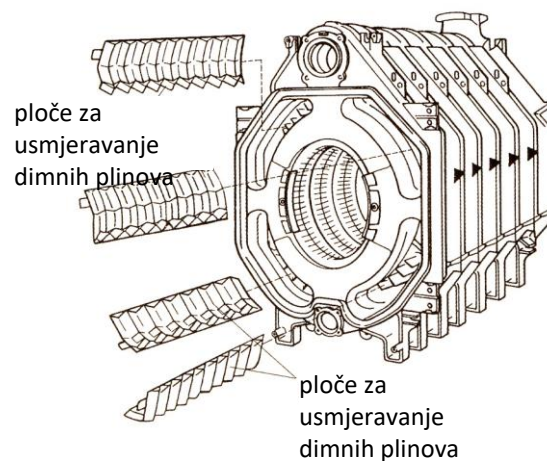
Prema načinu dovođenja zraka za izgaranje mogu se kotlovnice podijeliti na sljedeći način:

- pogon ovisan o zraku u prostoriji
- pogon neovisan o zraku u prostoriji

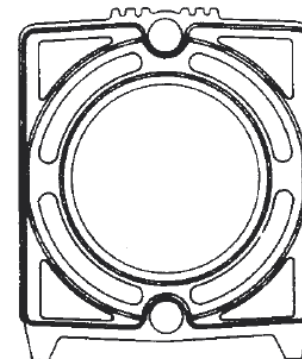
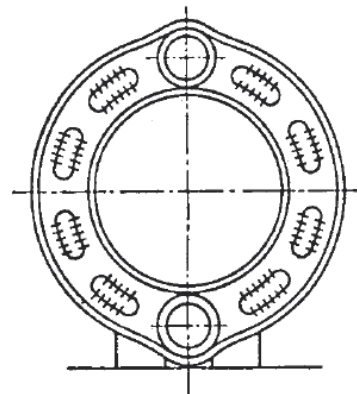
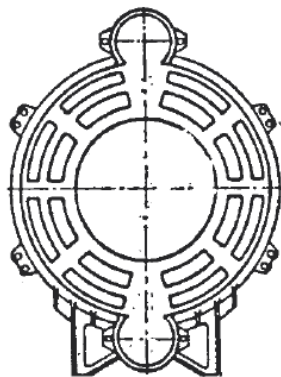
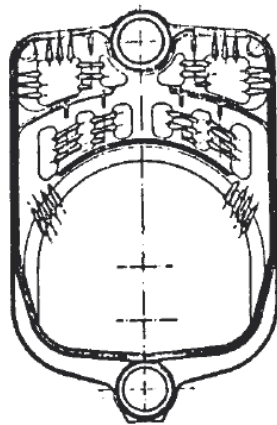
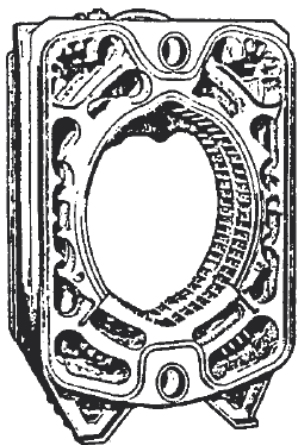


Lijevani kotlovi

Lijevani kotao sastoji se iz pojedinih šupljih članaka ispunjenih vodom. S vanjske strane struje plinovi izgaranja. Između prednjeg i stražnjeg članka je određeni broj središnjih članaka, kapacitet određene grupe se mijenja brojem članaka. Na prednjem članku su vrata za punjenje i pepeo (kruta) ili plamenik (tekuća i plinovita goriva), a na stražnjem priključak za dimnjak ili dimnjaču. Lijevani kotlovi za kruta goriva imaju između srednjih članaka otvor za punjenje, prolaze za strujanje plinova izgaranja i po cijeloj dužini rešetku za izgaranje, te prostor za pepeo ispod. Srednji članci formiraju komoru za izgaranje i konvekcijske ogrjevne površine. Članci se međusobno povezuju pomoću dvostruko koničnih kotlovskih nazuvica i ankera za pritezanje. Brtvenje je pomoću brtvenih letvi uz dodatak kotlovskog kita ili brtvene trake. Grade se već od 1893. godine, u početku za kruta goriva, kasnije za tekuća i plinovita.

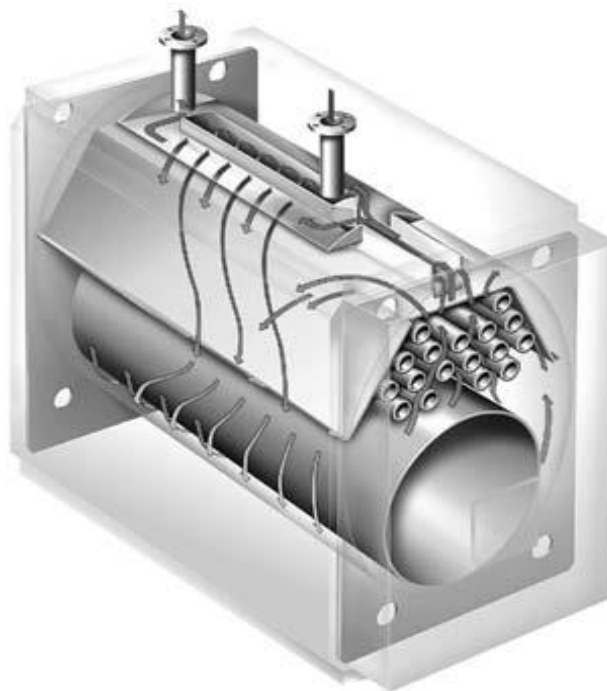


Različite izvedbe lijevanih kotlovskih članaka za loženje s nadtlakom

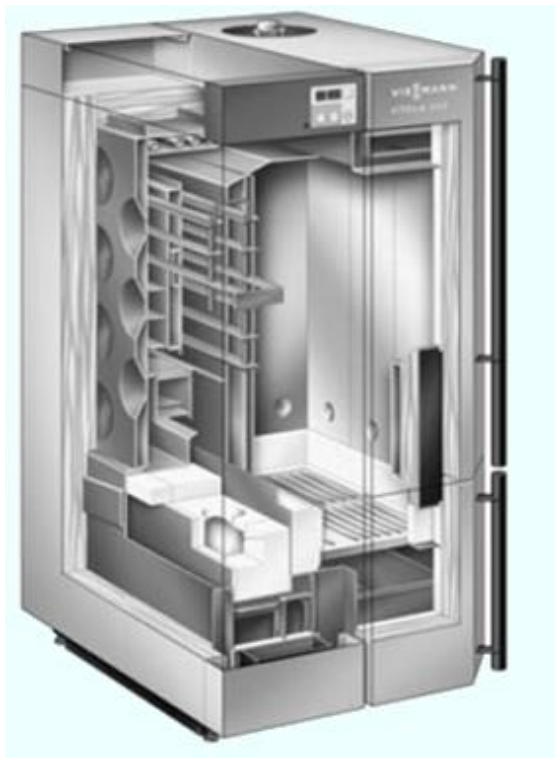


Čelični kotlovi

U početku su se iz čelika izrađivali veliki kotlovi, a u današnje vrijeme, razvojem tehnike zavarivanja i smanjenjem troškova primjenom postupaka automatskog zavarivanja čelik se kao materijal koji omogućava vrlo različita konstrukcijska rješenja koristi i za male i srednje kotlove. Koriste se ugljični, a za više zahtjeve i kod kondenzacijskih kotlova nehrđajući čelici. Prednosti su mogući veliki učinci, viši pogonski tlakovi i temperature, trajno brtvljenje obzirom na dimne plinove i nadtlak, *moгуćnost popravka zavarivanjem* i jednostavno otklanjanje eventualnih propuštanja.



Primjeri izvedbi



Kotao za cjepanice i briketirano drvo (Viessmann Vitolig 200, 15-40 kW)



Specijalni kotao za drvene pelete stupnja korisnosti do 95% (Viessmann Vitolig 300, 5-15 kW)

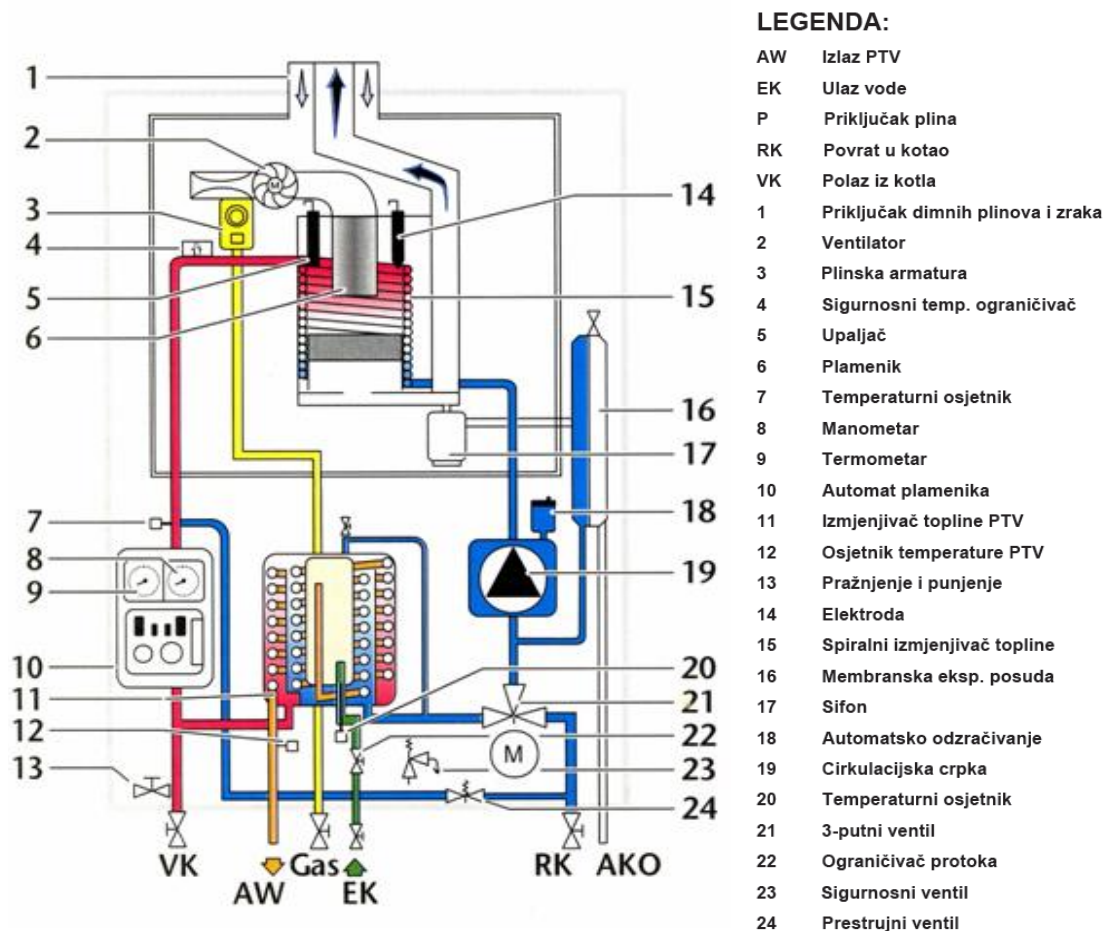
Primjeri izvedbi



Toplovodni kotao za kruto gorivo s donjim izgaranjem u fluidiziranom sloju (Buderus Logano S321, 6-52 kW)



Električni kotlovi za toplovodno grijanje



Plinski kotao s atmosferskim plamenikom i ventilatorom – shematski prikaz



STANDARDNI, NISKOTEMPERATURNI, KONDENZACIJSKI KOTLOVI

Prema učinkovitosti korištenja energije kotlovi mogu biti:

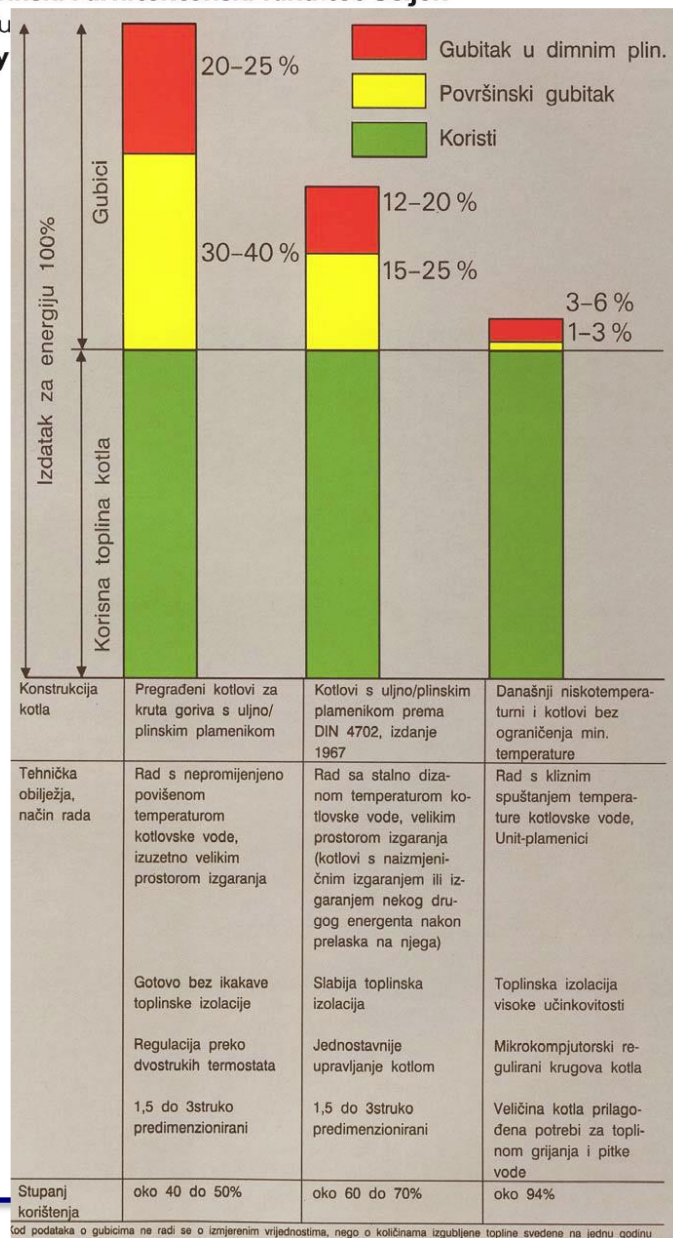
standardni, niskotemperaturni, kondenzacijski (kotlovi s povećanim iskorištenjem topline goriva, njem. Brennwertkessel).

Standardnim se kotlovima smatraju kotlovi koji prema propisima Europske zajednice imaju oznaku CE i kao takvi određene ateste prema § 11. Inače su to kotlovi koji **obično rade sa stalno povišenim temperaturama**. Temperatura vode u kotlu održava u granicama od 70°C do 90°C. Ove temperature uvjetovane su njegovom konstrukcijom koja nije primjerena za kondenzaciju dimnih plinova. Oni ne dostižu stupanj korisnosti koji se traži od niskotemperaturnih kotlova.

Niskotemperaturni kotlovi (NT kotlovi): to su kotlovi koji su sa oznakom CE i atestom prema § 11 predviđeni da rade kao NT- kotlovi s višestupanjskim ili bezstupanjskim podešenjem učinka ložišta, pod uvjetom da ispunjavaju zahtjev da se **održi stupanj korisnosti i onda kada temperatura u povratnom vodu pređe granicu iznad 40°C**. Takav kotao **može kontinuirano raditi s temperaturom povratne vode $t \geq 35^\circ\text{C}$** . Njegova konstrukcija je takova da u njemu, osim u iznimnim slučajevima, **ne dolazi do kondenzacije dimnih plinova na izmjenjivačkim površinama**. Kako je već naprijed rečeno, kod ovih se kotlova **temperatura polazne vode i dimnih plinova snižavaju u skladu s krivuljom grijanja u skladu s parcijalnim opterećenjem**, čime se smanjuju i gubici uslijed zračenja i pogonske pripravnosti.

Učinkovitost niskotemperaturnih kotlova značajno je poboljšana u odnosu na starije konstrukcije.

Ovisno o ogrjevnoj moći goriva, današnji niskotemperaturni generatori topline, već i oni relativno malog učinka, postižu **godišnji stupanj korisnosti od oko 91 do 95%**. Veći kotlovi s dvostupanjskim ili moduliranim plamenicima ostvaruju stupnjeve korisnosti 94 do 96%.





Centralni zadatak današnjeg razvoja generatora topline je povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje emisija štetnih tvari. Modernizacijom kotlovskih postrojenja mogu se smanjiti emisija CO₂ i potrošnja goriva. Emisije NO_x, C_xH_y, CO i čađe mogu se smanjiti u mnogo većoj mjeri utjecajem na temperaturu plamena kroz konstrukciju ložišta i komora za izgaranje. Od posebnog su utjecaja i suvremene konstrukcije plamenika.

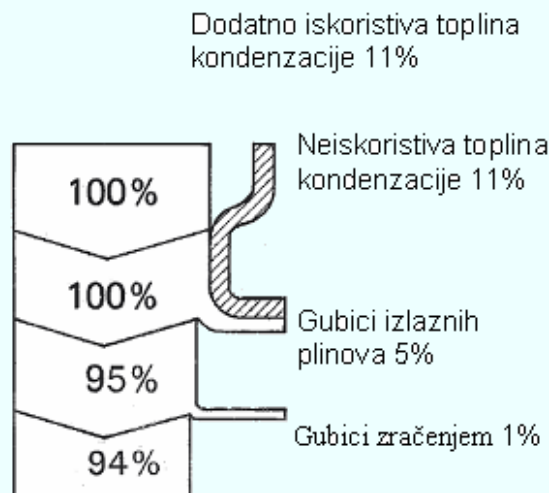
Razvojem **niskotemperaturnih kotlova** postignuto je značajno povećanje godišnjeg stupnja korisnosti. Kod ovih se kotlova temperatura polazne vode i dimnih plinova snižavaju u skladu s krivuljom grijanja u skladu s parcijalnim opterećenjem. Time se smanjuju i gubici uslijed zračenja i pogonske pripravnosti.

Daljnje poboljšanje (čak 10 do 14%) u odnosu na niskotemperaturne kotlove osigurava se korištenjem **kondenzacijske tehnike**. Ovi kotlovi rade s izrazito niskom temperaturom izlaznih plinova koja je oko 3 do 10°C viša od temperature povratne vode u kotao. Ovisno o tome, kondenzira se manji ili veći dio vodene pare sadržane u izlaznim plinovima. Toplina kondenzacije vode iz dimnih plinova prenosi se vodi u kotlu i tako ne izlazi kroz dimnjak. Kisela voda nastala kondenzacijom se može ili mora neutralizirati, ovisno o propisima i zahtjevima.

KONDENZACIJSKI KOTLOVI (kotlovi za bolje iskorištenje ogrjevnne moći)

To su kotlovi sa oznakom CE i ispravama o sukladnosti za koje se mora dokazati da su takvi. Od 1997. godine više ne važi bolje razumljiva definicija, po kojoj su to **kotlovi kod kojih toplinu sadržanu u vodenoj pari i plinovima izgaranja treba iskoristiti putem kondenzacije.**

Energija goriva u odnosu na donju ogrjevnu moć



Korisna toplina 94%

NISKOTEMPERATURNI KOTAO

Energija goriva u odnosu na donju ogrjevnu moć



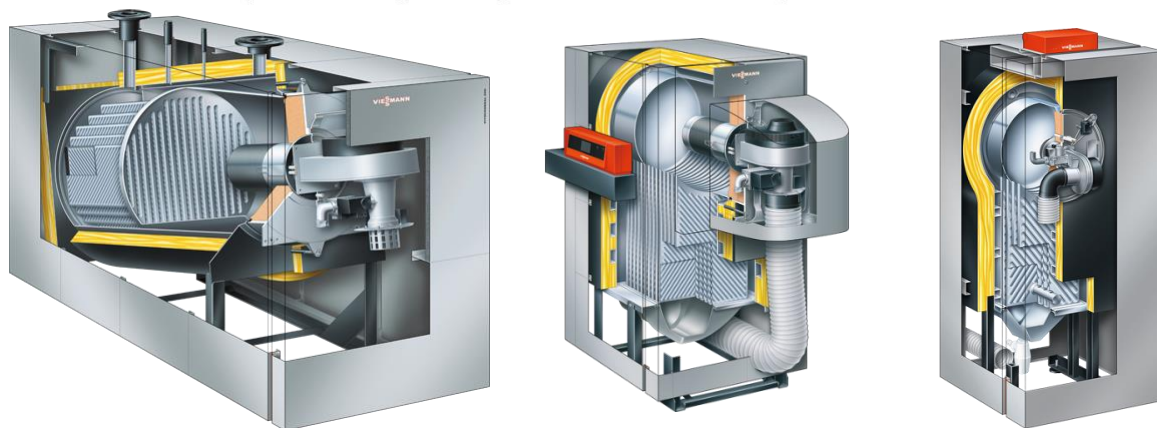
Korisna toplina 108%

KONDENZACIJSKI KOTAO



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

KONDENZACIJSKI KOTLOVI



Termin „**kondenzacijski kotao**” definiran je Pravilnikom o zahtjevima za stupnjeve djelovanja novih toplovodnih kotlova na tekuće i plinovito gorivo NN 135/05, 140/12:

Kotao u kojem se odvija stalna kondenzacija većeg dijela vodene pare sadržane u plinovima izgaranja, koji ima oznaku sukladnosti i Izjavu o sukladnosti kojom je razvrstan u kondenzacijske kotlove.



UČINKOVITOST KOTLOVA

Zahtjevi na minimalnu učinkovitost kotlova su [normirani](#). Prema uputstvima (92/42EWG) Europske zajednice EG 1992 za stupanj korisnosti novih toplovodnih kotlova s uljnim ili plinskim gorivom vrijedi sljedeća tablica:

Tip kotla	Područje nazivnog učina, kW	Stupanj djelovanja kod nazivnog učina P_n		Stupanj djelovanja kod djelomičnog učina $0,3 P_n$	
		Prosječna temp. vode u kotlu, °C	Stupanj djelovanja, %	Prosječna temp. vode u kotlu, °C	Stupanj djelovanja, %
Standardni	4 – 400	70	$\geq 84 + 2\log P_n$	>50	$\geq 80 + 3\log P_n$
Niskotemperaturni (*)	4 – 400	70	$\geq 87,5 + 1,5\log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5\log P_n$
Plinski kondenzacijski	4 – 400	70	$\geq 91 + 1\log P_n$	30(**)	$\geq 97 + 1\log P_n$

(*) uključujući i kondenzacijske kotlove na tekuće gorivo

(**) temperatura povratne vode u kotao



Pravilnik o zahtjevima za stupnjeve djelovanja novih toplovodnih kotlova na tekuće i plinovito gorivo NN 135/05, 140/12:

DODJELA ZNAKA ZA ENERGETSKU UČINKOVITOST

Zahtjevi za stupnjeve djelovanja kojima treba udovoljiti pri nazivnom učinku i pri djelomičnom učinku od 0,3 Pn

Znak	Zahtjev za stupanj djelovanja pri nazivnom učinku Pn i pri prosječnoj temperaturi vode u kotlu od 70 °C %	Zahtjev za stupanj djelovanja pri djelomičnom učinku od 0,3 Pn i pri prosječnoj temperaturi vode u kotlu od ≥ 50 °C %
★	$\geq 84 + 2\log P_n$	$\geq 80 + 3\log P$
★★	$\geq 87 + 2\log P_n$	$\geq 83 + 3\log P$
★★★	$\geq 90 + 2\log P_n$	$\geq 86 + 3\log P$
★★★★	$\geq 93 + 2\log P_n$	$\geq 89 + 3\log P$



OGRJEVNA MOĆ GORIVA

Donja ogrjevnost goriva H_d

To je toplina oslobođena procesom potpunog izgaranja goriva bez dodatnog iskorištavanja topline kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para u njima ne kondenzira).

Za poznati kemijski sastav goriva vrijedi izraz za izračunavanje donje ogrjevnosti:

$$H_d \cong 34,8 c + 93,9 h + 10,5 s + 6,3 n - 10,8 o - 2,5 w \text{ [MJ/kg]}$$

gdje je:

- c – sadržaj ugljika (kg/kg)
- h – sadržaj vodika (kg/kg)
- s – sadržaj sumpora (kg/kg)
- n – sadržaj dušika (kg/kg)
- o – sadržaj kisika (kg/kg)
- w – sadržaj vode (kg/kg)



GORNJA OGRJEVNA MOĆ GORIVA H_g

Kod goriva koja u sastavu sadrže vodik, pa stoga u plinovima izgaranja sadrže vodenu paru, razlikuje se gornja ogrjevnja moć od donje ogrjevnje moći. **Gornja ogrjevnja moć predstavlja toplinu oslobođena procesom potpunog izgaranja goriva s dodatnim iskorištavanjem topline kondenzacije vodene pare** (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para u njima kondenzira).

Gornja ogrjevnja moć veća je od donje ogrjevnje moći za količinu kondenzacije vodene pare sadržane u plinovima izgaranja.

$$H_g = H_d + r \frac{9h + w}{100}$$

gdje je:

h – sadržaj vodika (kg/kg)

w – sadržaj vode (kg/kg)

r – toplota isparivanja vode $r = 2,5$ (MJ/kg)

Vlaga (sadržana npr. u krutim gorivima) znatno utječe na donju ogrjevnju moć.

Iskorištenje topline kondenzacije moguće je i opravdano kod goriva koja sadrže vodik (npr. plinovita goriva), ali povezano je s problemima sumporne korozije u slučaju da goriva sadrže i sumpor (loživo ulje).



Ogrjevna vrijednost nekih goriva

<i>Gorivo</i>	<i>Gornja ogrjevnja vrijednost (Hd)</i>	<i>Donja ogrjevnja vrijednost (Hg)</i>	<i>Hg/Hd</i>	<i>Temp. kond. °C</i>	<i>Steh.kol. vode (kg/kWh)</i>
Prirodni plin	10,55 kW/m ³	9,5 kW/m ³	1,11	56	0,16
Lož ulje *	12,61 kW/kg	11,86 kW/kg	1,06	47	0,09
Lož ulje	10,68 kW/liter	10,0 kW/liter	1,06	47	0,09
UNP - butan	37,14 kW/m ³	34,29 kW/m ³	1,08	52	0,12
UNP - propan	28,24 kW/m ³	26,0 kW/m ³	1,09	53	0,13

* $H_g \geq 42,6 \text{ MJ/kg}$

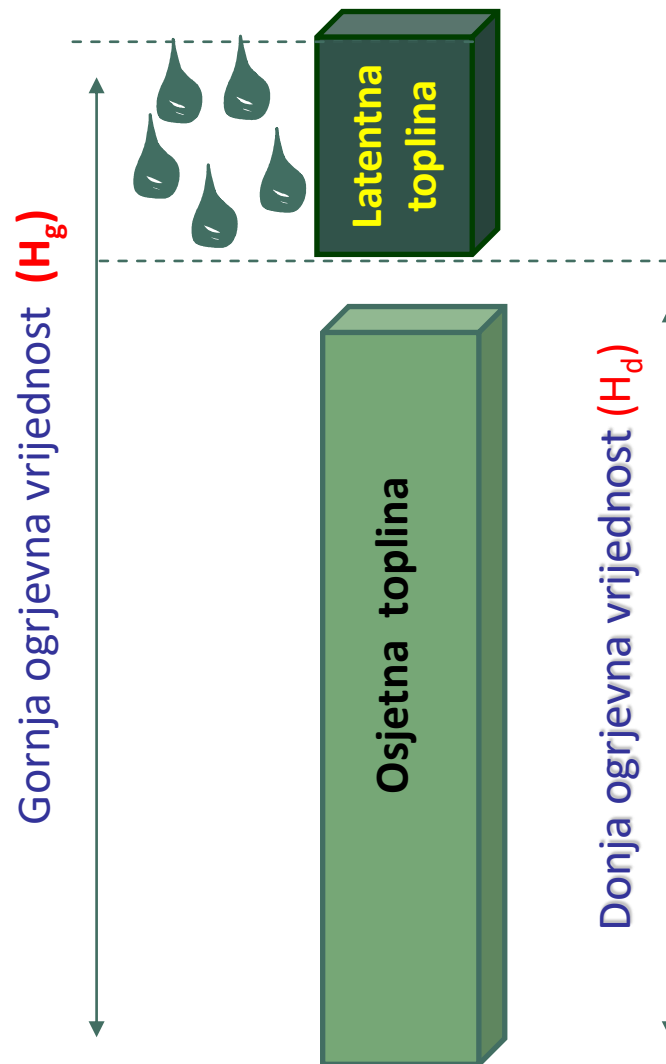
1) Što je veća razlika između gornje i donje ogrjevnje vrijednosti moguće je veće povećanje učinkovitosti!



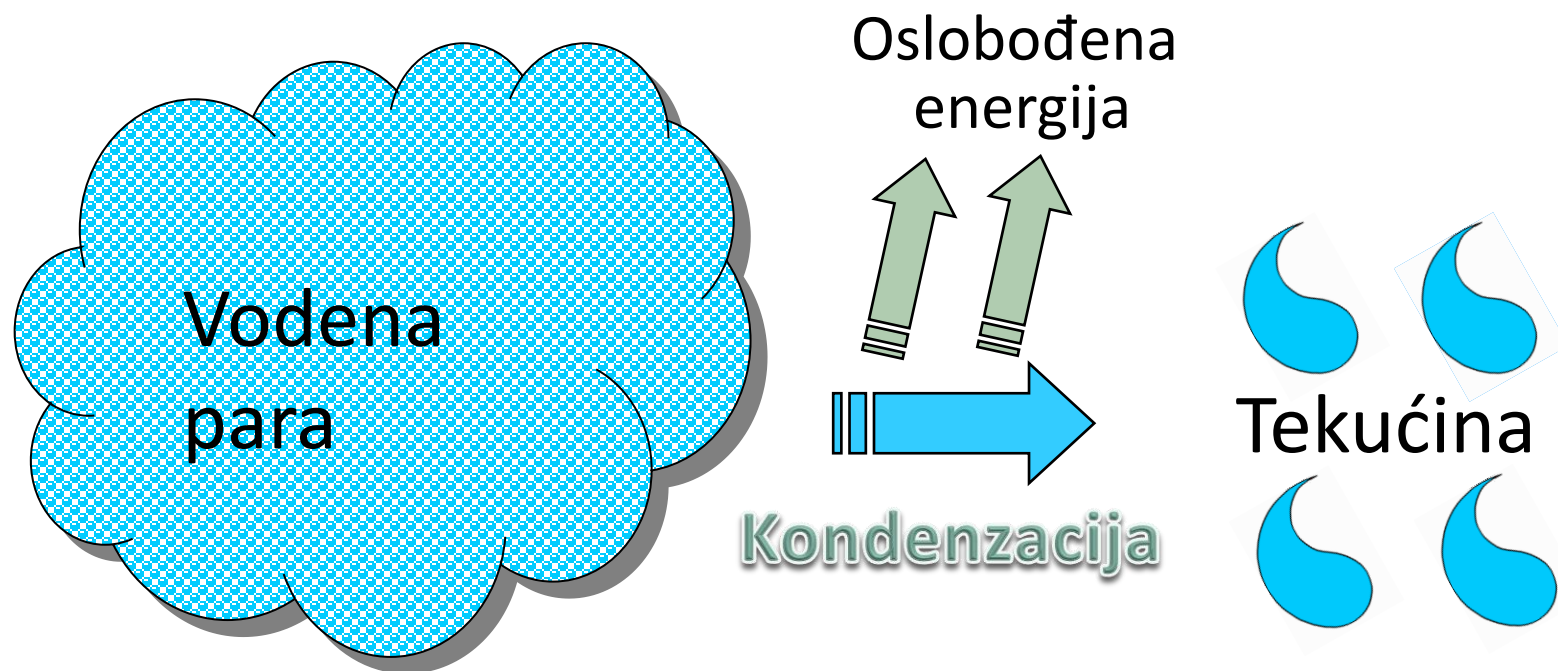
Ogrjevna vrijednost goriva

OSJETNA TOPLINA: Toplina koja nastaje kao posljedica promjene temperature

Latentna toplina: Latinski “skrivena”



Iskorištenje latentne topline

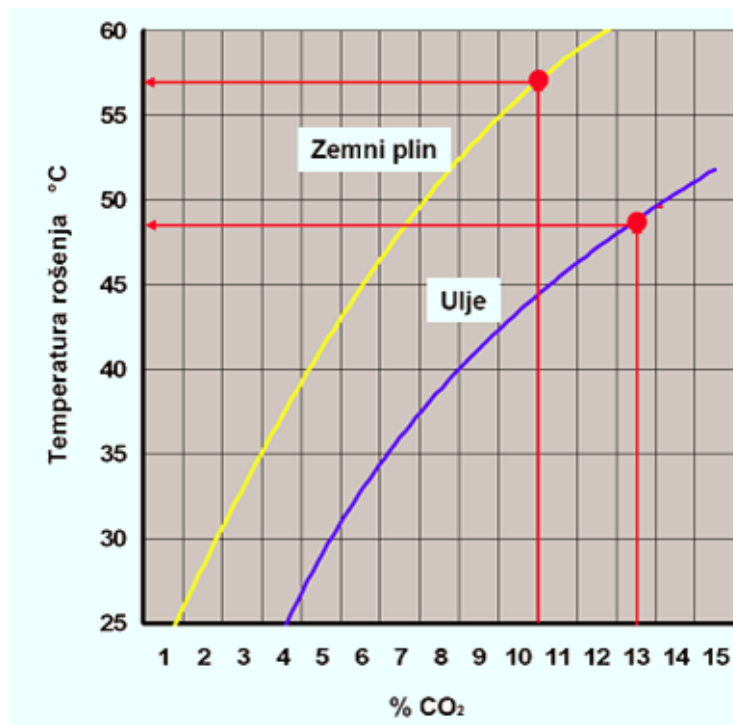


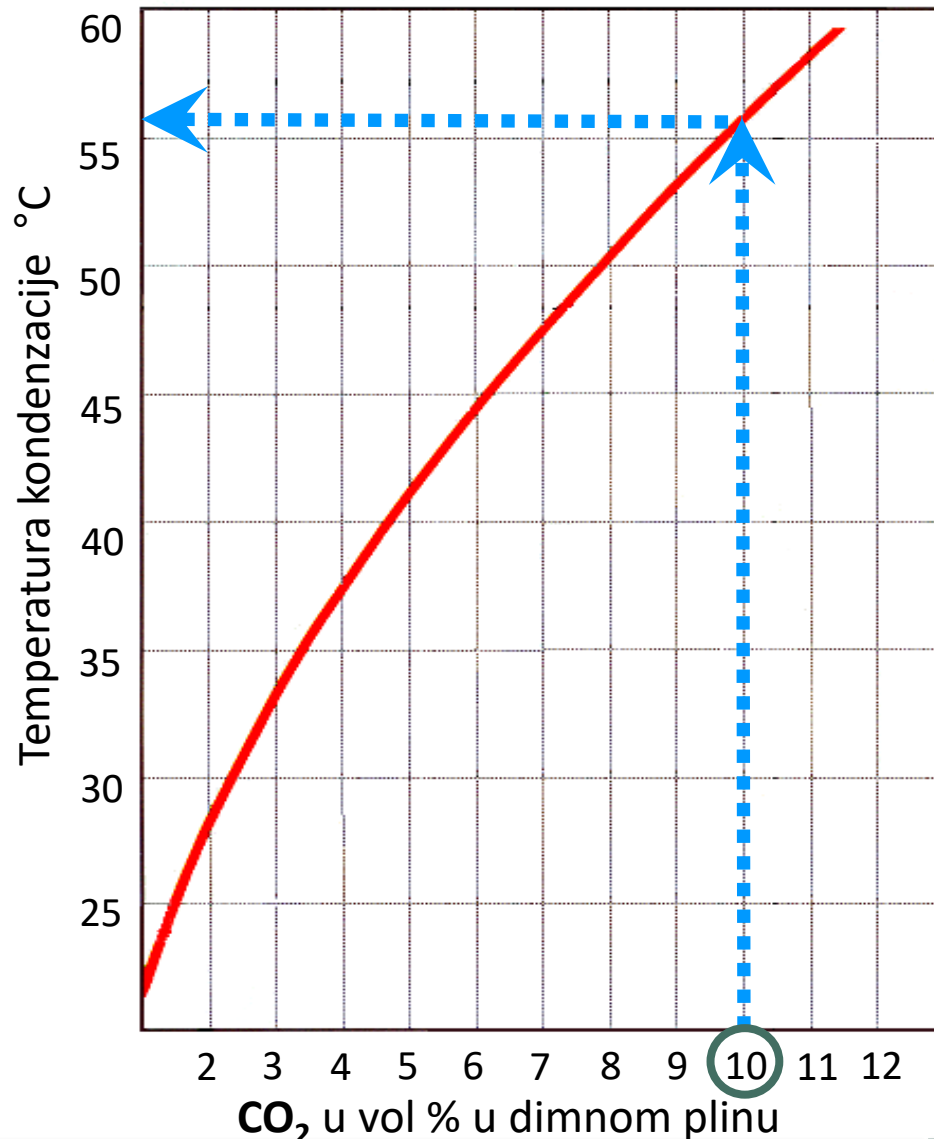


Kod sniženja temperature na stjenkama ogrjevnih površina ispod temperature rošenja, dolazi do stvaranja kondenzata iz vodene pare u dimnim plinovima. Goriva imaju različite sastave i stehiometrijske odnose kod izgaranja. Stoga su i temperature kod kojih dolazi do kondenzacije vodene pare u dimnim plinovima različite za različita goriva. Kod prirodnog plina, kod uobičajenog sadržaja CO_2 u dimnim plinovima od 10,5% ta je temperatura oko 57°C , dok je za loživo ulje (uobičajeni sadržaj CO_2 u dimnim plinovima kod dobrog izgaranja 13,5%) niža i iznosi oko 47°C .

Iz toga slijedi glavno **ograničenje primjene uljne kondenzacijske tehnike** u usporedbi s plinskom, a to je efektivno niži stupanj iskoristivosti u odnosu na plinsku kondenzacijsku tehniku i zahtjev za nižim temperaturnim režimima grijanja zbog niske temperature rošenja.

Kod korištenja lož ulja treba razmotriti i povećanu cijenu kotla zbog strožih zahtjeva na konstrukciju uređaja zbog prisutnosti sumpora u gorivu.





- CO₂ % u izlaznom plinu određuje temperaturu kondenzacije

Prirodni plin (95% CH₄)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

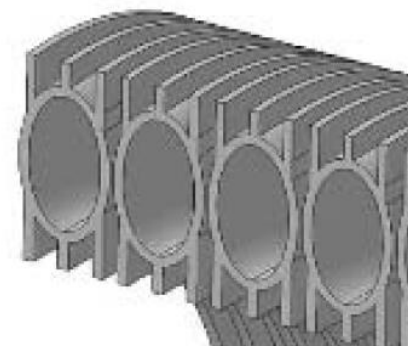
Gorivo	Temp. kond.	Spec. količina kondenzata	Teor. max. sadržaj CO ₂
Prirodni plin	~ 56°C	0,16 kg/kWh	11,8%
PROPAN	~52°C	0,12 kg/kWh	13,7%
BUTAN	~51°C	0,12 kg/kWh	14,1%
Lož ulje	~47°C	0,09 kg/kWh	15,3%



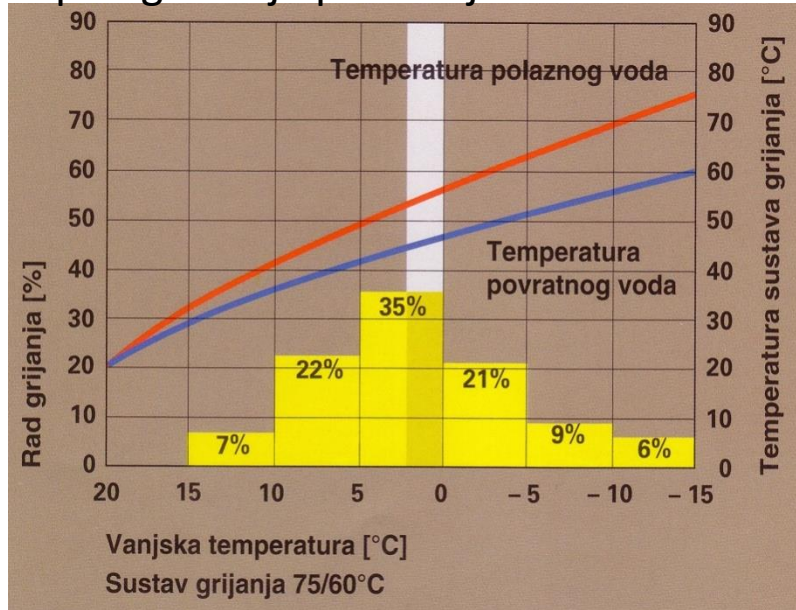
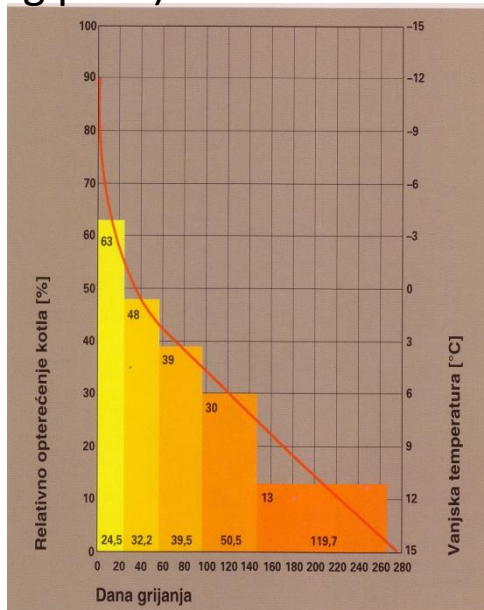
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Kako sniziti temperaturu dimnih plinova ispod temperature kondenzacije?

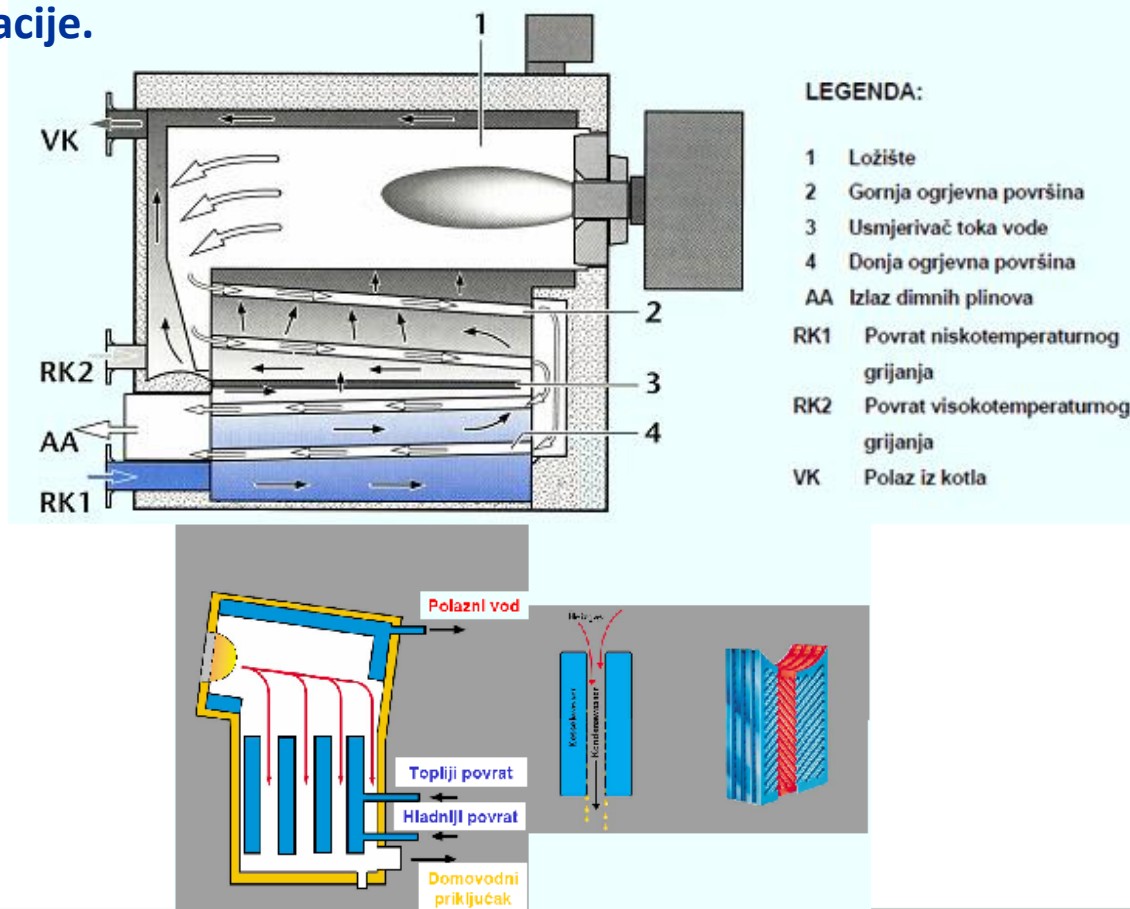
- Povećanjem površina za izmjenu topline (primarni izmjenjivač)
- Niskom temperaturom povrata vode (temperatura kojom voda ulazi u primarni izmjenjivač).



Ako se pogleda **promjena temperature u sustavu grijanja u funkciji vanjske temperature** (primjer na slici je dan za sustav grijanja radijatorima projektiran za 75/60°C, kod vanjske projektne temperature -15°C) vidi se da dio potrošnje kod temperature povratnog voda takvog grijanja **niže od 47°C** (što odgovara temperaturi okoline od 0°C i omogućava početak korištenja topline kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova nastalih loženjem lož ulja) iznosi **oko 64%** ukupne godišnje potrošnje. Iz iste slike vidi se da dio potrošnje kod temperature povratnog voda takvog grijanja **niže od 57°C** (što odgovara temperaturi okoline od -10°C i omogućava početak korištenja topline kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova nastalih loženjem prirodnog plina) iznosi **oko 94%** ukupne godišnje potrošnje.



Kad se **kondenzacijski kotao** koristi za dva temperaturna režima, npr. za niskotemperaturno grijanje prostora i grijanje potrošne vode, pravilnim smještajem priključaka povratne vode na kotlu može se osigurati **bolje iskorištenje topline kondenzacije**.

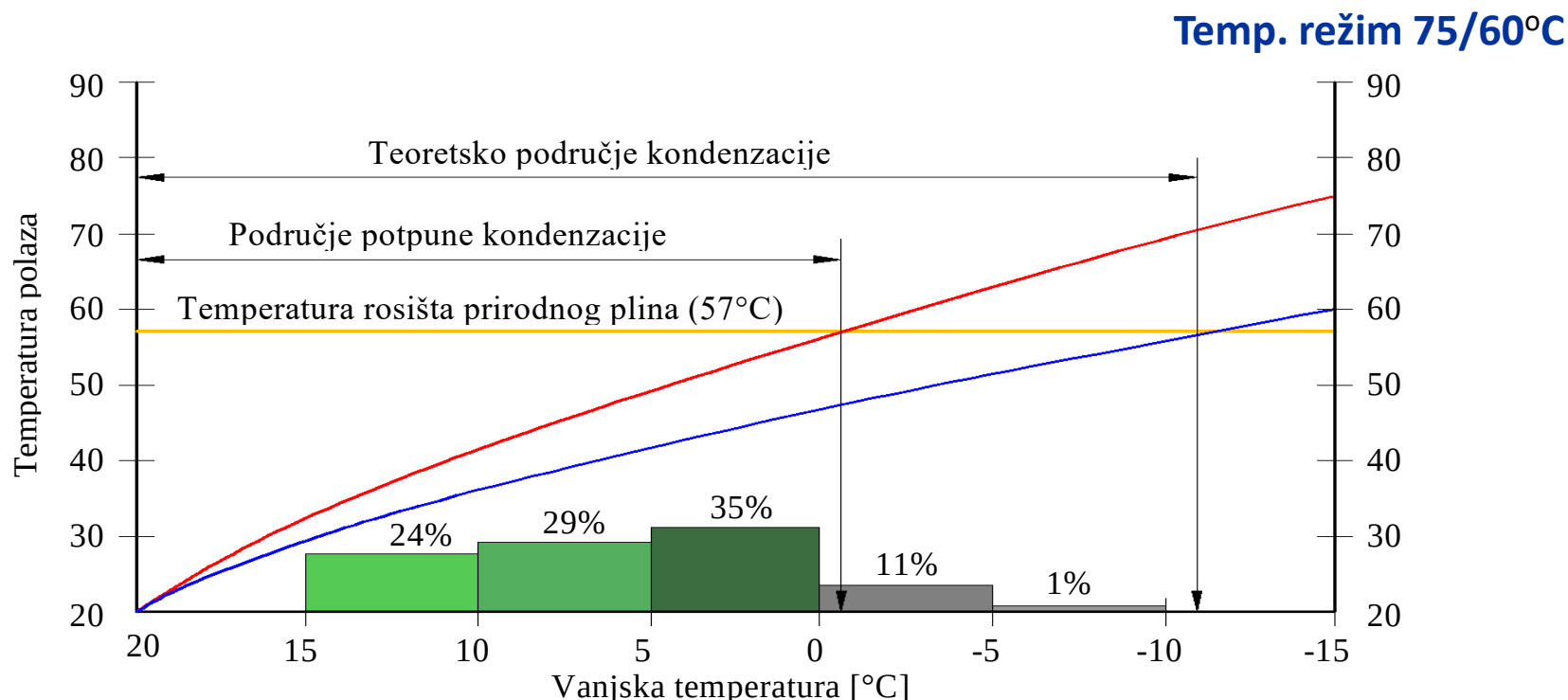




Izgled suvremenog kondenzacijskog kotla

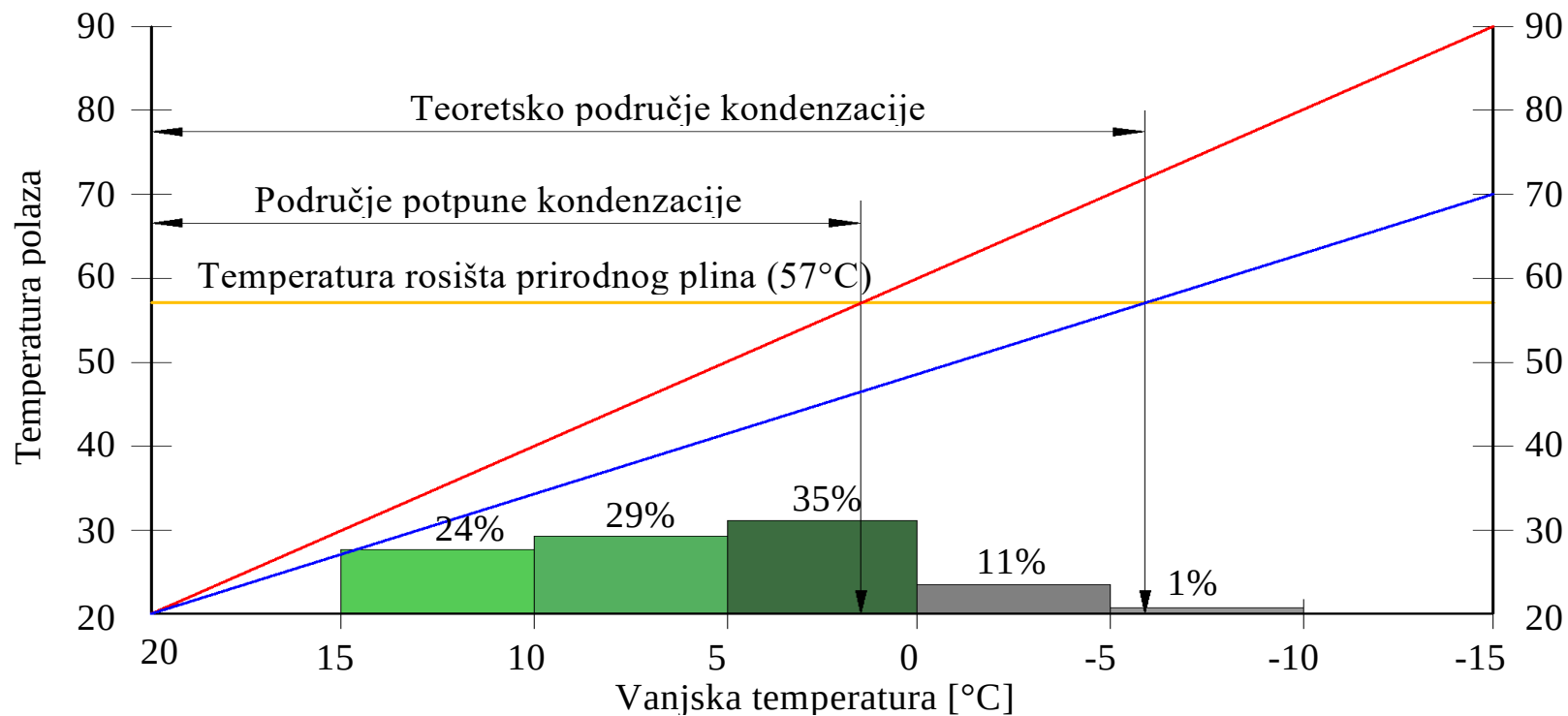


Kondenzacijska tehnika opravdana je u potpunosti kod primjene plinovitih goriva s većim sadržajem vodika, te u slučaju predimenzioniranih sustava radijatorskog grijanja i niskotemperaturnih sustava distribucije topline.



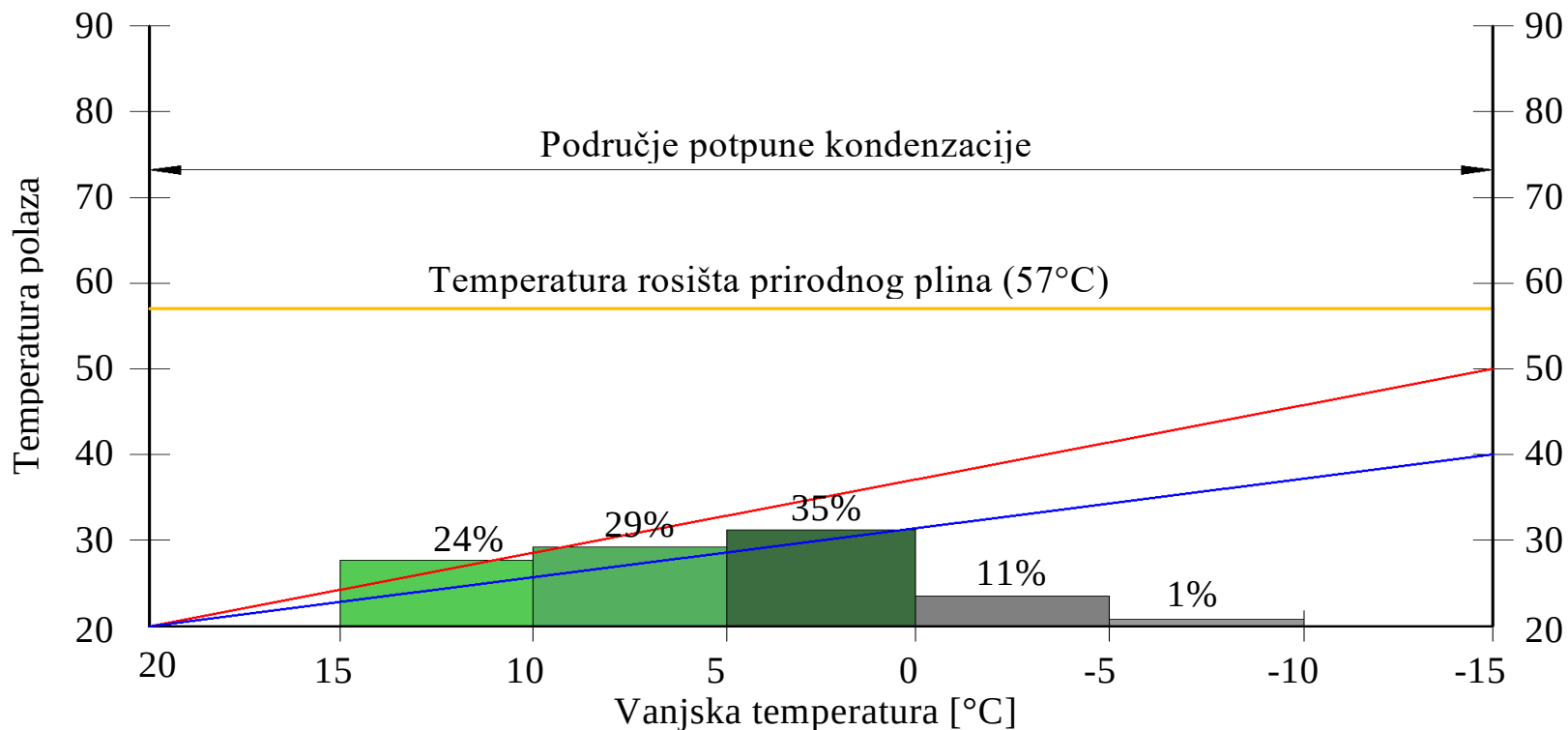


Temp. režim 90/70°C

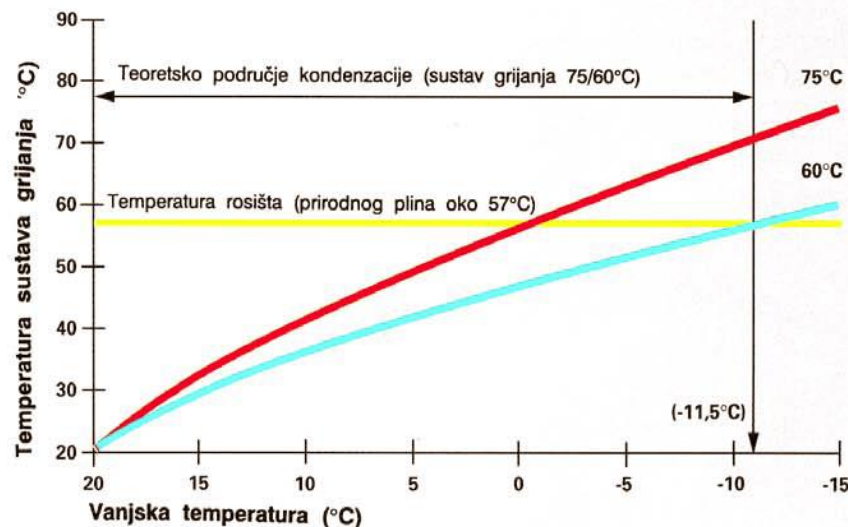
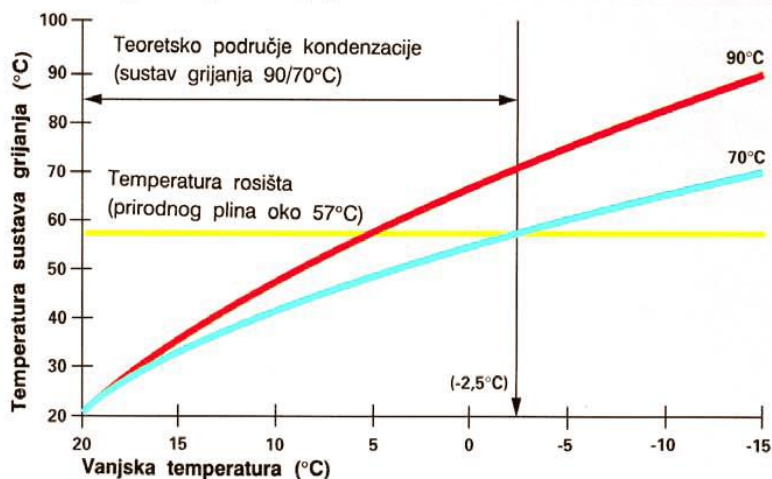
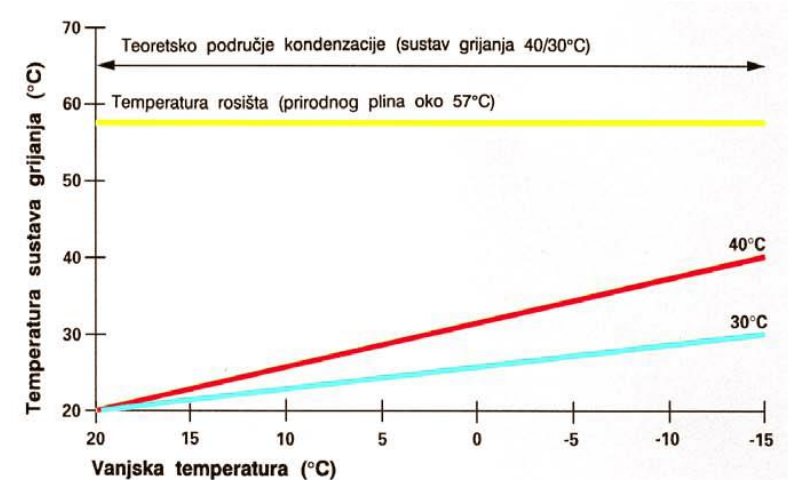




Temp. režim 50/40°C



Kondenzacijska tehnika je u potpunosti primjenjiva u suvremenoj stanogradnji u slučaju projektiranih niskotemperaturnih režima grijanja.



Učinkovitost kotlova

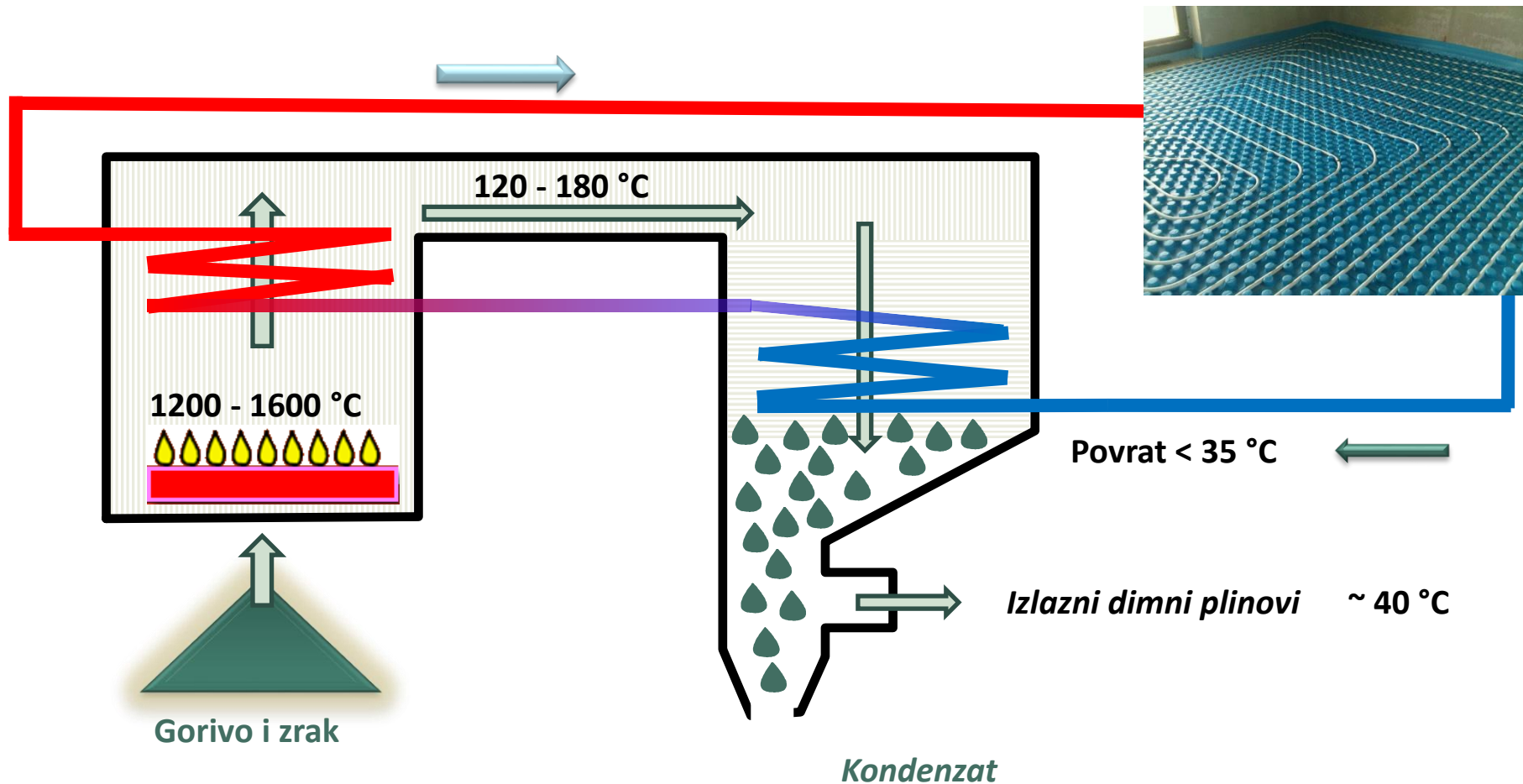
Zahtjevi na minimalnu učinkovitost kotlova su normirani. Prema uputstvima (92/42EWG) Europske zajednice EG 1992 za stupanj korisnosti novih toplovodnih kotlova s uljnim ili plinskim gorivom vrijedi sljedeća tablica:

Tip kotla	P_n kW	Kod nazivnog učinka		Kod parcijalnog opterećenja	
		Prosječna temperatura vode u kotlu [°C]	Izraz za zahtijevani stupanj korisnosti [%]	Prosječna temperatura vode u kotlu [°C]	Izraz za zahtijevani stupanj korisnosti [%]
Standardni kotlovi	40 – 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	≥ 50	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Niskotemperaturni kotlovi*)	40 – 400	70	$\geq 87 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Kondenzacijski kotlovi	40 – 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

*) Uključujući kondenzacijske kotlove za tekuće gorivo

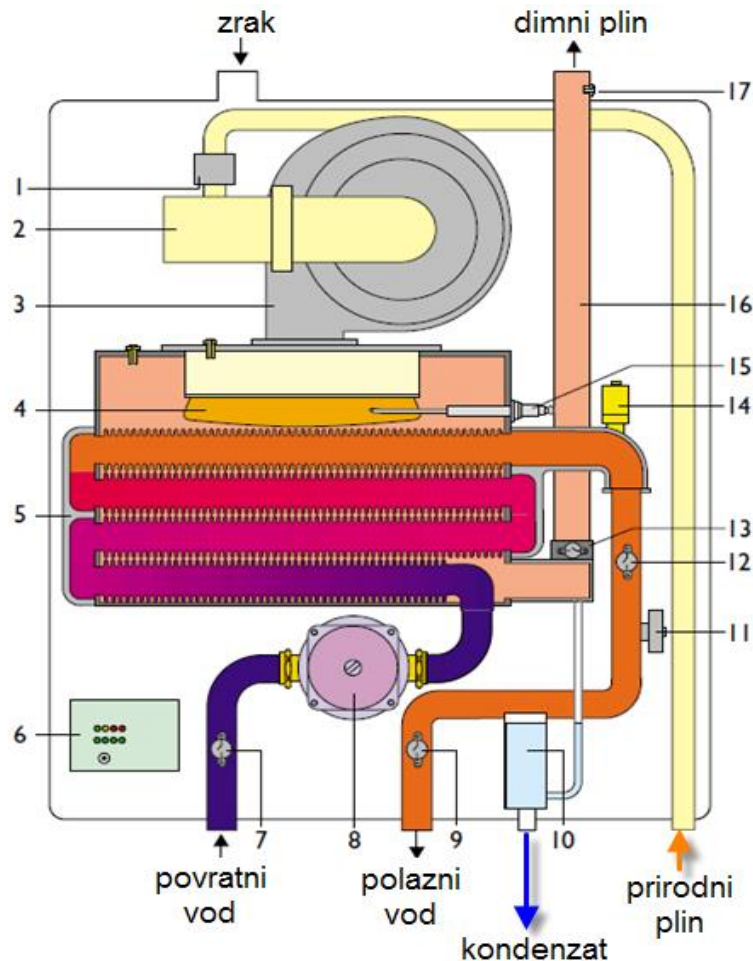
***) Temperatura povratnog voda na ulazu u kotao

SHEMATSKI PRIKAZ KONDENZACIJSKOG KOTLA



Temperature su navedene samo kao primjer!

Shematski prikaz kondenzacijskog plinskog bojlera

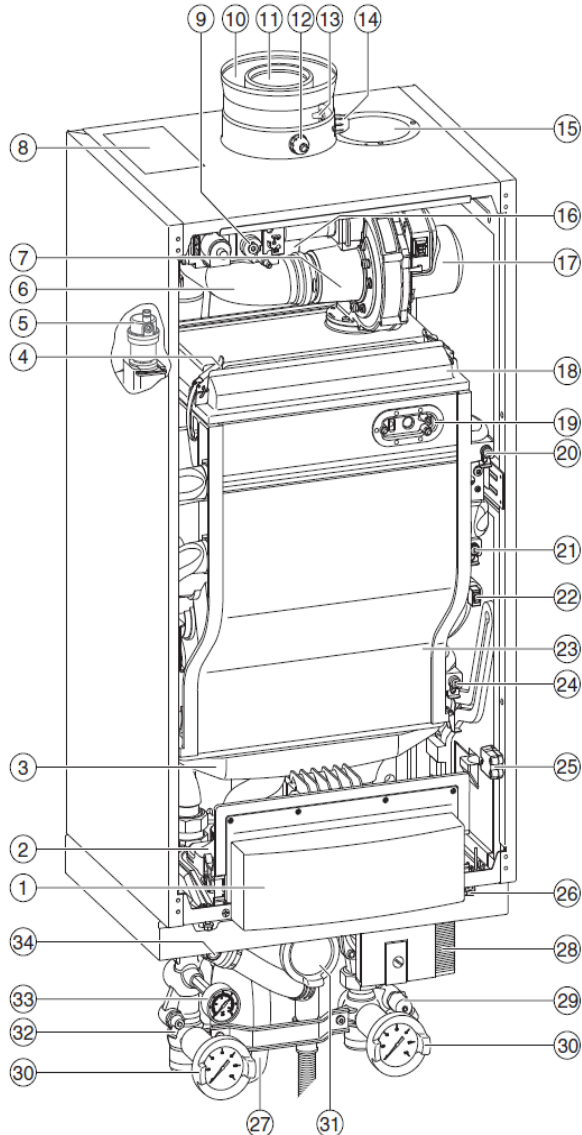


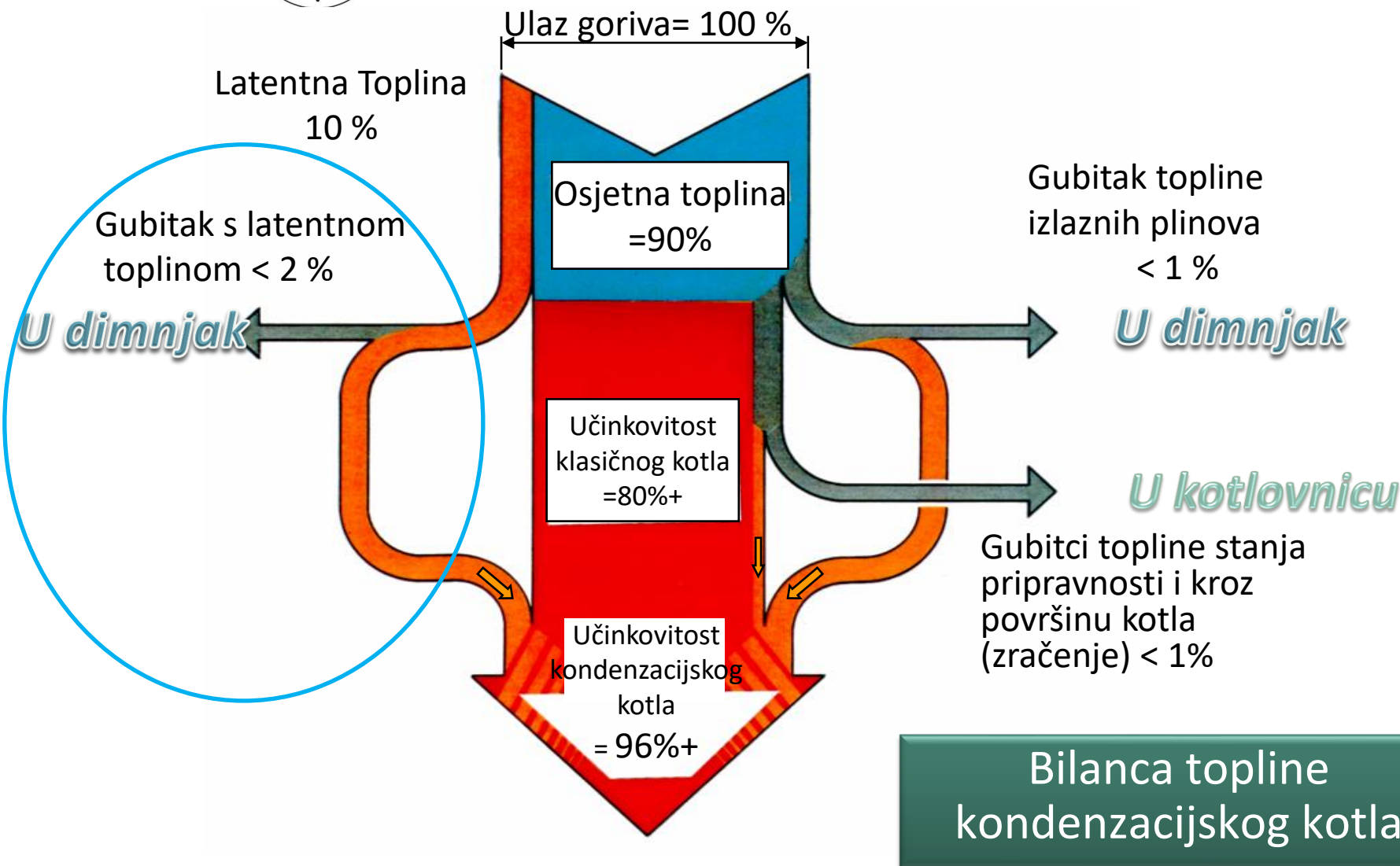
1. Ventil za plin
2. Komora za miješanje zraka i plina
3. Ventilator
4. Plamenik
5. Izmjenjivač topline
6. Korisnički displej i upravljanje
7. Senzor povratnog voda
8. Vodena pumpa
9. Senzor polaznog voda
10. Posuda za kondenzat
11. Regulator tlaka vode
12. Termostat polaznog voda
13. Termostat dimnih plinova
14. Ventil za odzračivanje
15. Elektroda za paljenje
16. Ispušna cijev
17. Točka provjere izgaranja



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Primjer kondenzacijskog plinskog bojlera







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

POVEĆANJE KORISNOSTI zbog kondenzacije vodene pare u izlaznom plinu se događa zbog sljedećih razloga:

1. Oslobođena toplina uslijed kondenzacije vodene pare
2. Smanjeni gubitak topline izlaznog dimnog plina
 - Temperatura izlaznog plina je niža jer se gotovo sva osjetna i latentna toplina predaju vodi u kotlu
3. Smanjeni gubici zračenjem
 - Zbog niže temperature cirkulirajuće vode u kotlu niža je temperatura stijenki kotla



Godišnji stupanj korisnosti je osnovna vrijednost kojom se opisuje učinkovitost izvora topline i prema VDI 2067 određen je jednadžbom:

$$\eta_{god} = \frac{\eta_k}{1 + q_{pr} \left(\frac{b}{b_{pl}} - 1 \right)}$$

pri čemu je:

η_{god} - godišnji stupanj korisnosti, %

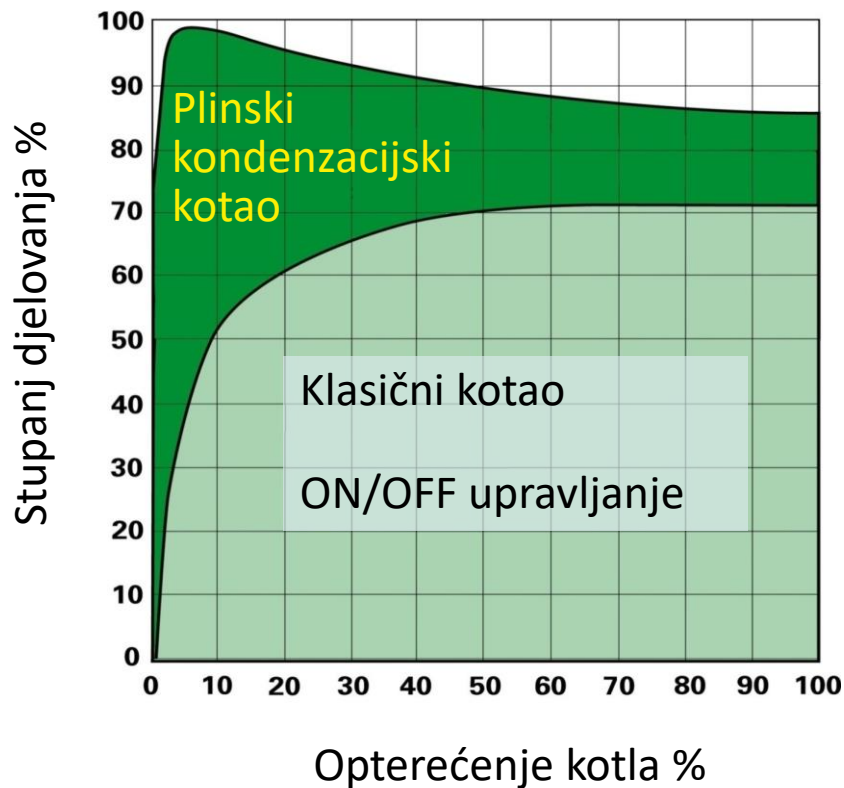
k - stupanj djelovanja kotla, %

q_{pr} - relativni gubici u stanju pripravnosti, %

b - vrijeme uključenosti sustava grijanja tijekom godine, sati godišnje

b_{pl} - vrijeme uključenosti plamenika tijekom godine, sati godišnje

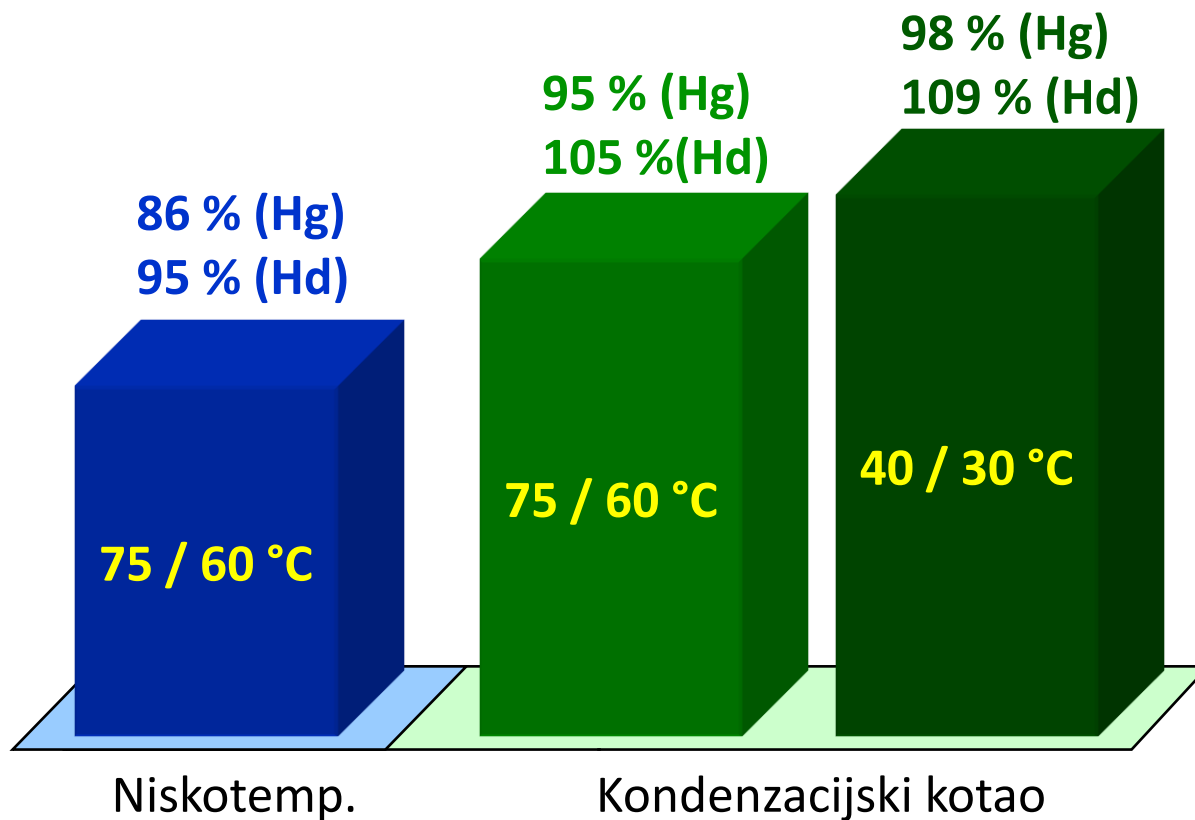
Usporedba stupnjeva korisnosti različitih starijih i novih izvedbi kotlova kod parcijalnih opterećenja dana je na sljedećoj slici:



Iz slike koja predstavlja iskorištenje topline goriva (u odnosu na donju ogrjevnu moć) različitih izvedbi kotlova kod parcijalnih opterećenja vidi se važna činjenica da niskotemperaturni i kondenzacijski kotlovi bolje koriste toplinu goriva i kod parcijalnih opterećenja. To je vrlo važno, jer projektanti često iz razloga sigurnosti (ili nesigurnosti u odnosu na rezultate proračuna) odabiru kotlove većeg ogrjevnog učinka od nominalno potrebnog.



Stupnjevi korisnosti kotlova u odnosu na temperaturni režim sustava grijanja





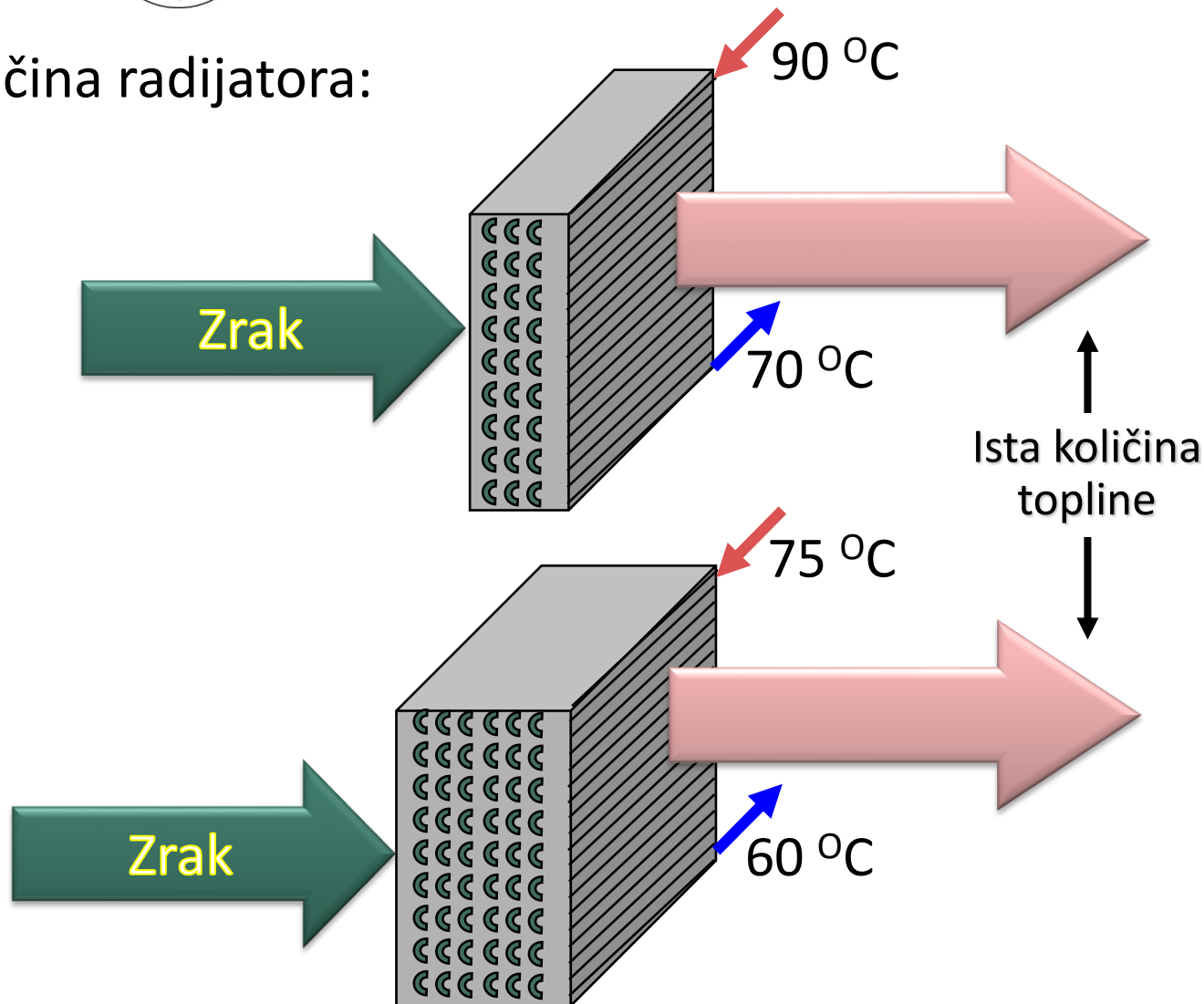
NUŽNA PRILAGODBA SUSTAVA DISTRIBUCIJE I PREDAJE TOPLINE!

Smanjivanjem temperaturnog režima sustava s 90/70 °C (80/60) na 75/60 ili 40/30 uzrokuje sljedeće korekcije:

- Povećanje dimenzija cjevovoda dopreme ogrjevnog medija do ogrjevnih tijela (radijatori/ventilokonvektori/podno itd.) jer se ista količina topline sada mora predati sustavu uz manju temperaturnu razliku polaza i povrata, dakle povećava se količina protoka ogrjevnog medija u sustavu
- Povećanje ogrjeвне površine (dimenzije!) ogrjevnih tijela jer se ista količina topline mora predati uz smanjenu srednju temperaturu između ogrjevnog tijela i prostora što je ključno za prijenos topline konvekcijom i radijacijom. Zbog toga je kod kondenzacijske tehnike **poželjan izbor površinskih grijanja** (velika površina niske temperature) umjesto standardnih radijatora /ventilokonvektora čija veličina postaje otegotni i ograničavajući faktor primjene niskog temperaturnog režima



Veličina radijatora:



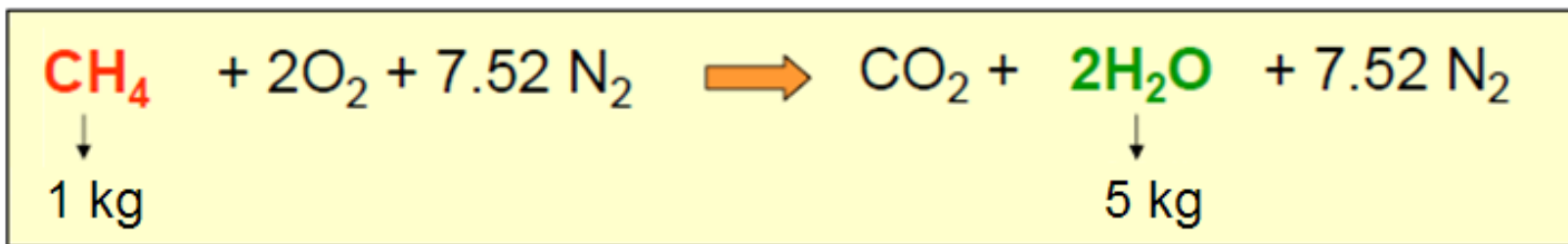


Veći udio CO_2 u dimnim plinovima uzrokuje višu temperaturu kondenzacije i posljedično **više nastalog kondenzata**.

Na količinu CO_2 u dimnim plinovima najviše utječe plamenik —→ faktor pretička zraka λ .

Što je λ vrijednost bliža 1, plamenik ima veći stupanj korisnosti.

Koliko će kondenzata nastati?



Teorijski izgaranjem 1 kg prirodnog plina nastaje oko 4,7 kg vode



Prema Europskoj klasifikaciji za plinske kotlove (EN 297 za B tip kotla i EN 483 za C tip kotla) izvršena je **podjela kotlova u 5 kategorija, prema proizvodnji (NO_x).**

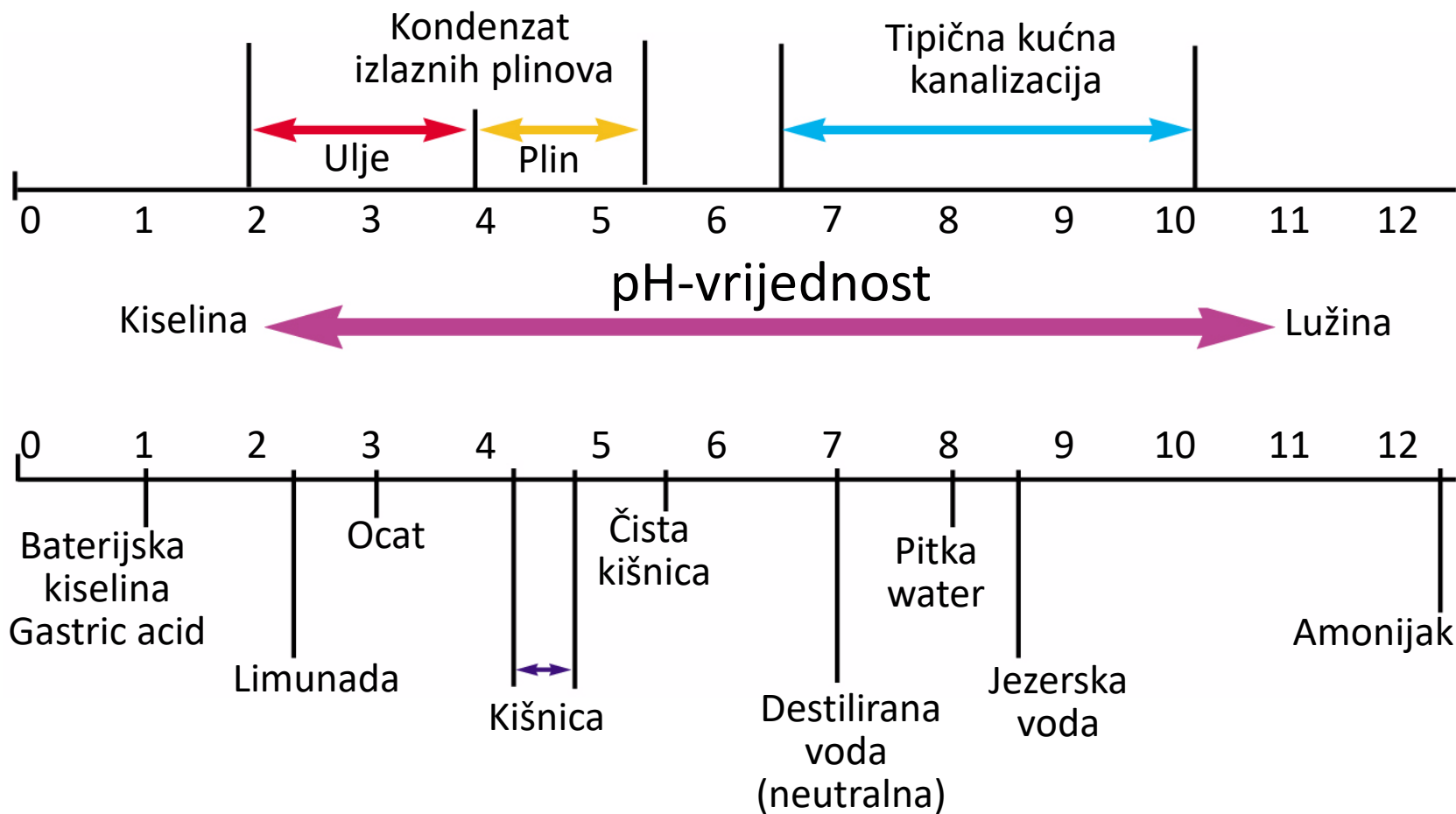
NO _x Class	NO _x emission limits in mg/kWh
1	260
2	200
3	150
4	100
5	70



UTJECAJ KONDENZATA NA STJENKE IZMJENJIVAČA KOTLA

Ostvarivanjem uvjeta za kondenzaciju, te njezinom pojavom unutar kotla, dolazi do utjecaja agresivnog kiselog medija na stjenke izmjenjivača kotla. Stoga **materijal za izradu** istih mora imati sljedeća svojstva:

- Visoku otpornost na koroziju
- Visoku čvrstoću tankih stjenki
- Dobru sposobnost mehaničkog oblikovanja
- Pouzdanost





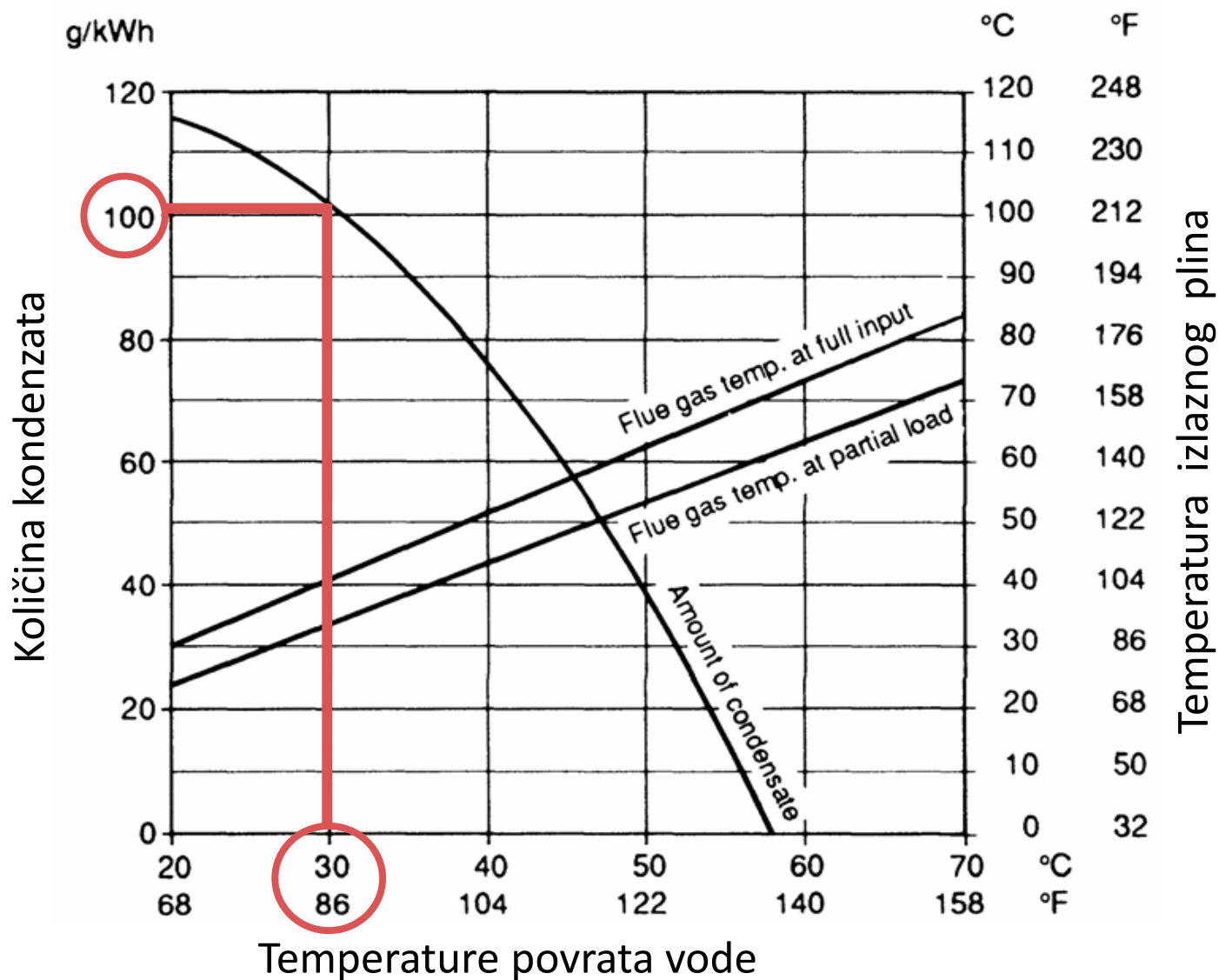
- **pH kondenzata je između 3 i 5**
- ispuštanje kondenzata u kanalizaciju je zakonski regulirano u nekim državama

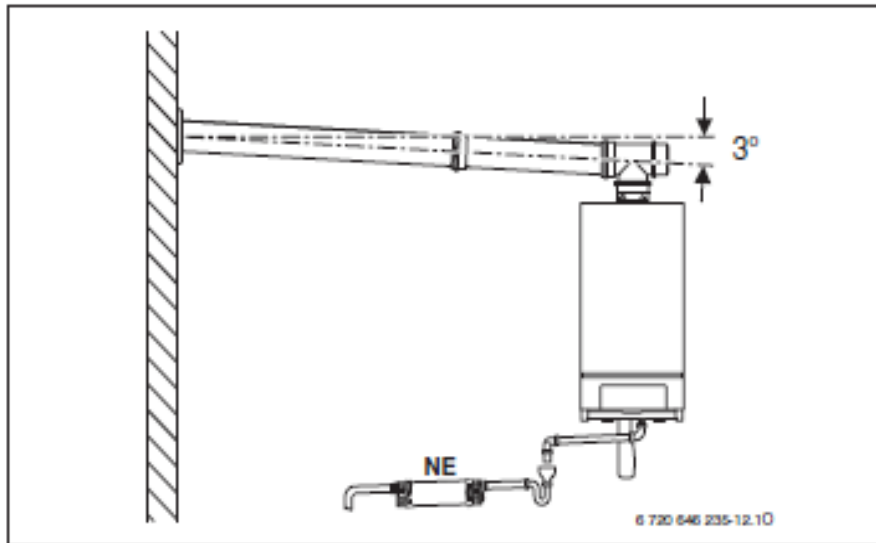
U kondenzatu se nalaze **tragovi onečišćenja** (npr. teški metali, kiselina, itd.) koji dolaze iz

- zraka;
- goriva;
- konstrukcijskih metala iz kojih su izgrađeni gorionik i primarni izmjenjivač topline

Treba se koristiti dobra tehnička praksa na način da se kondenzat prije ispuštanja u kanalizaciju neutralizira tipskim setovima.

Kondenzat iz plinskih kondenzacijskih kotlova smije se u pravilu odvoditi bez neutralizacije u javni kanalizacijski sustav do nazivnog toplinskog učina od 200 kW.



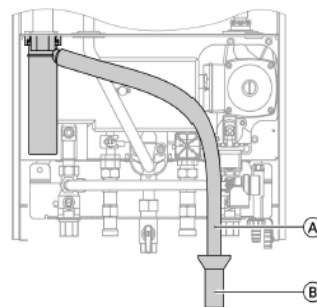


Treba se pridržavati važećih propisa za vodove odvodnje iz zgrade i lokalnih propisa u mjestu instaliranja. Posebno treba osigurati da odvodna cijev bude propisno provjetravana i da **slobodno** završava u odvodnom lijevku sa sifonom (slika). Time sifon ne može usisati na prazno i nije moguće zadržavanje kondenzata u kondenzacijskom kotlu.

Primjer Odvod kondenzata iz plinskog kondenzacijskog kotla i dimovodne cijevi, kroz uređaj za neutralizaciju

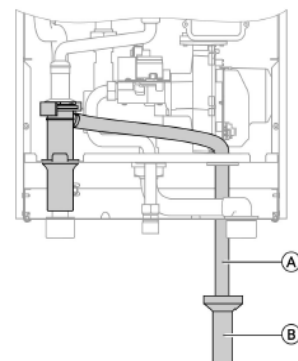
NE Uređaj za neutralizaciju

Lijevkasti odvod sa sifonom i rozetom



Vitodens 200-W do 35 kW

- (A) Crijervo za odvod (opseg isporuke Vitodens)
- (B) Set odvodnih lijevaka (pribor)

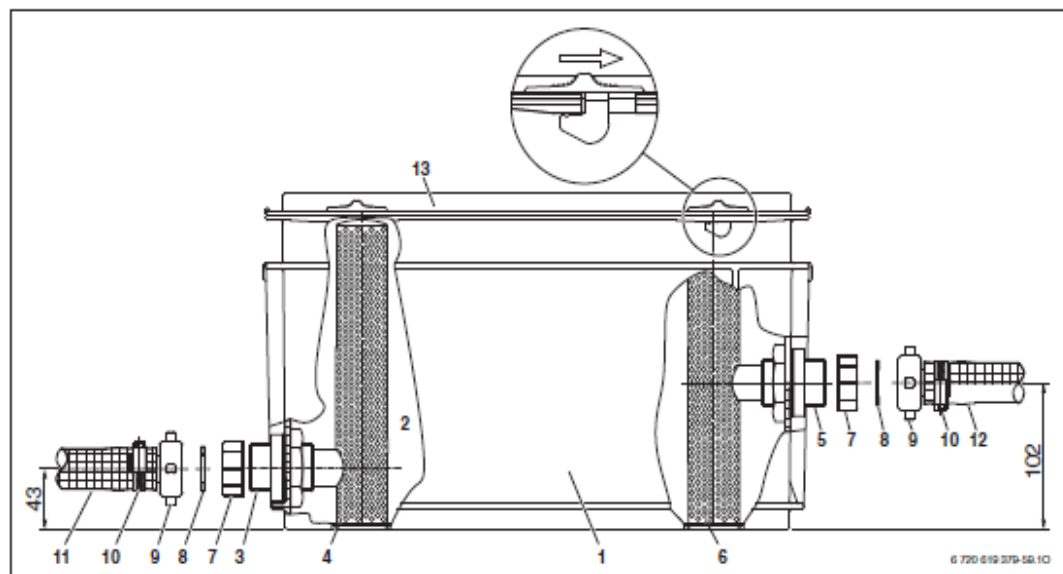


Vitodens 200-W od 45 kW

- (A) Crijervo za odvod (opseg isporuke Vitodens)
- (B) Set odvodnih lijevaka (pribor)

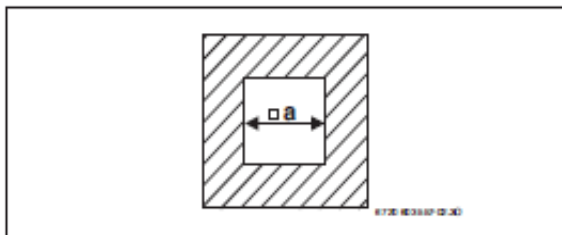
Uređaj za neutralizaciju kondenzata

Uređaj za neutralizaciju kondenzata, sastoji se od plastičnog kućišta s komorom za granulat za neutralizaciju, uspornog područja (akumulacije) za neutralizirani kondenzat, kao i pumpe za kondenzat upravljane preko razine, transportne visine od cca. 2,0 m.

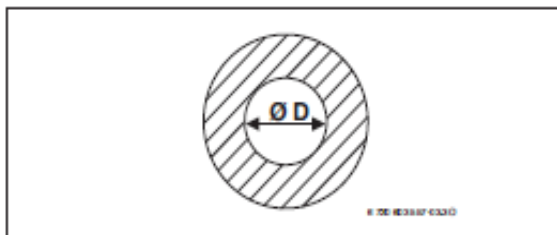


- 1 Kutija za neutralizaciju s poklopcem
- 2 Komora za punjenje s granulatom za neutralizaciju (10 kg)
- 3 Dovodni priključni nastavak G 1
- 4 Cijev filtra
- 5 Odvodni priključni nastavak G 1
- 6 Cijev filtra
- 7 Zaštitna kapa
- 8 Ravna brtva O 30 x 19 x 2 mm
- 9 Zaštitni tuljak DN 19 sa završnom maticom G1
- 10 Obujmica crijeva O 20 - 32 mm
- 11 Dovodno crijevo DN 19 x 1,5 m dužine
- 12 Odvodno crijevo DN 19 x 1,0 m dužine
- 13 Poklopac

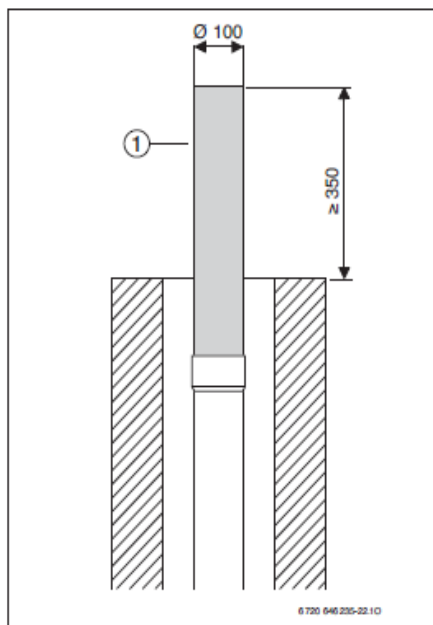
Dimovodno okno kondenzacijskog uređaja



AZB	a_{min}	a_{max}
Ø 100 mm	140 mm	300 mm

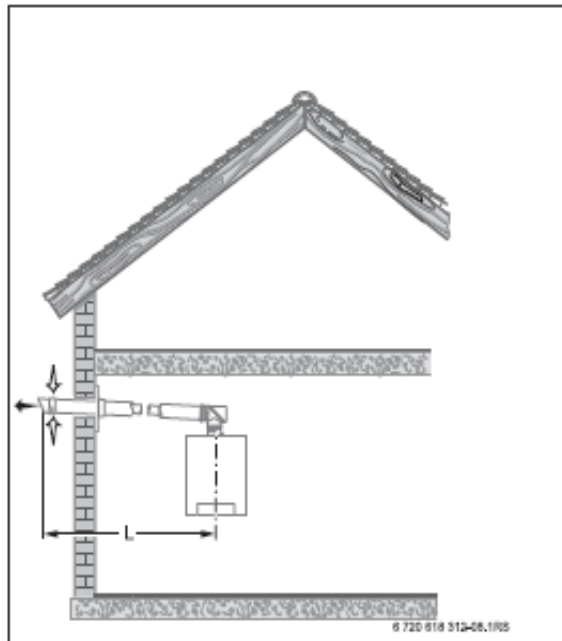


AZB	D_{min}	D_{max}
Ø 100 mm	160 mm	300 mm

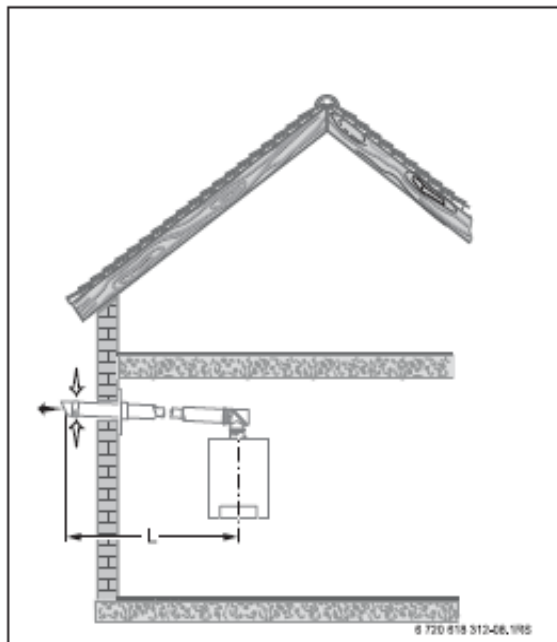


Pokrivanje okna ili dimnjaka izvodi se s poklopcem okna
 Dimovodna cijev mora za najmanje 350 mm
 nadvisivati rub okna ili dimnjaka.

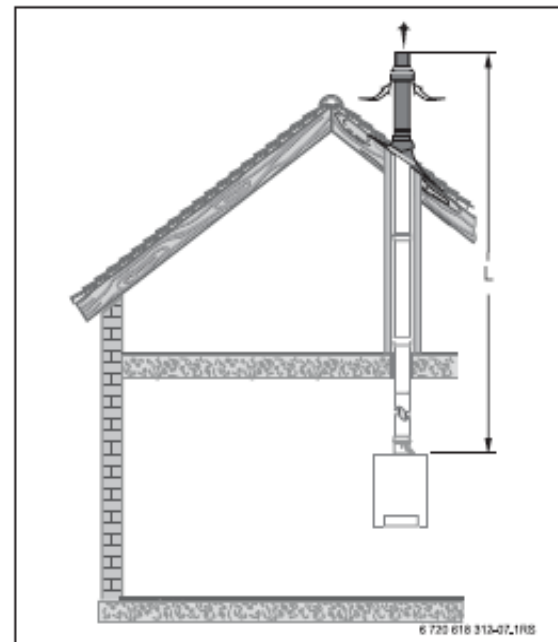
Dimovodni sustavi za pogon kotla neovisan od zraka u prostoriji



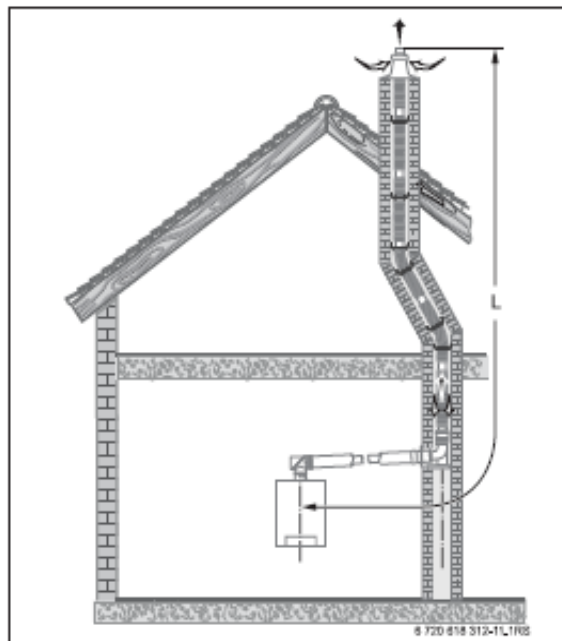
Slika 45 C_{13} : Dovod zraka/odvod dimnih plinova kroz koncentričnu cijev $\varnothing 100/150$ mm, horizontalno kroz pročelje



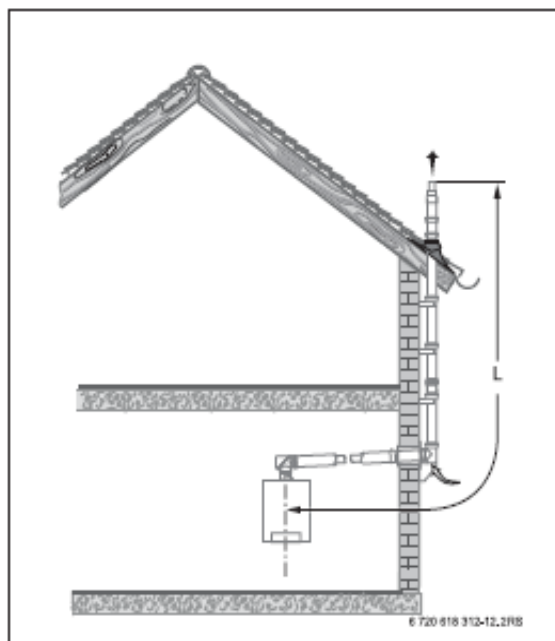
Slika 46 C_{13} : Dovod zraka/odvod dimnih plinova kroz koncentričnu cijev $\varnothing 100/150$ mm, horizontalno kroz pročelje



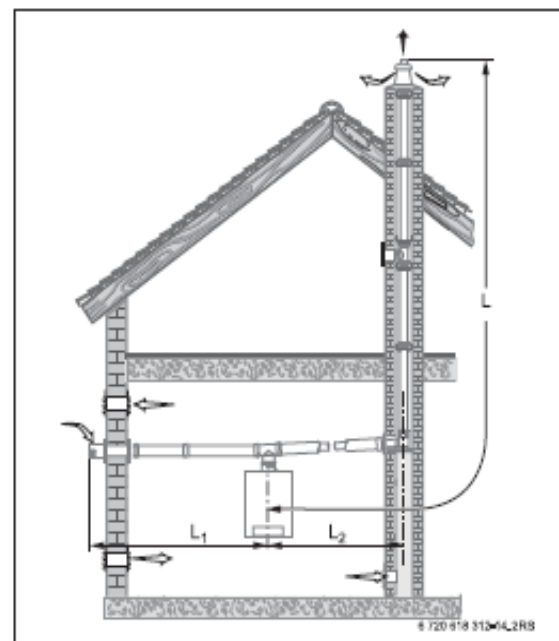
Slika 47 C_{33} : Dovod zraka/odvod dimnih plinova kroz koncentričnu cijev $\varnothing 100/150$ mm, vertikalno iznad krova



Slika 48 C_{93} : Dovod zraka/odvod dimnih plinova u dimovodnom oknu, kroz savitljivu cijev $\varnothing 100$ mm i u protustruji



Slika 50 C_{53} : Dovod zraka/odvod dimnih plinova kroz koncentričnu cijev $\varnothing 100/150$ mm, na pročelju



Slika 51 C_{53} : Odvod dimnih plinova u dimovodnom oknu $\varnothing 100$ mm, vođenje zraka na pročelju

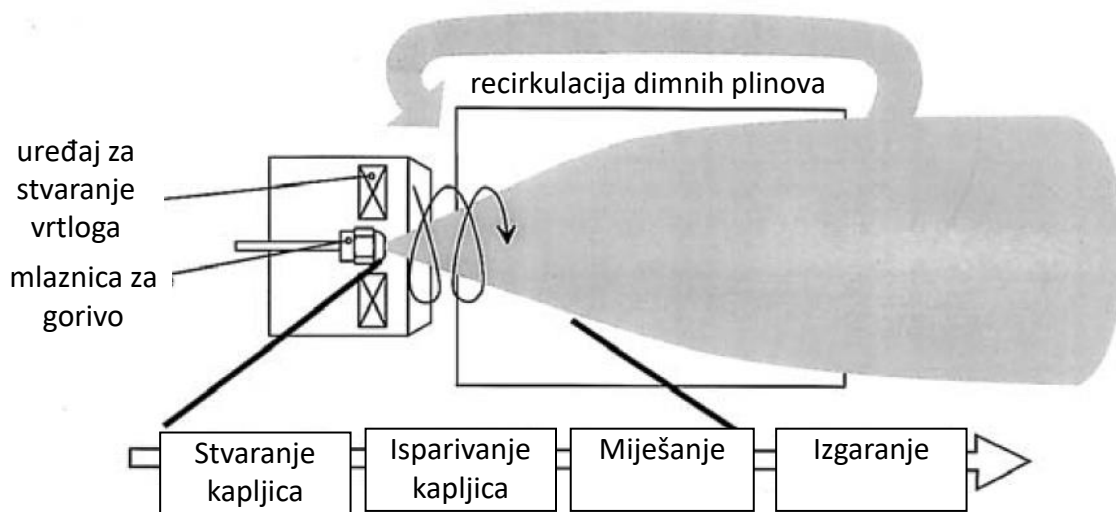
Iskorištenje topline sadržane u dimnim plinovima kod primjerne kondenzacijske tehnike dovelo je do **uštede energije do 15%** u odnosu na konvencionalne uređaje.



Plamenici kotlova

Uljni plamenici

Da bi gorivo sagorilo, moraju se pomiješati molekule goriva i zraka. U slučaju izgaranja loživog ulja, ulje i zrak su u različitim agregatnim stanjima, pa *ulje prije izgaranja treba ispariti*. Zato gorivo treba preko što veće površine biti u kontaktu sa vrelim plinovima izgaranja. Za to se gorivo ili raspršuje, ili ispušta u obliku sloja. Najčešće u kružno raspoređenim mlazevima zrak ulazi i miješa se s parom goriva. U zoni reakcije se oslobađa energija sadržana u gorivu. Programiranim upravljanjem se vodi funkcija uključivanja i kontrole, čime se omogućuje automatski pogon plamenika.



U pogledu konstrukcije plamenika moguće su sljedeće podjele:

Prema pripremi goriva (osnovna podjela):

- s raspršivanjem ulja pod tlakom,
- s injekcionim raspršivanjem ulja,
- s ultrazvučnim raspršivanjem ulja,
- s rotacionim raspršivanjem ulja i
- plamenici gdje gorivo dolazi u tankom sloju.

Prema pripremi zraka postoje plamenici:

- s ventilatorom,
- bez ventilatora,
- s kompresorom i
- s predgrijavanjem zraka.

Prema pripremanju gorive smjese postoje plamenici:

- s pripremom smjese prije paljenja (kratko: difuzioni plamenici),
- s miješanjem ispred plamena i
- s djelomičnim miješanjem ispred plamena.

Prema načinu stabilizacije dijele se na plamenike:

- sa stabilizacijom preko zaustavnog diska za vraćanje strujanja (rotacioni plamenici),
- sa stabilizacijom putem smanjenja topline (površinski).

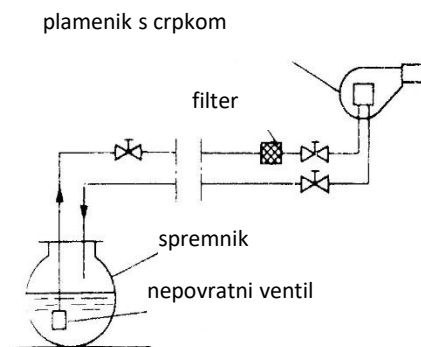
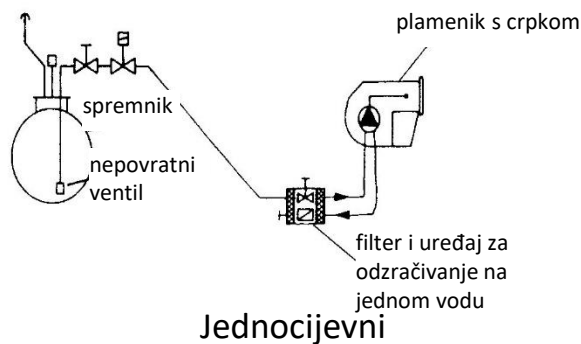
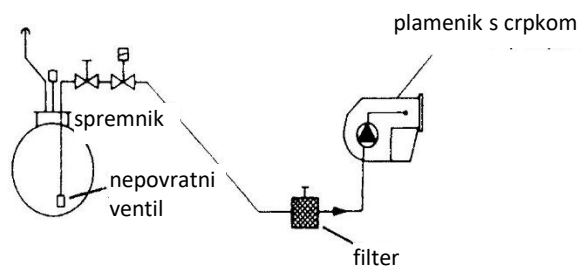
Povezivanje uljnih plamenika na spremnik goriva

Uljni cjevovodi između spremnika i plamenika mogu se postaviti kao jednocijevni i dvocijevni.

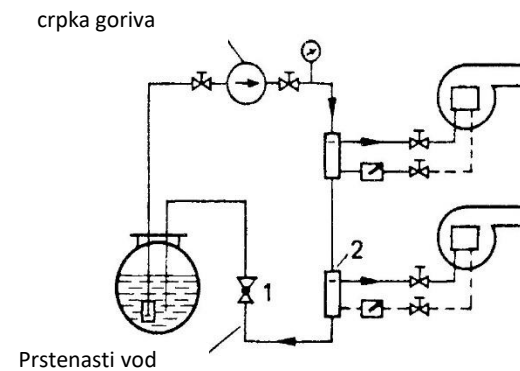
Jednocijevni sustavi imaju samo jedan vod za ulje između spremnika i plamenika. Sustav s jednim vodom predviđen je za mala postrojenja s gravitacijskim dovodom ulja.

Dvocijevni sustavi imaju jedan razvodni i jedan povratni vod za ulje. Višak ulja i eventualni zrak se vraćaju u spremnik (slika u sredini)

Veća postrojenja s više plamenika imaju prstenasti vod s crpkom (desna slika).



Dvocijevni



Dvocijevni – prstenasti

1 – ventil za reduciranje tlaka

2 - odzračivanje



Plinski plamenici: Podjela plinskih plamenika može se izvršiti prema nekoliko kriterija

Prema pripremi smjese:

- plamenik s miješanjem ispred plamena
- plamenik s djelomičnim miješanjem ispred plamena
- plamenik s miješanjem u plamenu (difuzijski plamenik)
- katalitički plamenik

Prema vrsti plina:

- plamenik za gradski i daljinski plin
- plamenik za zemni plin:
 - H-plinski plamenik
 - L-plinski plamenik
 - LL-plinski plamenik
- plamenik za ukapljeni plin
- plamenik za više plinova i plamenik za sve plinove

Prema načinu dovođenja zraka:

- plamenik s ventilatorom
- plamenik bez ventilatora



Prema tlaku plina:

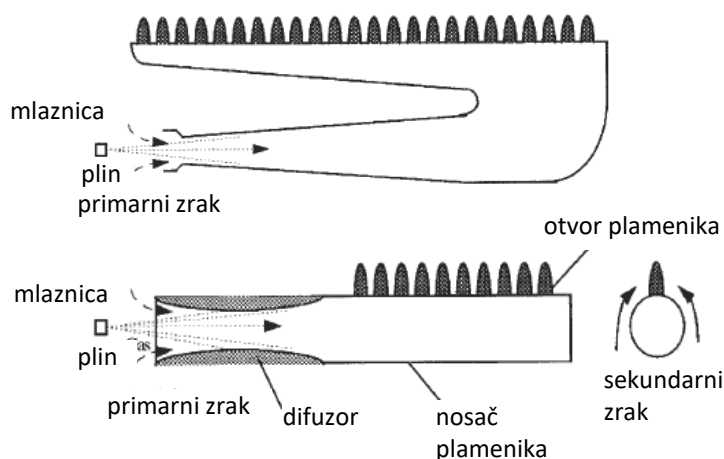
- plamenik niskog tlaka (5...50 hPa plinskog tlaka)
- plamenik visokog tlaka (50...300 kPa odn. 0,5...3,0 bar plinskog tlaka)

Prema načinu rada:

- plinski plamenik s ručnim uključivanjem
- poluautomatski plinski plamenik: glavni plamen se pali pomoću inicijalnog plamena koji stalno gori: pri puštanju u rad preko piezo-upaljača se pali inicijalni plamen koji dalje ima termoelektrično upravljanje
- potpuno automatski plinski plamenik: plamen se pali direktno električno ili se pak paljenje vrši na mlaznici za gorivo. Ionizacijska sonda se nalazi na najudaljenijem štapu ili u ivičnoj zoni plamenika. Ukoliko se u sigurnosnom vremenu ne pojavi plamen, uređaj za automatsko paljenje će prekinuti dovodjenje goriva i isključiti plamenik uz signaliziranje smetnji. Inicijalni plamen koji trajno gori, ovdje nije potreban. Za male atmosferske plamenike se danas uglavnom primenjuje potpuno automatsko paljenje.

Plinski atmosferski plamenici

Kao i kod ranije opisanih plinskih uređaja sa zračenjem, kod plamenika bez ventilatora priprema gorive smjese plina i zraka je po principu injektora. Plin se pod visokim tlakom ubrizgava u cijev za miješanje preko mlaznice. Zbog velike brzine stvara se na ulazu cijevi za miješanje podtlak uslijed kojeg se usisava zrak. Zrak i plin se dalje u cijevi miješaju, a nastala djelomična ili potpuna smjesa se ravnomjerno raspoređuje na propusno reakcijsko tijelo (izrađeno iz keramike, metalnog tkanja...). Paljenje je električno ili inicijalnim plamenom.



Plinski atmosferski plamenici: injekcijski plamenik s pločastim reakcijskim tijelom (gore) i injekcijski plamenik s cilindričnim reakcijskim tijelom (dolje)



Plinski plamenici s ventilatorom

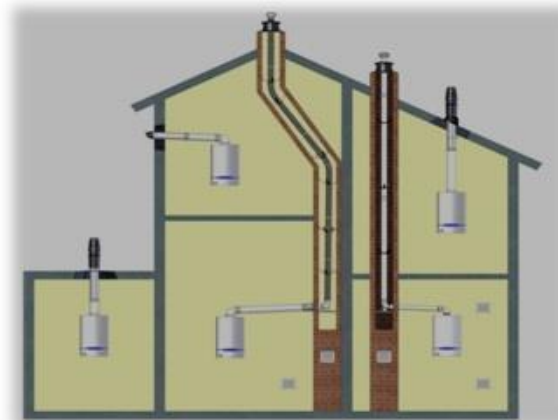
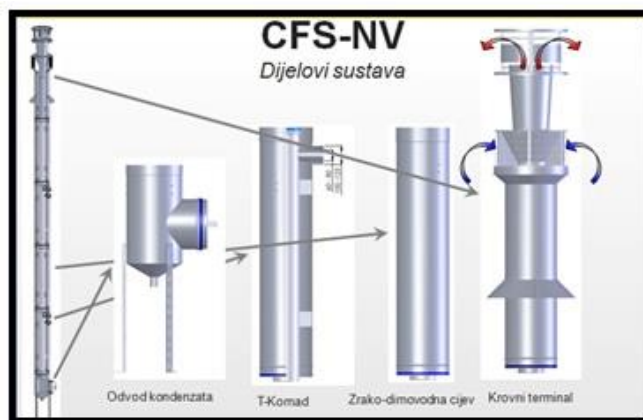
Zrak za izgaranje dovodi se pomoću ventilatora, pa je ovisnost ovih plamenika o podtlaku dimnjaka jako smanjena u usporedbi s atmosferskim plamenicima. Miješanje plina i zraka odvija se ili ispred ili iza ventilatora. Prednost im je točno doziranje količine zraka, čime se osigurava bolje miješanje, pogonska sigurnost i bolji stupanj korisnosti.

Plamenici s ventilatorima sadrže:

- ventilator s motorom,
- vod za plin, filter, regulator tlaka, magnetni ventil, presostat,
- cijev plamenika sa zaustavnim diskom (kod difuzijskog plamenika), propusnim reakcijskim elementom (plamenik s predmiješanjem) ili katalitičkim reakcijskim elementom (katalitički plamenik).
- opremu za paljenje
- opremu za upravljanje i sigurnosne uređaje (presostat, uređaj za kontrolu plamena)

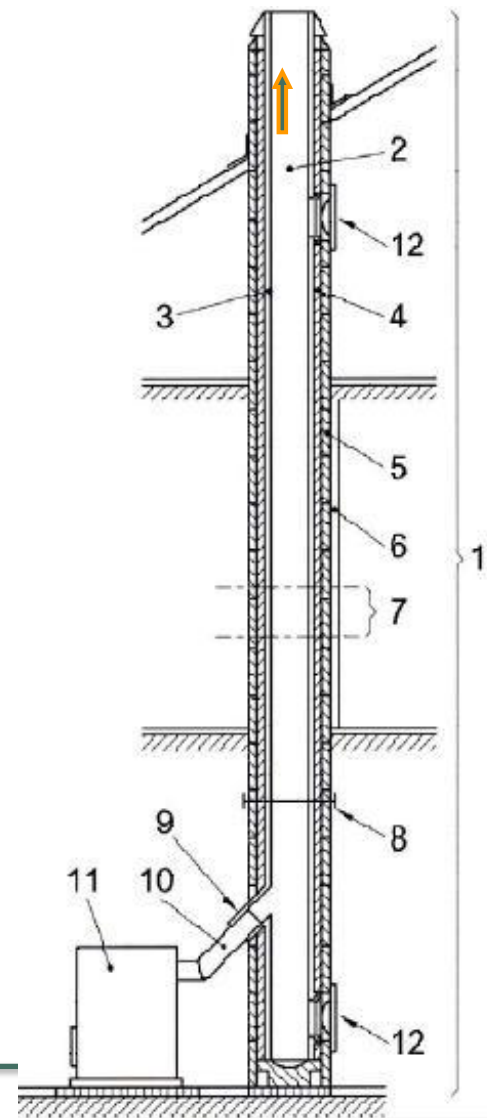
DIMOVODNI SUSTAVI

- dimovodni sustavi su **sastavni dio sustava grijanja i drugih energetske postrojenja** u kojima se kemijska energija goriva procesom izgaranja pretvara u toplinsku energiju,
- dimnjak je element sustava koji **služi za kontrolirano odvođenje dimnih plinova** nastalih izgaranjem u ložištu nekog izvora topline u okolicu,
- dimnjak je **okomiti kanal u zgradi ili izvan nje** koji se sastoji od **nosive konstrukcije s jednom ili više unutarnjih cijevi** za protok dimnih plinova



Osnovni dijelovi dimovodnih instalacija su:

1. Dimnjak
2. Zračni prostor za prolaz dimnih plinova
3. Dimovodna cijev
4. Toplinska izolacija
5. Vanjska stijenka
6. Omotač
7. Sekcija dimnjaka
8. Višeslojni dimnjak
9. Priključak na dimnjak
10. Spojna dimovodna cijev
11. Uređaj za loženje
12. Otvor za kontrolu i čišćenje





OSNOVNE FUNKCIJE DIMOVODNIH SUSTAVA

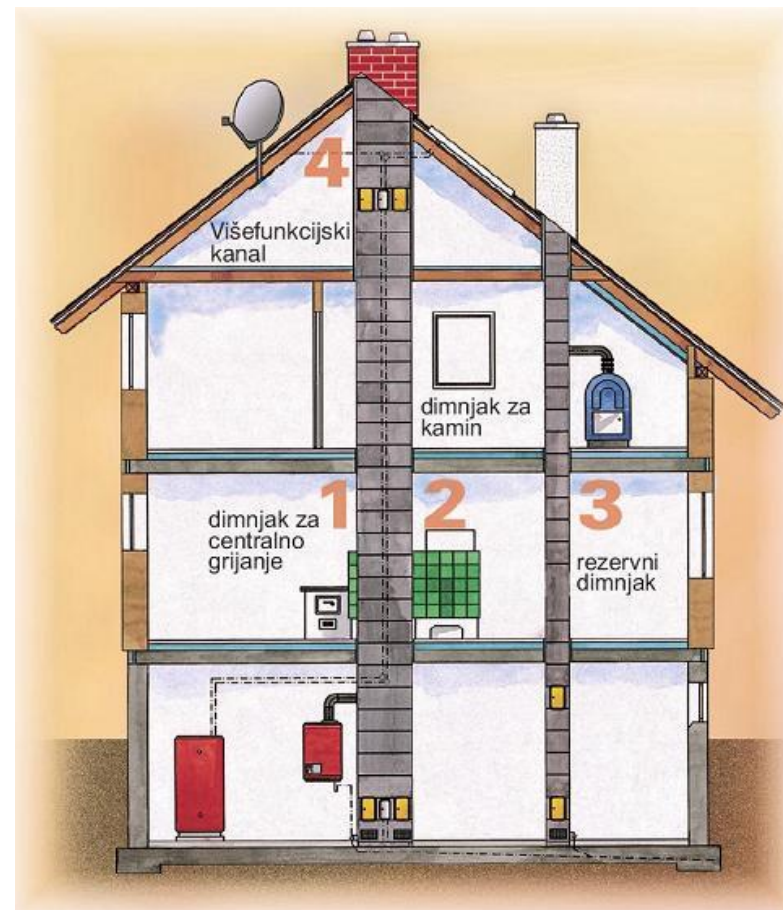
- neometano odvođenje dimnih plinova u okolinu,
- sprječavanje nekontroliranog ulaska dimnih plinova u prostoriju,
- kontrolirana odvodnja kondenzata nastalog kondenzacijom dimnih plinova,
- osiguravanje podtlaka potrebnog za svladavanje otpora u ložištu, dimovodnoj cijevi i dimnjaku (kod atmosferskih ložišta).

OPĆE KARAKTERISTIKE DIMNJAKA

- dimnjaci se u pravilu postavljaju u unutrašnjost zgrade,
- iznutra moraju biti glatki i nepropusni te konstantnog presjeka,
- konstrukcija dimnjaka mora osigurati njegovu postojanost i otpornost na temperature i koroziju,
- visina dimnjaka određena je visinom zgrade,
- za izbjegnuti utjecaj vjetrova i susjednih objekata potrebno je visinu dimnjaka prilagoditi stanju na terenu,
- temperatura dimnih plinova najviša je na ulazu u dimnjak i postupno opada prema vrhu,
- potrebno je osigurati da se dimni plinovi na svom putu ne ohlade do temperature kondenzacije (osim kod kondenz. ložišta).

OSNOVE I OPĆE KARAKTERISTIKE

- 1. Dimnjak za centralno grijanje, odnosno glavna peć za grijanje**
Preuzima odvod izlaznih dimnih plinova ložišta centralnog grijanja i čini ga samostalnim i neovisnim.
- 2. Dimnjak za kamin**
Omogućuje ugradnju sobnog otvorenog ili zatvorenog kamina.
- 3. Sigurnosni, pričuvni dimnjak**
Svake zime aktualna „plinska“ kriza, potaknula je pitanje postojanja alternativnih izvora grijanja u slučajevima problematičnih isporuka plina. Jedini preduvjet korištenja alternativnih izvora grijanja je sigurnosni dimnjak, u pravilu za kruta goriva (min. površina presjeka 200 cm^2).
- 4. Višefunkcionalni ventilacijski kanal**
Koristi se u svrhu ventiliranja prostorija, ili za provođenje instalacija, kao što su cijevi za centralno grijanje, klimu, satelitske antene i još mnogo toga.

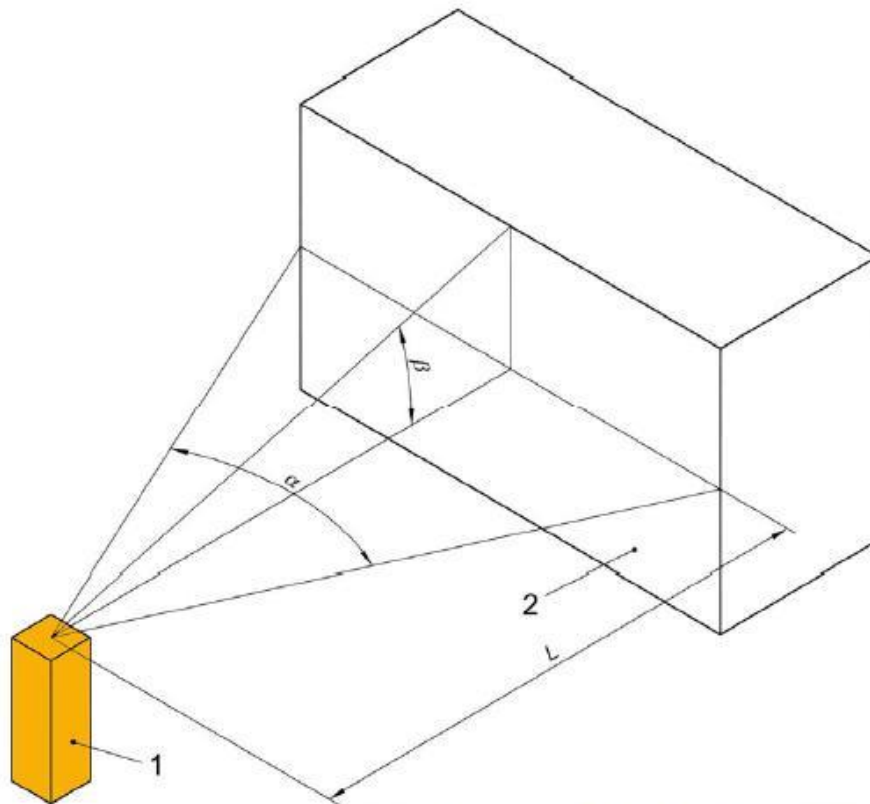


Različite konfiguracije dimnovodnih instalacija obiteljskog objekta (Sustav 3+1)

UTJECAJ SUSJEDNIH OBJEKATA NA DIMNJAK

Mora se uzeti u obzir ako je:

- horizontalna udaljenost između dimnjaka i objekta **$L < 15 \text{ m}$**
- kut pod kojim se vidi objekt s vrha dimnjaka **$\alpha > 30^\circ$**
- kut pod kojim se s vrha dimnjaka vidi gornja granica susjednog objekta **$\beta > 10^\circ$**



Utjecaj susjednih objekata na dimnjak prema HRN EN 13384-1 ¹⁾
1–dimnjak, 2–susjedna zgrada



VRSTE DIMNJAKA

1. Prema vrsti izrade

- jednoslojni
- višeslojni
- s ograničenom otpornošću na temperaturu
- neosjetljivi na vlagu (kod niskotemperaturnih i kondenzacijskih kotlova)

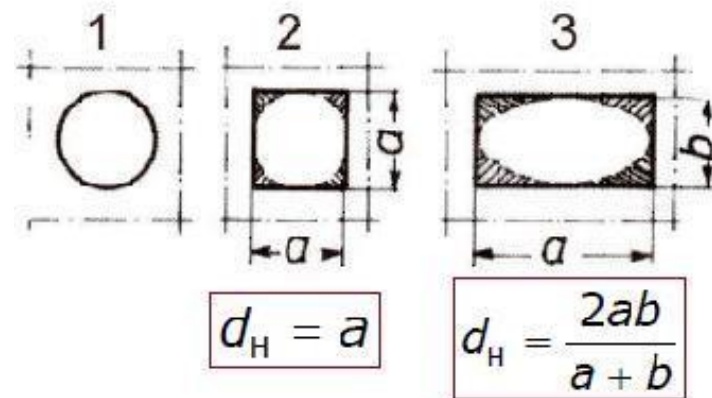


2. Prema izgledu presjeka

- kvadratni (jednoslojni dimnjaci od opeke)
- pravokutni (najviši dopušteni odnos je 1:1,5)
- kružni (najpovoljniji jer ima najmanju oplakivanu površinu)
- zaobljeni kvadratni
- ovalni

Presjek dimnog kanala u dimnjaku:

1. kružni
2. kvadratni
3. pravokutni

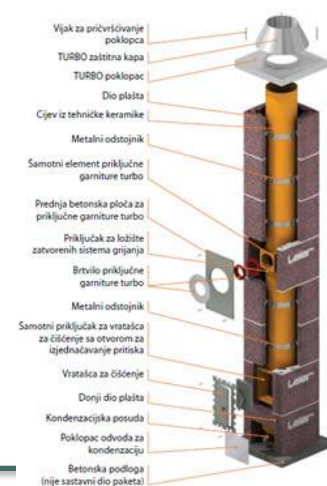
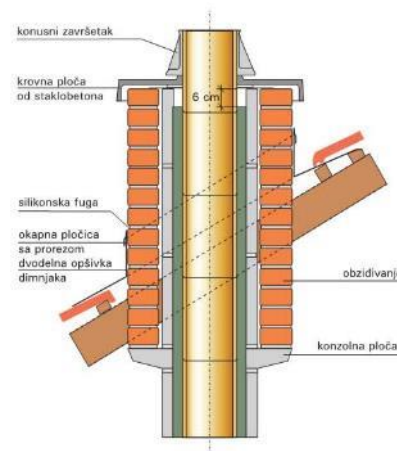


Za proračun brzine strujanja dimnih plinova potrebno je izračunati hidraulički promjer d_H :

$$d_H = \frac{4A}{O}$$

A - površina presjeka kanala, [m²]

O - opseg oplakivane površine kanala, [m]



3. Prema mjestu postavljanja

- u objektu
- prislonjen uz objekt
- samostojeći

4. Prema materijalu unutarnje cijevi

- od opeke
- šamotni
- keramički za niskotemperaturne i kondenzacijske kotlove
- nehrđajući
- polimerni (plastični) za kondenzacijske kotlove
- stakleni za niskotemperaturne i kondenzacijske kotlove



5. Prema vrsti gradnje dimnjaka

- dimnjaci iz opeke
- dimnjaci izvedeni iz predfabriciranih elemenata
- dimnjaci iz više slojeva (toplinski izolirani)
- specijalni dimnjaci iz nehrđajućih materijala za kondenzacijske kotlove

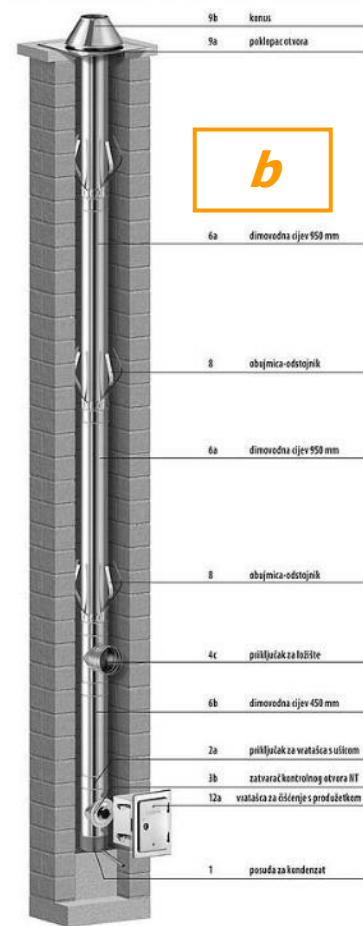
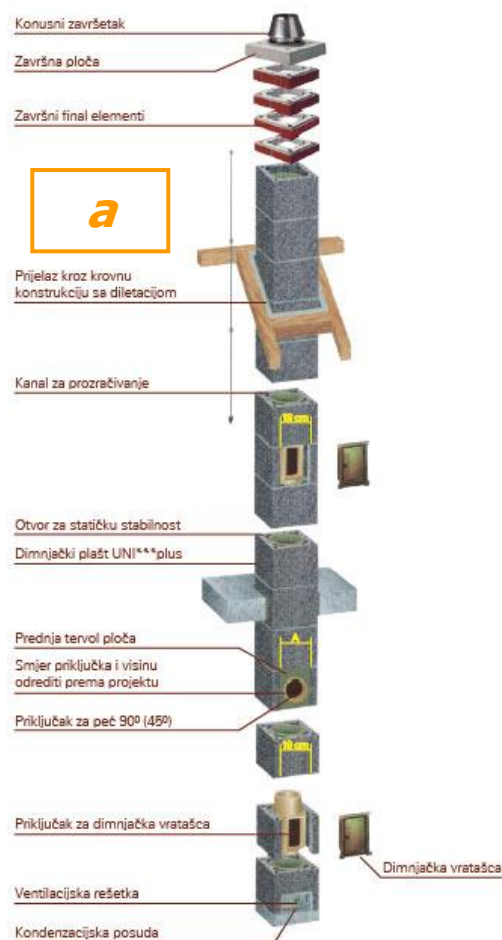


VRSTE DIMNJAKA Primjeri izvedbe



Dimnjak prislonjen uz objekt

- dimovodna cijev → teh. keramika
- topl.izolacija → min. vuna 60 mm
- vanjski plašt → nehrđajući čelik



Dimnjaci u objektu

a - tehnička keramika

b - nehrđajući čelik



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Tehnički propis za dimnjake u građevinama (NN 03/07) se ne odnosi na samostojeće dimnjake i dimnjake koji su isključivo u funkciji proizvodnog procesa.



Prislonjeni dimnjak pekarnice



Industrijski samostojeći dimnjak



VRSTE DIMNJAKA Prema otporu prolazu topline

Prema otporu prolazu topline prema HRN DIN 18160:

Grupa I: novi višeslojni dimnjaci s otporom prolazu topline:

$$\geq 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Grupa II: zidani dimnjaci s debljinom zida min. 24 cm i ostali višeslojni dimnjaci i s otporom prolazu topline:

$$\geq 0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Grupa IIa: stariji višeslojni dimnjaci i s otporom prolazu topline:

$$\geq 0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

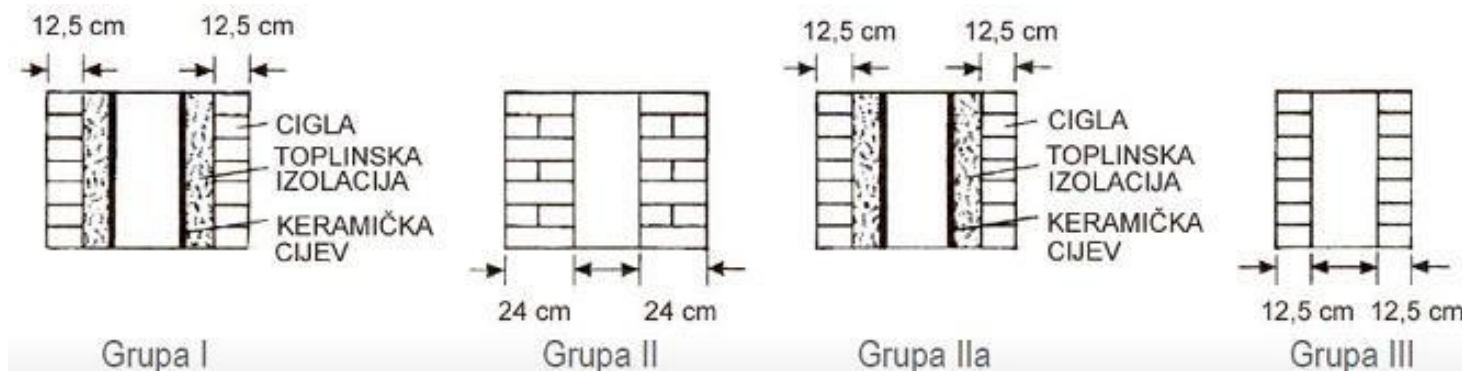
Grupa III: zidani dimnjaci s debljinom zida minimalno 12,5 cm, ostali jednoslojni dimnjaci od lakog betona od opeke, s otporom prolazu topline:

$$\geq 0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Grupa IV: neizolirani dimnjaci (ovi dimnjaci dopušteni su samo u izuzetnim slučajevima!)

VRSTE DIMNJAKA **Klasifikacija grupe gradnje**

KLASIFIKACIJA GRUPE GRADNJE DIMNJAKA





PRINCIP RADA DIMOVODNOG SUSTAVA – PODTLAK U DIMNJAKU

temelji se na razlici gustoće vanjskog zraka ρ_{zr} i dimnih plinova ρ_{dp} (srednja vrijednost gustoće vrućih dimnih plinova) → javlja se uzgon koji uzrokuje strujanje dimnih plinova i podtlak dimnjaka (ako taj uzgon nije dovoljan, dimne plinove je potrebno odvoditi prisilno);

dimni plinovi imaju višu temperaturu nego okolni zrak stoga su specifično lakši i dižu se što je veća temperaturna razlika između dimnih plinova i okolnog zraka, te što je dimnjak viši, veći je i podtlak;

kotlovi na kruto gorivo i kotlovi s atmosferskim plamenikom – dimnjak mora osigurati podtlak dovoljan za savladavanje otpora kotla, spojne dimovodne cijevi i samog dimnjaka;

kotlovi s ventilatorskim plamenicima (pretlačni kotlovi) – plamenik stvara predtlak potreban za savladavanje otpora kotla, a dimnjak uzgonskim efektom savladava otpore u samom dimnjaku.

UZGONSKI EFEKT

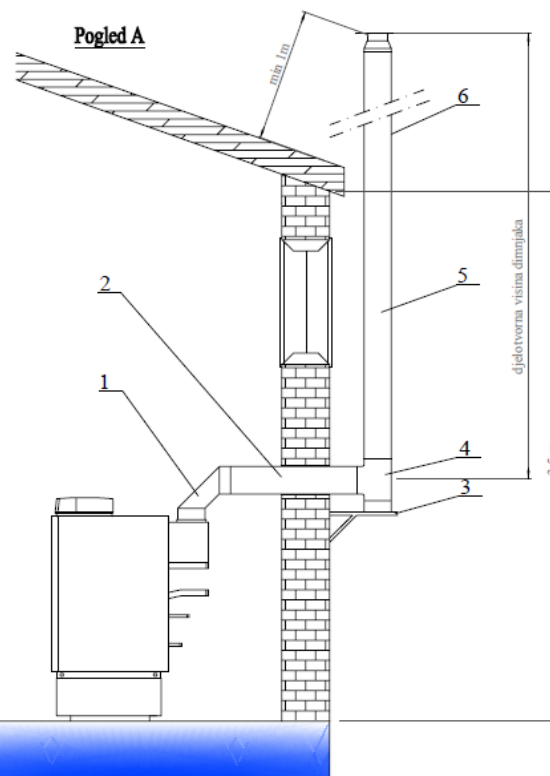
Podtlak na ulazu dimnih plinova u dimnjak (p_H) u stanju kad nema strujanja:

$$p_H = H \cdot (\rho_{zr} - \rho_{dp}) \cdot g \quad [\text{Pa}]$$

gdje su:

H – djelotvorna visina dimnjaka, [m]

g – ubrzanje sile teže $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



DIMNJAK

-svijetli promjer $d_u = 180 \text{ mm}$
 -djelotvorna visina $h = 5 \text{ m}$

LEGENDA:

- 1 Koljeno 90° , $D = 180 \text{ mm}$
- 2 Cijev $D = 180$, $l = 1000 \text{ mm}$
- 3 Odvajač kondenzata s konzolom $D = 180 \text{ mm}$
- 4 T komad 90° , $D = 180 \text{ mm}$
- 5 Cijev $D = 180 \text{ mm}$, $h = 5 \text{ m}$
- 6 Protukišna kapa $D = 180 \text{ mm}$



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA

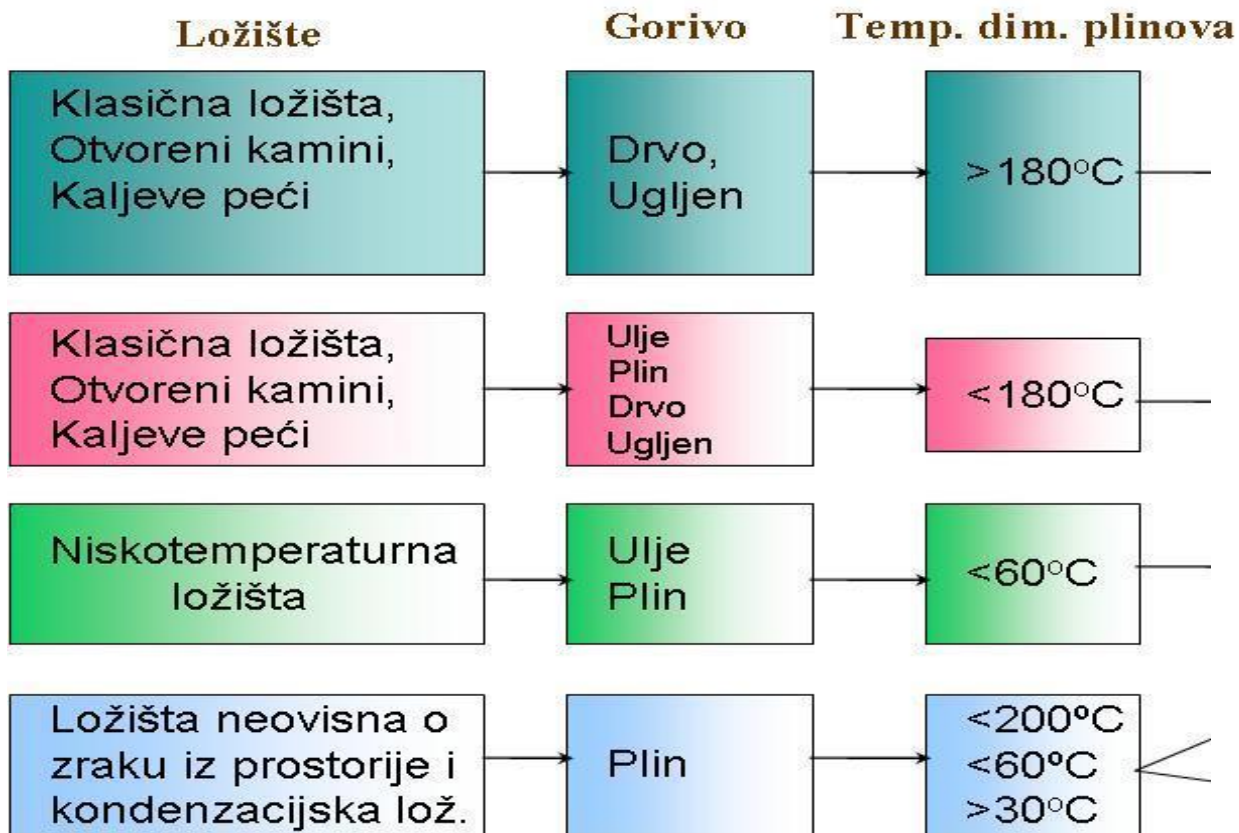
Dimenzioniranje dimnjaka određuje se prema vrsti dimnjaka, poprečnom presjeku i visini dimnjaka na osnovu slijedećih podataka:

- sustav grijanja,
- tip kotla,
- vrsta goriva,
- režim grijanja,
- konfiguracija terena.

Odgovarajuće dimenzioniran dimnjak osigurava ispravnu funkciju cijelog energetskeg postrojenja.

Dimnjak treba imati odgovarajući presjek za nastalu količinu dimnih plinova i visinu kako bi ostvario traženi podtlak.

Dimnjak treba biti izgrađen od odgovarajućih materijala (ovisno o vrsti ložišta i vrsti goriva).



Kombinacije ložišta i goriva s rezultirajućim temperaturama dimnih plinova



P_Z	korisni podtlak na ulazu u dimnjak
P_{ZO}	korisni predtlak na ulazu u dimnjak
P_H	statički propuh (tlak mirovanja)
P_R	pad tlaka zbog savladavanja otpora
P_L	tlak vjetra
P_W	pad tlaka u izvoru topline
P_{FV}	pad tlaka u spojnoj dimovodnoj cijevi
P_B	pad tlaka za dovod zraka za izgaranje
P_{Ze}	potrebni podtlak na ulazu u dimnjak
$P_{Zexcess}$	maksimalno dozvoljeni predtlak u dimovodnoj
priklijučku	

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Kriterij tlaka

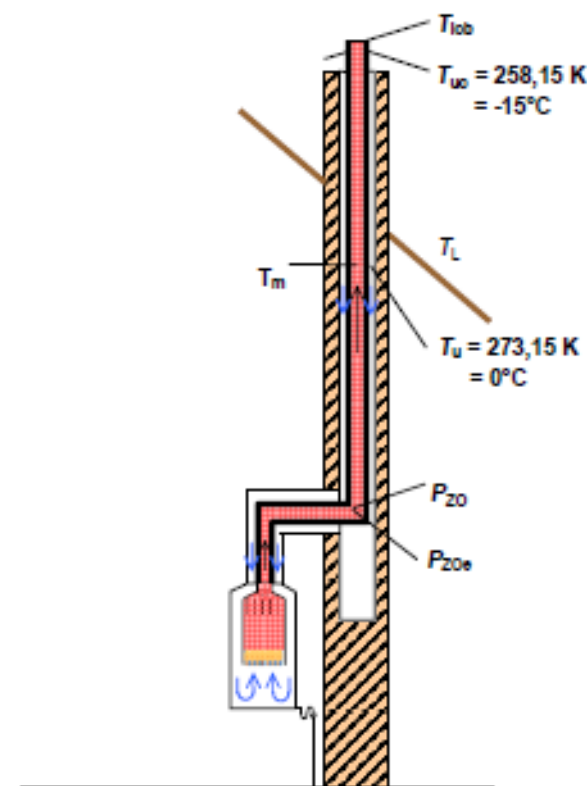
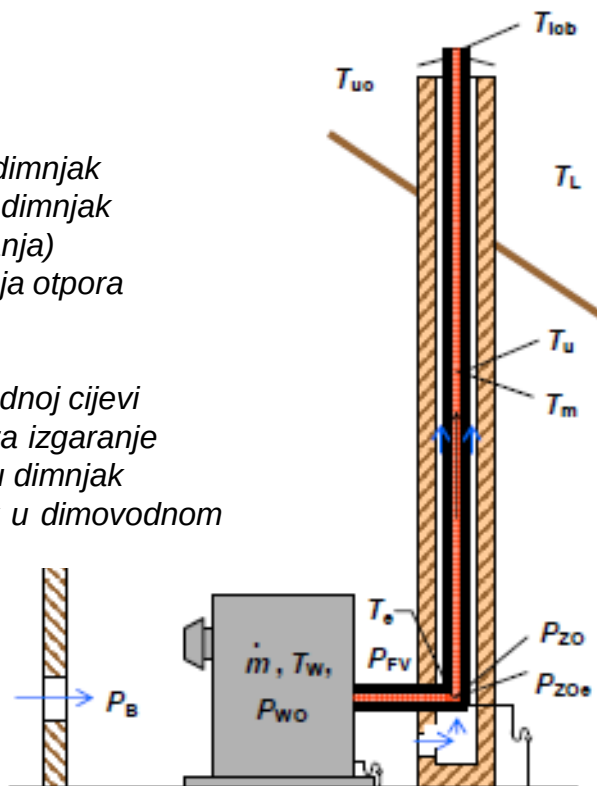
Predtlačna ložišta

$$P_{ZO} = P_R - P_H + P_L \leq P_{WO} - P_{FV} - P_B = P_{Ze} \text{ [Pa]}$$

$$P_{ZO} \leq P_{Zexcess}$$

Gdje slovne oznake predstavljaju:

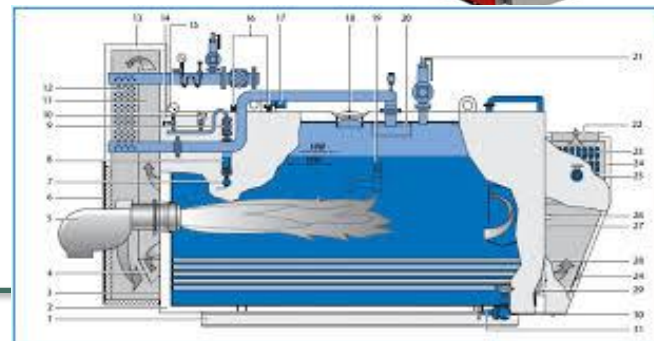
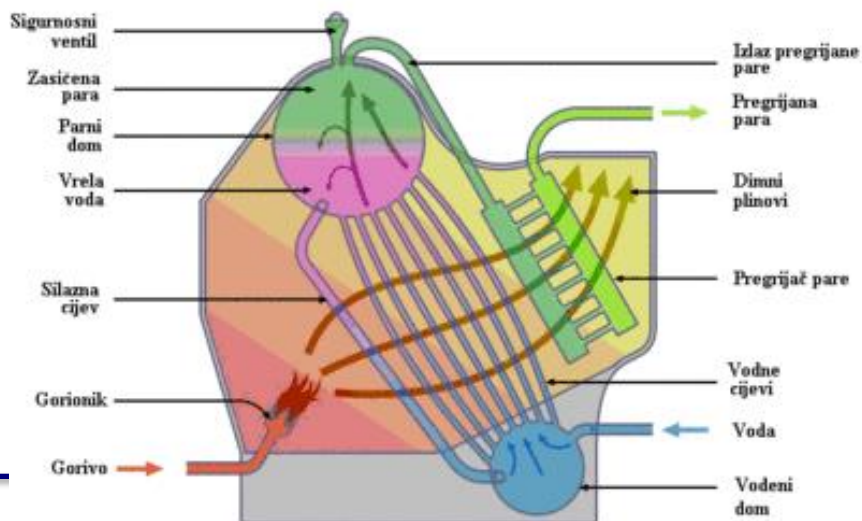
- P_Z korisni podtlak na ulazu u dimnjak
- P_{ZO} korisni predtlak na ulazu u dimnjak
- P_H statički propuh (tlak mirovanja)
- P_R pad tlaka zbog savladavanja otpora
- P_L tlak vjetra
- P_W pad tlaka u izvoru topline
- P_{FV} pad tlaka u spojnoj dimnovodnoj cijevi
- P_B pad tlaka za dovoz zraka za izgaranje
- P_{Ze} potrebni podtlak na ulazu u dimnjak
- $P_{Zexcess}$ maksimalno dozvoljeni predtlak u dimnovodnom priključku



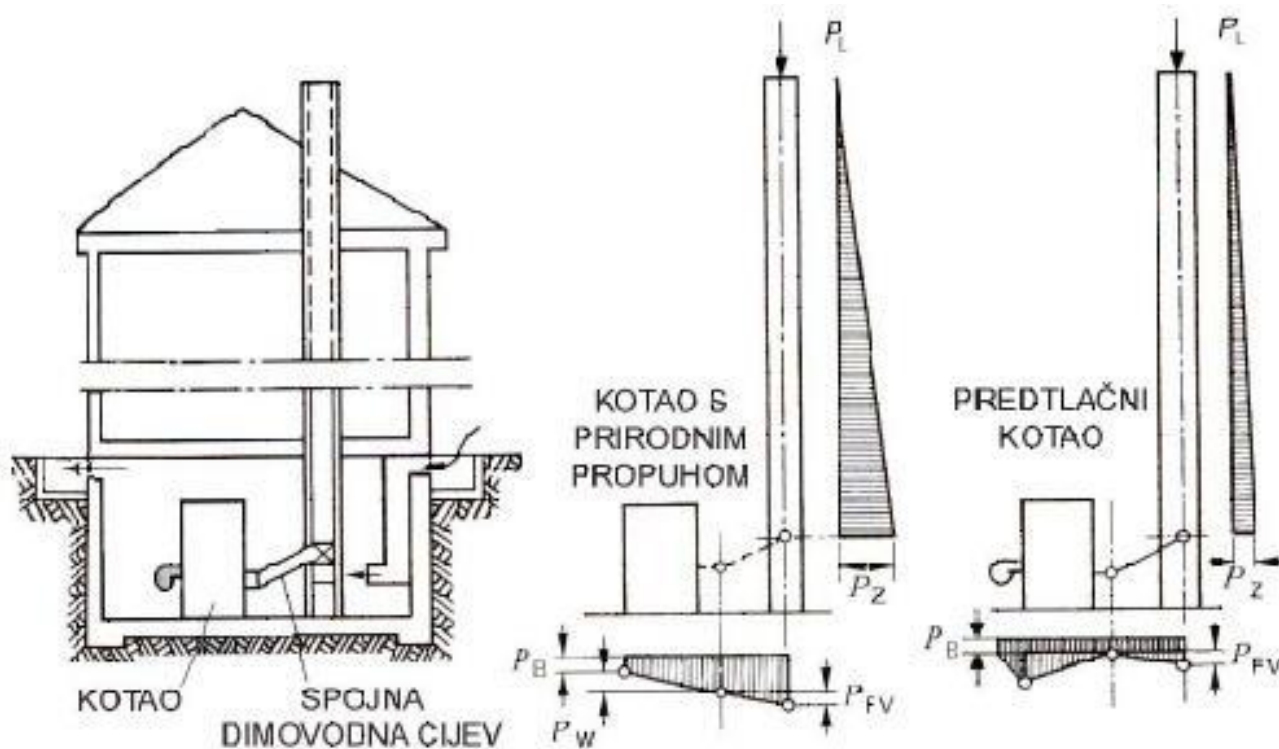
DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Kriterij tlaka - Kotlovi

Podjela kotlova s obzirom na **način strujanja dimnih plinova preko ogrjevnih površina i odvođenje dimnih plinova u atmosferu**:

- **kotlovi s prirodnim propuhom** → strujanje plinova izgaranja ostvaruje se uzgonom vrućih dimnih plinova u dimnjaku (npr. kotlovi loženi krutim gorivom, kotlovi s atmosferskim plamenikom);
- **kotlovi s prisilnim propuhom (PREDTLAČNI KOTLOVI ili KOTLOVI S VENTILATORSKIM PLAMENIKOM)** → strujanje plinova izgaranja se ostvaruje pomoću ventilatora plamenika.



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Kriterij tlaka



Raspored tlakova u dimovodnom sustavu za različite tipove kotlova

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Kriterij temperature

Ad 2. TEMPERATURA

Prilikom dimenzioniranja dimnjaka potrebno je voditi računa o slijedećem “temperaturnom” uvjetu:

$$T_{iob} \geq T_g = \begin{cases} T_p \\ 273,15K (0^{\circ}C) \end{cases}$$

smrzavanje kondenzata!



gdje je:

T_{iob} -

najniža temperatura na unutrašnjoj stijenci dimovodne cijevi

T_g -

granična temperatura

T_p -

točka rošenja (rosište dimnih plinova ili temperatura

kondenzacije dimnih plinova → kod goriva sa većim udjelom sumpora pri tome dolazi do stvaranja agresivne sumporaste kiseline koja razara stijenkku dimnjaka → **niskotemperaturna korozija!**)



Provjera “temperaturnog uvjeta” vrši se pri relativno hladnom vremenu, s obzirom na to da je mjerodavna temperatura na unutrašnjoj stijenci dimovodne cijevi na izlazu iz dimnjaka T_{iob} utoliko nepovoljnija što je niža temperatura okolnog zraka!

Ako se ne ostvari 1. uvjet koji se odnosi na tlak, tj, na odnose tlakova, dolazi do anomalija na putu strujanja dimnih plinova, zbog čega će isti ulaziti, tj. vraćati se u prostoriju.

Ako se ne ostvari 2. uvjet koji se odnosi na temperaturu, postoji opasnost od vlaženja dimnjaka, odnosno smrzavanja kondenzata, što u konačnici razara dimnjak i dovodi u pitanje njegovu nepropusnost i funkciju u cjelini.





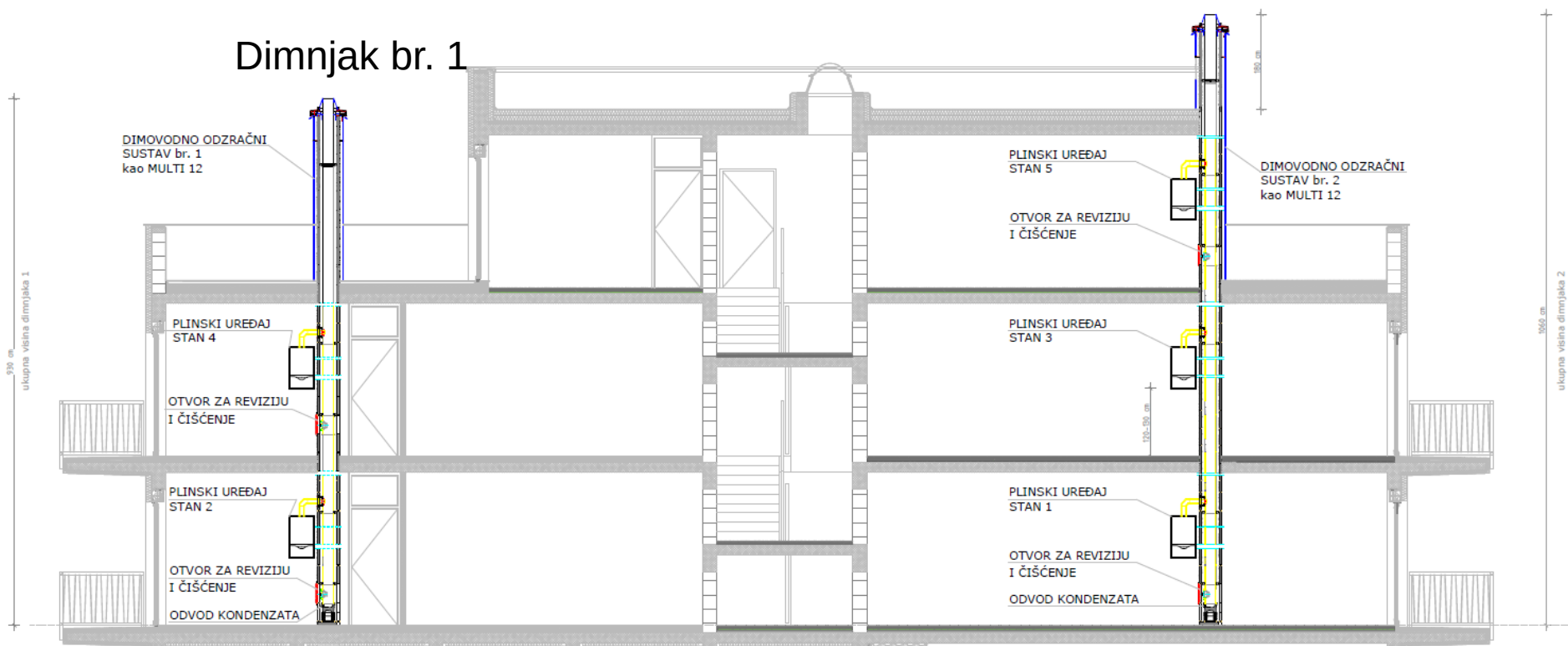
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Primjer dimnjaka u stambenoj zgradi

-2 dimnjaka

-priključak plinskih uređaja (kombi bojlera 23,5 kW), 2 komada

Dimnjak br. 1





Primjer proračuna dimnjak broj 1 prema HRN EN 13384-2 programom Kesa-Aladin

uvjerenje o dimenzioniranju dimovodne naprave na osnovu EN 13384-2

datum 22.7.2019.

koncept naprave - višestruki priključci



količina priključaka	2
... priključak 2	1 Ložište
... priključak 1	1 Ložište
Dimovodna naprava	kućna dimovodna naprava
položaj/tok	U zgradi
opskrba zrakom	Neovisno o zraku prostorije
dovod zraka	Protustruja
odjeljci	spojni element: 1, dimovodna naprava: 1
ušće	Otvoreno ušće zeta = 0



okolica



lokacija	Zagreb	
geodetska visina	123 m	
sigurnosni broj SE	1,2	
korekcijski faktor SH	0,5	
temperature okolnog zraka (vlastite vrijednosti)		
na ušću	0 °C	(temperaturni uvjeti)
na otvorenom	-15 °C	(temperaturni uvjeti)
u hladnom području	0 °C	(temperaturni uvjeti)
u toplom području	20 °C	(temperaturni uvjeti)
okolni zrak	15 °C	(tlačni uvjet)



ložišta 1 i 2



kategorija	Plin-kondenzacijska vrijednost	
proizvođač, tip	Vaillant VUW INT I 186 / 5-3 A	
gorivo	Zemni plin	
	puno opterećenje	djelomično opterećenje
nazivna toplinska snaga	23 kW	5,2 kW
toplinska snaga loženja	23,5 kW	5,5 kW
udio CO ₂	9,2 %	9,2 %
masena struja dimnih plinova	10,6 g/s	2,5 g/s
temperatura dimnih plinova	70 °C	40 °C
maksimalni potisni tlak	100 Pa	30 Pa
nastavak za dimne plinove	Okrugli 60 mm	
potreban zrak	Zrak potreban za izgaranje u grijaćem aparatu je 28,6 m ³ /h za nom. izlaz i 6,8 m ³ /h za min. izlaz.	
faktor beta	0,9	
osigurač povratne struje	integriran u ložište	

prostorija za instalaciju ložišta 2



kategorija	Prostorija za instalaciju
svježi zrak	prozori
izlazni zrak	nema

prostorija za instalaciju ložišta 1



kategorija	Prostorija za instalaciju
svježi zrak	prozori
izlazni zrak	nema



odjeljci spojnog elementa 1 i 2 - vrsta gradnje



kategorija Koncentrični spojni element

spojni element (dimni plinovi)

presjek Okrugli 80 mm
otpor prolaza topline 0 m₂K/W
debljina 1 mm
materijal unutarnjeg zida PP gladak
srednja hrapavost 1 mm

zračna cijev (sagorijevajući zrak)

presjek Okrugli 100 mm
otpor prolaza topline 0 m₂K/W
debljina 1 mm
materijal unutarnjeg zida Al gladak
srednja hrapavost 1 mm
klasifikacija proizvoda T120 P1 O W 2 O

odjeljci spojnog elementa 1 i 2 - izmjere



otpori Luk 87 °
učinkovita visina 0,3 m
razvijena dužina 0,8 m
udio u otvorenom prostoru 0 %
udio u hladnom području 0 %
udio u toplom području 100 %



odjeljci dimovodne naprave 1 i 2 - vrsta gradnje



kategorija
proizvođač, tip

Dimovodna naprava u oknu
Schiedel MULTI 1-vodni

dimovod

presjek

Okrugli 120 mm

Pojedinačni slojevi

materijal	debljina	t. provodljivost
Neglazirana keramika	7 mm	1,1 W/mK

srednja hrapavost
prstenasti otvor

1,5 mm
Protutok zraka (28 mm)

izvana (zračno okno)

presjek

Kvadratni 190 mm

otpor prolaza topline

0,12 m² K/W

debljina

45 mm

materijal unutarnjeg zida

Lagani beton / pjenasta glina

srednja hrapavost

3 mm

klasifikacija proizvoda

T200 P1 W 2 O00

Klasifikacija dimnjaka

EN 15287 - T200 P1 W 2 O00 (R0,00)

odjeljak dimovodne naprave 2 - izmjere



otpori

nema

učinkovita visina

4 m

razvijena dužina

4 m



odjeljak dimovodne naprave 1 - izmjere



otpori	nema
učinkovita visina	3 m
razvijena dužina	3 m

Dimovodna naprava - protezanje (U zgradi)



dužina na otvorenom	3 m
dužina u hladnom području	0 m
dužina u toplom području	4 m
visina iznad okna	0,2 m
veza zgrada	Svestrano
dodatna izolacija	
na otvorenom	da (obzidano debljine 11.5 cm)
u hladnom području	otpada

otpor ušća



otpor ušća	Otvoreno ušće
zeta	0

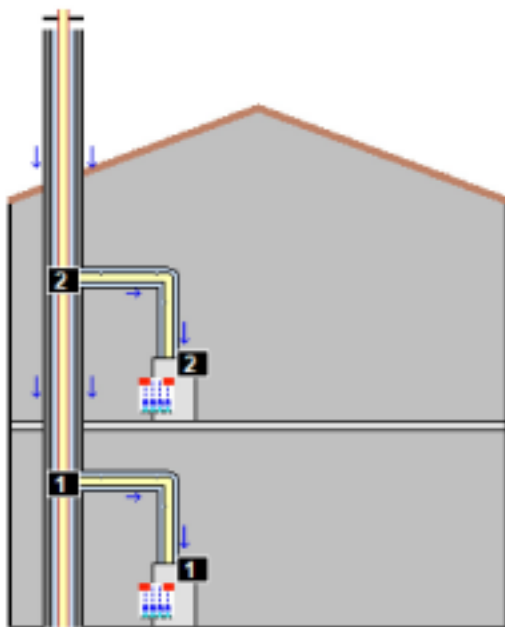
ulazi 1 i 2



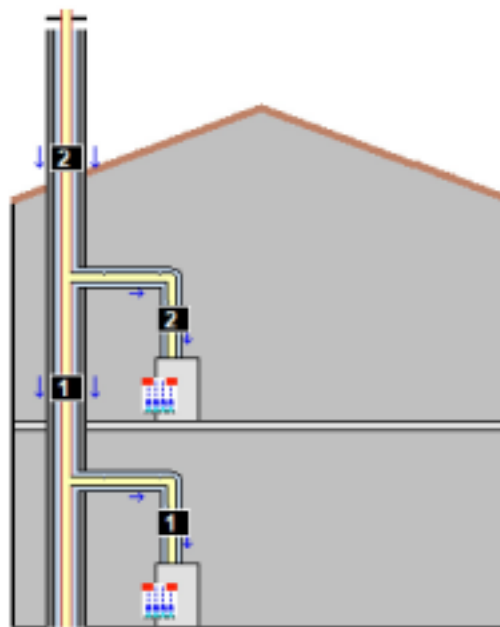
otpor	T-komad 90 °
-------	--------------



shematski prikaz dimovodne naprave



numeriranje
ložišta i ušća



numeriranje
odjeljci dimovodne naprave



numeriranje
ložišta i ušća

numeriranje
odjeljci dimovodne naprave

radni tlakovi



Radni pritisci u dimnjaku (razlika pritiska u odnosu na mjesto ugradnje) na mlaznicama pojedinačnih grijaćih aparata.

sva ložišta s punim opterećenjem

lož. 1 (nastavak za dimne plinove)	-5,2 Pa	nadtlak!
lož. 2 (nastavak za dimne plinove)	-7,4 Pa	nadtlak!

sva ložišta s djelomičnim opterećenjem

lož. 1 (nastavak za dimne plinove)	2,1 Pa	podtlak
lož. 2 (nastavak za dimne plinove)	0,9 Pa	podtlak

radni tlakovi



Radni pritisci u dimnjaku (razlika pritiska u odnosu na mjesto ugradnje) na ulazima neposredno iza pojedinačnih grijaćih aparata.

sva ložišta s punim opterećenjem

lož. 1 (Ul. 1)	2,4 Pa	podtlak
lož. 2 (Ul. 2)	1,7 Pa	podtlak

sva ložišta s djelomičnim opterećenjem

lož. 1 (Ul. 1)	2,3 Pa	podtlak
lož. 2 (Ul. 2)	1,2 Pa	podtlak



ukupan rezultat



način rada

Planski s nadtlakom, vlažno

ložište:

1

2

sva ložišta s punim optereć. (a)

+++

+++

sva ložišta s djelom.optereć. (b)

+++

+++

samo ložište s pun. optereć. (c)

+++

samo ložište s djelom. optereć. (d)

+++

radni tlakovi kod punog opterećenja+

+

povratna struja kod punog opterećenja

+

dimovodna naprava odjeljak:

1

2

temperaturni uvjeti

+

Svi spomenuti uvjeti za provjeravanje funkcija dimnjaka su ispunjeni. Prema tome, dimnjak je, prema proračunima, osposobljen za rad.



detaljni rezultat - tlačni uvjeti (masene struje)



tlačni uvjet (a)

Svi grijaći aparati su u pogonu istovremeno s maksimalnim toplinskim ulazom (naz. izlaz).

masena struja dimnih plinova (g/s)	m_{wc}	m_w	$m_{wc} - m_w$	
ložište 2	10,6	10,6	0	+++
ložište 1	10,6	10,6	0	+++

tlačni uvjet (b)

Svi grijaći aparati su u pogonu istovremeno s najnižim nepomičnim toplinskim ulazom (min. izlaz).

masena struja dimnih plinova (g/s)	m_{wc}	m_w	$m_{wc} - m_w$	
ložište 2	2,5	2,5	0	+++
ložište 1	2,5	2,5	0	+++

tlačni uvjet (c)

Samo jedan grijaći aparat je u pogonu s maksimalnim toplinskim ulazom (min. izlaz). Svi ostali su izvan pogona.

masena struja dimnih plinova (g/s)	m_{wc}	m_w	$m_{wc} - m_w$	
ložište 2	10,6	10,6	0	+++
ložište 1	10,6	10,6	0	+++

tlačni uvjet (d)

Samo grijaći aparat s najnižim nepomičnim nazivnim izlazom (min. izlaz) je u pogonu. Svi ostali su izvan pogona.

masena struja dimnih plinova (g/s)	m_{wc}	m_w	$m_{wc} - m_w$	
ložište 2	2,5	2,5	0	+++
ložište 1	2,5	2,5	0	+++



detaljni rezultat - radni tlakovi kod punog opterećenja



radni tlakovi kod punog opterećenja Svi grijaći aparati su u pogonu s maksimalnim toplinskim ulazom (naz. izlaz). Na ulazima iza grijaćih aparata ne smije doći do pozitivnog pritiska većeg od 50 Pa. Vidi DVGW G635.

	P _Z -P _{LU} (Pa)		
lož. 2 (Ul. 2)	1,7	podtlak	+
lož. 1 (Ul. 1)	2,4	podtlak	+

detaljni rezultat - povratna struja kod punog opterećenja



povratna struja kod punog opterećenja Svi grijaći aparati osim jednog su u pogonu s maksimalnim toplinskim ulazom (naz. izlazom). Na ulazu iza ovog grijaćeg aparata ne smije doći do pozitivnog pritiska ukoliko niti jedan nepovratni ventil nije dostupan.

	P _Z -P _{LU} (Pa)		osig. povr. struje?	ok?
lož. 2 (Ul. 2)	2,9	(podtlak)	da	+
lož. 1 (Ul. 1)	3,6	(podtlak)	da	+

detaljni rezultat - temperaturni uvjeti



temperaturni uvjeti

Test nakupljanja leda: Temperatura % % unutrašnjeg gornjeg zida ne smije pasti ispod točke ledišta % %.

temperatura (°C)

odjeljak 2

t _{lob}	t _g	t _{lob} -t _g	
2	0	2	+

upute

Razmjena energije između ispušnog plina i zraka trenutno nije uzeta u obzir pri izračunu sustava zrak/ispušni plin prema EN 13384-2.

Dimenzioniranje se izvodi izričito prema mjerno-tehnološkom stručnom mišljenju na temelju navedenog standarda uzimajući u obzir opće poznate fizikalne uvjete i relevantne tehnološke smjernice.



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA

Projektantski izborni dijagrami

Dimenzioniranje dimnjaka prema:

HRN EN 13384-1:2003 Dimnjaci - Metode toplinskog proračuna i proračuna dinamike fluida - 1. dio: Dimnjaci s jednim uređajem za loženje

NAPOMENA: Prikazani su projektantski izborni dijagrami tvornice "SCHIEDL" za različite vrste goriva (ugljen, ulje, zemni plin). Pri tome nisu dane sve raspoložive temperature plinova izgaranja (t_w) mjerene na izlazu iz ložišta, već samo neke vrijednosti, ilustrativne za postupak izbora odgovarajućeg dimnjaka.



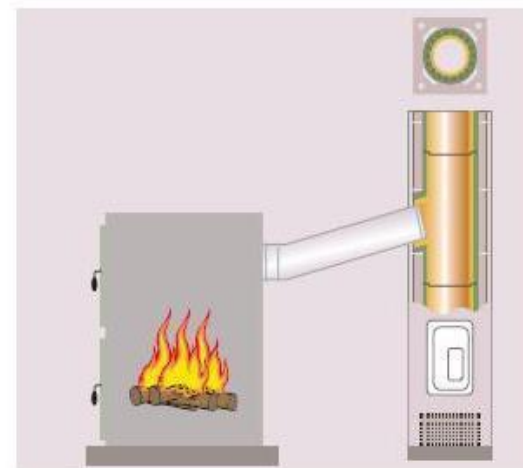
DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na kruta goriva

Kod **grijanja na kruta goriva** vrlo je **važna sigurnost izgaranja**. U slučaju nepravilnog rada (nepropisno grijanje, loša kakvoća drveta, itd.) **na unutarnoj strani dimne cijevi može vrlo brzo doći do stvaranja naslaga čađe**, koje se više ne mogu ukloniti pomoću naprave za čišćenje. Te naslage se mogu ukloniti **samo izgaranjem u dimnjaku**, pri čemu se mogu pojaviti temperature **znatno veće od 1000° C**.

Takve visoke temperature vrlo snažno opterećuju materijale u dimnjaku!

Kotao za grijanje na kruta goriva s potrebnim propuhom (kotao s prirodnim propuhom) od 1.1 - 1.4

Loženje koksom ili ugljenom
Loženje drvima



Kod ove vrste kotla vrši se **sagorijevanje krutih goriva uz podtlak** u prostoru za gorenje u kotlu. Otpori kotla i veznog komada s obzirom na plin izgaranja svladavaju se podtlakom dimnjaka.

Promjer dimnjaka potreban kod:

loženja koksom i ugljenom prema *Dijagramu 1.1*
loženja drvima prema *Dijagramu 1.2*

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na kruta goriva

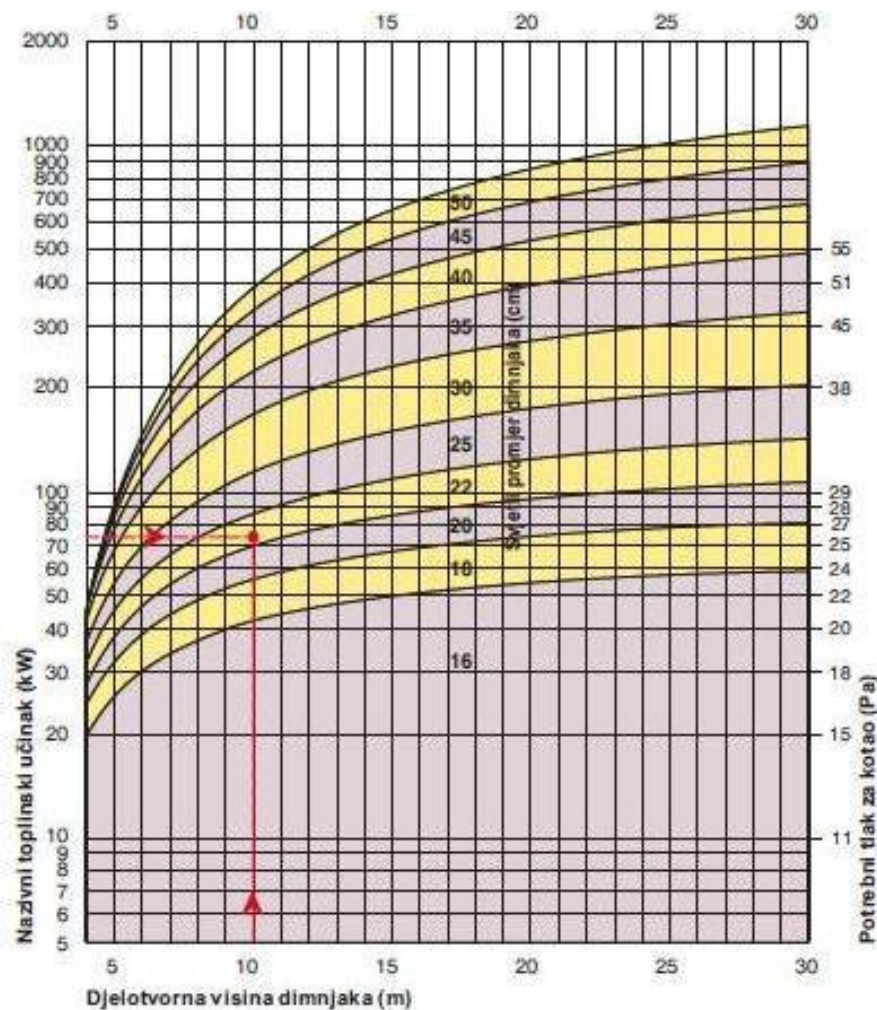
Dijagram 1.1 Loženje ugljenom

Ložišta sa zahtjevanom promajom **240 °C**
 za kruta goriva. Temperatura plinova
 izgaranja na izlazu iz ložišta $t_w = 240\text{ °C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1



Vrijedi za sve izborne dijagrame

x-os: korisna visina dimnjaka [m]
y-os (lijevo): nominalni toplinski kapacitet (snaga kotla) [kW]
y-os (desno): potreban tlak dizanja (vlačna sila) kotla [Pa]
 T_w : temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla [°C]



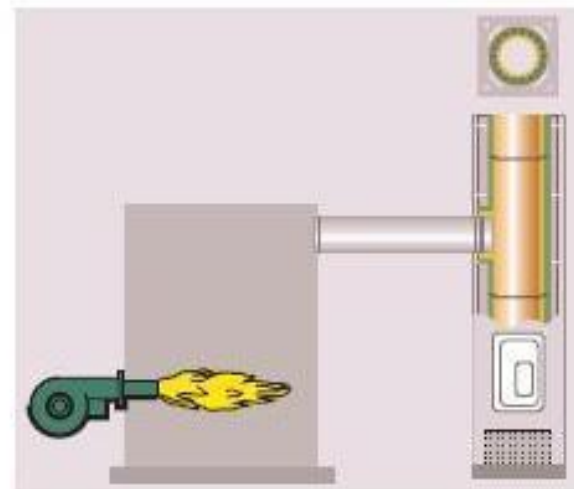
DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na ulje

Grijanja **na ulje** su na našem prostoru i dalje vrlo česta vrsta grijanja, pogotovo kod samostalnih obiteljskih kuća i kuća u nizu.

Kod grijanja na ulje zakonodavac je propisao **obavezu ugradnje protueksplozijske zaklopke**.

Ona se može ugraditi i u vezni komad i u dimnjak. Često se izvodi u kompletu s graničnikom propuha.

Ložišta na ulje Kotao za grijanje s prirodnim propuhom



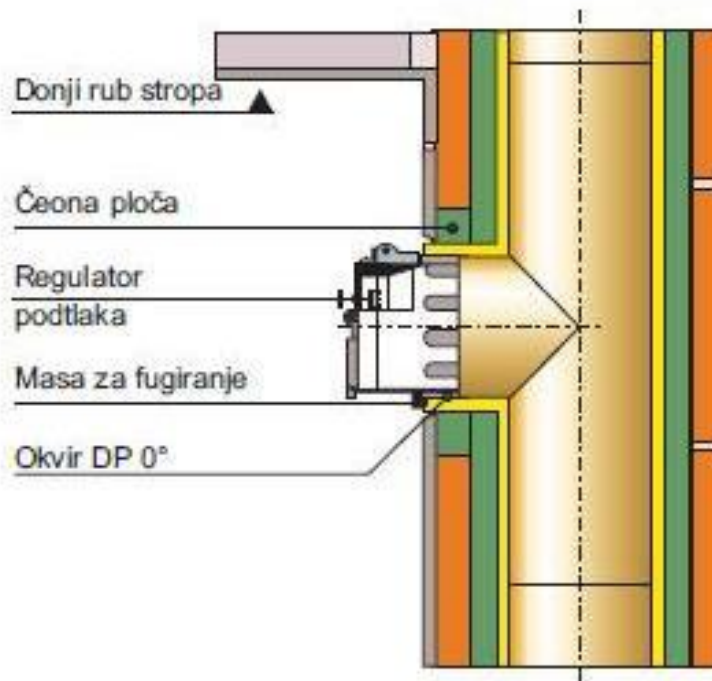
Ložište na ulje s
 plamenikom s puhalom

Promjer dimnjaka potreban kod:

Kod ove vrste kotlova vrši se **sagorijevanje ulja uz potlak** u prostoru za gorenje u kotlu. Otpori u kotlu od strane plina sagorijevanja svladavaju se potlakom u kaminu.

temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $< 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 2.1**
 temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 2.2**

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na ulje



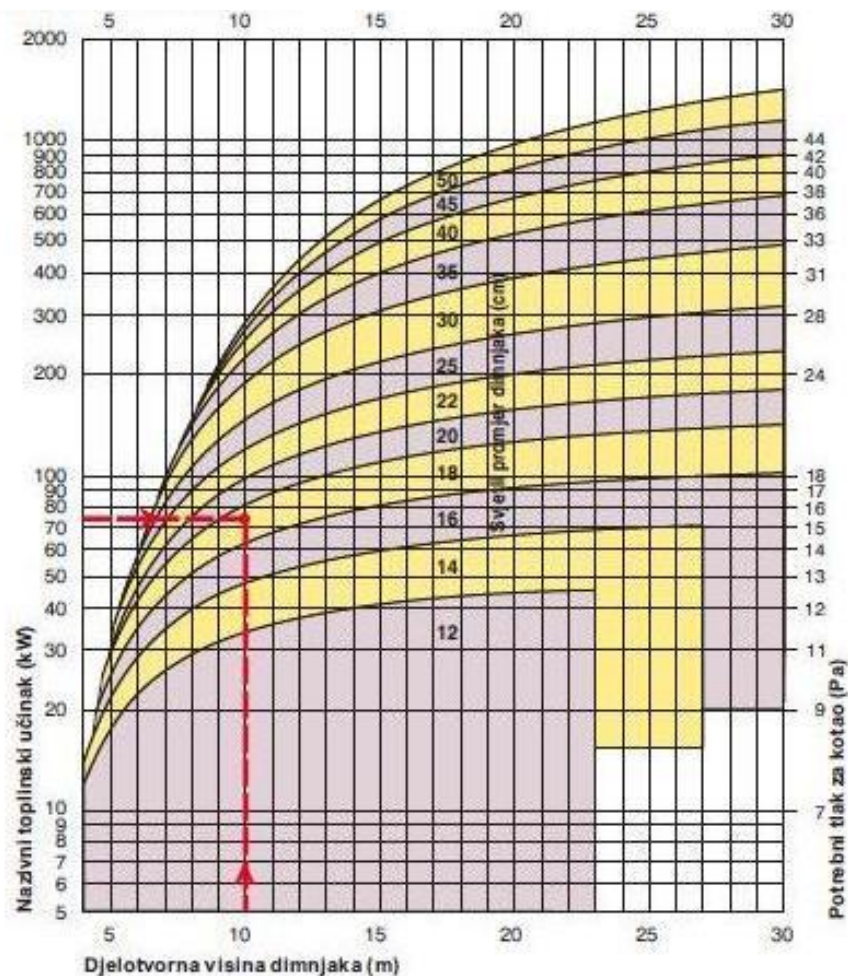
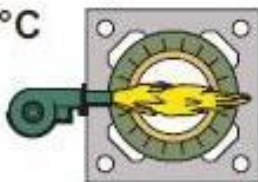
Protueksplozijska zaklopka s graničnikom propuha

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na ulje

Dijagram 2.1
Ulje za loženje

Ložišta sa zahtjevanom promajom i ventilatorima sa plamenikom za loženje uljem. Temperatura plinova izgaranja na izlazu iz ložišta $t_w \geq 140^\circ\text{C}$ in $< 190^\circ\text{C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1

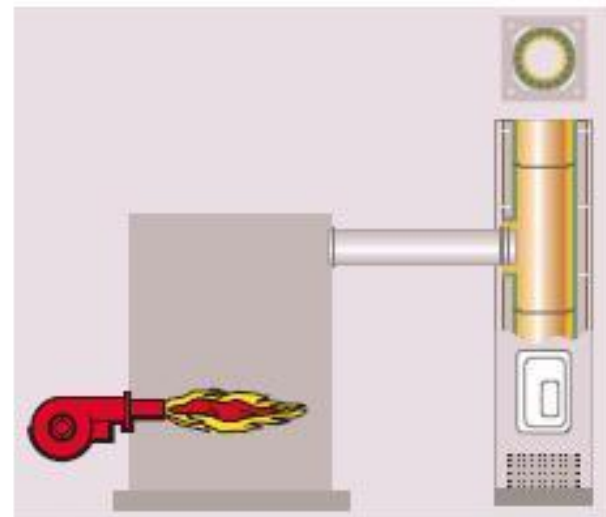
140 °C



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na ulje

Ložišta na ulje Kotao za grijanje bez potrebne vlačne sile (kotao s pretlakom)

Ložište na ulje s
ventilatorskim plamenikom



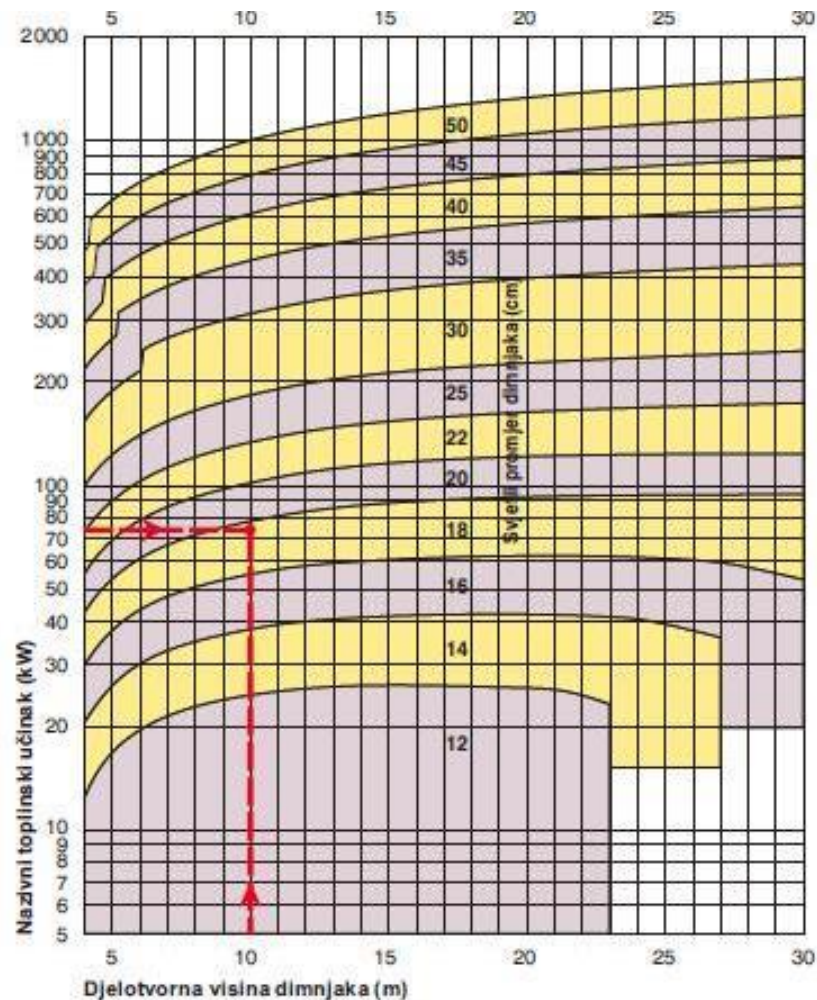
Kod ove vrste kotlova vrši se **sagorijevanje ulja i plina uz pretlak** u prostoru za gorenje u kotlu. Vođenje plina sagorijavanja kroz ložište vrši se **sabijanjem pomoću puhalo plamenika**. Sabijanje puhalom se mora izvesti na nastavcima kotla. Otpori veznog komada se svladavaju pretlakom dimnjaka.

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na ulje

Dijagram 3.1 Ulje za loženje

Ložišta bez posebne promaje sa ventilatorskim plamenikom za loženje uljem. Temperatura plinova izgaranja na izlazu iz ložišta
 $t_w \geq 60^\circ\text{C} < 80^\circ\text{C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1

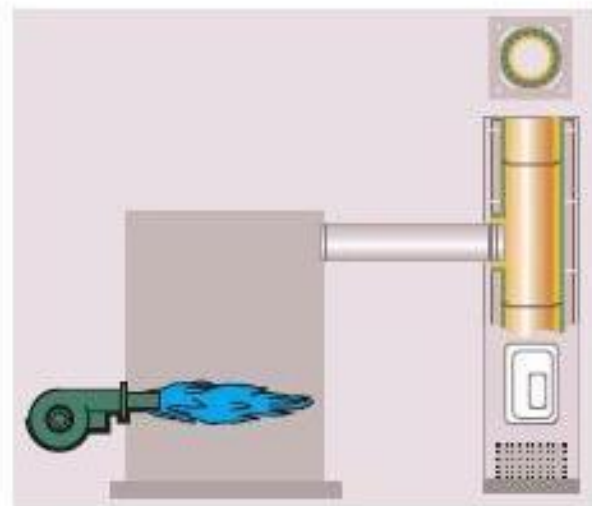
60 °C



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Zemni plin

*Ložišta na plin s plamenikom s
puhalom i potlakom*



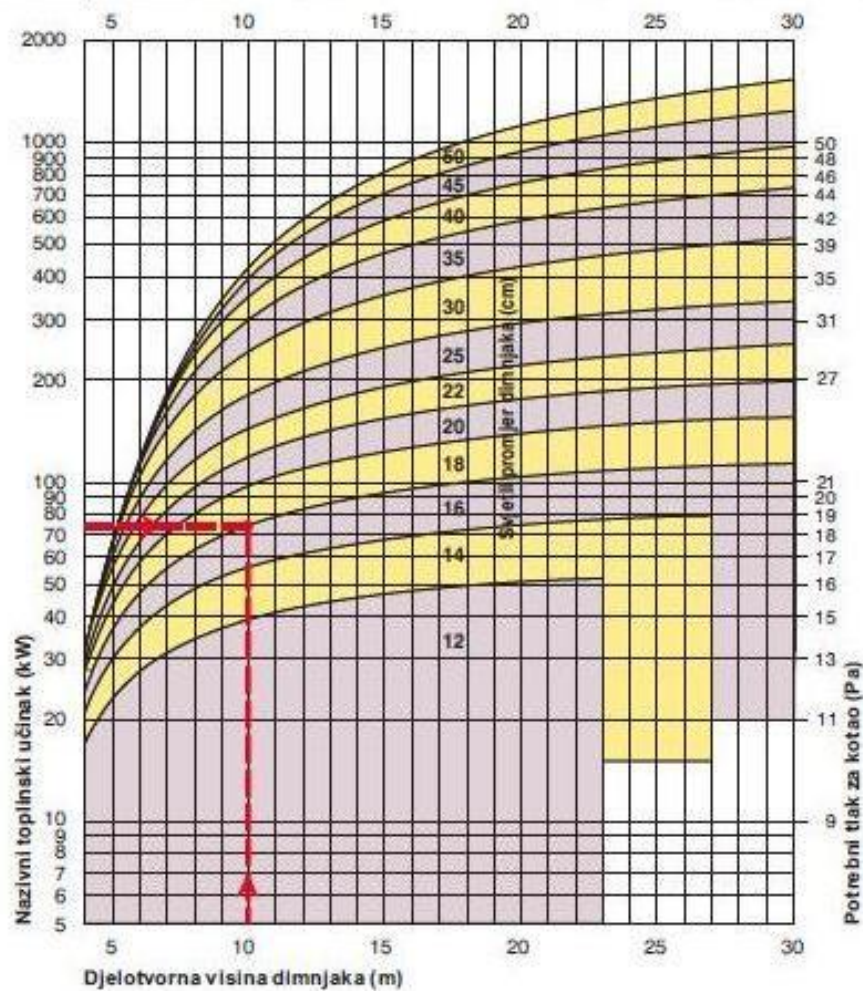
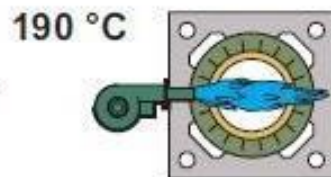
Promjer dimnjaka potreban kod:

- temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla $\geq 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $< 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 4.1**
- temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla $\geq 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 4.2**

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Dijagram 4.2
Zemni plin

Ložišta sa potrebnom promajom
 i plamenicima s ventilatorom
 za loženje plinom. Temperatura plinova
 izgaranja na izlazu iz ložišta
 $t_w \geq 190^\circ\text{C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1



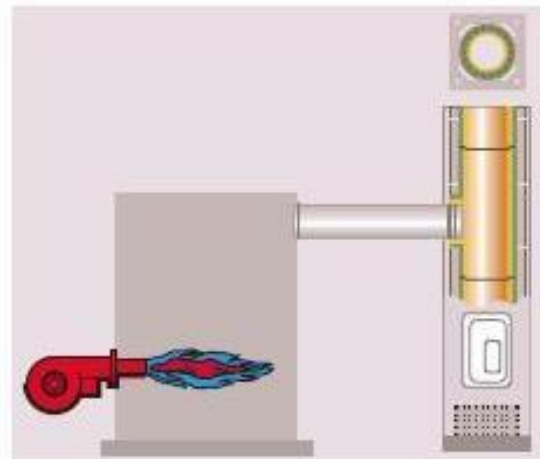


Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Ogrjevni kotao bez vlačne sile (kotao s pretlakom) od 5.1 - 5.5

Ložišta na plin s
plamenikom s puhalom



Promjer dimnjaka potreban kod:

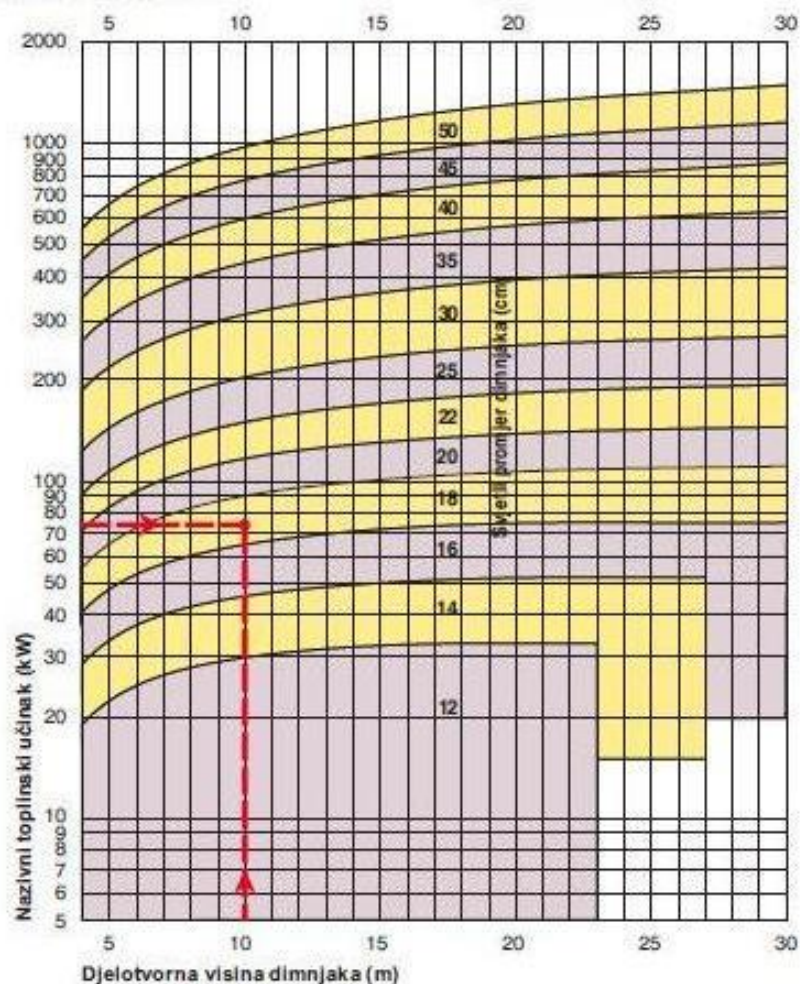
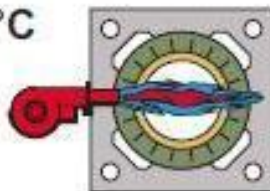
temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $< 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 5.1**
temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 5.2**
temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $< 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 5.3**
temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $< 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 5.4**
temperatura plina sagorijevanja na kraju kotla
 $\geq 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ prema **Dijagramu 5.5**

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Dijagram Zemni plin

Ložišta bez potrebne promaje sa ventilatorskim plamenikom za loženje plinom. Temperatura plinova izgaranja na izlazu iz ložišta $t_w \geq 60^\circ\text{C}$ i $< 80^\circ\text{C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1

60 °C

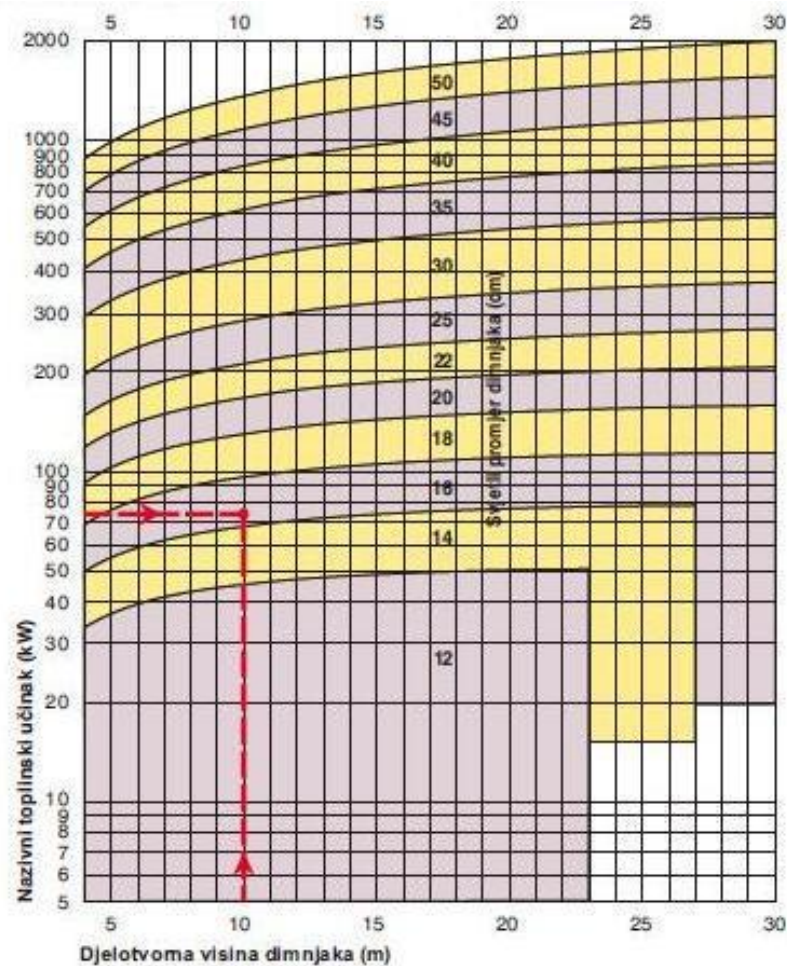
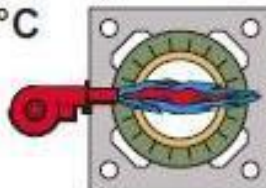


DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Dijagram 5.3 Zemni plin

Ložišta bez posebne promaje sa ventilatorskim plamenikom za loženje plinom. Temperatura plinova izgaranja na izlazu iz ložišta $t_w \geq 100^\circ\text{C}$ i $< 140^\circ\text{C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1

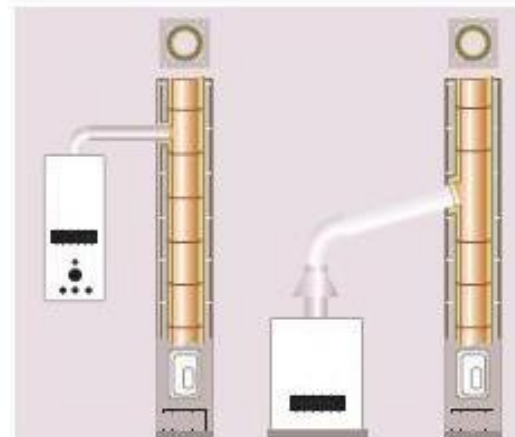
100 °C



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Specijalni plinski kotlovi s plamenikom bez puhala (atmosferski plamenik) od 6.1 - 6.4

Ložišta na plin



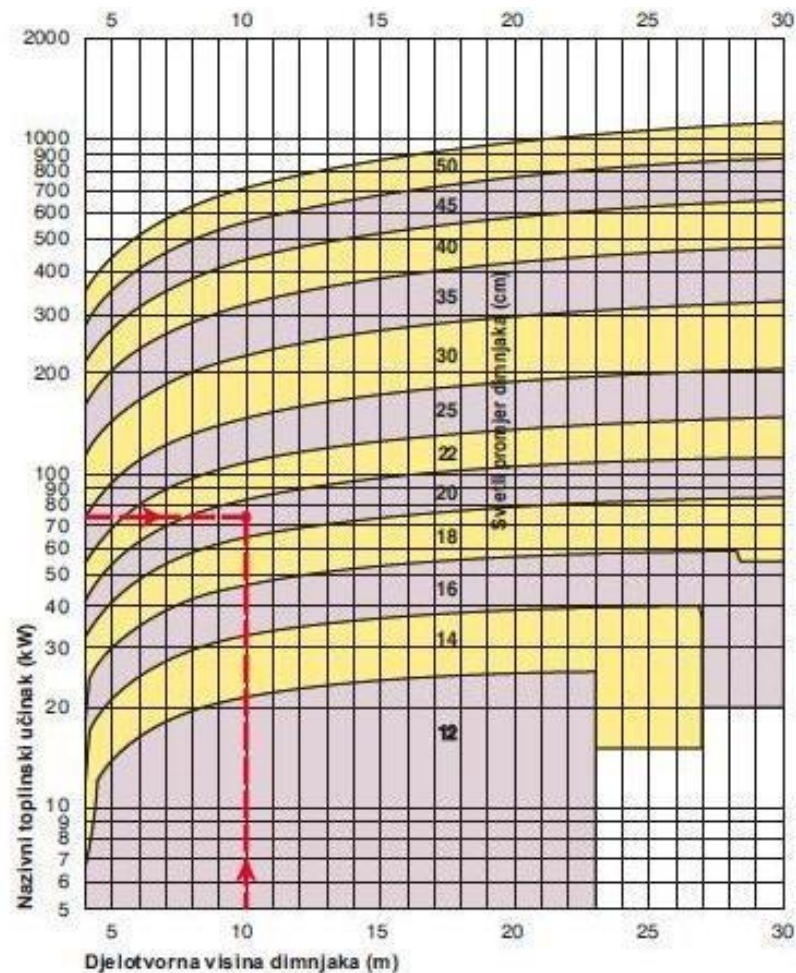
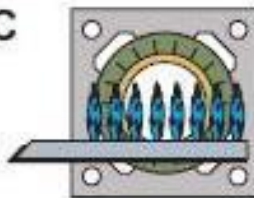
Promjer dimnjaka potreban kod:

- temperatura plina sagorijevanja nakon osigurača strujanja
 $\geq 80\text{ °C}$ i $< 100\text{ °C}$ prema **Dijagramu 6.1**
- temperatura plina sagorijevanja nakon osigurača strujanja
 $\geq 100\text{ °C}$ i $< 120\text{ °C}$ prema **Dijagramu 6.2**
- temperatura plina sagorijevanja nakon osigurača strujanja
 $\geq 120\text{ °C}$ i $< 140\text{ °C}$ prema **Dijagramu 6.3**
- temperatura plina sagorijevanja nakon osigurača strujanja
 $\geq 140\text{ °C}$ prema **Dijagramu 6.4**

DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Dijagram 6.1 Zemni plin

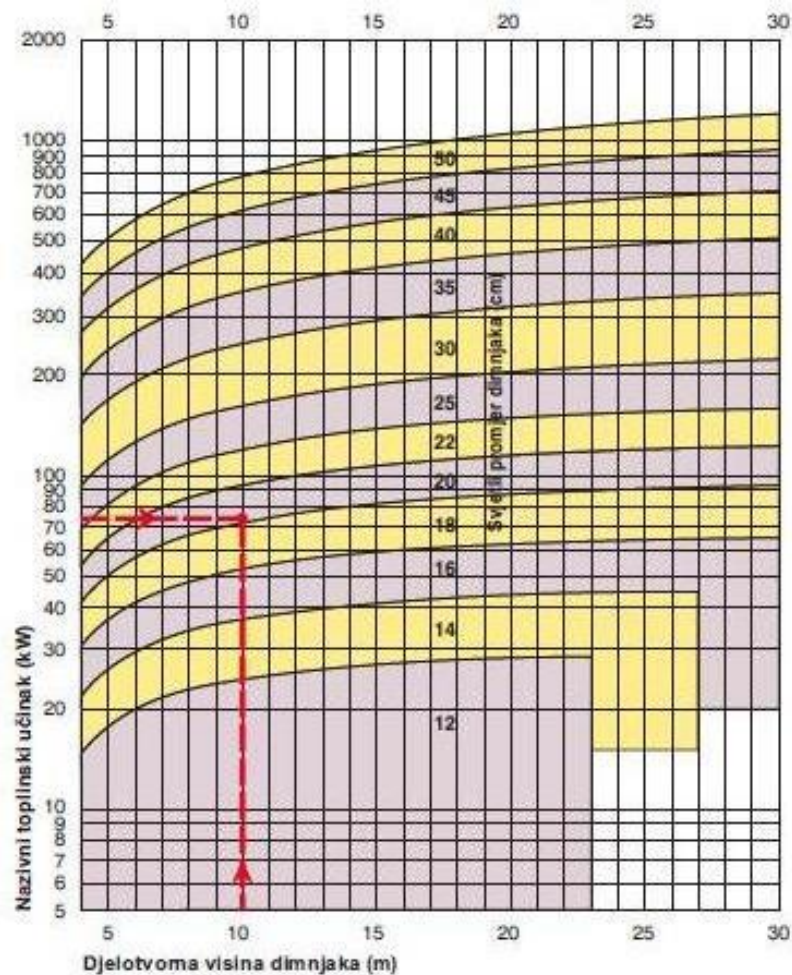
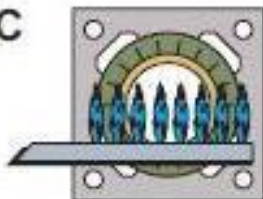
Ložišta sa plamenikom bez ventilatora **80 °C**
 (atmosferski plamenik). Temperatura
 plinova izgaranja iza osigurača strujanja.
 $t_w \geq 80 \text{ °C}$ i $< 100 \text{ °C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Dijagram 6.2 Zemni plin

Ložišta sa plamenikom bez ventiltora **100 °C**
 (atmosferski plamenik). Temperatura
 plinova izgaranja iza osigurača strujanja.
 $t_w \geq 100 \text{ °C}$ i $< 120 \text{ °C}$
 Izračun prema HRN EN 13384-1



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Ložišta na plin

Kondenzacijski kotlovi su ogrjevni uređaji sa ložištima koja vodenoj pari sadržanoj u izlaznim plinovima oduzimaju pomoću kondenzacije preostalu (latentnu) toplinu.

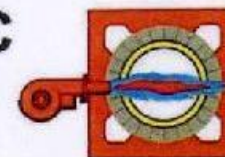
Zbog niskih temperatura izlaznog plina (oko 40 - 50° C) nastaju u dimnjaku odgovarajuće količine kondenzata, koji se mora propisno zbrinuti (npr. Ö-Norma H 5152, odnosno ÖVGW smjernica 41).

U određenim situacijama je potrebna neutralizacija nastalog kondenzata (postoje neutro-setovi različitih proizvođača).

Dijagram Zemni plin - kondenzacioni kotao

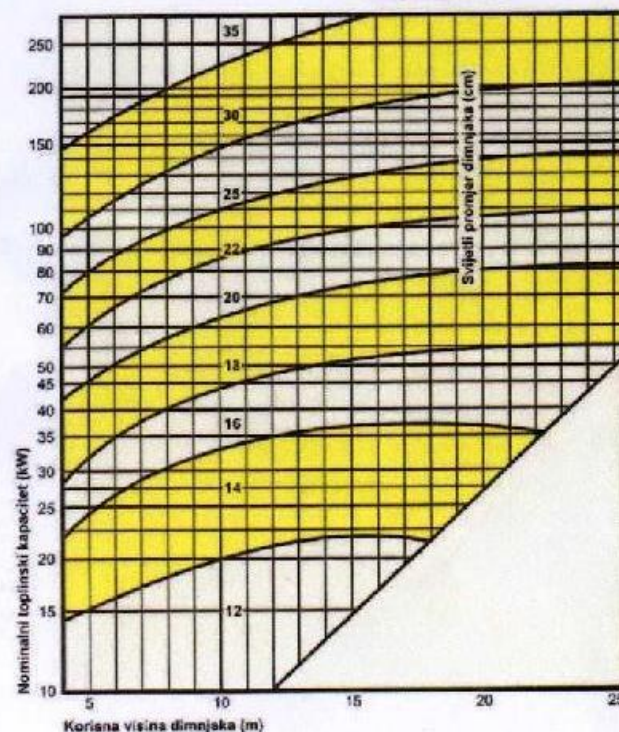
Zemni plin
 Ogrjevni kotao

40 °C

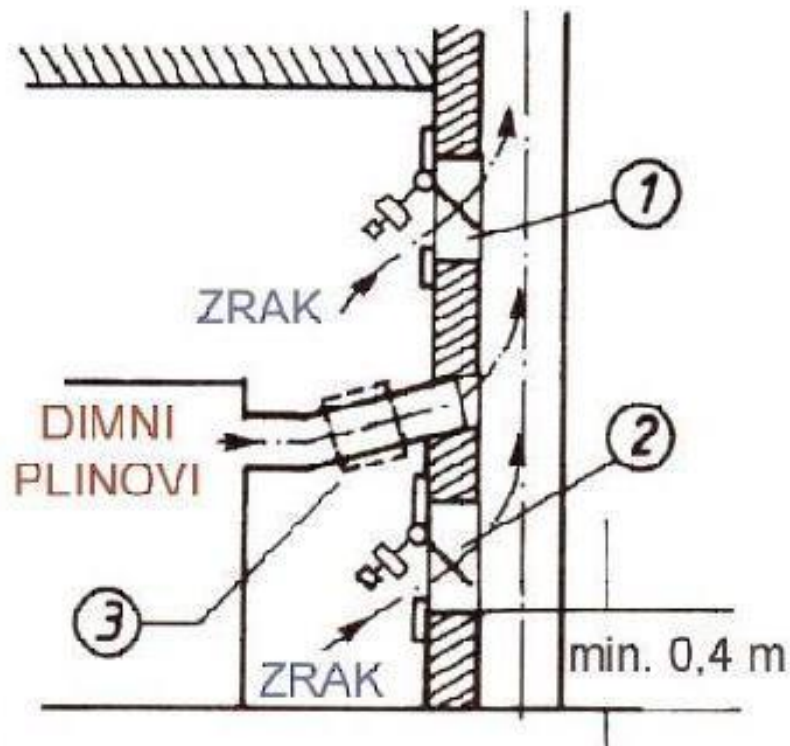


Temperatura izlaznog plina
 na kraju kotla 40 °C
 $t_w \geq 40^\circ\text{C}$

- Izračun temeljen na Ö-norme M 7515
- Pretlak na kraju proizvođača topline 0 Pa
- Dužina veznog voda najviše 2 m
- Zbroj pojedinačnih koeficijenata otpora najviše 2,2



DIMENZIONIRANJE DIMNJAKA Regulacijski elementi



Primjeri ugradnje graničnika propuha

- 1 - ugradnja iznad dimovodnog priključka*
- 2 - ugradnja ispod dimovodnog priključka*
- 3 - ugradnja u spojnu dimovodnu cijev*



GRANIČNIK PROPUHA:

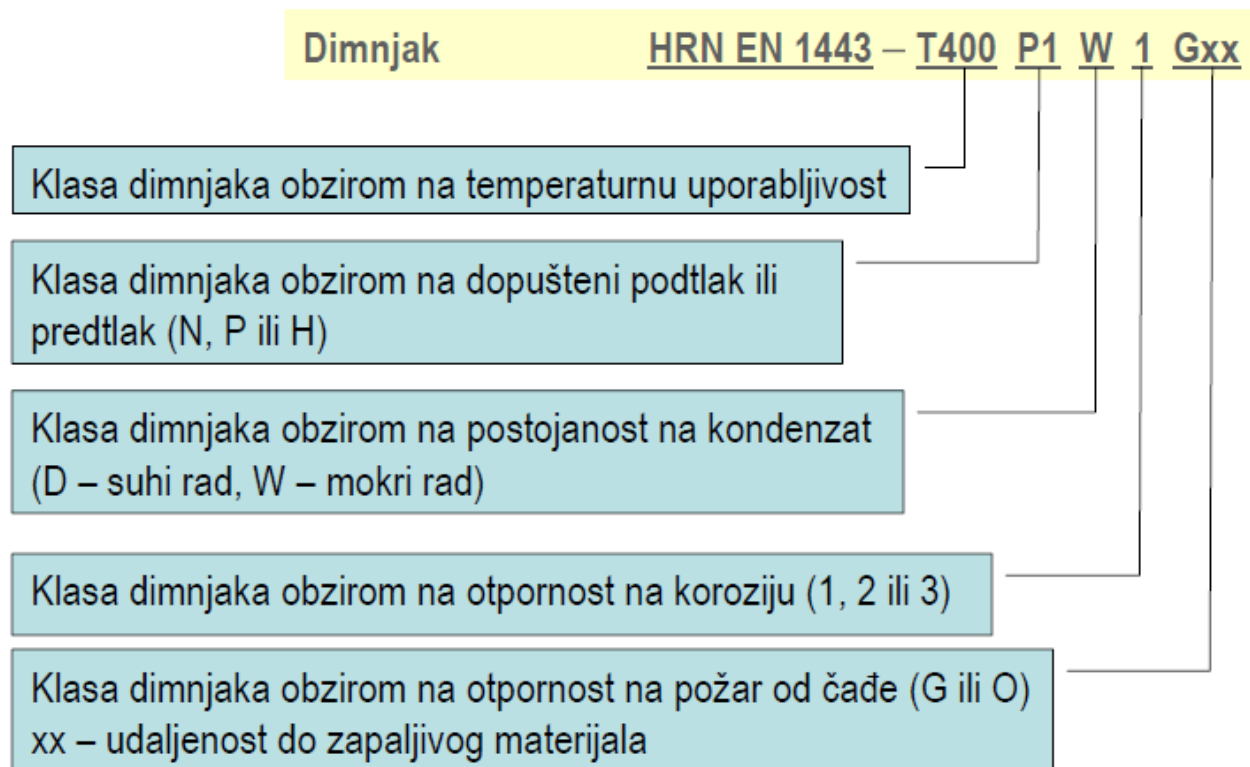
U zavisnosti od podtlaka u dimnjaku propušta zrak iz kotlovnice u spojnu dimovodnu cijev ili neposredno u dimnjak i time se snižava temperatura dimnih plinova, te opada termički uzgon dimnih plinova, povećava se volumen dimnih plinova, brzina strujanja i otpori strujanju.

Dodatni učinci su: dovodom zraka snižava se točka rošenja smjese plinova i zraka, povećanjem brzine strujanja hlađenje dimnih plinova je manje, umanjuje mogućnost kondenzacije dimnih plinova u dimnjaku. Ne smije se ugraditi na vanjskoj strani dimnjaka!



OZNAČAVANJE DIMNJAKA

OZNAČAVANJE DIMNJAKA prema normi HRN EN 1443: Dimnjaci – Opći zahtjevi





OZNAČAVANJE DIMNJAKA

Klasa dimnjaka obzirom na temperaturnu uporabljivost:

Klasa dimnjaka obzirom na temperaturnu uporabljivost	Dopuštena temperatura dimnih plinova, [°C]
T 080	≤ 80
T 100	≤ 100
T 120	≤ 120
T 140	≤ 140
T 160	≤ 160
T 200	≤ 200
T 250	≤ 250
T 300	≤ 300
T 400	≤ 400
T 450	≤ 450
T 600	≤ 600

Klasa dimnjaka obzirom na postojanost na kondenzat:

W → engl. **wet** – za dimnjake koji rade u mokrim uvjetima

D → engl. **dry** – za dimnjake koji rade u suhim uvjetima

Klasa dimnjaka obzirom na otpornost na požar od čađe:

O → za dimnjake bez otpornosti na požar čađe

G → za dimnjake s otpornošću na požar čađe

Klasa dimnjaka obzirom na otpornost na koroziju:

Klasa dimnjaka obzirom na otpornost na koroziju	Goriva koja se mogu koristiti
1	plinovita
2	tekuća/plinovita
3	kruta/tekuća/plinovita



BITNO ZA IZBOR I UGRADNJU DIMNJAKA

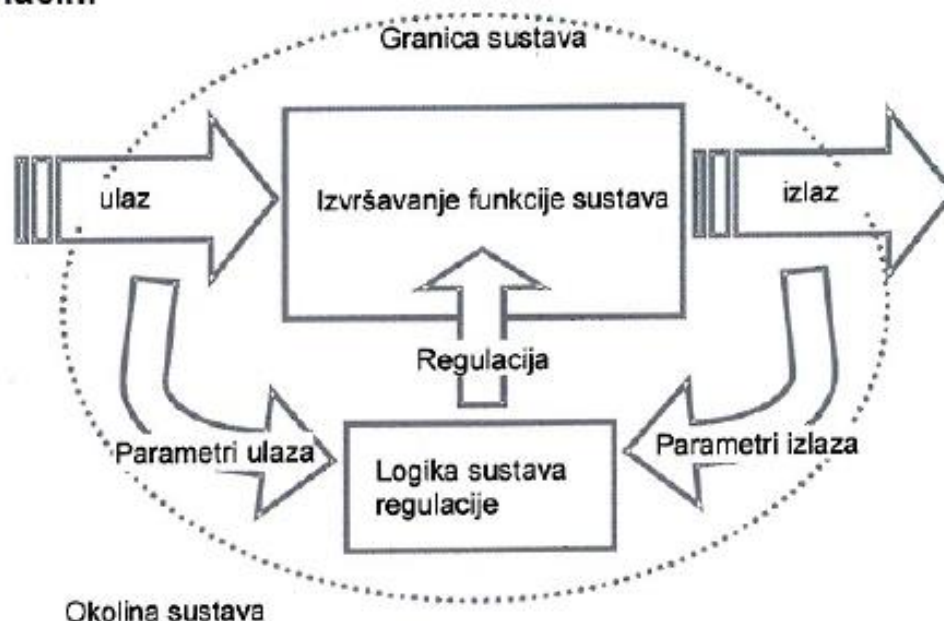
- Dimenzioniranjem i izgradnjom dimnjaka potrebno je maksimalno smanjiti utjecaj procesa izgaranja na okoliš.
- Obavezna je primjerenost konstrukcije dimnjaka vrsti goriva.
- Osigurati odgovarajućom konstrukcijom dimnjaka potreban podtlak neopodan za potpuno izgaranje u ložištu.
- Osigurati da se konstrukcijom dimnjaka održava stabilnost sastava dimnih plinova sa ili bez kondenzacije (kondenzacijski kotlovi!).
- Održavanje dimnjaka neophodno je u pogledu sigurnosti, zaštite od požara kao i ispravnosti rada energetskeg postrojenja;
- Ugradnja dimnjaka treba biti provedena prema statičkom proračunu za osiguranje stabilnosti dimnjaka i sigurnosti poslužitelja dimnjaka.





SUSTAVI REGULACIJE I AUTOMATIZACIJE

Automatska regulacija mora osigurati tražene mikroklimatske uvjete prostora upravljajući elementima HVAC sustava na tehnički optimalan i energetski učinkovit način.



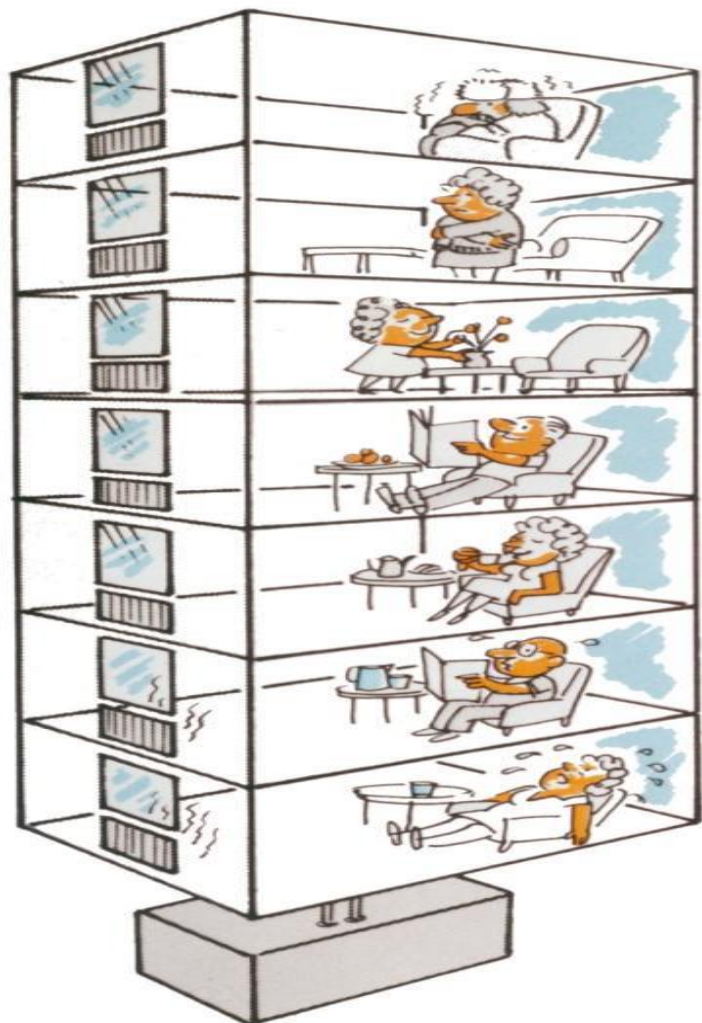
6 do 11% * Trošak **1° C previsoke**
temperature prostora tijekom godine

Grijanje

12 do 18% * Trošak **1° C preniske**
temperature prostora tijekom godine

Hlađenje

SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA



◀ 17° C

Višak protoka na prvim potrošačima rezultirati će manjkom protoka na preostalim potrošačima.

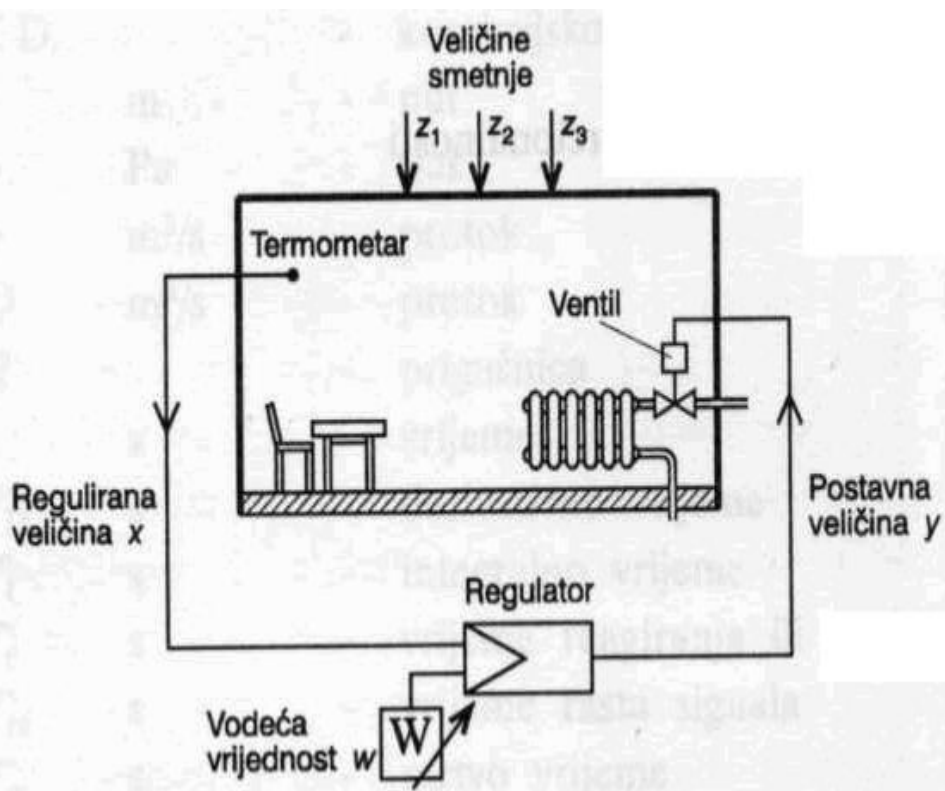
Trošak **1° C previsoke** temperature prostora tijekom godine povećava troškove sustava za

6 do 11% *

◀ 23° C

Regulacija treba biti: stabilna; brza i točna

SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA



Z1 promjena izmjene topline usljed promjene vanjske temperature
 Z2 promjena temperature toplog medija
 Z3 utjecaj izvora odnosno ponora tiolina
 X regulirana veličina koju želimo nadzirati i čije je područje vrijednosti unaprijed određeno
 W vodeća vrijednost regulirane veličine koju želimo održavati
 X-W razlika između stvarne vrijednosti regulirane veličine i vodeće vrijednosti
 Y veličina koja utječe na promjenu regulirane veličine u željenom smislu



Analogni regulator - analogni regulator je uređaj kontinuiranog djelovanja. Njegovi elementi izrađeni su na temelju matematičkih analogija između mehaničkih, toplinskih i električnih pojava. Složenost im je ograničena, a točnost im ovisi o točnosti komponenata iz kojih su izgrađeni.

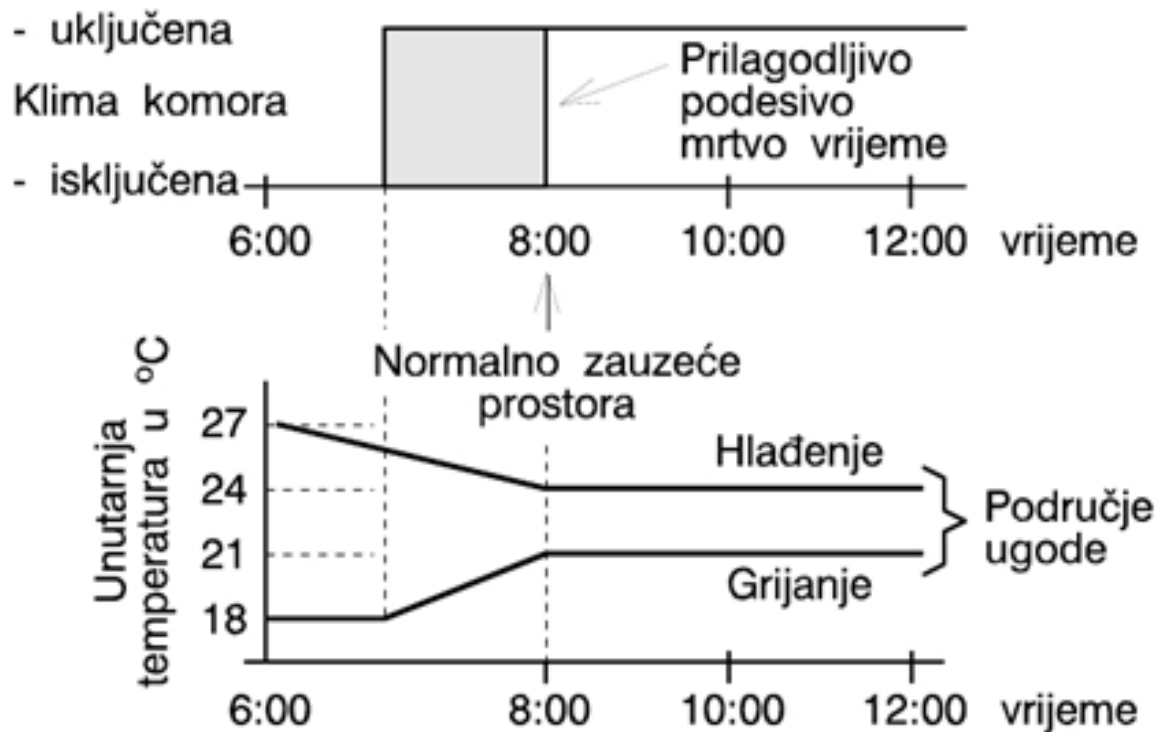
Digitalni regulator - digitalni regulator spada u diskretne regulatore. Danas se obično grade u obliku digitalnih kompaktnih računala, pa imaju i njihova svojstva. Algoritam regulatora nalazi se u memoriji računala u obliku programa. Ulazne i izlazne vrijednosti u regulatoru (program) nisu kontinuirane nego diskretne. Digitalni sustavi otporni su na smetnje, izuzetno pouzdani i fleksibilni.

Analogno-digitalni (A/D) pretvornik - elektronički sklop koji analogni ulazni signal mijenja u digitalni signal, koji mikroprocesor koristi u izvršavanju programa. Analogne ulazne veličine obično dolaze od osjetnika ili pretvarača temperature, tlaka, vlažnosti ili drugih veličina.

Digitalno-analogni (D/A) pretvornik - elektronički sklop koji digitalne signale iz programa pretvara u analogne signale za uporabu u sustavu regulacije. Analogni se signali koriste za pozicioniranje aktuatora ili pobuđivanje pretvarača ili releja.

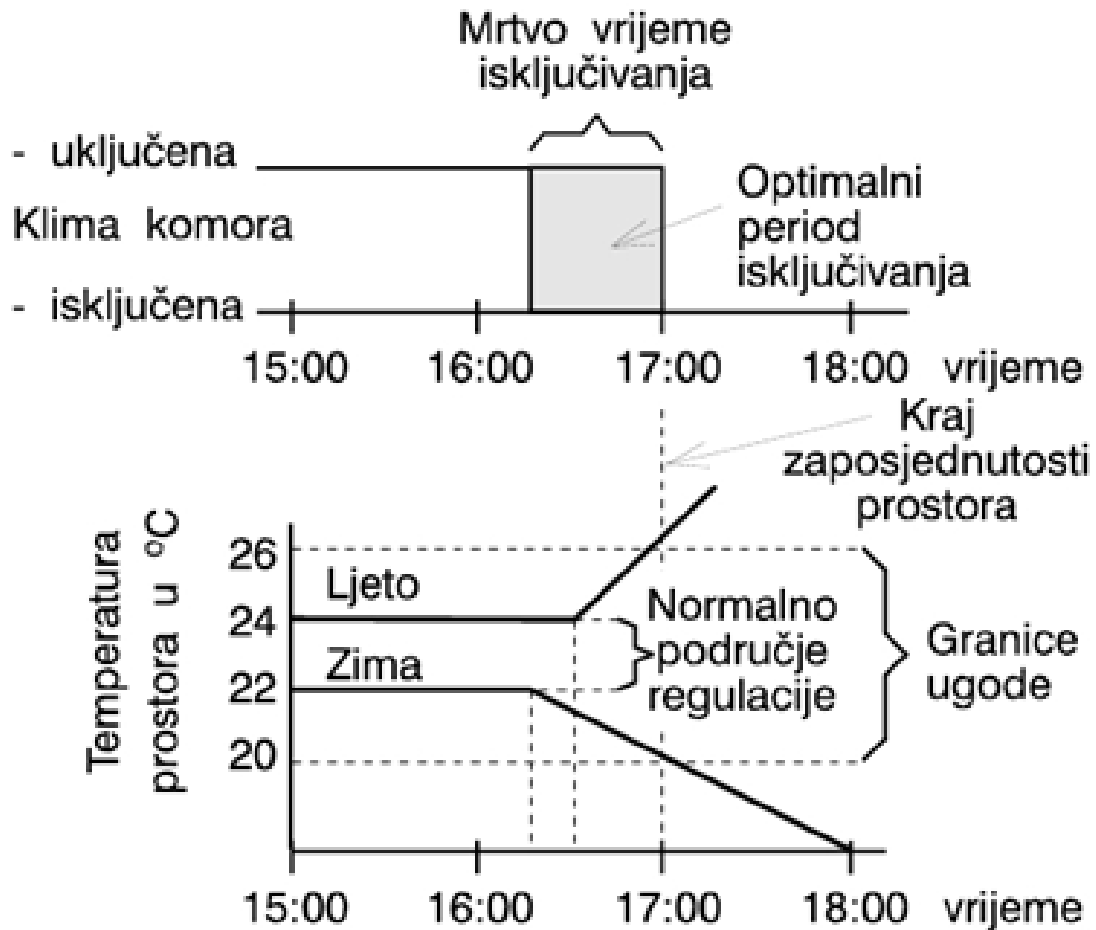


DEFINICIJE – Optimalno pokretanje



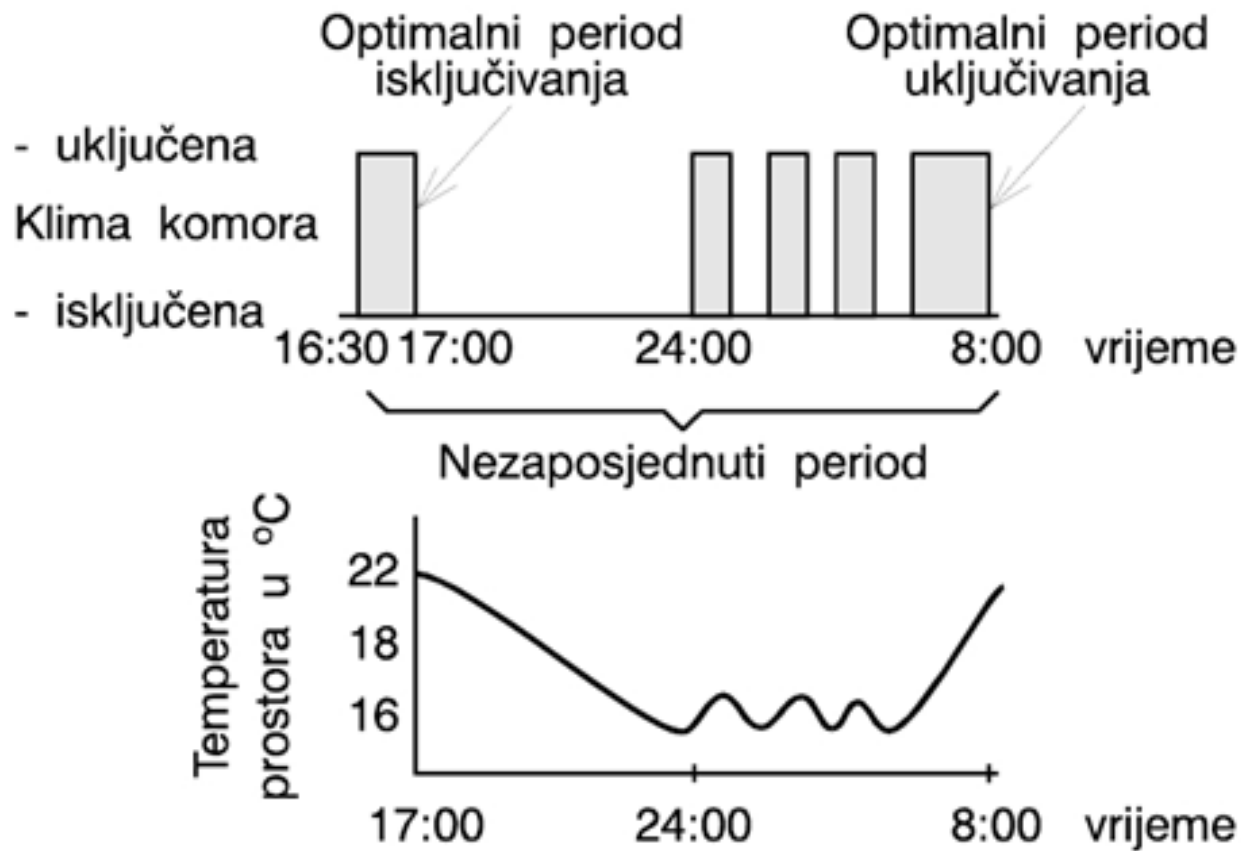


DEFINICIJE – Optimalno zaustavljanje



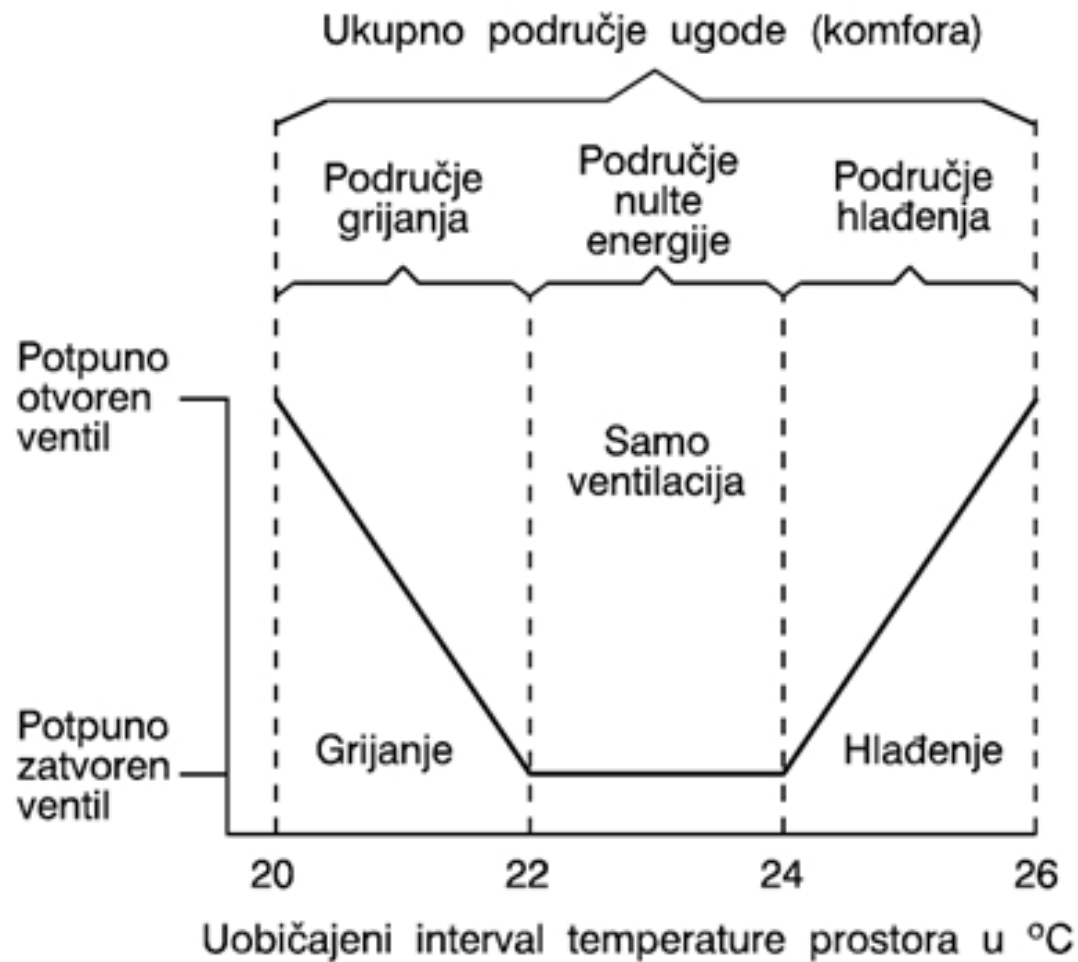


DEFINICIJE – Program noćnog ciklusa





DEFINICIJE – Područje nulte energije





SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA

Sustave regulacije grijanja možemo podijeliti na dva osnovna principa i to:

- a) **REGULACIJA TOPLINSKOG UČINA (Q) PROMJENOG PROTOKA OGRJEVNOG MEDIJA (G):**

$$Q = f(G)$$

$$\Delta\theta = \text{const.}$$

- b) **REGULACIJA TOPLINSKOG UČINA (Q) PROMJENOM TEMPERATURE OGRJEVNOG MEDIJA (θ)**

$$Q = f(\Delta\theta)$$

$$G = \text{const.}$$

Isto vrijedi i za pripremu tople vode, a vodeća vrijednost je temperature PTV-a koja se regulira na stalnu vrijednost ovisno o karakteru, odnosno zahtjevu potrošača.

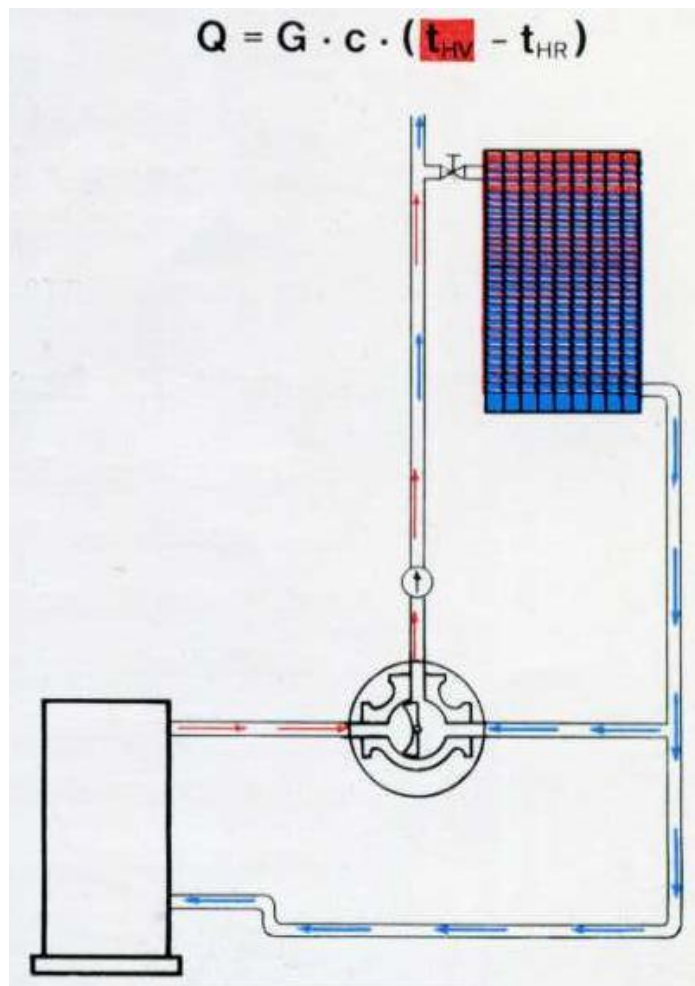
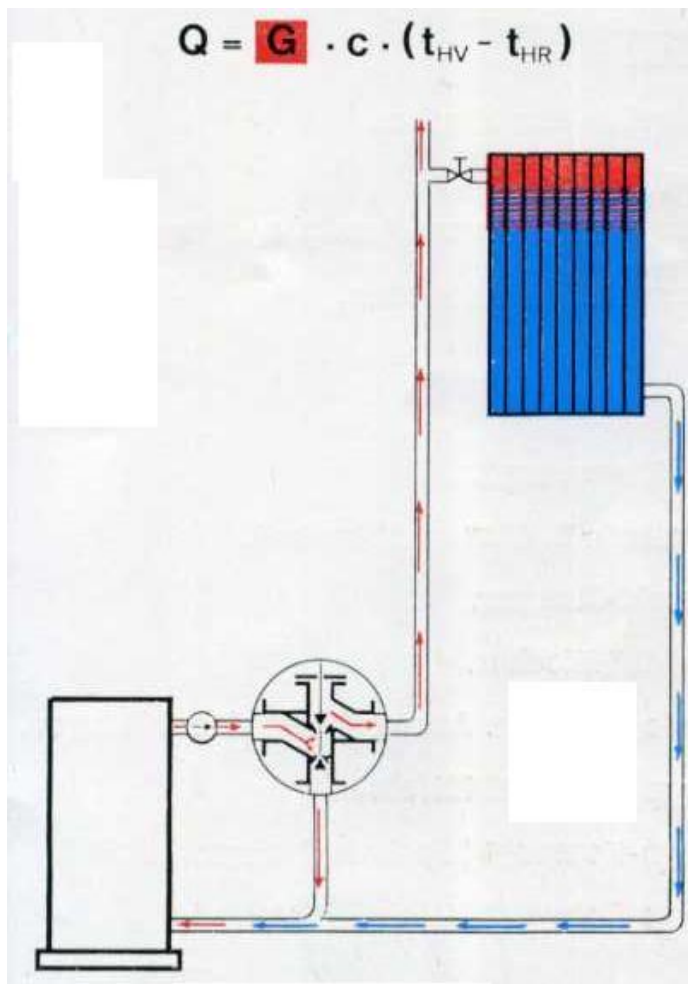
Općenito toplinski učinak vodi se u funkciji promjene vanjske temperature za procese grijanja, dok se za procese pripreme PTV-a vodi na stalnu vrijednost temperature:

$$\theta_{\max} = 45^{\circ}\text{C opća potrošnja, } \theta_{\max} = 65^{\circ}\text{C za kuhinje}$$



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA





SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA

Regulacija **SUSTAVA GRIJANJA** se obzirom na mjesto zahvata općenito provodi kao:

1. **POJEDINAČNA-LOKALNA** (regulacija temperature zraka u svakoj prostoriji zgrade zasebno putem sklopa regulacijskog ventila i temperaturnog osjetnika unutar reguliranog prostora → vidi citirani čl. 40)

TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA (NN 110/08)

Ugradnja elemenata za regulaciju topline

Članak 40.

Ogrjevno tijelo, koje dovodi toplinu u prostoriju, mora imati ugrađen element za regulaciju topline (npr. termostatski ventil) kada je korisna ploština neto podne površine prostorije veća od 6 m².

2. **CENTRALNA** (regulacija temperature zraka u svim prostorijama iz jednog centralnog mjesta za svaku prostoriju ili na osnovu regulacije temperature prema referentnoj prostoriji).

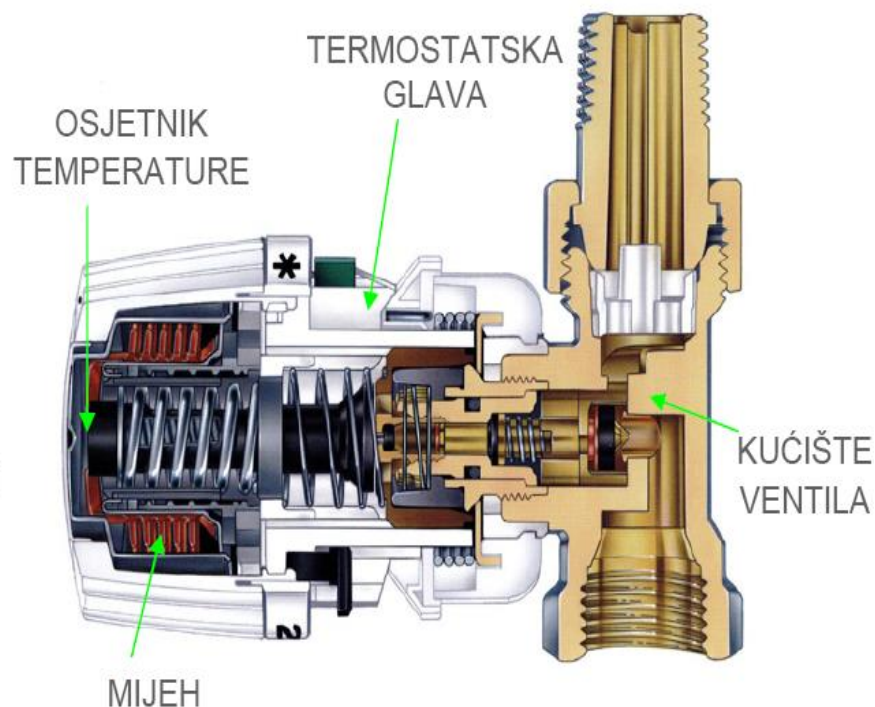
SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA

1. POJEDINAČNA - LOKALNA REGULACIJA

REGULACIJA SOBNE TEMPERATURE →

Termostatski Radijatorski Ventil (TRV):

- regulator bez pomoćne energije
- proporcionalan regulator s automatskim djelovanjem i uskim P-područjem od 1 do 3 K
- osjetnik temperature je mijeh punjen plinom¹⁾ ili kapljevinom, koji uslijed promjene temperature dilatira i time ostvaruje pomak pladnja ventila u odnosu na sjedište

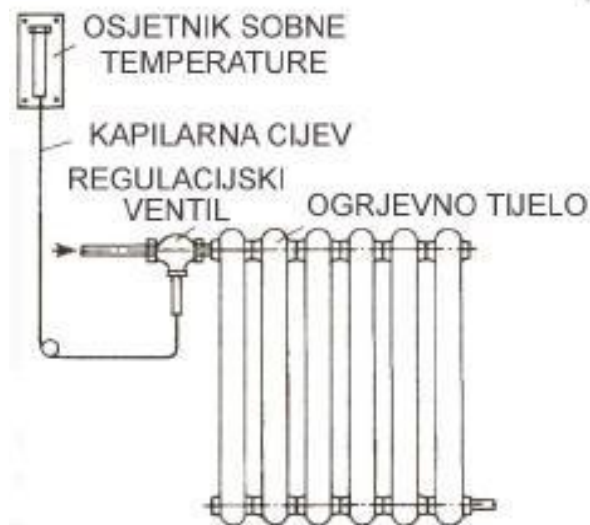


*Termostatski radijatorski ventil (TRV)
s ugrađenim osjetnikom*

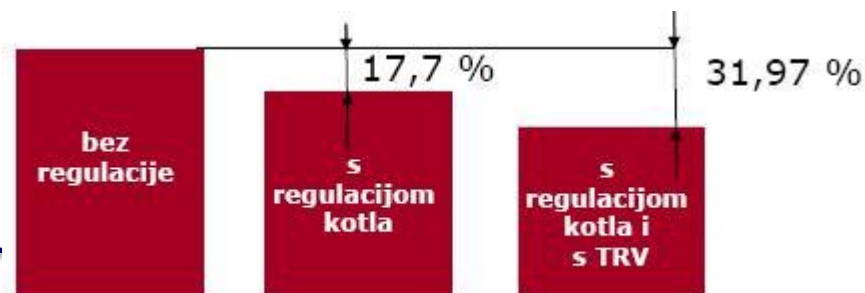
SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA



Termostatska glava s daljinskim osjetnikom i daljinskim namještanjem (Izvor: Danfoss)



KORIŠTENJE TERMOSTATSKIH RADIJATORSKIH VENTILA POSTIŽE SE
(prema navodima proizvođača) ušteda u potrošnji energije od 10 do 20 %



Procjena potencijala uštede primjenom termostatskih radijatorskih ventila i regulacijom temperature kotla
Izvor: Danfoss

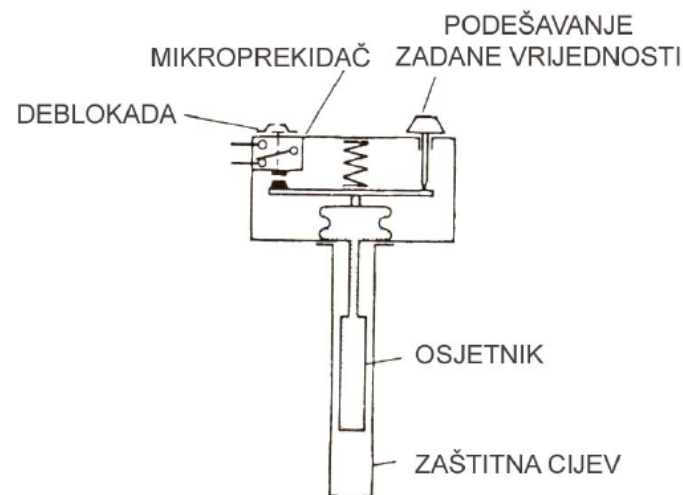


SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA

2. CENTRALNA REGULACIJA SUSTAVA GRIJANJA REGULACIJOM TEMPERATURE OGRIJEVNOG MEDIJA

2.a) Centralna regulacija temperature vode u toplinskom izvoru (kotlu)

Regulacija temperature vode u toplinskom izvoru, na željenu vrijednost, održava se putem **temperaturnog osjetnika** koji upravlja radom plamenika kod kotlova kao izvora energije ili radom regulacijskog ventila kod izmenjivača topline.



Dvopoložajni regulator



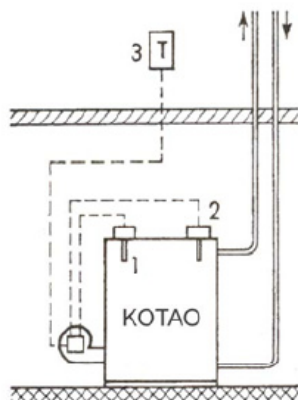
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA

2.b) Centralna regulacija temperature vode u kotlu prema sobnoj temperaturi

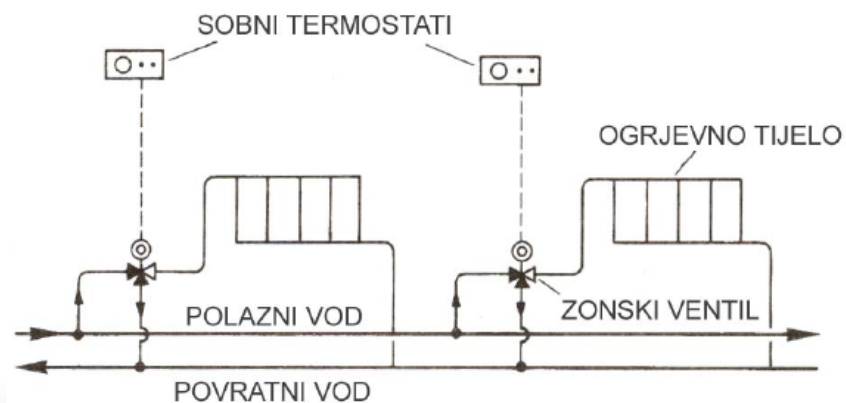
- sobni termostats postavljen u referentnoj prostoriji održava temperaturu u prostoriji konstantnom nezavisno od potrebe za toplinom ostalih prostorija i djeluje na kotao
- toplinski učin ostalih ogrjevnih tijela u zgradi prilagođava se onome u referentnoj prostoriji
- regulator kotla → dvopoložajni ili tropoložajni regulator (mora se povremeno namjestiti prema vanjskoj temperaturi)
- sobni termostats uključuje/isključuje plamenik
- ova regulacija pogodna je za etažna grijanja, obiteljske kuće ili pri zonskoj regulaciji u školama i ustanovama
- nije pogodna za veće zgrade sa znatnim razlikama potrebne topline u pojedinim dijelovima zgrade
- ZONSKA REGULACIJA – termostats kotla održava temperaturu kotla konstantnom, dok sobni termostats uključuje i isključuje zonski ventil

SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA



Regulacija kotla prema sobnoj temperaturi

- 1** - regulator temperature kotla,
- 2** - graničnik temperature,
- 3** - sobni termostats



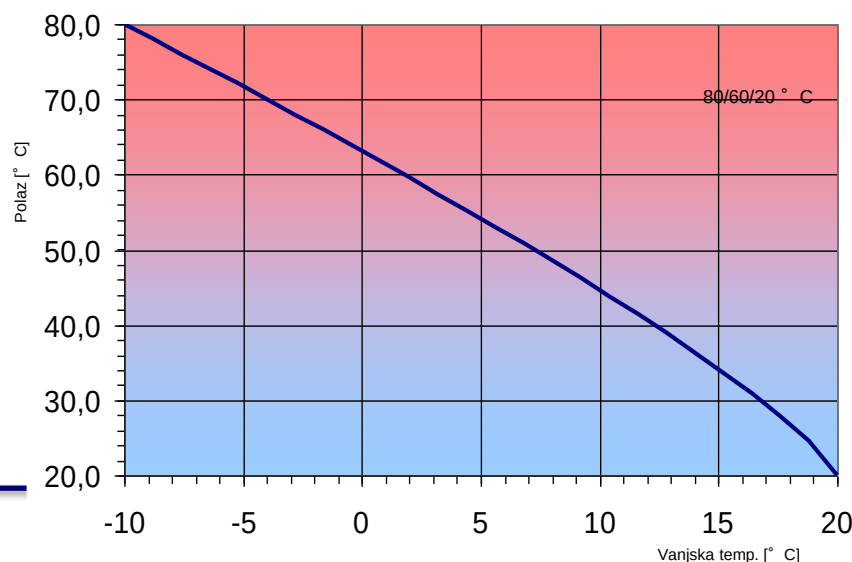
Zonska regulacija sobne temperature sa zonskim ventilima



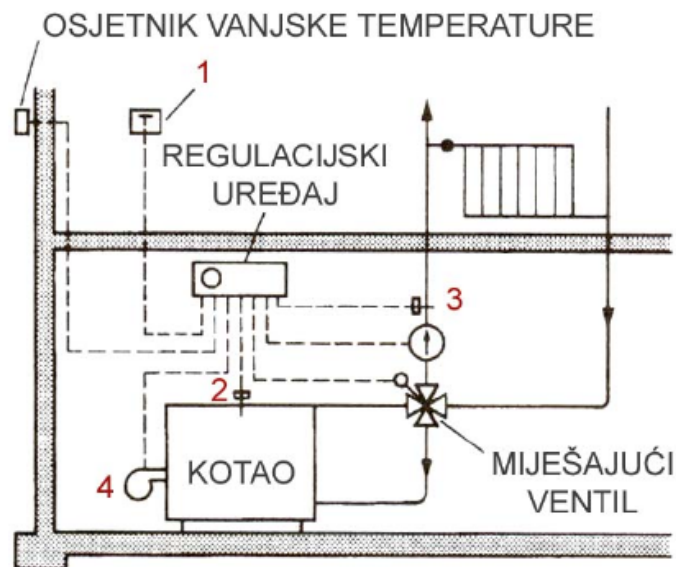
SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA

2.c) Regulacija temperature polaznog voda u ovisnosti o vanjskoj temperaturi

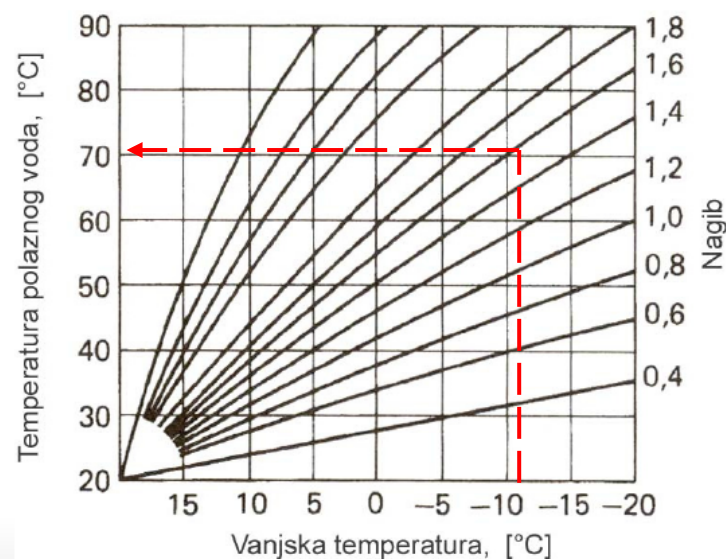
- osjetnik vanjske temperature, postavljen na klimatski najnepovoljnijem mjestu fasade (zaštićen od Sunca, na sjevernoj fasadi), šalje vrijednost temperature vanjskog zraka u regulacijski uređaj
- karakteristična krivulja grijanja → daje vezu između vanjske temperature i temperature polaznog voda (određenoj vanjskoj temperaturi odgovara određena zadana temperatura polaznog voda)
- podešavanjem miješajućeg ventila i/ili uključivanjem plamenika održava se potrebna temperatura u polaznom vodu → REGULACIJA TEMPERATURE POLAZNOG VODA



SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA



- 1-osjetnik sobne temperature s daljinskim upravljanjem
- 2-osjetnik temperature kotlovske vode
- 3-osjetnik temperature polazne vode
- 4-plamenik

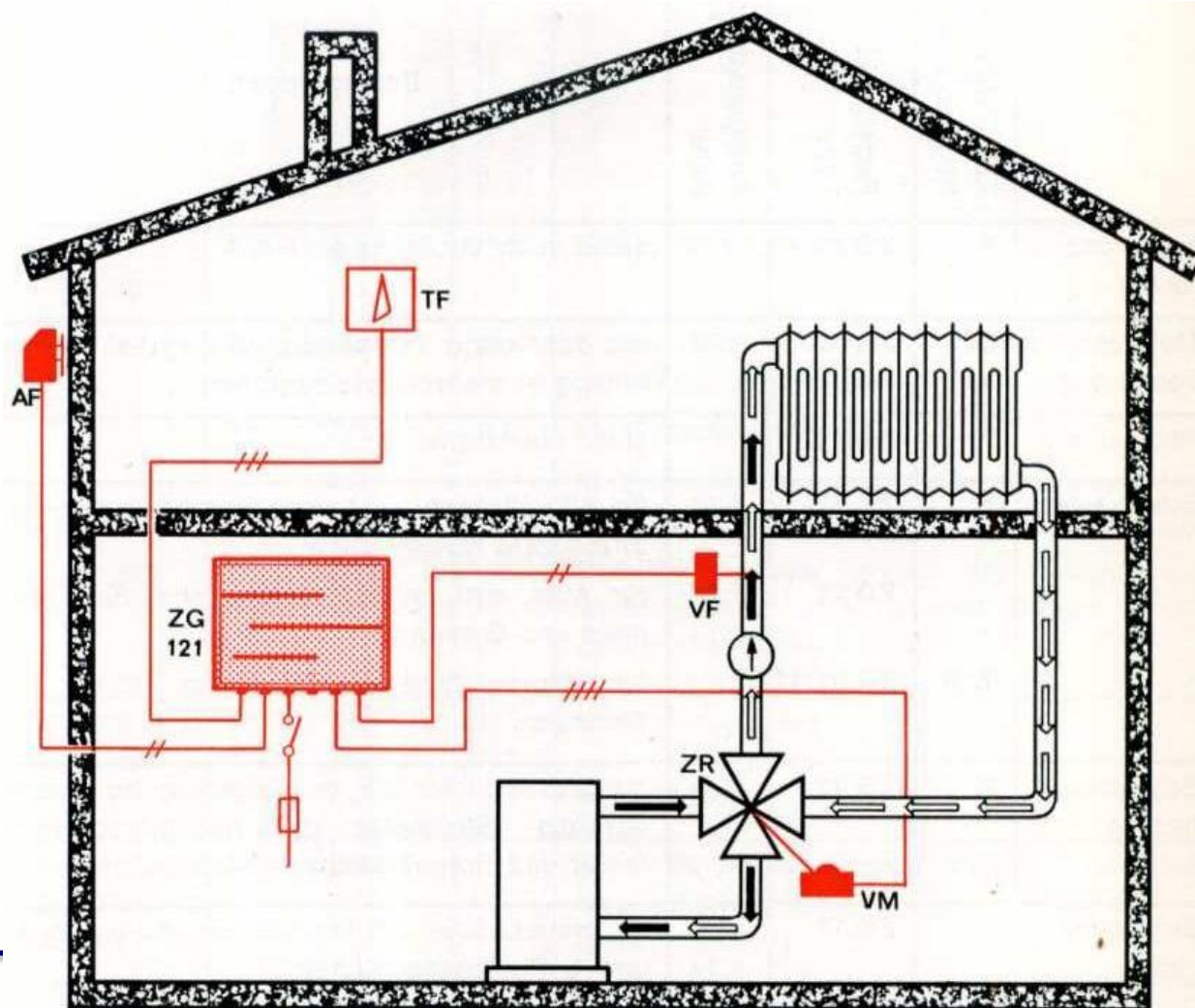


Regulacija temperature polazne vode u zavisnosti o vanjskoj temperaturi



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

SUSTAV AUTOMATSKE REGULACIJE I UPRAVLJANJA



OSJETNICI

Uranjajući osjetnik
temp. vode



Vanjski osjetnik temp.



Protusmrzavajući
osjetnik s kapilarem



Sobni osjetnik temp.



Kanalski osjetnik
temp. zraka



osjetnik temp.
povratnog zraka
(za ventilokonvektor)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Razlika tlaka u točkama sustava (pad tlaka) najčešće se mjeri s manometrima s membranom ili elastičnom komorom.



Diferencijalni presostat – šalje signal kada izmjereni pad tlaka prelazi zadanu vrijednost

Diferencijalni pretvarač – šalje signal čija promjena funkcijski odgovara izmjerenom padu tlaka.



Za **mjerenje relativne vlažnosti**, osim psihrometra koriste se osjetnici sa hlađenim ogledalom, ali i oni koji se temelje na:

- promjeni duljine optičkog vlakna
- promjeni težine
- promjeni električnih svojstava (kapacitivnosti ili otpora)

Kanalski osjetnik vlage



Sobni higrostat





Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Multifunkcijski:
CO₂, temperatura, rel.vlaga



Senzor prisutnosti



Senzor sunčevog
zračenja



Kontrolnik protoka

