

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Zavod za termodinamiku, strojarstvo i energetiku



ENERGETIKA

Studij: Kemijsko inženjerstvo (V semestar)

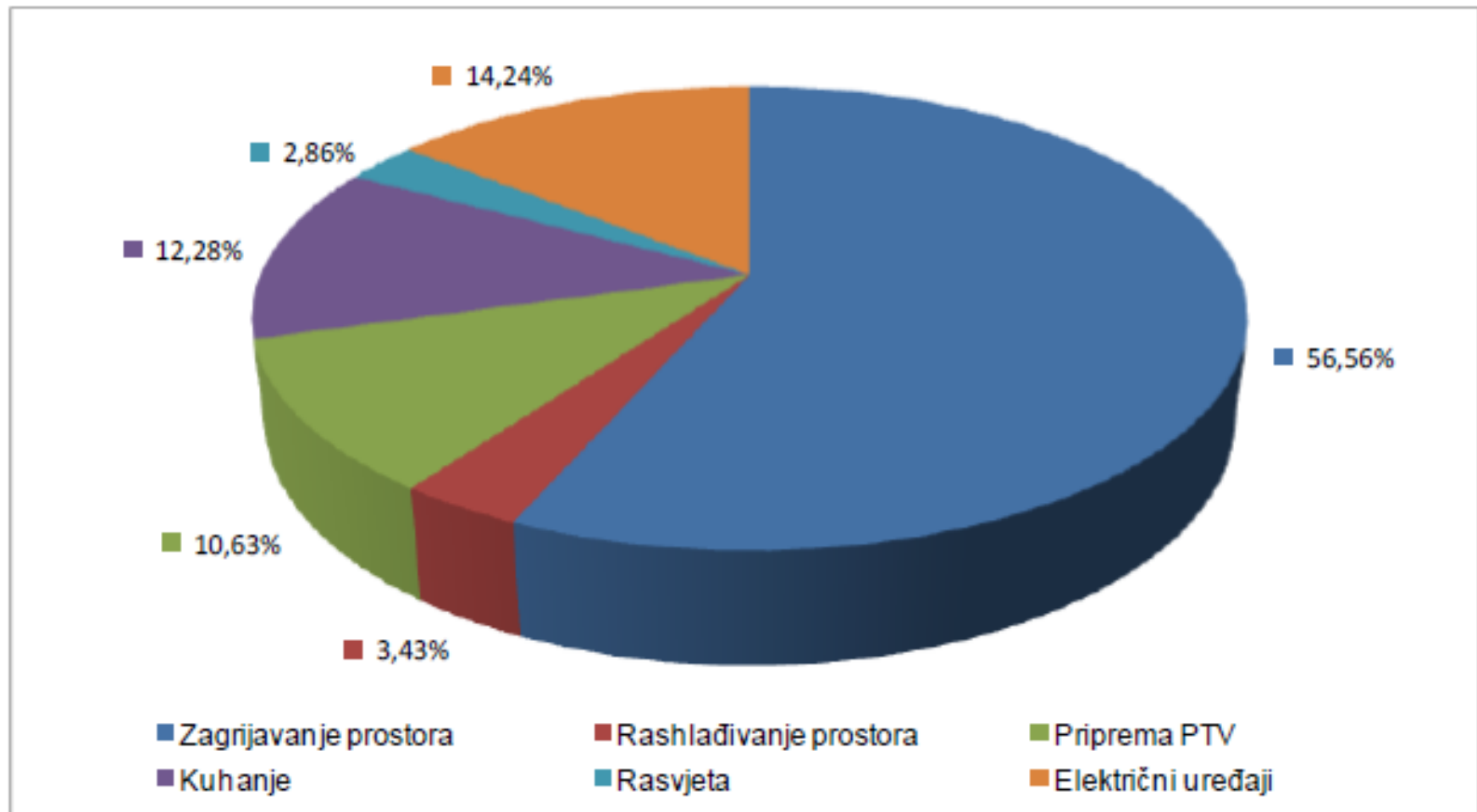
prof. dr. sc. Igor Sutlović



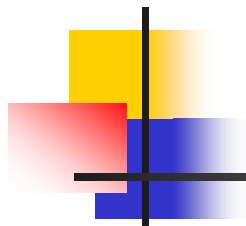
Kako možemo štedjeti energiju u kategoriji zgradarstva?

- U starim zgradama poboljšanjem izolacije tj. investiranjem,
- U novim zgradama primjenom strožih propisa za toplinska svojstva zgrada tj. primjena novih tehnologija.
- U oba slučaja možemo štedjeti i promjenom ponašanja (good housekeeping)

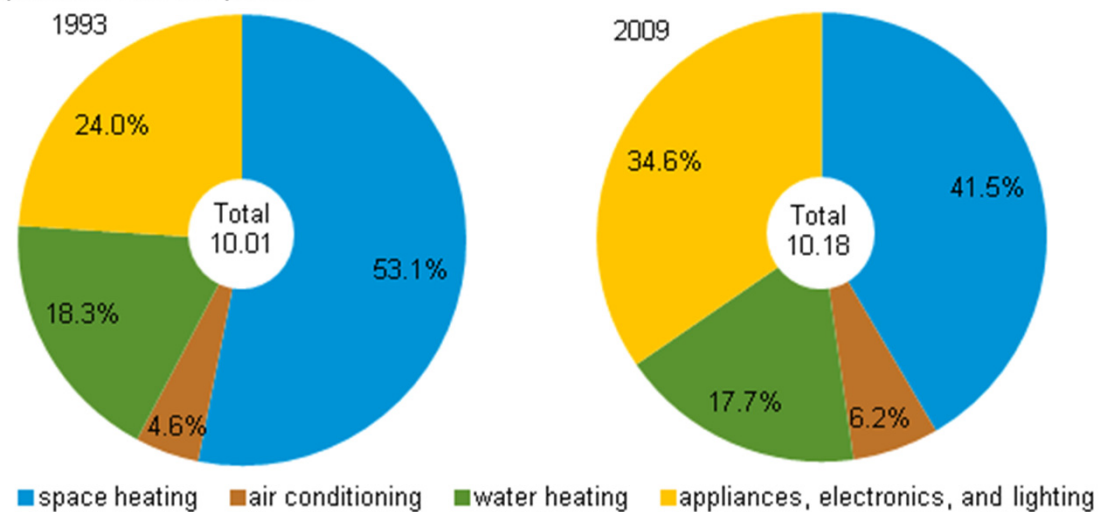
Potrošnja energije u kućanstvima u Hrvatskoj po namjeni u 2010., izvor: Program energetske obnove zgrada 2013.-2020. MGIPU.



Udjeli potrošnje energije u kućanstvima u SAD



Energy consumption in homes by end uses
quadrillion Btu and percent



1Btu=1,06kJ, ukupna potrošnja je približno 10EJ=10¹⁸J

TEHNIČKI PROPIS O UŠTEDI TOPLINSKE ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA (NN79/05)

Zahtjevi za nove zgrade grijane na temperaturu 18 °C ili više

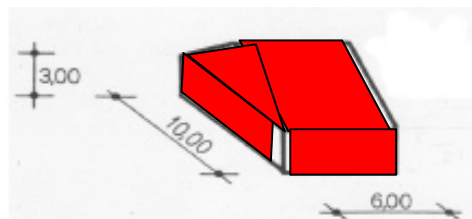
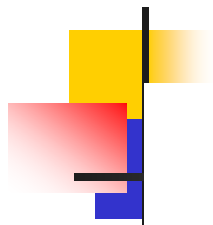
Članak 7.

Stambena zgrada za koju je grijanje predviđeno na temperaturu 18 °C ili više mora biti projektirana i izgrađena na način da godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, Q_h'' [kW·h/(m²·a)], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0 , nije veća od vrijednosti:

- – za $f_0 \leq 0,20$ $Q_h'' = 51,31 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
- – za $0,20 < f_0 < 1,05$ $Q_h'' = (41,03 + 51,41\cdot f_0) \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$
- – za $f_0 \geq 1,05$ $Q_h'' = 95,01 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$.

$f_0 = A/V_e$ (m⁻¹) - faktor oblika zgrade definiran kao količnik oplošja, A (m²), i obujma, V_e (m³), grijanog dijela zgrade

Ilustracija pojma faktora oblika zgrade, izvor: TVZ, mr.sc. Ranko Keindl



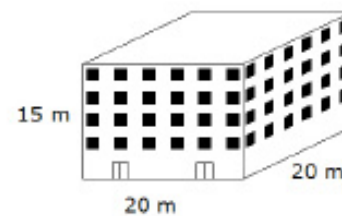
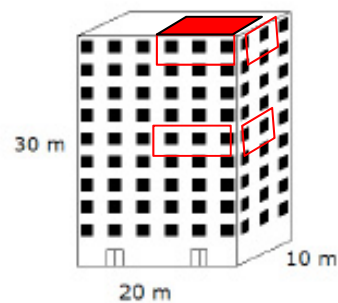
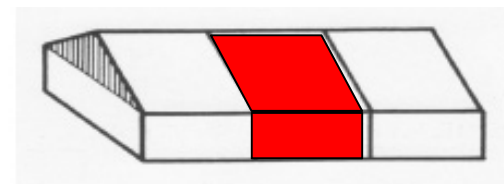
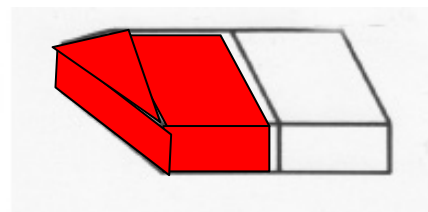
PRVI PRIMJER POKAZUJE KAKO SE MIJENJA FAKTOR OBLIKA S OBZIROM NA UGRAĐENOST ZGRADE ISTOG OBUJMA:

$$V1 = V2 = V3 = 180 \text{ m}^3$$

ZA SAMOSTOJEĆU ZGRADU
 $fo = 1,20 \text{ m}^{-1}$

ZA POLUUGRAĐENU ZGRADU
 $fo = 1,03 \text{ m}^{-1}$

ZA UGRAĐENU ZGRADU
 $fo = 0,87 \text{ m}^{-1}$



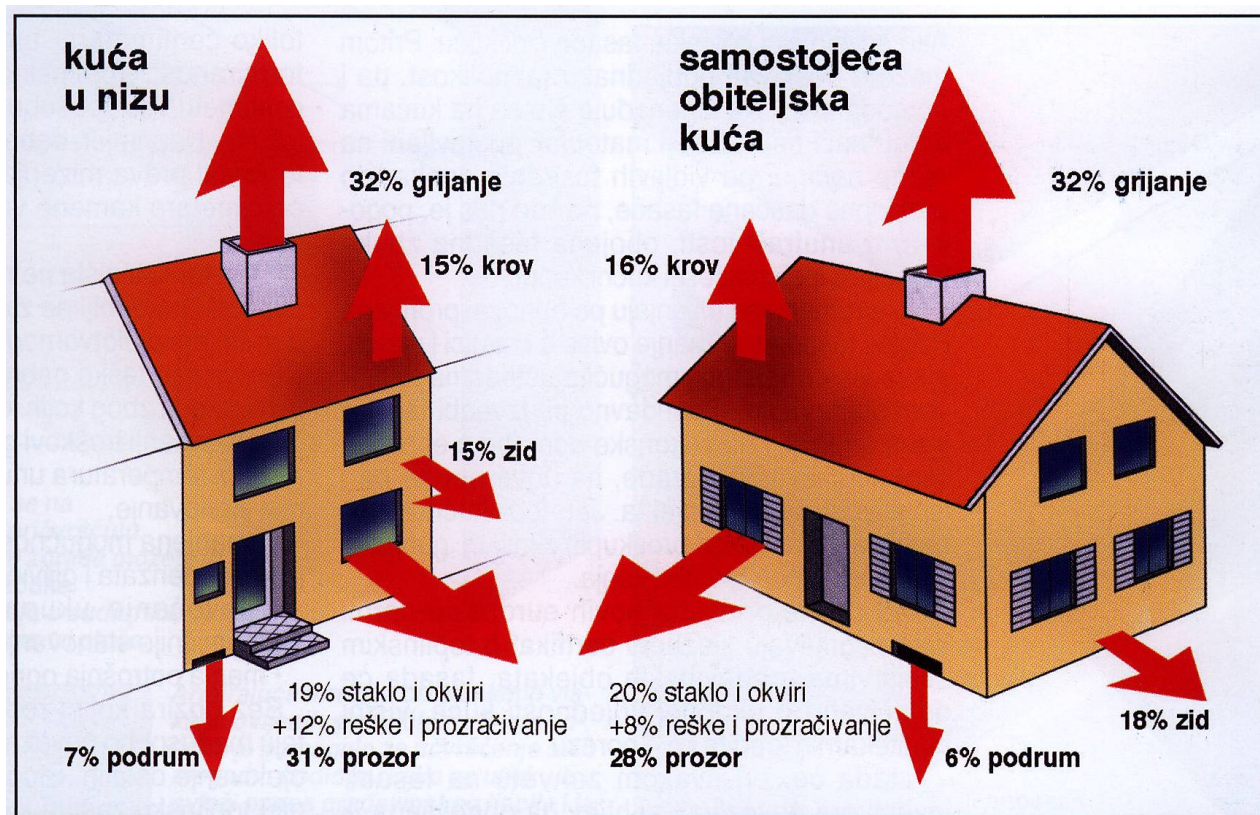
DRUGI PRIMJER POKAZUJE KAKO SE MIJENJA FAKTOR OBLIKA S OBZIROM NA OBLIK ZGRADA ISTIH OBUJMA:

$$V1 = V2 = 6.000 \text{ m}^3$$

ZA VITKU, ŠTAPASTU ZGRADU (NEBODERI): $fo = 0,43 \text{ m}^{-1}$

ZA NIŽE, ZBIJENE ZGRADE: $fo = 0,33 \text{ m}^{-1}$

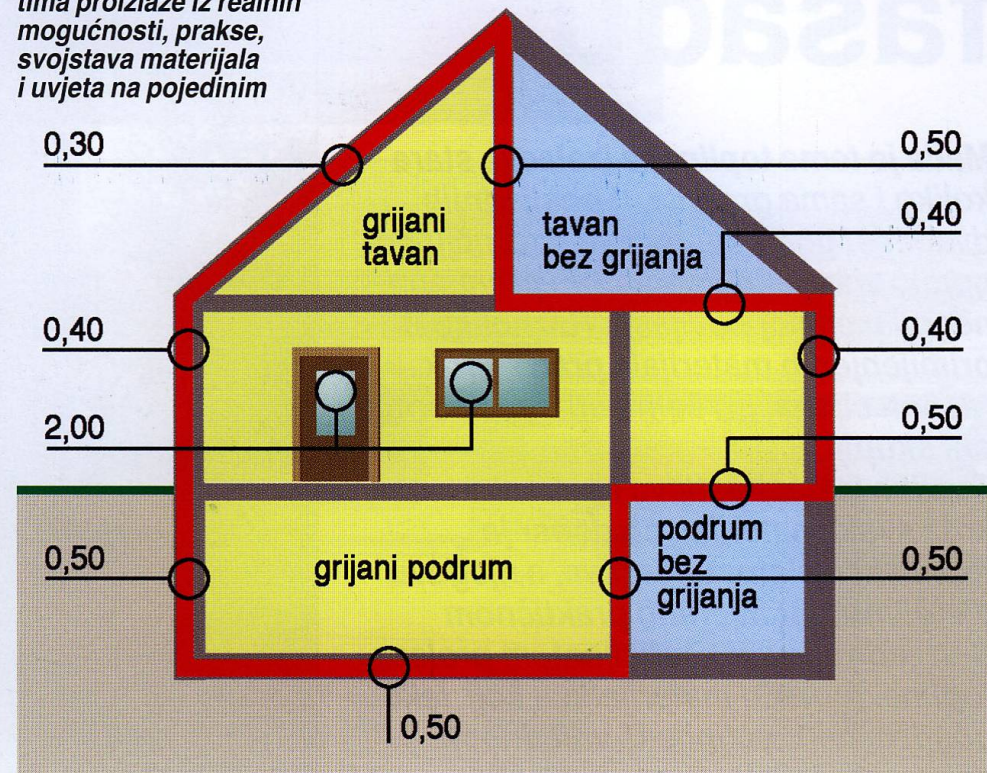
Kako se u zgradama gubi toplina prema van?



Da bi se to postigla propisuju se dopuštene maksimalne vrijednosti koeficijenta prolaza topline k (ili U) u W/m^2K

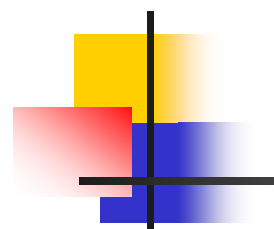
DOLJE: Na shematskom presjeku kuće crvenim je označena vanjska ljuska zgrade koja zatvara grijani prostor. Brojke označuju minimalne propisane vrijednosti koeficijenta prolaza topline U koji se izražava kao W/m^2K . Razlike u koeficijentima proizlaze iz realnih mogućnosti, prakse, svojstava materijala i uvjeta na pojedinim

dijelovima kuće. Tako je koeficijent prolaza topline u kosom krovu $U=0,3 W/m^2K$, dok se od zida prema negrijanom dijelu istog potkrovlja zahtijeva malo slabija zaštita i koeficijent $U=0,5 W/m^2K$. (Manja brojka označuje bolju zaštitu).



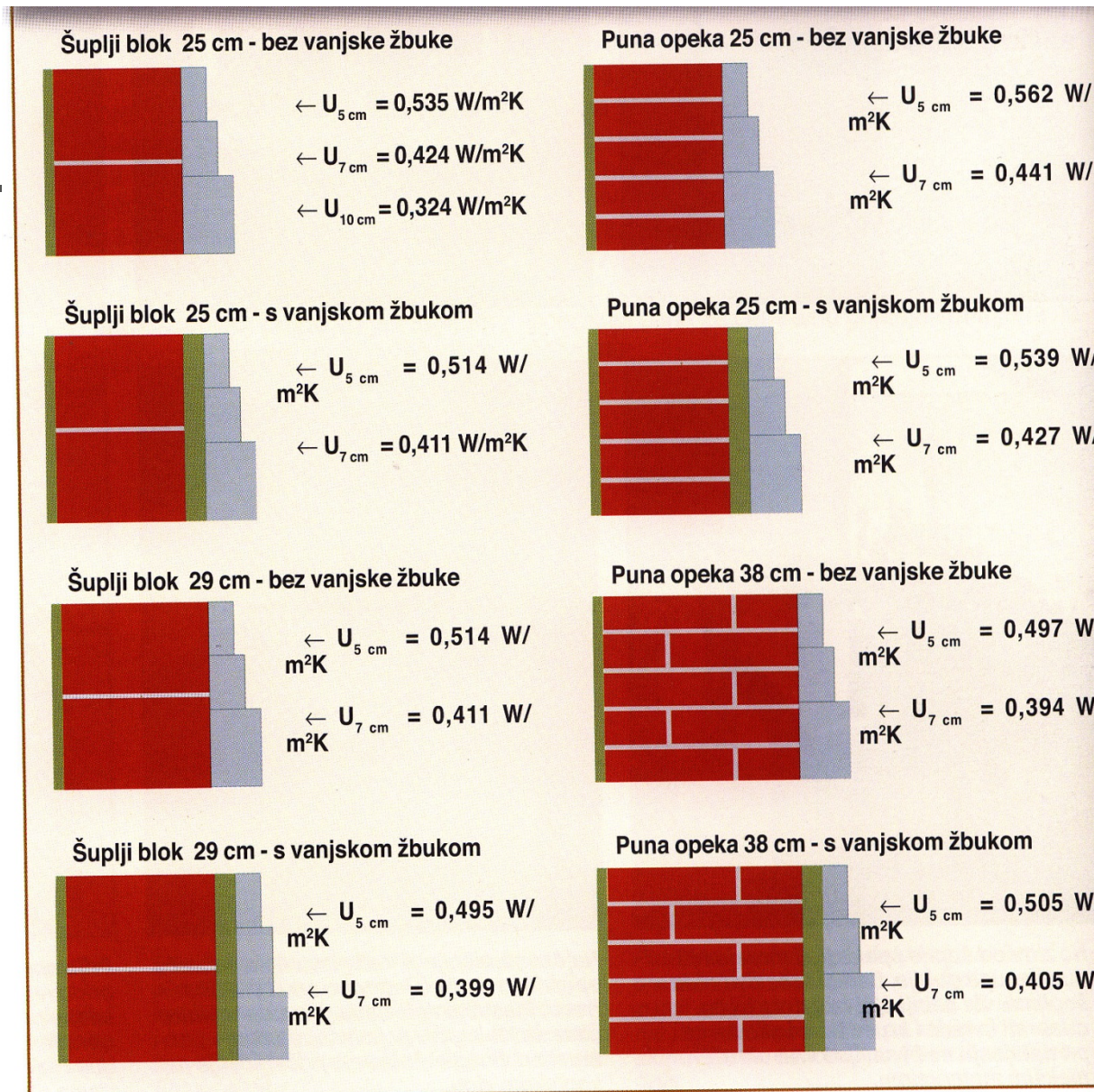
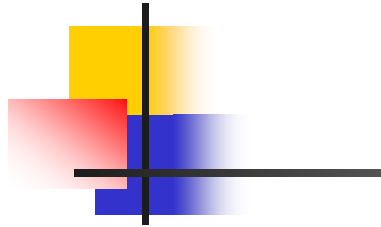
Kako se to praktično postiže?





TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJAL	TOPLINSKA PROVODLJIVOST (W/mK)	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA U=0,35 W/m ² K
KAMENA VUNA	0,035 do 0,050	9 - 11
STIROPOR	0,035 do 0,040	9 - 10
EKSTRUDIRANA POLISTIRENSKA PJENA	0,030 do 0,040	8 - 10
TVRDA POLIURETANSKA PJENA	0,020 do 0,040	7 - 9
DRVENA VUNA	0,065 do 0,09	16 - 20
EKSPANDIRANI PERLIT	0,040 do 0,065	10 - 16
EKSPANIDIRANI PLUTO	0,045 do 0,055	11 - 14
OVČJA VUNA	0,040	10 - 11
SLAMA	0,090 do 0,130	20 - 35

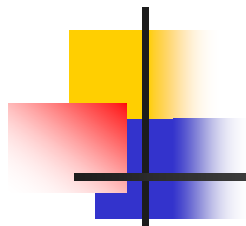
Usporedba koeficijenata prolaza topline za različite izvedbe zidova







Vrijednosti potrošnje toplinske energije za grijanje zgrada u kWh/m²



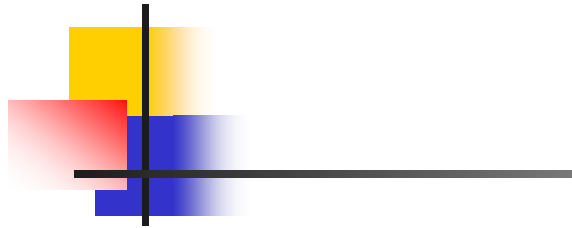
Tip zgrade	kWh/m ²
Loše izolirana stara gradnja	250-500
Prosječna novogradnja	150

Tip zgrade	Stare zgrade	Zgrade nakon 1984. g.*
Slobodno stojeće obiteljske zgrade	270	190
Obiteljske zgrade u nizovima	190	110
Višestambene zgrade	160	90

Potrošnja energije za grijanje u Hrvatskoj, izvor: Program energetske obnove zgrada 2013.-2020. MGIPU.

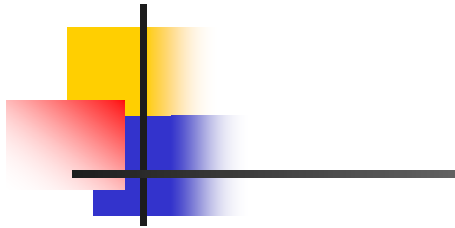
Tablica 2-4 Izračunate/procijenjene jedinične godišnje ukupne energije za grijanje stambenih zgrada prema podneblju, godini i vrsti izgradnje

Tip i klima God. izgr.	kontinent		more	
	obiteljske kuće	višestambene zgrade	obiteljske kuće	višestambene zgrade
	kWh/m²a			
-1945	300	270	141	122
1945 - 1970	320	200	150	90
1970 - 1980	304	190	143	86
1980 - 1990	288	180	135	81
1990 - 2006	240	150	113	68
2007 - 2008	144	90	68	41
2009 - 2010	112	70	53	32



Izgled energetskeg certifikata za zgrade (Prema "Pravilniku o energetskeom certificiranju zgrada", NN 36/10)

Energetski certifikat za stambene zgrade			Zgrada <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća
	Vrsta zgrade		
	K.č. k.o.		
	Adresa		
	Mjesto		
	Vlasnik / investitor		
	Izvođač		
	Godina izgradnje		
	prema Direktivi 2002/91/EC		
	$Q''_{H,nd,ref}$ kWh/(m ² a)		Izračun 49
A+ ≤ 15			
A ≤ 25			
B ≤ 50		B	
C ≤ 100			
D ≤ 150			
E ≤ 200			
F ≤ 250			
G > 250			
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat			
Ovlaštena fizička osoba			
Ovlaštena pravna osoba			
Imenovana osoba			
Registarski broj ovlaštene osobe			
Broj energetskeg certifikata			
Datum izdavanja/rok važenja			
Potpis			
Podaci o zgradi			
A _k [m ²]			
V _e [m ³]			
f ₀ [m ⁻¹]			
H _{tr,adj} [W/(m ² K)]			



	Zgrada <input type="checkbox"/> nova <input checked="" type="checkbox"/> postojeća	
	Vrsta zgrade: Stambena zgrada s više stanova - A	
	K.č. 6895/23 k.o. Centar	
	Adresa: Lj. Posavskog 32, 32a, 32b, 32c, 32d, 34, 36, 36a	
	Mjesto: Zagreb	
	Vlasnik / investitor: Tehnika d.d., Ulica Grada Vukovara 274, Zagreb	
	Izvođač: Tehnika d.d., Ulica Grada Vukovara 274, Zagreb	
	Godina izgradnje: 2010.g.	
	prema Direktivi 2002/91/EC	
	Energetski certifikat za stambene zgrade	

$Q''_{H,nd,ref}$	kWh/(m ² a)	Izračun
		29,67
A+	≤ 15	
A	≤ 25	
B	≤ 50	B
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat	
Ovlaštena fizička osoba	
Ovlaštena pravna osoba	Energetski institut Hrvoje Požar
Imenovana osoba	Željka Hrs Borković
Registarski broj ovlaštene osobe	P-23/2010
Broj energetskog certifikata	006
Datum izdavanja/rok važenja	17.12.2010. – 17.12.2020.
Potpis	<i>[Signature]</i>

Podaci o zgradi	
A_K [m ²]	19.090,56
V_e [m ³]	59.658,00
f_0 [m ⁻¹]	0,38
$H''_{tr,adj}$ [W/(m ² K)]	0,52

Koliko to smije koštati?

NAJVIŠE CIJENE KOŠTANJA PROVOĐENJA ENERGETSKIH PREGLEDA I IZDAVANJA ENERGETSKIH CERTIFIKATA ZGRADA																	
VRSTE ZGRADA		STAMBENE ZGRADE (POJEDINAČNI STANOV I ZGRADE U CJELINI) I NESTAMBENE ZGRADE (POSLOVNE, VRTIČI, ŠKOLE, DOMOVI, HOTELI)									NESTAMBENE ZGRADE (IZRAZITO SLOŽENE GRAĐEVINE SA SLOŽENIM SUSTAVIMA INSTALACIJA I VIŠE TEMPERATURNIH ZONA)						
		> 50 m ²	≤ 250 m ²	ZA STAN U ZGRADI	≤ 400 m ² i poljopr. ≤ 600 m ²	1.000 m ²	5.000 m ²	10.000 m ²	20.000 m ²	50.000 m ²	> 50.000 m ²	1.000 m ²	5.000 m ²	10.000 m ²	15.000 m ²	20.000 m ²	50.000 m ²
NOVE ZGRADE	PREGLED DOKUMENTACIJE I (PO POTREBI) PREGLED ZGRADE TE IZDAVANJE EN. CERTIFIKATA	PAUŠAL: 1.400 kn		PAUŠAL: 1.750 kn	2.300 kn	6.200 kn	9.400 kn	14.300 kn	26.400 kn	PAUŠAL: 31.700 kn	3.100	8.100 kn	12.200 kn	15.600 kn	18.500 kn	33.500	PAUŠAL: 40.200 kn
POSTOJEĆE ZGRADE	ENERGETSKI PREGLED	0 ^{1,3} do 3.300 kn	0 ^{1,3} do 1.500 kn	0 ^{1,3} do 5.000 kn	← cijena za nove zgrade pomnožena s koeficijentom 0 ^{1,2,3} do 3,8 →												
	VREDNOVANJE RADNJI EN. PREGLEDA I IZDAVANJE EN. CERTIFIKATA	PAUŠAL: 1.450 kn	PAUŠAL: 1.200 kn	PAUŠAL: 2.400 kn	← cijena za nove zgrade pomnožena s koeficijentom 1 ^{1,2} do 1,2 →												

¹ za slučaj zgrade za koju je projekt izrađen prema Tehničkom propisu o racionalnom korištenju energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“, broj 110/08 i 89/09)

² za slučaj zgrade za koju je projekt izrađen prema Tehničkom propisu o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“, broj 79/05, 155/05 i 74/06)

³ ako postoji dokumentacija dostatna za vrednovanje radnji energetskog pregleda i izdavanje energetskog certifikata zgrade

Isti pravilnik propisuje i prijedlog mjera za sniženje potrošnje energije.

PREGLED DIJELA PRIJEDLOGA MJERA ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE KOJE SU EKONOMSKI OPRAVDANE

U sklopu provođenja energetskeg pregleda zgrade potrebno je izraditi i prijedlog mjera za poboljšanje energetskeg svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane.

Mjere koje se predlažu obuhvaćaju na primjer slijedeće:

- poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije,
- zamjenu ili poboljšanje sustava grijanja i povećanje učinkovitosti,
- zamjenu ili poboljšanje sustava klimatizacije i povećanje učinkovitosti,
- zamjenu ili poboljšanje sustava pripreme tople vode,
- promjenu izvora energije gdje je to ekonomski i ekološki isplativo,
- uvođenje obnovljivih izvora energije (sunčeva, geotermalna, biomasa i dr.),
- poboljšanje učinkovitosti sustava elektroinstalacija i kućanskih uređaja,
- racionalno korištenje vode,
- upravljanje energetikom općenito.

Mjere za poboljšanje energetskeg svojstava zgrade u odnosu na troškove za njihovo provođenje i vrijeme povrata investicija navode se u energetskom certifikatu od najjeftinijih s brzim povratom investicije do mjera koje daju najveći učinak glede energetske učinkovitosti ali uz najduži rok povrata uložene investicije.

1. Mjere za poboljšanje energetske svojstva zgrade uz male troškove i brzi povrat investicije (do 3 godine i 5000 kn/100 m²) jesu:

- brtvljenje prozora i vanjskih vrata, zamjena ostakljenja s dvostrukim IZO niskoemisijским ostakljenjem (preporuka $U_{\text{ostakljenja}} < 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$),
- provjera i popravak okova na prozorima i vratima,
- izoliranje niša za radijatore i kutije za rolete,
- toplinski izoliranje postojećeg kosog krova ili stropa prema negrijanom tavanu debljim slojem toplinske izolacije,
- reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta, postavljanjem zavjesa i sl.,
- ugradnja termostatskih ventila na radijatore,
- izoliranje cijevi za toplu vodu i spremnike tople vode,
- hidraulički uravnoteženje sustava centralnog toplovodnog grijanja,
- redovito servisiranje i podešavanje sustava grijanja i hlađenja,
- ugradnja automatske regulacije, kontrole i nadzora energetike zgrade,
- ugradnja štednih žarulja u rasvjetna tijela,
- zamjena trošila energetski efikasnijima – energetskog razreda A,
- uporaba štedne armature na trošilima za vodu (smart-shower sustavi, niskoprotlačni vodokotlići, senzorske slavine i pisoari),
- kompenziranje jalove energije ugradnjom kompenzatorskih baterija,
- regulacija i kontrola rada sustava rasvjete (day-light) i klimatizacije (termosenzori),
- odabir učinkovitijih trošila.

2. Mjere za poboljšanje energetske svojstva zgrade uz nešto veće troškove i duži period povrata investicije (više od 3 godine i preko 5000 kn/100 m²) jesu:

- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima – preporuka U prozora 1,1-1,8 W/(m²K),
- na prozore ugradnja mikroprekidača koji isključuju konvektorsko grijanje i hlađenje pri otvaranju prozora,
- toplinsko izoliranje neizolirane zgrade ili povećanje toplinske izolacije izolirane zgrade kod cijele vanjske ovojnice zgrade, (zidovi, podovi, krov te plohe prema negrijanim prostorima minimalno u skladu sa zahtjevima iz posebnog propisa),
- izgraditi vjetrobran na ulazu u kuću,
- saniranje i obnova dimnjaka,
- centraliziranje sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode,
- analiziranje sustava grijanja i hlađenja u kući i po potrebi zamijena energetski učinkovitijim sustavom (modernizacija postojećeg kotla, ugradnja novog kotla, promjena izvora energije) te ga kombinirati s obnovljivim izvorima energije (sunčeva energija, biomasa, geotermalna energija),
- rekuperacija otpadne topline, vode i sl.,
- ugradnja centralnog nadzornog i upravljačkog sustava,
- ugradnja sunčevog sustava za zagrijavanje vode – ukoliko se zagrijavanje vode vrši konvencionalnim izvorima energije ugraditi sustav sa sunčanim kolektorima,
- ugradnja fotonaponskog sustava za dobivanje električne energije: ugraditi sustav sa fotonaponskim ćelijama (ukoliko je moguća povoljna orijentacija ćelija).



Da bi se grijali potreban nam je izvor topline.

Izvor topline može biti:

- izvan zgrade – daljinsko grijanje – izvor je obično CHP postrojenje,
- u zgradi – za potrebe više stanova u stambenoj zgradi,
- u stanu – etažno grijanje.

Izvori primarne energije su obično:

- plin,
- loživo ulje,
- kruto gorivo.
- Mogu se kombinirati s obnovljivim izvorima poput npr. Sunca

Važan čimbenik ekonomičnog grijanja je izvor topline

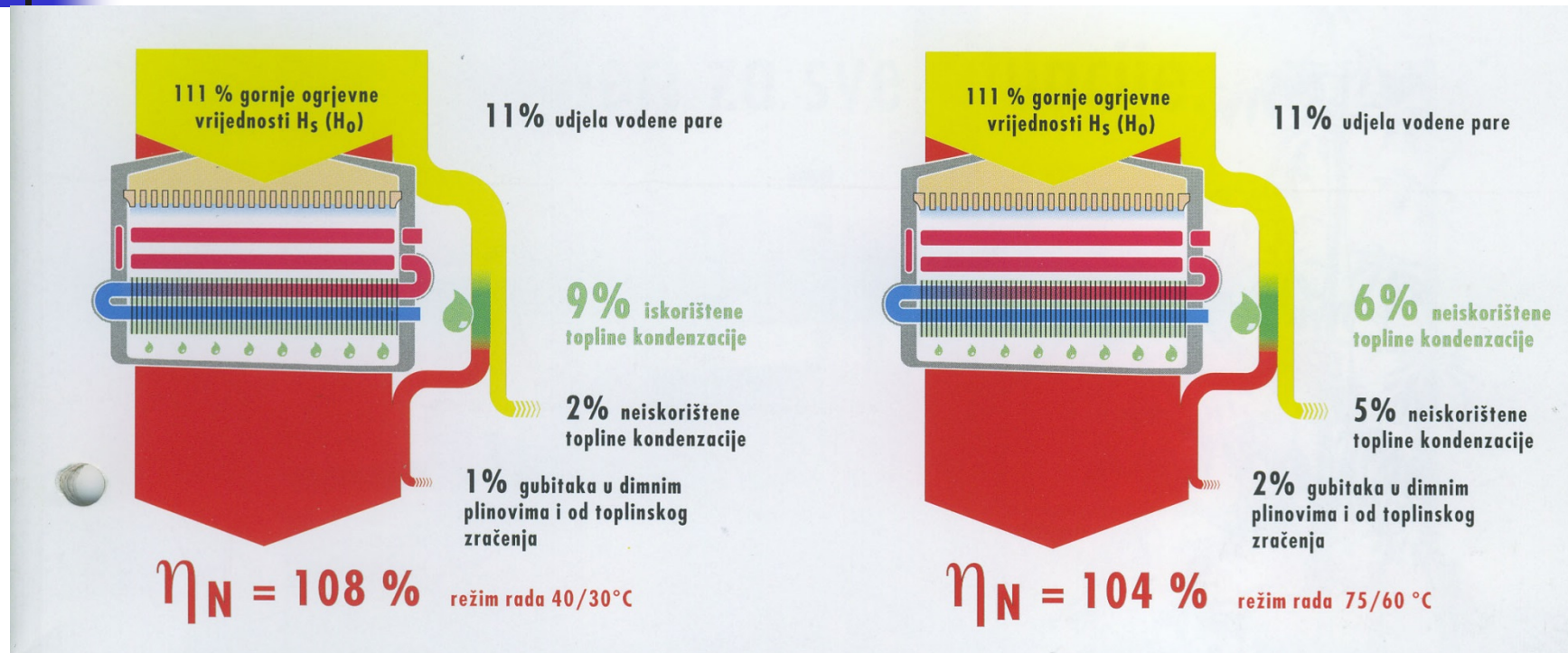
Kao energenti mogu se koristiti:

- prirodni plin ili UNP,
 - loživo ulje,
 - kruta goriva i
 - ostalo (biomasa, Sunce npr.)
-
- Učinkovitost izvora topline ovisi o njegovoj izvedbi,
 - Iskoristivost je u izravnoj vezi s izlaznom temperaturom dimnih plinova.

Prema tome se uređaji dijele na:

- klasične (izlazne temperature $t=90^{\circ}\text{C}$) i
- kondenzacijske (izlazne temperature $t=40^{\circ}\text{C}$)

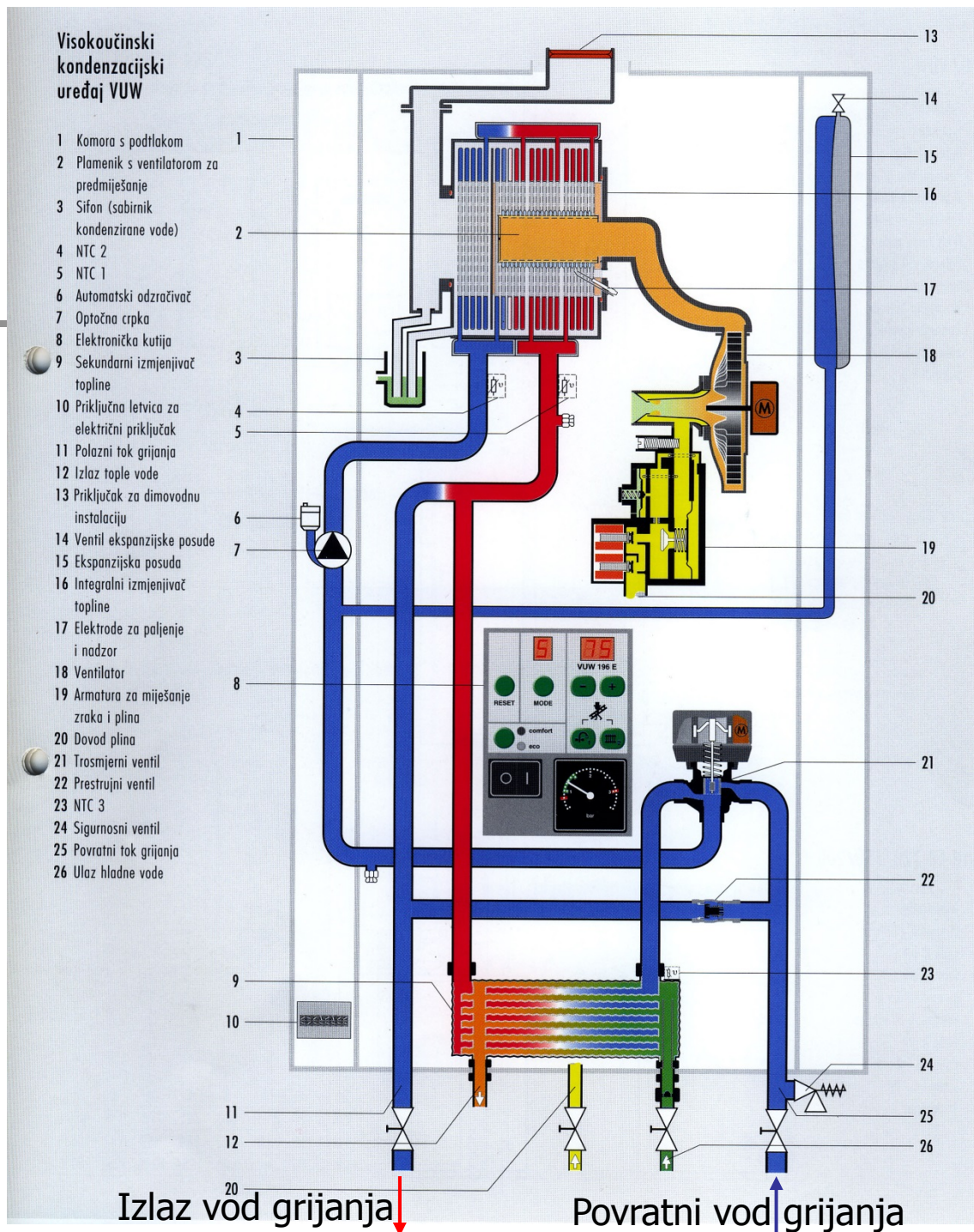
Kondenzacijski uređaji iskorištavaju latentnu toplinu vodene pare iz dimnih plinova tj. kao posljedica iskorištenja te topline dolazi do kondenzacije vodene pare što zahtijeva posebnu izvedbu dimnjaka.



U fizici smo naučili da iskorištenje ne može biti veće od 100%, ovdje je to iz marketinških razloga.

Kako to izgleda u stvarnosti?

Latentna toplina vodene iz d. p. se iskorištava prikladnom izvedbom izmjenjivača topline i služi za predgrijavanje vode u krugu centralnog grijanja prije nego što uđe u izmjenjivač topline grijan plamenom.



Vitalni dio etažnog sustava grijanja je dimnjak.

Funkcija mu je odvođenje dimnih plinova u okolinu.

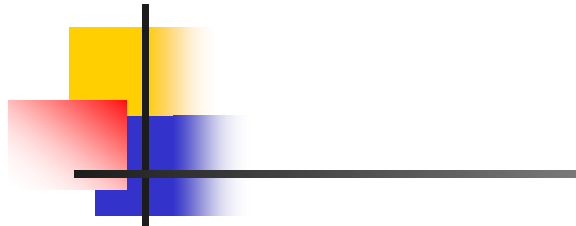
To omogućuje nesmetan i siguran rad izvora topline tj. bojlera

Neispravn dimnjak može dovesti do tragičnih posljedica o čemu se može čitati u "Crnoj kronici".

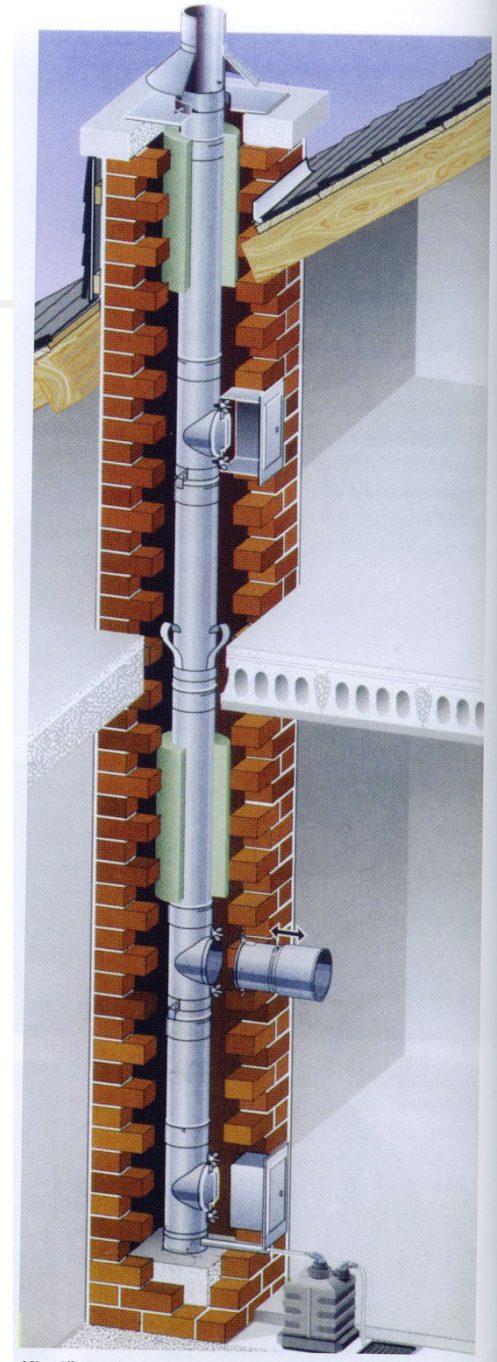
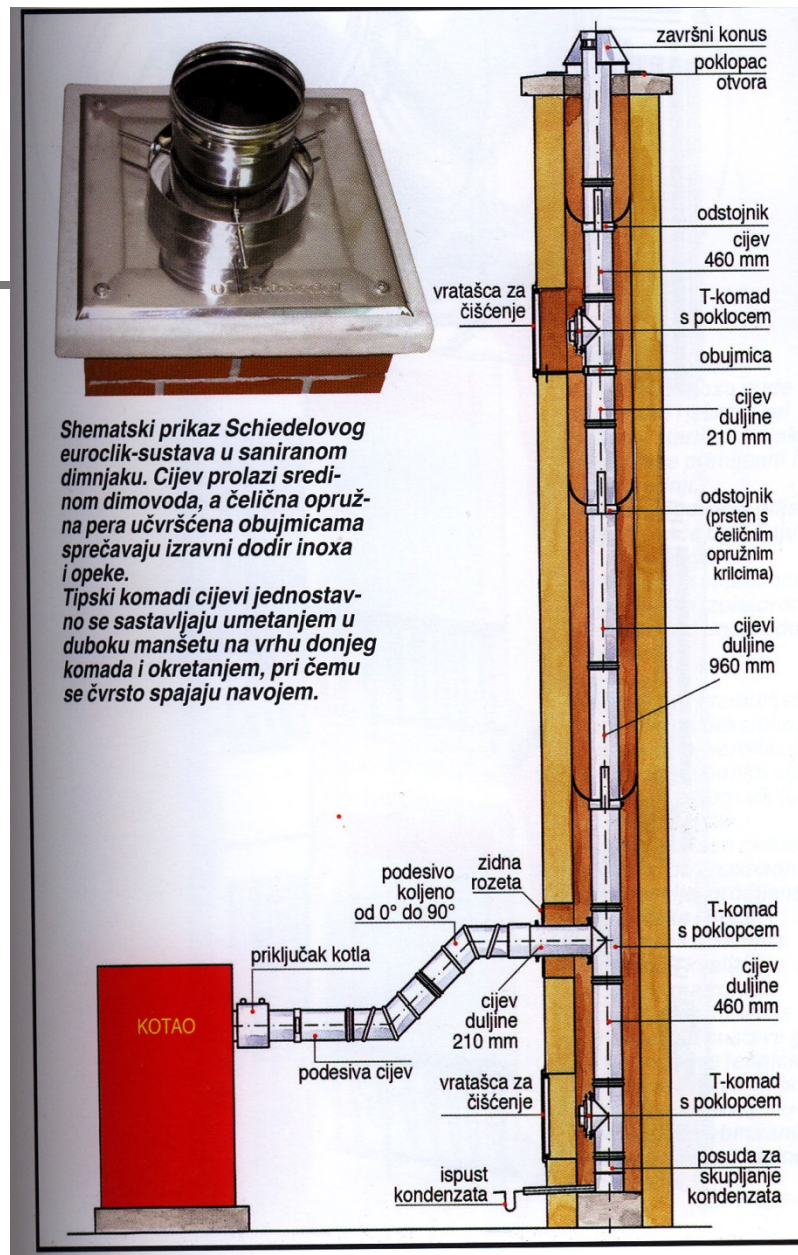
Ako je dimnjak neispravan, dimni plinovi vraćaju se u prostoriju te nastaje gušenje zbog ugljičnog dioksida i/ili trovanje ugljičnim monoksidom.

Osnovni preduvjet ispravnosti dimnjaka je njegova propusnost i nepostojanje veze s ostalim dimovodnim cijevima.

Ispravnost dimnjak ispituje dimnjačar barem jedamput godišnje. Prije ugradnje trošila dimnjačar treba izdati atest dimnjaka.



Primjer ispravnog dimnjaka – sanirani stari dimnjak uz pomoć moderne tehnologije



Još neke izvedbe dimnjaka.

