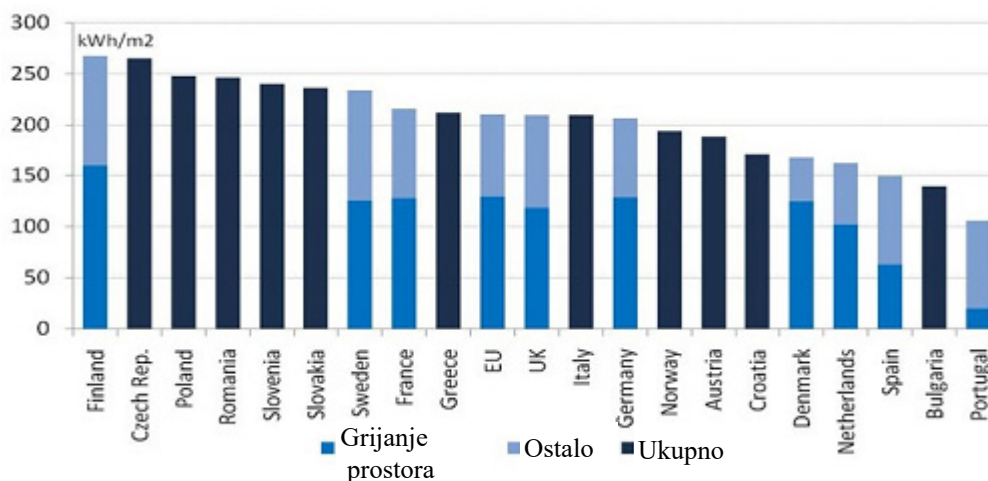


Potrošnja energije u sektoru zgradarstva sudjeluje s približno 40% u neposrednoj potrošnji energije. U sektor zgradarstva spadaju svi objekti bez obzira da li su namijenjeni stanovanju ili komercijalnoj djelatnosti. Ako su namijenjeni stanovanju onda to mogu biti obiteljske kuće ili višestambene zgrade, a ako su namijenjeni komercijalnoj djelatnosti mogu biti npr. trgovački centri, poslovne zgrade ili zgrade u sklopu proizvodnih pogona namijenjene pratećim djelatnostima (administracija, laboratoriji, projektni uredi itd.). Ovako visok postotak udjela ovog segmenta potrošnje ukazuje sasvim sigurno i na velik potencijal uštede energije u ovom segmentu potrošnje.

Pokazatelji potrošnje energije u zgradama

Pod potrošnjom energije u zgradama podrazumijevamo potrošnju svih oblika energije, primarnih i/ili transformiranih za sve namjene tj. za bilo koji korisni oblik energije. Na slici 1. Prikazani su podaci o potrošnji energije u zgrada u zemljama članicama Europske Unije (uključujući i Veliku Britaniju tada još državu članicu EU). Posebno je istaknut udio potrošnje energije za grijanje prostora tamo gdje je to dostupno. Na navedene iznose utječu mnogi čimbenici, od klimatskih uvjeta, toplinskih svojstava zgrade, energetske učinkovitosti ugrađenih sustava grijanja i hlađenja te raznih uređaja i rasvjete i sl. ne treba smetnuti s uma i standard stanovništva (energetsko siromaštvo) tj. nužnost štednje na troškovima grijanja i potrošnje energije općenito.



Slika 1. Potrošnja energije u zgradama (kWh/m²) u 2016. (Izvor: <https://www.odysseemure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html>, pristupljeno 25. travnja 2021.)

U državama za koje je posebno istaknuta potrošnja energije za grijanje lako se uočava njena ovisnost o zemljopisnom položaju tj. o klimatološkim uvjetima. Vidljiva je niža potrošnja u Španjolskoj i Portugalu, dok nordijske zemlje iskazuju najviše iznose, ali ne možda onoliko koliko bi se očekivalo obzirom na hladnu klimu. Interesantno je da je potrošnja energije za grijanje niža u hladnoj Švedskoj nego u relativno toploj Francuskoj pa i čak i u Njemačkoj. O razlozima je teško nagađati ali ipak se može spomenuti da se u nordijskim zemljama primjenjuju vrlo strogi standardi toplinskih karakteristika zgrada. Može se također vidjeti da Hrvatska ima povoljne pokazatelje u odnosu na Sloveniju, Poljsku, Rumunjsku pa i vrlo razvijenu Austriju. Razlog opet možda leži u činjenici da je značajan dio Hrvatske smješten u klimatološki povoljniji mediteranski dio.

Uzimajući u obzir ove činjenice očito je da u sektoru zgradarstva leži veliki potencijal za uštedu energije odn. povišenje energetske učinkovitosti. U nastavku će se analizirati

potencijal ušteda u Republici Hrvatskoj a kao osnovni pokazatelj uzima se starosna struktura fonda zgrada dana tablicama 1. i 2.

U tablici 1. uočava se dominacija stambenih zgrada izgrađenih do 2006.-te godine, po broju gotovo 90% višestambenih i 96% obiteljskih, a po površini gotovo 83% višestambenih i 90% obiteljskih. Nakon te godine postavljeni su znatno stroži standardi po pitanju toplinskih karakteristika zgrada koje će se graditi što donekle popravlja ovu lošu statistiku. U tom četverogodišnjem periodu stanogradnja je bila vrlo intenzivna zbog vrlo povoljnog kreditiranja kupnje nekretnina posebno do 2007. godine.

Tablica 1. Fond stambenih zgrada u republici Hrvatskoj prema godini izgradnje (Izvor: Dugoročna strategija obnove nacionalnog fonda zgrada do 2050. godine, prosinac 2020. Republika Hrvatska – Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine.)

	višestambene		obiteljske	
	broj zgrada	površina	broj zgrada	površina
	-	m ²	-	m ²
do 1941.	37.201	5.773.897	64.391	10.155.639
1941. - 1970.	85.959	13.341.431	151.507	23.895.416
1971. - 1980.	59.882	10.296.314	93.109	16.268.543
1981. - 1987.	44.434	9.309.485	68.348	14.551.505
1988. - 2005.	38.358	8.097.343	75.615	16.220.608
2006. – 2009.	18.256	6.138.560	13.762	4.702.172
2010. - 2011.	6.600	1.938.285	4.976	1.484.737
2012. - 2018.	5.646	1.658.009	10.365	3.092.734
ukupno u 2018.	290.690	56.553.324	471.708	90.371.355

U tablici 2. uočava se također dominacija nestambenih zgrada izgrađenih do 2006.-te godine, po broju gotovo 72% komercijalnih i 82% javnih, a po površini gotovo 72% komercijalnih i 71% javnih. Pod komercijalnim zgradama podrazumijevamo sve zgrade koje služe nekoj komercijalnoj svrsi poput trgovačkih centara (mall-ova), banaka, hotela itd. dok su javne zgrade namijenjene pružanju usluga stanovništvu poput škola, fakulteta, zgrada javne uprave (općine, gradovi i županije), bolnice, sudovi itd.

Tablica 2. Fond nestambenih zgrada u republici Hrvatskoj prema godini izgradnje (Izvor: Dugoročna strategija obnove nacionalnog fonda zgrada do 2050. godine, prosinac 2020. Republika Hrvatska – Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine.)

	komercijalne		javne	
	broj zgrada	površina	broja zgrada	površina
	-	m ²	-	m ²
do 1941.	2.338	1.498.159	12.365	1.545.813
1941. - 1970.	12.587	8.064.602	22.525	2.815.845
1971. - 1980.	6.733	5.251.934	19.021	1.882.000
1981. - 1987.	4.323	5.108.279	10.158	2.152.000
1988. - 2005.	10.596	8.107.287	11.059	2.722.497
2006. – 2009.	6.199	6.352.000	3.673	2.073.747
2010. - 2011.	1.952	2.158.198	1.395	610.000
2012. - 2018.	6.354	5.190.616	11.392	1.960.577
ukupno u 2018.	51.082	41.731.075	91.588	15.762.479

Očito je da ovako nepovoljna starosna struktura zgrada svih namjena u Republici Hrvatskoj ukazuje na vrlo nisku energetske učinkovitost istih ali ujedno predstavlja ogroman potencijal za investiranje u energetske obnovu zgrada. U svjetlu razornih potresa koji su pogodili Grad

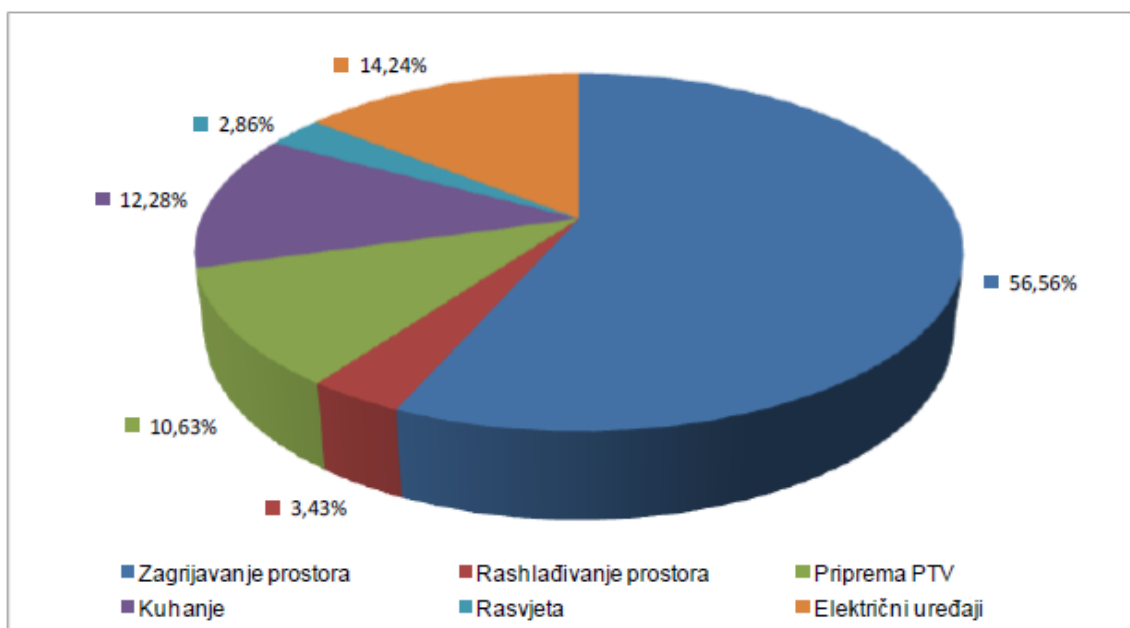
Zagreb 22. ožujka 2020. i Banovinu 29. prosinca 2020. nužno je provesti uz zahvate na energetskej obnovi i konstrukcijsko ojačanje i sanaciju zgrada koje su više ili manje stradale u potresima. Napomenimo da su po pitanju seizmičke otpornosti zgrade izgrađene nakon 1963. godine tj. nakon potresa u Skoplju, značajno sigurnije od onih koje izgrađenih prije tog vremena. Najnovijim protupotresnim propisima udovoljavaju zgrade izgrađene nakon 2012. (Izvor: Dugoročna strategija obnove nacionalnog fonda zgrada do 2050. godine, prosinac 2020. Republika Hrvatska – Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine.). Stoga je potrebno istovremeno provoditi energetske i protupotresnu obnovu zgrada navodi isti izvor. Radi se o ogromnim sredstvima pa je glavno pitanje naći izvor financiranja tih projekata.

U nastavku naglasak će se staviti na potrošnju energije u kućanstvima. Slika 2. zorno prikazuje strukturu potrošnje u kućanstvima u Europskoj uniji. Vidljivo je da se gotovo dvije trećine energije (61,6%) troši na grijanje a ako se tome pribroji potrošnja energije grijanje vode (14,8%) i za kuhanje jer je i to toplinska energija (6,1%), više od četiri petine energije utrošene u kućanstvima je toplinska energija. Ostatak je električna energija za kućanske uređaje poput hladnjaka, perilica za rublje i suđe (bez kuhanja) itd. i elektroniku poput audio-video uređaja, kompjutera is . Na hlađenje otpada relativno zanemarivih 0,4%. Kao i sa svakom statistikom i ovdje treba navedene podatke uzeti kao orijentacijske a ovi podaci se mogu dovesti u vezu s onima prikazanim slikom 1. koja daje precizne pokazatelje po državama članicama koje održavaju njihove zemljopisne i klimatske karakteristike. Sjeverne zemlje bi očekivano zbog svog položaja trošiti više energije za grijanje, međutim podaci sa slike 1. to demantiraju, npr. Švedska troši manje energije za grijanje nego Francuska. Jedan od razloga tome je razlika u razvijenosti i visokom standarda pa se puno više ulažu u poboljšanje toplinskih svojstava zgrada. Južne zemlje će pak zbog svog položaja trošiti manje energije za grijanje, a više za hlađenje, ali zbog slabije razvijenosti nemaju mogućnost tolikog ulaganja u poboljšanja energetskih svojstava zgrada.



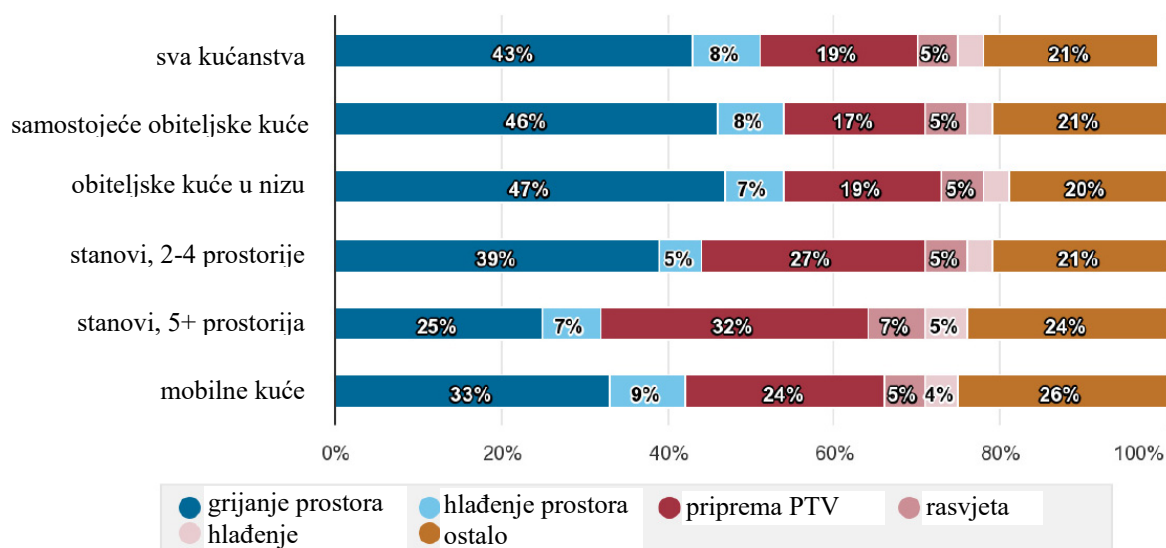
Slika 2. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_consumption_in_households

Kakva je situacija sa strukturom potrošnje energije u Republici Hrvatskoj pokazat će nam slika 3. Ovdje energija za zagrijavanje prostora, pripremu potrošne tople vode (PTV) i kuhanje čini nešto manje od 80% ukupne potrošnje i nešto manje od gore navedenog prosjeka EU. Električni uređaji i rasvjeta imaju nešto viši udio od EU prosjeka. Ipak, može se konstatirati da se ti udjeli međusobno ne razlikuju značajno za EU i Hrvatsku. Posebno još jednom naglasimo dominantan udio toplinske energije potrebne za zagrijavanje prostora gdje i leže najveći potencijali uštede energije, ali uz značajne investicije.



Slika 3. Struktura potrošnje korisnih oblika energije u kućanstvima u 2010. godini (Izvor: Program energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje od 2014. do 2020. godine s detaljnim planom za razdoblje od 2014. do 2016. godine, Narodne novine 78/14)

I naposljetku pogledajmo kako to izgleda u SAD-u. Slika 4. govori o udjelima utrošenih korisnih oblika energije u raznim tipovima objekata koji služe stanovanju uključujući i ono što je možda američka specifičnost, a to su mobilne kuće. Uočljivi su znatno niži iznosi udjela toplinske energije za grijanje prostora i znatno viši iznosi udjela energije za pripremu PTV. Objašnjenje koje izvor navodi za manji udio toplinske energije za zagrijavanje prostora je dobra toplinska izolacija kuća te veći broj zgrada u toplijim područjima.



Slika 4. Struktura potrošnje korisnih oblika energije u kućanstvima u SAD-u 2015. godini (Izvor: U.S. Energy Information Administration, 2015 Residential Energy Consumption Survey)

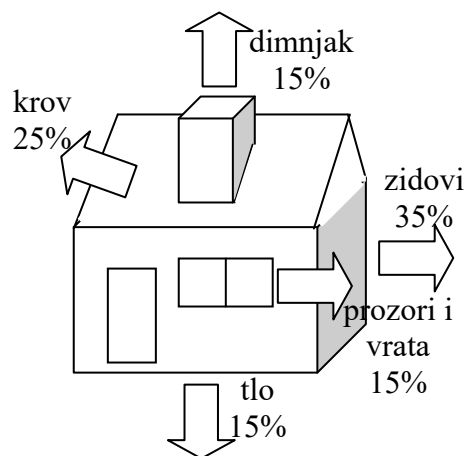
Korisno je naglasiti da na slici 3. izvorna kovanica „air conditioning“ u prijevodu glasi „hlađenje prostora“ što nije potpuno točno jer pod izvornim terminom se podrazumijeva i obrada zraka što je tehnički složenije od naših kućnih klima koje su pokrivene pojmom hlađenja prostora.

Kao zaključak prethodno iznesenih pokazatelja treba naglasiti da prilikom analize potrošnje energije u zgradama, bez obzira na njihovu namjenu u obzir moramo uzeti sve oblike korisne energije koji se u njima koriste; toplinske energije za grijanje, pripremu PTV i kuhanje, električne energije za rasvjetu, pogon kućanskih aparata i elektroničkih uređaja te klima za hlađenje ili grijanje prostora ili sustava za kondicioniranje zraka (air-condition). Jedino takav pristup može dati kompletnu sliku o potrošnji energije u zgradi bilo u postupku projektiranja nove ili energetske obnove postojeće zgrade. Također, kod projektiranja i izgradnje novih zgrada situacija je puno jednostavnija jer se kreće od početka, a cijeli postupak temelji se na vrlo strogim zakonskim i podzakonskim propisima o energetske učinkovitosti zgrada te na vrlo precizno razrađenim smjernicama za projektiranje.

Takav pristup je vrlo složen pa ćemo se u nastavku skoncentrirati samo na potrošnju energije za grijanje prostora koja ipak čini najveći udio u ukupnoj potrošnji energije zgrade.

Toplinski gubici u zgradama

Svrha grijanja zgrada je održavanje željene temperature u određenoj prostoriji. Drugim riječima u tu prostoriju dovodi se toplina preko nekog izvora topline (centralno grijanje, peći na kruta goriva i sl.) kojim se pokrivaju toplinski gubici koji nastaju prijelazom topline zbog razlike više temperature u prostoriji i niže u okolini. Ti gubici odn. toplinska energija promatra se po svakoj prostoriji ali i svakoj stambenoj cjelini kao i cijeloj zgradi jer je to bitno za projektiranje sustava grijanja koji mora imati dovoljnu snagu da pokrije te gubitke. Kakva je raspodjela toplinskih gubitaka u zgradi, konkretno u samostojećoj obiteljskoj kući prikazano je slikom 5.



Slika 5. Gubici toplinske energije u zgradama

Ove vrijednosti su orijentacijske jer to ovisi o toplinskim svojstvima građevnih elemenata; zidova, prozora, vrata, krovne konstrukcije itd. te o sustavu grijanja. Kao što je prethodno već navedeno, osnovni uvjet za prijelaz topline je postojanje razlike temperatura. Koliko će on biti intenzivan ovisi i o toplinskim svojstvima stjenke kroz koju se toplina izmjenjuje. Izmjena topline teče preko tri osnovna mehanizma; provođenja, konvekcije i zračenja s time da su ovdje najzastupljenija prva dva.

Gubitak topline kroz zidove, krov i prozore teče mehanizmom provođenja, međutim s unutarnje i vanjske strane uz stjenke zida, krova ili prozora uspostavlja se vertikalno strujanje koje pospješuje izmjenu topline mehanizmom konvekcije. Kod starih prozora i vrata zbog razlike tlakova izvana i u prostoriji dodatno se pojavljuje izmjena zraka kroz zazor između pokretnih dijelova i dovratnika zbog nedostatnog brtvljenja. Ovaj gubitak uzrokovan izmjenom unutarnjeg toplog zraka s okolinom vrlo je značajan. Ugradnjom nove stolarije (PVC, drvo, drvo/aluminij) taj problem biva riješen, ali istovremeno zahtijeva zamjenu

bojlera u kojem izgara prirodni plin, UNP ili koji drugi energent trošeći zrak iz prostorije o čemu će biti riječi u nastavku.

Gubici kroz odnose se na gubitak osjetne topline dimnih plinova iz bojlera ili peći jer ti plinovi moraju imati višu temperaturu od okolišnje kako bi se uspostavilo strujanje kroz dimnjak bazirano na uzgonu.

Potrebna toplina za grijanje zgrada

Toplina potrebna za grijanje zgrade podrazumijeva onu količinu toplinske energije koju treba dovesti nekoj zgradi ili samostalnoj uporabnoj cjelini (npr. stanu ili poslovnom prostoru) da bi se pokrili svi toplinski gubici koji nastaju na prethodno opisani način. Porast cijene energije te klimatske politike su i u ovom segmentu potrošnje iznjedrile vrlo stroge propise vezane uz dopuštenu potrošnju energije u zgradama općenito, a tako i one potrebne za grijanje prostora. Snažna je tendencija prema smanjivanju potrošnje energije u zgradama, čak prema nultoj potrošnji pa se npr. rabi pojam „nearly Zero Energy Building“ skraćeno nZEB. Nove zgrade, kako stambene tako i poslovne postale su tako složene tehnološke cjeline u čijoj izgradnji potpuno ravnopravno sudjeluju stručnjaci građevinske, strojarske i elektrotehničke i informatičke struke.

Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05.) propisao je maksimalno dopuštenu vrijednost godišnje topline za grijanje prostora svedenu na jedinicu ploštine korisne površine zgrade kako slijedi:

$$\text{za } f_0 \leq 0,20 \quad Q_h'' = 51,31 \frac{kWh}{m^2 a} \quad (1)$$

$$\text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 \quad Q_h'' = 41,03 + 51,41 \cdot f_0 \left[\frac{kWh}{m^2 a} \right] \quad (2)$$

$$\text{za } f_0 > 1,05 \quad Q_h'' = 95,01 \frac{kWh}{m^2 a}. \quad (3)$$

Vrijednost Q_h'' je ovisna o faktoru oblika zgrade f_0 o kojem će biti riječi u nastavku, a prije toga kratki komentar jedinice u kojoj je izražen dopušteni iznos energije za grijanje. Jedinica nam govori koliko energije (kWh) smijemo potrošiti za grijanje po jedinici površine (m^2) našeg stana ili prostora u jednoj godini (a). Površina stana koja se ovdje spominje je u stvari ona površina koju ćemo platiti kada kupujemo stan. To nam omogućuje da uz poznavanje iznose Q_h'' , površine stana i cijene energenta koji koristimo vrlo jednostavno izračunamo troškove grijanja. Ovaj propis je s vremenom evoluirao i više nije na snazi pa se novi izrazi za ovisnost Q_h'' o f_0 mogu pronaći u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18) (u daljnjem tekstu (TPRUETZZ)). Ipak za potrebe naših razmatranja u okviru ovog kolegija služit ćemo se i nadalje izrazima (1) do (3).

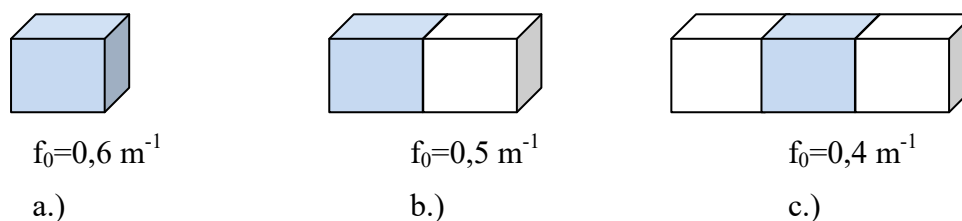
Faktor oblika zgrade

Faktor oblika zgrade f_0 (m^{-1}) je pomoćna geometrijska veličina definirana kao omjer oplošja A (m^2) površina kroz koje se izmjenjuje toplina i volumena V_e (m^3) grijanog prostora tj.:

$$f_0 = \frac{A}{V_e} [m^{-1}] \quad (4)$$

Ilustrirajmo sada na jednom vrlo jednostavnom primjeru pojam faktora oblika zgrade f_0 . Promatrat ćemo zgradu oblika kocke duljine brida a kao samostojeći objekt (slika 6a.), kao

dvojni objekt (slika 6b.) i kao unutarnju zgradu kuća u nizu (slika 6c.). Volumen grijanog prostora je $V_e = a^3$ i za sve tri situacije je isti. Pretpostavimo također da su sve zgrade zagrijane na istu temperaturu.



Slika 6. Faktori oblika zgrade f_0 za različite slučajeve smještaja zgrade oblika kocke duljine brida $a=10\text{m}$

Karakteristične veličine i izračun faktora oblika zgrade f_0 za situacije prikazane slikom 5. prikazan je tablicom 3.

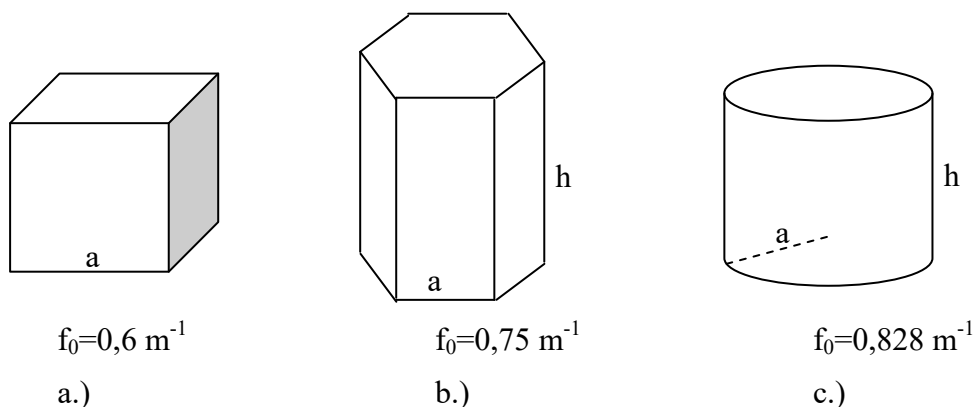
Tablica 3. Faktor oblika zgrade za tri situacije smještaja zgrade oblika kocke duljine brida $a=10\text{m}$ prikazanih slikom 6.

Smještaj zgrade	A, m^2	V_e, m^3	f_0, m^{-1}	f_0, m^{-1} za $a=10\text{m}$	$Q_h^*, \text{kWh/m}^2\text{a}$
Slika 6a.	$6a^2$	a^3	$6/a$	0,6	71,9
Slika 6b.	$5a^2$	a^3	$5/a$	0,5	66,7
Slika 6c.	$4a^2$	a^3	$4/a$	0,4	61,5

Važno je uočiti da je u sve tri situacije grijani volumen V_e jednak, a mijenjaju se vrijednosti površine A u brojniku. U a.) slučaju izmjena topline se odvija kroz sve površine ($A=6a^2$), u b.) slučaju dvije zgrade se dodiruju tj. imaju jedan zajednički zid kroz koji nema izmjene topline uvažavajući prethodnu pretpostavku. Ovdje je površina kroz koju se izmjenjuje toplina $A=5a^2$. I naposljetku u c.) slučaju promatrana (plava) zgrada nalazi se u sredini između dvije jednake zgrade. Uz istu pretpostavku, vidljivo je da sada nema izmjene topline kroz dva zida plave zgrade koji su zajednički sa susjednim zgradama, pa je površina kroz koju se izmjenjuje toplina $A=4a^2$.

Pogledajmo na koji još način možemo promatrati vrijednost faktora oblika zgrade f_0 . Usporedimo tri različita geometrijska tijela jednakog volumena V_e . Neka to budu:

- kocka brida a (slika 7.a),
- uspravna pravilna šesterokutna prizma duljine brida a i visine h (slika 7.b) i naposljetku
- valjak polumjera baze a i visine h (slika 7.c).

Slika 7. Faktori oblika zgrade f_0 za različite geometrijske oblike zgrade za $a=10\text{m}$

Uz polaznu pretpostavku za sliku 7. da je $V_e=\text{konst.}$ može se izvesti vrijednost visine h u ovisnosti o veličini a što je prikazano u tablici 4.

$$V_e = a^3 = 1,5 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3} \cdot h = a^2 \cdot \pi \cdot h \quad (5)$$

U istoj tablici prikazani su i izrazi za površinu A , grijani volumen V_e i faktor oblika zgrade f_0 . Izrazi vrijede uz pretpostavku da se kroz sve površine geometrijskih tijela izmjenjuje toplina. Također je dana i vrijednost potrebne topline za grijanje Q_h'' za konkretnu vrijednost $a=10\text{m}$.

Tablica 3. Faktor oblika zgrade za tri različita geometrijska oblika zgrade uz $V_e=\text{konst.}$ prikazanih slikom 7. za $a=10\text{m}$

Tijelo (slika)	A, m^2	V_e, m^3	f_0, m^{-1}	h, m	f_0, m^{-1} za $a=10\text{m}$	$Q_h'', \text{kWh/m}^2\text{a}$
kocka (7a.)	$6 \cdot a^2$	a^3	$\frac{6}{a}$	a	0,6	71,9
prizma (7b.)	$6 \cdot a \cdot h + 3 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}$	$1,5 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3} \cdot h$	$\frac{7,5}{a}$	$\frac{a}{1,5 \cdot \sqrt{3}}$	0,75	79,59
valjak (7c.)	$2 \cdot a^2 \cdot \pi + 2 \cdot a \cdot \pi \cdot h$	$a^2 \cdot \pi \cdot h$	$\frac{8,28}{a}$	$\frac{a}{\pi}$	0,828	83,60

Iz situacije prikazane i opisane slikom 6. lako se može zaključiti da na faktor oblika zgrade utječe međusobni odnos zgrada tj. da li su samostojeće ili se oslanjaju jedna na drugu. U zadanoj situaciji promjena faktora oblika zgrade izravna je posljedica broja površina kroz koje se izmjenjuje a općenito vrijedi da površina kroz koju nema izmjene topline ne ulazi u brojnik izraza prema kojem se računa faktor oblika zgrade.

Iz situacije prikazane i opisane slikom 7. jasno je vidljivo na koji način na faktor oblika zgrade utječe geometrijski oblik zgrade. Samostojeće zgrade istog grijanog volumena imate će različite vrijednosti faktora oblika zgrade ovisno o svojem geometrijskom obliku što je posljedica različitih vrijednosti oplošja geometrijskih tijela koja se nalaze u brojniku izraza za računanje faktora oblika zgrade.

Ponovimo još jednom. Prethodna analiza ukazala je na utjecaj međusobnog smještaja zgrada kao i geometrijskog oblika zgrada. Vrijednosti topline potrebne za grijanje dobivene uvrštavanjem konkretnih faktora oblika zgrade u izraze (1) do (3) predstavljaju obvezujuće maksimalne vrijednosti. U praksi one smiju biti manje, čak štoviše svaki investitor će se truditi svesti na što nižu vrijednost jer to znači niže troškove grijanje i kao posljedica toga postizanje više tržišne cijene.

Toplinska svojstva konstrukcijskih elemenata zgrada

Propisane vrijednosti postižu se odabirom odgovarajućih materijala koji omogućavaju propisana toplinska svojstva zgrade. U tablici 4. dane su vrijednosti koeficijenta prolaza toplina U (W/m^2K) prema TPRUETZZ uobičajeno u ovom kontekstu u vrijednost. Tekst u zaglavlju tablice koji se odnosi na temperaturu unutarnjeg grijanog prostora i klimatsko područje je pojednostavljen u odnosu na izvornu varijantu.

Tablica 4. U vrijednosti u W/m^2K za različite građevinske elemente (TPRUETZZ)

Redni broj	Građevni dio	U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
		unutarnja temp. $>18^\circ C$		$12^\circ C < un. temp. < 18^\circ C$	
		kontinent	primorje	kontinent	primorje
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetranom tavanu	0,30	0,45	0,50	0,60
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,60	1,80	2,50	2,80
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovni prozori, prozirni elementi ovojnice zgrade (U_g)	1,10	1,40	1,40	1,40
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetranom tavanu	0,25	0,30	0,40	0,50
5.	Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,30	0,40	0,50
6.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od $0^\circ C$	0,40	0,60	0,90	1,20
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,40	0,50	0,65	0,80
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetranom prostoru	2,00	2,40	2,90	2,90
9.	Stjenke kutija za rolete	0,60	0,80	0,80	0,80
10.	Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.)	0,60	0,80	1,20	1,20
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12.	Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,0	3,0	3,0	3,0

Za isti građevni dio mogu se uočiti razlike u koeficijentu prolaza topline U ovisno o tome o kojoj se klimatskoj zoni radi, kontinentalnoj ili primorskoj te ovisno o tome na koju se temperaturu grije unutarnji prostor veću od 18°C ili između 12°C i 18°C . Navedene vrijednosti su maksimalno dopuštene. Najniže vrijednosti koeficijenta U su za kontinentalno područje i za prostorije koje se griju na temperaturu veću od 18°C . To je logično jer je to situacija nižih vanjskih temperatura i više unutarnje temperature što znači i veću temperaturnu razliku koja pospješuje prolaz topline pa pravilnom izvedbom toplinske izolacije treba smanjiti prolaz tj. gubitke topline.

Kako postići neke od navedenih U vrijednosti ovisi o toplinskim svojstvima ugrađenih materijala a kako su međusobno povezani toplinski gubici i U vrijednost može se opisati sljedećim izrazom:

$$\phi = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T_u - T_v) \quad [W] \quad (6)$$

gdje su:

ϕ - toplinski tok,

$U \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ - već spomenuta U vrijednost,

$A [m^2]$ - površina kroz koju se izmjenjuje toplina i

$\Delta T [K] > 0$ - razlika unutarnje i vanjske temperature grijanog prostora.

Iz izraza (5) očito je da je toplinski tok upravo proporcionalan ostalim veličinama.

Ostaje još za definirati samu U vrijednost i to preko sljedećeg izraza:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_u}} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (7)$$

U se definira kao recipročna vrijednost otpora prolasku topline $R \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$. U obzir uzima

koeficijente prijelaza topline α_u i $\alpha_v \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ s unutarnje (T_u) i vanjske (T_v) strane zida koji su rezultat strujanja zraka uz stijenke zida što utječe na izmjenu topline. Član sume u nazivniku izraza (7) uzima u obzir toplinsku provodnost $\lambda_i \left[\frac{W}{mK} \right]$ materijala i -tog sloja stijenke i debljinu i -tog sloja stijenke $\delta_i [m]$. Otpor i tog sloja stijenke proporcionalan je debljini stijenke δ_i , a obrnuto proporcionalan toplinskoj provodnosti λ_i .

Vrijednosti λ nekih tipičnih građevinskih materijala prema TPRUETZZ dane su tablicom 5.

Tablica 5. Toplinska i druga svojstva građevinskih materijala

Građevni materijal	Gustoća ρ kg/m ³	Toplinska vodljivost λ W/(m·K)	Specifični toplinski kapacitet c_p J/(kg·K)
ZIDOVI, uključivo mort u reškama			
puna opeka od gline	1800	0,81	900
puna opeka od gline	1600	0,68	900

klinker opeka	1900	0,85	800
klinker opeka	1700	0,80	800
puna fasadna opeka od gline	1800	0,83	900
šuplja fasadna opeka od gline	1200	0,55	900
šuplji blokovi od gline	1100	0,48	900
šuplji blokovi od gline	1000	0,45	900

puna vapneno silikatna opeka	1800	0,99	900
vapneno silikatni šuplji blokovi	1200	0,56	900
prirodni kamen	2000	1,40	1000
šuplji blokovi od betona	1000	0,70	1000
šuplji blokovi od betona	1200	0,80	1000
šuplji blokovi od laganog betona	500	0,30	1000
šuplji blokovi od laganog betona	700	0,37	1000
BETON I ARMIRANI BETON			
armirani beton	2500	2,60	1000
teški beton	3200	2,60	1000
beton	2400	2,00	1000
beton s laganim agregatom	2000	1,35	1000
beton s laganim agregatom	1200	0,62	1000
beton s laganim agregatom	1000	0,49	1000
porobeton	1000	0,31	1000
porobeton	800	0,25	1000
porobeton	700	0,22	1000
porobeton	650	0,21	1000
porobeton	300	0,10	1000
beton s jednozrnatim šljunkom	2000	1,40	1000
ŽBUKE, MORTOVI, ESTRISI			
cementna žbuka	2000	1,60	1000
vapnena žbuka	1600	0,80	1000
vapneno-cementna žbuka	1800	1,00	1000
vapneno-gipsana žbuka	1400	0,70	1000
gipsana žbuka	1500	0,54	1000
lagana žbuka	700	0,25	1000
toplinsko-izolacijska žbuka	400	0,11	1000
toplinsko-izolacijska žbuka	250	0,08	1000
sanacijska žbuka	1400	0,65	1000
polimerna žbuka	1100	0,70	1000
silikatna žbuka	1800	0,90	1000

žbuka na bazi akrilata	1700	0,90	1000
cementni mort	2000	1,60	1000
anhidrit estrih	2100	1,20	1000
PODNE, ZIDNE I STROPNE OBLOGE			
gipskartonske ploče	900	0,25	900
keramičke i gres pločice	2300	1,30	840
kamene ploče	2500	2,80	1000
drvo – meko – crnogorica	500	0,13	1600
drvo – tvrdo – bjelogorica	700	0,18	1600
ploče od ukočenog drvo	300-1000	0,09 -0,24	1600
drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB)	650	0,13	1700
drvene ploče od iverja (iverica)	300-900	0,10 – 0,18	1700
HIDROIZOLACIJSKI MATERIJALI, PARNE BRANE (KOCNICE)			
bitumenska traka s uloškomstaklenog voala	1100	0,23	1000
polimerna hidroizolacijska traka na bazi PVC-P	1200	0,14	1000
PE folija, preklopljena	1000	0,19	1250
Al folija, preljepljena	2800	160	880
RASTRESITI MATERIJALI ZA NASIPAVANJE			
ekspandirani perlit	≤ 100	0,060	1000
lomljevina ekspandiranog pluta	≤ 200	0,055	1300
lomljevina opeke od gline	≤ 800	0,41	900
TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJALI			
mineralna vuna (MW)	10 do 200	0,035 do 0,050	1030
ekspandirani polistiren (EPS)	12 do 30	0,032 do 0,042	1260
ekstrudirana polistirenska pjena (XPS)	25 do 50	0,033 do 0,040	1450
tvrda poliuretanska pjena (PUR) ili polizocijanuratna pjena (PIR)	≥ 25	0,023 do 0,040	1400
fenolna pjena (PF)	≥ 25	0,020 do 0,045	1400
čelijasto (pjenasto) staklo (CG)	100 do 150	0,045 do 0,060	1000
drvena vuna (WW)	360 do 460	0,065 do 0,09	1470

drvena vuna (WW), debljina ploča 15 mm $\leq d \leq 25$ mm	550	0,150	1470
ekspandirani perlit (EPB)	140 do 240	0,040 do 0,065	900
ekspandirano pluto (ICB)	80 do 500	0,045 do 0,055	1560

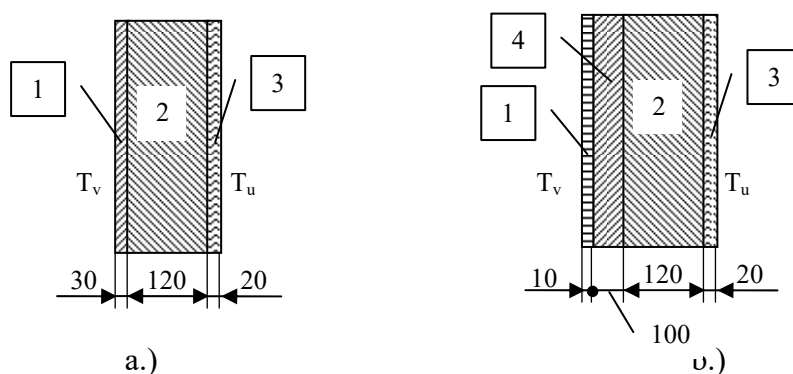
drvena vlakanca (WF)	50 do 450	0,035 0,070	1400
porobeton ploče	115	0,045	850

Očitavanjem vrijednosti λ iz tablice i uz poznatu debljinu δ odgovarajućeg materijala lako se izračuna otpor pojedinog sloja. Koeficijenta prijelaza topline α_u i α_v prikazani su u tablici 6. izraženi su kao otpori R_u i R_v tj. recipročne vrijednosti koeficijenta prijelaza topline α_u i α_v prema priručniku Recknagel, Sprenger, Schramek: Heizung+KlimaTechnik 97/98.

Tablica 6. Otpori vanjskog i unutarnjeg sloja zraka

Unutarnji zidovi	Vanjski zidovi
$R_u=1/\alpha_u$ [W/m ² K]	$R_v=1/\alpha_v$ [W/m ² K]
0,13	0,04

Za ilustraciju podataka iz tablica 5. i 6. odaberimo dvije konkretne situacije prikazane slikom 8.



Slika 8. Predložak za računanje koeficijenta prolaza topline U ovisno broju i debljini slojeva zida (mjere su u mm)

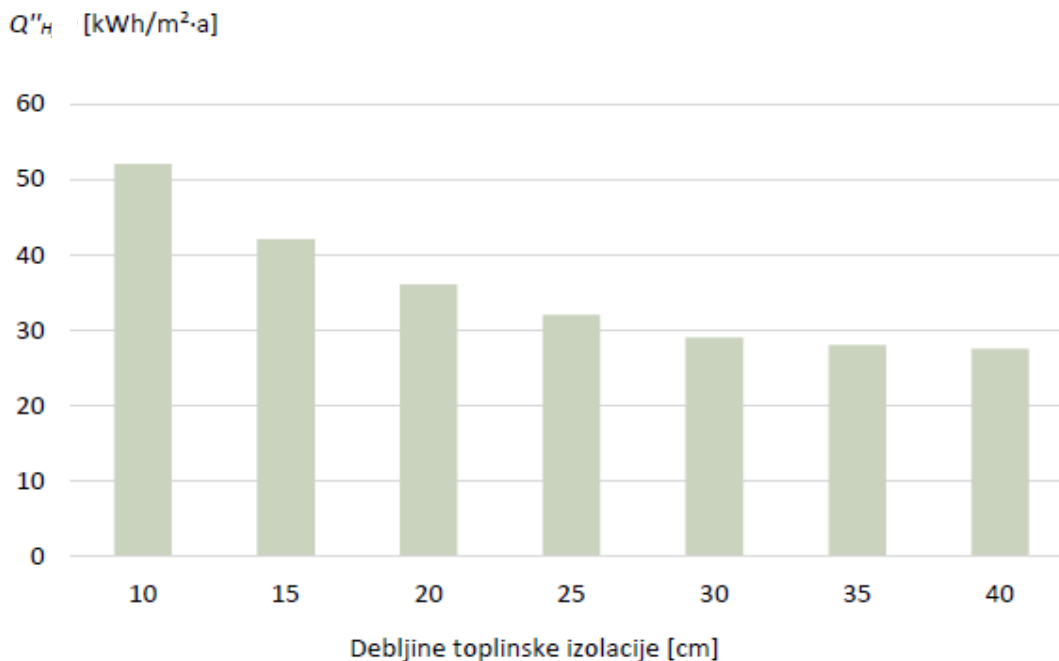
Na slici 8. u a.) i b.) situaciji radi se o jednakim zidovima od kojih je jedan bez a jedan sa toplinskom izolacijom s vanjske strane uz različite debljine vanjske žbuke. Temperatura T_v označava vanjsku stranu zida, a temperatura T_u unutarnju stranu grijanog prostora. Podaci potrebni za izračun koeficijenta prolaza topline U dani su u tablici 7. uz vrijednosti koeficijenta provodnosti λ iz tablice 5. (crveno uokvireno) i koeficijenta prijelaza topline α iz tablice 6.

Tablica 7. Vrijednost otpora prolazu topline R za situacije prikazane slikama 8. a.) i b.)

Oznaka sloja	Opis	λ , W/mK	δ , mm	R, m ² K/W
$R_v=1/\alpha_v$	vanjska strana	-	-	0,04
1	silikatna žbuka	0,90	30/10	0,033/0,011
2	puna opeka od gline, $\rho=1600\text{kg/m}^3$	0,68	120	0,176
3	vapnena žbuka	0,80	20	0,025
4	mineralna vuna	0,040	100	2,5
$R_u=1/\alpha_u$	unutarnja strana	-	-	0,13

Uvrštavanjem vrijednosti iz tablice 7. u izraz (7) dobiju se vrijednosti koeficijenta prolaza topline za slučaj a.) $U_a=2,48\text{W/m}^2\text{K}$ i za slučaj b.) $U_b=0,35\text{W/m}^2\text{K}$. Usporedbom ovih vrijednosti lako se uočava presudna uloga izolacijskog materijala čijom ugradnjom se postiže višestruko smanjenje koeficijenta prolaza topline. Vrijednost U_b usporediva je s vrijednošću navedenom u tablici 4. koja vrijedi za vanjske zidove.

Ilustracija utjecaja debljine toplinske izolacije dana je na slici 9. gdje je vidljiv utjecaj debljine toplinske izolacije na iznos topline potrebne za grijanje Q_h'' (izvor: Smjernice za zgrade gotovo nulte energije - prvi dio, Republika Hrvatska, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, 2019.)

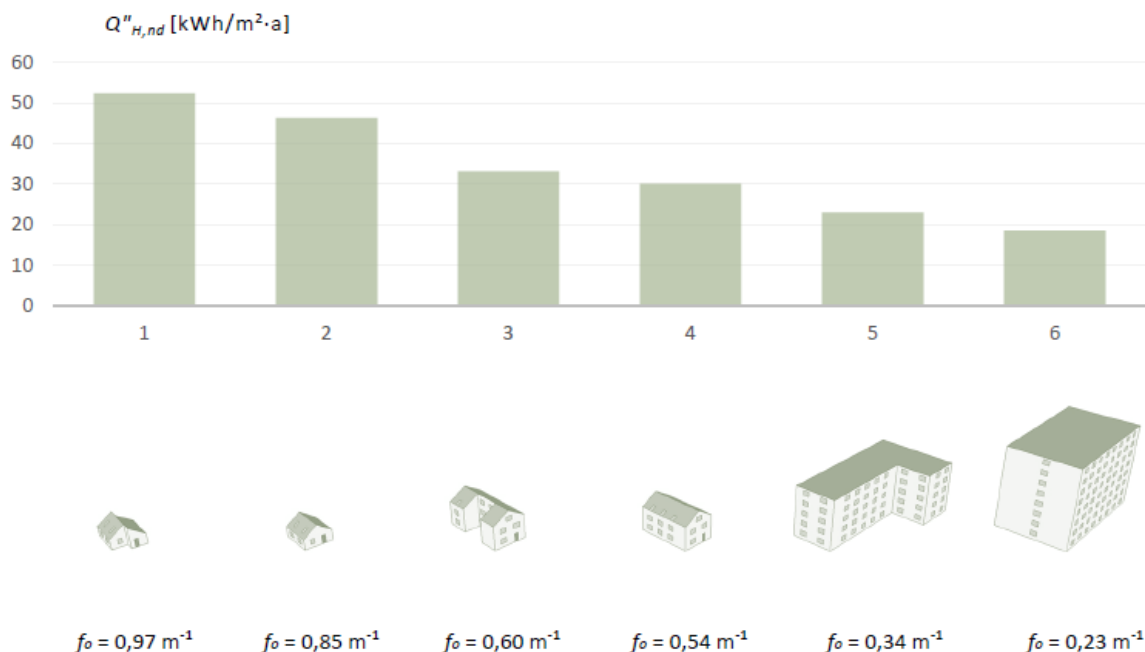


Slika 9. Utjecaj debljine izolacije na iznos potrebne topline za grijanje Q_h''

Očekivano se povećanjem debljine toplinske izolacije smanjuje iznos topline potrebne za grijanje Q_h'' . Ipak se može uočiti da se najveće smanjenje postiže povećanjem debljine od 10 cm pa do 20cm. Daljnjim povećanjem debljine izolacije smanjenje postaje sve manje, a svakako valja naglasiti da investicijski troškovi time dodatno rastu. Također, toplina se ne gubi samo kroz zidove nego i kroz otvore u zidovima (prozori, staklene stijene i sl.) pa ni u tom smislu dodatno povećanje debljine toplinske izolacije neće polučiti bolje toplinske karakteristike zgrade. To znači da prilikom projektiranja toplinskih karakteristika zgrada treba naći dobru mjeru između troškova i postignutih toplinskih svojstava, a sve u okviru važećih propisa.

U istom dokumentu pokazan je utjecaj faktora oblika zgrade f_0 na iznos potrebne topline za grijanje Q_h'' što je prikazano slikom 10. Kod obiteljskih kuća je vidljiv utjecaj rasporeda i broja ploha kroz koje se izmjenjuje toplina s okolinom, a također se može primijetiti i da veće stambene zgrade postižu znatno manje vrijednosti faktora oblika zgrade f_0 i samim time i potrebne topline za grijanje Q_h'' . Ovo razmatranje u obzir uzima samo karakteristike zgrade kao cjeline, međutim u višestambenim zgradama za toplinske karakteristike pojedinih stanova važan je i njihov položaj unutar zgrade. Stanovi koji se nalaze na rubovima zgrade, a u skladu s prethodnim objašnjenjima imaju više ploha kroz koje se izmjenjuje toplina s okolinom pa su samim time u nepovoljnijem položaju u odnosu na stanove koji se većim brojem ploha oslanjaju na susjedne stanove. To znači da će stanovi s

nepovoljnijim smještajem imati veće toplinske gubitke, bez obzira koliko zgrada bila toplinski dobro izolirana, a samim time i veće troškove grijanja.



Slika 10. Utjecaj faktora oblika zgrade f_0 na iznos potrebne topline za grijanje Q_h^r

Vratimo se još ukratko na izraz (6) iz kojeg je vidljivo da toplinski tok Φ , osim o koeficijentu prolaza topline U i površini A kroz koju se izmjenjuje toplota, ovisi i o razlici vanjske T_v i unutarnje temperature T_u . Obzirom da su za određenu situaciju vrijednosti U i A konstantne to ostaje da intenzitet izmjene topline tj. toplinski tok ovisi o razlici tih temperature što je potpuno logično, što su vanjske temperature niže to će izmjena topline biti intenzivnija uz pretpostavku nepromijenjene unutarnje temperature. Unutarnju temperaturu možemo održati nepromijenjenom jedino dovodenjem topline tj. grijanjem prostora. Pa, kolike su vrijednosti temperatura unutarnjih grijanih prostora? Možemo reći, onolike da bi se mi boraveći u tim prostorima osjećali ugodno, iako uz temperaturu prostora na ugodu utječu i vlažnost i kvaliteta zraka (provjetranje). Tu se po pitanju temperature radi o subjektivnom dojmu što za potrebe proračuna nije prikladno. Stoga su standardima propisane temperature prostora grijanih zimi i hlađenih ljeti ovisno o njihovoj namjeni (tablica 8.). Iako u je u ovom težište na grijanju prostora u tablici su navedene i vrijednosti temperature na koje se ljeti hladi pojedini prostor. Uočimo da se te vrijednosti razlikuju za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku, dok su temperature u sezoni grijanja jednake za obje klimatološke zone.

Tablica 8. Vrijednosti temperatura T_u unutarnjih prostora prema HR EN ISO 13790

Vrsta prostora	Temperatura unutarnjeg grijanog/hlađenog prostora T_u , °C		
	Sezona grijanja	Sezona hlađenja-kontinentalna Hrvatska	Sezona hlađenja-primorska Hrvatska
Obiteljske kuće	20	22	24
Stambene zgrade	20	22	24
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	20	22	24
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	20	22	24
Vrtići	22	22	24
Knjižnice – prostorije za čitanje	20	22	24

Knjižnice – prostorije s policama	20	22	24
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	22	22	24
Hoteli, moteli i sl.	20	22	24
Muzeji	20	22	
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, isl.)	20	22	24
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	20	22	24
Sportske zgrade	18	22	24
Radionice i proizvodne hale	18	22	24
Kongresni centri	20	22	24
Kazališta i kina	20	22	24
Kantine	20	22	24
Restorani	20	22	24
Kuhinje	20	22	24
Serverske sobe, kompjuterski centri		24	26
Spremišta opreme, arhive	16	22	24
Bazeni	28	26	26
Zgrade koje nisu navedene	20	22	24

Budemo li željeli u pojedinoj prostoriji postići višu od one navedene u slučaju grijanja zimi ili nižu u slučaju hlađenja ljeti, to ćemo moći ostvariti, ali uz dodatni utrošak energije i samim time dodatne financijske troškove.

U tablici 8. može se uočiti jedna vrijednost temperature grijanog prostora za pojedinu vrstu zgrade, npr. za stambenu zgradu to je 20°C. Svima nam je poznato da u stambenoj zgradi, bilo obiteljskoj kući ili višestambenoj zgradi postoji više različitih zona po pitanju namjene iz čega proizlaze i različite temperature na koje je te prostore potrebno grijati. Stubišta nije potrebno grijati na 20°C, a općenito nije ih uopće potrebno grijati. Prostore u kojima boravimo poput dnevnog boravka, blagovaone i kuhinje grijati ćemo na 20°C (ili više), dok će nam uz 20°C u kupaoni biti hladno pa ćemo grijati na višu temperaturu. Isto tako vrijedi i zgrade drugih namjena, pa će se u slučaju potrebe biti potrebno poslužiti drugim raspoloživim standardima. Tablica 9. detaljno daje propisane temperature pojedinih grijanih unutarnjih prostora prema standardu DIN 4701 – 2.dio, a kao ilustracija odabrani su podaci za zgrade nekoliko tipičnih vrsta.

Tablica 9. Temperature unutarnjih grijanih prostora prema njihovoj namjeni za nekoliko tipičnih vrsta zgrada

Namjena prostora	Temperatura T_u , °C
Stambene zgrade	
Dnevni boravak, spavaće sobe, kuhinja i toalet	20
Kupaona	24
Hodnik, grijani pomoćni prostor	15
Stepenište	10
Trgovine	
Prodajni prostor, skladište	20
Odjel živežnih namirnica, ostali proizvodi	18
Mesni proizvodi	15
Prodaja sireva	12
Plivališta	
Bazen	28
Tuševi	24
Svlačionice	22

Potrošnja primarne energije za grijanje


Za pokrivanje toplinskih gubitaka zgrade i održavanje unutarnjih temperatura grijanih dijelova zgrade potrebno je dovoditi toplinsku energiju grijanim prostorima. Ta toplinska energija spada u kategoriju korisnih oblika energije i kao što je prije objašnjeno može se dobiti korištenjem primarnih ili transformiranih oblika energije koji su opet dobiveni iz primarnih pa se i potrošnja transformiranih oblika energije u poznavanje iskorištenja procesa pretvorbe može svesti na potrošnju primarne energije. Koristi li se kao energent prirodni plin potrošnja primarne energije bit će manja nego prilikom korištenja električne energije, a koriste li se obnovljivi izvori energije ta će vrijednost biti najniža. Ovo bilo je važno pojasniti zbog toga što će se potrošnja primarne energije pojaviti kao vrijednost navedena u energetsom certifikatu o kojem će biti riječi u nastavku.

Energetsko certificiranje zgrada i energetska certifikat zgrade

U prethodnom tekstu objašnjeno je na koji način nastaju toplinski gubici u zgradama, kako na njih možemo utjecati i ono najvažnije kako ih možemo izračunati. To nam daje mogućnost da izračunamo i potrošnju potrebne toplinske energije za namirenje tih gubitaka i ono najvažnije potrošnju ali i trošak primarnog ili transformiranog energenta koji ćemo za tu svrhu koristiti. Stoga je bilo važno iznaći način kako što jednostavnije predočiti podatke o potrošnje energije zgrade da bi bili jasni svakome bez obzira koje struke bili. Takav postupak nazvan je energetsko certificiranje kojeg provode ovlaštene energetske certifikatori na temelju propisane i standardizirane procedure. Rezultat tog postupka je energetska certifikat zgrade koji je također propisanog izgleda a sastoji se od ukupno četiri stranice. U nastavku je radi jednostavnosti prikazana samo prva stranica certifikata (slika 11.) dok se ostale stranice mogu vidjeti u izvornom dokumentu pod imenom „Pravilnik o energetsom pregledu i energetsom certificiranju“ (NN 88/17). U spomenutom pravilniku detaljno je razrađen i sam postupak energetske pregleda zgrada. U njemu su vidljivi svi bitni podaci o zgradi a ono što je vizualno dominantni pokazatelj je energetska razred prema dva kriterija.

Uz detaljne podatke o samoj zgradi tu se nalaze i podaci o godišnja potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje (u prethodnom tekstu označena s Q_h) i specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji, obje veličine izražene su u jedinici kWh/m²a. Prema tome, zgrada se može nalaziti u dva energetska razreda, ovisno koju veličinu gledamo.

Kako bi dobili osjećaj o kojim specifičnim iznosima energije se radi dani su u tablicama 10. i 11. podaci o intervalima koji definiraju energetske razrede za toplinu za grijanje i primarnu energiju.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE	
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN)	
..... Naziv zgrade	
..... Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade	
..... Ulica i kućni broj Poštanski broj
..... Mjesto	
PODACI O ZGRADI	<input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)	odaberi vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava	odaberi iz padajućeg izbornika
Vlasnik / investitor	
k.č.br.	k.o.
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k	Godina izgradnje / rekonstrukcije
Građevinska (bruto) površina zgrade $[m^2]$	Mjerodavna meteorološka postaja
Faktor oblika $f_0 [m^{-1}]$	Referentna klima
ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{h,nd} [kWh/(m^2 \cdot a)]$
	
	C
	B
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del} [kWh/(m^2 \cdot a)]$	
Specifična godišnja emisija $CO_2 [kg/(m^2 \cdot a)]$	
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ	nZEB
	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim} [kWh/(m^2 \cdot a)]$
	B

Slika 11. Energetski certifikat zgrade

Tablica 10. Specifična godišnja potrebna energija za grijanje i odgovarajući energetski razredi

Energetski razred	Q''_h , kWh/m ² a
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	>250

Tablica 11. Specifična godišnja primarna energija i odgovarajući energetske razredi (P-primorska Hrvatska, K-kontinentalna Hrvatska)

Energetski razred	Stambena		Obiteljska		Uredska		Obrazovna		Bolnica		Hoteli i restorani		Sportska dvorana		Trgovina		Ostale nestambene	
	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P
A+	≤ 80	≤ 50	≤ 45	≤ 35	≤ 35	≤ 25	≤ 55	≤ 55	≤ 250	≤ 250	≤ 90	≤ 70	≤ 210	≤ 150	≤ 170	≤ 150	≤ 80	≤ 50
A	>80 ≤ 100	>50 ≤ 75	>45 ≤ 80	>35 ≤ 55	>35 ≤ 55	>25 ≤ 50	>55 ≤ 60	>55 ≤ 58	>250 ≤ 275	>250 ≤ 275	>90 ≤ 110	>70 ≤ 75	>210 ≤ 305	>150 ≤ 160	>170 ≤ 310	>150 ≤ 210	>80 ≤ 115	>50 ≤ 75
B	>100 ≤ 120	>75 ≤ 90	>80 ≤ 115	>55 ≤ 70	>55 ≤ 70	>50 ≤ 70	>60 ≤ 65	>58 ≤ 60	>275 ≤ 300	>275 ≤ 300	>110 ≤ 130	>75 ≤ 80	>305 ≤ 400	>160 ≤ 170	>310 ≤ 450	>210 ≤ 280	>115 ≤ 150	>75 ≤ 100
C	>120 ≤ 265	>90 ≤ 220	>115 ≤ 280	>70 ≤ 230	>70 ≤ 100	>70 ≤ 90	>65 ≤ 125	>60 ≤ 120	>300 ≤ 345	>300 ≤ 325	>130 ≤ 160	>80 ≤ 95	>400 ≤ 465	>170 ≤ 225	>450 ≤ 475	>280 ≤ 290	>150 ≤ 280	>100 ≤ 225
D	>265 ≤ 410	>220 ≤ 350	>280 ≤ 445	>230 ≤ 385	>100 ≤ 125	>90 ≤ 110	>125 ≤ 175	>120 ≤ 175	>345 ≤ 395	>325 ≤ 350	>160 ≤ 190	>95 ≤ 110	>465 ≤ 530	>225 ≤ 280	>475 ≤ 495	>290 ≤ 340	>280 ≤ 410	>225 ≤ 350
E	>410 ≤ 515	>350 ≤ 435	>445 ≤ 560	>385 ≤ 485	>125 ≤ 155	>110 ≤ 140	>175 ≤ 220	>175 ≤ 220	>395 ≤ 495	>350 ≤ 440	>190 ≤ 240	>110 ≤ 140	>530 ≤ 665	>280 ≤ 350	>495 ≤ 620	>340 ≤ 425	>410 ≤ 515	>350 ≤ 435
F	>515 ≤ 615	435 ≤ 520	>560 ≤ 670	>485 ≤ 580	>155 ≤ 190	>140 ≤ 165	>220 ≤ 265	>220 ≤ 265	>495 ≤ 590	>440 ≤ 525	>240 ≤ 290	>140 ≤ 165	>665 ≤ 795	>350 ≤ 415	>620 ≤ 745	>425 ≤ 510	>515 ≤ 615	>435 ≤ 520
G	>615	>520	>670	>580	>190	>165	>265	>265	>590	>525	>290	>165	>795	>415	>745	>510	>615	>520

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti u zgradama

Provođenje energetske pregleda zgrada nema samo za svrhu ishođenja energetske certifikata zgrada nego i predlaganje mjera za smanjenje potrošnje energije u tim zgradama. Hoće li se to dogoditi ili ne prvenstveno ovisi o financijskim mogućnostima vlasnika zgrada. Sastavni dio provedenog energetske pregleda zgrada je i predlaganje mjera za povećanje energetske učinkovitosti zgrada. Te mjere nude vrlo široki raspon rješenja koja se razlikuju prema iznosu investicije. Naravno, što je investicija veća to će i rezultati biti bolji, a povrat investicije će ostvarivati kroz smanjenje troškova za energente koje zgrada koristi. Općenito se može reći da su tu najčešće promjene stare i dotrajale stolarije novom, energetske učinkovitijom (PVC, drvo, drvo-aluminij s dvo ili troslojnim staklom), poboljšanje toplinskih svojstava vanjske ovojnice zgrada tj. stavljanje toplinske izolacije (stiropor, kamena vuna i sl.) na fasadu. Tu je nadalje izmjena sustava grijanja, hlađenja i rasvjete s uvođenjem automatskog upravljanja tih sustava s ciljem optimiranja potrošnje energije. naglasimo još jednom da se ovo odnosi prvenstveno na starije i stare zgrade izgrađene prije 2005. jer u novije i nove zgrade su već ugrađeni propisi koji reguliraju potrošnju energije. U tablici 1. prikazani su podaci o starost stambenog fond u Republici Hrvatskoj iz kojih se može izračunati da udio izgrađenih stambenih kvadrata do 2005. bilo u stambenim zgradama, bilo u obiteljskim kućama iznosi visokih 83% od ukupno izgrađenih kvadrata.

Izvori toplinske energije za potrebe grijanja zgrada

Za kraj ovog poglavlja osvrnimo se ukratko još na moguće izvore toplinske energije. Već je bilo riječi i ovdje i u prethodnim poglavljima da se mogu koristiti primarni energenti poput prirodnog plina, drvne biomase i obnovljivih izvora, lož ulja, UNP-a, transformirani oblici posebno toplinska energija, ali električna energija, ne ulazeći sada što je povoljnije po pitanju troška i utjecaja na okoliš. Zgrade, višestambene i obiteljske kuće mogu biti spojene na toplanu (kogeneracijsko postrojenje) ili imati zasebni izvor topline u obiteljskoj kući ili stanu kao dijelu višestambene zgrade. Ono što se ovdje posebno želi istaknuti su izvori topline koji koriste prirodni plin ili drva ili nešto treće što kao energetske pretvorbu koristi proces izgaranja. Tu se radi o plinskim bojlerima ili pećima na drvo.

Sigurnost korištenja plinskih ložišta i ložišta za kruta goriva

Korištenje ložišta u kojima se događa proces izgaranja nekog primarnog energenta zahtijeva osiguravanje dovoljnih količina zraka za proces izgaranja kako je objašnjeno u poglavlju „Izgaranje“. Problem se može javiti prilikom zamjene stare stolarije novom, kako bi se postigla ušteda energije, koja osigurava dobro brtvljenje između prozora ili vrata i dovratnika, a da se pri tome zadrži ložište (plinski bojler i li peć na kruto gorivo) koje koristi zrak za izgaranje iz prostora u kojem se nalazi. Takva kombinacija može dovesti do stvaranje podtlaka u prostoriji jer dimnjak koji uvijek mora biti ispravan, a to znači prohodan, ne može više dimne plinove odvoditi u okolinu jer ne postoji više razlika tlakova što može dovesti do povrata dimnih plinova, među kojima i smrtonosnog ugljikova monoksida (CO) u prostoriju. Također, i kuhinjska napa isisava zrak iz prostorije i stvara podtlak u njoj. Zaključimo, nova stolarija i uređaji koji stvaraju podtlak u prostoriji mogu u kombinaciji sa ložištima, a to su prvenstveno starije izvedbe bojlera i peć dovesti do teških trovanja ugljikovim monoksidom pa i smrtnih slučajeva. Ovaj problem se rješava ugradnjom novih bojlera koji uzimaju zrak izvana putem odgovarajuće izvedenih dimnjaka što proces izgaranja čini neovisnim o zraku iz prostorije. Za siguran rad plinski trošila i ostalih ložišta nužna su ispravna trošila i ispravni dimnjaci što se osigurava njihovim redovitim servisiranjem i kontrolom od strane ovlaštenih osoba, plinoservisera i dimnjačara.