

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor

Doc. dr.sc. Neven Duić

Boris Adum

Zagreb, 2002.

Izjavljujem da sam rad radio samostalno koristeći znanje stečeno tijekom studija i nevedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr.sc. Nevenu Duiću na pomoći pri izradi rada.

Boris Adum

Sažetak

Poslijednjih godina mjerenje koncentracije ugljičnog dioksida pokazalo je da se njegova koncentracija u zemljinoj atmosferi povećala gotovo duplo u odnosu na početak devetnaestog stoljeća. Znanstvenici su pronašli brojne dokaze koji upućuju na to da povećana koncentracija ugljičnog dioksida, putem efekta staklenika, utječe na globalno zatopljenje i da emisije stakleničkih plinova koje su rezultat ljudskih aktivnosti tome značajno doprinose.

Zbog svega navedenog ujedinjeni su narodi započeli proces ublažavanja ljudskog utjecaja na klimu. Rezultat tog procesa je potpis Republike Hrvatske na UNFCCC (UN Framework Convention on Climate Change) konvenciji kojom se, kao zemlja u tranziciji, obavezala da će emisije stakleničkih plinova održati na nivou iz 1990. i kasnije potpisivanje Kyoto protokola kojim se obavezala da će emisije smanjiti za 5% u odnosu na baznu godinu u razdoblju 2008.-2012.

Potrošnja energije u kućanstvima predstavlja značajan udio u ukupnoj potrošnji Republike Hrvatske i drugih zemalja. Brojna istraživanja i pilot projekti u svijetu pokazuju da je poboljšanje energetske efikasnosti u zgradarstvu jedna od tehnološki najmanje zahtjevnih i najisplativijih metoda za smanjivanje emisija stakleničkih plinova. Izračunavanjem smanjenja emisija CO₂, na osnovu postojećih prognoza smanjenja potrošnje energije u slučaju poboljšavanja toplinske zaštite stambenih objekata, pokazalo se da poboljšanje toplinske izolacije postojećih stambenih objekata može značajno doprinijeti ispunjavanju međunarodno preuzetih obaveza. Količina smanjenja emisija ovisi o dinamici i opsegu provođenja rekonstrukcije objekata.

Izračunavanjem potencijalne vrijednosti izbjegnutih emisija po cijeni od 15\$/t pokazalo se da bi država mogla naći opravdanje za donošenje poticajnih mjera za projekte poboljšavanja energetske efikasnosti, kako postojećih tako i novih objekata. Kao primjer navedene su neke poticajne mjere koje su na snazi u drugim državama dulje vrijeme.

Summary

The last several years of measuring the concentration of Carbon Dioxide in the Earth's atmosphere have shown that it has almost doubled since the beginning of the nineteenth century. Scientists have found ample evidence to the influence of an increased concentration of Carbon Dioxide on global warming, through the Greenhouse Effect. They have also found that the emission of greenhouse gasses resulting from human activities greatly contributes to increased concentration of Carbon Dioxide in the Earth's atmosphere.

Acknowledging that, the United Nations have started the mitigation process - the process of diminishing the effect of human influence on the climate. The result of the mitigation process is that the Republic of Croatia, as a developing country, signed the United Nations' Framework Convention on Climate Change convention (UNFCCC), with which it pledges to keep the greenhouse gasses' emission levels no higher than they were in 1990 (the base year); additionally, it signed the Kyoto convention with which it pledges to reduce the emissions by 5% compared to the base year, in the period 2008-2012.

Household energy consumption is a significant portion of overall energy consumption in the Republic of Croatia and in other countries. Numerous research studies and pilot projects in the World show that one of the technologically least complex as well as one of the most cost-effective methods of reducing greenhouse gasses is an increase in energy efficiency in building stock.

Calculations of reducing Carbon Dioxide emissions by improving thermal insulation of households have been performed based on existing forecasts of reduced energy consumption. They have shown that the International responsibilities that the Republic of Croatia has committed to can be fulfilled to a great degree in this way. The amount by which the emissions can be reduced depends on the dynamic and scope of the household reconstruction projects.

This thesis shows that the country could justify generating incentives for energy efficiency projects for new and existing households by calculating the value of projected avoided emissions at the price of \$15/t. Examples of incentives that have been enforced in some other countries for an extended period of time are also given.

SADRŽAJ

Popis slika.....	7
Popis tablica.....	8
Popis oznaka	11
1 Uvod.....	12
2 Metodologija.....	19
2.1 Prognoze potrošnje energije za grijanje u kućanstvima grada Zagreba.....	19
2.2 Izračunavanje emisija CO ₂ prema IPCC smjernicama.....	21
2.3 Emisije CO ₂	22
2.4 Procjena troškova rekonstrukcije postojećih objekata.....	30
2.5 Prodaja emisionih certifikata radi poboljšanja isplativosti.....	37
3 Rezultati	43
3.1 Smanjenje emisija CO ₂	43
3.2 Udio smanjenja emisija u ukupnim emisijama CO ₂	48
3.3 Troškovi rekonstrukcije postojećih stambenih objekata	50
3.4 Potencijal prodaje emisionih certifikata na isplativost projekta.....	52
4 Zaključak	55
Popis literature	57
Prilog.....	60

Popis slika

Slika 1 Kretanje emisija CO ₂ u RH [5].....	12
Slika 2 Struktura ukupne potrošnje energije u RH	13
Slika 3 Struktura neposredne potrošnje energije u RH	13
Slika 4 Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje u RH	14
Slika 5 Struktura potrošnje energije u kućanstvima grada Zagreba	14
Slika 6 Kretanje debljina izolacija u europskim zemljama [15]	17
Slika 7. Podjela grada Zagreba na zone [7]	20
Slika 8. Potrošnja energije za grijanje stambenih objekata po energentima za 1998. godinu [19].....	23
Slika 9. Prognoza udjela energenata u postojećim obiteljskim kućama s centralnim grijanjem do 2020.	25
Slika 10. Prognoza udjela energenata u postojećim stanovima s centralnim grijanjem do 2020.	25
Slika 11. Prognoza udjela energenata u postojećim obiteljskim kućama sa sobnim grijanjem do 2020.	26
Slika 12. Prognoza udjela energenata u postojećim stanovima sa sobnim grijanjem do 2020.	26
Slika 13. Prognoza promjene udjela energenata u novim stanovima do 2020.....	27
Slika 14. Prognoza promjene udjela energenata o novim obiteljskim kućama do 2020.....	28
Slika 15. Tlocrt prve etaže obiteljske kuće	37
Slika 16. Tlocrt potkrovlja obiteljske kuće	37
Slika 17. Građevinske klimatske zone u RH	40
Slika 18. Primjer toplinskog mosta [34]	41
Slika 19. Emisije CO ₂ za promatrane scenarije toplinske zaštite postojećih objekata.....	43
Slika 20. Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima za grad Zagreb	45
Slika 21. Odnos potencijalnih vrijednosti izbjegnutih emisija u višem i referentnom scenariju za grad Zagreb.....	45
Slika 22 Razlike u emisijama CO ₂ u središnjim godinama obračunskih razdoblja za RH	46
Slika 23 Odnos smanjenja emisija u Zagrebu i ukupnih emisija RH 1990.	49
Slika 24 Odnos smanjenja emisija u RH i ukupnih emisija RH 1990.....	49

Popis tablica

Tablica 1 Potencijalna smanjenja emisija u RH	15
Tablica 2 Potencijalna smanjenja emisija u zemljama EURIMA-e [10]	16
Tablica 3. Podjela grada Zagreba na zone	19
Tablica 4. Emisioni faktori za pojedina goriva	22
Tablica 5. Udio izgorenog ugljika za pojedina goriva	22
Tablica 6. Promjena udjela pojedinih goriva u CTS-u do 2020. godine [21].....	24
Tablica 7 Promjena udjela pojedinih goriva u kotlovnica zgrada do 2020. godine [21]	24
Tablica 8. Procjena kretanja iskoristivosti CTS-a do 2020.	29
Tablica 9. Procjena kretanja iskoristivosti javnih kotlovnica do 2020.	29
Tablica 10. Pretpostavke koeficijenta prolaza topline za prosječnu obiteljsku kuću.....	31
Tablica 11. Pretpostavke koeficijenta prolaza topline za prosječnu zgradu izvan centra	31
Tablica 12. Pretpostavke koeficijenta prolaza topline za prosječnu zgradu u centru	32
Tablica 13. Najveći dopušteni koeficijenti prolaza topline za građevinske elemente prema HRN U.J5.600	34
Tablica 14. Preporučene vrijednosti koeficijenta prolaza topline za građevinske elemente [29]	35
Tablica 15 Standardi izolacije u europskim zemljama [31].....	35
Tablica 16. Koeficijenti prolaza topline neizolirane kuće	38
Tablica 17. Koeficijenti prolaza topline izolirane kuće	39
Tablica 18. Emisije CO ₂ za promatrane scenarije toplinske zaštite postojećih objekata.....	43
Tablica 19. Potencijalne vrijednosti ukupnih emisija za središnje godina obračunskih razdoblja za grad Zagreb .	44
Tablica 20. Potencijalne vrijednosti izbjegnutih emisija CO ₂ u središnjim godinama obračunskih razdoblja za grad Zagreb	44
Tablica 21. Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima za grad Zagreb.....	45
Tablica 22 Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima za RH	47
Tablica 23 Smanjenje emisija CO ₂	48
Tablica 24. Površine pojedinih elemenata postojeći objekata u metrima kvadratnim.....	50
Tablica 25. Prosječni koeficijenti prolaza topline stambenih objekata u gradu Zagrebu	50
Tablica 26. Prosječni koeficijenti prolaza topline stambenih objekata u gradu Zagrebu nakon provođenja scenarija toplinske zaštite	50

Tablica 27. Koeficijenti prolaza topline izoliranih objekata	51
Tablica 28. Površine građevinskih elemenata koje je potrebno izolirati kod obiteljskih kuća	51
Tablica 29. Površine građevinskih elemenata koje je potrebno izolirati kod stambenih zgrada	51
Tablica 30. Procjena ukupnih troškova rekonstrukcije	52
Tablica 31. Površine i gubici topline kroz pojedine elemente neizolirane kuće	52
Tablica 32. Površine i gubici topline kroz pojedine elemente izolirane kuće	53
Tablica 33. Razlike između izolirane i neizolirane kuće	53
Tablica 34. Razlika emisija CO ₂ za izoliranu i neizoliranu kuću	53
Tablica 35. Investicija i uštede	53
Tablica 36. Utjecaj prodaje emisijonih certifikata na isplativost projekta	54
Tablica 37. Prognoza udjela energenata u postojećim kućama s centralnim grijanjem do 2020.	60
Tablica 38. Prognoza udjela energenata u postojećim stanovima s centralnim grijanjem do 2020.	60
Tablica 39. Prognoza udjela energenata u postojećim kućama sa sobnim grijanjem do 2020.	61
Tablica 40. Prognoza udjela energenata u postojećim stanovima sa sobnim grijanjem do 2020.	61
Tablica 41. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 1	62
Tablica 42. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 2	63
Tablica 43. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 3	63
Tablica 44. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 4	64
Tablica 45. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 5	64
Tablica 46. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 6	65
Tablica 47. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 7	65
Tablica 48. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 8	66
Tablica 49. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 9	66
Tablica 50. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 10	67
Tablica 51. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 11	67
Tablica 52. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 12	68
Tablica 53. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 13	68
Tablica 54. Prognoza udjela energenata u novim stanovima do 2020.	69

Tablica 55. Prognoza udjela energenata u novim obiteljskim kućama do 2020.....	69
Tablica 56. Površine građevinskih elemenata postojećih objekata	70

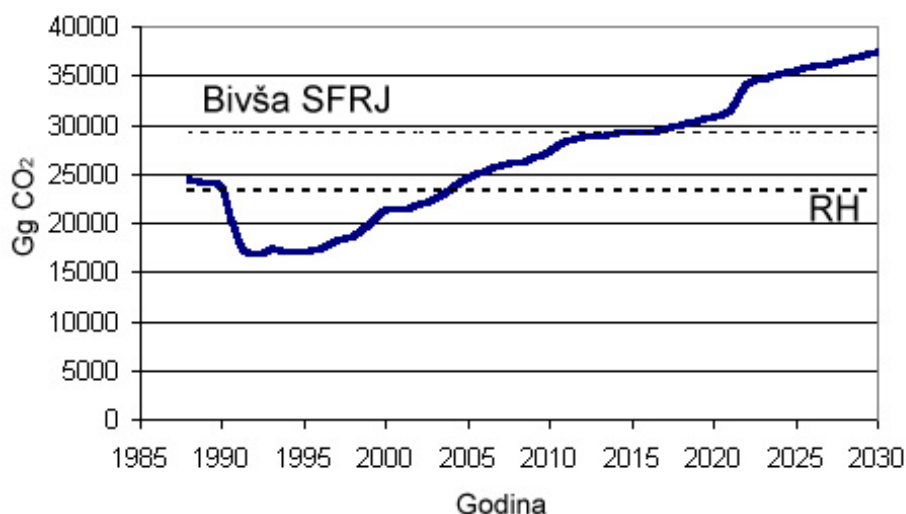
Popis oznaka

Oznaka	Jedinica	Fizikalna veličina
ρ	kg/m ³	Gustoća
λ_i	W/(m*K)	Koeficijent provođenja topline sloja građevinske konstrukcije
α_u	W/(m ² *K)	Koeficijent prijelaza topline s unutrašnje strane
t_u	°C	Unutarnja temperatura
η_{uk}		Ukupni koeficijent iskoristivosti sistema grijanja
α_v	W/(m ² *K)	Koeficijent prijelaza topline s vanjske strane
t_v	°C	Vanjska temperatura
b_v	h	Broj sati punog pogona
c	J/(kg*K)	Specifična toplina
C_f	t/TJ	Faktor emisije ugljika
d_i	m	Debljina sloja građevinske konstrukcije
k	W/(m ² *K)	Koeficijent prolaza topline
Q_k	J	Korisna količina energije za grijanje
Q_L	W	Potrebna toplina radi izmjene zraka
Q_N	W	Standardna potreba za toplotom
Q_{uk}	J	Ukupna količina energije za grijanje
V_R	m ³	Volumen prostorije

1 Uvod

U zadnje vrijeme je postalo jasno da se koncentracija ugljičnog dioksida udvostručila u odnosu na početak devetnaestog stoljeća kao rezultat ljudskih aktivnosti. Kao posljedica toga i pokazatelja da bi koncentracija CO₂ mogla, zbog efekta staklenika, značajno utjecati na globalno zatopljenje Ujedinjeni Narodi su počeli proces ublažavanja čovjekovog utjecaja na promjenu klime. Proces je započeo potpisivanjem UNFCC (UN Framework Convention on Climate Change) konvencije 1992. Kao rezultat tih nastojanja i UNFCC konvencije donesen je i Kyoto protokol [1]. Konvencija je ratificirana od strane 186 zemalja [2], dok je Kyoto protokol potpisalo 84 zemlje, a 74 ga je ratificiralo [3].

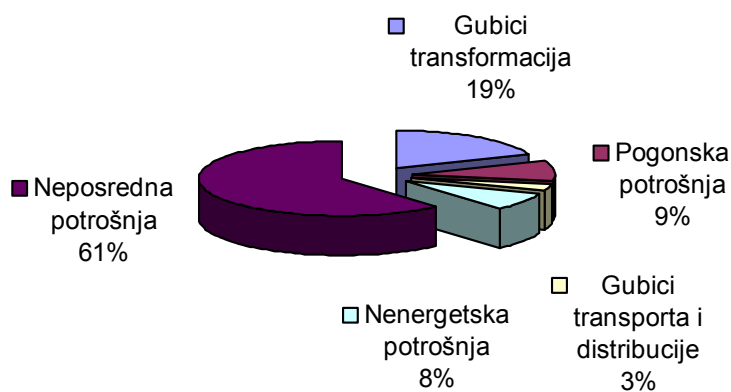
Republika Hrvatska je konvenciju potpisala 1992, a ratificirala ju je 1996 [2]. Kao zemlja Aneksa I RH je potpisala Kyoto protokol 1999 [3] i obavezala se da će smanjiti emisije stakleničkih plinova za 5% u odnosu na 1990. U slučaju ne provođenja mjera za redukciju emisija stakleničkih plinova RH će prijeći granicu postavljenu Kyoto protokolom 2003. godine [4]. Za takav slučaj kretanje emisija CO₂ prikazuje slika 1. Granica emisija označena gornjom crtom odnosi se na kvotu emisija prema srednjim emisijama u SFRJ, dok se donja odnosi samo na RH.



Slika 1 Kretanje emisija CO₂ u RH [5]

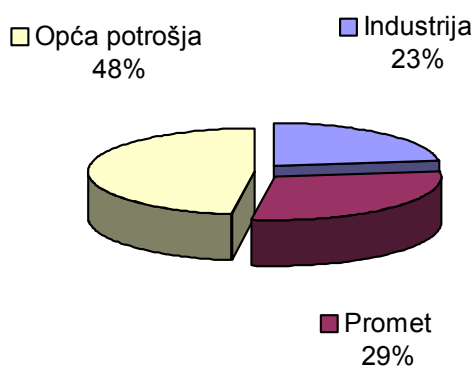
Radi boljeg razumijevanja značaja toplinske izolacije kućanstava i općenito energetske efikasnosti u kućanstvima potrebno je prikazati koliki je udio kućanstava u ukupnoj potrošnji energije u RH, te koliki dio te potrošnje otpada na grijanje.

Strukturu ukupno utrošene energije u RH za 2000. godinu prema [6] prikazuje slika 2.



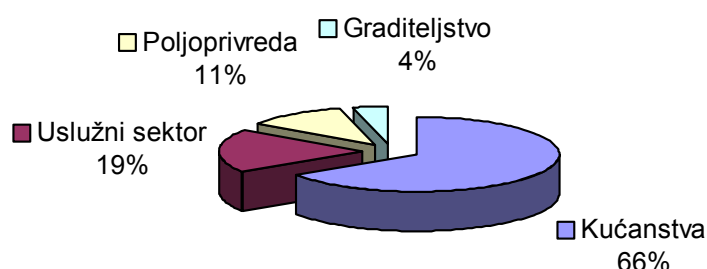
Slika 2 Struktura ukupne potrošnje energije u RH

Strukturu neposredne potrošnje energije u RH za 2000. godinu prema [6] prikazuje slika 3.



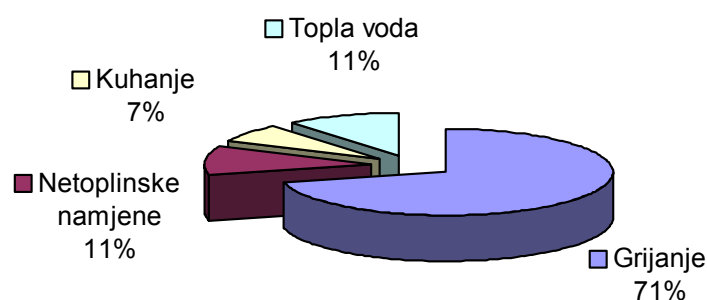
Slika 3 Struktura neposredne potrošnje energije u RH

Strukturu potrošnje u podsektorima opće potrošnje prikazuje slika 4.



Slika 4 Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje u RH

Strukturu potrošnje energije u kućanstvima grada Zagreba prema [7] prikazuje slika 5.



Slika 5 Struktura potrošnje energije u kućanstvima grada Zagreba

Ukoliko pretpostavimo da je struktura potrošnje energije u kućanstvima RH jednaka onoj u gradu Zagrebu vidimo da energija za grijanje kućanstava iznosi 22,5% neposredne potrošnje energije u RH, odnosno 14% ukupne potrošnje energije. Ukoliko to usporedimo s ostalim podsektorima opće potrošnje vidimo da je potrošnja energije za grijanje u kućanstvima RH gotovo jednaka potrošnji u industriji i za nekoliko postotaka manja od potrošnje u prometu. Kako je tu uzet podatak za Zagreb (Slika 5) postoci se za cijelu RH vjerojatno malo razlikuju, no bez obzira na to radi se o značajnom postotku energije u ukupnoj potrošnji RH i o dijelu potrošnje o čijem se racionaliziranju svakako treba voditi računa u cilju smanjenja potrošnje energije,

emisije stakleničkih plinova, utjecaja na okoliš i ispunjavanja obaveza preuzetih Kyoto protokolom.

Tablica 1 sadrži potencijalna smanjenja emisija CO₂ u RH za energetski sektor prema [8].

	Potencijalna smanjenja emisija CO ₂ [Gg]	
	2010	2020
Proizvodnja energije		
Plinski scenarij	1135,5	2666,9
Uštede u prijenosu i distribuciji	47,4	56,3
Vjetroelektrane	126,6	219,0
Male hidroelektrane	117,4	101,6
Upotreba biomase u kogeneracijama	251,8	431,4
Industrija		
Regulacija motornih pogona	186,3	309,1
Kogeneracija	163,4	549,7
Poboljšanje iskoristivosti niskotemperaturne proizvodnje topline	97,7	81,4
Poboljšanje iskoristivosti visokotemperaturne proizvodnje topline	87,3	75,9
Promet		
Mjere u međugradskom putničkom prometu	39,4	117,4
Mjere u gradskom putničkom prometu	0,0	96,5
Mjere u transportu tereta	0,0	569,5
Povećanje upotrebe biodizela i vodika	99,2	326,0
Uslužne djelatnosti		
Uštede električne energije za netoplinske namjene	25,1	42,9
Promjene goriva	2,3	0,0
Povećanje upotrebe solarne energije	79,1	137,7
Povećanje upotrebe geotermalne energije	17,1	28,2
Povećanje upotrebe daljinske topline i kogeneracija	70,3	147,5
Poboljšanje toplinske izolacije	441,6	637,2
Kućanstva		
Povećanje upotrebe solarne energije	196,4	527,6
Uštede električne energije za netoplinske namjene	482,2	0,0
Povećanje upotrebe daljinske topline	146,6	332,8
Poboljšanje toplinske izolacije	401,9	803,2
Toplina iz biomase	698,6	1353,6
Ukupno	4913,2	9611,5

Tablica 1 Potencijalna smanjenja emisija u RH

Vidimo da u 2010. godini poboljšanje toplinske izolacije iznosi 8.2% ukupnih potencijalnih smanjenja emisija, dok u 2020. godini to iznosi 8.4%. Potencijalna smanjenja emisija su navedena samo radi ilustracije. Nije realno očekivati da će se do 2020. godine ostvariti sva potencijalna smanjenja emisija CO₂ koja se navode u tablici 1.

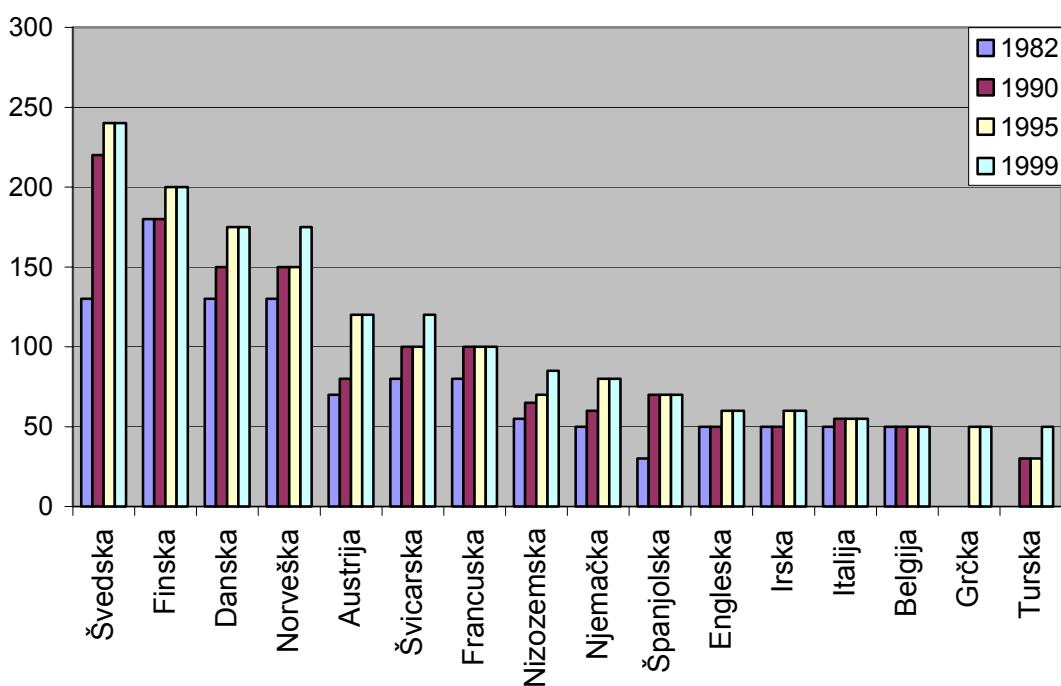
Radi boljeg shvaćanja potencijala smanjenja emisija CO₂ boljom izolacijom stambenih objekata potrebno je pogledati i iskustva drugih zemalja. Prema [9] potencijalno smanjenje emisija do 2010. u EU, postignuto poboljšanjem energetske efikasnosti zgrada, iznosi 12,5% ukupnih emisija CO₂. Tablica 2 prikazuje potencijalna smanjenja emisija u nekim zemljama članicama EURIMA-e (European Insulation Manufacturers Association) prema [10].

EURIMA zemlja	Emisije [Mt]		Moguća smanjenja		
	Ukupno	Grijanje	[Mt]	% Ukupnog	% Grijanja
Austrija	--	21	10	--	48
Belgija	112	33	22	20	67
Danska	64	12	3	5	25
Finska	65	12	1	2	8
Francuska	280	55	36	13	65
Njemačka	743	150	100	13	67
Irska	27	7	5	18	71
Italija	360	36	18	5	50
Nizozemska	167	40	27	16	68
Norveška	35	3	1	3	33
Španjolska	186	27	13	7	50
Švedska	93	20	2	2	10
Švicarska	42	17	11	26	65
Turska	186	69	17	9	25
Velika Britanija	542	75	37	7	49
UKUPNO	(~3,000)	(~600)	(~310)	(~10)	(~50)

Tablica 2 Potencijalna smanjenja emisija u zemljama EURIMA-e [10]

Prema [11] potrošnja energije u novim zgradama u EU iznosi 60% potrošnje u starim zgradama. Kućanstva su u EU izvor četvrtine emisija CO₂, a grijanje tim emisijama doprinosi sa 60-80% [12]. Prema [13], realno bi bilo očekivati 20-25% uštede energije u postojećim zgradama, što bi dovelo do smanjenja emisija EU od 12,5%. Prema [14] poboljšanje toplinske izolacije stambenih objekata moglo bi smanjiti ukupne emisije u SAD za 30%.

Kao posljedica svega navedenog, u svijetu se počela pridavati veća pažnja toplinskoj izolaciji zgrada, te uštedama energije i smanjenju emisija CO₂. Tu činjenicu dobro ilustrira kretanje debljina izolacija u nekim zemljama koje je prikazuje slika 6.



Slika 6 Kretanje debljina izolacija u europskim zemljama [15]

Osim navedenih potencijalnih smanjenja emisija poboljšanje toplinske izolacije ima još nekih prednosti. Mada se za proizvodnju izolacijskih materijala troši velika količina energije prema [16] omjer energije utrošene na proizvodnju i ostvarenih ušteda energije ugradnjom izolacijskih materijala iznosi 12:1. Tehnologija je poznata i može se početi odmah primjenjivati. Mjere za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada, među koje spada i poboljšanje toplinske izolacije zgrada, su među najisplativijim od svih raspoloživih mjera za smanjenje emisija CO₂ [17]. Pored toga treba obratiti

pažnju i na potencijalna radna mjesta. Direktna posljedica povećanja toplinske izolacije zgrada bila bi otvaranja značajnog broja radnih mjesta na dulje vrijeme [18].

Iz svega navedenog može se zaključiti da bi poboljšanje toplinske izolacije postojećih stambenih objekata i u RH moglo rezultirati značajnim smanjenjem emisija stakleničkih plinova, a samim time i puno lakšim ispunjavanjem obaveza preuzetih Kyoto protokolom. To je i tema ovoga rada u kojem se pokušalo kvantificirati potencijalna smanjenja emisija u slučaju poboljšanja toplinske izolacije u gradu Zagrebu. Načini proračuna i rezultati prikazani su daljnjim poglavljima.

2 Metodologija

2.1 Prognoze potrošnje energije za grijanje u kućanstvima grada Zagreba

Kao izvor podataka o objektima u Gradu Zagrebu, potrošnji energije i prognozama potrošnje do 2020. godine korištena je analiza Energetskog Instituta "Hrvoje Požar" [7] i prognoza potrošnje energije u gradu Zagrebu [19].

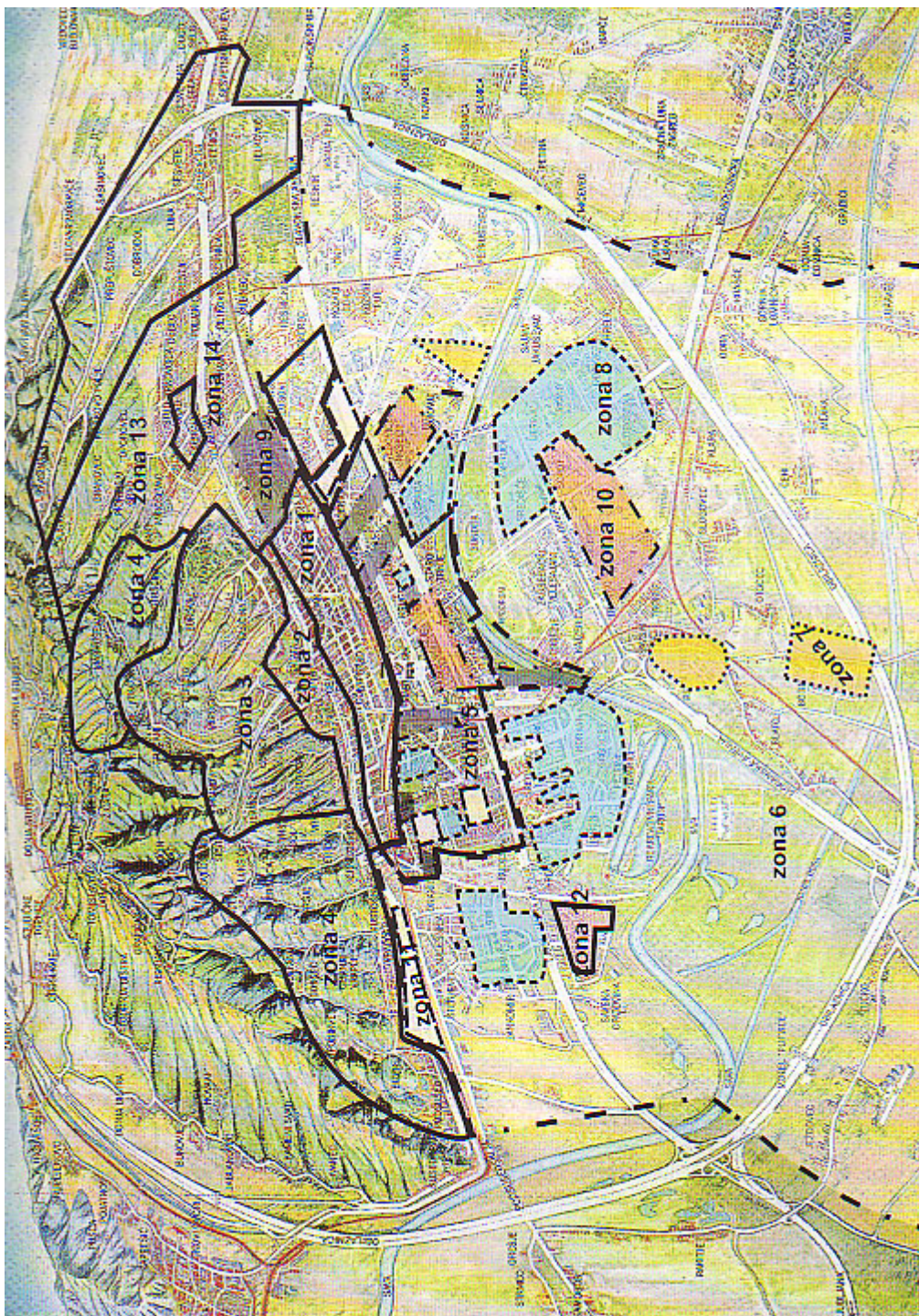
Podaci o predviđenoj potrošnji energije za različite scenarije izolacije postojećih stambenih objekata u gradu Zagrebu preuzeti su iz [19].

Kao bazna godina uzeta je 1998. u kojoj je provedena anketa [7]. Objekti su podijeljeni u četiri kategorije: obiteljske kuće s centralnim grijanjem, stanove u zgradama s centralnim grijanjem, obiteljske kuće sa sobnim grijanjem i stanove u zgradama sa sobnim grijanjem. Pored te podjele postoji i podjela po zonama. Grad Zagreb podijeljen je u ukupno 13 zona. U pojedinoj zoni se nalaze slični objekti i prisutan je jedan, dva ili niti jedan umreženi energent. Pojedine zone prikazane su u tablici 3.

Zona	Pretežna gradnja	Umreženi energent
1	Stanovi u zgradama	Prirodni plin
2	Stanovi u zgradama	Prirodni plin
3	Obiteljske kuće	Prirodni plin
4	Obiteljske kuće	
5	Obiteljske kuće	Prirodni plin
6	Obiteljske kuće	
7	Stanovi u zgradama	
8	Stanovi u zgradama	Toplinska energija
9	Stanovi u zgradama	Prirodni plin
10	Stanovi u zgradama	Prirodni plin i toplinska energija
11	Stanovi u zgradama	Prirodni plin i toplinska energija
12	Stanovi u zgradama	Prirodni plin
13	Stanovi u zgradama	Miješano

Tablica 3. Podjela grada Zagreba na zone

Zone su prikazane na slici 7 koja je preuzeta iz [7].



Slika 7. Podjela grada Zagreba na zone [7]

U prognozi potrošnje energije za grijanje [19] za svaku kategoriju objekata u pojedinoj zoni, na osnovi analize [7], izračunati su load faktori, trajanje grijanja, ukupna finalna potrošnja energije za grijanje, potrošnja korisne energije za grijanje po jedinici grijane površine i potrošnja korisne energije za grijanje po jedinici ukupne površine. Load faktor je omjer grijane i ukupne površine stambenog objekta.

Pored toga napravljene su prognoze porasta broja stanovnika po zonama, promjene broja stanovnika po stanu, promjene ukupnog broja stanova, smanjenja broja starih stanova, promjene trajanja grijanja po kategorijama obitavališta i promjena load faktora starih stanova. Pomoću izračunatih utjecajnih faktora i pretpostavke njihovih promjena izračunata je potrošnja energije za grijanje u tri scenarija [19]:

1. Niži scenarij: nema poboljšanja toplinske izolacije postojećih objekata
2. Referentni scenarij: obiteljske kuće 10%, a stanovi 20% poboljšanje izolacije
3. Viši scenarij: obiteljske kuće 20%, a stanovi 30% poboljšanje izolacije

Izračunati podaci o potrošnji energije za grijanje prema [19] preuzeti su i upotrebljeni za proračun emisija CO₂ u tri spomenuta scenarija.

2.2 Izračunavanje emisija CO₂ prema IPCC smjernicama

Modul 1 IPCC (International Panel for Climate Change) smjernica [20] opisuje način izračunavanja emisija SO₂ i stakleničnih plinova unutar energetskeg sektora na nivou države. Emisije su podijeljene na one nastale sagorijevanjem nekog goriva i na one nastale ispuštanjem stakleničnih i ozonu štetnih plinova koji nisu produkti izgaranja u atmosferu.

Kod izračunavanja emisija CO₂ nastalih sagorijevanjem različitih goriva osnovna ideja je sljedeća:

1. Odrediti potrošnju pojedine vrste goriva na osnovu podataka o proizvodnji, uvozu, izvozu, promjeni zaliha u bunkerima za međunarodni pomorski i avionski promet i promjeni zaliha u državnim skladištima
2. Odrediti količinu energije koju bi dobili spaljivanjem ukupnih količina goriva množenjem istih s donjom ogrjevnom vrijednosti pojedinih goriva

3. Odrediti količinu ugljika koja bi nastala potpunim izgaranjem ukupne količine potrošenih goriva množenjem energije dobivene iz pojedinog goriva s emisivnim faktorom za to gorivo. Emisivi faktori za goriva koja se pojavljuju u ovom radu prikazani su u tablici 4.
4. Korigirati emisije ugljika zbog upotrebe pojedinih goriva u neenergetske svrhe, npr. proizvodnja maziva.
5. Korigirati emisije ugljika zbog nepotpunog izgaranja. Količine izgorenog ugljika za pojedina goriva prema [20] prikazuje tablica 5.
6. Izračunati emisije CO₂ iz poznatih emisija ugljika

Gorivo	Emisija C [t/TJ]
Prirodni plin	15,3
Loživo ulje	20
Ekstra lako loživo ulje	20,2
Ukapljeni naftni plin	17,2
Ugljen	25,8

Tablica 4. Emisivi faktori za pojedina goriva

Gorivo	Udio izgorenog
Ugljen	0,98
Naftni derivati	0,99
Plin	0,995

Tablica 5. Udio izgorenog ugljika za pojedina goriva

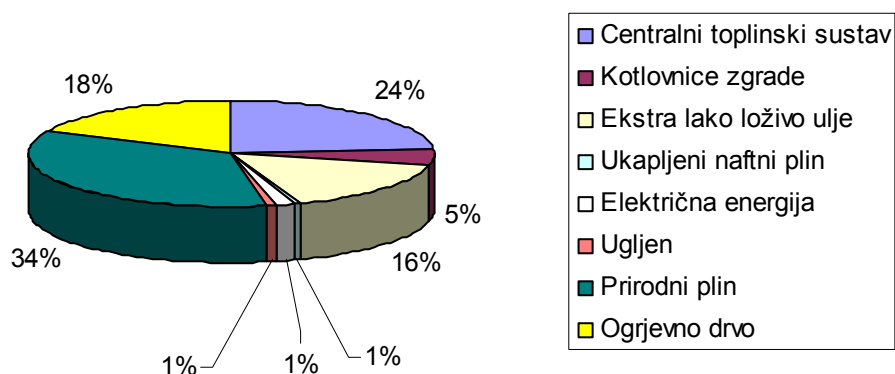
Kod određivanja emisija CO₂ koje se analiziraju u ovom radu procedura je nešto jednostavnija jer nema potrebe za određivanjem količina goriva korištenih u neenergetske svrhe.

2.3 Emisije CO₂

Kod proračuna emisija CO₂ za pojedine scenarije izolacije postojećih stambenih objekata, kao što je rečeno u poglavlju 2.1, podaci za baznu godinu i prognoze potrošnje korisne energije za grijanje stambenih objekata po kategorijama do 2020. godine preuzeti su iz [19]. Kategorije stambenih objekata su: obiteljske kuće s centralnim grijanjem, stanovi u zgradama s centralnim grijanjem, obiteljske kuće sa sobnim grijanjem i stanovi u zgradama sa sobnim grijanjem.

Potrošnju korisne energije za grijanje u baznoj godini po energentima prikazuje slika 8.

Potrošnja energije po energentima za 1998.



Slika 8. Potrošnja energije za grijanje stambenih objekata po energentima za 1998. godinu [19]

Kod proračuna emisija CO₂ za baznu godinu potrebno je bilo pretpostaviti udjele potrošnje različitih goriva u CTS-u i javnim kotlovnica. Podaci o tome su preuzeti iz [21] i [22]. Tablica 6 prikazuje promjenu udjela goriva u CTS-u, a tablica 7 u kotlovnica zgrada.

Nakon toga su izračunate emisije CO₂ bez uzimanja u obzir emisija nastalih upotrebom ogrjevnog drva. Emisije nastale sagorijevanjem ogrjevnog drva se ne uzimaju u obzir u IPCC Modulu 1, već se tretiraju kao emisije od biomase. Pretpostavlja se da je sječa drva jednaka njenom rastu, a ukoliko nije tako to se uzima u obzir u modulu koji obrađuje upotrebu tla i šuma, što nije predmet ovoga rada.

Podaci o emisiji CO₂ po jedinici električne energije za 1998. godinu preuzeti su iz [22] i iznose 84.4 t/TJ isporučene električne energije. Emisije su izračunate na način opisan u poglavlju 2.2.

	1988	2000	2005	2010	2015	2020
Prirodni plin	64,00%	76%	77%	84%	96%	100,00%
Loživo ulje	36,00%	24%	23%	16%	4%	0%

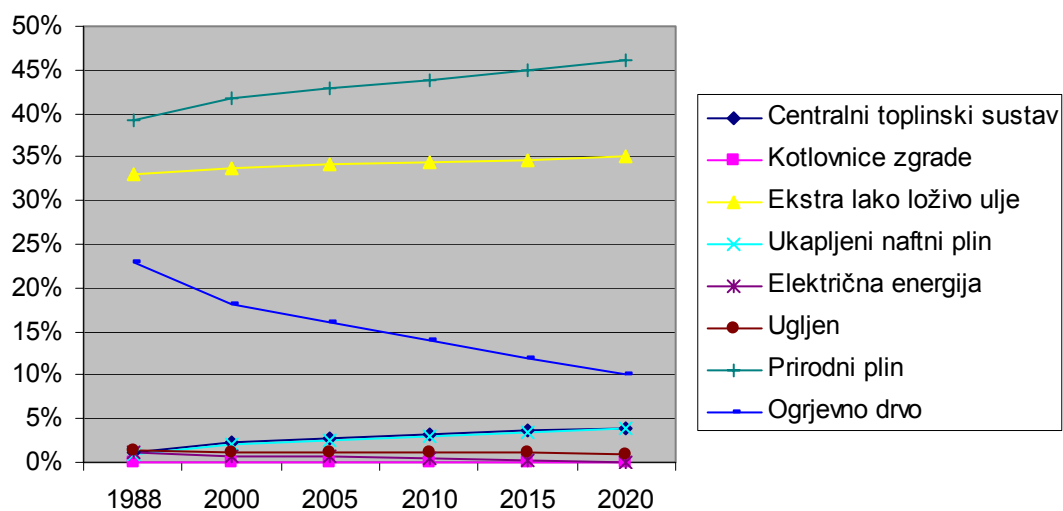
Tablica 6. Promjena udjela pojedinih goriva u CTS-u do 2020. godine [21]

	1988	2000	2005	2010	2015	2020
Loživo ulje	47,6%	47,5%	43,9%	40,6%	37,4%	34,4%
EL loživo ulje	8,3%	8,0%	8,1%	7,9%	8,0%	8,0%
Ukapljeni naftni plin	2,2%	2,1%	2,1%	2,1%	2,1%	2,2%
Prirodni plin	41,9%	42,4%	45,9%	49,4%	52,5%	55,4%

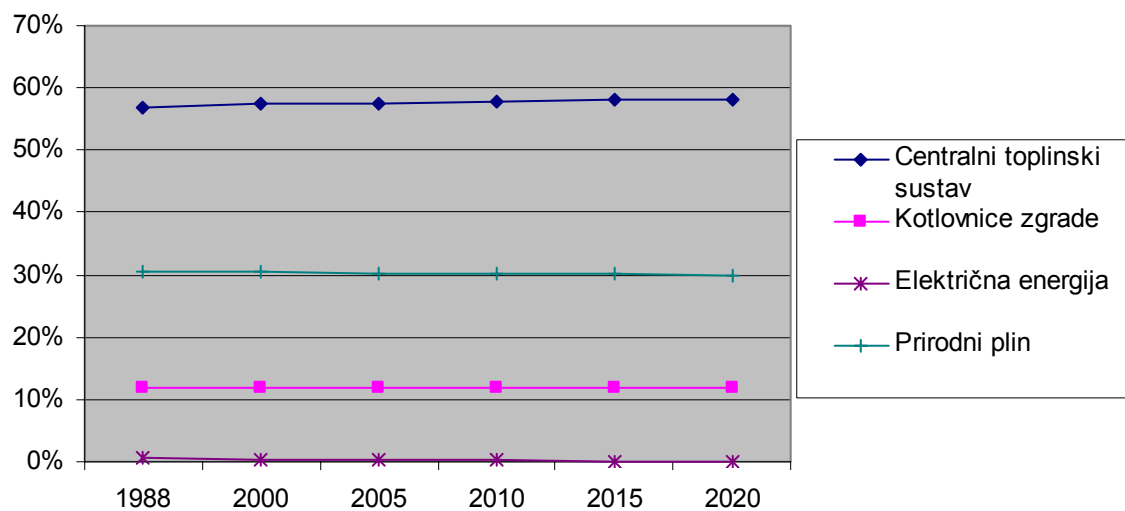
Tablica 7 Promjena udjela pojedinih goriva u kotlovnica zgrada do 2020. godine [21]

Nadalje je bilo potrebno pretpostaviti promjenu udjela pojedinih energenata u proizvodnji potrebne topline za grijanje za postojeće i nove objekte u gradu Zagrebu do 2020. Promjena udjela je pretpostavljena prema prisutnosti pojedinih energenata, predviđenim oblicima energije za kućanstva [21], predviđenom porastu konzuma CTS-a i javnih kotlovnica [23], [24] i predviđenom porastu broja plinificiranih kućanstava [25].

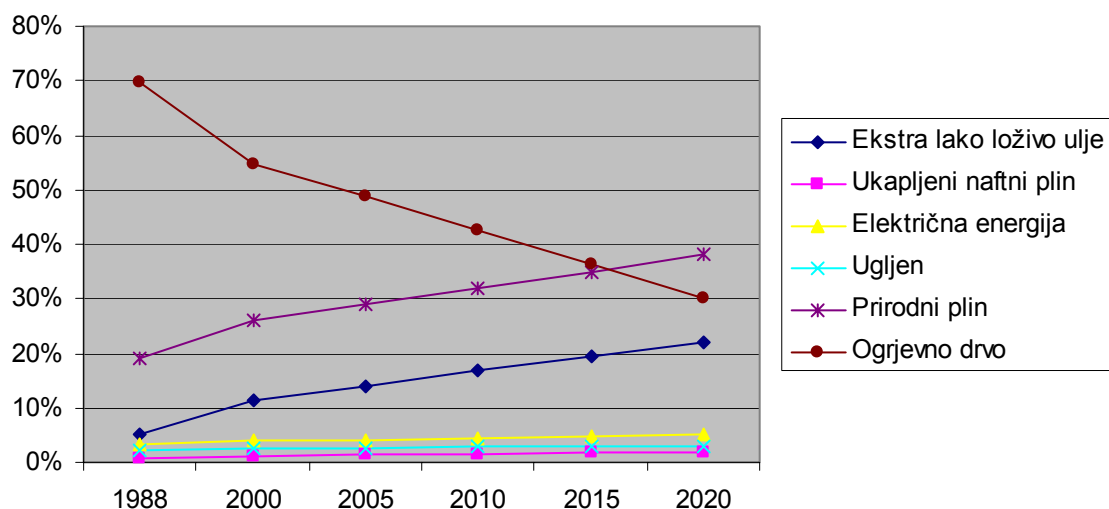
Za postojeće objekte pretpostavljena je promjena za sve četiri kategorije objekata posebno: obiteljske kuće s centralnim grijanjem, stanove u zgradama s centralnim grijanjem, obiteljske kuće sa sobnim grijanjem i stanove u zgradama s centralnim grijanjem. Nakon toga izračunata je korisna toplotina za grijanje po gorivima u svakoj kategoriji objekata u periodu 2000. - 2020. s korakom od pet godina. Prognoze promjene udjela pojedinih energenata za postojeće objekte dane su u prilogu. Slika 9 prikazuje promjenu za obiteljske kuće s centralnim grijanjem, slika 10 za stanove s centralnim grijanjem, slika 11 za obiteljske kuće sa sobnim grijanjem, a slika 12 za stanove sa sobnim grijanjem.



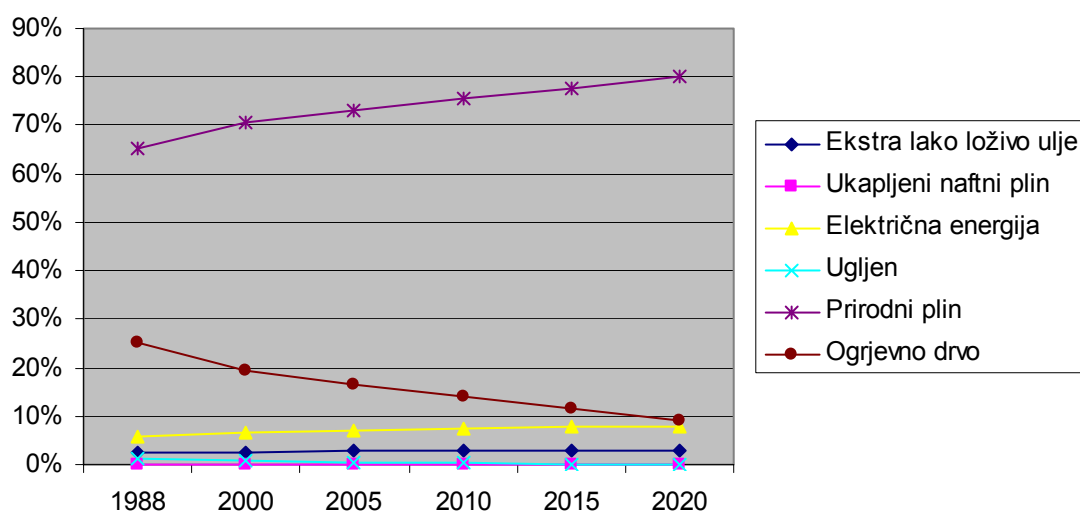
Slika 9. Prognosa udjela energenata u postojećim obiteljskim kućama s centralnim grijanjem do 2020.



Slika 10. Prognosa udjela energenata u postojećim stanovima s centralnim grijanjem do 2020.



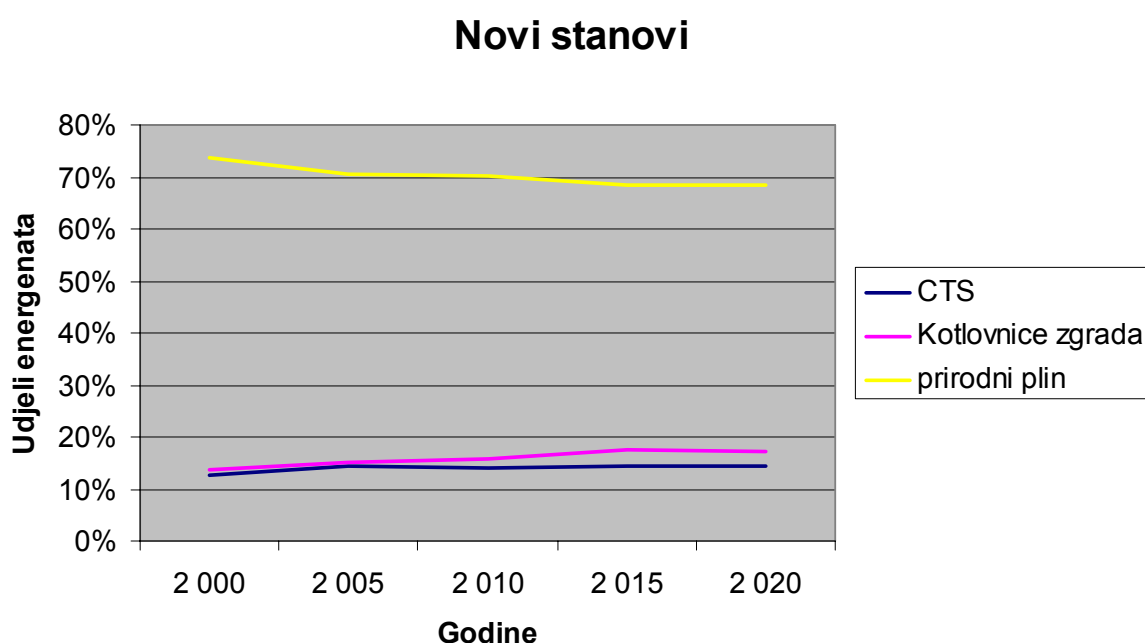
Slika 11. Prognosa udjela energenata u postojećim obiteljskim kućama sa sobnim grijanjem do 2020.



Slika 12. Prognosa udjela energenata u postojećim stanovima sa sobnim grijanjem do 2020.

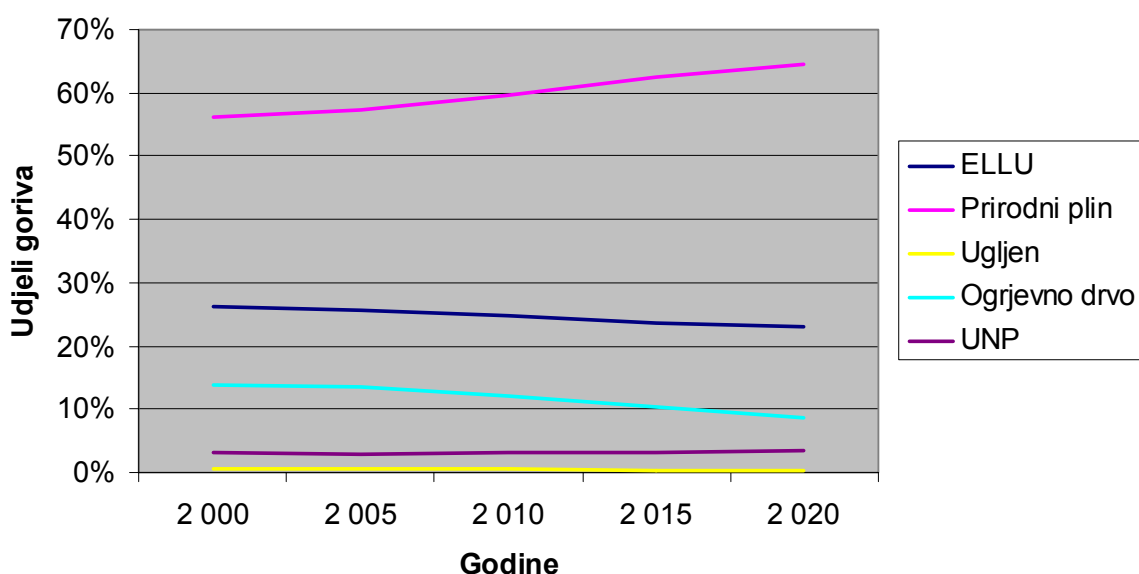
Za sve nove objekte u [19] pretpostavljeno je da će biti centralno grijani, tako da su podijeljeni u dvije kategorije: obiteljske kuće s centralnim grijanjem i stanove u zgradama s centralnim grijanjem. Prognosa broja novih objekata po zonama i petogodišnjim razdobljima od 2000. do 2020. godine, kao i udjela obiteljskih kuća, odnosno stanova preuzete su iz [19]. Iz ukupnog broja novih objekata po zonama i njihovih udjela izračunat je broj stanova, odnosno kuća u svakoj zoni po

petogodišnjim razdobljima od 2000. do 2020. Nakon toga na osnovu potrošnje energije po energentima u postojećim obiteljskim kućama s centralnim grijanjem i stanovima u zgradama, prisutnosti pojedinih umreženih energenata u zonama i spomenutih projekcija razvoja konzuma CTS-a, javnih kotlovnica i gradske plinare napravljena je projekcija udjela pojedinih energenata po zonama i kategorijama objekata. Slika 13 prikazuje kretanje udjela pojedinih energenata u novim stanovima, dok slika 14 prikazuje kretanje tih udjela za nove obiteljske kuće. Prikaz kretanja udjela pojedinih energenata po zonama i kategorijama objekata dan je u prilogu.



Slika 13. Prognoza promjene udjela energenata u novim stanovima do 2020.

Nove obiteljske kuće



Slika 14. Prognoza promjene udjela energenata o novim obiteljskim kućama do 2020.

S tom pretpostavkom udjela pojedinih goriva, brojem novih stanova i kuća po zonama, prognozom promjene korisne energije za grijanje prostora novih objekata po jedinici ukupne površine, prognozom promjene prosječne površine obitavališta po kategorijama i zonama izračunata je potrošnja korisne energije za grijanje prostora po energentima, zonama i kategorijama objekata.

Nakon proračuna potrošnje korisne energije za grijanje svih kategorija postojećih i novih objekata potrebno je odrediti efikasnosti pojedinih sistema grijanja da bi se odredila ukupna potrošnja energije, tj. goriva za grijanje. Efikasnost CTS-a procijenjena je na osnovu [23], [26], [6] i [27] i prognoza njenog rasta do 2020. prikazana je u tablici 8. Efikasnosti javnih kotlovnica procijenjene su na osnovu [23] i [28] i prikazane u tablici 9. Efikasnost sistema na električnu energiju je pretpostavljena, a kotlova na kruto gorivo procijenjena na 70% i tekuće gorivo na 80% na osnovu [28].

	2000	2005	2010	2015	2020
Iskoristivost	50%	51%	53%	54%	55%

Tablica 8. Procjena kretanja iskoristivosti CTS-a do 2020.

	2000	2005	2010	2015	2020
Iskoristivost	60%	61%	63%	64%	65%

Tablica 9. Procjena kretanja iskoristivosti javnih kotlovnica do 2020.

Na kraju su množenjem zbroja korisnih količina energije za grijanje s efikasnostima pojedinih sistema grijanja (1) izračunate ukupne količine energije dobivene iz pojedinog energenta.

$$Q_{uk} = \frac{Q_k}{\eta_{uk}} \quad (1)$$

Gdje su:

- Q_k - korisna energija za grijanje
- Q_{uk} - ukupna energija za grijanje
- η_{uk} - ukupni koeficijent iskoristivosti sistema grijanja

Zatim su množenjem ukupnih količina energije dobivenih iz pojedinog goriva s emisionim faktorima za CO₂ i faktorima za korekciju zbog nepotpunog izgaranja (2) dobivene emisije CO₂ od 2000. do 2020. po petogodišnjim periodima.

$$m_{CO_2} = \sum_{i=1}^n C_{fi} \cdot Q_{uki} \cdot \zeta_{izi} \quad (2)$$

Gdje su:

- n - broj pojedinih goriva, tj. izvora energije
- C_f - emisioni faktor ugljika za pojedino gorivo ili izvor energije
- ζ_{iz} - faktor izgorenosti ugljika za pojedino gorivo

Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija CO₂ po cijeni od 15\$/t izračunata je množenjem vrijednosti uštede u središnjoj godini pojedinog obračunskog razdoblja s

brojem godina u obračunskom razdoblju. Obračunska razdoblja traju pet godina, a središnje godine su djeljive s pet. Prvo obračunsko razdoblje počinje 2008. i traje do 2012. [1].

2.4 Procjena troškova rekonstrukcije postojećih objekata

Prilikom procjene troškova rekonstrukcije postojećih objekata isti su podijeljeni u dvije kategorije: obiteljske kuće i stambene zgrade. Stambene zgrade svrstane su u dvije potkategorije: stare gradnje s visokim stropovima i zgrade s normalnom visinom stropa. To je bilo potrebno jer za istu kvadraturu tlocrta kod različitih visina etaža imamo i različite površine fasada.

Postoje tri scenarija toplinske zaštite postojećih objekata:

1. Niži scenarij - nema poboljšanja toplinske izolacije
2. Referentni scenarij - u kategoriji obiteljskih kuća poboljšanje toplinske izolacije iznosi 20%, a u kategoriji stanova u zgradama 10%
3. Viši scenarij - u kategoriji obiteljskih kuća poboljšanje toplinske izolacije iznosi 30%, a u kategoriji stanova u zgradama 20%

Radi procjene potrebnih poboljšanja toplinske izolacije prvo je bilo potrebno procijeniti toplinsku izolaciju postojećih objekata. Procjena je napravljena odvojeno za postojeće obiteljske kuće i stanove u zgradama.

Za obiteljske kuće, a na osnovu podataka o broju objekata dovršenih u periodima trajanja pojedinih zakonskih propisa o toplinskoj zaštiti zgrada prema [29], je pretpostavljeno da 15% posto kuća ima toplinsku izolaciju i koeficijent prolaza topline vanjskih zidova $k = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, a da ih 20% ima toplinsku izolacijsku žbuku i koeficijent prolaza topline vanjskih zidova $k = 1,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, dok je za 65% obiteljskih kuća pretpostavljeno da nemaju nikakvu toplinsku izolaciju i imaju koeficijent prolaza topline vanjskih zidova $k = 1,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Na osnovu toga izračunat je prosječni koeficijent prolaza topline vanjskih zidova od $k = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Koeficijent prolaza topline za različite konstrukcije zidova računat je prema (3).

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v}} \quad (3)$$

Vanjski i unutarnji koeficijenti prijelaza topline α_v i α_u uzeti su prema primjeru u priručniku za grijanje i klimatizaciju [28], dok su koeficijenti provođenja topline za pojedine građevinske i toplinsko-izolacijske materijale uzeti prema programu za građevinsku fiziku "Termika Millennium" [30]. Koeficijenti prolaza topline za prozore uzeti su prema [28], dok su koeficijenti prolaza topline za podove na tlu, stropove prema negrijanom tavanu, te kose i ravne krovove pretpostavljeni prema izračunatim koeficijentima prolaza topline za zidove, programu [30] i podacima o starosti objekata prema [29]. Koeficijenti prolaza topline koji su uzeti za prosječnu obiteljsku kuću prikazani su tablici 10.

Element	k [W/(m ² *K)]
Vanjski zidovi	1,2
Pod na tlu	1,2
Strop prema tavanu	1,2
Kosi i ravni krovovi	1
Prozori	3,22

Tablica 10. Pretpostavke koeficijenata prolaza topline za prosječnu obiteljsku kuću

Koeficijenti prolaza topline za zgrade u centru grada i izvan njega su pretpostavljene na temelju podataka o izgrađenosti zgrada u pojedinim periodima i karakteristikama zgrada navedenim u KUEN-Zgrada [29], te vrijednosti izračunatih za obiteljske kuće i prikazuju ih tablica 11 i tablica 12.

Element	k [W/(m ² *K)]
Vanjski zidovi	1
Pod na tlu	1
Strop prema tavanu	1
Kosi i ravni krovovi	1
Prozori	3

Tablica 11. Pretpostavke koeficijenata prolaza topline za prosječnu zgradu izvan centra

Element	k [W/(m ² *K)]
Vanjski zidovi	1,4
Pod na tlu	1,4
Strop prema tavanu	1,4
Kosi i ravni krovovi	1
Prozori	3,22

Tablica 12. Pretpostavke koeficijenta prolaza topline za prosječnu zgradu u centru

Nakon procjene koeficijenta toplinske vodljivosti za sve elemente u različitim kategorijama objekata za proračun prosječnog koeficijenta toplinske vodljivosti nedostajale su površine pojedinih elemenata.

Za obiteljske kuće u prognozi energetske potrebe kućanstava [19] postoje prosječne površine po zonama. Za svaku od 13 zona, uz više pretpostavki odnosa pravokutnih izmjera tlocrta, površine prozora po jedinici površine fasade i nagiba krova, izračunate su prosječne površine podova prema zemlji, stropova prema tavanu, fasada, krovova i prozora po jedinici površine objekta.

Jednak proračun, ponovno uz više pretpostavki odnosa osnovnih izmjera, napravljen je i za stambene zgrade i dobiveni su odnosi površina pojedinih elemenata prema površini stanova.

Opisani proračuni nalaze se u priloženom Excel dokumentu.

Za svaku zonu i svaku od četiri kategorije objekata, obiteljske kuće s centralnim grijanjem, stanove u zgradama s centralnim grijanjem, obiteljske kuće sa sobnim grijanjem i stanove u zgradama sa sobnim grijanjem, izračunate su površine elemenata građevina množenjem površina elemenata po jedinici površine objekta i površina objekata. Površine pojedinih elemenata po zonama i kategorijama objekata nalaze se u prilogu.

Na osnovu već opisanih pretpostavki i izračunatih koeficijenata prolaza topline i površina izračunati su prosječni koeficijenti prolaza topline za stambene zgrade i obiteljske kuće u gradu Zagrebu (4).

$$k_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m k_j \cdot A_j \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m A_j \right)} \quad (4)$$

Gdje su:

- i - indeks građevinskog elementa
- n - ukupan broj građevinskih elemenata
- j - indeks zone grada Zagreba prema slici 1.
- m - ukupan broj zona

U ovom radu su predviđena tri scenarija toplinske izolacije postojećih stambenih objekata u gradu Zagrebu. Opisani su ranije u ovom poglavlju. Iz izračunatih prosječnih koeficijenata prolaza topline za stambene zgrade i obiteljske kuće izračunati su prosječni koeficijenti prolaza topline za navedene kategorije koje bi bilo potrebno postići da se zadovolje spomenuti scenariji. U nižem scenariju nema poboljšanja toplinske izolacije pa koeficijenti prolaza topline ostaju kakvi jesu. Za referentni scenarij potrebno je izvršiti kod stambenih zgrada 10%, a kod obiteljskih kuća 20% poboljšanje toplinske izolacije. Prosječni koeficijent prolaza topline koji je potrebno postići kod obiteljskih kuća dobiven je tako da je postojeći prosječni koeficijent prolaza topline obiteljskih kuća umanjen za 20%. Kod stambenih zgrada je postojeći prosječni koeficijent prolaza topline umanjen za 10%. Na jednak način su izračunati i potrebni koeficijenti prolaza topline za zadovoljenje višeg scenarija, samo što smanjenje kod obiteljskih kuća iznosi 30%, a kod stambenih zgrada 20%.

Ponovno je računat prosječan koeficijent prolaza topline za obiteljske kuće i stanove u zgradama, s time što je ovaj puta jedan udio objekata imao koeficijente prolaza topline dijelova konstrukcije prema preporukama preuzetim iz [29].

Iterativnim proračunom s variranjem udjela zgrada, odnosno kuća koje će biti izolirane došlo se do udjela objekata koji bi trebalo izolirati da se postignu zadana poboljšanja toplinske izolacije, a samim time i do površina građevinskih elemenata koje treba izolirati.

Na izoliranje samo jednog broja objekata, a ne svih, išlo se zbog ekonomskih razloga. Kod takvih poslova često je trošak postavljanja skela i radnika veći od cijene samog materijala [31] pa je ekonomski isplativije, u cilju uštede jednake količine energije, izolirati bolje jedan postotak postojećih objekata.

Važeći zakonski propisi u RH određuju maksimalno dopuštene vrijednosti koeficijenata prolaza topline građevinskih elemenata koje prikazuje tablica 13.

Građevinski element	Građevinska klimatska zona		
	I	II	III
Vanjski zidovi	1,20	0,90	0,80
Pod na tlu	0,90	0,75	0,65
Strop prema tavanu	0,95	0,80	0,70
Strop iznad podruma	0,75	0,60	0,50
Strop iznad otvoreni prolaza	0,50	0,44	0,40
Kosi i ravni krovovi	0,75	0,65	0,55

Tablica 13. Najveći dopušteni koeficijenti prolaza topline za građevinske elemente prema HRN U.J5.600

Pored najvećih dopuštenih vrijednosti koeficijenta prolaza topline za građevinske elemente propisani su i najveći dopušteni gubici topline za zgradu. Radi zadovoljavanja ovih propisa potrebno je uzeti manje vrijednosti koeficijenata prolaza topline za pojedine građevinske elemente. Procjena prema [29] prikazana je u tablici 14.

Građevinski element	Građevinska klimatska zona		
	I	II	III
Vanjski zidovi	0,90	0,60	0,50
Pod na tlu	0,70	0,50	0,50
Strop prema tavanu	0,60	0,40	0,35
Strop iznad podruma	0,70	0,50	0,45
Strop iznad otvorenih prolaza	0,50	0,40	0,35
Kosi i ravni krovovi	0,50	0,35	0,35

Tablica 14. Preporučene vrijednosti koeficijenta prolaza topline za građevinske elemente [29]

Zagreb je u drugoj građevinskoj klimatskoj zoni i za vrijednosti koeficijenta prolaza topline objekata koji će se izolirati uzete su vrijednosti iz odgovarajućeg stupca u tablici 14.

Radi usporedbe koeficijenti prolaza topline i preporučene debljine izolacije za zidove, krovove i podove u nekim zemljama dani su u tablici 15 [31].

	Zidovi		Krovovi		Podovi	
	k [w/(m ² *K)]	Preporučena debljina [mm]	k [w/(m ² *K)]	Preporučena debljina [mm]	k [w/(m ² *K)]	Preporučena debljina [mm]
Belgija	-	75-100	-	80-120	-	40
Danska	0,35	125-150	0,20	200	0,30	150
Finska	0,28	150	0,22	200	0,22	200
Francuska	0,54	70	0,35	120	1,00	40-50
Njemačka	1,2-1,5	60	0,30	140	0,55	60
Irska	0,60	40	0,40	100	0,60	-
Italija	-	-	-	-	-	-
Nizozemska	0,374	70	0,374	85-100	0,68	40
Norveška	0,30	125	0,20	200	0,30	150
Španjolska	1,4-1,8	-	0,7-1,4	-	0,7-1,00	-
Švedska	0,30	125	0,20	200	0,30	150
Velika Britanija	0,45	50	0,25	150	0,45	25

Tablica 15 Standardi izolacije u europskim zemljama [31]

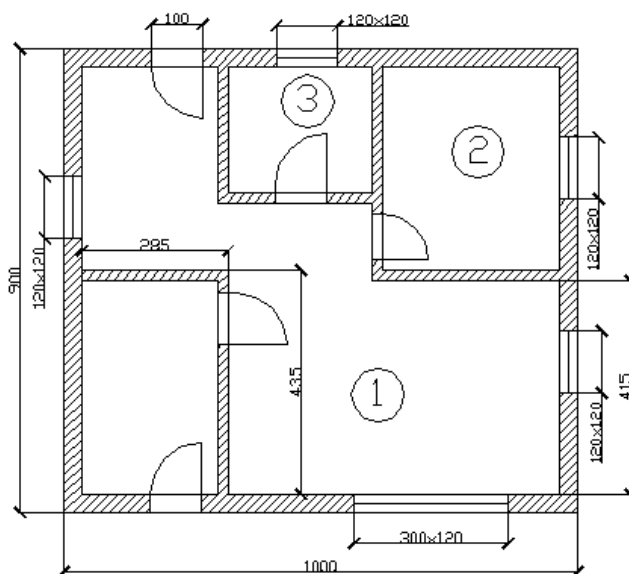
Točno određivanje troškova izoliranja postojećih objekata nije moguće zbog razlika kod svakog pojedinog objekta. Primjer toga je izoliranje montažne stambene zgrade i izoliranje zgrade iznutra. Kod prve je potrebno izvesti ventiliranu fasadu [31], dok se kod druge postavljaju izolacijske ploče s unutarnje strane bez upotrebe skela.

Procjena troškova izoliranja napravljena je za izoliranje fasada, podova prema tlu, stropova prema tavanu i krovova. Prozori na postojećim objektima nisu uzimani u razmatranje kao u procjeni troškova, niti u procjeni broja objekata koje bi trebalo izolirati za zadovoljavanje postavljenih scenarija. Cijena izoliranja za pojedine građevinske elemente procijenjena je na temelju iskustvenih vrijednosti i cijena pronađenih na Internetu [32], [33]. Procijenjeno je da se cijena izoliranja fasade kreće od 140 kn/m^2 do 200 kn/m^2 , poda od 50 kn/m^2 do 80 kn/m^2 , a stropova i krovova od 80 kn/m^2 do 100 kn/m^2 . Napravljene su procjene troška izoliranja po najpovoljnije i najnepovoljnije procijenjenim cijenama po kvadratnom metru.

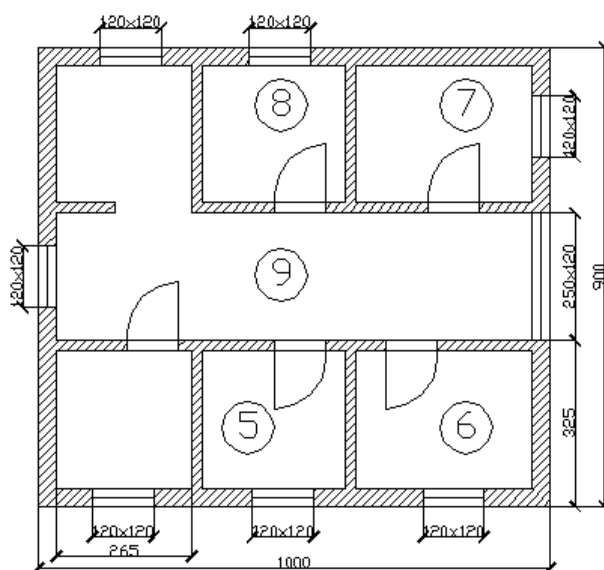
Pored opisane procjene troškova, radi usporedbe, napravljena je i procjena prema [17]. Prema tim procjenama koje su rađene za EU trošak rekonstrukcije objekta iznosi od 944 € do 3002 € po toni ostvarenih smanjenja emisija CO_2 u jednoj godini. Potencijalna smanjenja emisija zbog rekonstrukcije postojećih objekata pomnožena su s najnižom i najvišom opisanom procjenom i dobivene su najniže i najviše procjene troška rekonstrukcije postojećih objekata i uspoređene su s izračunatim procjenama.

2.5 Prodaja emisionih certifikata radi poboljšanja isplativosti

Poboljšanje isplativosti projekta poboljšanja toplinske izolacije postojećih stambenih objekata prodajom emisionih certifikata procijenjeno je na primjeru obiteljske kuće. Tlocrti etaža prikazani su na slikama 15. i 16.



Slika 15. Tlocrt prve etaže obiteljske kuće



Slika 16. Tlocrt potkrovlja obiteljske kuće

Pri proračunu potrebne topline za grijanje objekta radi se proračun za svaku prostoriju. U svrhu procjene poboljšanja isplativosti projekta toplinske izolacije stambenih objekata proračun je pojednostavljen. Za sve grijane prostorije, u kući iz primjera, pretpostavljena je temperatura od 24 °C i zbog toga nisu računane izmjene topline između pojedinih grijanih prostorija, već samo izmjena topline između tih prostorija i okoline, tj. negrijanih prostorija. Za negrijano stubište i podrum u proračunu pretpostavljena je temperatura od 10 °C. Gubitak topline provođenjem izračunat je za sve građevinske elemente, dok je potrebna topline radi izmjena zraka u prostorijama procijenjena na osnovu proračuna minimalno potrebne topline za izmjenu zraka u prostorijama prema [28]. Propisan je minimalni volumni protok zraka u prostoriji koji iznosi 50% volumena prostorije po satu. Potrebna topline radi izmjena zraka računa se kao njegova osjetna topline (5).

$$Q_L = \frac{0,5}{3600} \cdot c \cdot \rho \cdot V_R (\vartheta_u - \vartheta_v) \quad (5)$$

Gdje je:

- c specifična topline zraka
- ρ gustoća zraka
- V_R volumen zraka u prostoriji
- ϑ_u temperatura u prostoriji
- ϑ_v temperatura okoline

Koeficijenti prolaza topline građevinskih elemenata primjera neizolirane kuće prikazani su u tablici 16.

Neizolirana kuća	
Vanjski zidovi	1,83
Zidovi prema hodniku	1,76
Prozori	2,8
Vanjska vrata	3,5
Krov	0,35
Pod prema podrumu	1,75

Tablica 16. Koeficijenti prolaza topline neizolirane kuće

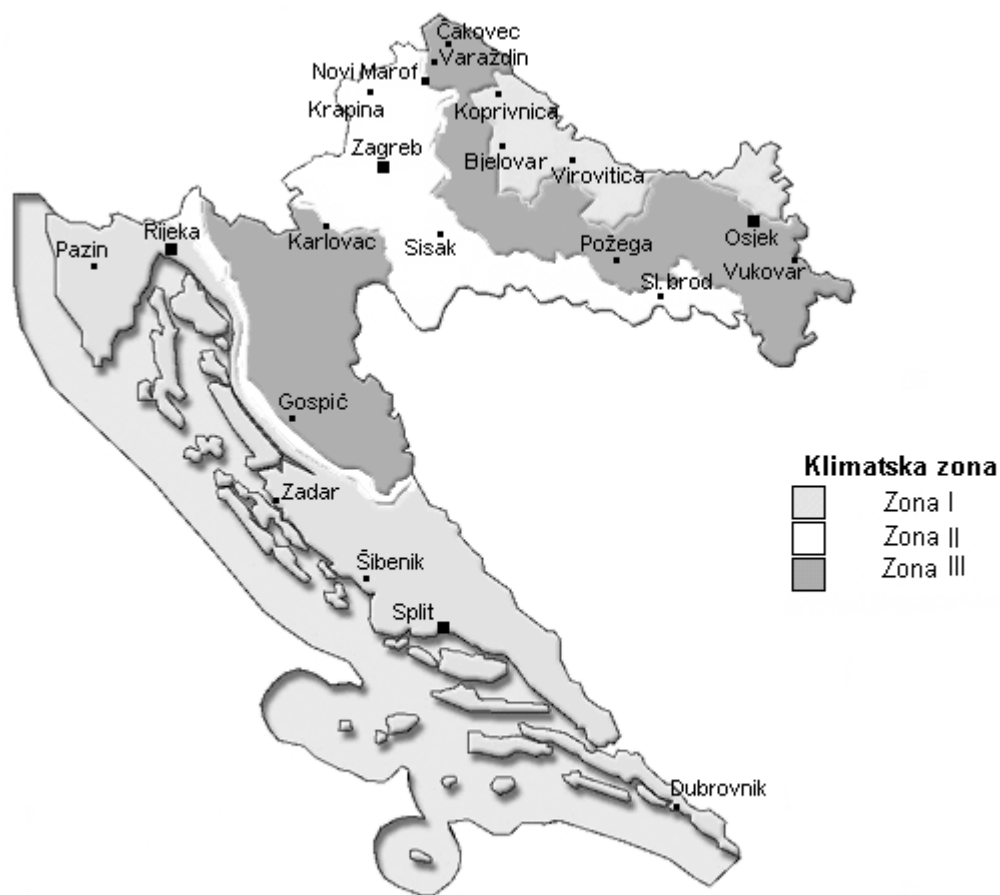
Koeficijenti prolaza topline koji su upotrijebljeni pri proračunu izolirane kuće dani su u tablici 17.

Izolirana kuća	
Vanjski zidovi	0,37
Zidovi prema hodniku	0,37
Prozori	2,8
Vanjska vrata	3,5
Krov	0,35
Pod prema podrumu	0,5

Tablica 17. Koeficijenti prolaza topline izolirane kuće

Potkrovni prostor se koristi za stanovanje. Koeficijenti prolaza topline krova kod neizolirane i izolirane kuće su jednaki zbog procjene da ljudi, u slučaju korištenja potkrovnog prostora za stanovanje, krov izoliraju, bez obzira na stupanj toplinske zaštite ostalih građevinskih elemenata kuće. Koeficijenti prolaza topline prozora i vrata su određeni prema [28] i nisu mijenjani kod izolirane u odnosu na neizoliranu kuću. Poboljšanje izolacije je predviđeno samo za vanjske zidove i zidove prema negrijanom hodniku, te pod prema negrijanom podrumu.

Proračunom transmisijskih gubitaka kroz ravne plohe i potrebne topline zbog izmjena zraka dobivena je potrebna korisna toplota za grijanje prostora. Proračun potrebne topline vrši se za vanjsku projektnu temperaturu koja ovisi o građevinskoj klimatskoj zoni. Klimatske zone u RH su prikazane na slici 17.

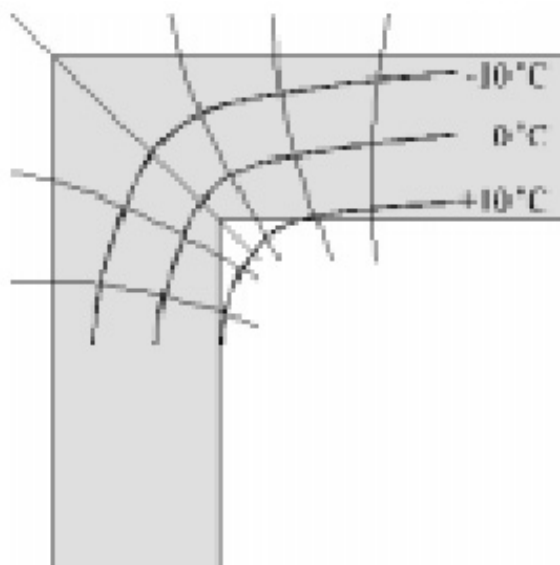


Slika 17. Građevinske klimatske zone u RH

Zagreb se nalazi u drugoj građevinskoj klimatskoj zoni i vanjska projektna temperatura, prema [34], je $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pretpostavljeno je da je kuća centralno grijana i kao gorivo je odabrano ekstra lako loživo ulje.

Standardna potreba topline za kuću Q_N veća je zbog dodatnih gubitaka kroz toplinske mostove koji nisu posebno računati. Toplinski su mostovi ograničena mjesta u vanjskom plaštu zgrade na kojima se, u usporedbi s neprekinutim dijelovima konstrukcije, pojavljuje veća gustoća toplinskog toka, a time i niža unutarnja plošna temperatura [34]. Ovisno o uzroku razlikujemo više vrsta toplinskih mostova. Na slici 18 dan je primjer konstrukcijskog toplinskog mosta, slika je preuzeta iz [34]. Transmisioni gubici kroz toplinske mostove i ostali gubici uzeti su u obzir prilikom određivanja stupnja iskoristivosti sistema grijanja.



Slika 18. Primjer toplinskog mosta [34]

Prema [28] za iskoristivost sistema centralnog grijanja na ekstra lako loživo ulje η može se uzeti 0,8.

Godišnja potreba za topline računata se tako da se pomnoži ukupno potrebna topline dobivena za vanjsku projektnu temperaturu s onim brojem sati u punom pogonu b_v koji bi dao količinu topline jednaku godišnjoj potrebi za topline. Broj sati punog pogona određuje se na temelju meteoroloških parametara za lokaciju na kojoj se nalazi objekt, toplinskih dobitaka uslijed sunčevog zračenja i unutarnjih izvora topline, utjecaja djelomičnog zagrijavanja, odstupanja sobne temperature, mogućnosti regulacije trajanja grijanja u toku dana i drugih utjecajnih faktora. Prema iskustvenim podacima za Zagreb se uzima 1680 sati.

Za izračunate godišnje potrebe za topline izračunata je potrošnja ekstra lakog loživog ulja i njihova razlika. Razlika potrošnje je prema sadašnjim cijenama uzeta kao godišnja ušteda.

Za procjenu troškova investicije potrebno je bilo procijeniti cijene radova i materijala. Napravljena je procjena razlike u cijeni radova i materijala po kvadratnom metru izoliranog i neizoliranog objekta. U proračunu je cijena od 150 kn/m^2 za zidove i 40 kn/m^2 za pod. Uz izračunate površine pojedinih elemenata izračunata je i ukupna cijena radova i materijala.

Procjena isplativosti investicije napravljena je na tri načina i to bez uračunavanja potencijalne vrijednosti izbjegnutih emisija CO₂ kao uštede i s njenim dodavanjem godišnjim uštedama zbog smanjene potrošnje goriva. Za grubu procjenu vremena povrata investicije podijeljena je ukupna investicija s godišnjom uštedom, izračunata je unutarnja stopa povrata i vrijeme povrata investicije uz diskontnu stopu od 6% [35].

Uz diskontnu stopu od 6% izračunata je potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija CO₂ svedena na sadašnju vrijednost i udio te vrijednosti u ukupnoj investiciji kao mogući udio subvencija države.

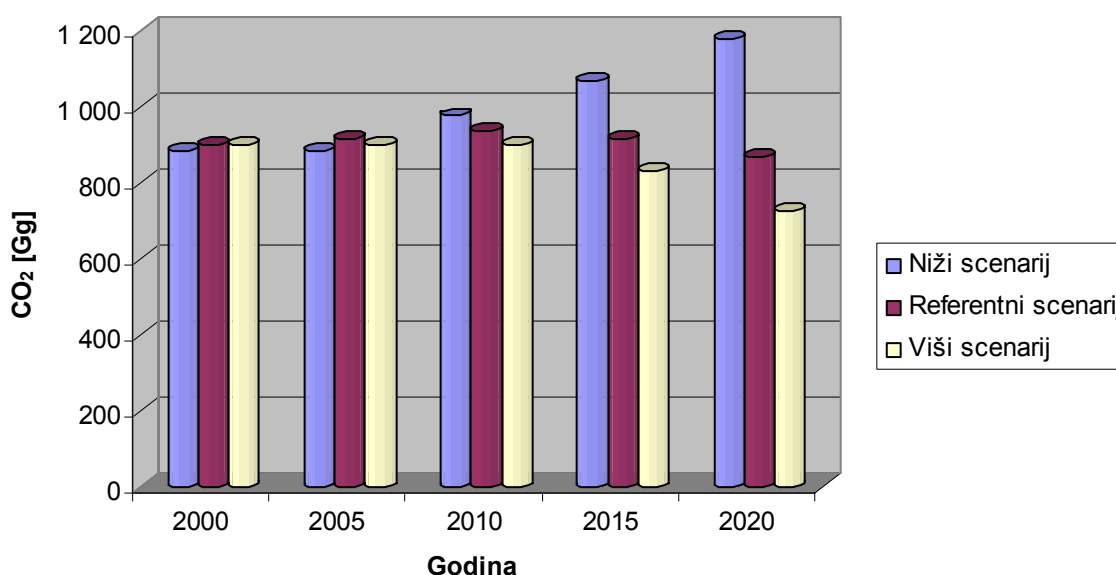
3 Rezultati

3.1 Smanjenje emisija CO₂

Emisije CO₂, za sva tri scenarija toplinske zaštite opisana u poglavlju 2.1, izračunate su na način opisan u poglavlju 2.2. Emisije CO₂ za niži, referentni i viši scenarij toplinske izolacije objekata prikazuje tablica 18. i slika 19.

	Emisije CO ₂ [Gg]				
	2000	2005	2010	2015	2020
Niži scenarij	885	882	976	1 066	1 180
Referentni scenarij	899	918	938	917	867
Viši scenarij	899	902	898	833	724

Tablica 18. Emisije CO₂ za promatrane scenarije toplinske zaštite postojećih objekata



Slika 19. Emisije CO₂ za promatrane scenarije toplinske zaštite postojećih objekata

Vidljivo je da u 2000. i 2005. godini prividno dolazi do povećanja emisija CO₂ u slučaju izoliranja objekata. To je zbog razlike nekih od faktora koji utječu na potrošnju energije za grijanje u promatranim scenarijima. U prognozi [19] u nižem je scenariju, tj. u slučaju da ne dođe do poboljšanja toplinske izolacije postojećih objekata,

predviđeno da će doći do smanjenja trajanja grijanja. To smanjenje bi trajalo do 2005. godine i onda bi, s rastom standarda, ponovno raslo do 2020. Dok se u referentnom i višem scenariju, prema riječima autora, ne predviđa smanjenje trajanja grijanja.

Na slici 19 vidi se da je u referentnom scenariju emisija CO₂ 33% manja u odnosu na niži scenarij, dok je višem scenariju 45% manja u odnosu na niži scenarij i 17% manja u odnosu na referentni scenarij. Što odgovara prognozama za europske zemlje [10] danim u tablici 2 i predstavlja značajno smanjenje emisija.

Potencijalne vrijednosti ukupnih emisija, izračunate prema poglavlju 2.2 i cijeni od 15 \$/t, za središnje godine promatranih obračunskih razdoblja i prikazane su u tablici 19.

	2010	2015	2020
Niži scenarij	\$14 642 555	\$15 986 412	\$17 701 973
Referentni scenarij	\$14 071 739	\$13 752 244	\$13 006 932
Viši scenarij	\$13 469 494	\$12 495 101	\$10 859 610

Tablica 19. Potencijalne vrijednosti ukupnih emisija za središnje godina obračunskih razdoblja za grad Zagreb

Potencijalne vrijednosti izbjegnutih emisija za središnje godine promatranih obračunskih razdoblja za referentni i viši scenarij u odnosu na niži prikazane su u tablici 20.

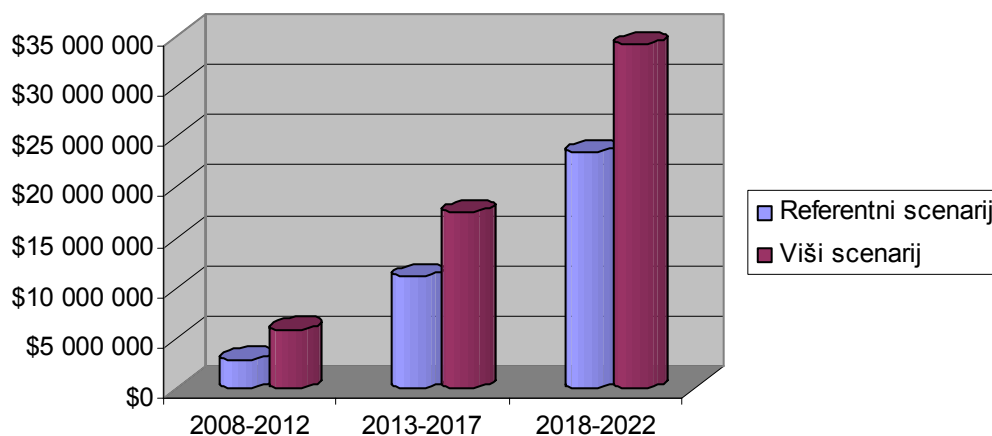
	2010	2015	2020
Referentni scenarij	\$570 816	\$2 234 169	\$4 695 041
Viši scenarij	\$1 173 061	\$3 491 312	\$6 842 363

Tablica 20. Potencijalne vrijednosti izbjegnutih emisija CO₂ u središnjim godinama obračunskih razdoblja za grad Zagreb

Potencijalne vrijednosti izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima i potencijalne vrijednosti ukupno izbjegnutih emisija za referentni i viši scenarij u tri promatrana obračunska razdoblja prikazane su u tablici 21. i na slici 20.

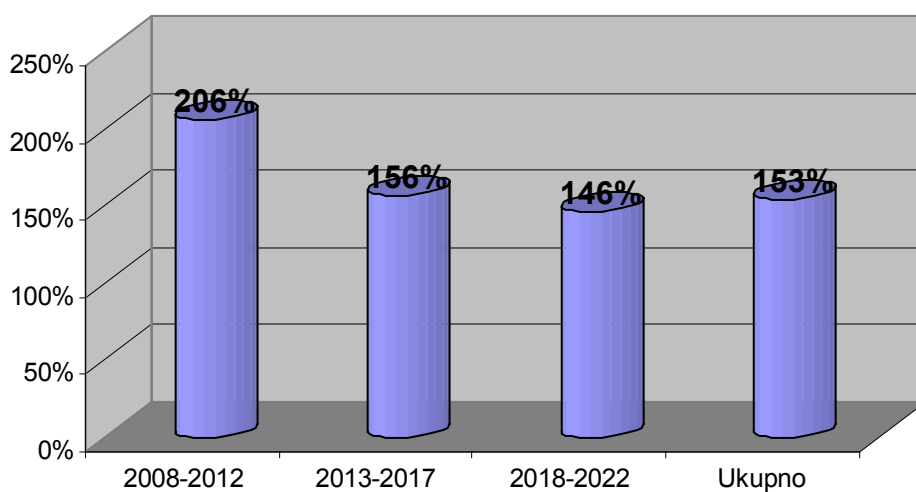
Ukupne uštede	2008-2012	2013-2017	2018-2022	Ukupno
Referentni scenarij	\$2 854 078	\$11 170 844	\$23 475 206	\$37 500 128
Viši scenarij	\$5 865 306	\$17 456 558	\$34 211 816	\$57 533 680

Tablica 21. Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima za grad Zagreb



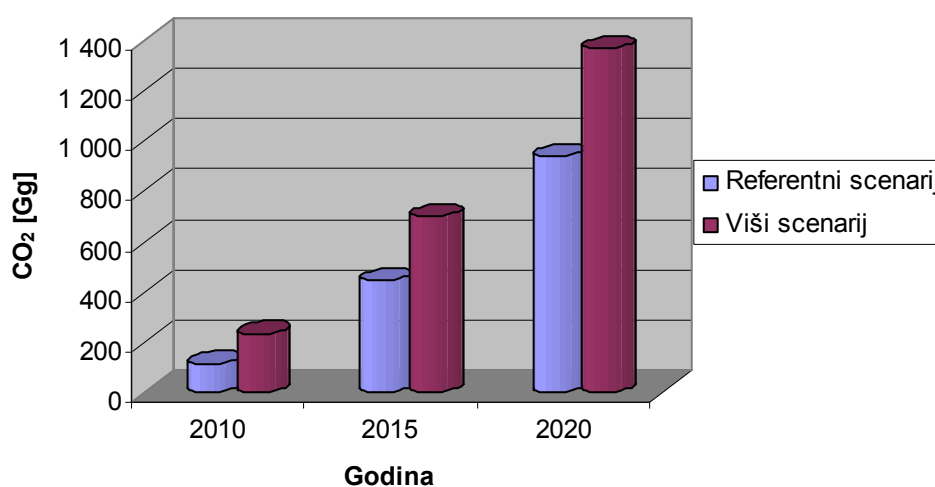
Slika 20. Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima za grad Zagreb

Razlika između višeg i nižeg scenarija prikazana je na slici 21.



Slika 21. Odnos potencijalnih vrijednosti izbjegnutih emisija u višem i referentnom scenariju za grad Zagreb

Napravljena je i procjena potencijalnih smanjenja emisija CO₂ za cijelu RH, u slučaju provođenja jednakih scenarija toplinske izolacije stambenih objekata, na osnovu izračunatih smanjenja emisija za grad Zagreb. Prema popisu stanovništva [37] odnos broja stambenih objekata u RH i gradu Zagrebu iznosi 5,4. Kako jedan dio objekata u RH troši manje energije za grijanje po sezoni od objekata u Zagrebu napravljena je konzervativna procjena da su potencijalne uštede na nivou RH tri puta veće od onih izračunatih za Zagreb. Potencijalne razlike u emisijama na osnovu spomenutih pretpostavki prikazuje slika 22.



Slika 22 Razlike u emisijama CO₂ u središnjim godinama obračunskih razdoblja za RH

Kako su smanjenja emisija CO₂ za RH procijenjena množenjem emisija u Zagrebu s tri odnos emisija u višem i referentnom scenariju je jednak onom na slici 21. Vidimo da se radi o značajnim smanjenjima emisija. Radi bolje ilustracije veličine smanjenje emisija u višem scenariju 2020. godine iznosi 32% ukupnih emisija svih stakleničkih plinova, odnosno ekvivalentne količine CO₂, u industrijskim procesima 1990. u RH [8]. Odnosi potencijalnih smanjenja emisija i ukupnih emisija u RH 1990. godine prikazani su u sljedećem poglavlju.

Potencijalne vrijednost izbjegnutih emisija za tri promatrana obračunska razdoblja na nivou RH prikazuje tablica 22.

Ukupne uštede	2008.-2012.	2013.-2017.	2018.-2022.	Ukupno
Referentni scenarij	\$8 562 235	\$33 512 531	\$70 425 618	\$112 500 384
Viši scenarij	\$17 595 919	\$52 369 673	\$102 635 447	\$172 601 039

Tablica 22 Potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija po obračunskim razdobljima za RH

Kako vidimo radi se o velikim sumama. Radi usporedbe potencijalna vrijednost emisija u obračunskom razdoblju 2018.-2020. za viši scenarij iznosi 0,46% bruto domaćeg proizvoda Republike Hrvatske u 2000. godini, dok je prosječni rast BDP-a u razdoblju od 1990.-2000. iznosio 0,6% [38], ili 12,5% ukupnih direktnih stranih ulaganja u RH u razdoblju od 1993.-1999. [39].

3.2 Udio smanjenja emisija u ukupnim emisijama CO₂

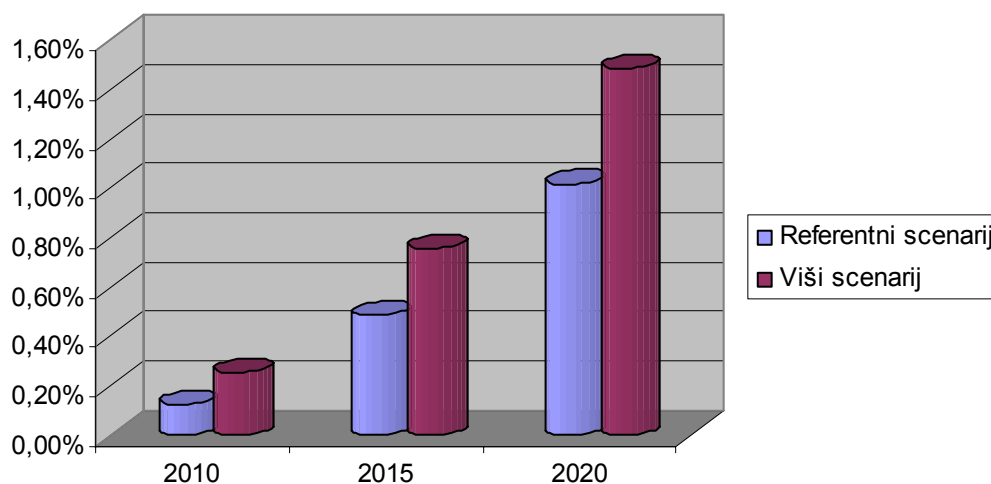
Nije još određeno hoće li u emisije RH 1990. godine, koje je biti osnova za računanje potrebnog smanjenja emisija stakleničkih plinova, biti uzete u obzir i emisije CO₂ iz energetskih postrojenja koje su u vlasništvu ili suvlasništvu HEP-a, a nalaze se na teritoriju bivših republika SFRJ, ili će se uzeti u obzir samo emisije koje su nastale na teritoriju RH [5]. Radi usporedbe s potencijalnim smanjenjem emisija radi poboljšanja toplinske izolacije uzeto je da su emisije CO₂ 1990. u RH iznosile 30 713 Gg [8].

Smanjenje emisija u referentnom i višem scenariju toplinske izolacije u odnosu na niži scenarij za središnje godine promatranih obračunskih razdoblja prikazuje tablica 23.

	Smanjenje emisija CO ₂ [Gg]		
	2010	2015	2020
Referentni scenarij	38,1	148,9	313,0
Viši scenarij	78,2	232,8	456,2

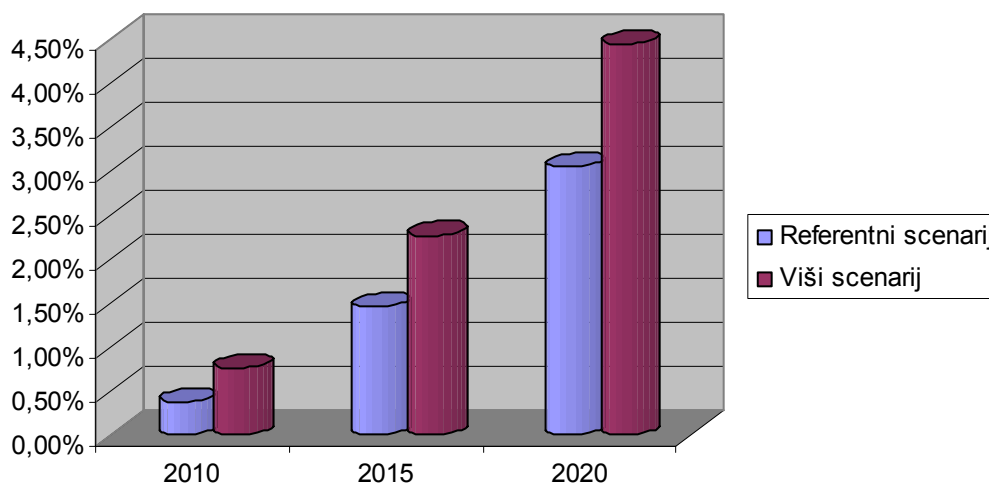
Tablica 23 Smanjenje emisija CO₂

Udjele potencijalnih smanjenja emisija CO₂ zbog poboljšanja toplinske izolacije u referentnom scenariju u gradu Zagrebu u ukupnim emisijama RH 1990. godine prikazuje slika 23.



Slika 23 Odnos smanjenja emisija u Zagrebu i ukupnih emisija RH 1990.

Udjele potencijalnih smanjenja emisija CO₂ na nivou RH u ukupnim emisijama RH 1990. prikazuje slika 24.



Slika 24 Odnos smanjenja emisija u RH i ukupnih emisija RH 1990.

Vidimo da potencijalna smanjenja emisija CO₂ u slučaju višeg scenarija toplinske zaštite postojećih stambenih objekata u gradu Zagrebu gotovo dosežu obaveze RH preuzete Kyoto protokolom, tj. iznose gotovo 5% emisija stakleničkih plinova u RH 1990. Već je rečeno da potrošnja energije za grijanje stambenih objekata iznosi oko 14% ukupne potrošnje energije u RH, a smanjenje energije za grijanje u slučaju višeg scenarija toplinske zaštite iznosi u 2020. godini 39% [19]. U slučaju provođenja višeg scenarija toplinske zaštite na cijelom području RH, a ukoliko pretpostavimo već opisani odnos potrošnje energije za grijanje u gradu Zagrebu i RH, smanjenje potrošnje energije za grijanje u cijeloj RH bi isto iznosilo 39%, a to znači smanjenje ukupne potrošnje energije u RH za 5,5%, što smanjenja emisija za izračunatih 4,5% u odnosu na 1990. čini realnim.

3.3 Troškovi rekonstrukcije postojećih stambenih objekata

Troškovi su procijenjeni na način opisan u poglavlju 2.4.

Izračunate površine pojedinih građevinskih elemenata po zonama dane su u prilogu, dok je zbir za pojedine elemente prikazan u tablici 24.

	Obiteljske kuće	Stanovi u zgradama
Stambene površine	8 219 960	9 391 123
Podovi prema zemlji	6 743 286	1 337 888
Stropovi prema tavanu	6 743 286	1 337 888
Fasade	11 238 569	4 736 991
Krovovi	8 155 007	2 089 353
Prozori	1 248 730	1 248 730

Tablica 24. Površine pojedinih elemenata postojeći objekata u metrima kvadratnim

Uz prosječne koeficijente prolaza topline za postojeće objekte prikazane u tablicama 10,11 i 12 izračunati su prosječni koeficijenti prolaza topline za sve stambene zgrade i obiteljske kuće u gradu Zagrebu i prikazani su u tablici 25.

Prosječni koeficijenti prolaza topline u gradu Zagrebu	
Obiteljske kuće	1,22
Stambene zgrade	1,39

Tablica 25. Prosječni koeficijenti prolaza topline stambenih objekata u gradu Zagrebu

Prosječni koeficijenti prolaza topline koje je potrebno postići za zadovoljavanje promatranih scenarija toplinske zaštite, a koji su izračunati na način opisan u poglavlju 2.4 , prikazani su u tablici 26.

Scenarij	Obiteljske kuće	Stambene zgrade
Referentni	0,98	1,25
Viši	0,86	1,11

Tablica 26. Prosječni koeficijenti prolaza topline stambenih objekata u gradu Zagrebu nakon provođenja scenarija toplinske zaštite

Koeficijenti prolaza topline izoliranih objekata prikazani su u tablici 27.

Podovi	Stropovi	Fasade
0,5	0,4	0,5

Tablica 27. Koeficijenti prolaza topline izoliranih objekata

Površine elemenata koje treba izolirati da bi se postigli koeficijenti prolaza topline prikazani u tablici 26 prikazane su u tablicama 28 i 29.

Površine u kvadratnim metrima		
	Scenarij	
	Referentni	Viši
Fasade	5 169 742	7 866 998
Podovi	3 101 912	4 720 300
Stropovi	3 101 912	4 720 300

Tablica 28. Površine građevinskih elemenata koje je potrebno izolirati kod obiteljskih kuća

Površine u kvadratnim metrima		
	Scenarij	
	Referentni	Viši
Fasade	1 515 837	3 031 674
Podovi	428 124	856 248
Stropovi	428 124	856 248

Tablica 29. Površine građevinskih elemenata koje je potrebno izolirati kod stambenih zgrada

Kod stambenih zgrada osjetno je manja površina pojedinih elemenata koje bi trebalo izolirati. Ukupna stambena površina zgrada i kuća je vidljiva je u tablici 23. Omjer stambenih površina obiteljskih kuća i zgrada iznosi 0,875, dok omjer površina fasada kuća i zgrada kod kojih bi trebalo izvršiti 20% poboljšanje toplinske izolacije iznosi 1.7. Razlog tome je što je kod obiteljskih kuća veća površina fasade i ostalih elemenata po kvadratnom metru korisne površine stambenog prostora.

Procjena ukupnih troškova rekonstrukcije postojećih objekata napravljena je na način opisan u poglavlju 2.4, a izračunati su troškovi prikazani u tablici 30.

Procjena ukupnih troškova rekonstrukcije			
Referentni scenarij		Viši scenarij	
Najniža	Najviša	Najniža	Najviša
1 366 046 963 kn	2 004 671 288 kn	2 237 593 712 kn	3 277 481 877 kn

Tablica 30. Procjena ukupnih troškova rekonstrukcije

Najniža procjena troškova rekonstrukcije postojećih objekata prema EURIMA-i [17] iznosi 1,16 milijardi kuna, dok najviša iznosi 6,86 milijardi kuna. Mada procjena EURIMA-e ima duplo veći omjer najviše i najniže procjene izračunate procjene ulaze unutar njihovih granica i mogu poslužiti kao orijentaciona vrijednost.

Poboljšavanje toplinske izolacije objekata, kako stambenih i tako i ostalih, ukoliko uzmemo u obzir uštede koje se ostvare tokom životnog vijeka izolacije [17], jedan je od najekonomičnijih načina za smanjenje emisija CO₂.

3.4 Potencijal prodaje emisijih certifikata na isplativost projekta

Kompletan proračun toplinskih gubitaka i godišnje potrebe za toplinom izolirane i neizolirane obiteljske kuće nalazi se u priloženom Excel dokumentu.

Izračunate površine pojedinih elemenata kuće, kao i izračunati gubici topline kroz pojedine elemente dani su u tablici 31. za neizoliranu kuću, a u tablici 32. za izoliranu kuću.

Element	Površina elementa [m ²]	k [W/(m ² *K)]	Δt [°C]	Potrebna toplina [W]
Vanjski zidovi	338	1,83	42	25943
Zidovi prema hodniku	35	1,76	14	862
Prozori	22	2,8	42	2639
Vanjska vrata	4	3,5	42	617
Krov	111	0,35	42	1632
Pod prema podrumu	88	1,75	14	2156

Tablica 31. Površine i gubici topline kroz pojedine elemente neizolirane kuće

Element	Površina elementa [m ²]	k [W/(m ² *K)]	Δt [°C]	Potrebna toplina [W]
Vanjski zidovi	338	0,37	42	5245
Zidovi prema hodniku	35	0,37	14	181
Prozori	22	2,8	42	2639
Vanjska vrata	4	3,5	42	617
Krov	111	0,35	42	1632
Pod prema podrumu	88	0,5	14	616

Tablica 32. Površine i gubici topline kroz pojedine elemente izolirane kuće

Razlika u standardnoj potrebnoj toplini, godišnjoj potrebi za topline i potrošnji goriva prikazana je u tablici 33.

	Izolirana kuća	Neizolirana kuća	Razlika
Potreba za topline [MJ]	45,4	127,4	82
Godišnja potreba za topline [MJ]	76 233	213 956	137 723
Godišnja potrošnja goriva [l]	2375	6665	4290

Tablica 33. Razlike između izolirane i neizolirane kuće

Uštede u gorivu iznose 181% potrošnje goriva za izolirani objekt. Razlika u emisijama CO₂ i njena potencijalna vrijednost su prikazane u tablici 34.

Razlika emisija [t]	Cijena emisija
10	1 200 kn

Tablica 34. Razlika emisija CO₂ za izoliranu i neizoliranu kuću

Za projekt je napravljena i procjena troškova izoliranja objekta prema cijenama navedenim u poglavlju 2.5 i površinama iz tablice 27, odnosno 28.

Izračunati troškovi, godišnje uštede na gorivu i potencijalna vrijednost izbjegnutih emisija CO₂ po cijeni od 15\$/t su navedeni u tablici 35.

Investicija	Godišnja ušteda na gorivu	Cijena emisija
59 396 kn	18 263 kn	1 200 kn

Tablica 35. Investicija i uštede

Rezultati ekonomske analize sa i bez uračunavanja vrijednosti emisija kao godišnjih ušteda prikazani su u tablici 36.

	Bez emisija	S emisijama
Vrijeme povrata	3,3 god.	3,1 god.
Unutarnja stopa rentabilnosti	28%	30%
Vrijeme povrata uz diskontnu stopu od 6%	3,7 god.	3,5 god.

Tablica 36. Utjecaj prodaje emisijonih certifikata na isplativost projekta

Na način opisan u poglavlju 2.5 izračunat je i udio potencijalne vrijednosti emisija, sveden na sadašnju vrijednost kroz period od 30 godina, u ukupnoj investiciji. Udio vrijednosti emisija u ukupnoj investiciji iznosi 23%. Zaključak je da bi gornja vrijednost subvencija države za projekte izolacije stambenih objekata mogla iznositi oko 20%.

U drugim državama postoji više poticajnih mjera za projekte toplinske izolacije [40]. Neke od tih mjera su oporezivanje onečišćivača, subvencije i krediti. U sklopu nacionalnog programa energetske efikasnosti u zgradarstvu [29] razmotreni su načini poticanja projekata energetske efikasnosti. Vlada RH bi svakako u budućnosti trebala razmisliti o mogućnostima i mehanizmima poticaja za navedene projekte. Primjeri nekih zemalja, a poglavito Danske, pokazuju da se kombinacijom poticajnih mjera s donošenjem novih propisa i edukacijom mogu postići zavidni rezultati na poboljšanju energetske efikasnosti u zgradarstvu.

4 Zaključak

Nakon naftne krize 1973. godine vlade mnogih zemalja donijele su strože propise o toplinskoj zaštiti objekata. Nakon stabiliziranja cijena energenata interes za energetske efikasnosti zgrada se smanjio da bi se taj problem ponovno aktualizirao istraživanjem ljudskog utjecaja na promjenu klime koji je rezultirao i Kyoto protokolom kojim su se zemlje Aneksa I obavezale na smanjenje emisija stakleničkih plinova. Republika Hrvatska se potpisivanjem Kyoto protokola obavezala na smanjenje emisija od 5% u odnosu na 1990. godinu.

Na osnovu brojnih iskustava drugih zemalja možemo zaključiti da izoliranje postojećih i novih stambenih objekata donosi značajne uštede energije, samim time i smanjenja emisija CO₂. Rezultati dobiveni u ovom radu u poglavlju 3.2 pokazuju da bi samo poboljšanje toplinske izolacije na nivo postojećih zakonskih propisa [29] na nivou cijele države uvelike približilo RH, ako ne i dovelo do cilja smanjivanja emisija do razina koje su određene Kyoto protokolom.

Rješavanje problema energetske efikasnosti zgrada nije samo problem izvedbe već uključuje barem još i područja ekonomije i prava [41]. Implementacija propisa o poboljšanoj toplinskoj zaštiti novih i postojećih objekata nije niti jednostavan niti brz proces. Prema [42] predlaže se lepeza mjera koje bi zajednički dovele do željenog cilja. Prvo treba učiniti troškove transparentnim, npr. u Danskoj prilikom prodaje stambenog objekta vlasnik mora imati energetske certifikat koji daje procjenu energetske efikasnosti objekta usporedbom s vrijednostima koje su propisane. Zatim treba uvesti praksu da onaj koji više zagađuje okoliš to i plaća, donijeti nove propise o gradnji i osigurati financijsku podršku. Na kraju se predlaže da država pokaže primjerom i primjeni nove propise o toplinskoj izolaciji na sve objekte koji su u njenom vlasništvu. Osim poticajnih mjera i zakonskih propisa nužno je provesti i marketing energetske efikasnosti u zgradarstvu i obrazovanje, kako izvođača radova u građevinarstvu i projektanata tako i javnosti općenito.

Osim smanjenja emisija stakleničkih plinova i smanjivanja ljudskog utjecaja na okoliš provedbom sveobuhvatnog programa poboljšanja toplinske izolacije stambenih objekata stanari bi ostvarili osjetne uštede u potrošnji energije za grijanje, za vrijeme

provedbe programa stvorila bi se potreba za većim brojem novih radnih mjesta i ostvarilo bi se povećanje vrijednosti rekonstruiranih objekata.

Popis literature

- [1] United nations framework convention on climate change, <http://unfccc.int/>
- [2] United Nations Framework Convention on Climate Change Status of Ratification, UN, <http://unfccc.int/resource/conv/ratlist.pdf>, 2001.
- [3] Kyoto Protocol Status of Ratification, UN, <http://unfccc.int/resource/kpstats.pdf>, 2002.
- [4] Duić N., Juretić F., Zeljko M., Bogdan Ž., Kyoto protocol objectives in Croatia energy planning, <http://powerlab.fsb.hr/neven/papers/madeira2000croatia.pdf>, 2000.
- [5] Duić N., Juretić F., Zeljko M., Bogdan Ž., Kyoto protocol objectives in Croatia energy planning: Nuclear scenario, <http://powerlab.fsb.hr/neven/papers/CNS2002.pdf>, 2002.
- [6] Vuk B., Marušić D., ENERGIJA u Hrvatskoj: godišnji energetske pregled: 1996. - 2000., Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2001.
- [7] Božić H. et al., Analiza potrošnje energije u kućanstvima grada Zagreba u 1988. godini, Energetska bilanca grada Zagreba, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2001
- [8] The First National Communication of The Republic of Croatia to the United Nations Framework Convention On Climate Change (UNFCCC), Ministry of Environmental Protection and Physical Planning, Republic of Croatia, 2001, <http://unfccc.int/resource/docs/natc/cronc1.pdf>, 2001.
- [9] Assessment of Potential for the Saving of Carbon Dioxide Emissions In European Building Stock, Caleb Management Services, <http://www.eurima.org/downloads/caleb1.pdf>, 1988
- [10] Energy Efficiency Through Insulation: The Impact on Global Climate Change, North American Insulation Manufacturers Association, Geneva, 1996.
- [11] Proposal for a Directive of The European Parliament and of The Council on The Energy Performance of Buildings, Commission of The European Communities, Brussels, 2001.
- [12] The Lisbon Declaration on CO₂ Reductions, <http://www.eurima.org/downloads/lisbon1.pdf>, 1997.
- [13] The Lisbon Declaration II of the International Insulation Industry on CO₂ reductions, <http://www.eurima.org/downloads/lisbon2.pdf>, 2000.
- [14] NAIMA Addresses U.N. Climate Change Convention on Role of Insulation in Reducing Greenhouse Effect, <http://www.naima.org/releases/climate.html>, 1996.
- [15] Thermal Insulation Thicknesses in Housing in Europe, EURIMA, <http://www.eurima.org/downloads/Insulationthickness.ppt>
- [16] Green and Competitive - The Energy, Environmental, and Economic Benefits of Fiber Glass and Mineral Wool Insulation Products, Energy Conservation Management, Inc., Alliance to Save Energy, Barakat & Chamberlin, Inc., <http://www.naima.org/updates/green.html>, 1966.

- [17] The Cost Implications of Energy Efficiency Measures In The Reduction of Carbon Dioxide Emissions From European Building Stock, Caleb Management Services, <http://www.eurima.org/downloads/caleb2.pdf>, 1999.
- [18] David H., The insulation industry, its contribution to combat climate change, [http://www.eurima.org/downloads/Belgian Presidency of the Council of the EU.pdf](http://www.eurima.org/downloads/Belgian%20Presidency%20of%20the%20Council%20of%20the%20EU.pdf), 2001.
- [19] Božić H. et al., Prognoza energetske potrebe kućanstava, uslužnog sektora i industrije grada Zagreba, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2001
- [20] Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1wb1.pdf>
- [21] Granić G., Jelavić B., et al., "Nacionalni energetske programi: uvodna knjiga", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1988.
- [22] Kisić Z., Stanić Z., HEP i okoliš, Hrvatska elektroprivreda d.d., Sektor za razvoj, Zagreb, 2001
- [23] Klepo M. et al., Kuen-CTS, Program energetske efikasnosti centraliziranih toplinskih sustava: prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1988.
- [24] Poljak B., Budućnost centraliziranog toplinskog sustava, EGE, 2000.,4, od str. 99. do str. 114.
- [25] Pešut D. et al., PLINCRO: Program plinifikacije Hrvatske: prethodni rezultati i buduće aktivnosti
- [26] Vuk B. et al., ENERGIJA u Hrvatskoj: godišnji energetske pregled: 1994. - 1998., Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 1999.
- [27] Vuk R., Individualno mjerenje toplinske energije po stanovima - implementacija u obračun troškova isporučene topline, EGE, 2000.,4, od str. 107. do str. 113.
- [28] RECKNAGEL-SPRENGER-HENMAN, Grejanje i klimatizacija, IRO "GRAĐEVINSKA KNJIGA", Beograd, 1987.
- [29] Kolega V. et al., KUEN Zgrada: program energetske efikasnosti u zgradarstvu: prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1988
- [30] Program za građevinsku fiziku "Termika Millennium", www.termika.hr
- [31] Insulation Measures for Retrofitting of Residential Buildings, European Commission Directorate-General XVII for Energy, Brussels, 1994
- [32] Cjenik izolacijskog materijala firme Termika d.o.o., http://www.termika.hr/download/CJE_HR.htm
- [33] Internet aplikacija za računanje cijene izolacije firme Novoterm, <http://www.novoterm.hr>
- [34] Bertol-Vrček J., Unutarnja plošna temperatura toplinskih mostova, Prostor, 1999, 17, od str. 121 do str. 136
- [35] Godišnje izvješće HNB-a za 2000. godinu, Hrvatska narodna banka, <http://www.hnb.hr/publikac/hpublikac.htm>, 2001.
- [36] Granić G. et al., Strategija energetskeog razvitka Republike Hrvatske: nacrt, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1989.

- [37] Popis stanovništva, kućanstava i stanova 31. Ožujka 2001., Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>, 2002.
- [38] Croatia at a glance, The World Bank Group, http://www.worldbank.org/data/countrydata/aag/hrv_aag.pdf
- [39] Croatia country report, Ministry of Economy, Croatia, <http://www.mingo.hr/shared/download/creport.pdf>
- [40] Case studies on policy instruments for environmentally sustainable buildings, OECD, Environment Directorate, Environment Policy Committee, <http://www.oecd.org/>, 2002.
- [41] David H., The future Directive on energy performance of buildings and the 6th Framework Programme Research, The need for non-technological research, in ten points and ten minutes!, EURIMA, Brussels, 2002.
- [42] Sustainable renovation of the existing housing stock, Institute for Housing and Urban Studies, Erasmus University, Rotterdam, 2001.

Prilog

Prognoze kretanja udjela pojedinih energenata za grijanje kod postojećih objekata

	1988	2000	2005	2010	2015	2020
Centralni toplinski sustav	1,22%	2,3%	2,7%	3,1%	3,6%	4,0%
Kotlovnice zgrade	0,00%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Ekstra lako loživo ulje	33,12%	33,8%	34,1%	34,4%	34,7%	35%
Ukapljeni naftni plin	1,02%	2,1%	2,6%	3,1%	3,5%	4%
Električna energija	1,24%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0%
Ugljen	1,30%	1,2%	1,1%	1,1%	1,0%	1%
Prirodni plin	39,26%	41,8%	42,8%	43,9%	44,9%	46%
Ogrjevno drvo	22,83%	18,0%	16,0%	14,0%	12,0%	10%
Ukupno:	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 37. Prognoza udjela energenata u postojećim kućama s centralnim grijanjem do 2020.

	1988	2000	2005	2010	2015	2020
Centralni toplinski sustav	56,96%	57,40%	57,59%	57,78%	57,96%	58,15%
Kotlovnice zgrade	11,85%	11,9%	11,9%	11,9%	11,9%	11,85%
Ekstra lako loživo ulje	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ukapljeni naftni plin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Električna energija	0,61%	0,4%	0,3%	0,2%	0,1%	0%
Ugljen	0,00%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Prirodni plin	30,58%	30,4%	30,3%	30,2%	30,1%	30%
Ogrjevno drvo	0,00%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Ukupno:	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 38. Prognoza udjela energenata u postojećim stanovima s centralnim grijanjem do 2020.

	1988	2000	2005	2010	2015	2020
Centralni toplinski sustav	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kotlovnice zgrade	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ekstra lako loživo ulje	5,07%	11,42%	14,07%	16,71%	19,36%	22%
Ukapljeni naftni plin	0,55%	1,10%	1,32%	1,55%	1,77%	2%
Električna energija	3,33%	3,96%	4,22%	4,48%	4,74%	5%
Ugljen	2,36%	2,60%	2,70%	2,80%	2,90%	3%
Prirodni plin	18,93%	26,08%	29,06%	32,04%	35,02%	38%
Ogrjevno drvo	69,76%	54,8%	48,6%	42,4%	36,2%	30%
Ukupno:	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 39. Prognoza udjela energenata u postojećim kućama sa sobnim grijanjem do 2020.

	1988	2000	2005	2010	2015	2020
Centralni toplinski sustav	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kotlovnice zgrade	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ekstra lako loživo ulje	2,46%	2,66%	2,75%	2,83%	2,92%	3%
Ukapljeni naftni plin	0,18%	0,12%	0,09%	0,06%	0,03%	0%
Električna energija	5,80%	6,62%	6,97%	7,31%	7,66%	8%
Ugljen	1,05%	0,66%	0,49%	0,33%	0,16%	0%
Prirodni plin	65,15%	70,72%	73,04%	75,36%	77,68%	80%
Ogrjevno drvo	25,36%	19,2%	16,7%	14,1%	11,6%	9%
Ukupno:	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 40. Prognoza udjela energenata u postojećim stanovima sa sobnim grijanjem do 2020.

Prognoze kretanja udjela pojedinih energenata za grijanje kod novih objekata

Prognoze po zonama

Zona 1	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	10%	13%	15%	18%	20%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	90%	88%	85%	83%	80%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - prirodni plin	90%	91%	93%	94%	95%
Kuće - ugljen	1%	1%	1%	1%	1%
Kuće - ogrjevno drvo	9%	8%	7%	5%	4%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 41. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 1

Zona 2	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	5%	4%	4%	3%	2%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	95%	96%	97%	97%	98%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	10%	9%	8%	6%	5%
Kuće - prirodni plin	82%	84%	86%	88%	90%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	8%	7%	7%	6%	5%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 42. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 2

Zona 3	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	100%	100%	100%	100%	100%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	5%	4%	4%	3%	2%
Kuće - prirodni plin	85%	86%	88%	89%	90%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	10%	10%	9%	9%	8%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 43. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 3

Zona 4	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	100%	100%	100%	100%	100%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	50%	46%	43%	39%	35%
Kuće - prirodni plin	29%	34%	40%	45%	50%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	20%	18%	15%	13%	10%
Kuće - UNP	1%	2%	3%	4%	5%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 44. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 4

Zona 5	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	100%	100%	100%	100%	100%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	15%	14%	13%	11%	10%
Kuće - prirodni plin	75%	78%	80%	83%	85%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	10%	9%	8%	6%	5%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 45. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 5

Zona 6	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	20%	28%	35%	43%	50%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	30%	33%	35%	38%	40%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	50%	40%	30%	20%	10%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	50%	50%	50%	50%	50%
Kuće - prirodni plin	5%	10%	15%	20%	25%
Kuće - ugljen	3%	3%	3%	2%	2%
Kuće - ogrjevno drvo	40%	34%	28%	21%	15%
Kuće - UNP	2%	4%	5%	7%	8%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 46. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 6

Zona 7	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	100%	100%	100%	100%	100%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - prirodni plin	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	0%	0%	0%	0%	0%

Tablica 47. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 7

Zona 8	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	100%	100%	100%	100%	100%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	79%	74%	70%	65%	60%
Kuće - prirodni plin	10%	16%	22%	27%	33%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	10%	9%	8%	6%	5%
Kuće - UNP	1%	1%	2%	2%	2%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 48. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 8

Zona 9	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	5%	6%	8%	9%	10%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	60%	53%	45%	38%	30%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	35%	41%	48%	54%	60%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - prirodni plin	60%	55%	50%	45%	40%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	40%	45%	50%	55%	60%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 49. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 9

Zona 10	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	80%	78%	75%	73%	70%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	20%	23%	25%	28%	30%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	40%	39%	38%	36%	35%
Kuće - prirodni plin	15%	21%	28%	34%	40%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	35%	31%	28%	24%	20%
Kuće - UNP	10%	9%	8%	6%	5%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 50. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 10

Zona 11	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	20%	24%	28%	31%	35%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	80%	76%	73%	69%	65%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	20%	19%	18%	16%	15%
Kuće - prirodni plin	60%	63%	66%	68%	71%
Kuće - ugljen	2%	2%	2%	1%	1%
Kuće - ogrjevno drvo	16%	15%	13%	12%	10%
Kuće - UNP	2%	2%	3%	3%	3%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 51. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 11

Zona 12	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	100%	100%	100%	100%	100%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - prirodni plin	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 52. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 12

Zona 13	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	20%	19%	18%	16%	15%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	40%	41%	43%	44%	45%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	40%	40%	40%	40%	40%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - stanovi	100%	100%	100%	100%	100%
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	25%	24%	23%	21%	20%
Kuće - prirodni plin	60%	63%	65%	68%	70%
Kuće - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	10%	9%	9%	8%	7%
Kuće - UNP	5%	5%	4%	4%	3%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno - kuće	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 53. Promjena udjela energenata za nove objekte u zoni 13

Sve zone

Novi stanovi	2000	2005	2010	2015	2020
Stanovi - CTS	13%	14%	14%	14%	14%
Stanovi - Kotlovnice zgrada	14%	15%	16%	17%	17%
Stanovi - ELLU	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - prirodni plin	74%	70%	70%	68%	68%
Stanovi - ugljen	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - ogrjevno drvo	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - UNP	0%	0%	0%	0%	0%
Stanovi - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 54. Prognoza udjela energenata u novim stanovima do 2020.

	2000	2005	2010	2015	2020
Kuće - CTS	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - Kotlovnice zgrada	0%	0%	0%	0%	0%
Kuće - ELLU	26%	26%	25%	24%	23%
Kuće - prirodni plin	56%	57%	60%	62%	65%
Kuće - ugljen	0%	1%	0%	0%	0%
Kuće - ogrjevno drvo	14%	14%	12%	10%	9%
Kuće - UNP	3%	3%	3%	3%	3%
Kuće - el. energija	0%	0%	0%	0%	0%
Ukupno	100%	100%	100%	100%	100%

Tablica 55. Prognoza udjela energenata u novim obiteljskim kućama do 2020.

Zona	Površine objekata				Površine podova prema zemlji			
	Obiteljske kuće centralno grijanje	Stanovi zgradama centralno grijanje	Obiteljske kuće sobno grijanje	Stanovi zgradama sobno grijanje	Obiteljske kuće centralno grijanje	Stanovi zgradama centralno grijanje	Obiteljske kuće sobno grijanje	Stanovi zgradama sobno grijanje
1	315 476	1 402 869	72 685	592 407	378 571	292 264	54 514	123 418
2	194 643	649 133	0	65 879	194 643	135 236	0	13 725
3	887 158	75 475	112 656	30 873	665 369	8 736	84 492	3 573
4	939 574	72 622	18 986	2 373	704 681	8 405	14 240	275
5	252 974	18 939	48 701	0	189 731	2 192	48 701	0
6	1 164 994	77 798	158 673	0	873 746	9 004	158 673	0
7	0	91 372	0	81 028	0	10 575	0	9 378
8	205 498	3 266 655	3 518	19 699	154 124	378 085	3 518	2 280
9	18 321	293 955	0	9 297	18 321	34 023	0	1 076
10	73 474	731 700	0	21 395	55 106	84 688	0	2 476
11	1 135 240	819 940	173 927	105 828	1 135 240	94 900	173 927	12 249
12	12 384	107 328	6 799	66 372	12 384	12 422	5 099	7 682
13	1 607 778	656 741	816 501	131 445	1 205 834	76 012	612 376	15 214
Sume	6 807 514	8 264 527	1 412 446	1 126 596	5 587 747	1 146 543	1 155 539	191 345
Zona	Površine stropova prema tavanu				Površine fasada			
	Obiteljske kuće centralno grijanje	Stanovi zgradama centralno grijanje	Obiteljske kuće sobno grijanje	Stanovi zgradama sobno grijanje	Obiteljske kuće centralno grijanje	Stanovi zgradama centralno grijanje	Obiteljske kuće sobno grijanje	Stanovi zgradama sobno grijanje
1	378 571	292 264	54 514	123 418	411 332	821 680	110 959	346 981
2	194 643	135 236	0	13 725	269 546	380 206	0	38 586
3	665 369	8 736	84 492	3 573	1 200 608	35 581	169 111	14 554
4	704 681	8 405	14 240	275	1 257 679	34 236	28 658	1 119
5	189 731	2 192	48 701	0	325 502	8 928	68 301	0
6	873 746	9 004	158 673	0	1 648 729	36 676	206 885	0
7	0	10 575	0	9 378	0	43 075	0	38 199
8	154 124	378 085	3 518	2 280	258 386	1 539 995	5 453	9 287
9	18 321	34 023	0	1 076	25 067	138 579	0	4 383
10	55 106	84 688	0	2 476	106 928	344 944	0	10 086
11	1 135 240	94 900	173 927	12 249	1 518 568	386 543	256 319	49 890
12	12 384	12 422	5 099	7 682	19 023	50 597	10 045	31 290
13	1 205 834	76 012	612 376	15 214	2 122 398	309 606	1 219 072	61 967
Sume	5 587 747	1 146 543	1 155 539	191 345	9 163 766	4 130 649	2 074 803	606 342
Zona	Površine krovova				Površine prozora			
	Obiteljske kuće centralno grijanje	Stanovi zgradama centralno grijanje	Obiteljske kuće sobno grijanje	Stanovi zgradama sobno grijanje	Obiteljske kuće centralno grijanje	Stanovi zgradama centralno grijanje	Obiteljske kuće sobno grijanje	Stanovi zgradama sobno grijanje
1	385 125	509 698	66 549	215 237	45 704	273 893	12 329	115 660
2	237 615	235 847	0	23 936	29 950	126 735	0	12 862
3	812 265	12 479	103 146	5 105	133 401	11 860	18 790	4 851
4	860 256	12 008	17 383	392	139 742	11 412	3 184	373
5	231 618	3 131	59 453	0	36 167	2 976	7 589	0
6	1 066 646	12 863	193 704	0	183 192	12 225	22 987	0
7	0	15 108	0	13 397	0	14 358	0	12 733
8	188 150	540 122	4 295	3 257	28 710	513 332	606	3 096
9	22 366	48 604	0	1 537	2 785	46 193	0	1 461
10	67 271	120 982	0	3 538	11 881	114 981	0	3 362
11	1 385 872	135 572	212 326	17 498	168 730	128 848	28 480	16 630
12	15 118	17 746	6 225	10 974	2 114	16 866	1 116	10 430
13	1 472 051	108 588	747 573	21 734	235 822	103 202	135 452	20 656
Sume	6 744 354	1 772 748	1 410 653	316 604	1 018 196	1 376 883	230 534	202 114

Tablica 56. Površine građevinskih elemenata postojećih objekata