

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Setnikar, A., 2016. Vpliv energetske sanacijskih ukrepov na kazalnike računske energetske izkaznice. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentor Pajek, L.): 39 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5893/>

Datum arhiviranja: 27-09-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Setnikar, A., 2016. Vpliv energetske sanacijskih ukrepov na kazalnike računske energetske izkaznice. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Pajek, L.): 39 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5893/>

Archiving Date: 27-09-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**ANŽE SETNIKAR**

**VPLIV ENERGETSKO SANACIJSKIH UKREPOV NA  
KAZALNIKE RAČUNSKE ENERGETSKE IZKAZNICE**

Diplomska naloga št.: 258/B-GR

**THE IMPACT OF ENERGY REMEDIAL MEASURES ON  
INDICATORS OF THE ENERGY PERFORMANCE  
CERTIFICATE**

Graduation thesis No.: 258/B-GR

**Mentor:**

doc. dr. Mitja Košir

**Somentor:**

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 20. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Spodaj podpisani študent *Anže Setnikar*, vpisna številka *26110166*, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: *Vpliv energetske sanacijskih ukrepov na kazalnike računske energetske izkaznice*

**IZJAVLJAM****1. Obkrožite eno od variant a) ali b)**

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani,

Datum: 12.9.2016

Podpis študenta:

---

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

<b>UDK:</b>	<b>620.9:699.86(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Anže Setnikar</b>
<b>Mentor:</b>	<b>Doc.dr. Mitja Košir</b>
<b>Somentor:</b>	<b>Asist. Luka Pajek</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Vpliv energetske sanacijskih ukrepov na kazalnike računske energetske izkaznice</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>39 str., 15 pregl., 17 sl., 6 graf.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>Energetsko sanacijski ukrepi, energetske kazalniki, računska energetska izkaznica, letna potrebna toplota, letna dovedena energija, letna primarna energija, emisije CO<sub>2</sub>, učinkovitost ogrevalnih sistemov, razvrščanje v energetske razrede, klasifikacija.</b>

### **Izveček:**

V sklopu diplomske naloge sem na primeru izbranega stanovanjskega objekta preveril vpliv različnih energetske sanacijskih ukrepov na kazalnike energetske učinkovitosti ter preučil trenutni način klasifikacije objektov v energetske razrede. Izračune energetske kazalnikov sem izvedel s pomočjo programskega orodja TOST. Najprej sem energetske kazalnike izračunal za obstoječe stanje. Pri tem sem upošteval tri različne načine ogrevanja in sicer z ekstra lahkim kurilnim oljem, lesno biomaso ter električno energijo (toplotno črpalko). Ker sem želel preveriti kakšen je vpliv učinkovitosti ogrevalnih sistemov sem za vsako posamezno vrsto energenta upošteval različne vrste učinkovitosti. Nato sem izbral najbolj smiselne energetske sanacijske ukrepe in jih upošteval pri ponovnem izračunu energetske kazalnikov. Dobljene rezultate v stanju po sanaciji sem primerjal z rezultati obstoječega stanja. Ugotovil sem, da izvedeni energetske sanacijski ukrepi vplivajo na znižanje vseh štirih energetske kazalnikov (letna potrebna energija, letna dovedena energija, letna primarna energija ter emisije CO<sub>2</sub>). Pri tem izbira energenta ne vpliva le na vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje. Ker trenutni sistem razvrščanja objektov poteka le na podlagi potrebne toplote za ogrevanje in tako ne zajema vpliva izbire vrste energenta sem v zaključku naloge podal dve varianti izboljšav oziroma dopolnitev obstoječega načina razvrščanja.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDK:</b>	<b>620.9:699.86(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Anže Setnikar</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>Assist. Luka Pajek</b>
<b>Title:</b>	<b>The impact of energy remedial measures on indicators of the energy performance certificate</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – university studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>39 p., 15 tab., 17 fig., 6 graph.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>Energy remedial measures, energy indicators, the energy performance certificate, heat required annually, annual input of energy, annual primary energy, CO2 emissions, the efficiency of heating systems, classifying to energy classes, classification.</b>

**Abstract:**

As part of this graduation thesis I examined the impact of different energy remedial measures on energy efficiency indicators in the case of the selected residential building and considered the current method of classification of buildings in the energy classes. I calculated the values of energy indicators with the help of software tools TOST. First I calculated the values of the energy indicators in the existing (initial) state. In doing so, I took into account three energy sources for heating - heating by extra light fuel oil, by biomass and by electricity (heat pump). I considered different types of efficiency for each type of aforementioned energy sources because I wanted to check the influence on the efficiency of particular heating systems. Then I chose the most efficient energy remedial measures and used them in the recalculation of energy indicators. I compared the results with results at the initial state. I have found that energy remedial measures affects on the reduction of all four energy indicators (heat required annually, annual input of energy, annual primary energy and CO2 emissions). The choice of energy source does not only affect on the annual need of energy for heating. Because the current system of classification of buildings is created only on the basis of the value of the necessary energy for heating and it does not include the influence of the choice of the energy source, I made two versions of the improvements for complementing the existing method of classification.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se družini za vso podporo in spodbudo, ki mi je bila naklonjena z njihove strani tekom celotnega študija.

Za pomoč pri nastanku diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju ter somentorju assist. Luki Pajku.

**KAZALO VSEBINE:**

<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Namen diplomske naloge .....	2
1.2 Metoda dela in uporabljena programska oprema.....	2
1.2.1 Program TOST (Toplotni Odziv STavb).....	2
1.2.2 Spletno programsko orodje u-wert .....	3
<b>2 PREGLED ZAKONODAJE NA PODROČJU RABE ENERGIJE V OBJEKTIH.....</b>	<b>4</b>
2.1 Razvrščanje objektov v energetske razrede.....	4
<b>3 OPIS OBRAVNAVANEGA OBJEKTA .....</b>	<b>8</b>
<b>4 IZRAČUN ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBJEKTA – OBSTOJEČE STANJE.....</b>	<b>10</b>
4.1 Vhodni podatki .....	10
4.1.1 Osnovni podatki.....	10
4.1.2 Prezračevanje.....	11
4.1.3 Konstrukcijski sklopi.....	11
4.1.4 Transparentni deli.....	15
4.1.5 Način ogrevanja objekta .....	16
4.2 Rezultati.....	16
4.2.1 Ekstra lahko kurilno olje.....	16
4.2.2 Lesna biomasa .....	17
4.2.3 Toplotna črpalka.....	18
<b>5 SANACIJSKI UKREPI .....</b>	<b>20</b>
5.1 Sanacijski ukrep 1: zamenjava transparentnih delov (oken in vrat).....	20
5.2 Sanacijski ukrep 2: dodatno toplotno izoliranje zunanjih sten .....	21
<b>6 IZRAČUN ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBJEKTA – STANJE PO SANACIJI .....</b>	<b>22</b>
6.1 Vhodni podatki .....	22
6.1.1 Osnovni podatki.....	22
6.1.2 Prezračevanje.....	22
6.1.3 Konstrukcijski sklopi.....	23
6.1.4 Transparentni deli.....	24
6.1.5 Način ogrevanja objekta .....	24
6.2 Rezultati.....	24
6.2.1 Ekstra lahko kurilno olje.....	24
<b>7 ANALIZA PRIDOBLENIH REZULTATOV .....</b>	<b>27</b>
7.1 $Q_{NH}/A_k$ - letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe .	27
7.2 $Q/A_k$ – letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe .	27



7.3 $Q_p/A_k$ – letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe .	28
7.4 letne emisije CO <sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe .....	34
7.5 Ugotovitve .....	35
<b>8 MOŽNE REŠITVE OZIROMA DOPOLNITVE OBSTOJEČEGA NAČINA RAZVRŠČANJA OBJEKTOV GLEDE NA ENERGETSKO UČINKOVITOST .....</b>	<b>36</b>
8.1 Varianta 1 .....	36
8.2 Varianta 2 .....	37
<b>9 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>39</b>
<b>VIRI.....</b>	<b>40</b>

**KAZALO SLIK**

Slika 1: V rdečem okvirju označen obravnavani objekt [vir: 14].....	8
Slika 2: Konstrukcijski sklop tal – obstoječe stanje ( $U=0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6] .....	12
Slika 3: Konstrukcijski sklop zunanje stene – obstoječe stanje ( $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6].....	12
Slika 4: Konstrukcijski sklop strehe (kondicionirana cona) – obstoječe stanje ( $U=0,246 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6].....	13
Slika 5: Strešna kritina na obravnavanem objektu [vir: 19] .....	13
Slika 6: Konstrukcijski sklop strehe (nekondicionirana cona) – obstoječe stanje ( $U=0,840 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6].....	14
Slika 7: Konstrukcijski sklop predelnega stropa ( $U^*=0,355 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6].....	14
Slika 8: Primer lesenega okna s trojno zasteklitvijo proizvajalca AJM [vir: 22] .....	21
Slika 9: Konstrukcijski sklop zunanje stene – stanje po sanaciji ( $U=0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6] .....	23
Slika 10: Razvrstitev objektov v energetske razrede po obstoječi zakonodaji [vir: 23] .....	27
Slika 11: Umestitev glede na vrednost dovedene energije za delovanje stavbe po obstoječi zakonodaji [vir: 23].....	28
Slika 12: Umestitev glede na vrednost primarne energije po obstoječi zakonodaji [vir: 23] .....	33
Slika 13: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najvišje dobljene vrednosti primarne energije [vir: 21].....	33
Slika 14: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najnižje dobljene vrednosti primarne energije [vir: 23].....	34
Slika 15: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najvišje dobljene vrednosti emisij CO <sub>2</sub> [vir: 23].....	34
Slika 16: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najnižje dobljene vrednosti emisij CO <sub>2</sub> [vir: 23].....	35
Slika 17: Sistem klasifikacije gospodinjskih aparatov v energijske razrede [vir: 24] .....	37

## KAZALO PREGLEDNIC

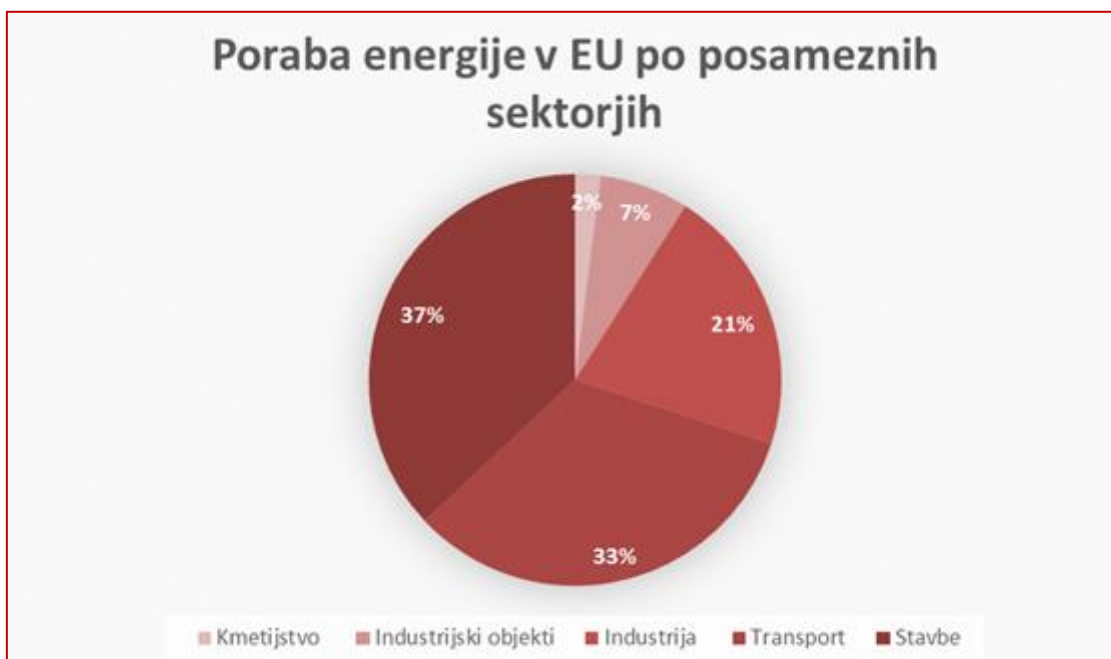
Preglednica 1: Razvrstitev stavb v energetske razrede [vir: 12] .....	5
Preglednica 2: Faktorji pretvorbe za določitev $Q_p$ [vir: 7] .....	6
Preglednica 3: Vrednosti specifičnih emisij CO <sub>2</sub> [vir: 7] .....	6
Preglednica 4: Dimenzije objekta .....	9
Preglednica 5: Seznam in lastnosti transparentnih delov – obstoječe .....	15
Preglednica 6: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (ekstra lahko kurilno olje) .....	16
Preglednica 7: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (lesna biomasa) .....	17
Preglednica 8: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (toplotna črpalka) .....	18
Preglednica 9: Seznam in lastnosti transparentnih delov – stanje po sanaciji .....	24
Preglednica 10: Energetski kazalniki – stanje po sanaciji (ekstra lahko kurilno olje) .....	24
Preglednica 11: Energetski kazalniki – stanje po sanaciji (lesna biomasa) .....	25
Preglednica 12: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (toplotna črpalka) .....	26
Preglednica 13: Možna razvrstitev letne primarne energije v razrede – varianta 1 .....	36
Preglednica 14: Razvrstitev v razrede po emisijah CO <sub>2</sub> – varianta 1 .....	36
Preglednica 15: Razvrstitev v razrede po emisijah CO <sub>2</sub> -varianta 2 .....	38

**KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Poraba energije v EU po posameznih sektorjih [vir: 4] .....	1
Grafikon 2: Ekstra lahko kurilno olje Qp/Ak .....	28
Grafikon 3: Lesna biomasa Qp/Ak .....	29
Grafikon 4: Toplotna črpalka (zrak-voda) Qp/Ak .....	30
Grafikon 5: Toplotna črpalka (zemlja-voda) Qp/Ak .....	31
Grafikon 6: Toplotna črpalka (voda-voda) Qp/Ak .....	32

## 1 UVOD

V zadnjih letih se po vsem svetu veliko pozornosti posveča rabi energije. Z namenom zmanjšanja porabe energije pridobljene iz neobnovljivih virov (fosilna energija) se na vseh vrstah gospodarskih panog sprejemajo številni ukrepi. Pomembnejši izmed ukrepov je, seznanitev uporabnika o tem, koliko energije porabi nek produkt, ki ga uporablja. Tako smo npr. pri nakupu avtomobila seznanjeni z njegovo porabo goriva, pri nakupu gospodinjskih aparatov s porabo električne energije. Z namenom povečanja uporabe energijsko varčnih produktov, se za nakup takih produktov uvajajo razne subvencije. Podoben preporod je doživel tudi stavbni sektor. Stavbe predstavljajo velik deleže celotne porabljene energije (Grafikon1). Ogromno energije se porabi že v fazi gradnje še več pa jo objekt porabi v času uporabe. Pomembno je, da so uporabniki zato seznanjeni, koliko energije bo porabil objekt za delovanje, že pred samim nakupom le tega. Evropska unija je leta 2010 z direktivo o energetske učinkovitosti stavb (EPBD 2010/31/ES) [1] vse članice obvezala k izdelavi načrtov oziroma ustreznih listin s katerimi bi vplivali na zmanjšanje porabe energije v stavbah. Z namenom izvrševanja zahtev Evropske unije je bil v slovensko zakonodajo leta 2014 sprejet Energetski zakon (EZ-1) [2], na podlagi katerega je bila v istem letu implementirana energetska izkaznica. Gre za javno listino s podatki o energetske učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti [3]. Glavni pomen energetske izkaznice je razvrščanje stavb v energetske razrede. V sklopu diplomske naloge bom preučil način razvrščanja, kakršnega predpisuje energetska izkaznica. V kolikor bom ugotovil, da bi bilo trenuten način razvrščanja izboljšati bom predlagal možne spremembe oziroma izboljšave.



Grafikon 1: Poraba energije v EU po posameznih sektorjih [vir: 4]

## 1.1 Namen diplomske naloge

V diplomski nalogi imam namen preučiti trenutno zakonodajo na področju rabe energije v objektu s poudarkom predvsem na razvrščanju objektov glede na energetske učinkovitost v tako imenovane energetske razrede. Na podlagi obravnave izbranega objekta bom izračunal energetske kazalnike v obstoječem stanju. Pri tem se bom osredotočil predvsem na vpliv uporabe različnih vrst energentov (ekstra lahko kurilno olje, lesna biomasa, toplotna črpalka – električna energija) ter učinkovitosti ogrevalnih sistemov. Poskušal bom ugotoviti na katere energetske kazalnike ima izbira vrste energenta največ vpliva. V nadaljevanju bom objekt saniral s sanacijskimi ukrepi, ki bodo glede na trenutno stanje najbolj učinkoviti in smiselni. Z upoštevanjem sanacijskih ukrepov bom nato ponovno izračunal energetske kazalnike ter preveril vpliv le-teh na predvideno izboljšanje energetske učinkovitosti. Na podlagi dobljenih rezultatov bom izvedel kritično analizo, v kateri se bom opredelil do trenutnega razvrščanja stavb v energetske razrede na podlagi le enega od energetskih kazalnikov in sicer letni potrebni toplote za ogrevanje stavbe  $Q_{NH}$ , na enoto kondicionirane površine stavbe  $A_k$ . Ker bom pri izračunih upošteval različne vrste energentov pričakujem, da bo od vrste energenta odvisno v kateri energetski razred se bo objekt uvrstil po trenutno veljavni zakonodaji. Prav tako predvidevam, da bo vpliv sanacijskih ukrepov večji v primeru uporabe sistema ogrevanja z nižjo učinkovitostjo.

## 1.2 Metoda dela in uporabljena programska oprema

Za izbran objekt bom poleg letne potrebne toplote za ogrevanje  $Q_{NH}$ , na podlagi katere trenutna zakonodaja razvršča objekte v energetske razrede, izračunal še vrednosti letne dovedene energije za delovanje stavbe  $Q$ , letne primarne energije za delovanje stavbe  $Q_p$  ter letne emisije  $CO_2$  zaradi delovanja stavbe. Vse rezultate bom podal na enoto kondicionirane površine stavbe. Dimenzije ter lastnosti obravnavanega objekta bom določil s pomočjo tlorisov ter prereza iz projektne mape obravnavanega objekta (priloga A), manjkajoče podatke pa z meritvami objekta oziroma delov objekta. Za izračun bom uporabljal računalniško programsko opremo TOST [5] in U-wert [6].

### 1.2.1 Program TOST (Toplotni Odziv STavb)

Program TOST [5] je bil razvit na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani s strani prof. dr. Aleša Krainerja, Rudija Perdana ter Sabine Jereb. Uporablja se ga za izračun energetske bilance stavb po pravilniku o učinkoviti rabi energije (PURES 2010) [7] upoštevajoč SIST EN ISO 13790 [8] in tehnične smernice TSG-1-004: 2010 učinkovita raba energije [9]. V program vnesemo podatke o objektu: dimenzije objekta, lastnosti (toplotne prehodnosti) in površine transparentnih ter netransparentnih delov, klimatske podatke, način ogrevanja, podatke o prezračevanju. Pri tem nam program omogoča upoštevanje različnih toplotnih con znotraj objekta, kar lahko s pridom izkoristimo

v primeru, da imamo v objektu prostore z različnimi projektnimi temperaturami in/ali režimi ogrevanja. Program nam na podlagi vnesenih podatkov nato izračuna vrednosti energetskih kazalnikov po PURES 2010 [7].

### **1.2.2 Spletno programsko orodje u-wert**

Gre za nemško programsko orodje, ki je dostopno na spletu [6]. Razvil ga je Ralph Plag. V nemškem jeziku je na spletu dostopen od leta 2009, angleška verzija pa je dostopna od leta 2011. Program se uporablja za izračun lastnosti konstrukcijskih sklopov. V programu izberemo ustrezne materiale in debeline slojev, ki sestavljajo obravnavani konstrukcijski sklop. Vnesemo še podatke o zunanji in notranji temperaturi ter relativni vlažnosti zraka, program pa nam na podlagi vnesenih podatkov poda: vrednost koeficienta toplotne prehodnosti (U-faktor), možnost pojava kondenzacije, čas izsuševanja nabranega kondenza, fazni zamik, in temperature površin.

## **2 PREGLED ZAKONODAJE NA PODROČJU RABE ENERGIJE V OBJEKTIH**

Tako kot v ostalih panogah se tudi na področju gradbeništva čedalje več pozornosti posveča rabi energije. Glavni cilj je zmanjšati proizvodnjo energije iz neobnovljivih virov (fosilna energija) ter na drugi strani spodbuditi uporabo obnovljivih virov kot so sončna, vetrna in vodna energija. Z namenom učinkovitega doseganja zastavljenih ciljev o zmanjšanju energije se sprejemajo številni zakoni, predpisi ter priporočila, ki jih morajo upoštevati bodisi gradbinci v procesu pridobitve gradbenega dovoljenja in graditve, ter kasneje lastniki objektov. S strani evropske unije je bila tako na področju rabe energije že leta 2002 sprejeta direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD 2002/91/ES) [10], ki pa so jo z vpeljavo ostrejših zahtev glede zmanjšanja rabe energije in višjega izkoristka le-te leta 2010 povsem prenovili. Tako je trenutno v veljavi direktiva EPBD 2010/31/ES, ki upošteva cilje evropske podnebno-energetske politike »20-20-20«. Geslo »20-20-20« pomeni, da je cilj do leta 2020 zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za 20%, 20% povečanje energijske učinkovitosti ter 20% povečanje uporabe deleža obnovljivih virov energije [1]. V slovenski zakonodaji je upoštevanje evropske direktive EPBD 2010/31/ES zajeto v treh zakonih in sicer v zakonu o graditvi objektov, zakonu o varstvu okolja ter energetske zakon. Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) določa minimalne zahteve za novogradnje in prenove obstoječih stavb [11]. Na podlagi ZGO-1 je bil leta 2010 izdan Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah - PURES 2010. Pravilnik podaja metodologijo za določitev energijskih kazalnikov v skladu z veljavnimi evropskimi standardi. V pravilniku so določene minimalne zahteve za energijsko učinkovitost za novogradnje in večjo prenovo obstoječih stavb [7]. PURES 2010 predpisuje obvezno uporabo tehnične smernice TSG-1-004:2010, katera določa bistvene zahteve glede izbire gradbenih materialov, načinov njihove vgradnje ter izvajanja gradnje [9]. Leta 2014 je bil v slovensko zakonodajo sprejet energetske zakon (EZ-1). Vpeljan je bil z namenom zagotovitve konkurenčne, varne, zanesljive in dostopne oskrbe z energijo in energetske storitvami. Zakon pokriva številna področja energetske dejavnosti, ki so posredno ali neposredno povezana z rabo energije stavb [2]. Pomemben del energetskega zakona je pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetske izkaznic stavb [12]. Na podlagi tega pravilnika poteka razvrščanje objektov v energetske razrede.

### **2.1 Razvrščanje objektov v energetske razrede**

Na podlagi (EZ-1) je bil izdelan pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznic stavb, ki določa [12]:

- vsebino energetske izkaznice stavbe ter njeno obliko,
- navodila za izdelavo in izdajo energetske izkaznice stavbe,



- način vodenja registra energetskih izkaznic,
- način nadzora nad izdanimi energetskimi izkaznicami,
- vrste stavb za katere je obvezna namestitvev energetskih izkaznic na vidno mesto.

Pravilnik obravnava dve vrsti energetskih izkaznic in sicer računsko energetska izkaznico in merjeno energetska izkaznico. Računska energetska izkaznica se izda za novozgrajene stavbe in novozgrajene dele stavb, obstoječe stanovanjske stavbe in stanovanja. Merjena energetska izkaznica pa se izdela za obstoječe nestanovanjske stavbe ali posamezne dele nestanovanjskih stavb. V primeru računske energetske izkaznice se upošteva po računski metodi določene energijske kazalnike, medtem ko se merjene energetska izkaznica izdela na podlagi opravljenih meritev rabe energije. Pri tem pravilnik zahteva, da se merjena energetska izkaznica izdela na podlagi opravljenih meritev porabe energije za zadnja tri končana koledarska leta pred letom izdelave v skladu s standardom SIST EN 15603 [13].

Računska energetska izkaznica – energijski kazalniki:

- $Q_{NH}/A_k$  (kWh/m<sup>2</sup>a) - letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- $Q/A_k$  (kWh/m<sup>2</sup>a) – letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- $Q_P/A_k$  (kWh/m<sup>2</sup>a) - letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- letne emisije CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>a) zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $A_k$ .

Na podlagi letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine pravilnik določa razvrstitev stavbe v razrede, ki so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Razvrstitev stavb v energetske razrede [vir: 12]

Razred	$Q_{NH}/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)
A1	0-10
A2	10-15
B1	15-25
B2	25-35
C	35-60
D	60-105
E	105-150
F	150-210
G	>210

Merjena energetska izkaznica – energijski kazalniki:

- letna dovedena energija na enoto kondicionirane površine stavbe ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ),
- letna dovedena električna energija na enoto kondicionirane površine stavbe ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ),
- $Q_p/A_k$  ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) - letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe,
- letne emisije  $\text{CO}_2$  ( $\text{kg/m}^2\text{a}$ ) zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $A_k$ .

V nadaljevanju diplomske naloge bom veliko pozornosti posvetil energetska kazalnikoma letne primarne energije ter izpustom  $\text{CO}_2$ , saj želim ugotoviti ali bi ju bilo smiselno upoštevati pri razvrstitvi objektov v energetske razrede. Tako vrednost primarne energije kot tudi vrednost  $\text{CO}_2$  je odvisna je odvisna od vrste energenta, ki ga uporabljamo za ogrevanje. Različne vrste energentov pri izračunu letne primarne energije upoštevamo s faktorji pretvorbe. PURES 2010 [7] zahteva uporabo faktorjev pretvorbe, ki so prikazani v preglednici 2. Pri izračunu  $\text{CO}_2$  izpustov pa PURES 2010 [7] predpisuje upoštevanje vrednosti specifičnih emisij  $\text{CO}_2$ , ki so prav tako odvisne od vrste uporabljenega energenta. Vrednosti specifičnih emisij  $\text{CO}_2$  so prikazane v preglednici 3.

Preglednica 2: Faktorji pretvorbe za določitev  $Q_p$  [vir: 7]

<b>Energent</b>	<b>Faktor pretvorbe</b>
Kurilno olje	1,1
Plin	1,1
Premog	1,1
Lesna biomasa	0,1
Električna energija	2,5
Daljinsko ogrevanje brez kogeneracije	1,2
Daljinsko ogrevanje s kogeneracijo	1,0

Preglednica 3: Vrednosti specifičnih emisij  $\text{CO}_2$  [vir: 7]

<b>Energent</b>	<b>Ne enoto kuriva</b>	<b>Na energijsko enoto</b>
Zemeljski plin	1,9 $\text{kg/Sm}^3$	0,20 $\text{kg/kWh}$
Utekočinjeni naftni plin	2,9 $\text{kg/kg}$	0,215 $\text{kg/kWh}$
Ekstra lahko kurilno olje	2,9 $\text{kg/l}$	0,265 $\text{kg/kWh}$
Lahko kurilno olje	3,2 $\text{kg/kg}$	0,28 $\text{kg/kWh}$
Daljinska toplota	0,33 $\text{kg/kWh}$	0,33 $\text{kg/kWh}$
Električna energija	0,53 $\text{kg/kWh}$	0,53 $\text{kg/kWh}$
Rjavi premog (domači)	1,5 $\text{kg/kg}$	0,32 $\text{kg/kWh}$
Rjavi premog (tuj)	1,88 $\text{kg/kg}$	0,40 $\text{kg/kWh}$
Lignit (domači)	1,0 $\text{kg/kg}$	0,33 $\text{kg/kWh}$

Sestavni del energetske izkaznice (tako računske kot merjene) je tudi seznam priporočil za izboljšanje energetske učinkovitosti. Gre za vrsto različnih ukrepov [12]:

- ukrepi za izboljšanje kakovosti ovoja stavbe (npr. toplotna zaščita zunanjih sten, menjava oken, menjava zasteklitve, odprava toplotnih mostov, izboljšanje zrakotesnosti),
- ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov (npr. rekuperacija toplote, priklop na daljinsko ogrevanje ali hlajenje, optimiranje zagotavljanja dnevne svetlobe),
- ukrepi za povečanje izrabe obnovljivih virov energije (npr. vgradnja fotovoltaičnih celic, ogrevanje na biomaso, prehod na geotermalne energije),
- organizacijski ukrepi (npr. ugašanje luči, ko so prostori nezasedeni).

### 3 OPIS OBRAVNAVANEGA OBJEKTA

Obravnani objekt sestavlja sklop štirih vrstnih hiš. Nahaja se jugozahodno od Ljubljane in sicer natančneje v kraju Log pri Brezovici v občini Log-Dragomer. Natančnejši prikaz lokacije ter orientacije objekta je prikazan na sliki 1. Načrtovanje objekta se je začelo leta 1986, dokončno zgrajen pa je bil leta 1992. Razlog zakaj sem si izbral ravno ta objekt je, da prebivam v eni izmed vrstnih hiš in dobro poznam konstrukcijsko sestavo ter ostale lastnosti stavbe, ki jih bom potreboval pri izračunih. Rezultate izračunov pa si bom zaradi poznanih razmer v samem objektu tudi lažje interpretiral.



Slika 1: V rdečem okvirju označen obravnavani objekt [vir: 14]

Posamezna vrstna hiša ima dimenzije 8,99 m x 12,79 m. Hiše so sestavljene iz pritličja (91,15 m<sup>2</sup>), nadstropja (58,22 m<sup>2</sup>), mansarde (47,97 m<sup>2</sup>), ter hladnega podstrešja (36,12 m<sup>2</sup>). Svetla etažna višina je 2,5 m. Za boljšo predstavo dimenzij objekta sta v prilogi A priložena tlorisa ter prerez objekta. V preglednici 3 so prikazane dimenzije celotnega objekta (vseh štirih vrstnih hiš skupaj), ki jih potrebujem za izračun energetske učinkovitosti.

Preglednica 4: Dimenzije objekta

Ogrevani prostori	Površina		789,36 m
	Neto prostornina		1578,72 m <sup>3</sup>
	Zunanja stena		586 m <sup>2</sup>
	Transparenten del	<b>Skupaj:</b>	<b>107,68 m<sup>2</sup></b>
		Sever	3,36 m <sup>2</sup>
		Jug	3,36 m <sup>2</sup>
		Vzhod	49,36 m <sup>2</sup>
		Zahod	51,6 m <sup>2</sup>
	Netransparenten del		478,32 m <sup>2</sup>
Streha		315 m <sup>2</sup>	
Transparenten del	<b>Skupaj:</b>	<b>19,2 m<sup>2</sup></b>	
	Vzhod	7,68 m <sup>2</sup>	
	Zahod	11,52 m <sup>2</sup>	
Netransparenten del		295,8 m <sup>2</sup>	
Hladno ostršeje	Površina		144,48 m <sup>2</sup>
	Neto prostornina		216,72 m <sup>3</sup>
	Zunanja stena	<b>Skupaj:</b>	<b>91,84 m<sup>2</sup></b>
	Transparenten del		0
	Netransparenten del		91,84 m <sup>2</sup>
	Streha	<b>Skupaj:</b>	<b>385 m<sup>2</sup></b>
	Transparenten del		0
	Netransparenten del		385 m <sup>2</sup>
Skupno	Površina		933,84 m <sup>2</sup>
	Neto prostornina		1795,44 m <sup>3</sup>
	Zunanja stena	<b>Skupaj:</b>	<b>677,84 m<sup>2</sup></b>
	Transparenten del		107,68 m <sup>2</sup>
	Netransparenten del		570,16 m <sup>2</sup>
	Streha	<b>Skupaj:</b>	<b>700 m<sup>2</sup></b>
	Transparenten del		19,2 m <sup>2</sup>
	Netransparenten del		680,8 m <sup>2</sup>

## 4 IZRAČUN ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBJEKTA – OBSTOJEČE STANJE

V objektu ni težav z zagotavljanjem ustrezne notranje temperature, vlažnost in svetlosti, prav tako pa prostori niso pretirano hrupni [15]. Kljub temu pa je bil objekt zgrajen pred 24-imi leti, ko zahteve pri gradnji glede energetske učinkovitosti niso bile tako visoke kot dandanes. Toplotne prehodnosti tako transparentnih kot netransparentnih delov objekta bodo bile nekoliko višje prav tako pa bom v izračunih zaradi starejših oken upošteval slabše tesnjenje in posledično večjo vrednost prezračevanja. Glede na oceno obstoječega stanja lahko pričakujem, da bo na podlagi izračuna letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine objekt po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [12] umeščen v razred C ali D (Preglednica1). Prav tako za ostale energetske kazalnike pričakujem srednje vrednosti, ki pa se bodo razlikovale v odvisnosti od upoštevanja vrste energenta.

### 4.1 Vhodni podatki

#### 4.1.1 Osnovni podatki

- *Neto prostornina kondicionirane cone (ogrevani prostori):  $V_e = 1578,72 \text{ m}^3$*

- *Neto prostornina nekondicionirane cone (hladno ostrešje):  $V_e = 216,72 \text{ m}^3$*

Določeni skladno s tehnično smernico TSG-01-004:2010 s pomočjo poenostavljenega obrazca  $V_e = 0,8 \times V$  pri čemer je V bruto prostornina prostora [9].

- *Uporabna površina kondicionirane cone (ogrevani prostori):  $A_u = 789,36 \text{ m}^2$*

- *Uporabna površina nekondicionirane cone (hladno ostrešje):  $A_u = 144,48 \text{ m}^2$*

Uporabna površina cone je notranja tlorska površina.

- *Ogrevanje: 235dni*

Določeno s pomočjo programa TOST na podlagi vnesene lokacije objekta. Podatke o lokaciji objekta v program vnesemo tako, da vpišemo koordinate lokacije, ki jih pridobimo s pomočjo spletne strani RS MOP [16].

- *Vrsta objekta glede na toplotno kapaciteto: srednja*

Tehnična smernica TSG-01-004:2010 definira lahke ter težke stavbe. Lahke stavbe so lesene in montažne stavbe. Težke pa so stavbe z masivnimi zunanji in notranji gradbenimi elementi. Ker je obravnavan objekt zidan, ga upoštevam kot objekt s srednjo toplotno kapaciteto [9].

- *Zemljina: toplotna prevodnost zemljine  $\lambda_g=2,00$  W/mK*

Ker podatka o točni toplotni prevodnosti nisem uspel pridobiti, sem privzel vrednost, ki jo določa uporabniški priročnik programa TOST [17].

- *Projektna notranja temperatura: pozimi  $\Theta_{iph}=20^\circ\text{C}$ , poleti  $\Theta_{ipc}=26^\circ\text{C}$*

V skladu s SIA 380/1 se za družinske hiše običajno uporablja vrednost  $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ . V poletnem času sem privzel nekoliko višjo temperaturo [18].

- *Povprečna moč dobitkov notranjih virov  $\Phi_i=3947$  W*

Določeno po priporočilih standarda SIST EN ISO 13790 z enačbo  $\Phi_i=5$  W/m<sup>2</sup> x A<sub>u</sub>, pri čemer je A<sub>u</sub> uporabna površina kondicionirane cone [8].

#### **4.1.2 Prezračevanje**

- *Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem – kondicionirana cona:  $n=0,70$  h<sup>-1</sup>*

- *Minimalna izmenjava zraka – kondicionirana cona:  $n_{min}=0,50$  h<sup>-1</sup>*

Predpostavim srednje tesnjenje in v skladu s standardom SIST EN ISO 13790, dodatek F določim vrednost  $n=0,70$  h<sup>-1</sup> ter  $n_{min}=0,50$  h<sup>-1</sup> [8].

- *Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem – nekondicionirana cona:  $n=0,30$  h<sup>-1</sup>*

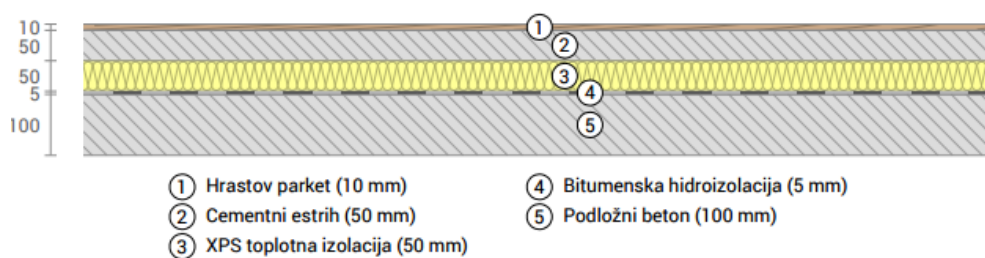
- *Minimalna izmenjava zraka – nekondicionirana cona:  $n_{min}=0,30$  h<sup>-1</sup>*

Vrednost izmenjave zraka  $n=0,30$  h<sup>-1</sup> predpostavim, ker je ostrešje neprezračevano, tesnjenje strehe pa je dobro.

#### **4.1.3 Konstrukcijski sklopi**

##### **4.1.3.1 Tla**

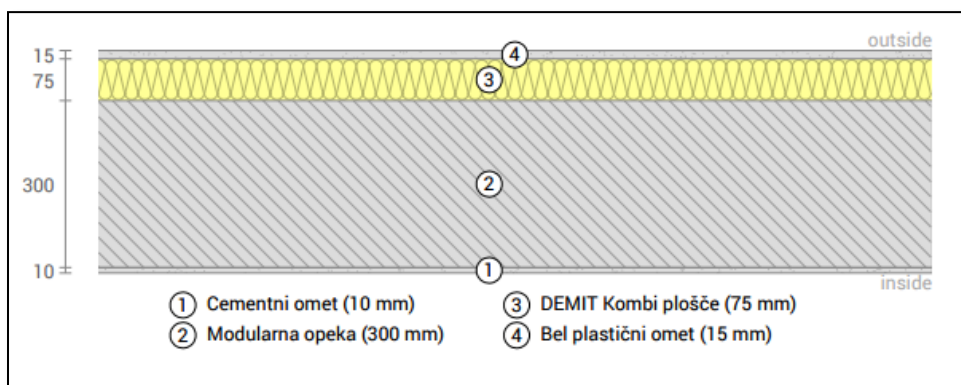
Površina tal na terenu katerih konstrukcijski sklop je prikazan na sliki 3 je 460 m<sup>2</sup>. Konstrukcijski sklop je sestavljen iz 10 cm debele plasti podložnega betona na kateri je izvedena 0,5 cm bitumenska hidroizolacija. Toplotno izolacijo predstavljajo 5 cm debele XPS plošče. Zaključni sloj, ki je nameščen na 5 cm debel cementni estrih v večini predstavlja hrastov parket ponekod pa keramične ploščice. V konstrukcijskem sklopu prihaja do pojava kondenzacije in sicer v sloju toplotne izolacije. Toplotna prehodnost tal znaša 0,27 W/m<sup>2</sup>K. [6]. Konstrukcijski sloj ustreza omejitvam glede toplotne prehodnosti, ki jo za tla na terenu predpisuje PURES 2010 [7] in znaša 0,35 W/m<sup>2</sup>K. Sestava konstrukcijskega sklopa tal je prikazana na Sliki 2.



Slika 2: Konstrukcijski sklop tal – obstoječe stanje ( $U=0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6]

#### 4.1.3.2 Zunanje stene

Skupna površina netransparentnega dela zunanjih sten znaša  $459,18 \text{ m}^2$ . Od tega približno 80% ( $367,34 \text{ m}^2$ ) predstavlja površina sten kondicionirane cone preostalih 20% ( $91,84 \text{ m}^2$ ) pa stene nekondicionirane cone. Sestava konstrukcijskega sklopa zunanjih sten je enaka tako v območju kondicionirane ter nekondicionirane cone. Konstrukcijski sklop je sestavljen iz cementnega ometa debeline 1 cm, modularne opeke debeline 30 cm, toplotne izolacije, ki jo predstavljajo 7,5 cm debele kombi plošče ter zunanje finalne obloge – bel plastični omet. Sestava konstrukcijskega sklopa je prikazana na Sliki 4. Do kondenzacije v konstrukcijskem sklopu ne prihaja. Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa je  $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6] in ne ustreza zahtevam PURES A 2010, ki za zunanje stene predpisuje zahtevo toplotne prehodnosti manjše od  $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  [7].

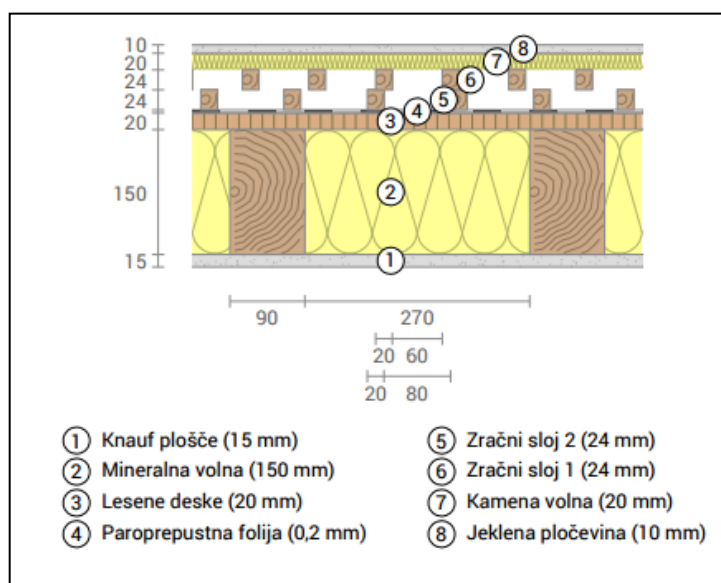


Slika 3: Konstrukcijski sklop zunanje stene – obstoječe stanje ( $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6]

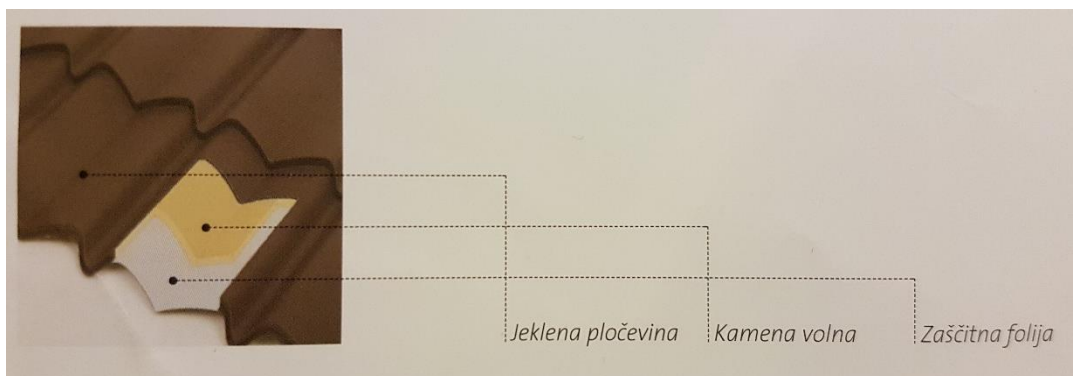


#### 4.1.3.3 Streha

Pri obravnavi konstrukcijskega sklopa strehe upoštevam dva različna konstrukcijska sklopa in sicer streho v stiku s kondencionirano cono ter streho v stiku s hladnim ostrešjem (nekondicionirano cono). Celotna površina strehe znaša 680,8. Površina strehe v stiku s kondicionirano cono znaša 295,80 m<sup>2</sup>, kar je približno 44% celotne strehe. Konstrukcijski sklop prikazuje Slika 4 in sicer je sestavljen gledano z notranje proti zunanji strani: knauf plošče debeline 1,5 cm, toplotna izolacija – mineralna volna debeline 15 cm z vmesnimi špirovci. Na špirovce so položene 2 cm debele lesene deske na katere je nameščena paroprepustna folija. Pojav kondenzacije preprečuje zračni sloj (na Sliki 4 označen s številko 5 in 6). Strešna kritina je prikazana na Sliki 6. V programu U-wert nisem našel takšne vrste kritine, zato sem vstavil sloj kamene volne in jeklene pločevine. Toplotna prehodnost strehe, ki prekriva kondicionirano cono je 0,246 W/m<sup>2</sup>K [6] in ne ustreza zahtevam PURESA 2010, ki za strehe predpisuje zgornjo vrednost toplotne prehodnosti 0,20 W/m<sup>2</sup>K [7].

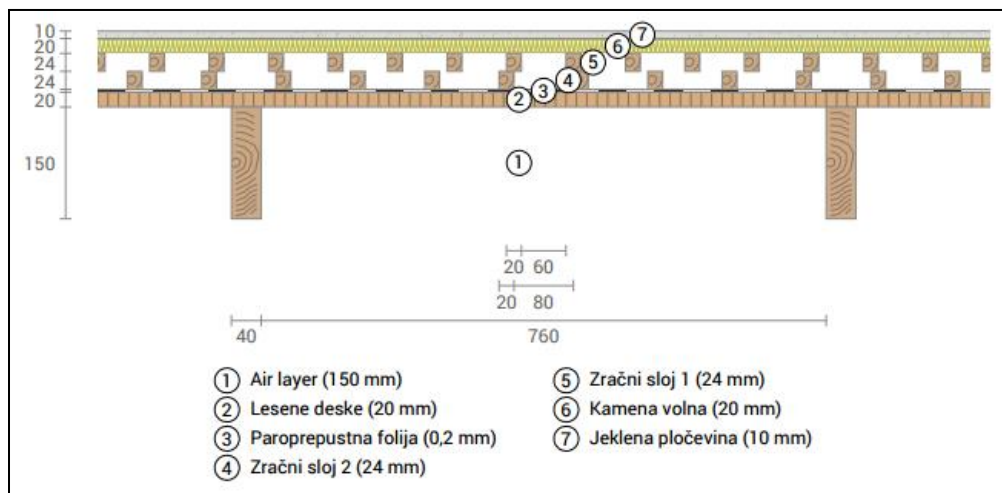


Slika 4: Konstrukcijski sklop strehe (kondicionirana cona) – obstoječe stanje ( $U=0,246$  W/m<sup>2</sup>K) [vir: 6]



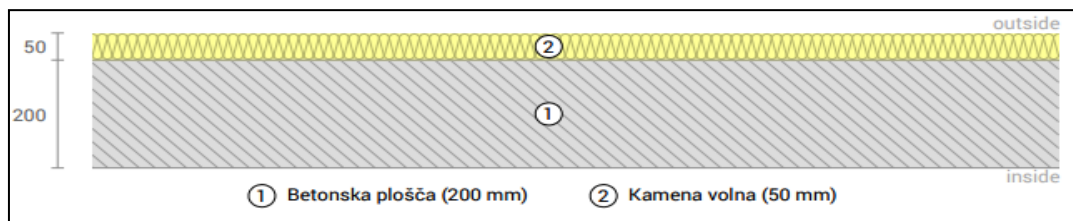
Slika 5: Strešna kritina na obravnavanem objektu [vir: 19]

Preostalih 56% strehe oziroma 385 m<sup>2</sup> predstavlja streha v stiku s hladnim ostrešjem (nekondicionirano cono). Sestava je podobna kot pri strehi v stiku s kondicionirano cono s to razliko, da v tem primeru streha ni toplotno izolirana. V konstrukcijskem sklopu in pojava kondenzacije. Na sliki 6 je prikazana sestava konstrukcijskega sklopa.



Slika 6: Konstrukcijski sklop strehe (nekondicionirana cona) – obstoječe stanje ( $U=0,840 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6]

#### 4.1.3.4 Predelni strop med ogrevanimi prostori ter hladnim ostrešjem



Slika 7: Konstrukcijski sklop predelnega stropa ( $U^*=0,355 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6]

Površina predelnega stropa med ogrevanimi prostori ter hladnim ostrešjem znaša 144,48 m<sup>2</sup>. Konstrukcijski sklop je sestavljen iz 20 cm debele betonske plošče ter 5 cm debelega sloja kamene volne, ki predstavlja toplotno izolacijo. Sestava je prikazan na Sliki 7. V konstrukcijskem sklopu ni pojava kondenzacije.

Ker je del strehe v stiku z ogrevanimi prostori del pa v stiku s hladnim ostrešjem sem toplotno prehodnost predelnega stropa med ogrevanimi prostori ter hladnim ostrešjem določil s pomočjo izračuna utežnega povprečja U-faktorja po enačbi  $U^* = ((U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2) / (A_1 + A_2))$ . Členi, ki nastopajo v enačbi za izračun utežnega povprečja U-faktorja:

- $U_1=0,246 \text{ W/m}^2\text{K}$  – toplotna prehodnost strehe (kondicionirana cona)
- $A_1=295,80 \text{ m}^2$  – površina strehe (kondicionirana cona)
- $U_2=0,570 \text{ W/m}^2\text{K}$  – toplotna prehodnost predelnega stropa med ogrevanim ter hladnim ostrešjem
- $A_2=144,48 \text{ m}^2$  – površina predelnega stropa med ogrevanim ter hladnim ostrešjem

Toplotna prehodnost predelnega stropa znaša  $0,355 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6] in ne ustreza zahtevam PURES 2010 [7], ki za stropove proti neogrevanim prostorom predpisuje omejitev  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### 4.1.4 Transparentni deli

Preglednica 5: Seznam in lastnosti transparentnih delov – obstoječe

Orientacija	Število in vrsta transparentnega dela	$A_w \text{ (m}^2\text{)}$	$U_w \text{ (W/m}^2\text{K)}$	$g_{gl} \text{ (-)}$	$F_F \text{ (-)}$
<b>Sever</b>	2 X okno (1,20 x 1,40)	3,36	3,25	0,76	0,30
<b>Jug</b>	2 X okno (1,20 x 1,40)	3,36	3,25	0,76	0,30
<b>Vzhod</b>	16 X okno (1,20 x 1,40)	26,88	3,25	0,76	0,30
	8 X balkonska vrata (0,80 x 2,20)	14,08	2,80	0,76	0,25
	8 X strešno okno (0,80 x 1,20)	7,68	3,00	0,76	0,30
	4 X vhodna vrata (1,00 x 2,10)	8,40	4,65	0,30	0,25
<b>Zahod</b>	12 X okno (1,20 x 1,40)	20,16	3,25	0,76	0,30
	4 X okno (0,80 x 0,90)	2,88	3,25	0,76	0,30
	12 X strešno okno (0,80 x 1,20)	11,52	3,00	0,76	0,30
	4 X garažna vrata (2,40 x 2,10)	20,16	3,50	0,30	0,20
	4 X vhodna vrata (1,00 x 2,10)	8,40	4,65	0,30	0,25

Podatke o toplotni prevodnosti transparentnih delov ( $U_w$ ) sem določil s pomočjo projektne mape objekta [20]. Faktor  $g_{gl}$  predstavlja prehod sončnega sevanja transparentnega dela, in je odvisen od vrste zasteklitve. Vrednosti sem izbral s pomočjo tabele podane v uporabniškemu priročniku programa TOST [17]. Okna z dvojno zasteklitvijo in vmesno 10 mm plastjo zraka imajo vrednost  $g_{gl}$  faktorja 0,76 zasteklitve na vhodnih vratih ter garažnih pa so barvaste, zato sem za njih izbral vrednost 0,30.

$F_F$  – faktor okvirja sem določil na podlagi ocene razmerja med okvirjem ter odprtino.

#### 4.1.5 Način ogrevanja objekta

Zanima me, kako na porabo energije vpliva uporaba različnih energentov. Zato sem si za analizo izbral tri različne vrste energentov in sicer: ekstra lahko kurilno olje, lesna biomasa, toplotna črpala (električna energija). Pri izračunu sem upošteval različne učinkovitosti ogrevalnih sistemov. Učinkovitost ogrevalnih sistemov je odvisna od učinkovitosti ogrevalnih naprav ter učinkovitosti ogrevalnega razvoda. Za učinkovitost ogrevalnih naprav (emisije) ter ogrevalnega razvoda (distribucija) sem v izračunu privzel srednje vrednosti 0,86 (učinkovitost emisije) ter 0,87 (distribucija). Izvedel pa sem tudi izračun za sistem z zelo dobro učinkovitostjo ogrevalnih naprav (emisija 0,96) in razvoda (distribucija 0,95) ter za sistem s slabo učinkovitostjo ogrevalnih naprav (emisija 0,77) in razvoda (distribucija 0,80). Vrednosti o distribuciji in emisiji sem določil s pomočjo uporabniškega priročnika za program TOST [17]. Vrednost generacije (učinkovitosti) toplotnih črpalk predstavlja grelna število – COP. Te vrednosti sem določil s pomočjo spleta [21].

#### 4.2 Rezultati

V Preglednicah 6, 7 in 8 so podani rezultati izračunov letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe ( $Q_{NH}/A_k$ ), letne dovedene energije za delovanje stavbe ( $Q/A_k$ ), letne primarne energije za delovanje stavbe ( $Q_p/A_k$ ) ter letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe. Vse vrednosti sem izračunal na enoto kondicionirane površine stavbe ( $A_k$ ) in sicer za  $Q_{NH}$ ,  $Q_p$  ter  $Q$  v kWh, CO<sub>2</sub> emisije pa v kg. Z višanjem učinkovitosti ogrevalnih sistemov se vrednosti  $Q$ ,  $Q_p$  ter CO<sub>2</sub> nižajo. Najbolj učinkoviti ogrevalni sistemi so v preglednicah označeni z zeleno barvo, najmanj učinkoviti pa z rdečo.

##### 4.2.1 Ekstra lahko kurilno olje

Preglednica 6: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (ekstra lahko kurilno olje)

Ekstra lahko kurilno olje						
Generacija	Distribucija	Emisija	$Q/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	$Q_p/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	$Q_{NH}/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)
0,80	0,87	0,86	160,36	202,58	47,45	75,64
0,85	0,87	0,86	154,46	196,08	45,89	
0,90	0,87	0,86	148,56	189,59	44,32	
0,95	0,87	0,86	142,66	183,10	42,76	
1,00	0,87	0,86	136,75	176,60	41,19	
1,05	0,87	0,86	131,13	170,42	39,70	
0,80	0,80	0,77	181,02	225,29	52,92	
1,05	0,95	0,96	114,01	151,58	35,17	

S preglednice 6 lahko razberemo, da se vrednost letne dovedene energije ( $Q/A_k$ ) ob upoštevanju enakih vrednosti distribucije (0,87) in emisije (0,86) ob višanju vrednosti generacije ogrevalnega

sistema zniža iz 160,36 kWh/m<sup>2</sup>a na 131,13 kWh/m<sup>2</sup>a, kar predstavlja 18,23% znižanje. Vrednost letne primarne energije se zniža za 15,88%, vrednost emisij CO<sub>2</sub> pa za 16,33%.

#### 4.2.2 Lesna biomasa

*Preglednica 7: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (lesna biomasa)*

Lesna biomasa						
Generacija	Distribucija	Emisija	Q/A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>p</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>NH</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
0,80	0,87	0,86	160,36	60,91	52,41	75,64
0,85	0,87	0,86	154,46	60,32	50,64	
0,90	0,87	0,86	148,56	59,73	48,87	
0,95	0,87	0,86	142,66	59,14	47,10	
1,00	0,87	0,86	136,75	58,55	45,33	
0,80	0,80	0,77	181,02	62,97	58,61	
1,00	0,95	0,96	118,77	56,75	39,93	

S Preglednice 7 je razvidno, da se vrednost letne dovedene energije (Q/A<sub>k</sub>) v primeru uporabe lesene mase kot energenta spreminja v odvisnosti od generacije enako kot v primeru uporabe ekstra lahkega kurilnega olja (4.2.1). Ker pa sem pri lesni biomasi upošteval največjo vrednost generacije 1,00 ugotovim, da je razlika med največjo in najmanjšo letno dovedeno energijo nekoliko nižja in sicer v odstotkih izraženo zmanjšanje znaša 14,72%. V primeru uporabe lesne biomase kot energenta lahko opazimo v primerjavi z uporabo ekstra lahkega kurilnega olja veliko razliko v vrednostih primarne energije, ki je v primeru uporabe lesne biomase veliko nižja. Opazimo tudi, da na spremembo primarne energije v primeru uporabe lesne biomase generacija ogrevalnega sistema nima tako velikega vpliva, saj primarna energija pri najmanjši vrednosti generacije (0,80) znaša 60,91 kWh/m<sup>2</sup>a pri največji učinkovitosti (1,00) pa 58,55 kWh/m<sup>2</sup>a, kar predstavlja 3,87% znižanje. V odstotkih izražena sprememba med največjo vrednostjo emisij CO<sub>2</sub> (52,41 kg/m<sup>2</sup>a), ki jo dobimo ob uporabi sistema ogrevanja z najmanjšo vrednostjo generacije (0,80) in najmanjšo (45,33 kg/m<sup>2</sup>a), ki jo dobimo ob uporabi sistema ogrevanja z najvišjo vrednostjo generacije (1,00) predstavlja 13,51%.

### 4.2.3 Toplotna črpalka

Preglednica 8: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (toplotna črpalka)

Toplotna črpalka							
Vrsta	Generacija	Distribucija	Emisija	Q/A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>p</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>NH</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
ZRAK - VODA	3,40	0,87	0,86	53,42	133,55	28,31	75,64
	3,60	0,87	0,86	51,49	128,72	27,29	
	3,80	0,87	0,86	49,76	124,41	26,37	
	4,00	0,87	0,86	48,21	120,53	25,55	
	3,40	0,80	0,77	58,48	146,20	30,99	
	4,00	0,95	0,96	43,72	109,29	23,17	
ZEMLJA - VODA	4,40	0,87	0,86	45,53	113,82	24,13	75,64
	4,60	0,87	0,86	44,36	110,90	21,51	
	4,80	0,87	0,86	43,29	108,23	22,94	
	5,00	0,87	0,86	42,31	105,77	22,42	
	4,40	0,80	0,77	49,44	123,60	26,20	
	5,00	0,95	0,96	38,71	96,78	20,52	
VODA - VODA	5,20	0,87	0,86	41,40	103,50	21,94	75,64
	5,40	0,87	0,86	40,56	101,40	21,50	
	5,60	0,87	0,86	39,78	99,45	21,08	
	5,80	0,87	0,86	39,05	97,63	20,70	
	6,00	0,87	0,86	38,37	95,93	20,34	
	6,20	0,87	0,86	37,74	94,35	20,00	
	5,20	0,80	0,77	44,71	111,77	23,70	
	6,20	0,95	0,96	34,84	87,09	18,46	

Preglednica 8 vsebuje dobljene izračune za primer uporabe toplotne črpalke kot energenta. Razvidno je, da je izmed treh obravnavanih sistemov toplotnih črpal (zrak-voda, zemlja-voda, voda-voda) najučinkovitejša toplotna črpalka voda-voda, saj so dobljene vrednosti Q, Q<sub>p</sub> ter emisij CO<sub>2</sub> najnižje. V primeru uporabe toplotne črpalke voda-voda in upoštevanju enakih vrednosti distribucije (0,87) ter emisije (0,86) in spreminjanjem generacije ogrevalnega sistema ugotovimo, da najvišja vrednost letne dovedene energije znaša 41,40 kWh/m<sup>2</sup>a pri generaciji 5,2; najnižja vrednost Q pa je 37,74 kWh/m<sup>2</sup>a pri generaciji 6,2. Sprememba letne dovedene energije je 8,84%. Vrednost primarne energije v primeru generacije 5,2 znaša 103,50 kWh/m<sup>2</sup>a v primeru generacije 6,2 pa 94,35 kWh/m<sup>2</sup>a, kar predstavlja 8,84% spremembo. Emisije CO<sub>2</sub> znašajo 21,94 kg/m<sup>2</sup>a pri generaciji sistema 5,2 pri generaciji 6,2 pa 20,00 kg/m<sup>2</sup>a, kar ravno tako pomeni zmanjšanje za 8,84%.

Komentar: Na podlagi izračunane vrednosti letne potrebne energije na enoto kondicionirane površine stavbe ( $Q_{NH}/m^2a$ ), ki znaša 75,64 kWh/m<sup>2</sup>a, lahko objekt po pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavb [12] umestimo v razred D (Preglednica 1), kar je v skladu s pričakovanji. S Preglednic 6, 7 in 8 je razvidno, da izbira vrste energenta močno vpliva na dobljene vrednosti preostalih treh energetske kazalnikov: letna primarna energija, letna dovedena energija, letne emisije CO<sub>2</sub>. Najvišje vrednosti letne dovedene in primarne energije dobimo v primeru uporabe ekstra lahkega kurilnega olja. Najvišje vrednosti emisije CO<sub>2</sub> z uporabo lesne biomase. Najnižje vrednosti dovedene energije in emisij CO<sub>2</sub> dobimo v primeru uporabe toplotne črpalke voda-voda. Najnižje vrednosti primarne energije pa v primeru uporabe lesne biomase. Generacija ogrevalnega sistema ima največji vpliv pri ekstra lahkem kurilnem olju najnižje pa pri lesni biomasi. Več o dobljenih rezultatih bom zapisal v poglavju 7 ANALIZA DOBLJENIH REZULTATOV, po opravljenem izračunu energetske učinkovitosti – stanje po sanaciji.

## 5 SANACIJSKI UKREPI

S sanacijskimi ukrepi želimo izboljšati energetske učinkovitost objekta. Pomembno je, da izberemo smiselne sanacijske ukrepe s katerimi ne vplivamo na samo funkcionalnost objekta oziroma je ne poslabšamo. Sanacijska ukrepa, ki sem ju izbral za obravnavan objekt sta sledeča: zamenjava transparentnih delov (oken in vrat) ter dodatno toplotno izoliranje zunanjih sten. Za tovrstna sanacijska ukrepa sem se odločil predvsem z razlogom enostavne izvedbe ter razmeroma nizkih finančnih vložkov ter majhnega poseganja v objekt. Možni sanacijski ukrepi bi bili tudi: dodatno izoliranje strehe ter medetažne konstrukcije in sanacija tal. Ker je bila strešna kritina na objektu zamenjana pred 5 leti in je praktično nova bi bila sanacija strehe nesmiselna, saj bi predstavljala prevelik strošek. Za saniranje tal se prav tako nisem odločil saj se mi zdi, da bi tak ukrep predstavljal prevelik poseg v objekt. Dodatno izoliranje medetažne konstrukcije bi bilo sicer možno ter lahko izvedljivo, ker pa ne predstavlja zunanjega ovoja stavbe, se za tovrsten ukrep nisem odločil.

### 5.1 Sanacijski ukrep 1: zamenjava transparentnih delov (oken in vrat)

Menjava oken je en izmed najpogosteje izbranih ter smiselnih sanacijskih ukrepov, saj z menjavo oken in vrat z razmeroma nizkim vložkom lahko zelo izboljšamo energijsko učinkovitost objekta. Prednost takšnega sanacijskega ukrepa je tudi v minimalnem poseganju v obstoječ objekt.

Tehnična smernica TSG-1-004:2010, za transparente dele predpisuje naslednje vrednosti U-faktorjev [9]:

- Vertikalna okna, balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas:  $U=1,30\text{W/m}^2\text{K}$ ,
- Strešna okna, steklene strehe:  $U=1,40\text{W/m}^2\text{K}$ ,
- Vhodna vrata:  $U=1,60\text{W/m}^2\text{K}$ ,
- Garažna vrata:  $U=2,00\text{W/m}^2\text{K}$ .

Okna in vrata, ki so trenutno vgrajena v obravnavanem objektu imajo naslednje vrednosti toplotne prehodnosti: okna:  $3,25\text{ W/m}^2\text{K}$ , strešna okna  $3,00\text{ W/m}^2\text{K}$ , vhodna vrata  $4,65\text{ W/m}^2\text{K}$ , balkonska vrata  $2,80\text{ W/m}^2\text{K}$ , garažna vrata  $3,50\text{ W/m}^2\text{K}$ . Ker omenjeni transparentni deli močno presegajo vrednosti, ki jih predpisuje tehnična smernica je izbran ukrep smiseln, če ne celo nujno potreben. Pri izvedbi sanacije bi upošteval, da bi vgrajena okna zadoščala zahtevam tehnične smernice, zato bom pri izračunih upošteval vrednosti, ki jih predpisuje tehnična smernica TSG-1-004:2010 [9]. Upoštevam tudi, da bi imela nova okna trojno zasteklitev (primer prikazuje Slika 8), kar vpliva na spremembo  $g_g$  faktorja. Faktor  $g_g$  pri oknih s takšno vrsto zasteklitve znaša  $0,53$  [17].





Slika 8: Primer lesenega okna s trojno zasteklitvijo proizvajalca AJM [vir: 22]

## 5.2 Sanacijski ukrep 2: dodatno toplotno izoliranje zunanjih sten

Z dodatnim izoliranjem zunanjih sten, bi zmanjšal toplotno prehodnost. Ker je obstoječa izolacija v dobrem stanju, je nebi bilo potrebno odstraniti temveč bi lahko dodatno toplotno izolacijo namestili kar na obstoječo fasado. Kot dodatno toplotno izolacijo bi v tem primeru izbral EPS plošče ( $\lambda = 0,039$  W/mK) debeline 75 mm, ki se jih lahko enostavno prilepi na obstoječo fasado. Z izvedbo omenjenega sanacijskega ukrepa znižamo koeficient toplotne prehodnosti zunanjih sten iz obstoječih  $0,44$  W/m<sup>2</sup>K [6] na novo vrednost  $0,237$  W/m<sup>2</sup>K [6] ter s tem pripomoremo k zmanjšanju toplotnih izgub ter posledično boljši energetske učinkovitosti objekta. Z novo toplotno prehodnostjo pa izpolnjujemo tudi minimalne kriterije po PURES 2010, ki za zunanje stene predpisuje omejitev toplotne prehodnosti na  $0,28$  W/m<sup>2</sup>K [7].

## 6 IZRAČUN ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBJEKTA – STANJE PO SANACIJI

### 6.1 Vhodni podatki

#### 6.1.1 Osnovni podatki

Sanacijski ukrepi ne vplivajo na osnovne podatke o objektu, zato le-te ostanejo enaki kot pri izračunu energetske učinkovitosti objekta v obstoječem stanju (4.1.1). Zaradi boljše preglednosti jih podajam ponovno.

- Neto prostornina kondicionirane cone (ogrevani prostori):  $V_e = 1578,72m^3$
- Neto prostornina nekondicionirane cone (hladno ostrešje):  $V_e = 216,72m^3$
- Uporabna površina kondicionirane cone (ogrevani prostori):  $A_u = 789,36m^2$
- Uporabna površina nekondicionirane cone (hladno ostrešje):  $A_u = 144,48m^2$
- Ogrevanje: 235dni
- Vrsta objekta glede na toplotno kapaciteto: srednja
- Zemljina: toplotna prevodnost zemljine  $\lambda_g = 2,00$  (W/mK)
- Projektna notranja temperatura: pozimi  $\Theta_{iph} = 20^\circ C$ , poleti  $\Theta_{ipc} = 26^\circ C$
- Povprečna moč dobitkov notranjih virov  $\Phi_i = 3947W$

#### 6.1.2 Prezračevanje

Predpostavljam, da se zaradi menjave transparentnih delov izboljša tesnjenje objekta, zato upoštevam nekoliko zmanjšane vrednosti urne izmenjave zraka z zunanjim okoljem v kondicionirani coni in sicer:

- Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem – kondicionirana cona:  $n = 0,50h^{-1}$
- Minimalna izmenjava zraka – kondicionirana cona:  $n_{min} = 0,50h^{-1}$

V območju nekondicionirane cone pa pri izračunu upoštevam enako vrednost kot pri obstoječem stanju, saj sanacijski ukrepi ne bodo vplivali na urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem.

- Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem – nekondicionirana cona:  $n = 0,30h^{-1}$
- Minimalna izmenjava zraka – nekondicionirana cona:  $n_{min} = 0,30h^{-1}$

### 6.1.3 Konstrukcijski sklopi

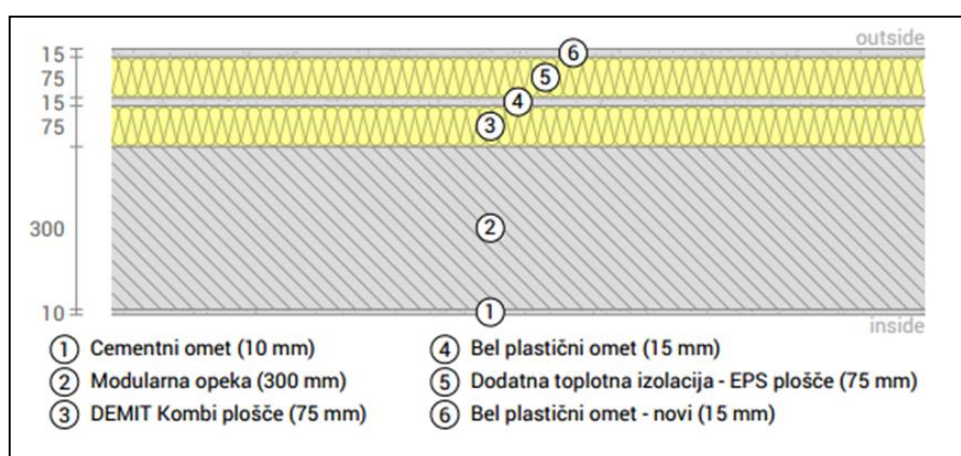
#### 6.1.3.1 Tla

Ker se za sanacijo tal nisem odločil, upoštevam enake lastnosti kot pri obstoječem stanju (4.1.3.1).

- Toplotna prehodnost  $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### 6.1.3.2 Zunanje stene

- Površina (le netransparentni del) – kondicionirana cona:  $A=367,34\text{m}^2$ - Površina (le netransparentni del) – nekondicionirana cona:  $A=91,84\text{m}^2$



Slika 9: Konstrukcijski sklop zunanje stene – stanje po sanaciji ( $U=0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) [vir: 6]

Slika 9 prikazuje konstrukcijski sklop po izvedeni sanaciji. Dodatna toplotna izolacija debeline 7,5 cm vpliva na zmanjšanje toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa in sicer iz  $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6] na  $U=0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6]. Konstrukcijski sklop tako po izvedeni sanaciji ustreza zahtevam PURES A 2010 [7].

#### 6.1.3.3 Streha

Lastnosti strehe ostanejo po sanacijskih ukrepih nespremenjene. Privzamem enake vrednosti kot v obstoječem stanju. Konstrukcijski sklopi so prikazani v poglavju 4.1.3.2.

- Toplotna prevodnost – kondicionirana cona:  $U=0,246 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6]

- Toplotna prevodnost – nekondicionirana cona:  $U=0,840 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6]

#### 6.1.3.4 Predelni strop med ogrevanimi prostori ter hladnim ostrešjem

Predelnemu stropu se prav tako lastnosti po sanaciji ne spremenijo, zato upoštevam enake vrednosti, kot pri izračunu v obstoječem stanju (4.1.3.3).

- Toplotna prehodnost:  $U^*=0,355 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 6.1.4 Transparentni deli

Preglednica 9: Seznam in lastnosti transparentnih delov – stanje po sanaciji

Orientacija	Število in vrsta transparentnega dela	$A_w$ (m <sup>2</sup> )	$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	$g_{gl}$ (-)	$F_F$ (-)
Sever	2 X okno (1,20 x 1,40)	3,36	1,30	0,53	0,30
Jug	2 X okno (1,20 x 1,40)	3,36	1,30	0,53	0,30
Vzhod	16 X okno (1,20 x 1,40)	26,88	1,30	0,53	0,30
	8 X balkonska vrata (0,80 x 2,20)	14,08	1,30	0,53	0,25
	8 X strešno okno (0,80 x 1,20)	7,68	1,40	0,53	0,30
	4 X vhodna vrata (1,00 x 2,10)	8,40	1,60	0,30	0,25
Zahod	12 X okno (1,20 x 1,40)	20,16	1,30	0,53	0,30
	4 X okno (0,80 x 0,90)	2,88	1,30	0,53	0,30
	12 X strešno okno (0,80 x 1,20)	11,52	1,40	0,53	0,30
	4 X garažna vrata (2,40 x 2,10)	20,16	2,00	0,30	0,20
	4 X vhodna vrata (1,00 x 2,10)	8,40	1,60	0,30	0,25

S Preglednice 8 lahko razberemo površine transparentnih delov, njihove lastnosti ter orientiranost. Površina transparentnih delov, glede na stanje pred sanacijo ostaja nespremenjena, spremenijo pa se faktorji  $U_w$ ,  $g_{gl}$  ter  $F_F$ .

### 6.1.5 Način ogrevanja objekta

Pri izračunu upoštevam enake vrste energentov in učinkovitosti sistemov kot pri obstoječem stanju (4.1.5).

## 6.2 Rezultati

### 6.2.1 Ekstra lahko kurilno olje

Preglednica 10: Energetski kazalniki – stanje po sanaciji (ekstra lahko kurilno olje)

Ekstra lahko kurilno olje						
Generacija	Distribucija	Emisija	$Q/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	$Q_p/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	$Q_{NH}/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)
0,80	0,87	0,86	103,42	136,89	31,78	40,21
0,85	0,87	0,86	99,80	132,90	30,82	
0,90	0,87	0,86	96,18	128,92	29,86	
0,95	0,87	0,86	92,56	124,94	28,90	
1,00	0,87	0,86	88,93	120,96	27,95	
1,05	0,87	0,86	85,49	117,16	27,03	
0,80	0,80	0,77	116,09	150,82	35,14	
1,05	0,95	0,96	74,98	105,61	24,25	

V kolikor upoštevam enake vrednosti distribucije (0,87) in emisije (0,86) lahko s pomočjo Preglednice 10 ugotovim, da se s spreminjanjem generacije ogrevalnega sistema vrednost letne dovedene energije spremeni iz 103,43 kWh/m<sup>2</sup>a (generacija 0,80) na 85,49 kWh/m<sup>2</sup>a (generacija 1,05), kar predstavlja 17,35% znižanje. Primarna energija se ob upoštevanju enakih predpostavk zniža iz 136,89 kWh/m<sup>2</sup>a na 117,16 kWh/m<sup>2</sup>a, kar predstavlja 14,41% znižanje. Emisije CO<sub>2</sub> pa se z višanjem generacije sistema znižajo iz 32,78 kg/m<sup>2</sup>a na 27,03 kg/m<sup>2</sup>a, kar je izraženo v odstotkih 17,54% znižanje.

## 6.2.2 Lesna biomasa

Preglednica 11: Energetski kazalniki – stanje po sanaciji (lesna biomasa)

Lesna biomasa						
Generacija	Distribucija	Emisija	Q/A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>p</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>NH</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
0,80	0,87	0,86	103,42	49,99	34,82	40,21
0,85	0,87	0,86	99,80	49,63	33,74	
0,90	0,87	0,86	96,18	49,27	32,65	
0,95	0,87	0,86	92,56	48,90	31,57	
1,00	0,87	0,86	88,93	48,54	30,48	
0,80	0,80	0,77	116,09	51,26	38,63	
1,00	0,95	0,96	77,91	47,44	21,17	

Ob predpostavljeni enaki vrednosti distribucije (0,87) in emisije (0,86) ogrevalnega sistema in s spreminjanjem generacije lahko s pomočjo Preglednice 11 določim spremembe energetskih kazalnikov. Letna dovedena energija v primeru sistema generacije 0,80 znaša 103,42 kWh/m<sup>2</sup>a v primeru upoštevanja generacije 1,00 pa 88,93 kWh/m<sup>2</sup>a. Z višanjem generacije ogrevalnega sistema se tako vrednost letne dovedene energije zmanjša za 14,01%. Letna primarna energija se višanjem generacije ravno tako zniža in sicer iz 49,99 kWh/m<sup>2</sup>a (generacija 0,80) na 48,54 kWh/m<sup>2</sup>a (generacija 1,00), kar predstavlja 2,90% znižanje. Emisije CO<sub>2</sub> pa se znižajo 34,82 kg/m<sup>2</sup>a (generacija 0,80) na 30,48 kg/m<sup>2</sup>a (generacija 1,00) oziroma za 12,46%.

### 6.2.3 Toplotna črpalka

Preglednica 12: Energetski kazalniki – obstoječe stanje (toplotna črpalka)

Toplotna črpalka							
Vrsta	Generacija	Distribucija	Emisija	Q/A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>p</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	Q <sub>NH</sub> /A <sub>k</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
ZRAK - VODA	3,40	0,87	0,86	37,82	94,55	20,04	40,21
	3,60	0,87	0,86	36,64	91,59	19,42	
	3,80	0,87	0,86	35,58	88,94	18,86	
	4,00	0,87	0,86	34,62	86,56	18,35	
	3,40	0,80	0,77	40,92	102,31	21,69	
	4,00	0,95	0,96	31,87	79,67	16,89	
ZEMLJA - VODA	4,40	0,87	0,86	32,98	82,44	17,48	40,21
	4,60	0,87	0,86	32,26	80,66	17,10	
	4,80	0,87	0,86	31,61	79,02	16,75	
	5,00	0,87	0,86	31,00	77,51	16,43	
	4,40	0,80	0,77	35,38	88,44	18,75	
	5,00	0,95	0,96	28,80	71,99	15,26	
VODA - VODA	5,20	0,87	0,86	30,45	76,11	16,14	40,21
	5,40	0,87	0,86	29,93	74,83	15,86	
	5,60	0,87	0,86	29,45	73,63	15,61	
	5,80	0,87	0,86	29,01	72,51	15,37	
	6,00	0,87	0,86	28,59	71,47	15,15	
	6,20	0,87	0,86	28,20	70,50	14,95	
	5,20	0,80	0,77	32,48	81,19	17,21	
	6,20	0,95	0,96	26,42	66,05	14,00	

Tako kot v pri obstoječem stanju se tudi v stanju po sanaciji kot najučinkovitejša izkaže toplotna črpalka voda-voda, saj so vrednosti vseh 4 energetskih kazalnikov nižje kot pri ostalih dveh (zrak-voda, zemlja-voda). S Preglednice 12 za sistem toplotne črpalke voda-voda ob predpostavljenih enakih vrednostih distribucije (0,87) in emisije (0,86) odčitam vrednost letne dovedene energije 30,45 kWh/m<sup>2</sup>a pri generaciji 5,2 ter 28,20 kWh/m<sup>2</sup>a pri generaciji 6,2. Sprememba letne dovedene energije predstavlja 7,37%. Vrednost primarne energije pri generaciji sistema 5,2 je 76,11 kWh/m<sup>2</sup>a pri generaciji 6,2 pa 70,50 kWh, kar predstavlja 7,37% znižanje. Emisije CO<sub>2</sub> pa se znižajo iz 16,14 kg/m<sup>2</sup>a (generacija 5,2) na 14,95 kg/m<sup>2</sup>a (generacija 6,2) oziroma 7,37%.

Komentar: V Preglednicah 10, 11, 12 so vrednosti vseh štirih energetskih kazalnikov nižje v primerjavi z vrednostmi v Preglednicah 6, 7, 8. Nižje vrednosti dobimo zaradi izvedenih sanacijskih ukrepov.

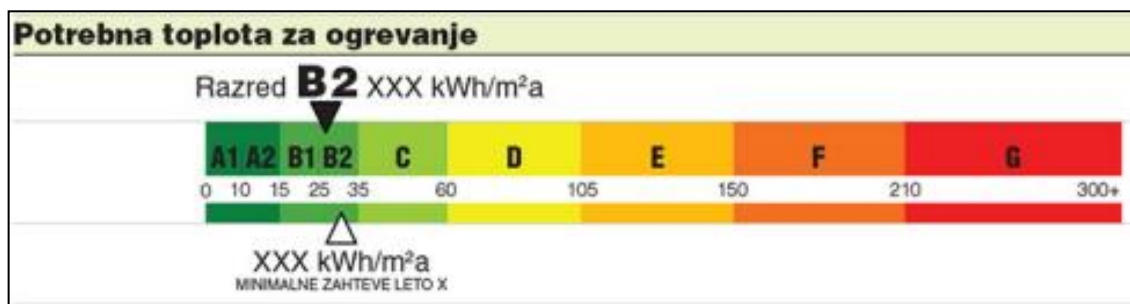
## 7 ANALIZA PRIDOBLENIH REZULTATOV

### 7.1 $Q_{NH}/A_k$ - letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

- *Obstoječe stanje:*  $Q_{NH}/A_k=75,64 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

- *Stanje po sanaciji:*  $Q_{NH}/A_k=40,21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Objekt bi se v obstoječem stanju po trenutni zakonodaji uvrstil v energetske razred D (60-105 kWh/m<sup>2</sup>a). Po pričakovanjih se z upoštevanjem sanacijskih ukrepov letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe zniža, objekt pa se uvrsti v razred višje – C (35-60 kWh/m<sup>2</sup>a). Vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe je neodvisna od vrste ogrevanja. Na Sliki 10 je prikazana razvrstitev objektov v razrede, ki jo podaja priloga pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb.



Slika 10: Razvrstitev objektov v energetske razrede po obstoječi zakonodaji [vir: 23]

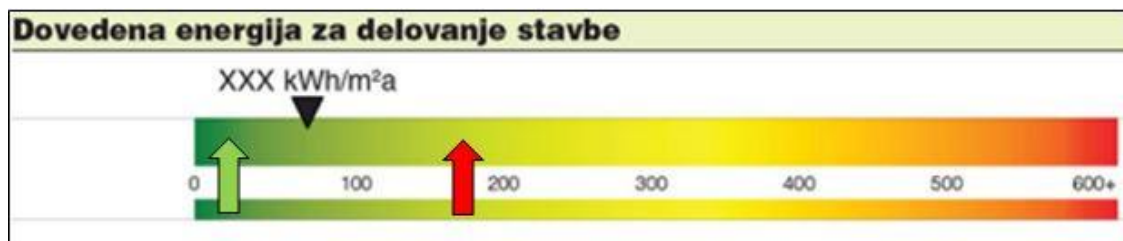
### 7.2 $Q/A_k$ – letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

- *Obstoječe stanje:* vrednosti se tako pri uporabi ekstra lahkega kurilnega olja kot lesne biomase gibljejo nekje med 130 in 160 kWh/m<sup>2</sup>a odvisno od učinkovitosti ogrevalnega sistema. Z večanjem učinkovitosti ogrevalnega sistema vrednost pada. Pri uporabi toplotnih črpalk je vrednost letne dovedene energije za delovanje stavb občutno manjša in sicer se giblje nekje med 35 in 55 kWh/m<sup>2</sup>a, odvisno od vrste uporabljene toplotne črpalke. Najnižjo vrednost dosežemo z uporabo toplotne črpalke voda-voda, kar je pričakovano, saj imajo tovrstne toplotne črpalke najboljšo učinkovitost.

- *Stanje po sanaciji:* sanacijski ukrepi zmanjšajo vrednosti. Pri uporabi ekstra lahkega kurilnega olja in lesne biomase so nove vrednosti med 85 in 105 kWh/m<sup>2</sup>a. Z uporabo toplotnih črpalk pa med 30 in 40 kWh/m<sup>2</sup>a, v določenih primerih z zelo učinkovitimi sistemi lahko pridemo tudi pod 30 kWh/m<sup>2</sup>a.

Slika 11 prikazuje diagram obstoječe zakonodaje, ki prikazuje vrednosti dovedene energije za delovanje stavbe. Obravnavani objekt ima najvišjo vrednost dovedene energije v obstoječem stanju in sicer v primeru uporabe ekstra lahkega olja ali lesne biomase in sistema katerega vrednost generacije in distribucije je 0,80 ter emisije 0,77. Vrednost dovedene energije v tem primeru je 181,02 kWh/m<sup>2</sup>a in je na Sliki 11 označena z rdečo puščico. Najnižjo vrednost dovedene energije in sicer 26,42 kWh/m<sup>2</sup>a

pa dobimo v primeru saniranega stanja in uporabi toplotne črpalke (voda-voda), katere vrednost generacije je 0,62; vrednost emisije 0,96 ter vrednost distribucije 0,95. Na Sliki 11 je ta situacija prikazan z zeleno puščico. Opazimo lahko, da v tem primeru računaska energetska izkaznica ne podaja razredov, tako kot v primeru potrebne toplote za ogrevanje.

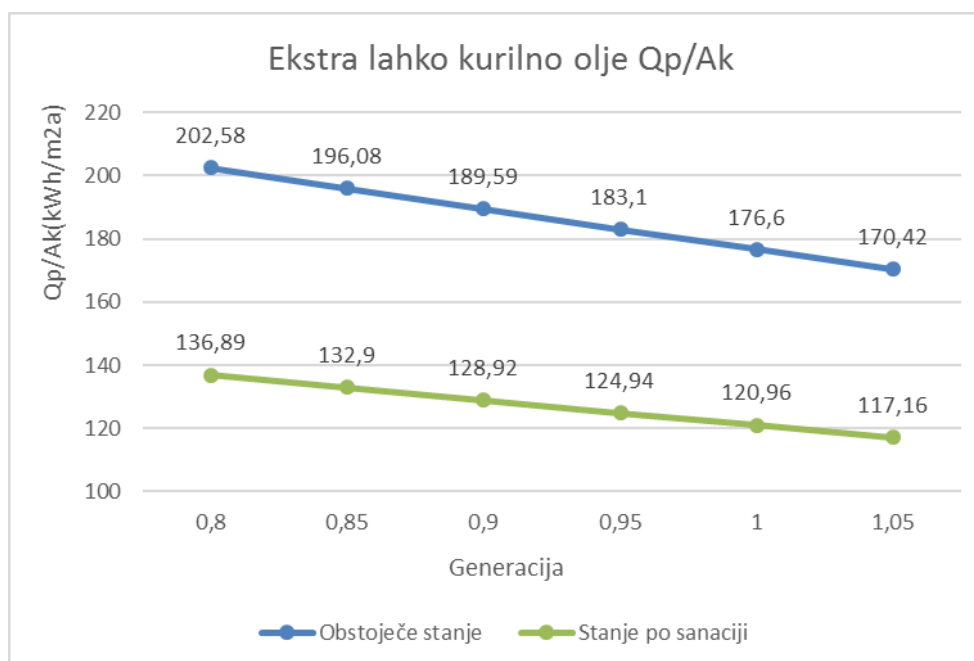


Slika 11: Umestitev glede na vrednost dovedene energije za delovanje stavbe po obstoječi zakonodaji [vir: 23]

### 7.3 $Q_p/A_k$ – letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

Zanima me kako učinkovitost sistema ogrevanja vpliva na porabo primarne energije v obstoječem stanju ter kakšen je vpliv sanacijskih ukrepov. Zaradi bolj nazornega prikaza ter lažje interpretacije rezultatov sem se odločil, da rezultate o vrednostih letne primarne energije prikažem grafično. Grafikon 2-6 prikazuje vrednosti letne primarne energije v odvisnosti od generacije sistema ogrevanja.

Grafikon 2: Ekstra lahko kurilno olje  $Q_p/A_k$

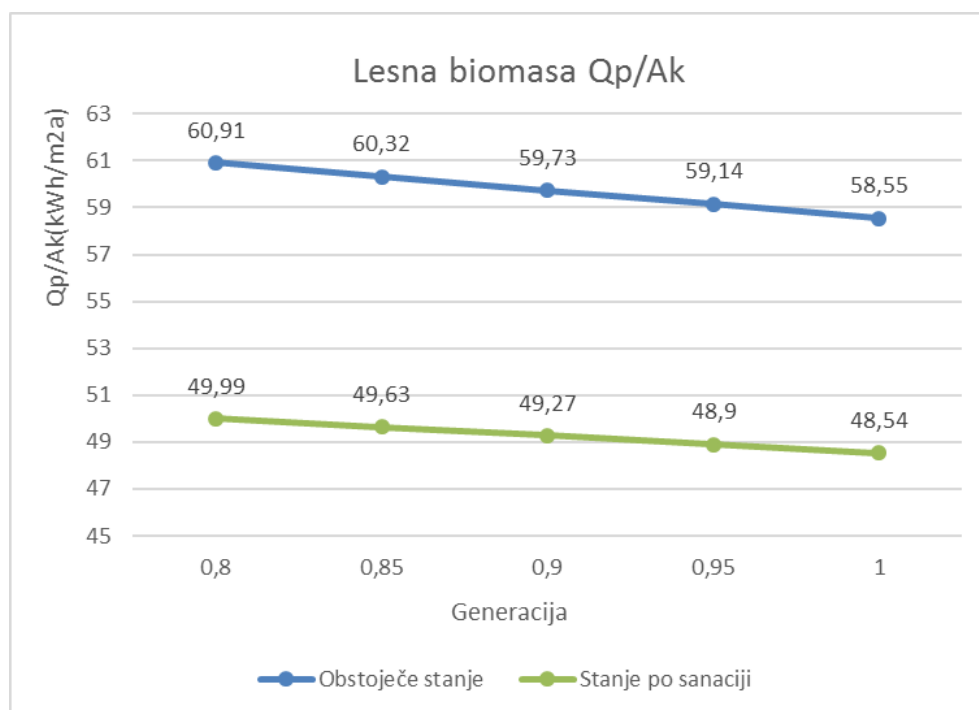




Na podlagi Grafikona 2 določim:

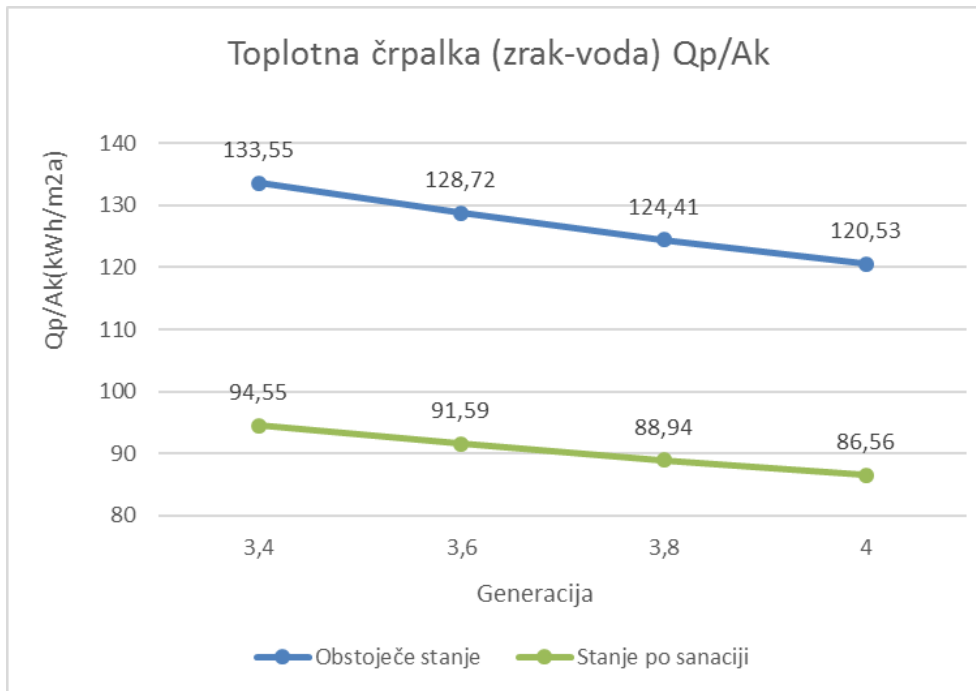
- Obstoječe stanje: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 202,58 kWh/m<sup>2</sup>a na 170,42 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **15,88%**.
- Vpliv sanacije na zmanjšanje primarne energije: pri generaciji 0,8 se zmanjša iz 202,58 kWh/m<sup>2</sup>a na 136,89 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **32,43%**, pri generaciji 1,05 pa iz 170,42 kWh/m<sup>2</sup>a na 117,16 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **31,25%**.
- Stanje po sanaciji: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 136,89 kWh/m<sup>2</sup>a na 117,16 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **14,41%**.

Grafikon 3: Lesna biomasa Qp/Ak



Na podlagi Grafikona 3 določim:

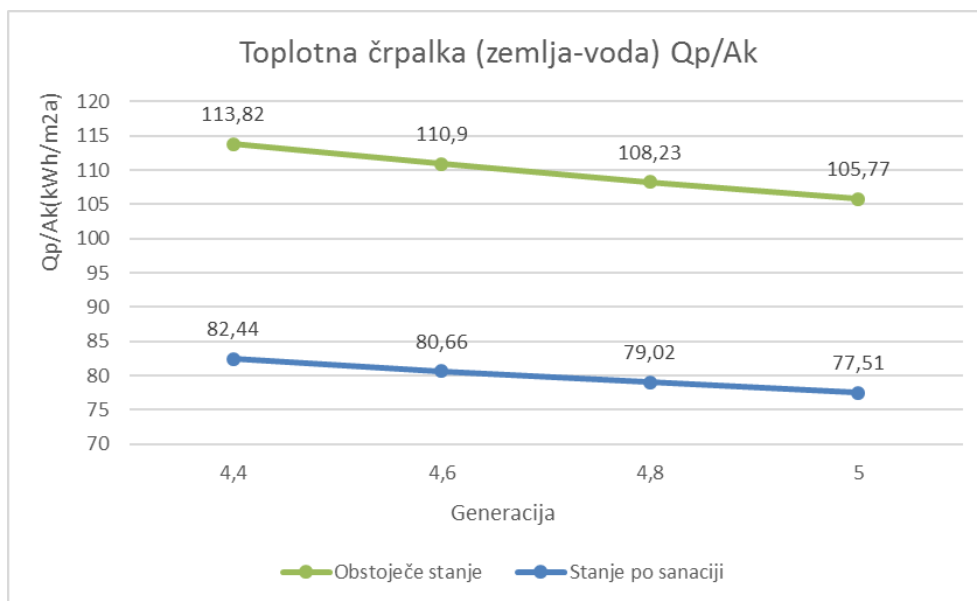
- Obstoječe stanje: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 60,91 kWh/m<sup>2</sup>a na 58,55 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **3,87%**.
- Vpliv sanacije na zmanjšanje primarne energije: pri generaciji 0,8 se zmanjša iz 60,91 kWh/m<sup>2</sup>a na 48,54 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **17,93%**, pri generaciji 1,00 pa iz 58,55 kWh/m<sup>2</sup>a na 48,54 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **17,10%**.
- Stanje po sanaciji: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 49,99 kWh/m<sup>2</sup>a na 48,54 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **2,90%**.

Grafikon 4: Toplotna črpalka (zrak-voda)  $Q_p/A_k$ 

Na podlagi Grafikona 4 določim:

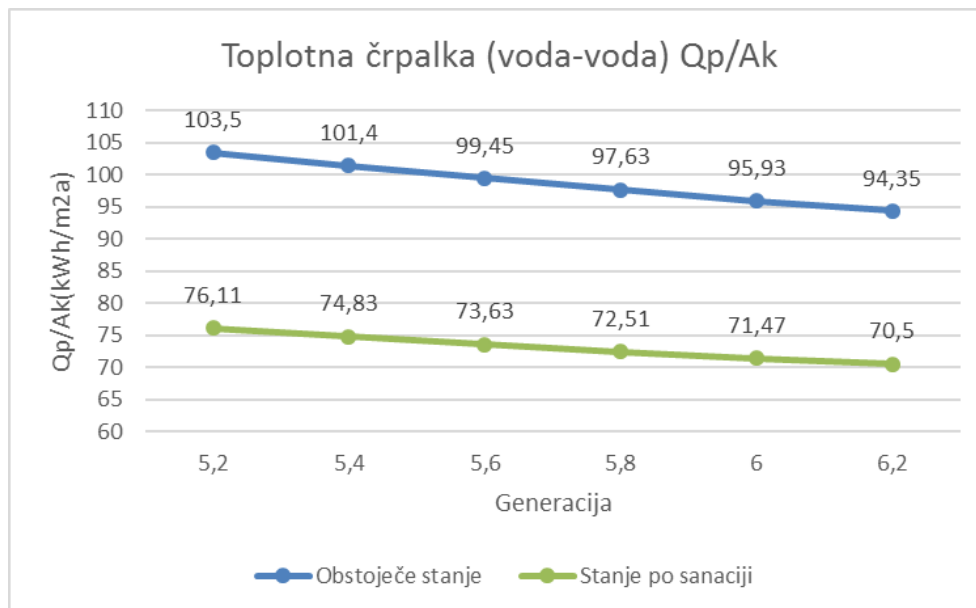
- Obstoječe stanje: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 133,55 kWh/m<sup>2</sup>a na 120,53 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **9,75%**.
- Vpliv sanacije na zmanjšanje primarne energije: pri generaciji 3,4 se zmanjša iz 133,55 kWh/m<sup>2</sup>a na 94,55 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **29,20%** pri generaciji 4,00 pa iz 120,53 kWh/m<sup>2</sup>a na 86,56 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **28,18%**.
- Stanje po sanaciji: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 94,55 kWh/m<sup>2</sup>a na 86,56 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **8,45%**.

Grafikon 5: Toplotna črpalka (zemlja-voda)  $Q_p/A_k$



Na podlagi Grafikona 5 določim:

- Obstoječe stanje: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 113,82 kWh/m<sup>2</sup>a na 105,77 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **7,07%**.
- Vpliv sanacije na zmanjšanje primarne energije: pri generaciji 4,4 se zmanjša iz 113,82 kWh/m<sup>2</sup>a na 82,44 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **27,57%**, pri generaciji 5,0 pa iz 105,77 kWh/m<sup>2</sup>a na 77,51 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **26,72%**.
- Stanje po sanaciji: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 82,44 kWh/m<sup>2</sup>a na 77,51 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma za **5,98%**.

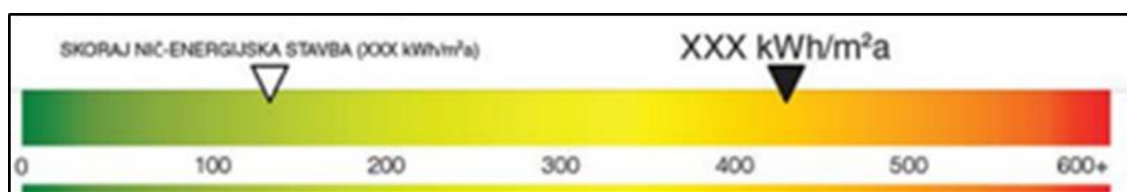
Grafikon 6: Toplotna črpalka (voda-voda)  $Q_p/A_k$ 

Na podlagi Grafikona 6 določim:

- Obstoječe stanje: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 103,5 kWh/m²a na 94,35 kWh/m²a oziroma za **8,84%**.
- Vpliv sanacije na zmanjšanje primarne energije: pri generaciji 5,20 se zmanjša iz 103,5 kWh/m²a na 76,11 kWh/m²a oziroma za **26,46%**, pri generaciji 6,20 pa iz 94,35 kWh/m²a na 70,50 kWh/m²a oziroma za **25,28%**.
- Stanje po sanaciji: vrednost primarne energije se z višanjem učinkovitosti zniža iz 76,11 kWh/m²a na 70,50 kWh/m²a oziroma za **7,37%**.

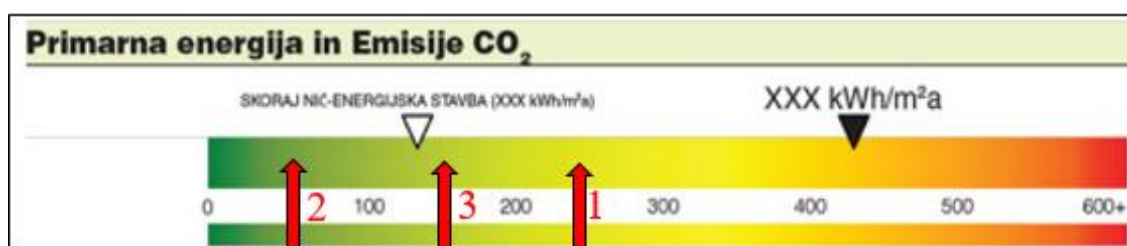
Najnižjo vrednost primarne energije dobimo z uporabo lesne biomase, tako v obstoječem kot tudi v stanju po sanaciji. Nizka vrednost primarne energije ob uporabi lesne biomase je posledica izredno nizkega faktorja pretvorbe, ki znaša 0,1 (Preglednica 2). Najvišjo vrednost primarne energije predstavlja uporaba ekstra lahkega kurilnega olja in znaša v najslabšem primeru (obstoječe stanje, generacija – 0,80; distribucija 0,80; emisija – 0,77) 225,29 kWh/m²a. S primerjavo uporabe lesne biomase in ekstra lahkega kurilnega olja kot energenta tako lahko ugotovimo, da je primarna energija v primeru uporabe ekstra lahkega kurilnega olja približno kar 4x kot v primeru uporabe lesne biomase. Izmed toplotnih črpalk je glede primarne energije najučinkovitejša toplotna črpalka, ki deluje na principu voda-voda. Tak sistem ogrevanja ima po saniranem stanju vrednost primarne energije 70,5 kWh/m²a ob generaciji sistema 6,2. V primeru uporabe toplotnih črpalk (električne energije) faktor pretvorbe znaša 2,5 (Preglednica 2). Ravno izredno visok faktor pretvorbe v primeru uporabe toplotnih črpalk je razlog, da so vrednosti letne primarne energije visoke v primerjavi z vrednostmi letne

dovedene energije za delovanje stavbe. Lahko razberem, da imajo sanacijski ukrepi na letno primarno energijo največji vpliv v primeru uporabe ekstra lahkega kurilnega olja kot energenta in sicer se z upoštevanjem sanacijskih ukrepov vrednost letne primarne energije zniža za 32,43% pri generaciji 0,8 in 31,25% pri generaciji 1,05. Opazim lahko, da je vpliv sanacijskih ukrepov nekoliko večji v primeru uporabe ogrevalnega sistema z nižjo vrednostjo generacije. Ta ugotovitev velja pri vseh vrstah energentov, vendar pa je razlika majhna saj se pri vseh ta razlika giblje okrog 1%. Najmanjši vpliv imajo sanacijski ukrepi v primeru uporabe lesne biomase, kjer se vrednost letne primarne energije zmanjša za 17,93% (generacija 0,8) oziroma 17,10% (generacija 1,00). V primeru uporabe kurilnega olja je ta faktor 1,1 Umestitev po trenutni zakonodaji je prikazana na Sliki 12. Tudi v primeru obravnave primarne energije energetska izkaznica podaja le barvno skalo in ne posameznih razredov.



Slika 12: Umestitev glede na vrednost primarne energije po obstoječi zakonodaji [vir: 23]

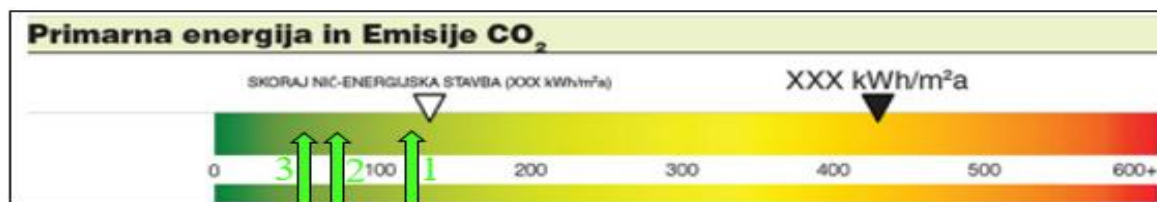
Na sliki 13 so s tremi rdečimi puščicami prikazane najvišje vrednosti primarne energije, katere dobimo z najslabšo kombinacijo (slaba generacija, emisija, distribucija energenta ter obstoječe stanje). Puščica 1 predstavlja uporabo ekstra lahkega kurilnega olja (generacija 0,80; distribucija 0,80; emisija 0,77), puščica 2 uporabo lesne biomase (generacija 0,80; distribucija 0,80; emisija 0,77) in puščica 3 električne energije oziroma uporabo toplotne črpalke zrak-voda (generacija 3,4; distribucija 0,80; emisija 0,77)



Slika 13: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najvišje dobljene vrednosti primarne energije [vir: 21]

Na sliki 14 pa so s tremi zelenimi puščicami označeni najnižje vrednosti primarne energije, katere dobimo z najboljšo kombinacijo (dobra generacija, emisija, distribucija ter stanje po sanaciji). Puščica 1 predstavlja uporabo ekstra lahkega kurilnega olja (generacija 1,05; distribucija 0,95; emisija 0,96), puščica 2 uporabo lesne biomase (generacija 1,00; distribucija 0,95; emisija 0,96) in puščica 3

električne energije oziroma uporabo toplotne črpalke voda-voda (generacija 6,2; distribucija 0,95; emisija 0,96).



Slika 14: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najnižje dobljene vrednosti primarne energije [vir: 23]

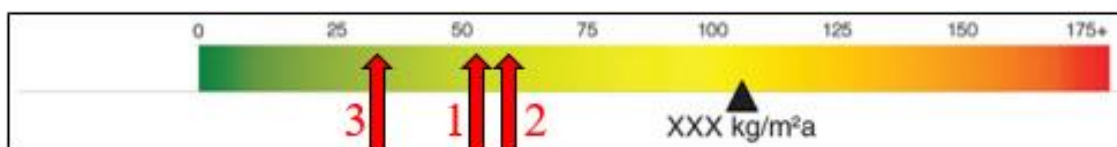
#### 7.4 Letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

- *Obstoječe stanje*: vrednosti emisije CO<sub>2</sub> so v primeru uporabe ekstra lahkega kurilnega olja med 40 in 50 kg/m<sup>2</sup>a, v primeru uporabe lesne biomase okrog 50kg/m<sup>2</sup>a, v primeru toplotnih črpalk pa med 20 in 30 kg/m<sup>2</sup>a.

- *Stanje po sanaciji*: s sanacijskimi ukrepi se vrednosti emisij CO<sub>2</sub> nekoliko zmanjšajo. Nove vrednosti so tako za primer ogrevanja z ekstra lahkim kurilnim oljem okrog 30 kg/m<sup>2</sup>a. V primeru uporabe lesne biomase se vrednosti emisij CO<sub>2</sub> z upoštevanje sanacijskih ukrepov gibljejo okrog 35 kg/m<sup>2</sup>a z uporabo sistema z veliko učinkovitostjo pa je lahko vrednost emisij CO<sub>2</sub> tudi veliko nižja (21 kg/m<sup>2</sup>a). Tako kot pri obstoječem stanju je tudi v stanju po sanaciji najnižja vrednost emisij CO<sub>2</sub> v primeru uporabe toplotnih črpalk in sicer se vrednosti gibljejo nekje med 20 in 25kg/m<sup>2</sup>a.

Tako kot za primarno energijo ter letno primarno energijo tudi za emisije CO<sub>2</sub> energetska izkaznica ne ločuje posameznih razredov, v katere bi razvrstili objekte glede na emisije CO<sub>2</sub>.

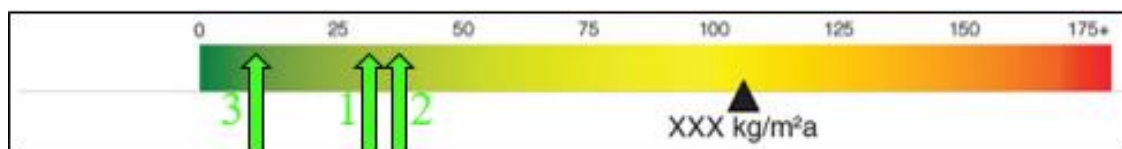
Na sliki 15 so s tremi rdečimi puščicami označene najvišje vrednosti emisij CO<sub>2</sub>, ki sem jih dobil pri izračunih in sicer pri najslabši kombinaciji (slaba generacija, emisija, distribucija energenta ter obstoječe stanje). Puščica 1 predstavlja uporabo ekstra lahkega kurilnega olja (generacija 0,80; distribucija 0,80; emisija 0,77), puščica 2 uporabo lesne biomase (generacija 0,80; distribucija 0,80; emisija 0,77) in puščica 3 električne energije oziroma uporabo toplotne črpalke zrak-voda (generacija 3,4; distribucija 0,80; emisija 0,77).



Slika 15: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najvišje dobljene vrednosti emisij CO<sub>2</sub> [vir: 23]

Na sliki 16 pa so s tremi zelenimi puščicami označeni najnižje vrednosti emisij CO<sub>2</sub>, katere dobimo z najboljšo kombinacijo (dobra generacija, emisija, distribucija ter stanje po sanaciji). Puščica 1

predstavlja uporabo ekstra lahkega kurilnega olja (generacija 1,05; distribucija 0,95; emisija 0,96), puščica 2 uporabo lesne biomase (generacija 1,00; distribucija 0,95; emisija 0,96) in puščica 3 električne energije oziroma uporabo toplotne črpalke voda-voda (generacija 6,2; distribucija 0,95; emisija 0,96).



Slika 16: Umestitev obravnavanega objekta po obstoječi zakonodaji glede na najnižje dobljene vrednosti emisij CO<sub>2</sub> [vir: 23]

## 7.5 Ugotovitve

Z analizo rezultatov sem ugotovil, da je letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe edini energetski kazalnik na podlagi katerega energetska izkaznica razvršča objekte v razrede. Za ostale tri kazalnike pa je v energetske izkaznici podan le diagram, ki na podlagi barv prikazuje ustreznost energetskih kazalnikov. Barve prehajajo iz zelene (dobra energetska učinkovitost) v rdečo (slaba energetska učinkovitost). Dobra lastnost takšnega diagrama je preglednost, saj lahko na podlagi znane vrednosti energetskega kazalnika, ki ga umestimo na diagram hitro razberemo lastnost le tega. Slabost pa je to, da diagrami nimajo določenih razredov, tako kot pri letni potrebni toploti za ogrevanje. Ravno zaradi tega je pri interpretaciji energetske izkaznice večji poudarek na tem energetskega kazalniku saj ga podamo z vrsto razreda, v katerega je umeščen objekt. Zavedati pa se moramo, da na kazalnik letne potrebne toplote za ogrevanje ne vpliva izbira energenta ogrevanja niti način in učinkovitost ogrevalnega sistema. Tako lahko pride do situacije, kjer imamo dva objekta, ki sta oba uvrščena v isti energetski razred, s tem, da ima en objekt sistem ogrevanja na lesno biomaso drugi pa se ogreva na ekstra lahko kurilno olje. Letna primarna energija objekta, ki ima sistem ogrevanja na lesno biomaso je zaradi izjemno nizkega pretvorbenega faktorja, ki znaša 0,1 (Preglednica 2) bistveno manjša od objekta, ki se ogreva na ekstra lahko kurilno olje. Prav tako sta lahko objekta celo v primeru uporabe enakega energenta vendar sistema z različno učinkovitostjo uvrščena v isti razred čeprav se vsi ostali trije energetski kazalniki ( $Q$ ,  $Q_p$ , emisije CO<sub>2</sub>) razlikujejo. Poleg upoštevanja vsaj še enega od energijskih kazalnikov poleg  $Q_{NH}$  je pri razvrščanju objektov v energetske razrede potrebno razmisliti tudi o smiselnosti podajanja vrednosti energetskih kazalnikov na enoto površine. Za primer lahko vzamemo objekta enakih lastnosti (toplotna prevodnost konstrukcijskih sklopov, lastnosti transparentnih delov, sistem ogrevanja, način prezračevanja) ter enakih tlorisnih površin vendar drugačnih etažnih višin. Ker imata oba objekta enake lastnosti bi bilo smiselno pričakovati, da bosta oba uvrščena tudi v isti energetski razred. Ker pa razvrščanje v razrede poteka na enoto površine se bo izkazalo, da je objekt z nižjo etažno višino energetsko učinkovitejši.

## 8 MOŽNE REŠITVE OZIROMA DOPOLNITVE OBSTOJEČEGA NAČINA RAZVRŠČANJA OBJEKTOV GLEDE NA ENERGETSKO UČINKOVITOST

### 8.1 Varianta 1

Ugotovil sem, da bi bilo vsekakor potrebno v obstoječo razvrstitev v razrede vključiti vpliv izbire načina ogrevanja (primarna energija). To bi lahko naredili tako, da bi tudi za primarno energijo uvedli razrede tako kot so obstoječi razredi pri letni potrebni toploti za ogrevanje. Razredi za razvrstitev objektov na podlagi primarne energije so prikazani v Preglednici 13.

*Preglednica 13: Možna razvrstitev letne primarne energije v razrede – varianta 1*

Razred	$Q_p/A_k$ (kWh/m <sup>2</sup> a)
A1	0-25
A2	25-50
B1	50-75
B2	75-100
C	100-125
D	125-150
E	150-175
F	175-200
G	>200

Prav tako bi bilo smiselno v razrede umestiti tudi emisije CO<sub>2</sub>. Primer razvrstitve v razrede je prikazan v Preglednici 14.

*Preglednica 14: Razvrstitev v razrede po emisijah CO<sub>2</sub> – varianta 1*

Razred	CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)
A1	0-20
A2	20-40
B1	40-50
B2	50-60
C	60-80
D	80-100
E	100-120
F	120-140
G	>140



Razrede, ki so prikazani v Preglednici 13 in 14 sem določil na podlagi dobljenih rezultatov na primeru obravnavanega objekta in predstavljajo okvirne vrednosti. Pri določanju števila razredov sem upošteval podobnost s trenutnim razvrščanjem v razrede na podlagi  $Q_{NH}$  (Preglednica 1). Klasifikacijo razredov bi bilo smiselno opraviti na podlagi dobljenih rezultatov za večje število objektov, katere bi med seboj primerjali in nato na podlagi primerjav določili meje med razredi.

Sprememba v smislu uvedbe dodatnih dveh razredov, bi bila sicer dobrodošla, saj bi uporabnik dobil boljši občutek o tem kako energetske učinkovit je objekt, vendar pa bi lahko zaradi treh različnih razredov povzročala zmedo.

## 8.2 Varianta 2

Ker bi klasifikacija na podlagi treh energetske kazalnikov (varianata 1) pri uporabnikih po vsej verjetnosti povzročala zmedo bi bilo smiselno razmišljati v smeri izločitve enega od energetske kazalnikov. Poleg  $Q_{NH}$  bi tako upoštevali še ali  $Q_p$  ali  $CO_2$ . Ker sta vrednosti  $Q_p$  in  $CO_2$  med seboj povezani (preko uporabljenega energenta) bi lahko v klasifikaciji uporabili le enega izmed njiju. V tem primeru bi bilo morda bolje izbrati kazalnik emisij  $CO_2$ , saj so uporabniki nanj navajeni že iz drugih panog npr. iz avtomobilske industrije. Pomembno je, da je klasifikacija narejena na tak način, da si lahko vsak posameznik, ki ni strokovnjak s področja rabe energije lahko predstavlja kakšna je poraba energije objekta, ki je uvrščen v določen razred. Obstoječo klasifikacija je povzeta po klasifikaciji gospodinjskih aparatov. Ker se običajno ljudje v svojem življenju pogosteje srečujemo z nakupom gospodinjskih aparatov kot stavb, smo posledično tudi bolj seznanjeni s sistemom razvrščanja le teh v energetske razrede (Slika 17). To pa je tudi glavni razlog, da bi bilo klasifikacijo stavb potrebno še bolj približati klasifikaciji gospodinjskih aparatov.



Slika 17: Sistem klasifikacije gospodinjskih aparatov v energetske razrede [vir: 24]

V klasifikacijo stavb, bi način razvrščanja gospodinjskih aparatov lahko uvedli na način, da bi obstoječo razvrstitev v razrede razširili z dodatno oznako +, tako kot je to pri klasifikaciji gospodinjskih aparatov. Z oznako + bi označevali »okoljski vpliv stavbe« oziroma izpuste emisij  $CO_2$ .

V Preglednici 14 je prikazana možna dodatna razvrstitev glede na izpuste CO<sub>2</sub>. Določitev obsega razredov sem določil na podlagi obstoječe klasifikacije [14]

*Preglednica 15: Razvrstitev v razrede po emisijah CO<sub>2</sub>-varianta 2*

Razred	Emisija CO <sub>2</sub>
+++	<25 kg/m <sup>2</sup> a
++	25 – 50 kg/m <sup>2</sup> a
+	50-75 kg/m <sup>2</sup> a
Brez znaka +	>75 kg/m <sup>2</sup> a

Primeri klasifikacije obravnavanega objekta na podlagi variante 2 (primeri predstavljata najboljšo in najslabšo uvrstitev):

- Obstoječe stanje, lesna biomasa (generacija 0,80; distribucija; 0,80; emisija 0,77): Q<sub>NH</sub>=75,64 kWh/m<sup>2</sup>a, emisije CO<sub>2</sub>=58,61 kg/m<sup>2</sup>a – razred D+
- Sanirano stanje, toplotna črpalka voda-voda (generacija 6,2; distribucija 0,95, emisija 0,96): Q<sub>NH</sub>= 40,21 kWh/m<sup>2</sup>a, emisije CO<sub>2</sub>=14 kg/m<sup>2</sup>a – razred C+++

## 9 ZAKLJUČEK

V sklopu diplomske naloge sem na primeru izbranega objekta preučeval vpliv energetske sanacijskih ukrepov na energetske kazalnike. Predvsem me je zanimalo, kakšen vpliv ima izbira energenta na posamezne energetske kazalnike ter posledično na klasifikacijo objektov v energetske razrede po obstoječi zakonodaji. V ta namen sem si izbral tri različne vrste energentov (ekstra lahko kurilno olje, lesna biomasa, toplotna črpalka) ter izvedel izračun energetskega kazalnikov v obstoječem stanju za vsak posamezen energent. Na podlagi dobljenih rezultatov sem ugotovil, da so od izbire vrste energenta ter učinkovitosti ogrevalnega sistema odvisne letna dovedena energija, letna primarna energija ter emisije CO<sub>2</sub>, na letno potrebno toploto pa izbira vrste energente ne vpliva. V nadaljevanju sem si izbral smiselne sanacijske ukrepe ter ob upoštevanju le teh ponovno izvedel izračun energetskega kazalnikov. Vrednosti energetskega kazalnikov v obstoječem stanju in v stanju po sanaciji sem nato med seboj primerjal. Letna potrebna toplota za ogrevanje je ob upoštevanju sanacijskih ukrepov 46,84% nižja kot v obstoječem stanju. Letna primarna energija se v primeru uporabe ekstra lahkega kurilnega olja zniža za približno 30%. Ne glede na vrsto energenta pa se znižata tudi vrednost letne dovedene energije ter emisije CO<sub>2</sub>. S primerjavo rezultatov sem ugotovil tudi, da je vpliv sanacijskih ukrepov večji v primeru uporabe sistema ogrevanja z nizko učinkovitostjo, kot v primeru uporabe sistema z visoko učinkovitostjo. Obstoječa zakonodaja objekte razvršča v razrede le na podlagi letne potrebne toplote kar pomeni, da vrsta energenta ter učinkovitost ogrevalnega sistema ne vplivata na klasifikacijo. Ker sem ugotovil, da so od vrste energenta ter učinkovitosti ogrevalnega sistema močno odvisne vrednosti preostalih treh energetskega kazalnikov (letna dovedena energija, letna primarna energija ter emisije CO<sub>2</sub>) sem predlagal možne izboljšave trenutne zakonodaje. Pri izbiri načina izboljšave obstoječega razvrščanja sem želel doseči, da bi bila klasifikacija objektov čim bolj enostavna in razumljiva večini uporabnikov. S tega razloga se mi zdi smiselna predvsem razširitev obstoječega načina razvrščanja z vključitvijo emisij CO<sub>2</sub>, in označevanjem razredov z dodatnim simbolom "+" na način kot ga poznamo v primeru klasifikacije gospodinjskih aparatov.

## VIRI

- [1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, 18. 6. 2010
- [2] Energetski zakon (EZ-1) -2014. Uradni list RS, št. 17-538/2014:1787
- [3] Kaj je energetska izkaznica? - 2016
- <http://www.energetskaizkaznicastavbe.si/kaj-je-energetska-izkaznica/> (Pridobljeno 5. 7. 2016)
- [4] Share of total EU energy consumption - 2016
- <http://www.glassforeurope.com/en/issues/faq.php> (Pridobljeno 5. 7. 2016)
- [5] Krainer, A., Predan, R., 2013. Računalniški program TOST. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [6] Spletno programsko orodje U-Wert za izračun lastnosti konstrukcijskih sklopov - 2011
- <https://www.u-wert.net/?lv=1> (Pridobljeno 22. 6. 2016)
- [7] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52-2856/2010: 7840.
- [8] SIST EN 13790 Toplotne značilnosti stavb – Računanje potrebne energije za gretje in hlajenje prostora. 2008
- [9] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor, 2010
- [10] Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 16. 12. 2002 o energetske učinkovitosti stavb. Uradni list Evropske unije, 4. 1. 2003
- [11] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS, št. 110-5387/2002: 13084. 2002
- [12] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 92-3699/2014: 10302. 2014
- [13] SIST EN 15603 Energijske karakteristike stavb - Splošna raba energije in opredelitev potreb po energiji. 2008
- [14] Lokacija objekta
- <https://goo.gl/xcfhXM> (Pridobljeno 25. 6. 2016)

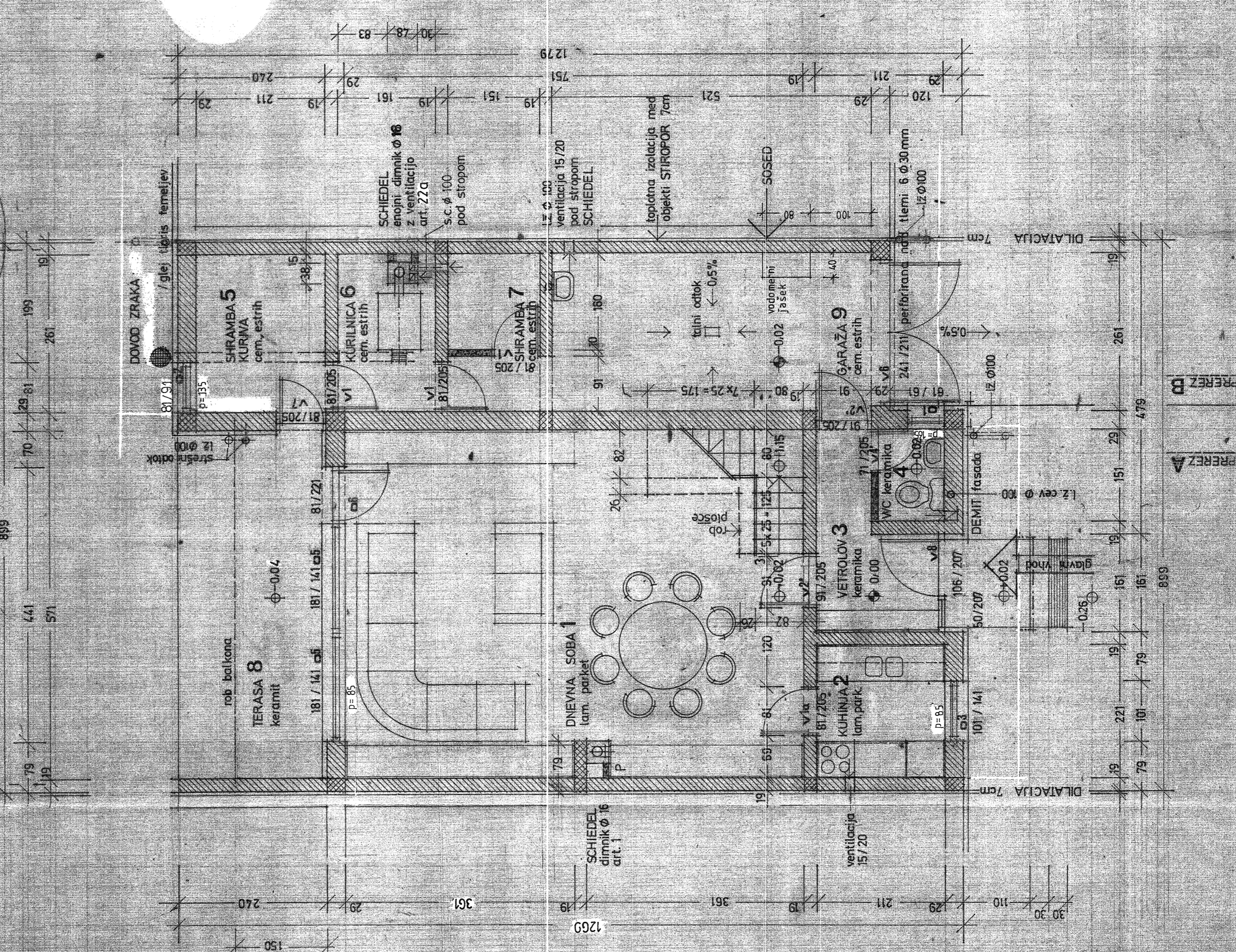
- [15] Košir, M. Uporabniki. Predstavitev pri predmetu Bioklimatsko načrtovanje 2015/16. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezija, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente <http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 11. 8. 2016)
- [16] Klimatski podatki za lokacijo objekta  
[http://www.mop.gov.si/si/spletne\\_aplikacije\\_in\\_storitve/](http://www.mop.gov.si/si/spletne_aplikacije_in_storitve/) (Pridobljeno 1. 7. 2016)
- [17] Krainer, A., Predan, R., 2013. Uporabniški priročnik za računalniški program TOST. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [18] SIA 380/1 Thermische Energie im Hochbau. 2009
- [19] Strešna kritina  
Reklamna brošura podjetja Trimo, tiskano: oktober 2004
- [20] Projektna dokumentacija – PGD in PZI, objekt: Vrstna hiša na Logu – Jordanov kot. September 1986. Polde Torkar, dia
- [21] Učinkovitost toplotnih črpalk – COP oziroma grelna število  
<http://www.geosonda.com/toplotna-crpalka/cop> (Pridobljeno 25. 6. 2016)
- [22] Leseno okno s troslojno zasteklitvijo proizvajalca AJM  
<http://www.ajm.si/okna/ajm-pasiv-90> (Pridobljeno 10. 7. 2016)
- [23] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavb. Uradni list RS, št. 92-3699/2014: 10302 - Priloga 1: Računska energetska izkaznica. 2014
- [24] Razvrščanje gospodinjskih aparatov v energetske razrede. 2016  
<http://www.esvet.si/energetska-oskrba-slovenije/kljucni-projekti-ukrepi/ucinkovita-raba-energije-gospodinjski-aparati> (Pridobljeno 4. 9. 2016)

## **SEZNAM PRILOG**

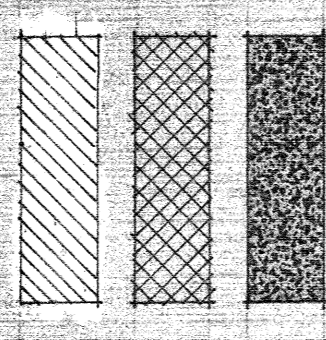
### **PRILOGA A:**

Tloris pritličja in nadstropja ter prerez obravnavanega objekta

OPOMBA I  
 pri prvi (zadnji) hiši mora  
 biti zunanji zid debeline 19cm  
 obložen z DEMIT fasado!



LEGENDA



ZID IZ MODULARNE OPEKE  
 ARMIRANI BETON  
 SIPOREKS

Šifra	Ime prostora	Področje	Skupna površina	Skupna cena
1	DNEVNA SOBA	lamejni hrast. parket	42,88	PRITILUČJE
2	KUHINJA	keramika	4,64	
3	VETROLOV	keramika	4,60	
4	WC	keramika	1,67	
5	SHRAMBA KURIVA	cerm. estrih	5,50	
6	KURILNICA		3,92	
7	SHRAMBA		3,07	
8	TERASA 13,70x0,75	keramit	10,27	
9	GARAŽA	cerm. estrih	14,60	91,15

Šifra	Ime prostora	Področje	Skupna površina	Skupna cena
1	SPALNICA	lam. hr. parket	12,65	NADSTROPJE
2	SPALNICA		8,20	
3	SPALNICA		9,08	
4	KOPALNICA	keramika	6,98	
5	HODNIK	lam. hr. parket	15,54	
6	LOGGIA 7,70 x 0,75	keramit	5,77	58,22

skupaj  
 JUS U.C.2 100 -3%  
 dejanska kvadratura 144,89

**ZAVOD ZA NACRTOVANJE VRHNIKA**

INVESTITOR	VRSTNA HIŠA
ORISAT	ARHITEKTURA
PROJEKT	1/4/1 PGD - PZI
IZVOD	TLORIS PRITILUČJA
ODGOVORNI PROJEKTANT	TORKAR F. D.I.A
NOSILEC PROJEKTA	<i>spmt</i>
PROJEKTANT	
SODELATEC	
PREJELCA	STEVANOVSKI K. D.I.A
STAVILNA PLOŠČA	63/81 - 27/86
IMENIK	Julij 1986
ŠKALA	1:50

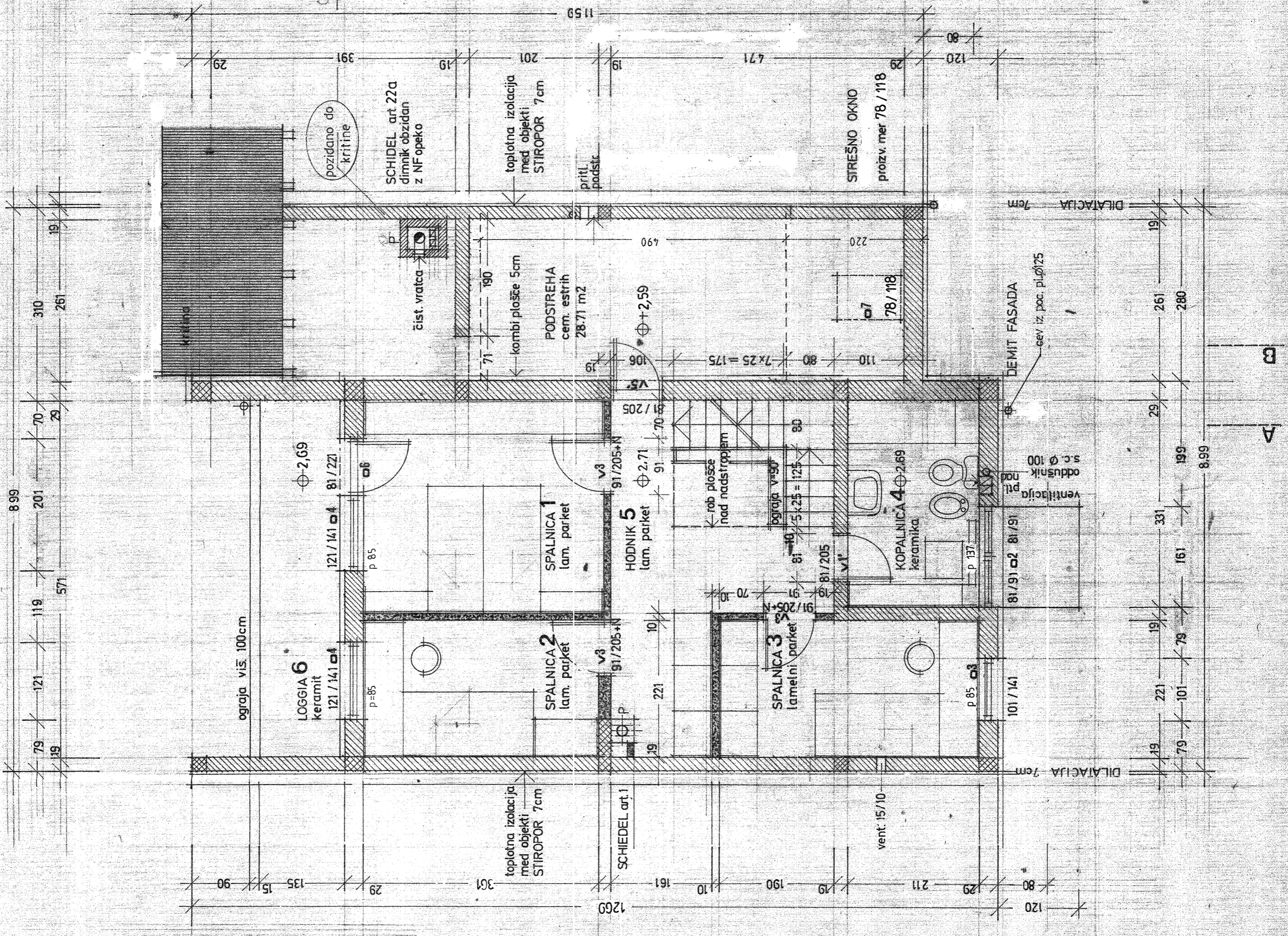
# ZAVOD ZA NAČRTOVANJE VRHNIKA

INVESTITOR	VRSTNA HIŠA
OBJEKT	ARHITEKTURA
MALBA	PGD I, PZI
PROJEKT	TLORIS NADSTROPIA
FAZA	TORKAR P D1.A
DRUGI NAČRTOVALEC	
PROJEKTANT	
SODR. LARČEK	
PREGLADBA	STEVANOVSKI K. D1.A
STAVBA POUČENA	63/81 = 27/86
PROJEKTANT	4
PROJEKTANT	Julij 1986
PROJEKTANT	MENHO 1:50

LEGENDA

	ZID IZ MODULARNE OPEKE
	ARMIRANI BETON
	SIPOREKS

OPOMBA I  
PRI PRVI (ZADNJI) HIŠI MORA  
ČELNI ZID SEGATI NAD  
KRITINO





LEGENDA:

**a** lam. hrastov parket  
arm. cem. estrih  
PVC  
Novoterm PIP 2  
Λ B plošča  
stropni omet

**f** keram. pl.  
cem. podlaga  
arm. cem. estrih  
HI  
cem. izravnavna  
Λ B pl.  
stropni omet

**b** lamelni hr parket  
arm. cem. estrih  
PVC  
Novoterm PIP 6  
HI  
podložni beton

**g** Λ B plošča  
kombi pl.  
stropni omet

**c** keram. pl.  
cem. podlaga  
cem. estrih  
HI  
podložni beton

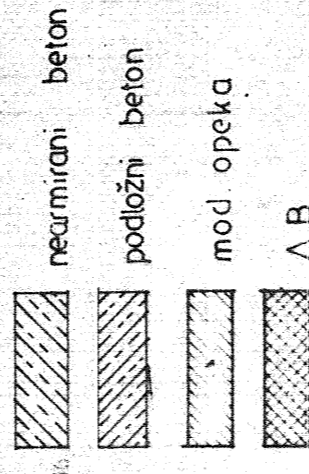
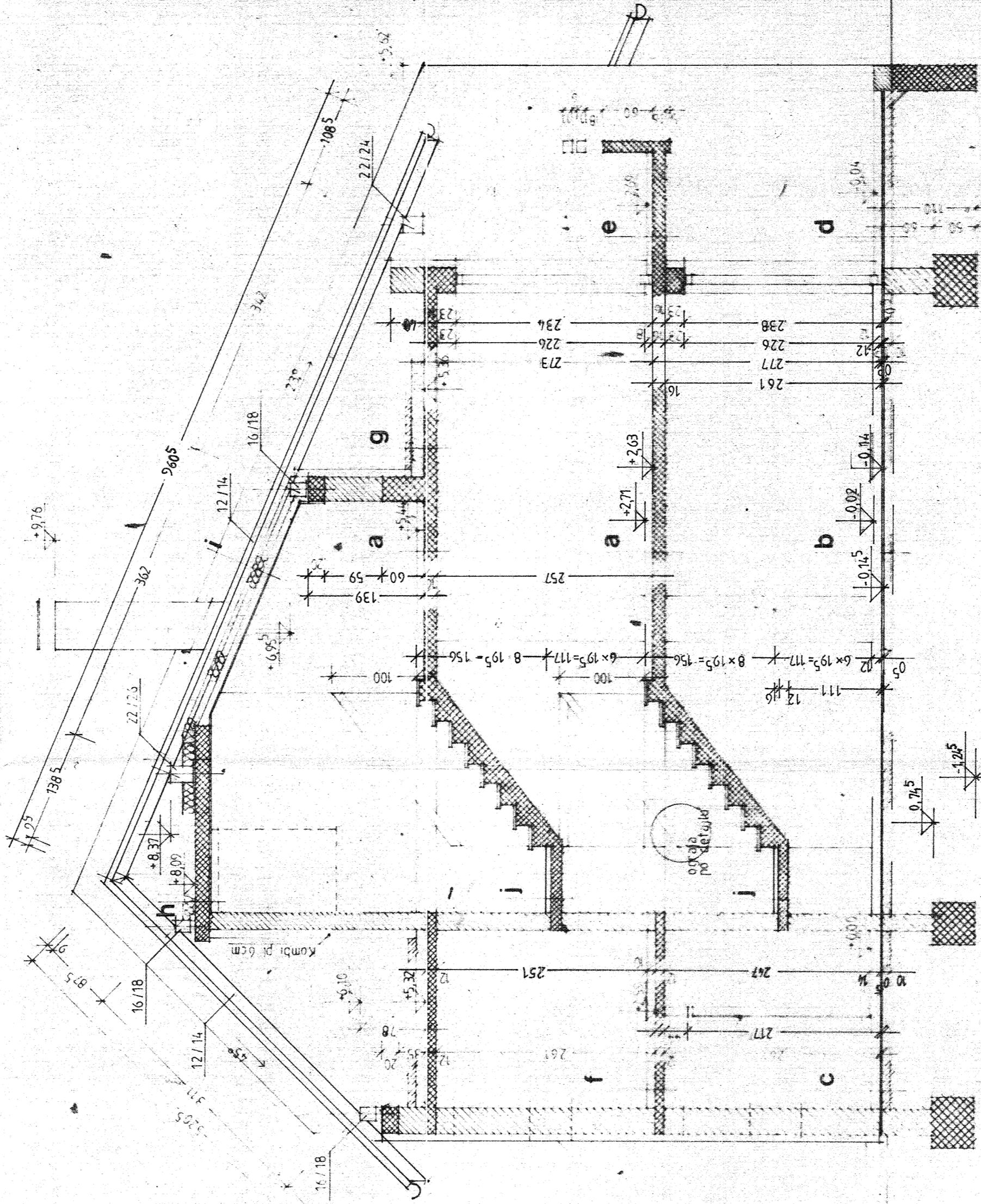
**h** Novoterm PIP 5  
Λ B plošča  
dekorativni opaž

**d** keram. pl.  
cem. podlaga  
cem. estrih  
HI  
podložni beton

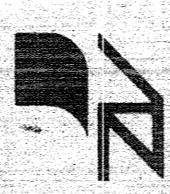
**i** kritina (mediteran)  
strešne letve  
distančne letve  
rezervna kritina - izotekt V2  
stepli opaž  
zrak (med šporcu.)  
Novoterm PIP 5  
parna zapora (PVC d<sub>l</sub>=0,2mm)  
slepi opaž  
negor  
distančne letve  
vidni opaž

**e** keramika istočasno z  
cem. estrih  
Λ B plošča  
stropni omet

**j** stopne ploskve-hrast  
cem. izravnavna  
Λ B podest



ZAVOD  
ZA NAČRTOVANJE  
VRHNIKA



INVESTITOR	VRSTNA HIŠA
GLAVNI DIZAJNER	ARHITEKTURA
PROJEKT	PGD in PZI
FAZA	PREREZ A-A
ODZEMNA NAČRTA	P. TORKAR
ORGANIZACIJSKI PROJEKTANT	d.i.a.
POSREDOVALSKI PROJEKTANT	M. Zorman
PROJEKTANT	gr. t.
SODELAVEC	STEVANOVSKE K.
PRESEDLA	d.i.a.
STAVILNA PROJEKTA	G3/81 - 27/86
STAVILNA PROJEKTA	6
DATUM	julij 1986
	MEŠILO 1:50