



Sprovedeno od strane:  
Implemented by:  
**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Универзитет у Београду - Архитектонски факултет  
University of Belgrade - Faculty of Architecture



Република Србија  
Министарство грађевинарства,  
саобраћаја и инфраструктуре

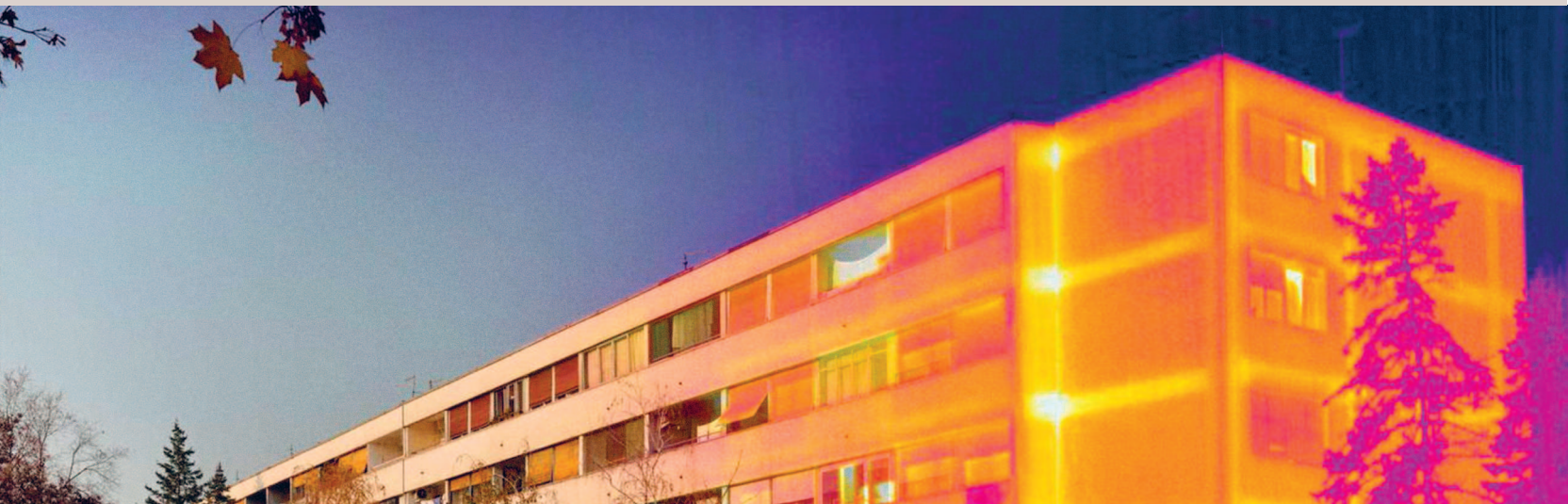


Република Србија  
Министарство рударства  
и енергетике

# Сачувај енергију — Conserve Energy

Душан Игњатовић, Наташа Ћуковић Игњатовић

—  
Dušan Ignjatović, Nataša Ćuković Ignjatović



Сачувај енергију

—

Conserve Energy

Душан Игњатовић, Наташа Ћуковић Игњатовић

—

Dušan Ignjatović, Nataša Ćuković Ignjatović

## Сачувај енергију

### Издавачи

Архитектонски факултет Универзитета у Београду  
GIZ - Deutsche Gesellschaft  
für Internationale Zusammenarbeit  
Registered GIZ offices  
Bonn and Eschborn, Germany  
“Energy Efficiency in Buildings”  
Sanje Živanovića 32  
Belgrade, Serbia  
www.giz.de

### За Архитектонски факултет

Проф. др Владан Ђокић

### Уредници

Душан Игњатовић, Наташа Ђуковић Игњатовић,  
Renate Schindlbeck

### Рецензенти

др. Бранка Димитријевић, Универзитет Стратклајд  
др. Линда Хилдебранд, Универзитет Ахен  
др. Талија Константину, ТУ Делфт

### Превод

Уводни текст и 10 корака у процесу унапређења  
енергетске ефикасности постојећих зграда, превод  
на енглески језик: Сања Катарић  
Сачувај енергију, превод на енглески језик:  
Душан Игњатовић, Наташа Ђуковић Игњатовић  
Превод рецензија на српски језик: Јелена Марковић

### Лектор

Сања Катарић, Јелена Марковић

### Дизајн и припрема за штампу

Алекса Бијеловић, Милош Недић

### Тираж

200 примерака

### Штампа

PROOF, Београд

## Conserve energy

### Published by the

Faculty of Architecture, University of Belgrade  
GIZ - Deutsche Gesellschaft  
für Internationale Zusammenarbeit  
Registered GIZ offices  
Bonn and Eschborn, Germany  
“Energy Efficiency in Buildings”  
Sanje Živanovića 32  
Belgrade, Serbia  
www.giz.de

### Acting on behalf of the Faculty of Architecture

Professor Vladan Đokić, PhD

### Editors

Dušan Ignjatović, Nataša Ćuković Ignjatović,  
Renate Schindlbeck

### Reviewers

Dr Branka Dimitrijevic, University of Strathclyde  
Dr Linda Hildebrand, RWTH Aachen  
Dr Thaleia Konstantinou, TU Delft

### Translation

Introduction and 10 steps in the process of energy  
efficiency improvement of existing buildings, trans-  
lation into English: Sanja Katarić  
Conserve Energy, translation into English: Dušan  
Ignjatović, Nataša Ćuković Ignjatović  
Translation of reviews into Serbian: Jelena Marković

### Copy Editing

Sanja Katarić, Jelena Marković

### Design and Layout

Aleksa Bijelović, Miloš Nedić

### Circulation

200 copies

### Printed by

PROOF, Belgrade

## Ауторски тим

### Аутори

Душан Игњатовић, Наташа Ђуковић Игњатовић

### Сарадници

Никола Маџут, Бојан Јованчевић

### Фотографије:

Душан Игњатовић  
(термовизијске и дневне фотографије)

## Authors

### Authors

Dušan Ignjatović, Nataša Ćuković Ignjatović

### Associates

Nikola Macut, Bojan Jovančević

### Photographs

Dušan Ignjatović  
(thermal and daylight images)

## Садржај

8	Предговор
10	Методологија
11	Одабир репрезентативних примера
14	Термовизијско снимање и испитивање
14	Графички приказ карактеристичних детаља
15	Предложене мере за побољшање енергетске ефикасности
15	Фасадни зидови
16	Прозори
17	Равни кровови
18	Коси кровови
18	Међуспратне конструкције према негрејаном таванском простору
19	Међуспратне конструкције према негрејаном подрумском простору
19	Подови на тлу
19	Међуспратне конструкције изнад негрејаних спољашњих и унутрашњих простора
19	Зидови према негрејаним просторима
20	Анализа узорка и сценарио периода отплате
21	Прорачун сертификата о енергетским карактеристикама зграда (енергетски пасош) за примере у складу са српским прописима из области енергетске ефикасности
22	Објашњење техничких термина и података презентираних у табелама и на графиконима
22	Табела Преглед основних мера за побољшање енергетске ефикасности
23	Табела Процењена инвестиција
23	Графикон Топлотни губици елемената термичког омотача
	Примери
24	Зграда 1
32	Зграда 2
40	Зграда 3
48	Зграда 4
56	Зграда 5
64	Зграда 6
72	Зграда 7
80	Зграда 8
88	Зграда 9
96	Зграда 10
104	Синтезни преглед и поређење добијених резултата
113	10 корака ка побољшању енергетске ефикасности вишепородичиних зграда
126	Референце

## Contents

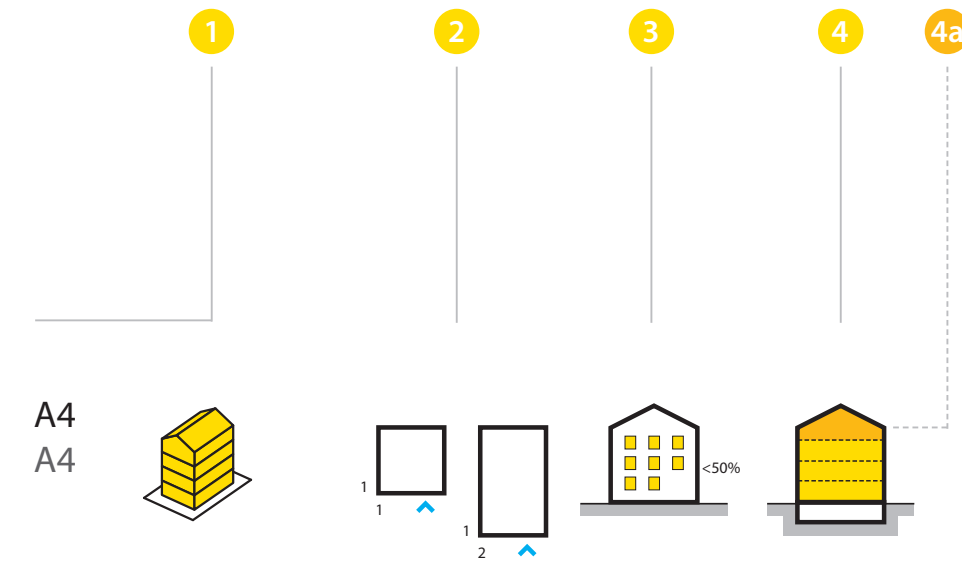
8	Preface
10	Methodology
11	Selection of representative case studies
14	Infrared inspection and imaging
14	Graphic representation of typical details
15	Proposed measures for improving energy efficiency
15	Façade walls
16	Windows
17	Flat roofs
18	Pitched roofs
18	Ceilings to the unheated attic
19	Ceilings to the unheated basement
19	Ground floors
19	Ceilings above exterior spaces and ceilings to the unheated interior spaces
19	Walls to the unheated spaces
20	Sample analysis and payback scenarios for case studies
21	Calculation of Energy Performance Certificate (energy passport) according to Serbian energy efficiency rules and regulation
22	Explanations of technical terms and data presented in tables and charts
22	Table Review of Main Energy Efficiency Measures
23	Table Estimated Investment
23	Chart Heat Losses Related to Thermal Envelope Elements
	Case studies
24	Building 1
32	Building 2
40	Building 3
48	Building 4
56	Building 5
64	Building 6
72	Building 7
80	Building 8
88	Building 9
96	Building 10
104	Overview and crosscomparison of results
113	10 steps to improving energy efficiency of multifamily buildings
127	References

## Легенда симбола

- 1 Тип куће
- 2 Основа објекта
- 3 Отвори
- 4 Кров и подрум
- 4a Накнадно адаптирано поткровље

## Legend of the symbols

- 1 Building type
- 2 Building layout
- 3 Openings
- 4 Roof and basement
- 4a Converted attick



A4  
A4

## Предговор

Узимајући у обзир тренутно стање стамбеног фонда у Републици Србији, можемо рећи да у зградарству лежи највећи потенцијал енергетских уштеда на националном нивоу. Зато је и унапређење енергетске ефикасности у зградарству данас препознато као подручје које има највећи потенцијал за смањење укупне потрошње енергије.

Доношење Стратегије енергетске санације зграда један је од важнијих корака Републике Србије на пољу енергетске ефикасности. Израдом Националне типологије стамбених зграда добили смо преглед података о енергетским карактеристикама зграда који омогућава доношење одрживих одлука, како министарству у доношењу Стратегије, тако и локалним самоуправама, у писању Локалних Акционих планова за унапређење енергетске ефикасности.

Унапређење енергетске ефикасности у сектору зградарства значајно доприноси укупном унапређењу енергетске ефикасности с обзиром да зграде учествују у укупној потрошњи енергије са чак 40%. Побољшањем енергетских карактеристика стамбених зграда можемо остварити бенефит на пољу побољшања квалитета живота и боравка у тим зградама, као и заштити окружења, затим смањити емисије штетних гасова, утицати на смањење трошкова за грејање, али

## Preface

Having in mind the current condition of the building stock in the Republic of Serbia we can say that the biggest potential for energy savings at the national level can be found in the buildings sector. Therefore, energy efficiency improvement in the buildings sector has been recognized as an area with the biggest potential for the reduction of the total energy consumption.

The adoption of the Strategy on the Energy Renovation of Buildings is one of the most significant steps of the Republic of Serbia in the field of energy efficiency. With the creation of the National Building Typology we have gained an overview of data on energy characteristics of buildings, which enables making sustainable decisions both when it comes to the adoption of the Strategy by the ministry and when it comes to creating Local Energy Efficiency Action Plans by the local self-governments.

Energy efficiency improvement in the buildings sector contributes significantly to the total energy efficiency improvement since the energy consumption of buildings amounts even 40% of the total energy consumption. With the improvement of energy characteristics of residential buildings we can achieve improvements of the quality of life and residence in those buildings as well as in the area of environmental protection, we can reduce

и на пораст запошљавања у грађевинском сектору и у производњи грађевинских материјала.

Монографија „Сачувај Енергију“, обрађује тему енергетске ефикасности постојећих стамбених зграда у процесу њихове обнове. Кроз десет карактеристичних примера стамбених зграда заступљених на целокупној територији Републике Србије, утврђују се енергетске перформансе кроз сертификацију зграда и истражује могућност њиховог побољшања. На овај начин се будућем кориснику веома јасно представља тема енергетске санације кроз примену конкретних мера са могућим потенцијалима и ограничењима.

„Сачувај енергију“ представља веома користан материјал за све грађане, стамбене заједнице, али и консултанте у области енергетске ефикасности, као и подршку процесу побољшања енергетских карактеристика грађевинског фонда који представља један од стратешких интереса Републике Србије.

Јованка Атанацковић, в.д. помоћника министра

Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре Републике Србије

the emission of pollutants, influence the reduction of heating costs and also an increase of employment in the construction sector and in the production of construction materials.

The monograph “Conserve Energy” deals with the topic of energy efficiency of existing residential buildings in the process of their renovation. Through ten characteristic examples of residential buildings which are present on the total territory of the Republic of Serbia energy performances are being determined through the certification of buildings and possibilities of their improvement is being explored. Thus the future user is presented very clearly with the topic of energy rehabilitation through concrete measures with possible potentials and limitations.

„Conserve Energy“ represents very useful material for all citizens, residential communities and consultants in the area of energy efficiency as well as support in the process of improving energy characteristics of the construction fund which is one of the strategic interests of the Republic of Serbia.

Jovanka Atanacković, Acting Assistant Minister

Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of the Republic of Serbia

## Методологија

САЧУВАЈ ЕНЕРГИЈУ је публикација креирана са циљем представљања типичних стамбених зграда, различитих материјалних и пројектантских карактеристика препознатљивих у урбаном окружењу, као и потенцијала за њихово унапређење. Циљ публикације је да омогући шири утицај примене мера енергетске ефикасности у вишепородичном становању, обрађујући се локалним самоуправама и кућним саветима и обезбеђујући јасне и детаљне информације о процесу енергетске обнове као и опције за њихову ефикасну примену. Публикација би такође требало да буде од користи и енергетским саветницима у пружању подршке локалној заједници у процесу обнове грађевинског фонда односно поступка тендерисања приликом инвестирања у овај сектор.

Основни материјал студије је базиран на резултатима претходних, референтних, истраживачких пројеката, углавном Термовизијског атласа Београда [1]. Резултати и методологија, оригинално развијени за академске потребе, су прилагођени широј публици чиме се омогућава примена у свим заједницама које се карактеришу вишепородичним стамбеним фондом. Анализирани примери су такође референцирани на ранија истраживања спроведена у оквиру ТАБУЛА<sup>1</sup> пројекта и приликом израде Националне

## Methodology

The publication CONSERVING ENERGY is conceived to present typical case studies of apartment buildings with various façade materials and design features frequently recognizable in urban areas and potential for their improvement. The aim of the publication is to facilitate wider impact of implementation of energy efficiency measures in multifamily housing, by targeting local communities and tenants associations providing clear and comprehensive information on energy refurbishment process and options for effective implementation. The publication should also help the local energy advisors in supporting the local community in the process of the building stock refurbishment and tendering for investments in this sector.

The core material for the study is based on the results of previous reference research projects, mainly Belgrade IR Atlas [1]. The findings and methodology, originally developed for highly specialised and academic purposes, were readjusted to address wider audience and provide usability for all local communities with multifamily housing stock. The presented case studies are also associated with the previous research conducted in the project TABULA<sup>1</sup> and during the development of the National Typology of residential buildings in Serbia [2], enabling easy reference to previous results and publications.

Типологије стамбених зграда Србије [2], омогућавајући једноставно повезивање са њиховим резултатима и публикацијама.

САЧУВАЈ ЕНЕРГИЈУ представља резултат обимнијег истраживачког рада са резултатима и информацијама прилагођеним широј јавности на илустративном примеру од 10 зграда. За сваку зграду спроведени су детаљни прорачуни са циљем добијања реалне процене потрошње енергије, потенцијала уштеде као и времена повраћаја средстава за предложене пакете мера унапређења. Цртежи типичних детаља приказују потенцијална места унапређења док је преглед предвиђених радова, цена и могућих уштеда приказан помоћу табела и графикана. Приказан је и енергетски разред за период пре и после обнове зграде израчунат у складу са српским националним прописима [3].

### Одабир репрезентативних примера

Зграде приказане у публикацији су представници више типова и разликују се према старости, величини, употребљеним материјалима, типу омотача, као и пројектантском приступу.

Подаци прикупљени приликом израде Националне типологије указују да зграде конструисане пре Првог светског рата чине готово занемарљивих 3.83% процената укупног грађевинског фонда посматрано према површини. Многе од ових зграда представљају заштићена културна добра чинећи било какве интервенције специфичним, [4] стога су сви објекти конструисани пре 1918, искључени из студије.

Зграде конструисане између 1919. и 1945. чине 6.27% постојећег грађевинског фонда. Иако се њихово учешће такође може сматрати веома малим, оне су представљене једним примером (Зграда\_01) који се може сматрати типичним за овај период али и за старије зграде уколико не подлежу режиму заштите. Зграде овог типа се могу пронаћи у свим урбаним зонама Србије, чак и у малим градовима и срединама које су слабије насељаване у послератном периоду.

Послератни период изградње (1945-1960.) је заступљен са три примера: Зграда 02, Зграда 03, Зграда 04. Зграде овог периода чине 9,18% грађевинског

The work on CONSERVING ENERGY consisted of various research and calculations, with the results and information processed for wider audience on 10 selected buildings. Thorough calculations were performed for each building in order to obtain a realistic analysis of the current energy consumption, of potential savings and estimated payback for the proposed renovation package. The graphic representations of typical details show core elements of proposed intervention while complete overview of expected works, costs and savings is presented in simple tables and charts. Finally, EPC sample is provided for the pre-renovation and post-renovation state, showing the energy class calculated in accordance with the current Serbian national regulations [3].

### Selection of representative case studies

The buildings for the publication were selected to represent diverse building types, varying in age, size, building materials and envelope, as well as various design approaches.

The data collected while working on the National Typology show that the buildings constructed before The World War I are scarce, with a share of only 3.83% of the total building stock inventory by area. Many of these buildings are also part of the protected architectural heritage and all interventions are considered only on case-by-case basis. [4] Therefore, buildings constructed before 1918 were excluded from this study.

Buildings constructed between 1919 and 1945 present 6.27% of the present building stock inventory. Although their share is also rather small, they are presented through one case study (Building\_01) that can be considered as typical both for this period as for the older buildings which are not subject to a special regime of protection. Buildings like Building\_01 can be found in all urban areas of Serbia, even in small towns and communities that were somewhat depopulated in the post-war period.

The post-war construction period (1945-1960) is presented by three case studies - Building\_02, Building\_03 and Building\_04. This period accounts for 9.18%

<sup>1</sup> [www.episcope.eu/building-typology](http://www.episcope.eu/building-typology)

<sup>1</sup> [www.episcope.eu/building-typology](http://www.episcope.eu/building-typology)

фонда уз чињеницу да је већина њих, данас у лошем стању. Карактеришу их једноставне малтерисане фасаде које изискују реновирање. Зграда 02 и 03 су делови отворених блокова, где је Зграда 02 представник тзв. „Павиљона“, а Зграда 03 типична мања зграда конструисана на целој територији Србије за новоформирану радничку класу. Зграда 04 је представник процеса изградње у оквиру традиционалног градског блока са комерцијалним садржајем у приземљу. Овакав тип је подизан на местима зграда срушених током рата попуњавајући урбану матрицу.

Усмерена стамбена изградња (1960-1985.) је период у коме је изграђено више од половине постојећег грађевинског фонда. Она се карактерише променом технологије градње и преласка са традиционалне на савременије префабриковане и полупрефабриковане системе. Приметна је и појава читавог низа шупљих опекарских производа који се користе за носеће зидове, таванице и фасадне испуне. Зграда\_04 је представник ранијег периода ове транзиције док су Зграда\_05, Зграда\_06, Зграда\_07 и Зграда\_08 репрезенти различитих типова конструисаних према разноврсним префабрикованим системима и њиховим комбинацијама.

Период ране транзиције (1985-1999.) илуструје Зграда\_09, типичан пример стамбеног блока конструисаног у турбулентно доба. Грађевинска регулатива овог периода је готово идентична Еворпској, али је процес извођења веома лош са великим бројем грешака.

Савремена пракса (период после 2000.) илуструје Зграда\_10. Типична изградња карактеристична за прву декаду 21 века, пројектована и изведена пре увођења важећих прописа о енергетској ефикасности зграда, али у складу са тада важећим стандардом и добром градитељском праксом уз приметно виши стандард завршних материјала и опреме.

Анализиране зграде су приказане на слици 1.

of the present building stock but most of these buildings are in a rather poor condition. They are characterized by simple facades mainly made from plain mortar which needs to be refurbished. Buildings 02 and 03 are from the open block matrix, Building\_02 is a representative of the so-called “pavilions” and Building\_03 is representing a typical smaller building, constructed all over the country for the newly formed working class. Building\_04 represents a construction within traditional city blocks, with commercial space on the ground floor. Buildings like this were erected on sites devastated during the war, filling for the destroyed buildings in the city matrix.

Directed housing strategy (1960-1985) was the period during which more than half of the present building stock was constructed. It is characterized by a shift in construction technologies from traditional to more contemporary prefabricated and semi-prefabricated systems. In this period a whole range of hollow clay products used for loadbearing walls, slabs and façade infills were appearing on the market. Building\_04 is a representative of the earlier stages of this transition, while Building\_05, Building\_06, Building\_07 and Building\_08 present various building types constructed using different prefabrication systems and their combinations.

The early transition period (1985-1999) construction is presented by Building\_09, a typical example of housing blocks constructed in turbulent times. Building codes of this period were almost aligned with European, but the realisation was often poor, with numerous construction faults.

The contemporary practice (after 2000) is presented by Building\_10, a construction typical for the first decade of the 21th century, designed and completed prior to the introduction of current regulations in the area of energy efficiency of buildings, but conceived to stand for good practice and somewhat higher standards in terms of building materials and equipment.

Analyzed buildings are presented in Figure 1.



Слика 1 – Одабране зграде — Figure 1 – Selected buildings



## Термовизијско снимање и испитивање

Термовизијско снимање и испитивање Зграда 01-08 и Зграде\_10 вршено је током зимског периода 2010/2011 и 2011/2012 као део процеса прикупљања података за израду Термовизиског атласа Београда, док је Зграда\_09 испитивана током рада на пројекту у сарадњи са ЈП Градско Стамбено – Београд. Термички омотачи и релевантни детаљи фасада истраживани су са циљем оцене термичких перформанси зграда и идентификације елемената са неадекватним карактеристикама тј. интензивнијим топлотним губицима. [5]

Др Душан Игњатовић, ITC LEVEL 1 THERMOGRAPHER, доцент Архитектонског факултета у Београду је вршио сва термовизијска снимања и испитивања карактеристика зграда представљених у овој публикацији. Испитивање је обављено коришћењем камере FlirB20, специјализоване за употребу у зградарству. Термовизијски снимци су анализирани коришћењем Flir Therma Cam Reporter Ver. 9 софтвера наменског алата за инфрацрвену термографију и извештавање.

Термовизијски снимци одабрани за ову публикацију „упарени“ су са дневним (визуелним) фотографијама целе зграде или фасадног детаља у циљу поједностављења поступка идентификације карактеристика анализираних елемената на којима измерене температурне вредности, посредно, илуструју варијације у термичким перформансама. Примењени илустративни метод је коришћен приликом кампање подизања свести о енергетској ефикасности зграда под називом Видети енергију, односно при изради истоимене монографије [6].

## Графички приказ карактеристичних детаља

Архитектонски детаљи са описима и проачуна-тим вредностима коефицијента пролаза топлоте (U) су приказани за карактеристични пресек фасадног склопа сваке зграде. Цртежи су настали на основу података добијених из оригиналне техничке документације тамо где је то било могуће, односно обсервацијама на лицу места и разговором са станарима као и експертском проценом.

## Infrared inspection and imaging

Infrared inspection of Buildings\_01-08 and Building\_10 was carried out during the winter time of 2010/2011 and 2011/2012, as a part of collecting data for the Belgrade IR Atlas while Building\_09 was inspected while working on a project commissioned by JP Gradsko Stambeno – Beograd. Thermal envelopes and relevant façade details were inspected in order to assess the buildings' thermal performance and identify elements with inadequate performances, i.e. higher thermal losses. [5]

Dr Dušan Ignjatović, ITC LEVEL 1 THERMOGRAPHER, assistant professor at the University of Belgrade – Faculty of Architecture performed the infrared inspection, imaging and analysis for all buildings presented in this publication. The inspection was carried out using thermal camera FlirB20, specialized for building analysis. Infrared images were analysed using Flir Therma Cam Reporter Ver. 9, a software purposely designed for IR analysis and reporting.

Infrared images selected for this publication are always paired with photographs of a building or façade detail in order to enable easy identification of characteristics of analyzed elements. Measured temperatures shown on thermograms of façade details illustrate variations in thermal performance. Applied illustrative method has been used in the, raising energy awareness, campaign Seeing Energy and in the process of creating the monograph of the same title [6].

## Graphic representation of typical details

Architectural details with descriptions and U-values for thermal envelope elements are provided for each building. The data for the drawings were collected from original technical documentation where available, as well as from in-situ observations, interviews with tenants and expert estimations.

## Предложене мере за побољшање енергетске ефикасности

Предложена унапређења енергетске ефикасности обухваћена овом публикацијом односе се икључиво на архитектонске мере којима се могу значајно побољшати термичке карактеристике зграде и не укључују могућа унапређења система за грејање.

Енергетске потребе зграде су највећим делом директно зависне од самог архитектонског решења – концепта, склопа и материјализације. [7] Зграде са бољим термичким карактеристикама захтевају термо-техничке системе мањег капацитета и остављају више простора за даља унапређења као и за ефективнију употребу обновљивих извора енергије.

### — Фасадни зидови

Приликом избора предложених мера енергетске санације, фокус је био на селекцији решења која се могу што једноставније применити у пракси, имајући у виду имовинско-правне односе, принципе регулације у градском ткиву и веома ограничене могућности улагања. Циљ унапређења није био постизање одређеног енергетског разреда, већ су предложене мере којима се може значајно поправити комфор у постојећим становима, односно умањити трошкови грејања у зимском периоду. Мере су формулисане тако да се приликом интервенције остварују вредности коефицијента пролаза топлоте за дате позиције у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда, као и да се имплементацијом предложеног пакета мера остварује побољшање од најмање једног енергетског разреда у односу на постојеће стање, како је то одређено Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда.

Власничка структура у стамбеним зградама знатно отежава процес имплементације мера које захтевају свеобухватну интервенцију на фасадном омотачу зграде. Код већих објеката често је готово немогуће постићи договор око много мањих улагања (напр. поправка лифта, интерфона и сл.), те је веома дискутабилна реална могућност санације комплетног

## Proposed measures for improving energy efficiency

Proposed improvement measures presented in this publication refer exclusively to architectural characteristics, addressing the improvements of the building's thermal performance and they do not include possible improvements of heating systems.

The energy demand of a building is basically defined by its architectural features – the concept, the layout and the materialisation. [7] Buildings with better thermal characteristics require thermo-technical systems with smaller capacity and leave more space for their further optimisation as well as for more effective use of renewable energy sources.

### — Façade walls

While thermal characteristics of façade walls can be upgraded in various manners, the proposed measures were defined focusing on highly applicable solutions, having in mind ownership, building codes and urban regulations, as well as limited financial resources. The proposed measures were designed not to achieve a specific energy class but to improve comfort in existing apartments while reducing heating costs. The upgrades were formulated to meet the current regulations in terms of achieving max. U-values defined in the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings, as well as to achieve mandatory improvement of energy class by at least one grade as required by the Rulebook on Prerequisites, Content and Procedure for the Issuance of Energy Performance Certificate.

In multifamily buildings, ownership issues often pose challenges in the process of implementation of measures that require interventions on building's thermal envelope. In huge apartment blocks it is often almost impossible to achieve consensus regarding small investments (i.e. repairs of elevators, intercom systems etc.), so the actual probability of façade refurbishment on such structures with complex technical and financial demands is quite questionable in practice. Even so, the refurbishment measures for sample buildings were defined and presented in a way that would clearly point out the

фасадног платна на зградама са више десетина станова, високим објектима где је потребна велика скела, ангажовање скупе механизације, сложена техничка решења која изискују квалификовану радну снагу и сл. Ипак, мере санације су код анализираних стамбених зграда формулисане и приказане управо да би се указало на потенцијалне повољне ефекте појединих решења и на тај начин актери мотивисали да се уочени проблеми превазиђу.

У контексту термичких перформанси стамбених зграда, додатна термоизолација има највише ефекта ако се поставља на спољашњој страни. За зграде једноставне геометрије и завршне обраде, ово је најбоље и најисплативије решење. Данас на нашем тржишту постоје и фасадни системи са танкослојном завршном обрадом који опонашају фасадну опеку, дрво и друге фасадне облоге, те се и оригинални ликовни израз може донекле сачувати. Ипак, у ситуацији када је ово решење превише скупо или неизводљиво услед законских или техничких ограничења, додатна термоизолација се може поставити и са унутрашње стране, зида али то подразумева смањење корисне површине станова као и могуће проблеме са кондензом.

#### — Прозори

Замена фасадне столарије представља један од најефикаснијих начина да се значајно редукују топлотни губици, али и да се унапреде и други аспекти комфора код посматраних зграда. Дobar квалитет и правилна уградња прозора значајно смањују топлотне трансмисионе и вентилационе топлотне губитке уз побољшање јвалитета унутрашњег ваздуха и звучне изолације. Уградњом прозора опремљених спољашњим ролетнама или заменом постојећих новим са термоизолационом испуном спољашњи негативни утицаји се могу приметно смањити како у зимском тако и у летњем периоду.

У предлозима унапређења, за ову позицију је усвајана ПВЦ фасадна столарија као најјефтиније решење. Треба напоменути да је, према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, максимална дозвољена вредност коефицијента пролаза топлоте фасадне

potential benefits of such interventions, thus motivating the stakeholders to overcome those challenges.

Regarding the thermal performance of multifamily buildings, the additional thermal insulation is the most effective if placed on the exterior surface. For buildings of simple geometry and finishing treatment this should be considered as the best and cost-effective solution. Currently, on the market there are façade systems with a finishing treatment that provide appearance of facing brick, wood elements etc. so even those visual qualities can be preserved to some extent. However, in cases where this is too costly or faced with legislative or technical barriers, additional insulation can be placed on the interior side of façade walls but this implies reductions of the net area of the apartments and potential building physics problems i.e. condensation behind the insulation layer and possible mould growth.

#### — Windows

Window replacement is one of the most efficient methods for the reduction of thermal losses but it also offers a potential for improving other aspects of comfort. Good quality and proper installment are significantly reducing transmission and ventilation losses improving, at the same time, internal air quality and sound insulation. By installing windows equipped with external roller shutters or by changing old ones with insulated ones negative external influences can be dramatically reduced both in the winter as well as in the summer season.

In improvement measures for this position PVC window frames are usually recommended, since they are most economical. It is worth mentioning that, according to the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings, maximal allowed value for heat transfer coefficient is  $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , and that our market is largely dominated by underperforming products. Every energy refurbishment

столарије  $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , те да су на нашем тржишту и даље веома заступљени производи који не испуњавају овај услов. Приликом сваке енергетске санације обавезно би требало размотрити и опције уградње или побољшања постојећих застора. Код свих обрађених зграда, заменом фасадне столарије обухваћена је и уградња спољашњих застора.

#### — Равни кровови

Код већине зграда са равним крововима, у овом елементу термичког мотача већ постоји извесна, али готово по правилу недовољна, термичка изолација. Правилником из 2012. године знатно су редуковане максималне дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте за равне кровове, тако да се за све зграде пројектоване по претходним прописима може сматрати да су далеко испод важећег норматива. Осим тога, због слабог (често никаквог) одржавања, на овим зградама је, по правилу, пропала и хидроизолација што доводи до цурења која се решавају, најчешће делимичним санацијама. Слојеви који су услед прокишњавања били у контакту са водом, временом су изгубили своја термоизолациона својства те су код оваквих зграда реалне термичке карактеристике још лошије од пројектних (прорачунских).

Уштеде енергије које се остварују санацијом равног крова су, на нивоу целог објекта, мале, али је његова позиција кључна за станове на последњим етажама. Када се сагледава комплетна инвестиција, треба имати у виду да је енергетско унапређење само део проблема који се решавају санацијом равног крова и да се ове интервенције сагледавају у ширем контексту.

Треба напоменути да се санација равног крова мора радити на целој површини, односно парцијална решења су најчешће привременог карактера због проблема континуитета и интегритета хидроизолације. Овакве интервенције, такође, могу бити и добра прилика за активирање равних кровова, формирање заједничких зелених и слободних површина које би, уз значајно побољшање термичких карактеристика, додатно увећале вредност станова у згради.

should always consider the installment or improvement of the existing shutters. All analyzed buildings were equipped with external shutters in the process of window refurbishment.

#### — Flat roofs

Some thermal insulation is often already preinstalled within the flat roof layers, but it is in most cases insufficient and underperforming. The maximum U-values for flat roofs were significantly reduced in the Rulebook from 2012, so all buildings designed according to the previous building codes and regulations today should be considered as a lot below current norms. Another typical issue regarding flat roofs is the inadequate (or none) maintenance that results in poor and damaged hydro insulation and leaking. This leaves thermal insulation unprotected, soaked and in direct contact with water, which results in loosing its insulating properties, so the de facto thermal performance of such elements is even worse than the designed (calculated) ones.

The effect of roof renovation on overall thermal performance of a whole multifamily building is very modest, but it may be crucial for improving the comfort in the apartments below the flat roof. When it comes to total investments, it should be taken into consideration that energy efficiency is only one of many issues that may be resolved by roof refurbishments and upgrades, and these interventions must be seen in a wider context.

Flat roofs should be refurbished entirely at once, since that is the only way to ensure the proper (continuous and well installed) hydro insulation. Such interventions may also be a good opportunity to activate new functions on a flat roof, they can enable the creation of useful green and open spaces which, in addition to improving the energy performance, may also increase the property value.

The proposed measures for sample buildings included removing damaged and dysfunctional layers of flat

Предложене мере код објеката код којих је разматрана санација равнoг крова обухватале су замену оштећених слојева и постављање додатне XPS термоизолације у дебљини неопходној да би се испунили захтеви у погледу максималних дозвољених вредности коефицијента пролаза топлоте U.

#### — Коси кровови

Код станова у поткровном простору, најчешће већ постоји термоизолација у слојевима крова. Где је нема, или је недовољна, предлаже се постављање термоизолације у најдебљем слоју који је могуће реализовати у конкретном случају без већих техничких компликација. Ове мере су економски веома исплативе, нарочито када се реализују приликом адаптације стана. Радови се изводе у простору стана, улагања нису велика, а топлотни комфор бива значајно унапређен и у зимском и у летњем периоду. Парном браном треба спречити потенцијални конденз у зони термоизолације, а уколико има услова (нарочито ако се ради и санација кровног покривача), треба обезбедити и ветрени слој.

#### — Међуспратне конструкције према негрејаном таванском простору

Код зграда где је то технички могуће и логично решење, предлагано је постављање термоизолације са горње стране, у таванском простору. Посматрано на нивоу целе зграде, учешће ове позиције у топлотним губицима је веома мало, те се и побољшања слабо одражавају на укупан енергетски биланс зграде. За станове који се налазе непосредно испод овакве конструкције, међутим, свако побољшање термоизолације даје велике бенефите. Приликом интервенција на овим елементима, власницима ових стамбених јединица може бити у интересу да сами финасирају постављање дебљег термоизолационог слоја од оног који је неопходан да би се испунио законски минимум.

roofs and installing the XPS thermal insulation in the thickness which is sufficient to meet the current legislative requirements when it comes to the maximum U-values.

#### — Pitched roofs

Some thermal insulation is usually already installed in pitched roofs, especially where there are loft apartments. In cases where there is no thermal insulation, as well as in cases where the existing thermo-insulating layer is insufficient and underperforming, it is always advisable to install the thickest possible insulation, having in mind technical and spatial conditions. Such interventions may be very feasible, especially when done during apartment renovations. Works are done in the interior, costs are not too high and thermal comfort is significantly improved, both in the winter and summer season. Special attention should be paid to vapour control, both in terms of choosing proper material for thermal insulation as well as providing for an adequate vapour barrier layer. A ventilated roofing construction should be provided wherever technically possible.

#### — Ceilings to the unheated attic

For all buildings where this was a technically accessible and logical solution, the proposed measure for improving energy efficiency was placing the layer of thermal insulation on the top (in the attic space). This element's share in total breakdown of building's heat losses is minor, so the improvements barely reflect on resulting energy balance. However, for the apartments directly under such constructions, any improvement in thermal insulation brings additional benefits. The owners might have interest in investing into thicker thermal insulation than the one necessary to meet the current building codes.

— Међуспратне конструкције према негрејаном подрумском простору

Интервенције на таваницама изнад негрејаних подрумских просторија нису укључене у анализиране пакете мера будући да ови елементи имају, посматрано на нивоу целе зграде, веома мало учешће у топлотним губицима док су опције за њихову санацију најчешће веома ограничене (смањује се висина у подрумским просторијама).

#### — Подови на тлу

Санација подова на тлу није посебно разматрана, будући да се изискују велика улагања уз бројне техничке потешкоће те их има смисла изводити само при обимнијом радовима на реновирању стана.

— Међуспратне конструкције изнад негрејаних спољашњих и унутрашњих простора

Елементи попут међуспратних конструкција изнад негрејаних простора нису разматрани у склопу предложених пакета пошто је њихово учешће у топлотним губицима мало, а евентуалне мере унапређења се могу доста разликовати од случаја до случаја. Ипак, када им се може лако приступити, санацију ових елемената свакако треба размотрити. У случајевима када су потребни други радови на таквим позицијама (замена спуштеног плафона, расвете и сл.), не треба пропустити прилику да се постави и додатни слој термоизолације.

#### — Зидови према негрејаним просторима

Зидови према негрејаним просторима код стамбених зграда заправо су зидови према степеништима, ходницима, лифтовима, техничким и помоћним просторијама. Учешће зидова према негрејаном степеништу у укупном енергетском билансу зграде варира од испод 1,5% до више од 25%, а у просеку износи око 11-12% (Ђуковић Игњатовић, 2016) тако да би унапређења овог дела термичког омотача свакако требало размотрити. У анализираним примерима, ова позиција је приказана у оквиру предложеног пакета мера управо да би се стекао увид у потенцијалне ефекте њеног санирања.

— Ceilings to the unheated basement

Improvements of ceilings to the unheated basement were not included into the proposed packages because these elements have a minor share in building's thermal losses while options for their refurbishment may often be very limited because of insufficient space (placing additional thermal insulation reduces the height in the basement).

#### — Ground floors

The energy rehabilitation of ground floors was excluded from this study since such interventions are very costly, often with many technical challenges, and may be carried out only as a part of major renovations of an apartment.

— Ceilings above exterior spaces and ceilings to the unheated interior spaces

These elements were not included in proposed packages because their share in heat losses is minor and the refurbishment measures are very case-specific. However, when easily accessible, such elements might be considered for energy upgrades. In cases where the some maintenance work is required, it is highly advisable to link these works with providing adequate thermal insulation for this part of a building.

#### — Walls to the unheated spaces

In multifamily buildings, walls to the unheated spaces are, in fact, the corridor walls, or walls to the staircases, elevator shafts, technical and storage spaces. The share of these walls in the building's energy balance varies from below 1.5% to above 25%, with an average of 11-12% (Џуковић Игњатовић, 2016), so the potential benefits from upgrading this element should be taken into consideration. This element is included in proposed packages for sample buildings in order to provide information on potential effects of corridor walls improvements in various cases.

In many buildings, however, the rooms next to the

Код многих зграда, међутим, према степенишном простору налазе се просторије попут купатила, кухиња, остава и сл. те се таква интервенција не би значајно одразила на комфор у стамбеним просторијама. Такође, у зградама где су степенишни простор и ходници димензионисани према минималним прописаним димензијама, заправо да и не постоји могућност накнадног постављања термоизолације, већ се зидови према негрејаним просторима евентуално могу изоловати са унутрашње стране, науштрб корисне површине стана.

### Анализа узорка и сценарио периода отплате

За предложени пакет мера за сваку од обрађених зграда извршена је процена инвестиције и периода отплате. У првом кораку су идентификовани елементи термичког омотача који генеришу највећи део топлотних губитака. Елементи који можда немају кључну улогу у термичким перформансама зграде али који значајно утичу на комфор у појединим деловима зграде или су у лошем стању и изискују санацију и ван контекста енергетске ефикасности, такође су уврштени у анализу. Њихов период отплате, исказан на основу остварених енергетских уштеда је прилично дугачак, али, за елементе који су оштећени и нефункционални, инвестиција је заправо неопходна.

У другом кораку размотрене су опције унапређења за сваки елемент понаособ, имајући у виду архитектонска и техничка ограничења као и актуелну регулативу. Топлотни губици су рачунати у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда – за сваку меру понаособ, као и за различите пакете како би се утврдило које интервенције су релевантне за дату зграду. Прорачунате су и уштеде које проистичу из сваке од предложених мера, те је, на основу њих и тренутних цена на нашем тржишту, процењен и период отплате.

Конечно, размотрени су различити пакети унапређења (комбинације појединачних мера) и предложени пакет је детаљно анализиран, а резултати су приказани у синтезној табели са подацима о размотреним мерама и унапређењима, процењеним

corridors are, in fact, bathrooms, kitchens, closets and other service areas, so the reduced thermal losses would not have full impact upon the comfort in the living areas of the apartment. It should be noted that in many buildings the dimensions of corridors and staircases do not allow almost any reduction, while installing the additional thermal insulation with proper finishing would require 6-10cm in order to meet the current regulations. The insulating layer can be installed within the apartment, reducing the apartment's net area.

### Sample analysis and payback scenarios for case studies

Various payback scenarios, together with the estimated investments were considered for each sample building. As a first step, elements of the thermal envelope that generate the major portion of the heat losses were identified. Considered were also elements that may not be crucial for the overall building performance but which are related to significant discomfort in certain areas and are in poor condition, requiring repairs which are not related exclusively to the energy efficiency. Their payback period calculated via energy savings is rather long, but for the dysfunctional and obsolete elements the investment is actually necessary.

Secondly, the improvement options were considered for each element, having in mind technical and architectural constraints, as well as current regulations. Heat losses were calculated according to the current Rulebook on Energy Efficiency of Buildings for each measure separately as well as for various packages in order to determine which interventions are relevant for each building. The separate savings deriving from single element improvements were calculated as simple payback with current prices.

Finally, various refurbishment packages (combinations of single-element improvements) were considered and the proposed package was calculated in detail, resulting in a summary table showing measures and improvements taken into the calculation, estimated savings and payback period deriving from such intervention. Initial investment is calculated in total, but it is also presented as investment per 1 m<sup>2</sup> of heated area and

инвестицијама и периодима отплате који произилазе из одређене интервенције. Укупна инвестиција је рачуната на нивоу зграде, али је такође приказана и као инвестиција по 1 m<sup>2</sup> of грејане површине као и по стану.

Енергетски и економски аспекти појединачних мера санације зграда из Националне типологије стамбених зграда Србије се могу истраживати и помоћу софтверског пакета „ЕЕ калкулатор“ (eekalkulator.gov.rs.)

Енергетске потребе које се везују за елементе термичког омотача укључене у предложени пакет дате су на дијаграму са паралелно приказаним вредностима постојећег и реновираног стања како би се и графички и нумерички приказали ефекти унапређења на енергетске потребе зграде. Најзанимљивија запажања из испитивања различитих пакета и алтернативних сценарија енергетске санације изложене су у напоменама које прате табеле и графиконе.

Детаљна објашњења табела и дијаграма дата су на страни 22.

### Прорачун сертификата о енергетским карактеристикама зграда (енергетски пасош) за примере у складу са српским прописима из области енергетске ефикасности

Потврда о енергетским карактеристикама зграда урађена је за све примере. Енергетска ефикасност је израчуната на основу одговарајућих прописа и подзаконских аката. Прорачун је извршен коришћењем KnaufTERM 2 PRO v. 26.2 – Србија софтвера. Улазни подаци за прорачун су прикупљени на основу техничке документације као и на основу обиласка анализираних објеката, разговора са станарима и експертским проценама.

Прорачун енергетских перформанси је, по истој методологији, спроведен и по примени мера односно пакета побољшања, како би се одредио енергетски разред унапређеног стања.

Базична појашњења у вези са примењеном номенклатуром која се користи у оквиру Сертификата о енергетским перформансама су дати испод одговарајуће скале за сваку зграду.

investment per flat.

Energy and economic aspects of individual measures for improvement of representative buildings from National Typology of Residential Buildings in Serbia can be explored through the software package “EE calculator” (eekalkulator.gov.rs.)

For thermal envelope elements included into proposed package, a chart is provided showing the pre-renovation and post-renovation energy needs related to each of those elements in order to graphically and numerically present the effects of improvement on the building's energy consumption. The most interesting observations from the various package analysis and alternative refurbishment scenarios are described in the notes accompanying the table and the chart.

Detailed explanations for tables and charts are provided on page 22.

### Calculation of the energy performance certificate (energy passport) for case studies according to serbian energy efficiency rules and regulations

The Energy Performance calculation is produced for all buildings. Energy efficiency calculations were performed for each building in accordance with the Serbian energy efficiency rules and regulation. Calculations were performed using KnaufTERM 2 PRO v. 26.2 - Srbija software. The input data for the calculations were collected from the original technical documentation where available, as well as from in-situ observations, interviews with tenants and expert estimations.

Energy performance calculations were performed, using the same methodology, for the proposed improvement package in order to show the potential EPC grade after the retrofit.

Basic explanations regarding the nomenclature used on EPC form are provided below energy rating graph for each building.

## Објашњење техничких термина и података презентираних у табелама и на графиконима

— Табела Преглед основних мера за побољшање енергетске ефикасности

- Табела представља основне податке у вези са одабраним архитектонским мерама за унапређење енергетске ефикасности анализираних зграда.

- Колона Поз идентификује елемент термичког омотача који се може унапредити на нивоу који има утицаја на укупне енергетске перформансе зGRADE.

- Колона Неопходне поправке и/или санација указује на елементе термичког омотача који се морају обновити без обзира на унапређење енергетске ефикасности (оштећени или на други начин неодговарајући елементи).

- Колона Учешће у трансмисионим топлотним губицима приказује проценат губитака кроз анализирани елемент у односу на укупне топлотне губитке зGRADE. Више вредности указују на потенцијал утицаја на укупне перформансе зGRADE по примени поступка санације.

- Колона Мере унапређења енергетске ефикасности даје кратки опис мере која је узета у обзир приликом прорачуна уштеда и периода повраћаја инвестиције.

- Колона Јединична цена приказује цену (по  $m^2$ ) предложене мере. Вредност може варирати у зависности од одабраног материјала, локалних цена материјала и рада. За елементе којима је неопходна санација неvezано за енергетску ефикасност ова вредност се може приказати и као разлика између стандардне и енергетске санације.

- Колона Тотал приказује процењену инвестицију за предложену меру односно пакет мера рачунајући материјал и потребан рад. Додатни трошкови који укључују израду пројектне документације, административне таксе и друге таксе нису рачунати.

- Колона  $Q_{h,an}$  представља прорачунску вредност потребне енергије за грејање (годишња потреба исказана у  $kWh$  по  $m^2$ ) са предложеном мером односно пакетом мера примењеном на анализирану зGRADE.

- Колона ЕС (ЕРС) приказује енергетски разред анализираних зGRADE после примене предложених мера односно пакета мера унапређења.

## Explanations of technical terms and data presented in tables and charts

— Table Review of Main Energy Efficiency Measures

The table presents basic data regarding selected architectural measures for improving energy efficiency of a given building.

- The column Pos. identifies the thermal envelope element that could be improved in a level that might reflect on the overall building's energy performance.

- The column Necessary repairs and/or renovation points out to the thermal envelope elements that need to be repaired or refurbished regardless of energy efficiency improvements (damaged and otherwise obsolete elements).

- The column Share in heat transmission losses shows the percentage of overall heat transmission losses that occur via the given element. The higher the value, the more likely it is to significantly reflect on the overall building's performance after renovation.

- The column Energy efficiency improvement measures gives a brief description of a measure that was taken into consideration while calculating savings and payback.

- The column Unit price displays the calculated unit price (per  $m^2$ ) for the proposed measure. This may vary, depending of chosen materials, the local pricing of materials and labor. For elements that already need renovation regardless of energy efficiency improvements, this value can also be calculated as a difference between meeting mandatory and proposed thermal characteristics for the specific measure.

- The column Total shows the estimated investment for the proposed measure/package – materials and labor, additional costs regarding design documentation, administrative taxes and other fees are not calculated.

- The column  $Q_{h,an}$  presents calculated energy needed for heating (annual demand in  $kWh$  per  $m^2$ ) with proposed measure/package implemented on a given building.

- The column EPC shows energy class of a given building after implementing proposed measure/package.

- The column Energy saving presents reduction of energy needed for heating of a given building after implementation of the proposed measure/package.

- Колона Уштеда енергије представља смањење количине енергије неопходне за грејање анализираних зGRADE по примени мера односно пакета мера унапређења.

- Колона Годишња уштеда приказује уштеде у Еврима за целу зGRADE процењене на основу смањене потребе за енергијом по примени предложених мера односно пакета мера унапређења.

- Колона Период отплате инвестиције приказује једноставни период отплате изведен на основу смањене потребе за енергијом по примени предложених мера односно пакета мера унапређења. За елементе који се морају санирати без обзира на процес унапређења енергетске ефикасности период отплате би био готово тренутан уколико би се јединична цена исказала као разлика између прописаних (у процесу обнове) и предложених термичких карактеристика анализираних позиције.

— Табела Процењена инвестиција

- Ова табела представља основне податке у вези са процењеном инвестицијом неопходном за примену свих мера обнове приказаних у табели Преглед основних мера енергетске ефикасности.

— Графикон Топлотни губици елемената термичког омотача

- Овај графикон приказује годишње губитке у односу на елементе термичког омотача имајући у виду енергетску санацију. Вредности за постојеће стање (пројектовано) су приказани црвеном бојом док су процењене вредности, по спроведеном поступку обнове, приказане зеленом бојом.

- The column Annual savings shows annual savings (in Euros, for the whole building) deriving from reduced energy demand after implementation of proposed measure/package.

- Column Payback shows simple payback period deriving from reduced energy demand after implementation of proposed measure/package. For elements that already need renovation regardless of energy efficiency improvements, the payback would be almost immediate if unit price is calculated as difference between meeting mandatory (as requested by regulations) and proposed thermal characteristics for specific measure.

— Table Estimated Investment

- The table presents basic data regarding estimated investment, for applying all measures shown in the table Review of Main Energy Efficiency Measures.

— Chart Heat Losses Related to Thermal Envelope Elements

- The chart presents annual heat losses (in MWh) related to the thermal envelope elements taken into consideration for energy upgrades. The values for existing (as designed) condition are shown in red, while the estimated after-renovation values are shown in green.

[1] Игњатовић, Д. Туковић Игњатовић, Н. (2012). Атлас енергетских карактеристика омотача грађевинских објеката у Београду, Београд: Архитектонски факултет, интерно издање

[2] Јовановић Поповић, М. Игњатовић, Д. и др. (2013). Национална типологија стамбених зграда Србије/National Typology of Residential Buildings in Serbia, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и ГИЗ (двојезично издање)

[3] Rajčić, A. Ignjatović, D. (2011). Housing in Serbia and Regulations on Energy Efficiency – Serbia on the way to the European Union in Mako, V. (ed.), Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations, (pp. 194- 211). Belgrade: Faculty of Architecture University of Belgrade

[4] Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N., Jovanović Popović M. (2017) Potential for energy efficiency and CO2 emission reduction by refurbishment of housing building stock built before 1919 in Serbia. Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 26 – No. 2/2017, pp. 1201-1209,

[5] Игњатовић, Д. (2016) Оцена енергетских перформанси омотача стамбених зграда методом термовизијског снимања, Докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду

[6] Јовановић-Поповић, М. Игњатовић, Д. (2011) SEEING ENERGY - Видети енергију. Београд: Архитектонски факултет

[7] Туковић Игњатовић, Н. (2016) Оптимизација мера обнове стамбених зграда у циљу побољшања енергетске ефикасности, Докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду

## Зграда 1 — Building 1

Број етажа	По+ПР+2+Пк
Година изградње	1939.
Грејана површина	575 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	В3
ТАБУЛА тип	2_MF

Number of floors	B+GF+2+Lo
Construction year	1939
Heated area	575 m <sup>2</sup>
National typology type	B3
TABULA type	2_MF



Мања слободностојећа зграда конципирана као једноставна кубична форма са сведеном фасадном пластиком и косим кровом. Конструктивни склоп се састоји од масивних зиданих зидова од опеке и „Хербст“ таванице. Недавно, током 2011. год. зграда је делимично реконструисана и том приликом је постављена термоизолација на уличној и деловима бочних страна. Такође је реконструисан кров, а поткровни простор је претворен у стамбени. Прозори нису мењани. Прорачуни потребне енергије за грејање су рађени за оригинално стање, пре реконструкције.

Small free standing building conceived as a simple cubic form with the basic façade decoration in mortar and pitched roof.

The primary structural system is composed of masonry load bearing walls with „Herbst“ slabs.

In 2011 it was partially refurbished and a layer of thermal insulation was added on the front façade and on some portions of the lateral facades. A part of the attic was converted into the living space and the roof was repaired. Windows have not been changed.

The calculations of energy needed for heating were performed on original design conditions.

Б3  
В3

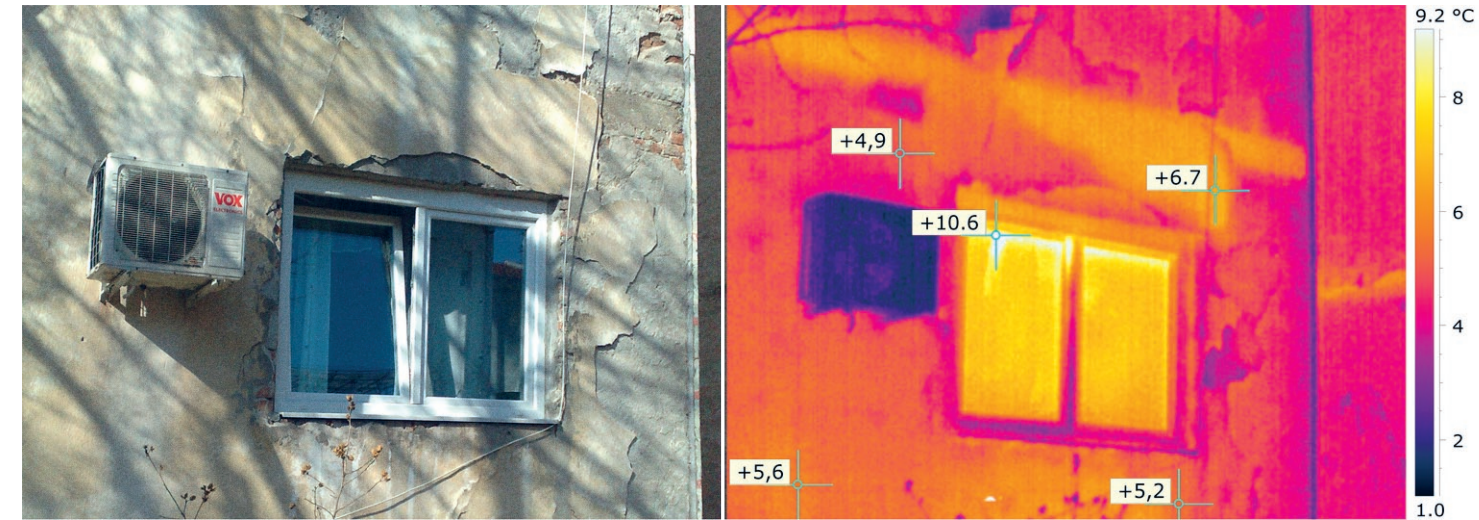




Сегмент фасаде 1 – Обновљена и термоизолирана улична фасада  
 Façade segment 1 – Refurbished and thermally insulated street facade

Приказ сегмента уличне фасаде накнадно изоловане слојем термоизолације, у процесу реновирања. Елементи фасадне пластике и кровни венац нису изоловани, што се јасно види на термограму као зона са израженијим топлотним губицима. Фасадна столарија је, углавном, оригинална и одликује се лошим термичким перформансама са измереним температурним вредностима и од 10,5°C на допзорнику. Приметни топлотни губици на позицији новог (заменеог) прозора, у поткровљу, указују на неодговарајући поступак уградње.

The illustration of the refurbished segment of the street facade with the added layer of thermal insulation. Decorative elements were not insulated in the process, rendering them as the zone with significant thermal losses. Windows are, mainly, original and characterized by poor thermal performance with measured temperature values as high as 10,5°C on the window frame. Notable heat losses at the position of new (replaced) attic window are indicating poor craftsmanship in the installation process.



Сегмент фасаде 2 – Оригинална неизолована фасада  
 Façade segment 2 – Original non-insulated facade

Оригинални део фасаде објекта без термоизолације са температурним читавањима у просеку 3°C вишим него на уличном, изолованом, делу. Јасно уочљиви армирано бетонски серклажи и натпорзорне греде (температурни скок од 2°C) представљају зоне изражених топлотних губитака. Замењен прозор је неадекватно уграђен и карактерише се приметним губицима топлоте.

Original segment of the façade wall, without thermal insulation layer, is characterized by, on average, 3°C higher temperature readings, compared to the insulated street facade. Reinforced concrete ring beams and window lintels are clearly rendered as the zones of high thermal losses. (An increase of temperature readings by 2°C). The replacement window has not been properly installed and it is characterized by notable heat losses.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Површина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]			%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]
Фасадни зидови — Façade walls	●	62	410	12cm термоизолација + нова фасада — 12cm of thermal insulation + new facade	32	13.106	99,44	D	39	2001	7
Прозори — Windows	●	12	29	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	4.587	151,36	F	7	342	13
Зидови према негрејаном простору — Corridor walls	○	7	102	4cm термоизолација + завршна обрада — 4cm EPS + new paint	14	1.421	157,06	F	3	160	9
Таваница према негрејаном тавану — Cieling to unheated attic	●	8	103	5cm термоизолација — 5cm of thermal insulation	9	930	156,28	F	4	185	5
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>20.045</b>	<b>77,91</b>	<b>D</b>	<b>52</b>	<b>2689</b>	<b>7</b>

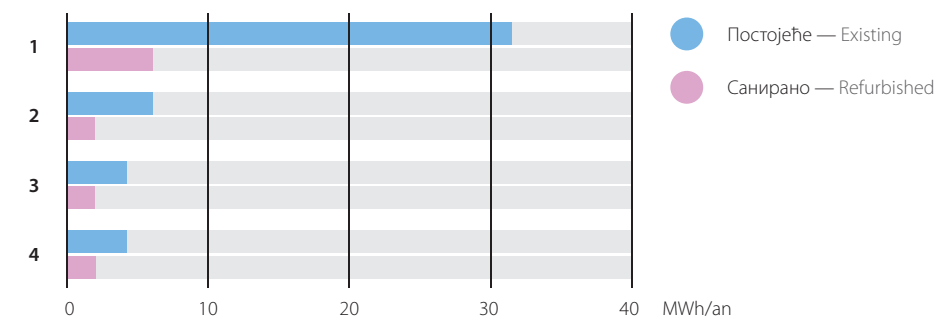
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 20,045</b>	<b>€ 54</b>	<b>€ 3341</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 4 Таваница према негрејаном тавану — Cieling to unheated attic

**НАПОМЕНА 1:**  
Изоловање фасаде са само 8cm камене вуне је довољно за постизање D енергетског разреда (испод 105kWh/m²) и у потпуности је у складу са вјећим прописима (U=0,332 Wm²/K).

**NOTE 1:**  
Insulating façade walls with only 8cm of rock wool is sufficient for achieving D energy grade (under 105kWh/m²) and is compliant with current regulations (U=0,332 Wm²/K).

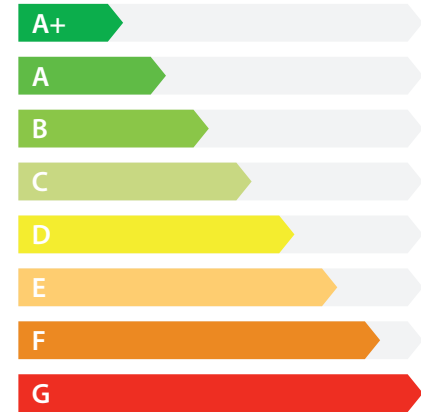
**НАПОМЕНА 2:**  
Изоловањем фасаде са 14cm термоизолације и енергетским унапређењима елемената термичког омотача до испуњења важећих прописа може се постићи C енергетски разред (испод 70kWh/m²).

**NOTE 2:**  
Insulating façade walls with 14cm of thermal insulation and energy upgrading other elements of thermal envelope to the minimal regulation compliance is sufficient for achieving C energy grade (under 70kWh/m²).



Енергетски разред

EPS rating



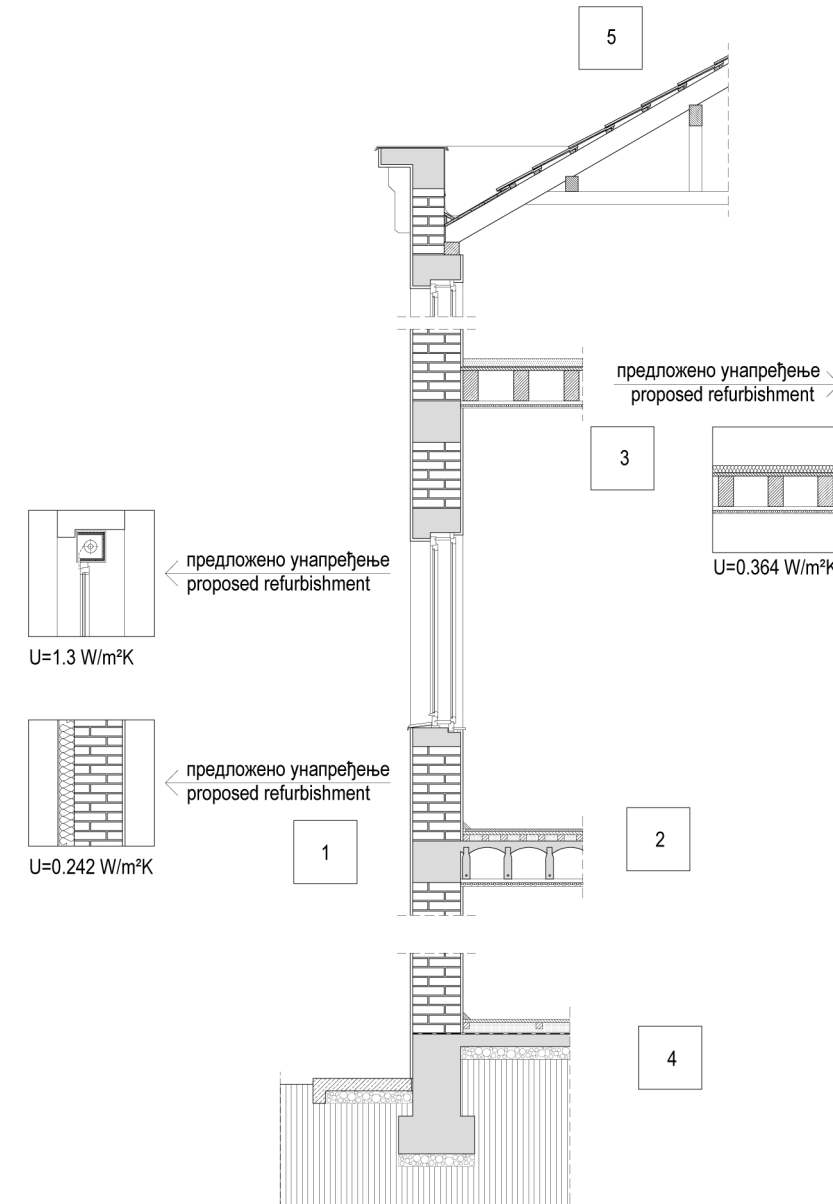
$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>231.54</b>	<b>162.08</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**F**



$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>111.30</b>	<b>77.91</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**D**



Детаљ фасаде

Façade detailing

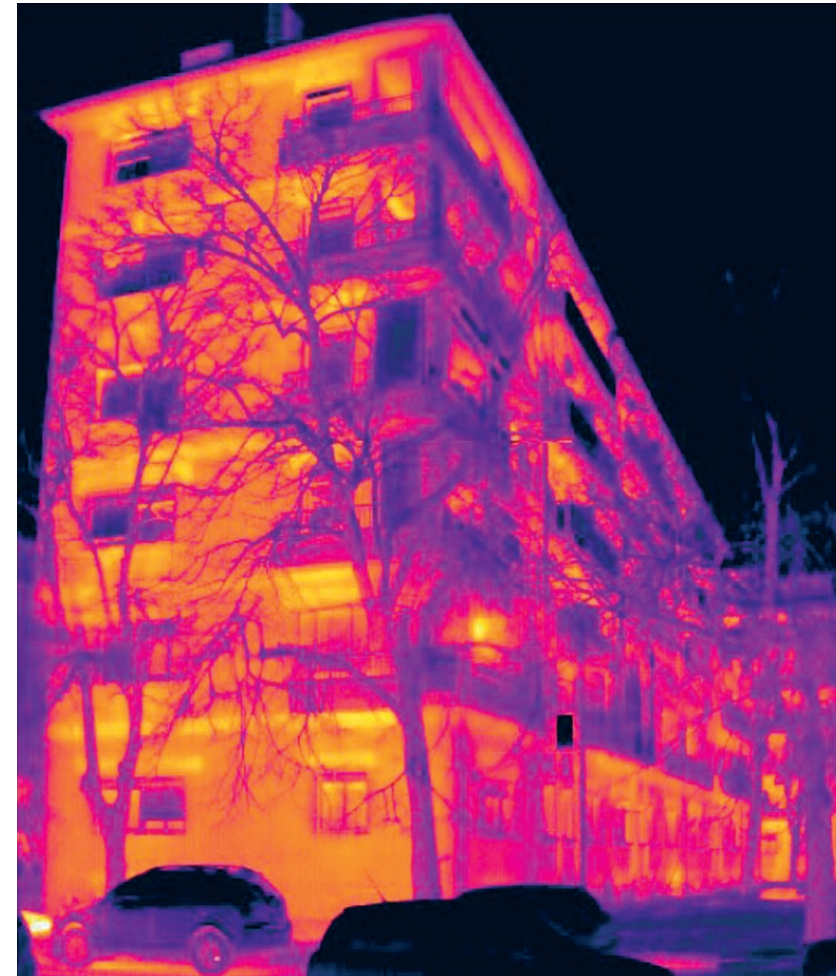
- 1 — ФАСАДНИ ЗИД  $U=1.274 \text{ W/m}^2\text{K}$  — цементни малтер 2cm - пуна опека 38cm - продужни кречни малтер 2cm  
 EXTERNAL WALL  $U=1.274 \text{ W/m}^2\text{K}$  — cement plaster 2cm  
 — brick wall 38cm - lime-cement plaster 2cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.242 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 2 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА — паркет 2.2cm, даске слепи под 2.5cm, летве (бор, смрека) + песок, шљунак 5cm - аб ситноребраста таваница 30cm - летве (храст) 3cm - гипсани малтер на трсци 3cm  
 2 — FLOOR CONSTRUCTION — parquet 2.2cm - wooden subfloor planks 2.5cm - battens (pine, spruce) + sand, gravel 5cm - ribbed concrete slab 30cm - battens (oak) 3cm - straw-gypsum plaster ceiling 3cm
- 3 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИСПОД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА (ТАВАН)  $U=0.795 \text{ W/m}^2\text{K}$  — земља 6cm - плоче од сламе 1cm - дрвене даске 2.5cm - дрвене таваначе 12/24cm - летве (бор, смрека) 3cm - гипсани малтер на трсци 3cm  
 3 — FLOOR CONSTRUCTION UNDER UNHEATED AREA (ATTIC)  $U=0.795 \text{ W/m}^2\text{K}$  — rammed earth 6cm - straw 1cm - wooden planks 2.5cm - timber beams 12/24cm - battens (pine, spruce) 3cm - straw-gypsum plaster ceiling 3cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.364 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 4 — ПОД НА ТЛУ  $U=1.667 \text{ W/m}^2\text{K}$  — дрвене подне даске 2.5cm - летве (бор, смрека) + слој песка 5cm - песок суви 3cm - хидроизолација 1cm - аб плоча 10cm - песок, шљунак 10cm  
 4 — GROUND FLOOR  $U=1.667 \text{ W/m}^2\text{K}$  — wooden floor planks 2.5cm - battens (pine, spruce) + sand 5cm - dry sand 3cm - hydroinsulating layer 1cm - reinforced concrete slab 10cm - sand, gravel 10cm
- 5 — КОС КРОВ — жљебљени цреп - летве 4.8/2.4cm - rog 12/16  
 5 — PITCHED ROOF — clay roof tiles - battens 4.8/2.4cm - rafter 12/16

## Зграда 2 — Building 2

Број етажа	По+ПР+5
Година изградње	1953.
Бруто површина	4180 m <sup>2</sup>
Грејана површина	2182 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	C4
ТАБУЛА тип	3_AB
Number of floors	B+GF+5
Construction year	1953
Gross area	4180 m <sup>2</sup>
Heated area	2182 m <sup>2</sup>
National typology type	C4
TABULA type	3_AB

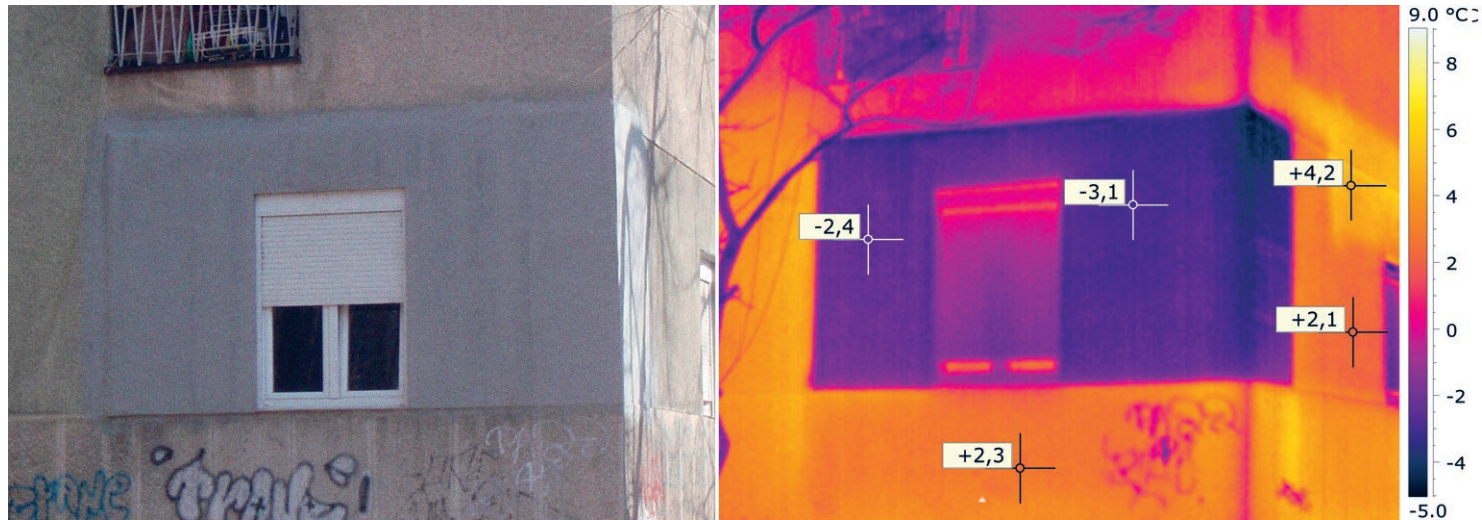


Типичан објекат за послератни период обнове града. Објекат је кубичне форме, компактне основе и једноставне геометрије, без декоративних елемената намењен малим становима радничке класе. Ове зграде су грађене у класичном, масивном, конструктивном систему са носећим зидовима од опеке, обострано малтерисаним и „Хербст“ међуспратним конструкцијама, без употребе термоизолације. Кровови су коси, благог нагиба, са таванским простором који се не користи за боравак.

This is a typical building from the immediate post-war period. Basic, cubic form and simple geometry with no decorative elements, compact in layout accommodating small working-class flats. These buildings were constructed using traditional building techniques with massive load-bearing brick walls covered in mortar and “Herbst” slabs, with no thermal insulation. Roof constructions are low, pitched structures with non-habitable attic.

C4  
Ц4

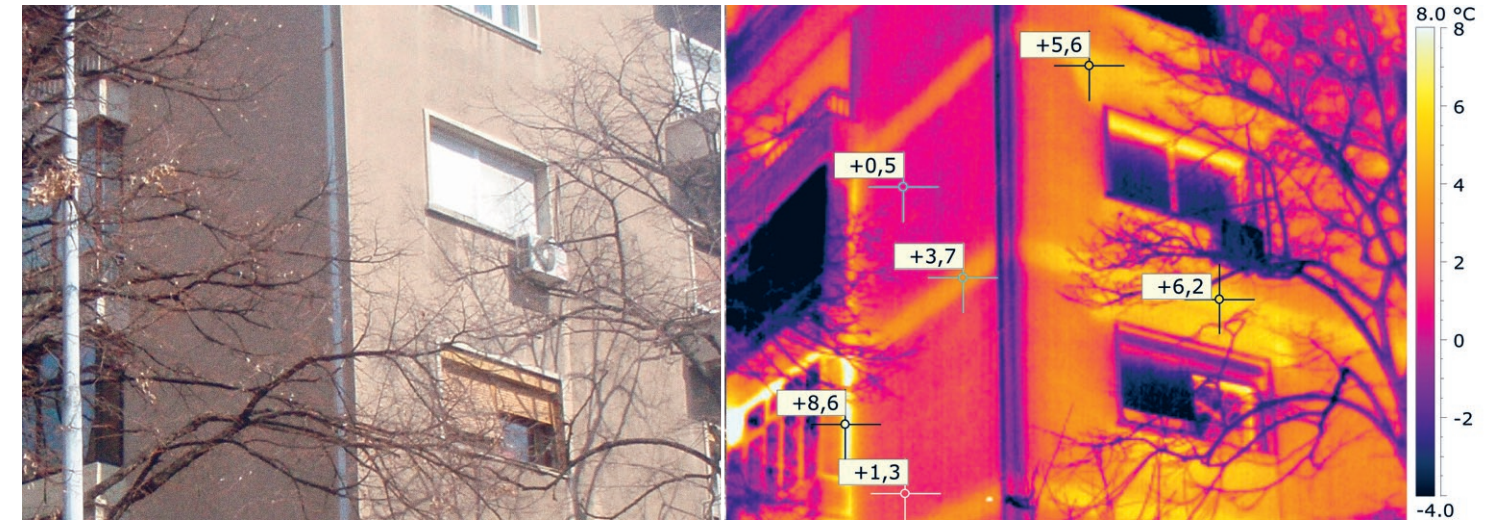




Сегмент фасаде 1 – Делимично обновљен и термички изолован сегмент фасаде  
 Façade segment 1 – Partially refurbished and thermally insulated façade segment

Индивидуална иницијатива, са циљем побољшања перформанси омотача парцијалним постављањем изолације и заменом прозора. Приметне температурне разлике од готово 7°C: изоловани-неизоловани део, указују на оправданост поступка. Истовремено, неадекватан обухват изолације који покрива само висину прозора и таванице је очигледан. Армирано бетонски делови фасадног зида се јављају као зоне најизразитијих топлотних губитака.

This is an individual initiative, trying to improve the performance of the envelope by partial addition of thermal insulation and window replacement. Significant temperature reading difference of almost 7°C between insulated and non-insulated parts demonstrates the validity of the procedure. At the same time, Improper sizing of the insulated segment that covers only the height of the window and slab is obvious. Reinforced concrete sections of the wall structure are rendered as the zones of the highest thermal losses.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент оригиналне термички неизоловане фасаде  
 Façade segment 2 – Original segment of thermally non-insulated façade

Карактеристични сегмент фасаде зиданих објеката без термоизолације. Термограм илуструје изразите губитке у зонама хоризонталних армирано-бетонских серклажа и натпрозорних греда са температурном разликом од 3°C у поређењу са зиданим делом. На термограму се може уочити да објекат нема вертикалне армирано-бетонске елементе.

This is a typical segment of masonry façade wall constructed without thermal insulation. Reinforced concrete ring beams and window lintels are zones of the wall that are characterized by highest thermal losses, on thermogram, with temperature difference of almost 3°C compared to masonry infill. The thermogram also illustrates that the building has been constructed without vertical reinforcements.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Повр- шина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]	[kWh/m²an]		%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]
Фасадни зидови — Façade walls	○	54	955	8cm термоизолација + нова фасада — 8cm of thermal insulation + new facade	27	25,785	145.70	F	13	2313	11
Прозори — Windows	●	26	192	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	30,720	129.11	F	23	4054	8
Зидови према не- грејаном простору — Corridor walls	○	9	412	4cm термоизолација + завршна обрада — 4cm EPS + new paint	14	5,768	161.58	F	4	647	9
Таваница према не- грејаном тавану — Ceiling to unheated attic	○	7	205	8cm термоизолација — 8cm of thermal insulation	12	2,460	161.38	F	4	668	4
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>64,733</b>	<b>69.62</b>	<b>C</b>	<b>58</b>	<b>7683</b>	<b>8</b>

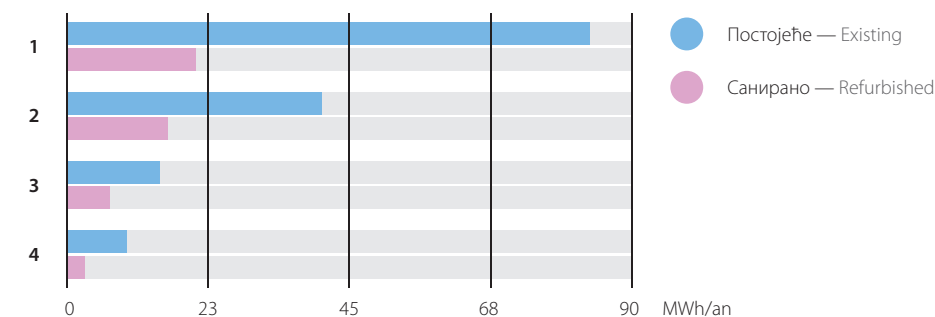
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 64,733</b>	<b>€ 53</b>	<b>€ 2697</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



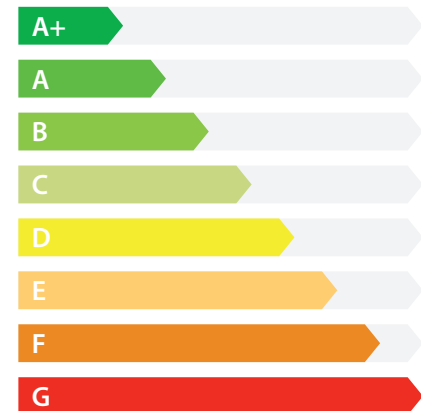
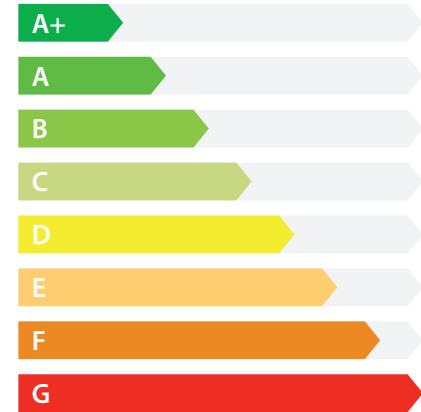
- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 4 Таваница према негрејаном тавану — Ceiling to unheated attic

**НАПОМЕНА:**  
За постизање бољих енергетских перформанси требало би размотрити друге видове интервенције, као на пример формирање стакленика са јужне стране.

**NOTE:**  
For better energy performance remodelling should be considered preferably with sunspace on South facades.

Енергетски разред

EPS rating

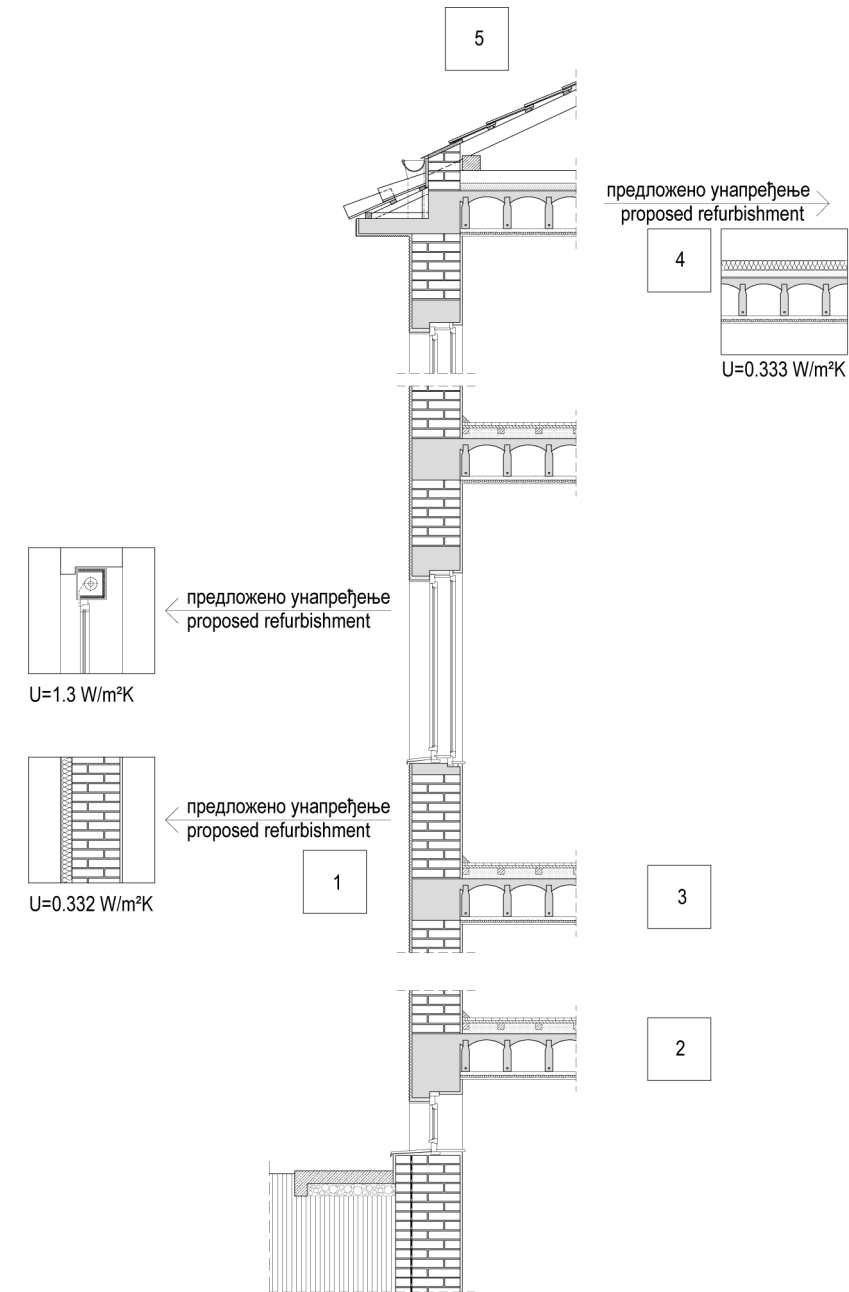


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>239.64</b>	<b>167.75</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**F**

$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>99.46</b>	<b>69.62</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**



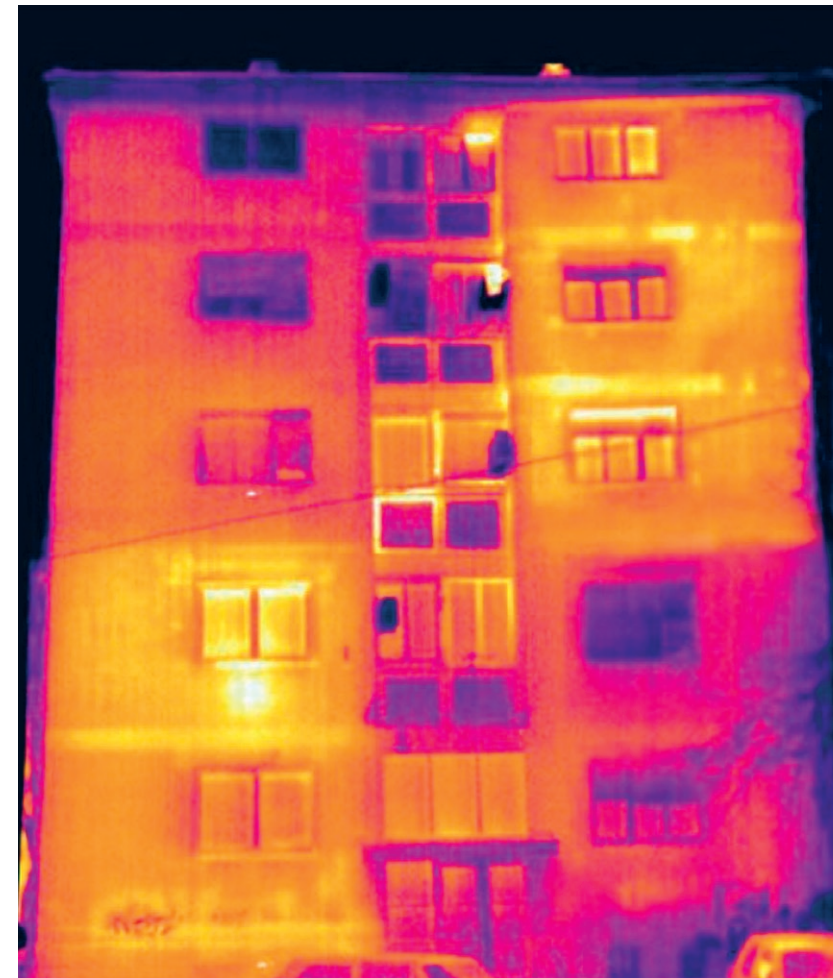
Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1 — ФАСАДНИ ЗИД  $U=1.274 \text{ W/m}^2\text{K}$  - цементни малтер 2cm - пуна опека 38cm - продужни кречни малтер 2cm  
1 — EXTERNAL WALL  $U=1.274 \text{ W/m}^2\text{K}$  - cement plaster 2cm - brick wall 38cm - lime-cement plaster 2cm  
  
— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.332 \text{ W/m}^2\text{K}$   
ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  /
- 2 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА (ПОДРУМ)  $U=0.768 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2.2cm - даске (бор, смрека) 2cm - летве (бор, смрека) + песак суви 5cm - песак суви 3cm - Хербст таваница 30cm - летве 5cm - гипсани малтер на трсци 3cm  
2 — FLOOR CONSTRUCTION ABOVE UNHEATED AREA (BASEMENT)  $U=0.768 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2.2cm - planks (pine, spruce) 2cm - battens (pine, spruce) + dry sand 5cm - dry sand 3cm - Herbst ribbed concrete slab 30cm - battens 5cm - straw - gypsum plaster ceiling 3cm
- 3 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА  $U=0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2.2cm - даске (бор, смрека) 2cm - летве (бор, смрека) + песак суви 5cm - песак суви 3cm - Хербст таваница 30cm - летве 5cm - гипсани малтер на трсци 3cm  
3 — FLOOR CONSTRUCTION  $U=0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2.2cm - wooden planks (pine, spruce) 2cm - battens (pine, spruce) + dry sand 5cm - dry sand 3cm - Herbst ribbed concrete slab 30cm - battens 5cm - straw - gypsum plaster ceiling 3cm
- 4 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИСПОД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА (ТАВАН)  $U=1.116 \text{ W/m}^2\text{K}$  - земља 5cm - плоче од сламе 1cm - Хербст таваница 30cm - летве (бор, смрека) 5/3cm - гипсани малтер на трсци 3cm  
4 — FLOOR CONSTRUCTION UNDER UNHEATED AREA (ATTIC)  $U=1.116 \text{ W/m}^2\text{K}$  - rammed earth 5cm - straw 1cm - Herbst ribbed concrete slab 30cm - battens (pine, spruce) 5/3cm - straw - gypsum plaster ceiling 3cm  
  
— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.333 \text{ W/m}^2\text{K}$  /
- 5 — КОС КРОВ - жљебљени цреп 2.8cm - летве 5/3cm - рог 10/12  
5 — PITCHED ROOF - clay roof tiles 2.8cm - battens 5/3cm - rafter 10/12

## Зграда 3 — Building 3

Број етажа	По+ПР+5
Година изградње	1958.
Бруто површина	1518 m <sup>2</sup>
Грејана површина	900 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	C3
ТАБУЛА тип	3_ MF
Number of floors	B+GF+5
Construction year	1958
Gross area	1518 m <sup>2</sup>
Heated area	900 m <sup>2</sup>
National typology type	C3
TABULA type	3_MF

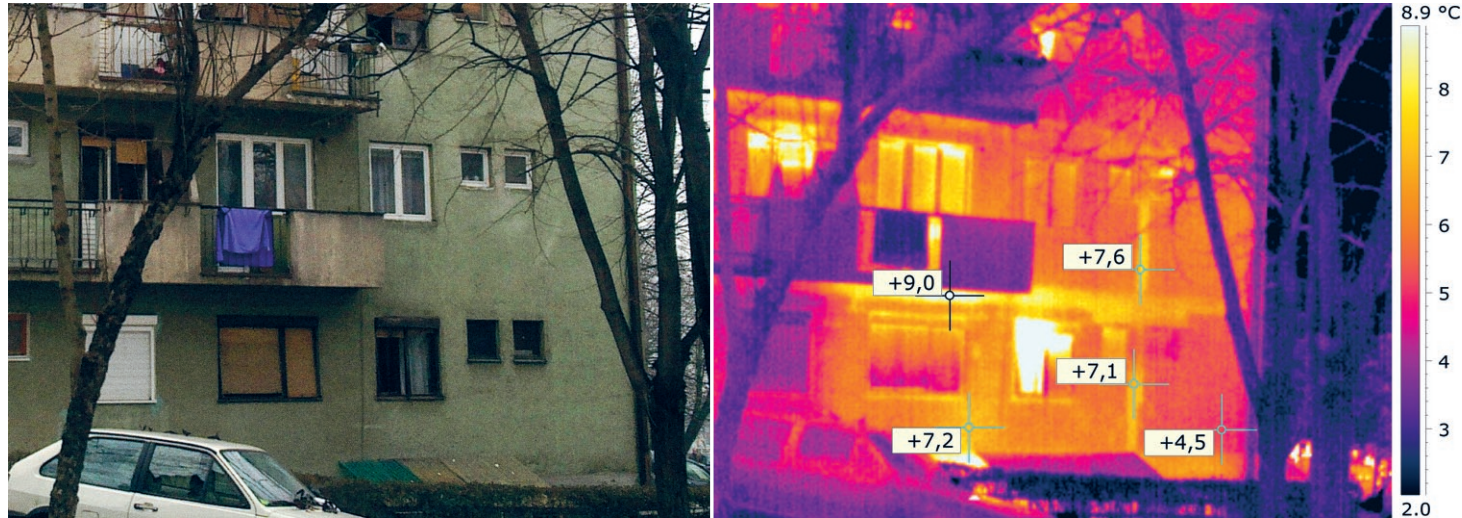


Типичне послератне слободно стојеће зграде једноставне кубичне форме. Овај тип зграда је конструиран у класичном масивном систему од новоразвијених „Дурисол“ блокова, обострано малтерисаних, без употребе термоизолације, што за резултат има лоше енергетске перформансе. Зграда не поседује централизован систем грејања што се јасно илуструје на термограму где се уочавају приметне разлике у температурним читавањима између грејаних и негрејаних делова.

This is a typical cubic free standing building from the post-war period. These buildings were constructed using newly developed “durisol” blocks for massive load-bearing walls with no additional thermal insulation, which as a result has a poor energy performance. Roof constructions are low, pitched structures with non-habitable attic. The building does not have central heating system which can be easily recognized in the thermogram showing a notable difference in temperature readings between heated and unheated parts.

Ц3  
C3

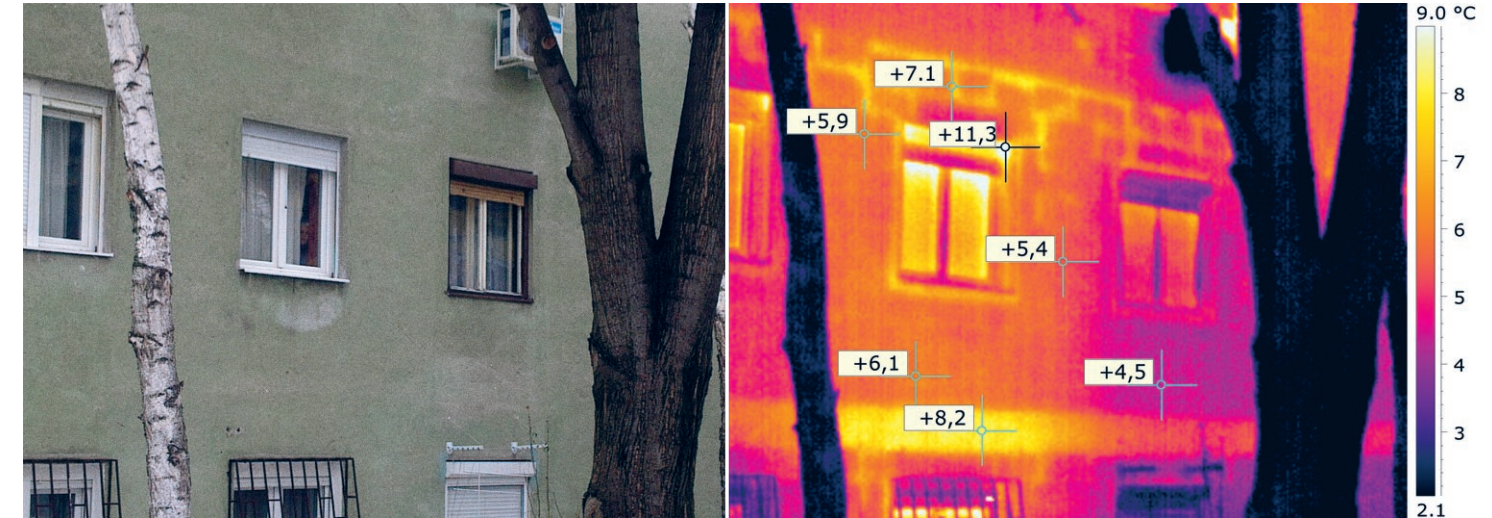




Сегмент фасаде 1 – Сегмент термички неизоловане фасаде  
Façade segment 1 – Segment of thermally non-insulated façade

Типичан сегмент масивно зидане зграде од “Дури-сол” блокова испуњених бетоном без слоја термо-изолације. Хоризонтални и вертикални серклажи као и напрозорне греде се јављају као зоне са великим топлотним губицима и темпертурним читавањима већим за 3°C од зиданих делова. Конзолно препуштене плоче балкона се карактеришу изразитим линијским топлотним губицима на месту споја са фасадним платном.

Typical segment of “Durisol” block façade wall structure filled with concrete without thermal insulation layer. Reinforced concrete ring beams, tie columns and window lintels are zones of the wall that are characterized by highest thermal losses with the temperature difference of 3°C compared to masonry infill. Cantilevered balcony slabs are rendered as zones of high linear thermal losses at contact position of with façade walls.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент термички неизоловане фасаде  
Façade segment 2 – Segment of thermally non-insulated façade

Сегмент фасаде са изразитим топлотним губицима као последица више унутрашње температуре. Разлика у термичким перформансама између доњег и горњег хоризонталног серклажа се јавља као последица њихове структуре: доњи је армирано бетонски, а горњи је армирано бетонска испуна “дурисол” блокова што се јасно може уочити на термограму. Замењени прозор (у средини) није адекватно уграђен и карактерише се приметним топлотним губицима нарочито у зони кутије ролетне.

Façade segment with notable heat losses as a consequence of higher internal temperature. The difference in thermal performance between the lower and upper ring beam appears as a result of their structure: the lower is composed of reinforced concrete while the upper is formed as reinforced infill of “durisol” blocks, as can be easily distinguished on the thermogram. The replaced window (in the middle) has not been properly installed and it is characterized by significant thermal losses in the zone of the roller shutter box.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Површина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]			%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]
Фасадни зидови — Façade walls	●	53	950	10cm термоизолација + нова фасада — 10cm of thermal insulation + new facade	30	28,500	105.78	F	38	6472	4
Прозори — Windows	●	25	213	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	34,080	136.69	F	20	3425	10
Зидови према негрејаном простору — Corridor walls	○	7	292	2/6cm термоизолација + завршна обрада — 2/6cm EPS + new paint	14	4,088	164.09	F	4	724	6
Таваница према негрејаном тавану — Ceiling to unheated attic	○	8	237	8cm термоизолација — 8cm of thermal insulation	12	2,844	162.27	F	5	903	3
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>69,512</b>	<b>53.44</b>	<b>C</b>	<b>69</b>	<b>11524</b>	<b>6</b>

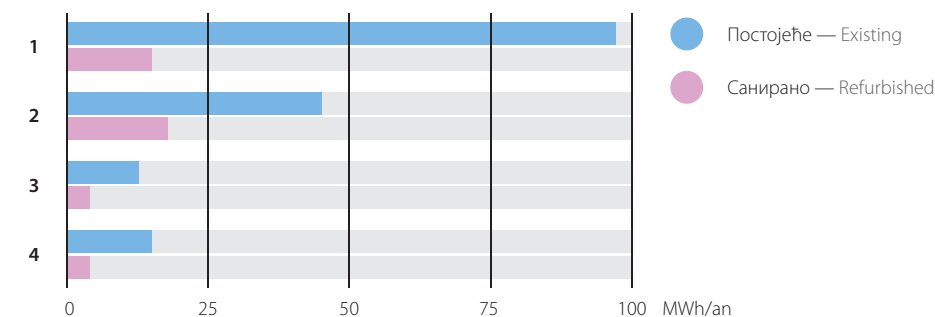
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 69,512</b>	<b>€ 61</b>	<b>€ 3476</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 4 Таваница према негрејаном тавану — Ceiling to unheated attic

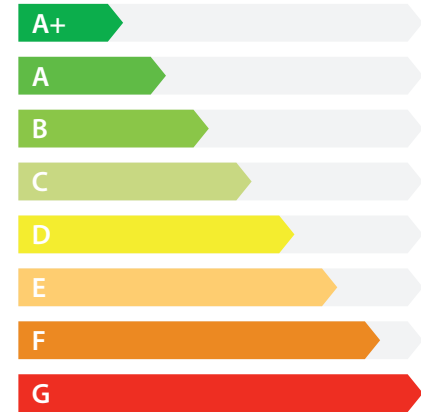
**НАПОМЕНА:**  
Власници станова на 4. спрату би требало да размотре улагање у бољу термоизолацију конструкције према негрејаном тавану будући да ова позиција има значајно учешће у топлотним губицима ових станова.

**NOTE:**  
Owners of the 4th floor apartments might consider investing in better thermal insulation towards the attic since it has a considerable share in their thermal losses.



Енергетски разред

EPS rating

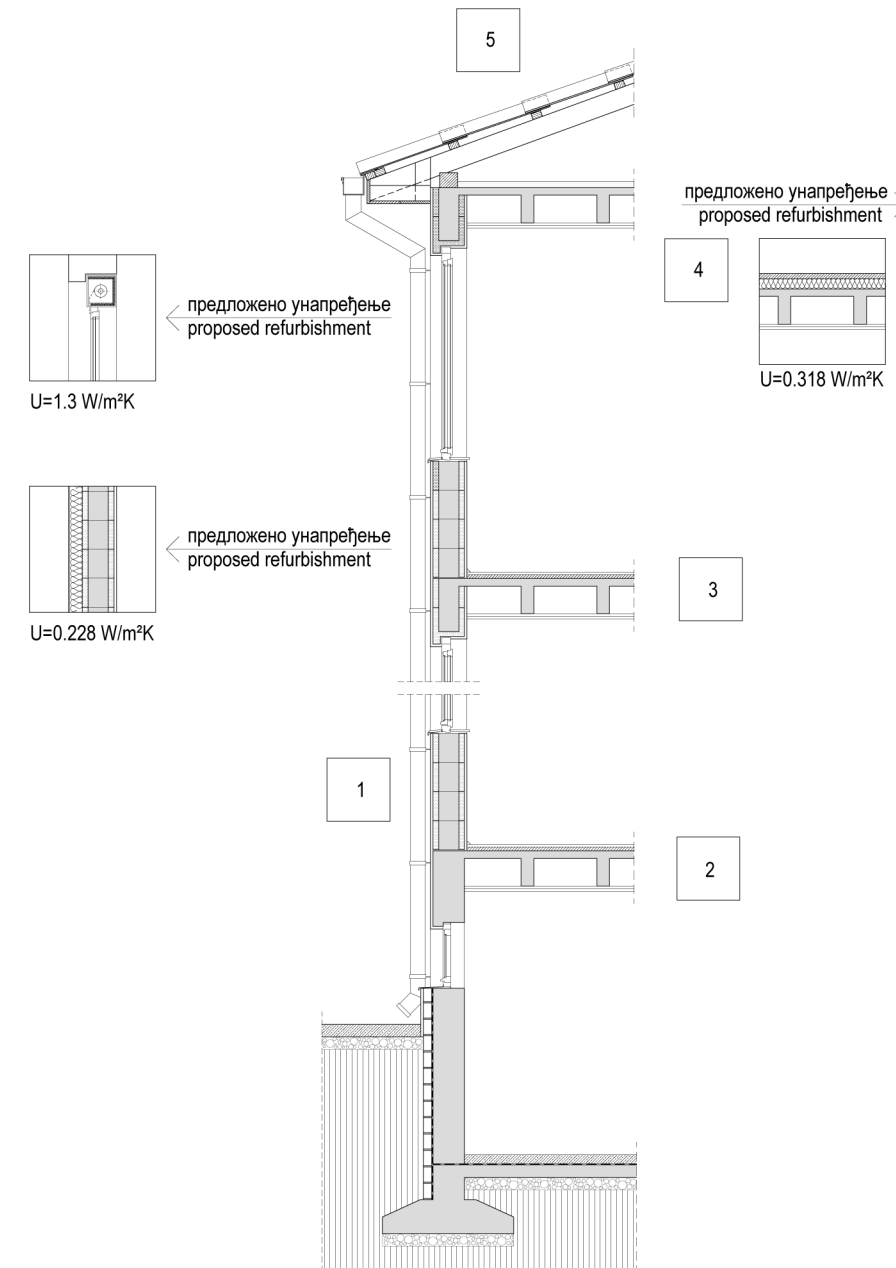


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>244.91</b>	<b>171.43</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>76.34</b>	<b>53.44</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**F**

**C**



Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.759 \text{ W/m}^2\text{K}$  - продужни кречни малтер 2cm - Дурисол блок са испуном од бетона 25cm - продужни кречни малтер 2cm  
 1— EXTERNAL WALL  $U=0.759 \text{ W/m}^2\text{K}$  - lime-cement plaster 2cm - light weight concrete Durisol block filled with concrete 25cm - lime-cement plaster 2cm  
 — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.228 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  /
- 2— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА (ПОДРУМ)  $U=0.826 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2cm - Дурисол плоче 3cm - аб ситноребраста таваница 28cm - плоче од трске 1cm - продужни кречни малтер 2cm  
 FLOOR CONSTRUCTION ABOVE UNHEATED AREA (BASEMENT)  $U=0.826 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2cm - light weight concrete Durisol boards 3cm - ribbed concrete slab 28cm - straw 1cm - lime-cement plaster 2cm
- 3— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА - паркет 2cm - Дурисол плоче 3cm - аб ситноребраста таваница 28cm - плоче од трске 1cm - продужни кречни малтер 2cm  
 3— FLOOR CONSTRUCTION - parquet 2cm - light weight concrete Durisol boards 3cm - ribbed concrete slab 28cm - straw 1cm - lime-cement plaster 2cm
- 4— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИСПОД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА (ТАВАН)  $U=1.274 \text{ W/m}^2\text{K}$  - земља 5cm - аб ситноребраста таваница 28cm - плоче од трске 1cm - продужни кречни малтер 2cm  
 4— FLOOR CONSTRUCTION UNDER UNHEATED AREA (ATTIC)  $U=1.274 \text{ W/m}^2\text{K}$  - rammed earth 5cm - ribbed concrete slab 28cm - straw 1cm - lime-cement plaster 2cm  
 / предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.318 \text{ W/m}^2\text{K}$  /
- 5— КОС КРОВ - Салонит валовите плоче 1cm - штафле 5/8cm - пог 12/16  
 5— PITCHED ROOF - Salonit corrugated fibre cement sheathing 1cm - battens 5/8cm - rafter 12/16

## Зграда 4 — Building 4

Број етажа	По+ПР+8	Number of floors	B+GF+8
Година изградње	1963.	Construction year	1963
Бруто површина	7834 m <sup>2</sup>	Gross area	7834 m <sup>2</sup>
Грејана површина	5339 m <sup>2</sup>	Heated area	5339 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	D4	National typology type	D4
ТАБУЛА тип	4_MF	TABULA type	4_MF



Зграда изграђена у оквиру затвореног урбаног блока класичном техном градње са масивним конструктивним склопом и ситноробастом међуспратном таваницом. Зидови су обострано малтерисани и споља финално обрађени у вештачком камену. Прозори су дрвени, са раздвојеним крилима застакљени једноструким стаклом. Калкански зидови су од армираног бетона, а остали фасадни зидови су са зиданим испунама од шупљих блокова. На термограму се уочавају изразити губици на местима хоризонталних серклажа, натпрозорних греда и на спојевима елемената форме као последица промене геометрије.

This is a building constructed in the closed urban block in the traditional structural system with massive load bearing walls and ribbed slabs. The walls are plastered with a façade made from decorative plaster. The windows are wooden with a double frame, double sash and single glazing. The side walls are constructed from reinforced concrete while the main façade walls are with masonry infill made from hollow clay blocks. The thermogram illustrates notable heat losses at the ring beams, the window lintels and other joints of the building form.

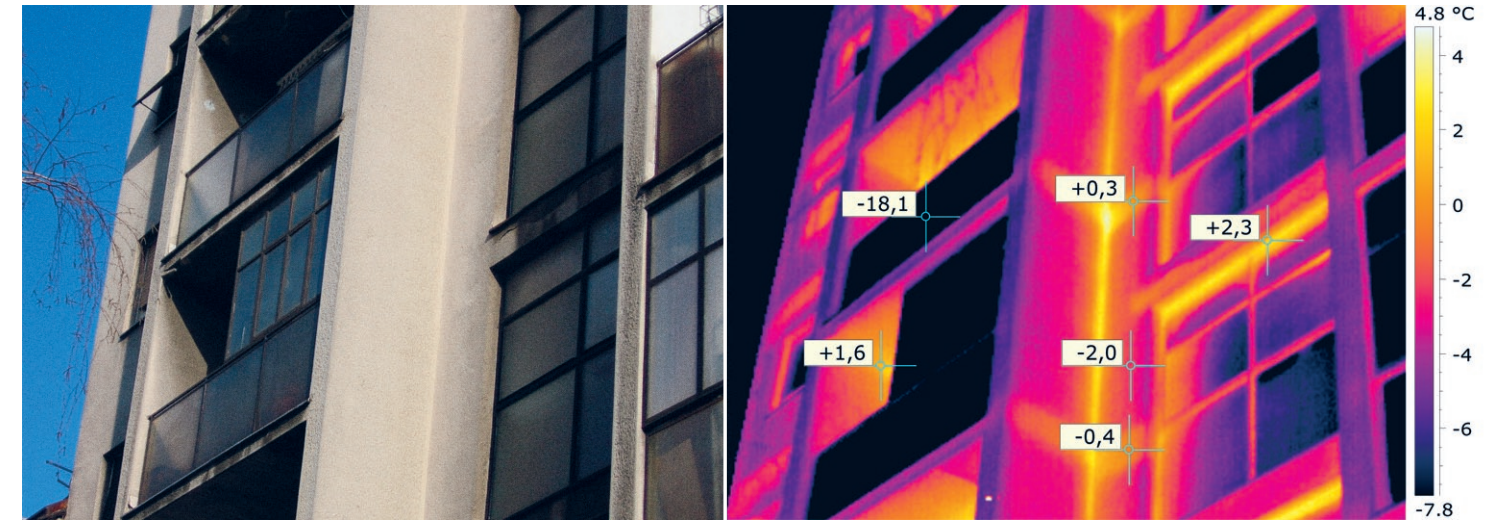




Сегмент фасаде 1 – Сегмент термички неизоловане фасаде  
Façade segment 1 – Segment of thermally non- insulated façade

Сегмент уличне фасаде материјализоване у вештачком камену. Зидана испуна фасадног платна израђена од опекарских блокова без вертикалних серклажа се јасно уочава на термограму. Сегмент се карактерише значајним термичким губицима на позицијама натпрозорних греда и спојева између балконских плоча и фасадних зидова. Простори лођа се карактеришу вишим читавањима температурних вредности зидова као последица њихове мање дебљине, али и геометријских одлика простора.

This is a segment of the street façade finalized in decorative plaster. The masonry structure of the wall made from clay blocks without tie columns is easily distinguishable on the thermogram. This segment is characterized by notable thermal losses at the position of window lintels and joints between balcony slabs and façade walls. Loggias are appearing as the zones of the higher temperature readings due to the geometrical nature of the space and thinner façade walls.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент термички неизоловане фасаде  
Façade segment 2 – Segment of thermally non- insulated façade

Црна браварија и једноструко стакло на степенишном простору читавају се као делови са повећаним топлотним губицима. На бочним зидовима тераса такође се могу уочити положаји хоризонталних серклажа што, с обзиром да је са обе стране негрејани простор, указује на интензитет губитака кроз бетонске елементе структуре. Стаклене површине ограда и застакљења терасе карактеришу се великим степеном рефлексије, тако да веома ниска температурна читавања представља особину зимског ноћног неба, а не самог материјала.

The steel window frames with single glazing at the staircase areas are rendered as segments characterized with higher thermal losses. Distinguishable horizontal ring beams with high temperature readings are stressing the intensity of thermal losses through reinforced elements since they are located between non-heated spaces. The glass loggia fences and partial glazed closure are surfaces characterized with high level of reflectivity, therefore very low temperature readings are actually characteristics of the winter night sky and not material itself.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Површина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]			%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]
Фасадни зидови — Façade walls	○	37	2069	8cm термоизолација + нова фасада — 8cm of thermal insulation + new facade	27	55,863	108.93	E	31	17,871	3
Прозори — Windows	●	31	987	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	157,920	135.35	E	14	8,004	20
Зидови према негрејаном простору — Corridor walls	○	11	1391	6cm термоизолација + завршна обрада — 6cm EPS + new paint	14	19,474	140.12	F	11	6,224	3
Таваница према негрејаном тавану — Ceiling to unheated attic	●	6	666	16cm термоизолација — 16cm of thermal insulation	70	46,620	146.80	F	6	3,727	13
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>279,877</b>	<b>69.62</b>	<b>C</b>	<b>58</b>	<b>7683</b>	<b>8</b>

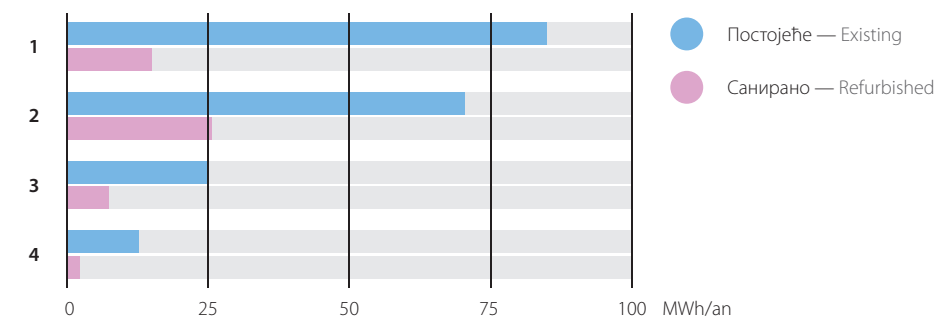
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 279,877</b>	<b>€ 64</b>	<b>€ 3455</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



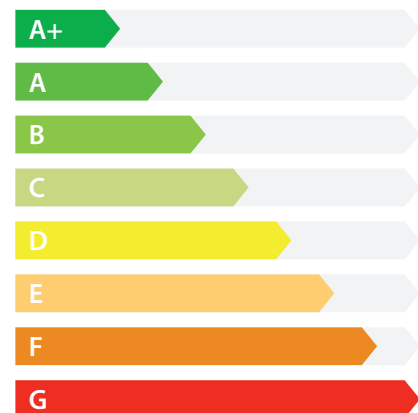
- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 4 Таваница према негрејаном тавану — Ceiling to unheated attic

**НАПОМЕНА:**  
Топлотни губици ове зграде рачунати су само за стамбене етажје; пословни простор није био укључен у калкулације.

**NOTE:**  
Heating losses for this building are calculated for the residential floors and office space on the ground floor was excluded from the calculation.

Енергетски разред

EPS rating

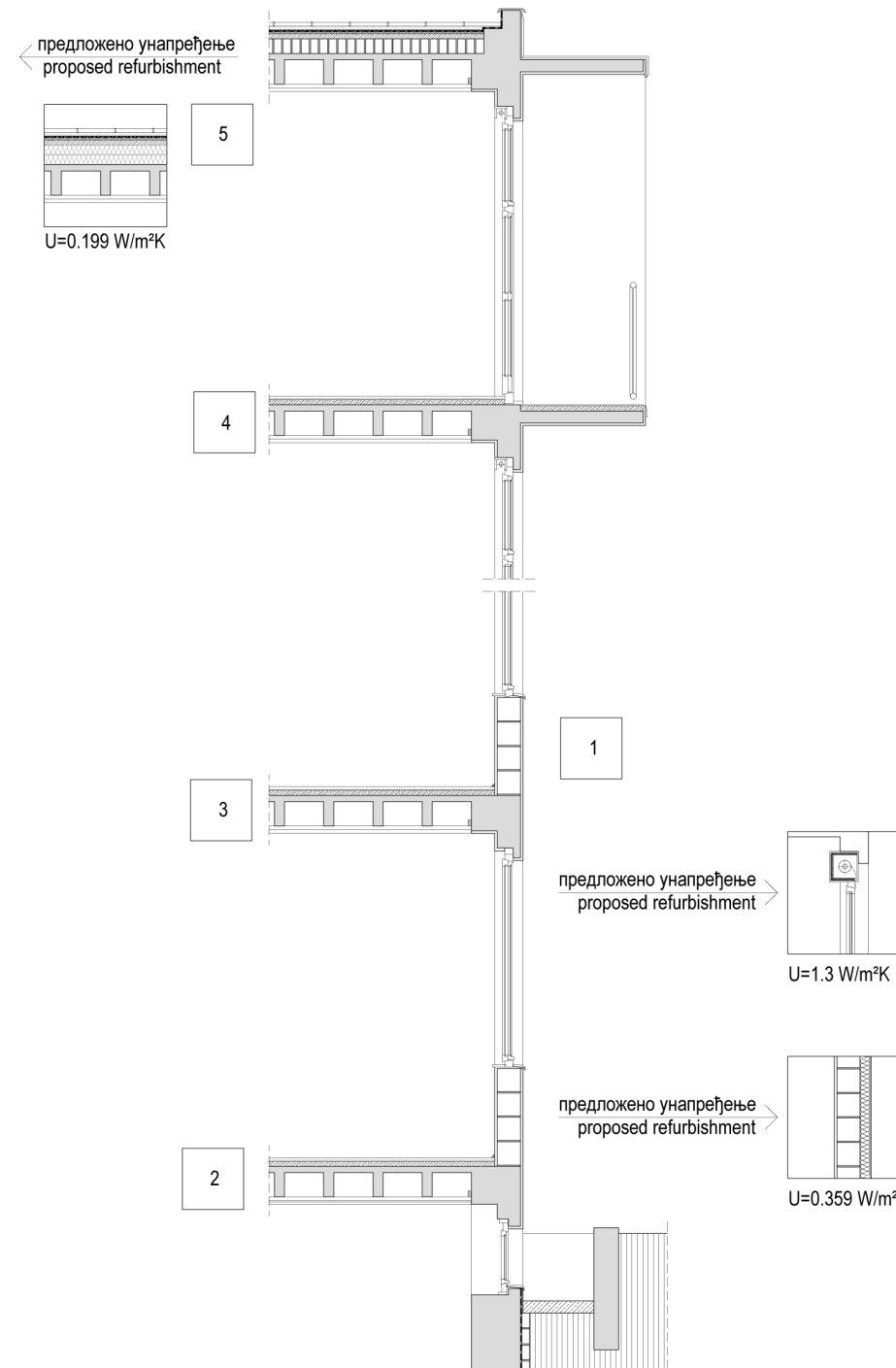


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>223.97</b>	<b>156.78</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>96.93</b>	<b>67.85</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**F**

**C**



Детаљ фасаде

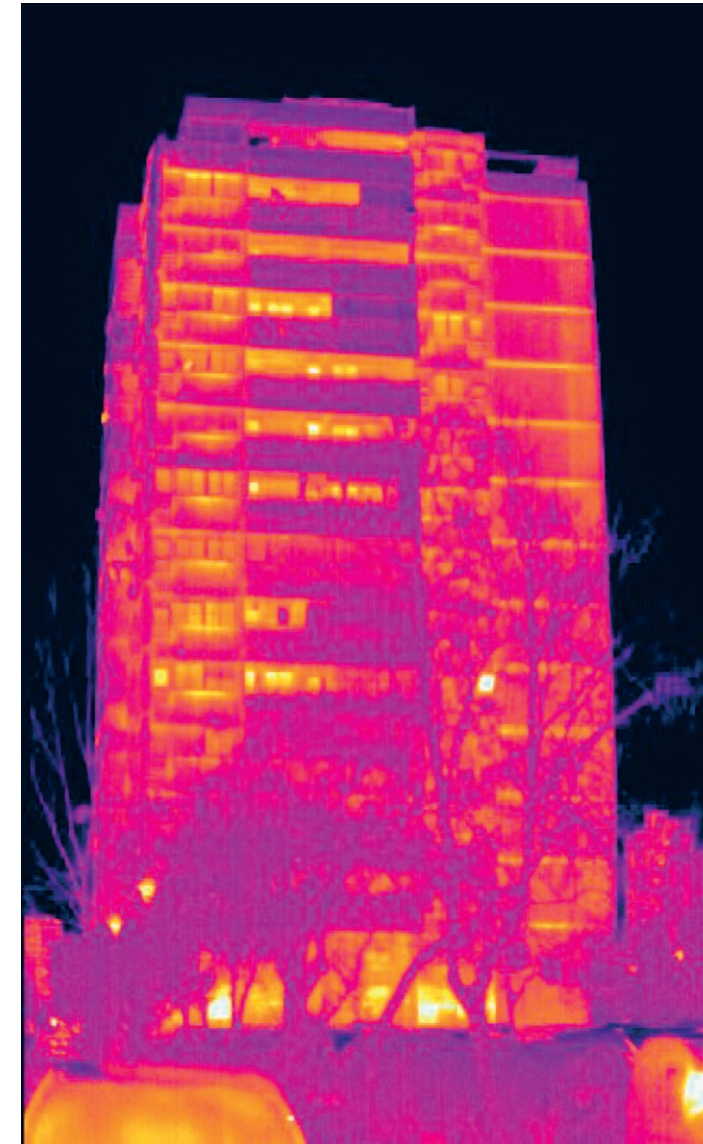
Façade detailing

- 1 — ФАСАДНИ ЗИД  $U=1.848 \text{ W/m}^2\text{K}$  - продужни кречни малтер 2cm - гитер блок 19cm - продужни кречни малтер 2cm
- 1 — EXTERNAL WALL  $U=1.848 \text{ W/m}^2\text{K}$  - lime-cement plaster 2cm - clay block 19cm - lime-cement plaster 2cm
- предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.359 \text{ W/m}^2\text{K}$  — ПРОЗОРИ, предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  /
- 2 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=0.967 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2.2cm - цементни естрих 3cm - ребраста аб таваница 25cm - летве (бор) 3cm - плоче од трске 1cm - цементни малтер 2cm
- 2 — FLOOR CONSTRUCTION ABOVE UNHEATED AREA  $U=0.967 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2.2cm - cement screed 3cm - ribbed concrete slab 25cm - battens (pine) 3cm - straw 1cm - cement plaster 2cm
- 3 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗМЕЂУ ГРЕЈАНИХ ПРОСТОРА  $U=1.403 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2.2cm - цементни естрих 3cm - ребраста аб таваница 25cm - летве (бор) 3cm - гипсани малтер на трсци 3cm
- 3 — FLOOR CONSTRUCTION BETWEEN HEATED AREAS  $U=1.403 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2.2cm - cement screed 3cm - ribbed concrete slab 25cm - battens (pine) 3cm - straw gypsum plaster 3cm
- 4 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗМЕЂУ ГРЕЈАНИХ ПРОСТОРА  $U=1.403 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2.2cm - цементни естрих 3cm - ребраста аб таваница 25cm - летве (бор) 3cm - гипсани малтер на трсци 3cm
- 4 — FLOOR CONSTRUCTION BETWEEN HEATED AREAS  $U=1.403 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2.2cm - cement screed 3cm - ribbed concrete slab 25cm - battens (pine) 3cm - straw gypsum plaster 3cm
- 5 — РАВАН КРОВ ИЗНАД ГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=0.958 \text{ W/m}^2\text{K}$  - лаки бетонски елементи 4cm - песок и шљунак 3cm - битуменски премаз 0.5cm - кровна лепенка 0.5cm - битуменски премаз 0.5cm - цементни естрих 2cm - бетон од шљаке 4cm - шупља опека 12cm - ребраста аб таваница 25cm - летве (бор) 3cm - гипсани малтер на трсци 3cm
- 5 — FLAT ROOF ABOVE HEATED AREA  $U=0.958 \text{ W/m}^2\text{K}$  - light weight concrete tiles 4cm - sand and gravel 3cm - bituminised coating 0.5cm - roof cardboard 0.5cm - bituminised coating 0.5cm - cement screed 2cm - breeze concrete 4cm - hollow brick 12cm - ribbed concrete slab 25cm - battens (pine) 3cm - straw gypsum plaster 3cm
- предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.199 \text{ W/m}^2\text{K}$  /

## Зграда 5 — Building 5

Број етажа	ПР+12
Година изградње	1973.
Бруто површина	5763 m <sup>2</sup>
Грејана површина	4079 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	Е6
ТАБУЛА тип	9

Number of floors	GF+12
Construction year	1973
Gross area	5763 m <sup>2</sup>
Heated area	4079 m <sup>2</sup>
National typology type	E6
TABULA type	9



Солитери су представљали веома популаран тип стамбених објеката 1970тих година, престављајући симбол напретка омогућавајући, истовремено, велике густине становања у новоформираним градским блоковима. Једноставна кубична форма је обogaћена новим визуелним речником уз употребу разноврсних фасадних материјала често користећи мотив хоризонталних прозорских трака. Старост зграда, начин решавања архитектонских детаља и велики број изложених структурних елемената за резултат имају лоше термичке перформансе иако у оквиру омотача постоји изолациони слој.

High-rise apartment buildings were very popular in the 1970's as the symbol of progress enabling, at the same time, high densities in new suburban city blocks. Simple cubic form has been enriched with new visual language and diverse façade materials often characterized by horizontal window ribbons. The age of the buildings, the architectural detailing and the large number of exposed structural elements are resulting in poor thermal performance although there is an insulating layer in the envelope composition.

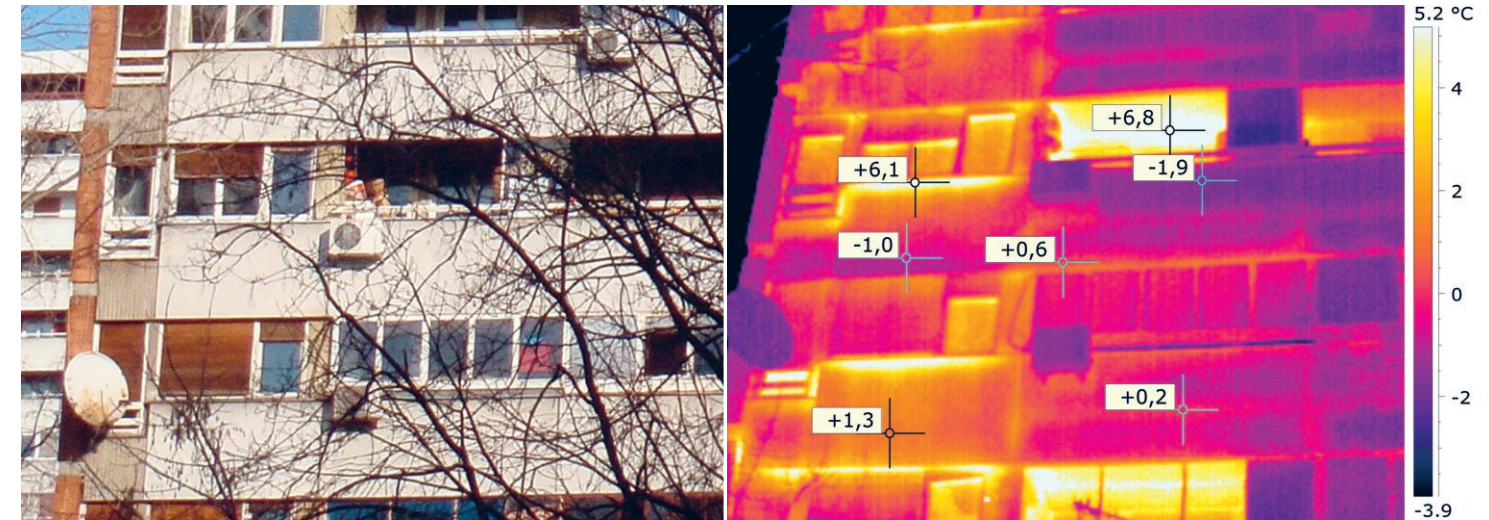




Сегмент фасаде 1 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
 Façade segment 1 – A segment of multilayered thermally insulated façade

Вишеслојни фасадни зид са приметним топлотним губицима у зони хоризонталних серклажа. Различитост температурних читавања на делу облоге зида од гитер блокова упућује на потенцијално пропадање термоизолационог слоја у оквиру зида. Приметни су губици топлоте на спојевима прозора и нарочито у зони кутије за ролетну.

The multilayered façade wall with notable heat losses at the ring beam zones. The diversity of temperature readings over the final layer of cladding composed of clay block points towards the potential deterioration of internal insulating layer. Notable heat losses at window joinery, especially roller shutter box can also be observed.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
 Façade segment 2 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Фасадни сегмент формиран од наизменичних прозорских и парапетних трака са приметним топлотним губицима на спојевима. Структурални састав парапета јасно се може видети на термограму указујући на интензитет топлотног трансфера. Оригинални прозори су углавном у лошем стању и слабих термичких перформанси.

A façade segment composed of horizontal window ribbons and prefabricated parapets characterized by significant heat losses at joinery. The structural composition of parapets can be clearly distinguished on thermogram illustrating the intense of the heat transfer. The original windows have deteriorated over time resulting in poor thermal performance.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Површина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]			%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]
Фасадни зидови — Façade walls	○	36	2547	8/10cm термоизолација + нова фасада — 8/10cm of thermal insulation + new facade	32	81,504	106.31	E	23	16400	5
Прозори — Windows	●	43	1341	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	214,560	90.62	D	34	24626	9
Зидови према негрејаном простору — Corridor walls	○	11	1340	6cm термоизолација + завршна обрада — 6cm EPS + new paint	14	18,760	129.00	E	6	4504	4
Раван кров — Flat roof	●	4	425	16cm термоизолација + нови завршни слојеви — 16cm of thermal insulation + new finishing	70	29,750	134.28	E	2	1735	17
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>344,574</b>	<b>47.45</b>	<b>C</b>	<b>66</b>	<b>47264</b>	<b>7</b>

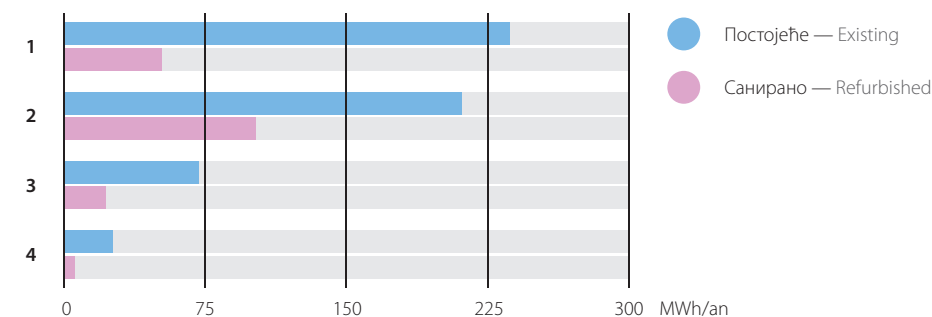
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 344,574</b>	<b>€ 57</b>	<b>€ 4102</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 4 Раван кров — Flat roof

**НАПОМЕНА 1:**  
Спољашњи зидови са фасадном опеком нису укључени у калкулације. У случају изоловања са унутрашње стране, посебну пажњу би требало обратити на пародифузију и архитектонске детаље.

**NOTE 1:**  
Façade walls with exposed brick were excluded from the calculation. When insulated from the interior side, special attention should be made to moisture control and detailing.

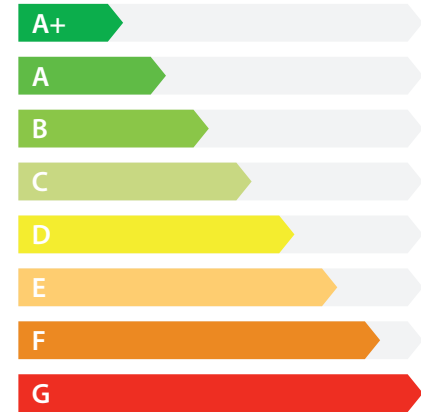
**НАПОМЕНА 2:**  
Изоловање таванице изнад негрејаних делова приземља имало би незнатне ефекте на свеукупни термички биланс зграде али би значајно утицало на топлотне губитке и комфор у становима на првом спрату.

**NOTE 2:**  
Insulating ceiling above the ground floor unheated spaces would have minor effect on overall building performance but would significantly improve thermal comfort in the first floor flats.



Енергетски разред

EPS rating

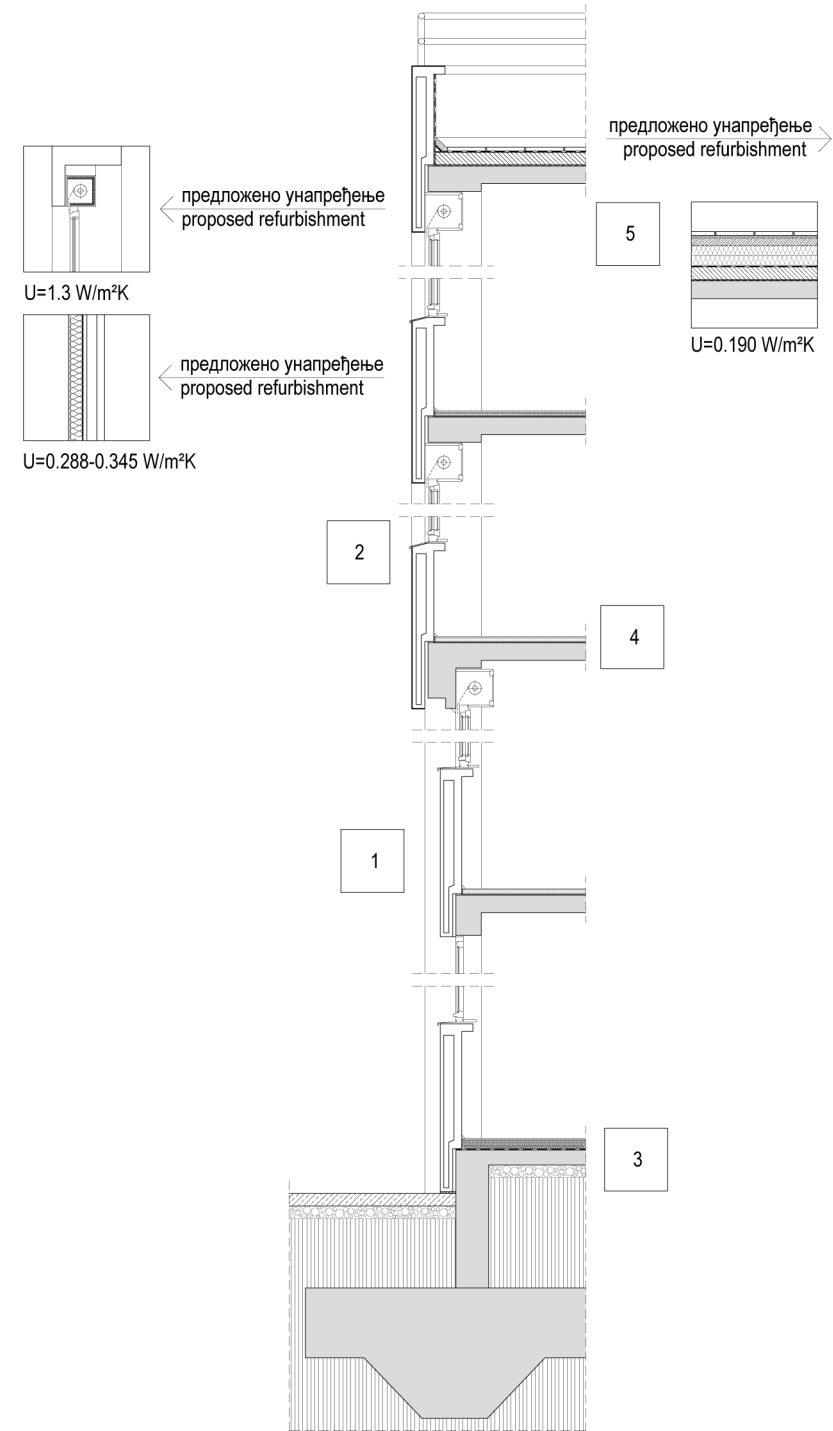


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>196.56</b>	<b>137.59</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**E**

$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>67.79</b>	<b>47.45</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**



Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=1.916$  W/m<sup>2</sup>K - Керамзит бетон 3cm - ваздушни слој 8cm - Керамзит бетон 6cm  
EXTERNAL WALL  $U=1.916$  W/m<sup>2</sup>K - Keramzit concrete 3cm - air gap 8cm - Keramzit concrete 6cm
- 1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=1.894$  W/m<sup>2</sup>K - керамички мозаик 0.2cm - цементни латекс малтер 0.3cm - Керамзит бетон 3cm - ваздушни слој 8cm - Керамзит бетон 6cm  
EXTERNAL WALL  $U=1.894$  W/m<sup>2</sup>K - ceramic mosaic tiles 0.2cm - cement latex malter 0.3cm - Keramzit concrete 3cm - air gap 8cm - Keramzit concrete 6cm
- предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.288-0.345$  W/m<sup>2</sup>K  
ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3$  W/m<sup>2</sup>K /
- 2— ПОД НА ТЛУ  $U=0.838$  W/m<sup>2</sup>K - Ламел паркет 0.8cm - цементни естрих 4cm - ПВЦ фолија - термоизолација-тврде плоче 3cm - битуменска хидроизолација 0.2cm - аб плоча 10cm - песак, шљунак 10cm
- 2— GROUND FLOOR  $U=0.838$  W/m<sup>2</sup>K - Lamel parquet 0.8cm - cement screed 4cm - PVC foil - thermal insulation-hardboards 3cm - bituminised hydroinsulating layer 0.2cm - reinforced concrete 10cm - sand, gravel 10cm
- 3— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА - Ламел паркет 0.8cm - цементна кошуљица 3.2cm - плута 1cm - аб плоча 14cm
- 3— FLOOR CONSTRUCTION - Lamel parquet 0.8cm - cement screed 3.2cm - cork 1cm - reinforced concrete slab 14cm
- 4— РАВАН КРОВ ИЗНАД ГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=1.000$  W/m<sup>2</sup>K - бетонске плоче 3cm - битуменска хидроизолација 0.2cm - Перлит малтер 10cm - ПВЦ кровна трака 0.1cm - аб плоча 14cm
- 4— FLAT ROOF ABOVE HEATED AREA  $U=1.000$  W/m<sup>2</sup>K - concrete tiles 3cm - bituminised hydroinsulated layer 0.2cm - Perlit light weight concrete 10cm - PVC roof band 0.1cm - reinforced concrete slab 14cm
- предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.190$  W/m<sup>2</sup>K /

## Зграда 6 — Building 6

Број етажа	По+ПР+6	Number of floors	B+GF+6
Година изградње	1980.	Construction year	1980
Бруто површина	9714 m <sup>2</sup>	Gross area	9714 m <sup>2</sup>
Грејана површина	6475 m <sup>2</sup>	Heated area	6475 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	E4/F4	National typology type	E4/F4
TABULA тип	5_AB/6_AB	TABULA type	5_AB/6_AB

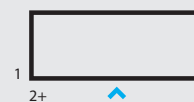


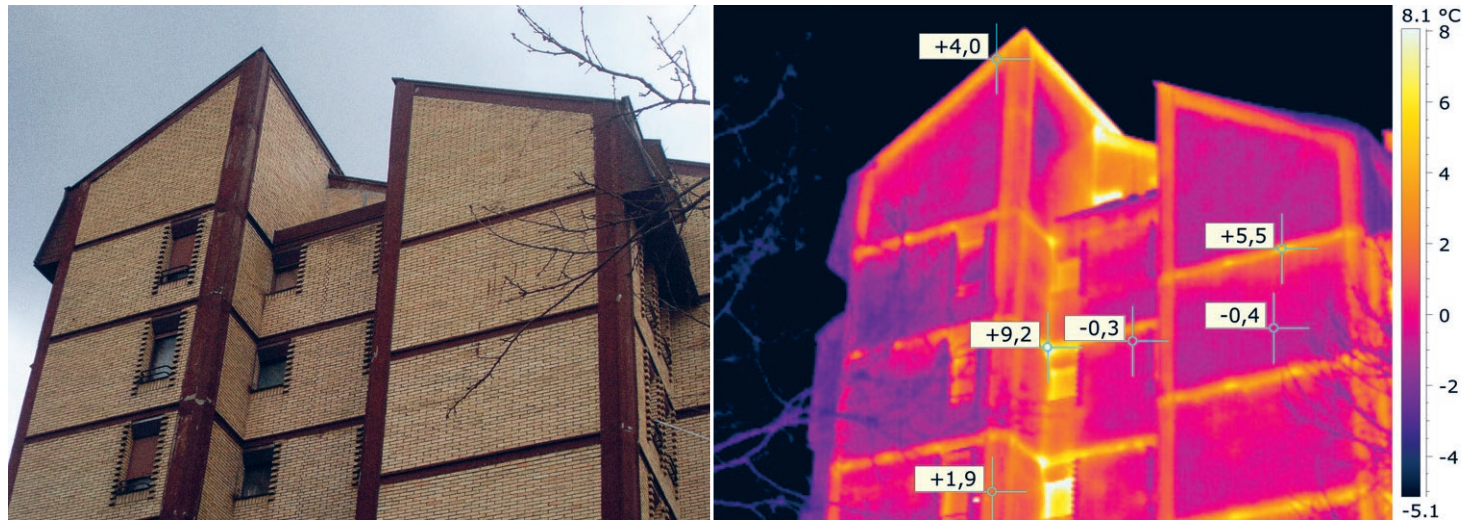
Стамбени објекти карактеристичног стила који се јавља као реакција на префабриковану армирано бетонску архитектуру. Коси кровови, индивидуални прозори и коришћење фасадне опеке чине уобичајени архитектонски језик овог стила. Модуларност присутна у дизајну имплицира префабриковану градњу наглашавањем, хоризонталних и вертикалних, бетонских елемената који се на термограму јављају као зоне најизразитијих топлотних губитака.

Residential buildings of characteristic style developed as the reaction to the prefabricated concrete architecture. Pitched roofs, individual window openings and use of façade bricks are the common architectural language of this style. The modularity present in the design is still implying prefabrication, resulting in visually dominant, horizontal and vertical, concrete elements which are rendered in thermographs as the zones of higher thermal losses.



E4 / Ф4  
E4 / F4





Сегмент фасаде 1 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
Façade segment 1 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Термовизијски снимак вишеслојног фасадног калканског зида са наглашеним неизолованим гредама и стубовима наглашава изразите разлике у перформансама између различитих сегмената. Изложена скелетна конструкција карактерише се високим топлотним губицима и температурним читавањима за говото 60С већим од остатка фасадног зида релативно добрих термичких особина.

The thermogram of the multilayered façade with brick cladding and exposed non-insulated concrete beams and posts illustrates the difference in performance between the different sections. The exposed skeletal structure is characterized by high thermal losses resulting in temperature differences of almost 60C compared to the relatively good performing façade wall.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
Façade segment 2 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Детаљ фасаде са терасама. Термограм приказује значајне топлотне губитке на свим неизолованим армирано бетонским елементима, чак и када се они налазе иза финалног слоја фасадне опеке. Значајно унапређење укупних преформанси фасаде је приментно, али недовољно термички разрешени детаљи и даље узрокују значајне топлотне губитке.

Detail of facade with terraces. Thermogram shows significant losses at the position of non-insulated concrete elements, even those hidden behind the final layer of façade bricks. A significant improvement in the overall façade performance is notable but thermally unresolved architectural detailing is still causing high thermal losses.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Повр- шина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]		%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]	
Прозори — Windows	●	51	495	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	79,200	74.34	D	34	6164	13
Зидови према не- грејаном простору — Corridor walls	○	16	547	6cm термоизолација + завршна обрада — 6cm EPS + new paint	14	7,658	100.23	D	10	1924	4
Таваница изнад не- грејаног подрума — Floor above un- heated basement	○	4	425	6cm термоизолација + нови завршни слојеви — 6cm of thermal insulation + new finishing	15	6,375	109.39	D	2	424	15
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>93,233</b>	<b>60.32</b>	<b>C</b>	<b>46</b>	<b>8512</b>	<b>11</b>

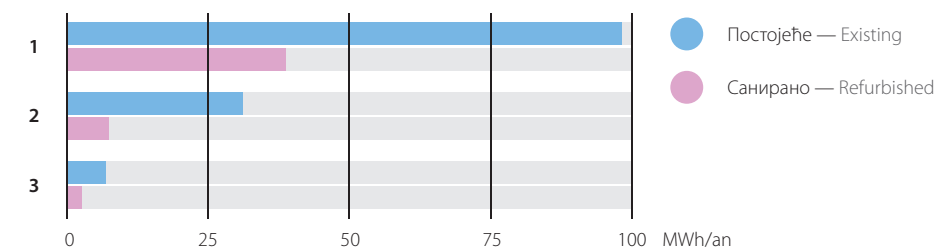
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 93,233</b>	<b>€ 49</b>	<b>€ 2742</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



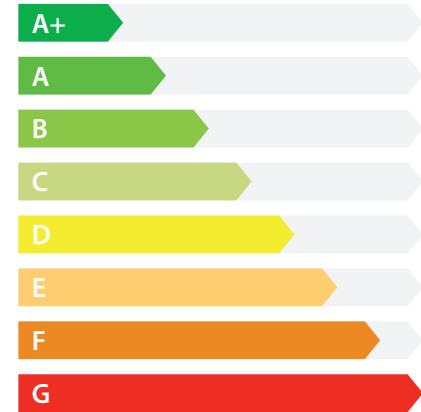
- 1 Прозори — Windows
- 2 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 3 Таваница изнад негрејаног подрума — Floor above unheated basement

**НАПОМЕНА:**  
Значајнија унапређења термичких перформанси зграде се не могу остварити уз задржавање постојећих зидова са фасадном опеком. У том смислу би требало размотрити обимније интервенције на згради и/или додатно изоловање свих фасадних зидова.

**NOTE:**  
No further upgrades with leaving the current brick façade can significantly improve thermal characteristics of this building. For further improvements remodelling and / or additional insulating of all exterior walls should be considered.

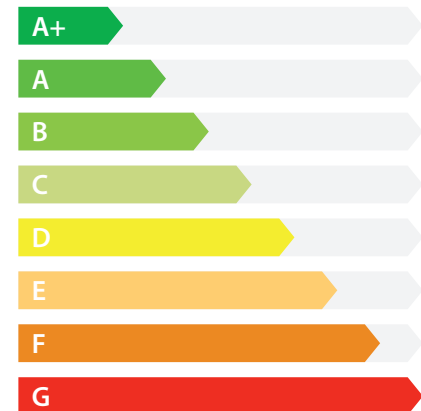
Енергетски разред

EPS rating



$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>159.97</b>	<b>111.98</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**E**

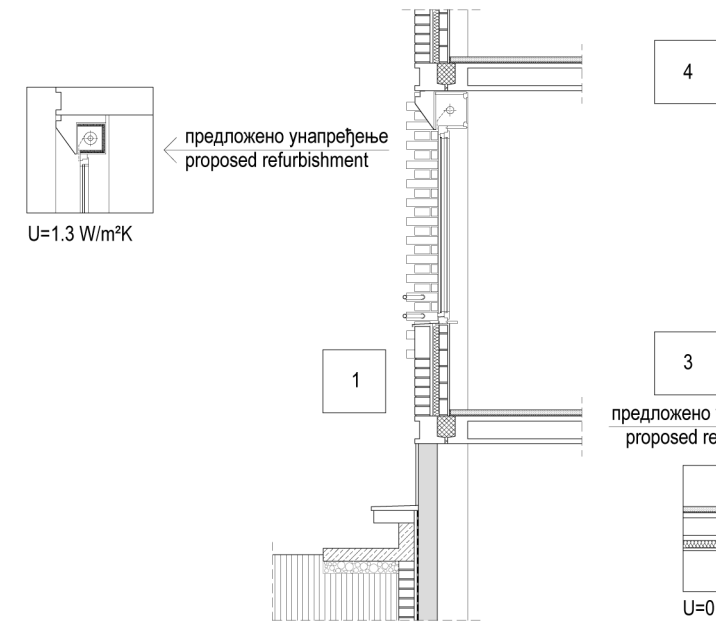
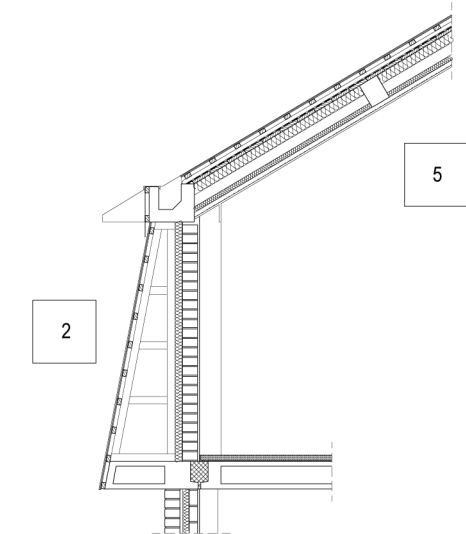


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>86.17</b>	<b>60.32</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**

Детаљ фасаде

Façade detailing



1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.484 \text{ W/m}^2\text{K}$  - силикатна пуна опека 12cm - ваздушни слој 2cm - камена вуна 5cm - пуна опека 7cm - продужни малтер 2cm  
EXTERNAL WALL  $U=0.484 \text{ W/m}^2\text{K}$  - silicate brick 12cm - air gap 2cm - rock wool 5cm - brick 7cm - lime-cement plaster 2cm

ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

1— ФАСАНИ ЗИД  $U=0.43 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Етернит плоче 40/40/0.5 cm - дрвена конструкција - Порофен - термоизолација 6cm - пуна опека 12cm - продужни малтер 2cm  
EXTERNAL WALL  $U=0.43 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Eternit fibre cement plates 40/40/0.5 cm - wooden structure - Porofen - thermal insulation 6cm - brick 12cm - lime-cement plaster 2cm

2— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=1.026 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Виназ плоче 0.3cm - цементни малтер 3.7cm - Тервол 1cm - таваница ИМС 22cm

2— FLOOR CONSTRUCTION ABOVE UNHEATED AREA  $U=1.026 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Vinaz plates 0.3cm - cement plaster 3.7cm - Tervol insulation boards 1cm - IMS prefabricated concrete slab 22cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.381 \text{ W/m}^2\text{K}$

3— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА - Виназ плоче 0.3cm - цементни малтер 3.7cm - Тервол 1cm - таваница ИМС 22cm

3— FLOOR CONSTRUCTION - Vinaz plates 0.3cm - cement plaster 3.7cm - Tervol insulation boards 1cm - IMS prefabricated concrete slab 22cm

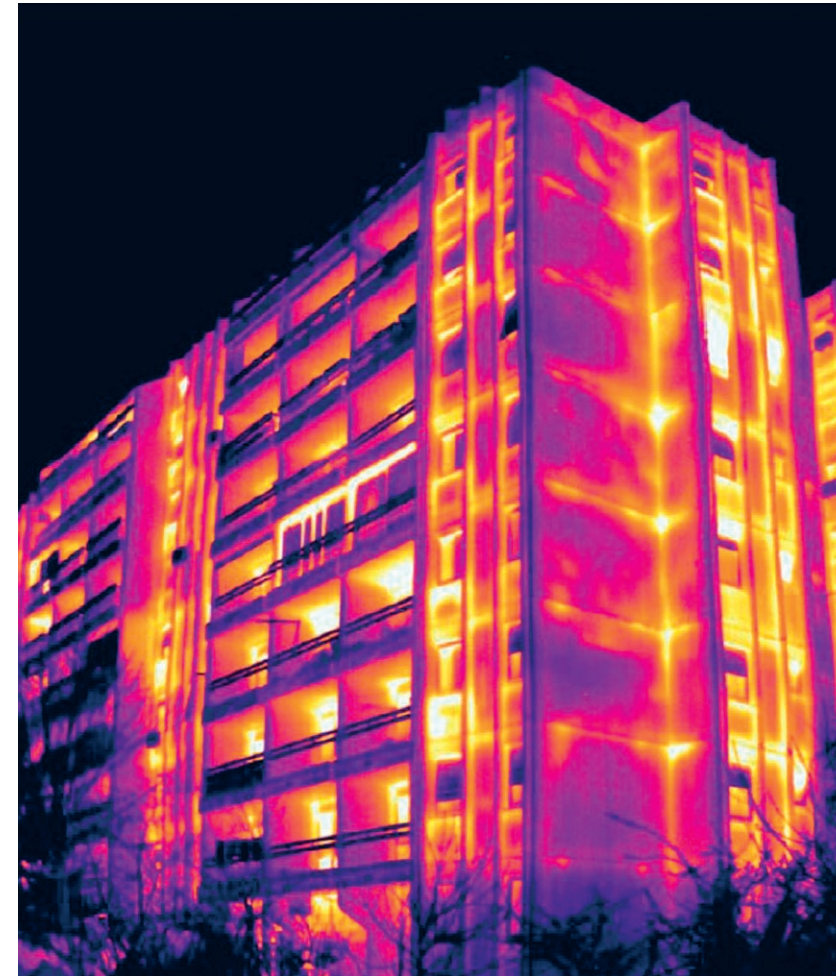
4— КОС КРОВ  $U=0.297 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Етернит плоче 40/40/0.5 cm - летве 5/3 - летве 5/3 - битуменска лепенка 0.1cm - даске за под 2.5cm - рог 5/8 - Порофен - термоизолација 8cm - монтажна греда-спрег 15/17cm - монтажни рам 14/20cm - Порофен - термоизолација 4cm - летве (бор, смрека) 3cm - ПЕ фолија 0.01 cm - гипс плоче 1.25cm

4— PITCHED ROOF  $U=0.297 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Eternit fibre cement plates 40/40/0.5 cm - battens 5/3 - counter battens 5/3 - bituminised cardboard 0.1cm - floor planks 2.5cm - rafter 5/8 - Porofen - thermal insulation 8cm - prefabricated couple beam 15/17cm - prefabricated frame 14/20cm - Porofen - thermal insulation 4cm - battens (pine, spruce) 3cm - PE foil 0.01cm - gypsum boards 1.25cm

## Зграда 7 — Building 7

Број етажа	ПР+6+Пс
Година изградње	1984.
Бруто површина	6452 m <sup>2</sup>
Грејана површина	4833 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	F4
ТАБУЛА тип	6_AB

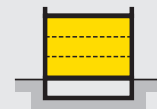
Number of floors	GF+6+RF
Construction year	1984
Gross area	6452 m <sup>2</sup>
Heated area	4833 m <sup>2</sup>
National typology type	F4
TABULA type	6_AB

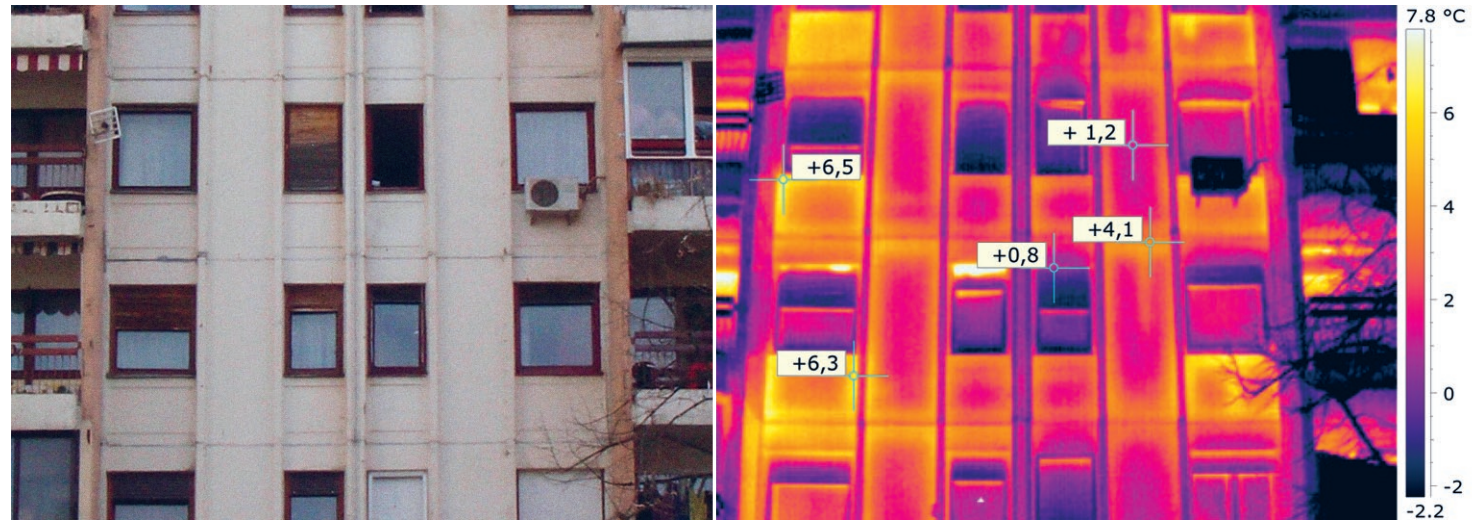


Префабриковане армирано бетонске зграде углавном су пројектоване и конструисане 1970их година, али су многе, као и приказана, грађене тек у првој половини наредне декаде. Иако су сви елементи омотача пројектовани као изоловани, дебљина и квалитет изолације су недовољни, пропали су током времена што резултира неодговарајућим и неуједначеним перформансама. На термограму можемо видети и уобичајене проблеме везане за префабриковане системе који се огледају у лошим термичким карактеристикама на местима спојева бетонских панела.

Prefabricated concrete buildings were mainly designed and constructed throughout the 1970's, but many apartment blocks, like this one, were constructed in the first half of the following decade. Although, all the elements of the thermal envelope were designed as insulated, the thickness and quality of this layer are insufficient, deteriorated over time rendering the performance of the walls as unsatisfactory and non-uniform. The thermogram also presents a common problem of prefabrication i.e. poor thermal performance at the joints between the concrete panels.

Ф4  
F4

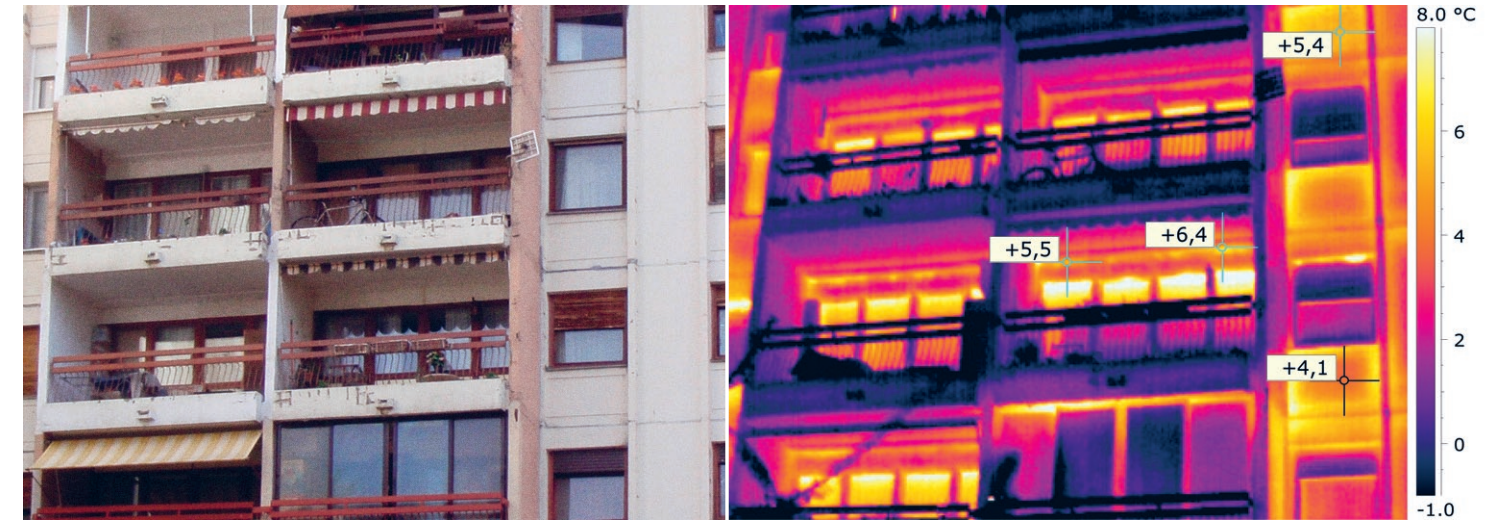




Сегмент фасаде 1 – Сегмент вишеслојне термички изоловане префабриковане фасаде  
 Façade segment 1 – Segment of multilayered thermally insulated prefabricated façade

Сегмент префабриковане армирано бетонске панелне фасаде са наглашеним топлотним губицима на месту спојева панела. Унутрашње везе, у оквиру самог панела, такође се јављају као зоне повећаних топлотних губитака, док се међупростори карактеришу неуједначеним перформансама, као последица недостајуће или пропале термичке изолације.

A segment of the prefabricated reinforced concrete panel façade with distinct thermal losses at the joints between panels. Internal panel connections are also visible as the zones of increased thermal loss, while intermediate areas are characterized by non-uniform performance as the consequence of missing or deteriorated insulation.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент вишеслојне термички изоловане префабриковане фасаде  
 Façade segment 2 – Segment of multilayered thermally insulated prefabricated façade

Сегмент фасаде са лођама које се карактеришу већим топлотним губицима, услед утицаја линијских термичких мостова. На парпетним зидовима такође се јављају висока температурна очитавања као последица положаја радијатора иза њих и појачаног топлотног протока.

Façade segment with loggias which are characterized by higher thermal losses due to the influence of linear thermal bridges. The parapet walls are also marked with high temperature readings as the consequence of the position of the radiators behind them and intensive heat transfer.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Површина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]		%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]	
Фасадни зидови — Façade walls	●	23	2422	10cm термоизолација + нова фасада — 10cm of thermal insulation + new facade	30	72,660	127.61	E	9	5175	14
Прозори — Windows	○	60	1475	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	236,000	74.12	D	47	27017	9
Раван кров — Flat roof	●	5	689	14cm термоизолација + нови завршни слојеви — 14cm of thermal insulation + new finishing	65	44,785	136.47	E	3	1557	29
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>353,445</b>	<b>57.62</b>	<b>C</b>	<b>59</b>	<b>33750</b>	<b>10</b>

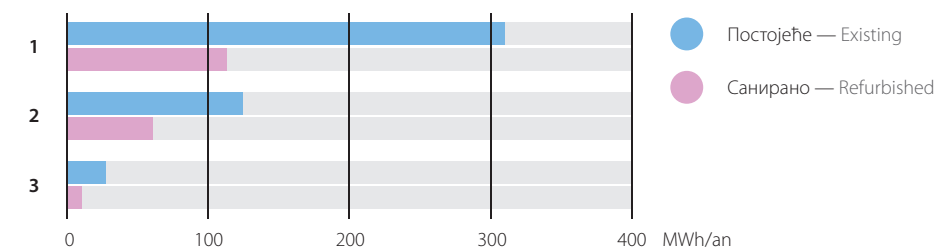
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 353,445</b>	<b>€ 74</b>	<b>€ 5198</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Раван кров — Flat roof

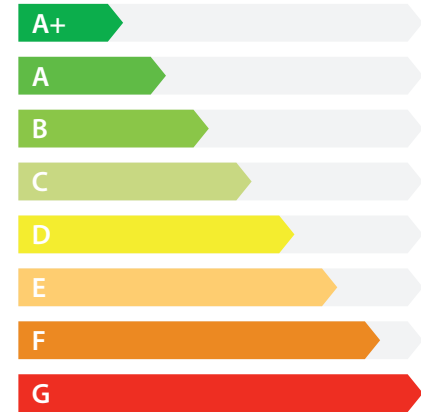
**НАПОМЕНА:**  
Избор фасадне столарије бољих перформанси могло би бити веома ефикасна стратегија за ову зграду. Замена постојеће столарије прозорима са резултира значајним умањењем трансмосионих и вентилационих губитака, без потребе за било каквом интервенцијом на осталим елементима термичког омотача зграде.

**NOTE:**  
Opting for high-performance windows could be a very efficient strategy for this building. Replacing existing windows with the ones with U=0.1 Wm²/K results in significant reduction of heat and ventilation losses without any other interventions on the building's envelope.



Енергетски разред

EPS rating



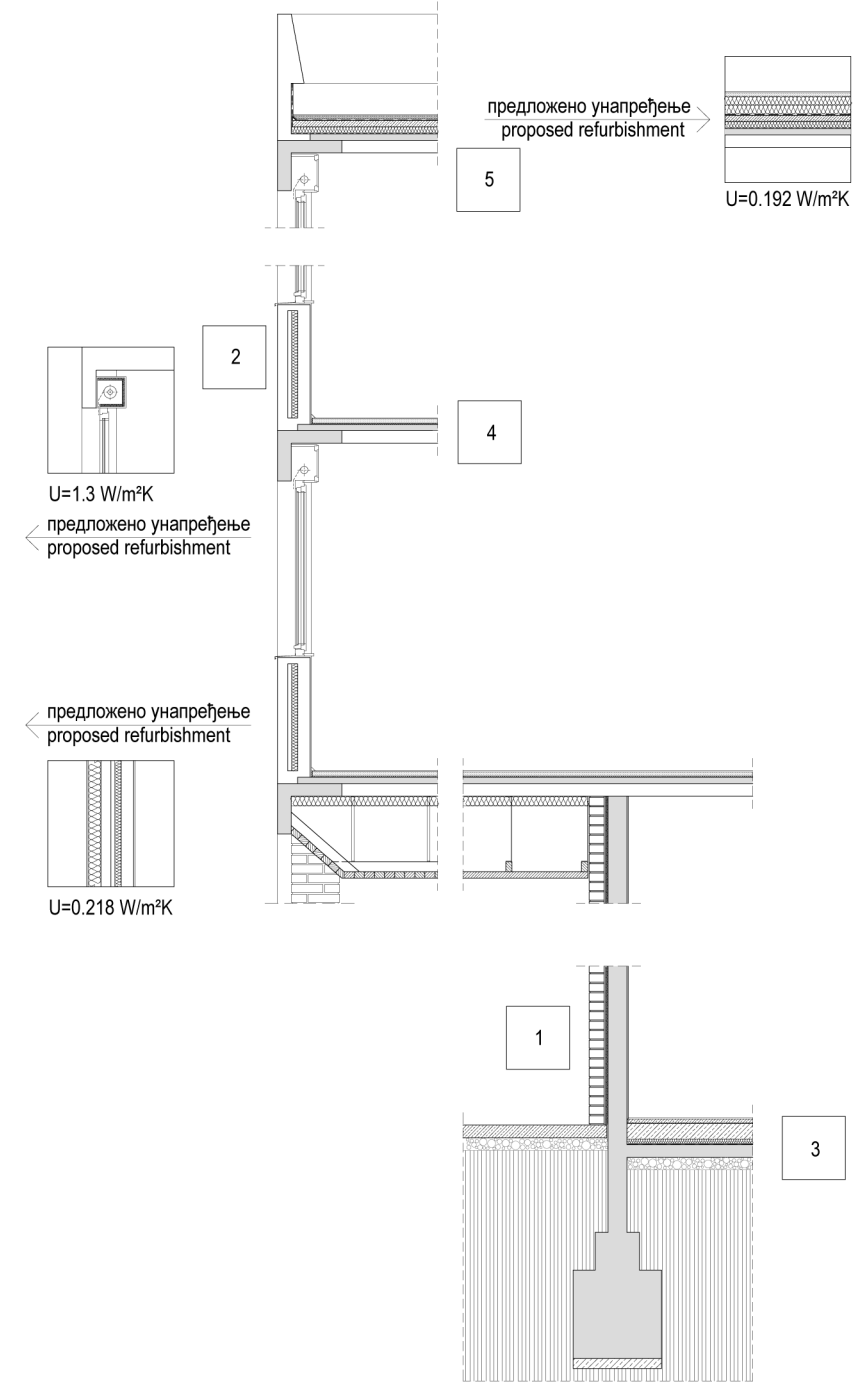
$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>200.41</b>	<b>140.28</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**F**



$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>82.31</b>	<b>57.62</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**



Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.928 \text{ W/m}^2\text{K}$  - шупља опека 12cm - ваздушни слој 1cm - Фенол плоче 2cm - армирани бетон 15cm - глет 1cm  
 EXTERNAL WALL  $U=0.928 \text{ W/m}^2\text{K}$  - hollow brick 12cm - air gap 1cm - Fenol thermal insulation boards 2cm - reinforced concrete 15cm - plaster 1cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.192 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.615 \text{ W/m}^2\text{K}$  - армирани бетон 8cm - ваздушни слој 3cm - полистирен 5cm - армирани бетон 10cm - глет 1cm  
 EXTERNAL WALL  $U=0.615 \text{ W/m}^2\text{K}$  - reinforced concrete 8cm - air gap 3cm - polystyrene 5cm - reinforced concrete 10cm - plaster 1cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.218 \text{ W/m}^2\text{K}$  /

ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 2— ПОД НА ТЛУ  $U=0.714 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 1cm - цементни естрих 3cm - плута 1cm - бетон 12cm - камена вуна 4cm - битуменска хидроизолација 0.3cm - армирани бетон 10cm - шљунак 10cm

2— GROUND FLOOR  $U=0.714 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 1cm - cement screed 3cm - cork 1cm - concrete 12cm - rock wool 4cm - bituminised hydroinsulating layer 0.3cm - reinforced concrete 10cm - gravel 10cm
- 3— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА - паркет 1cm - цементни естрих 3cm - плута 1cm - аб плоча 15cm

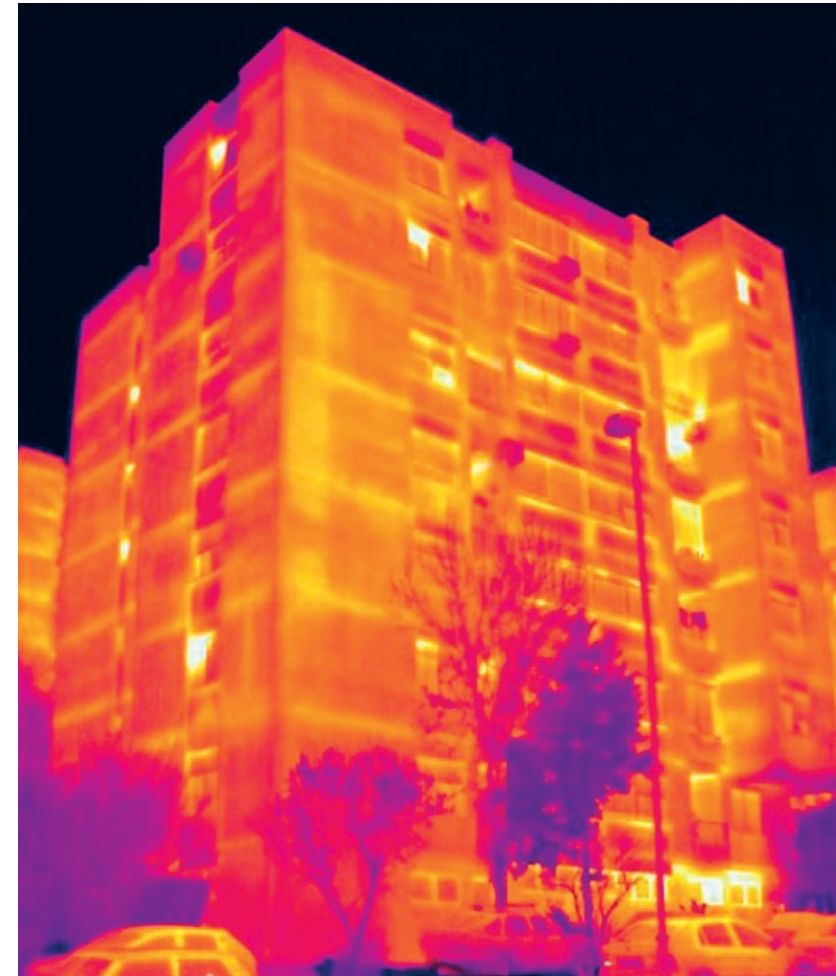
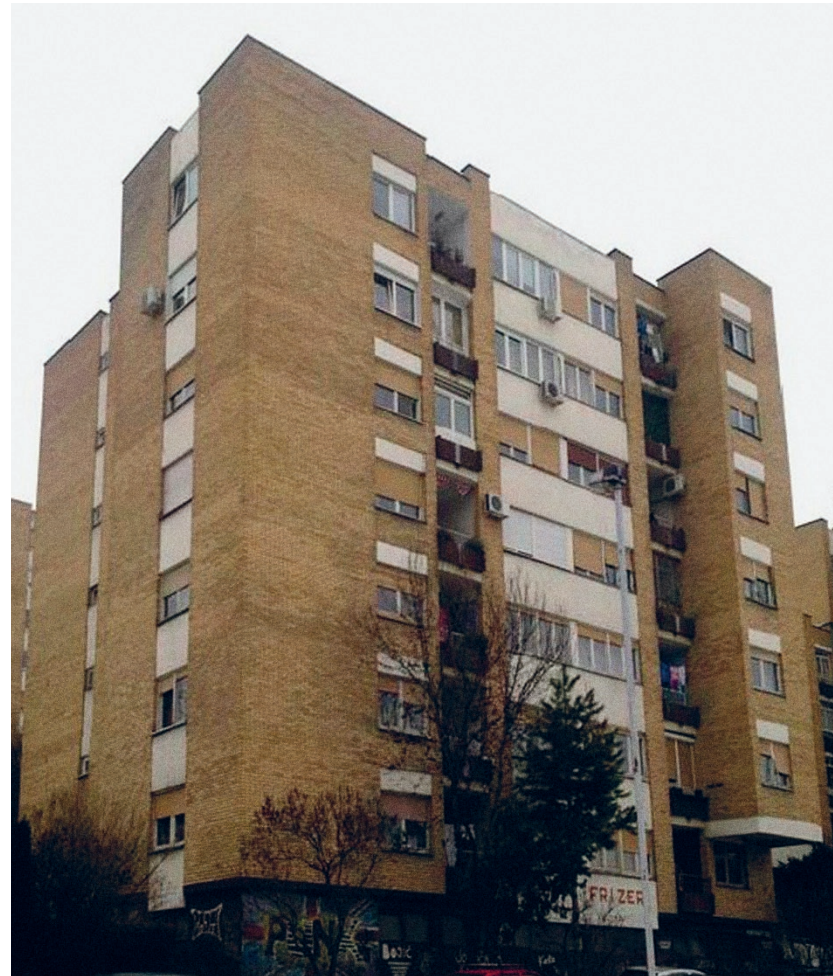
3— FLOOR CONSTRUCTION - parquet 1cm - cement screed 3cm - cork 1cm - reinforced concrete slab 15cm
- 4— РАВАН КРОВ  $U=0.658 \text{ W/m}^2\text{K}$  - керамичке плочице 0.7cm - цементни естрих 3cm - битуменска хидроизолација 0.2cm - слој за пад - бетон 5cm - Фенол плоче 5cm - ПИБ траке 0.1cm - аб плоча 15cm

4— FLAT ROOF  $U=0.658 \text{ W/m}^2\text{K}$  - ceramic tiles 0.7cm - cement screed 3cm - bituminised hydroinsulating layer 0.2cm - concrete laid to fall 5cm - Fenol thermal insulation boards 5cm - PIB bands 0.1cm - reinforced concrete slab 15cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.192 \text{ W/m}^2\text{K}$  /

## Зграда 8 — Building 8

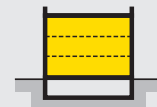
Број етажа	По+ПР+6
Година изградње	1980.
Бруто површина	14893 m <sup>2</sup>
Грејана површина	14893 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	F4
ТАБУЛА тип	6_AB
Number of floors	B+GF+6
Construction year	1980
Gross area	14893 m <sup>2</sup>
Heated area	14893 m <sup>2</sup>
National typology type	F4
TABULA type	6_AB



Стамбене зграде кубичне форме и једноставне геометрије са равним крововима. Фасада је дизајнирана у комбинацији најчешће коришћених материјала 1970их то јест од префабрикованих бетонских елемената и прозорских трака и 1980их које карактеришу употреба фасадне опеке и појединачни прозорски отвори. Иако је фасада реализована као „сендвич“ конструкција са термоизолацијом и ваздушним слојем, дебљина примењених материјала није одговарајућа нити довољна. Термограми приказују значајне линијске топлотне губитке у зонама бетонских плоча и вероватних оштећења термоизолационог слоја у деловима фасадног платна.

These are residential buildings of cubic form and simple geometry with flat roofs. The façade is designed as a combination of materials of choice typical for 1970's i.e. prefabricated concrete elements and ribbon windows and 1980's characterized by individual openings and facing brick. Although all façade walls are conceived as "sandwich constructions" with an air gap and thermal insulation, the thickness of applied insulating materials is rather insufficient and ineffective. The thermal image shows linear losses in the area of concrete slabs and damaged thermal insulation within the façade walls.

Ф4  
F4

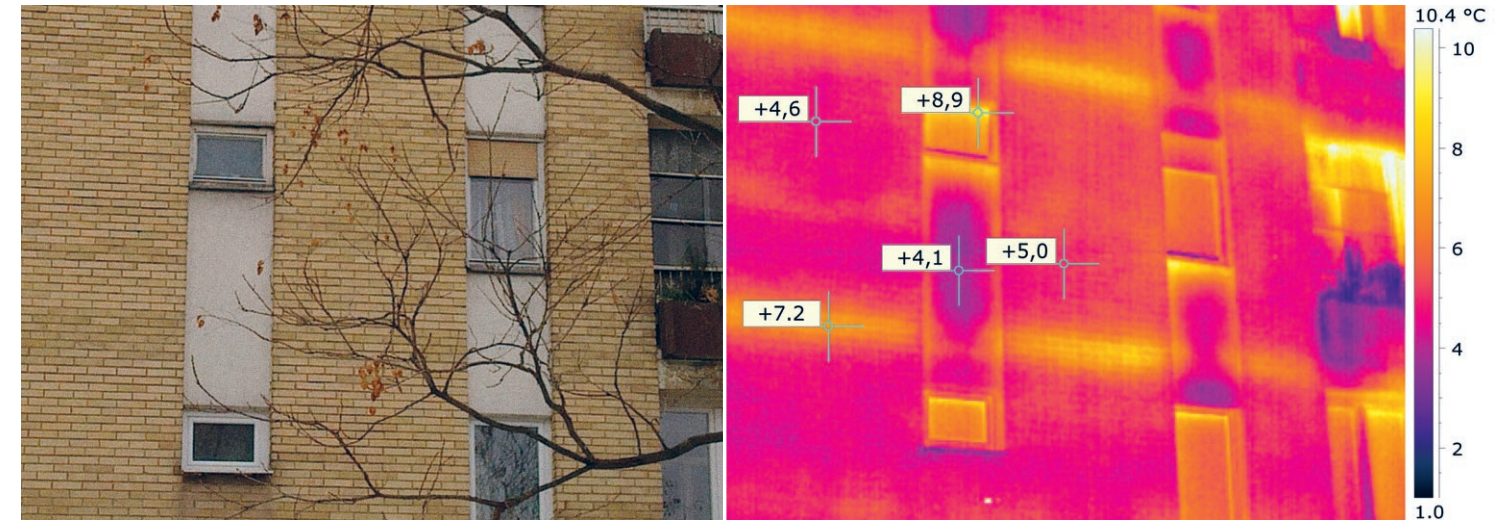




Сегмент фасаде 1 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
 Façade segment 1 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Сегмент фасаде са префабрикованим парапетима, прозорским тракама и фасадном опеком. Иако изоловани, парапетни зидови карактеришу се великим топлотним губицима на међуспојевима и месту везе са армирано бетонском плочом. Такође приметни губици топлоте јављају се на прозорским оквирима нарочито металним, на локалу приземља и улазног хола. Серклаж иза фасадне опеке јасно се уочава на термограму указујући на недостатак термоизолационог слоја.

A façade segment with prefabricated concrete elements, ribbon windows and brick cladding. Although insulated, the parapet walls are characterized by high thermal losses at joints and connection with the concrete slab. Also, significant losses are appearing at the window frames especially those made from metal at ground store shops and entrances. A horizontal ring beam behind façade bricks is also visible in thermogram indicating absence of insulation.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
 Façade segment 2 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Сегмент фасаде са фасадном опеком карактерише се приметним топлотним губицима на месту хоризонталних серклажа као и неједначеним температурним читавањима у другим зонама. Квалитет и стање термоизолационог слоја је очигледно незадовољавајуће што за резултат има различите перформансе. Вертикалне траке које спајају прозорске отворе изведене су малтерисањем преко изолационог слоја и карактеришу се незнатно бољим перформансама.

A façade segment with brick cladding characterized with high thermal losses at the position of ring beams and uneven temperature readings on other areas. The quality and state of thermal insulation is obviously unsatisfactory having as the result non-uniform performance. Vertical stripes that are connecting windows are plastered over the insulation layer with slightly better thermal performance.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Повр- шина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]	[kWh/m²an]		%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]
Прозори — Windows	○	39	434	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	69,440	91.70	D	35	7747	9
Зидови према не- грејаном простору — Corridor walls	○	11	352	5cm термоизолација + завршна обрада — 5cm XPS + new paint	14	4,928	132.66	E	7	1458	3
Раван кров — Flat roof	●	4	311	10cm термоизолација + нови завршни слојеви — 10cm of XPS + new finishing	65	20,215	140.24	E	1	294	69
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>94,583</b>	<b>80.03</b>	<b>D</b>	<b>44</b>	<b>9499</b>	<b>10</b>

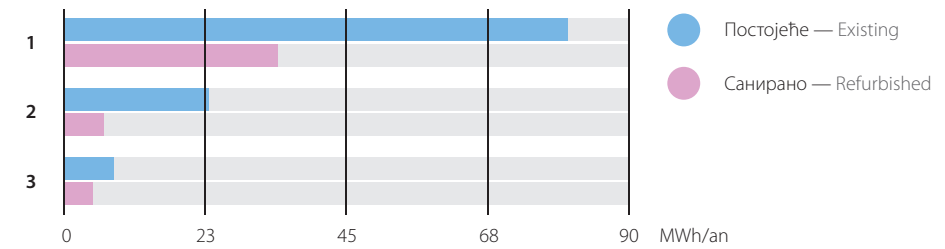
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 94,583</b>	<b>€ 53</b>	<b>€ 3503</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



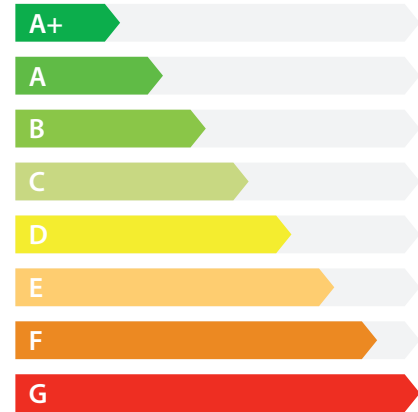
- 1 Прозори — Windows
- 2 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 3 Раван кров — Flat roof

**НАПОМЕНА:**  
Спољашњи зидови нису укључени у предложени пакет мера. Додавањем 10cm термоизолације на бетонске елементе и / или додатно изоловање зидова обложених фасадном опеком, побољшала би се енергетска ефикасност зграде. За даља побољшања требало би размотрити опције за ремоделовање.

**NOTE:**  
The existing façade walls were not taken into consideration for refurbishment. By adding 10cm of thermal insulation on concrete elements and/or adding thermal insulation on the facing brick façade walls, better energy efficiency could be achieved. For further improvements remodelling should be considered.

Енергетски разред

EPS rating

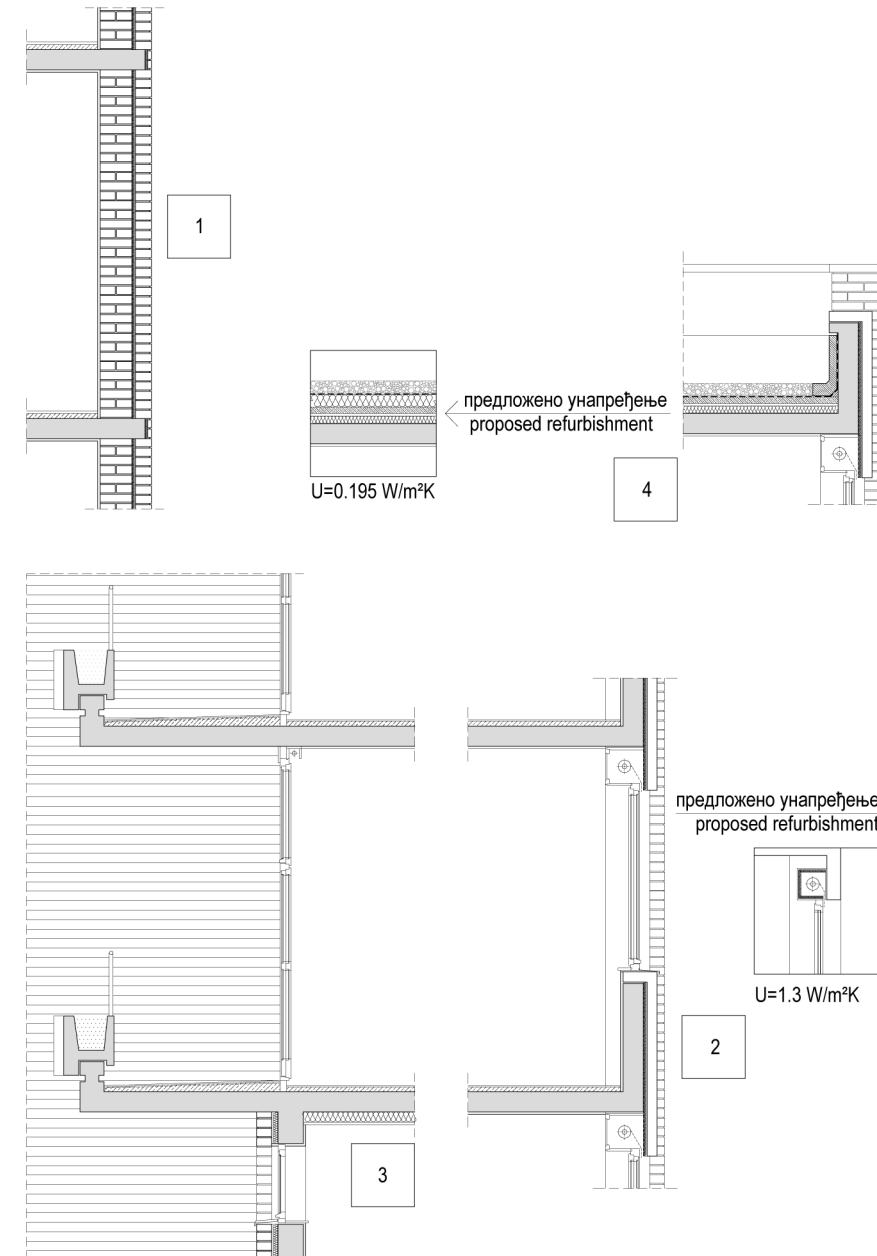


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>203.08</b>	<b>142.16</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**F**

$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>114.33</b>	<b>80.03</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**D**



Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1 — ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.651 \text{ W/m}^2\text{K}$  - продужни кречни малтер 2cm - пуна опека 25cm - ПЕ фолија 0.02cm - камена вуна 2cm - ваздушни слој, непроветравани, вертикални 1cm - шупља опека 12
- 1 — EXTERNAL WALL  $U=0.651 \text{ W/m}^2\text{K}$  - lime-cement plaster 2cm - brick 25cm - PE foil 0.02cm - rock wool 2cm - air gap, not ventilated, vertical 1cm - hollow brick 12
- 2 — ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.951 \text{ W/m}^2\text{K}$  - продужни кречни малтер 2cm - армирани бетон 16cm - ПЕ фолија 0.02cm - камена вуна 2cm - ваздушни слој 1cm - армирани бетон 8cm
- 2 — EXTERNAL WALL  $U=0.951 \text{ W/m}^2\text{K}$  - lime-cement plaster 2cm - reinforced concrete 16cm - PE foil 0.02cm - rock wool 2cm - air gap 1cm - reinforced concrete 8cm

ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 3 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=0.706 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Ламел паркет 0.8cm - цементни естрих 4 cm - аб плоча 16cm - плоче од дрвене вуне 8cm - цементни малтер на рабицу 2cm
- 3 — FLOOR CONSTRUCTION ABOVE UNHEATED AREA  $U=0.634 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Lamel parquet 0.8cm - cement screed 4 cm - reinforced concrete slab 16cm - wood wool thermal insulation boards 8cm - cement plaster on metal lath 2cm

- 4 — РАВАН КРОВ ИЗНАД ГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=0.401 \text{ W/m}^2\text{K}$  - песакишљунак 10cm - битуменска хидроизолација 1.5cm - Перлит малтер 5cm - полиуретанске плоче 6cm - алуминијумска фолија 0.001cm - битумен 0.3cm - армирани бетон 16cm - продужни малтер 2cm
- 4 — FLAT ROOF ABOVE HEATED AREA  $U=0.401 \text{ W/m}^2\text{K}$  - sand and gravel 10cm - bituminised hydroinsulating layer 1.5cm - Perlite light weight concrete 5cm - polyurethane boards 6cm - aluminium foil 0.001cm - bitumen 0.3cm - reinforced concrete slab 16cm - lime-cement plaster 2cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.195 \text{ W/m}^2\text{K}$

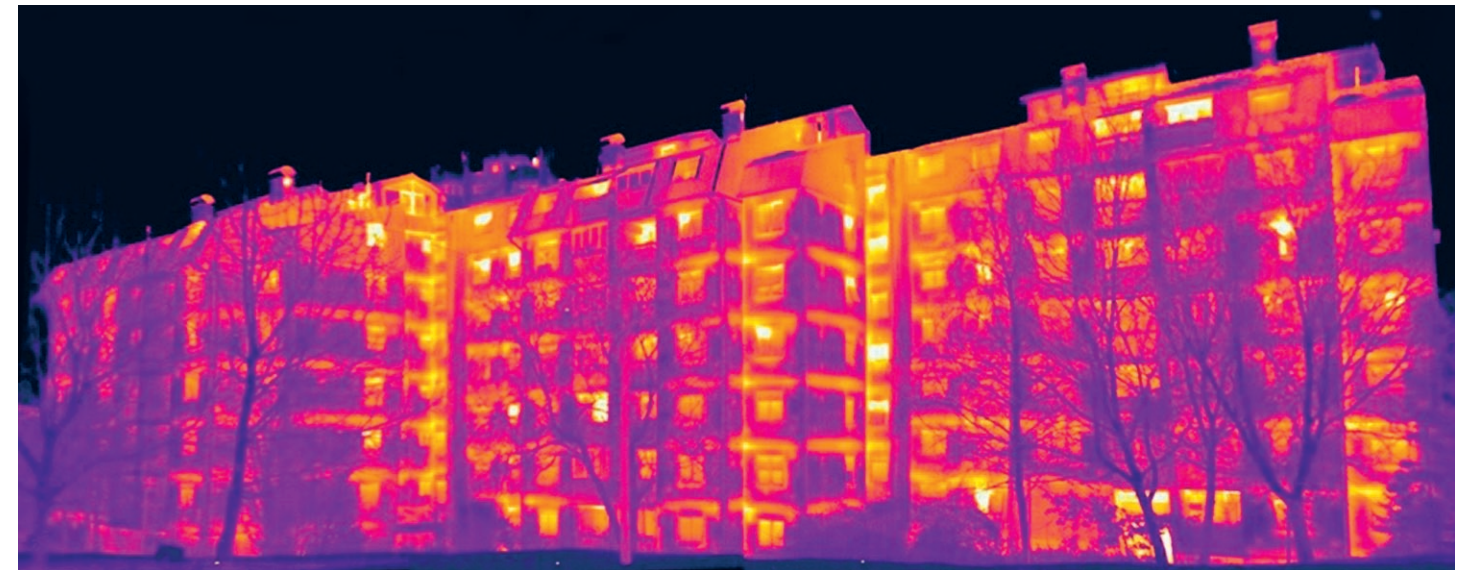
## Зграда 9 — Building 9

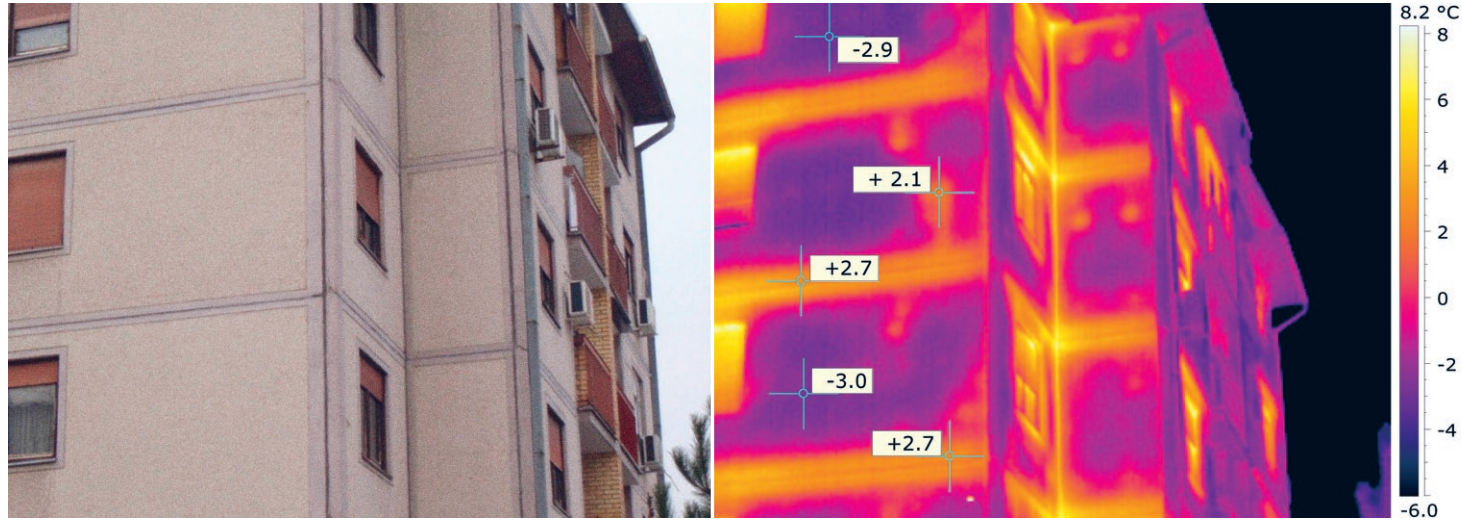
Број етажа	По+ПР+6	Number of floors	B+GF+6
Година изградње	1994.	Construction year	1994
Бруто површина	6500 m <sup>2</sup>	Gross area	6500 m <sup>2</sup>
Грејана површина	4600 m <sup>2</sup>	Heated area	4600 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	G4	National typology type	G4
ТАБУЛА тип	7_AB	TABULA type	7_AB



Услед политичке ситуације и пропадања економије многе префабриковане зграде које су пројектоване 1980их завршене су раних 1990их година. Иако су пројектоване према строжијим термичким прописима, ове зграде се, по правилу, карактеришу лошим квалитетом изградње што често за резултат има веома лоше перформансе па чак и здравствене ризике. Термограм илуструје значајне грешке у конструкцији термичког омотача, углавном на местима спојева, које за резултат имају интензивне топлотне губитке, што је у потпуној супротности оригиналном решењу.

Due to the political situation and deteriorating economy, many prefabricated apartment blocks designed in 1980's were completed in early 1990's. Although designed according to the more strict thermal regulations, these buildings are commonly known for the poor construction quality, which often results in major underperformance, even health hazards. The thermogram illustrates significant faults in the construction of the thermal envelope mainly in the panel joints resulting in intense thermal losses totally disproportional to the initial design.

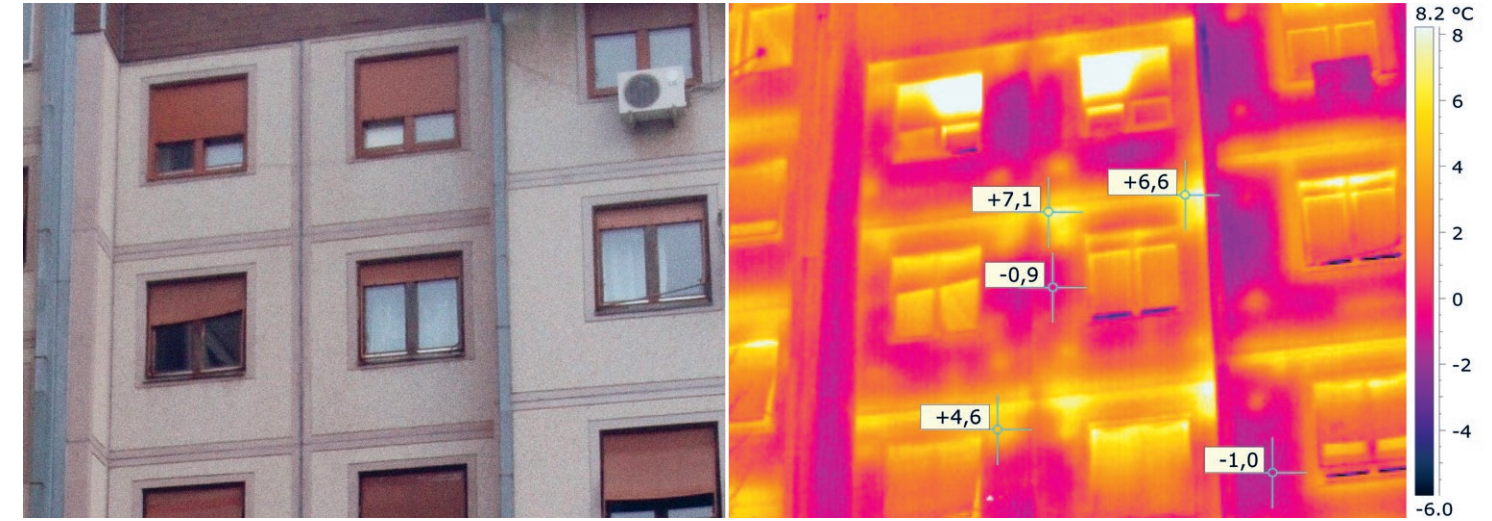




Сегмент фасаде 1 – Сегмент вишеслојне термички изоловане префабриковане фасаде  
 Façade segment 1 – Segment of multilayered thermally insulated prefabricated façade

Сегмент префабриковане армирано бетонскепанелне фасаде дизајниране према новим стандардима са већим изолационим слојем у оквиру састава панела. Квалитет градње није у складу са стандардом пројектовања, и на термограму се могу уочити значајни топлотни губици на спојевима између панела као и на местима унутар панелних веза. Такође су приметна и неуједначена температурна очитавања по површини панела указујући на нехомогеност изолације.

A segment of the prefabricated reinforced concrete panel façade designed according to the new standards with thicker insulated layer within the panel structure. The construction quality is not in line with the design premises and the thermogram illustrates significant thermal losses at the joints between panels and at the internal panel connections. Also non-uniform temperature readings over the face of the panel are notable illustrating non-uniformity of insulation.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент вишеслојне термички изоловане префабриковане фасаде  
 Façade segment 2 – Segment of multilayered thermally insulated prefabricated façade

Сегмент фасаде са средишњег дела зграде који се карактерише приметним варијацијама како у дистрибуцији тако и у интензитету температурних очитавања указујући на неуниформност састава панела. Велики топлотни губици по површини, и нарочито, на местима спојева панела указују на пропадање или чак одсуство термоизолационог слоја.

A facade segment of the middle part of the building that is characterized by notable variations in both pattern and intensity of temperature readings illustrating non-uniformity of the panel structure. High thermal losses at the joints of the panels and throughout the surface of the panel indicate deterioration or even absence of thermal insulation.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Повр- шина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Qh,an — [kWh/m²an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m²]		[€/m²]	[€]		%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]	
Фасадни зидови — Façade walls	●	22	1166	8/10cm термоизолација + нова фасада — 8/10cm of thermal insulation + new facade	25	29,150	115.14	E	4	703	41
Прозори — Windows	●	41	314	ПВЦ столарија U= 1,3 — PVC windows U= 1,3	160	50,240	74.18	D	38	6121	8
Зидови према не- грејаном простору — Corridor walls	○	18	437	6cm термоизолација + завршна обрада — 6cm EPS + new paint	14	6,118	107.56	E	11	1706	4
Коси кров — Pitched roof	●	7	369	16cm термоизолација + нови завршни слојеви — 16cm of thermal insulation + new finishing	68	25,092	116.79	E	3	485	52
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>110,600</b>	<b>52.51</b>	<b>C</b>	<b>56</b>	<b>9015</b>	<b>12</b>

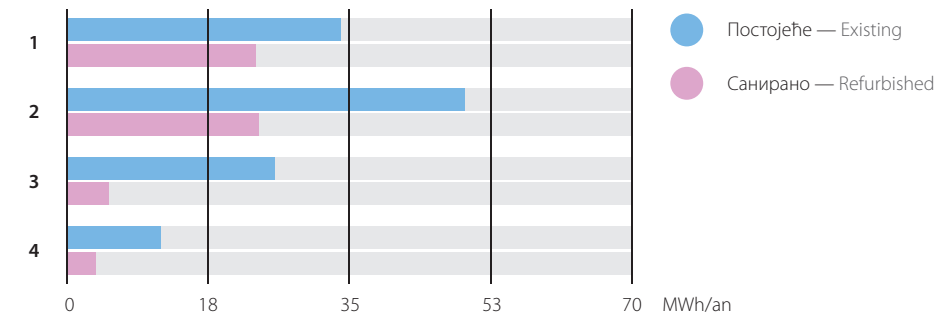
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m² грејане површине — Per m2 of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 110,600</b>	<b>€ 72</b>	<b>€ 4254</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements



- 1 Фасадни зидови — Façade walls
- 2 Прозори — Windows
- 3 Зидови према негрејаном простору — Corridor walls
- 4 Коси кров — Pitched roof

**НАПОМЕНА 1:**  
Санација косог крова је предложена зато што постојећи кров прокишњава и покривен је азбест-цементним плочама. Овај тип покривача је био веома популаран током 1980-их и раних 1990-их и може се видети и на згради 06.

—  
**NOTE 1:**  
Pitched roof refurbishment is proposed because the roof is leaking and is covered in asbestos tiles. This type of roofing was very popular in 1980's and early 1990's and can be seen on Building 06.

**НАПОМЕНА 2:**  
Санација фасаде је предложена зато што постојећа фасада не задовољава пројектне услове и по свој прилици је својевремено лоше изведена. Измерене U вредности варирају од 0,7 до 2,26 Wm²/K (у просеку 1.4 Wm²/K) док су пројектоване U вредности 0.45-0.46 Wm²/K. То је често био случај са зградама конструисаним током 1990их.

—  
**NOTE 2:**  
Facade refurbishment is proposed because the façade was underperforming and was apparently poorly constructed. The measured U-values of the walls are ranging from 0.7 to 2.26 Wm²/K (average 1.4 Wm²/K) while designed U-values are 0.45-0.46 Wm²/K. This was often the case with the apartment blocks constructed during the 1990's.



Енергетски разред

EPS rating



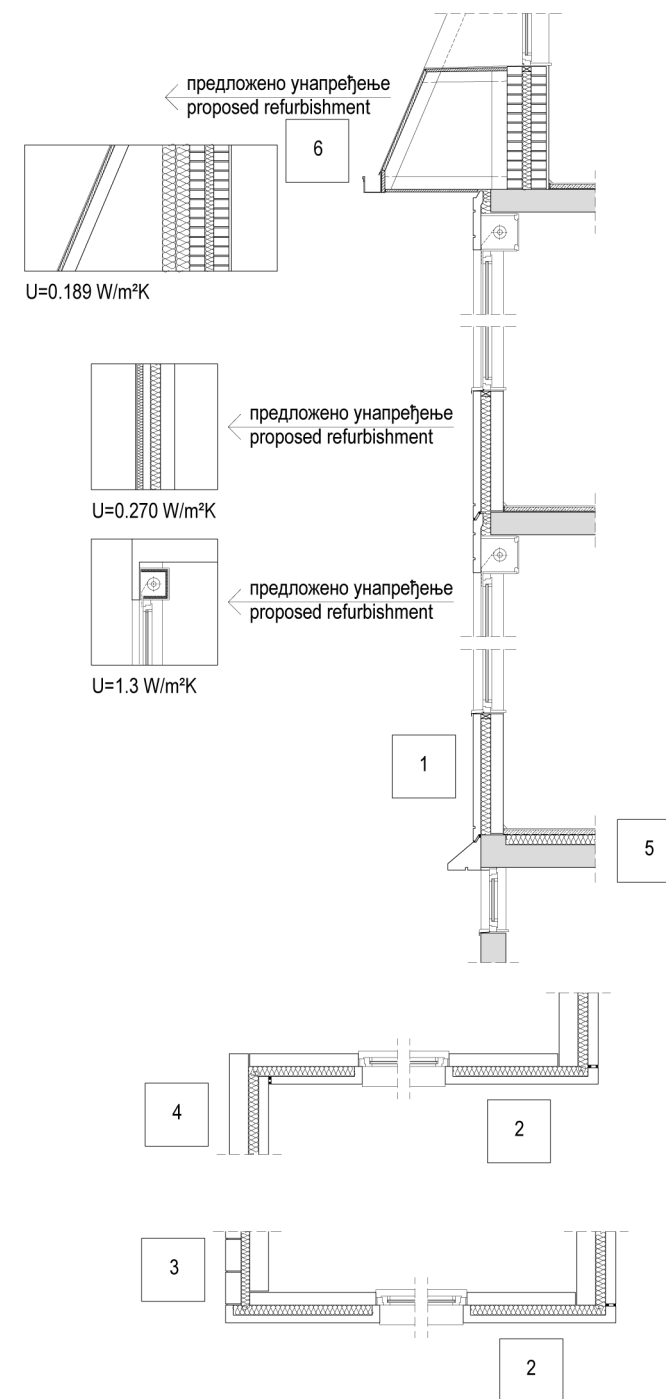
$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>172.08</b>	<b>120.46</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**E**



$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>75.01</b>	<b>52.51</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**



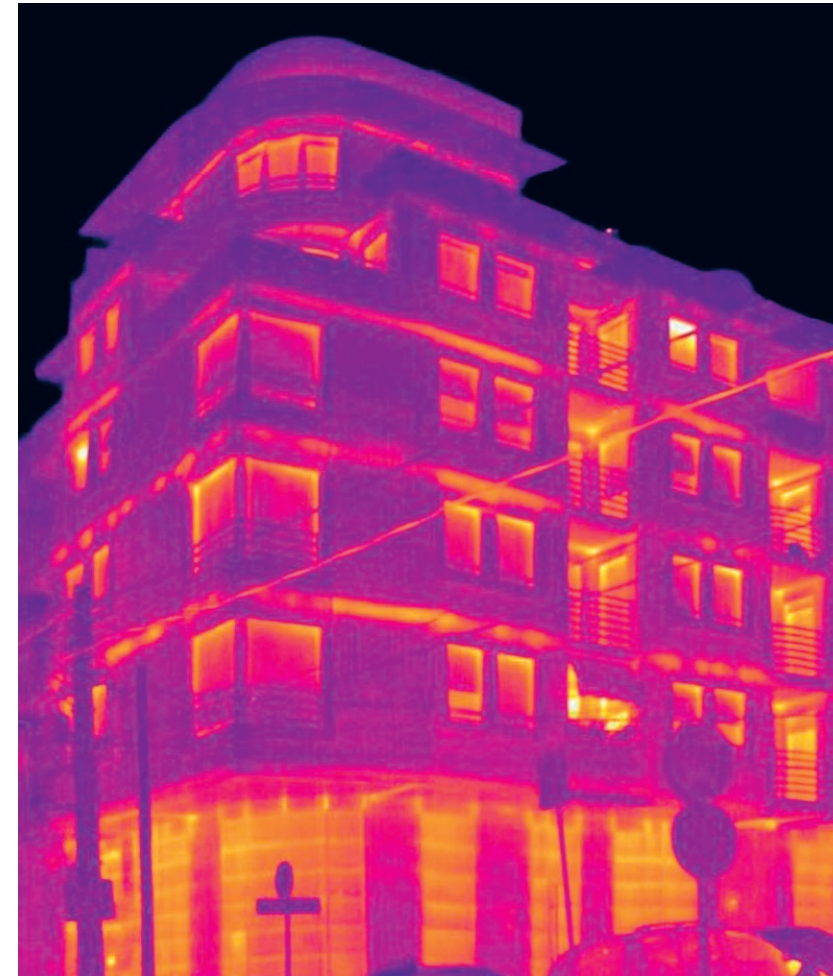
Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1 — ФАСАДНИ ЗИД U=0.457 W/m<sup>2</sup>K - армирани бетон 6cm - полистирен плоче 8cm - армирани бетон 10cm
- 1 — EXTERNAL WALL U=0.457 W/m<sup>2</sup>K - reinforced concrete 6cm - polystyrene boards 8cm - reinforced concrete 10cm
- предложено унапређење - proposed refurbishment U=0.270 W/m<sup>2</sup>K /
- ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment U=1.3 W/m<sup>2</sup>K /
- 2 — ФАСАДНИ ЗИД U=0.457 W/m<sup>2</sup>K - армирани бетон 10cm - полистирен плоче 8cm - армирани бетон 6cm
- 2 — EXTERNAL WALL U=0.457 W/m<sup>2</sup>K - reinforced concrete 10cm - polystyrene boards 8cm - reinforced concrete 6cm
- 3 — ФАСАДНИ ЗИД U=0.462 W/m<sup>2</sup>K - шупља фасадна опека 12cm - полистирен плоче 7cm - армирани бетон 15cm
- 3 — ФАСАДНИ ЗИД U=0.462 W/m<sup>2</sup>K - шупља фасадна опека 12cm - полистирен плоче 7cm - армирани бетон 15cm
- 4 — ФАСАДНИ ЗИД U=0.451 W/m<sup>2</sup>K - армирани бетон 15cm - полистирен плоче 8cm - армирани бетон 8cm
- 4 — EXTERNAL WALL U=0.451 W/m<sup>2</sup>K - reinforced concrete 15cm - polystyrene boards 8cm - reinforced concrete 8cm
- 5 — МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА U=0.410 W/m<sup>2</sup>K - паркет 1cm - цементни естрих 3.5cm - ПЕ фолија 0.01cm - полистирен плоче 8cm - а6 плоча 18cm
- 5 — FLOOR CONSTRUCTION ABOVE UNHEATED AREA U=0.410 W/m<sup>2</sup>K - parquet 1cm - cement screed 3.5cm - PE foil 0.01cm - polystyrene boards 8cm - reinforced concrete slab 18cm
- 6 — — предложено унапређење - proposed refurbishment U=0.189 W/m<sup>2</sup>K /

## Зграда 10 — Building 10

Број етажа	ПР+6
Година изградње	2006.
Бруто површина	2053 m <sup>2</sup>
Грејана површина	1230 m <sup>2</sup>
Тип у националној типологији	G5
ТАБУЛА тип	7_MF
Number of floors	GF+6
Construction year	2006
Gross area	2053 m <sup>2</sup>
Heated area	1230 m <sup>2</sup>
National typology type	G5
TABULA type	7_MF

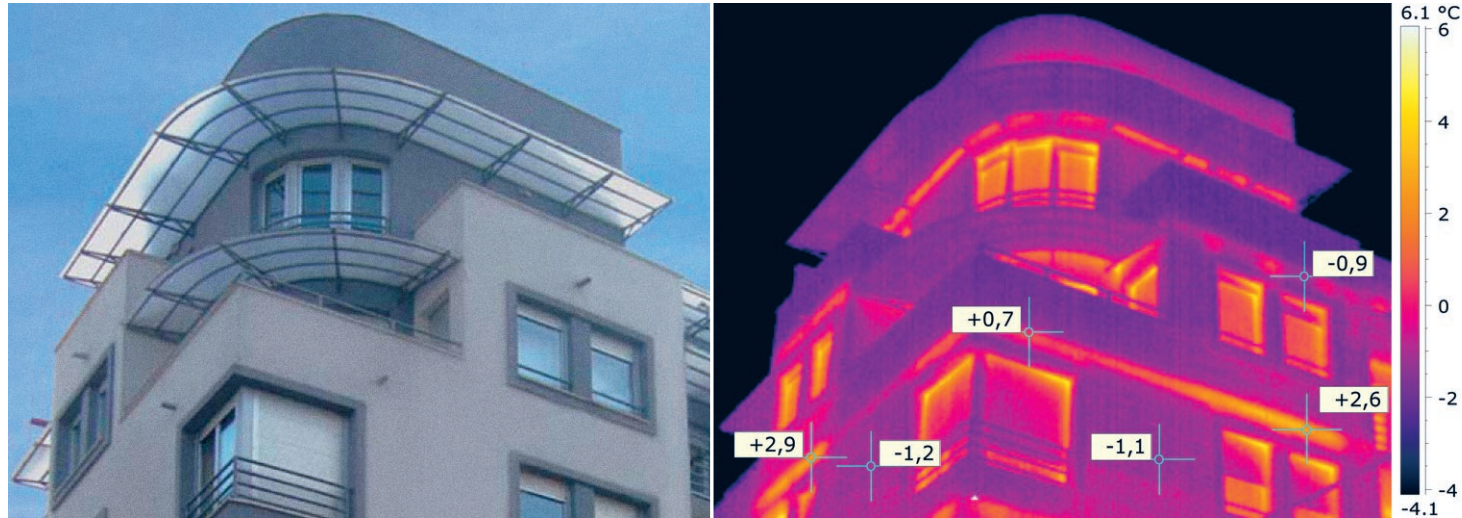


Савремена стамбена зграда у градском језгру на угаоној парцели са транспонованим геометризованим елементима стилске архитектуре. Карактерише се фасадом од вештачког камена и скривеним косим кровом. Омотач пројектован као сендвич зид са слојем изолације на термограму карактерише се dobrим термичким особинама осим у зонама хоризонталних серклажа као и греда које носе еркерно препуштени корпус спратова где се јављају приметни губици топлоте, првенствено услед неадекватног извођења.

A contemporary residential building constructed in the inner city area, at a corner position. It is characterized by transposed geometrical elements of stylistic architecture: façade made from decorative plaster and a pitched hidden roof. The envelope has been designed as a "sandwich" construction with an insulation layer and on thermogram displays satisfactory performance except at the position of ring beams and cantilevered beams, where notable heat losses can be identified, mainly due to the improper construction methods.

G5  
G5





Сегмент фасаде 1 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
 Façade segment 1 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Детаљ завршетка угаоног мотива компонован повлачењем форме се карактерише добрим термичким перформансама осим на позицијама серклажа где су могу измерити високе температурне вредности. Надстрешнице кровних тераса су изведене као лагана конструкција са релативно малим утицајем на термичке перформансе омотача.

A corner detail composed by recessing the building form is characterized by good thermal performance except at the position of ring beams where higher temperature values were recorded. Metal and glass eaves, over roof terraces, are not influencing the thermal performance of the envelope.



Сегмент фасаде 2 – Сегмент вишеслојне термички изоловане фасаде  
 Façade segment 2 – Segment of multilayered thermally insulated façade

Сегмент угла на коме је приметна појава губитака топлоте на хоризонталним серклажима. Интезитет губитака варира од спрата до спрата указујући више на утицај извођења него на проблем у дизајну детаља. Прозори су доброг квалитета и адекватне уградње.

A corner segment of the building which is characterized by thermal losses at the position of ring beams. Intensity of the losses varies from one storey to another indicating influence of craftsmanship and not design. The windows are of good quality and proper installment.

### Преглед основних мера унапређења енергетске ефикасности

#### Review of main energy efficiency measures

Пос. — Pos.	Неопходна санација / поправка — Necessary repairs and / or renovation	Учешће у трансмис. губицима — Share in heat transm. losses	Повр- шина — Area	Мере побољшања енергетске ефикасности — Energy efficiency improvement measures	Јед. цена — Unit price	Укупно — Total	Q <sub>h,an</sub> — [kWh/m <sup>2</sup> an]	Ен. разред — EPC	Уштеда енергије — Energy saving	Годишња уштеда — Annual savings	Период отплате — Payback
		[%]	[m <sup>2</sup> ]		[€/m <sup>2</sup> ]	[€]		%	[€/год.] [€/an.]	[год.] [years]	
Прозори — Windows	○	22	346	ПВЦ столарија U= 1,1 — PVC windows U= 1,3	190	65,740	58.28	C	6	560	117
Раван кров — Flat roof	○	7	269	10cm додатне термоизолација + нови завршни слојеви — 10cm of thermal insulation + new finishing	65	17,485	60.99	C	1	127	137
<b>Укупно све мере — Combined measures</b>						<b>83,225</b>	<b>57.48</b>	<b>C</b>	<b>7</b>	<b>688</b>	<b>121</b>

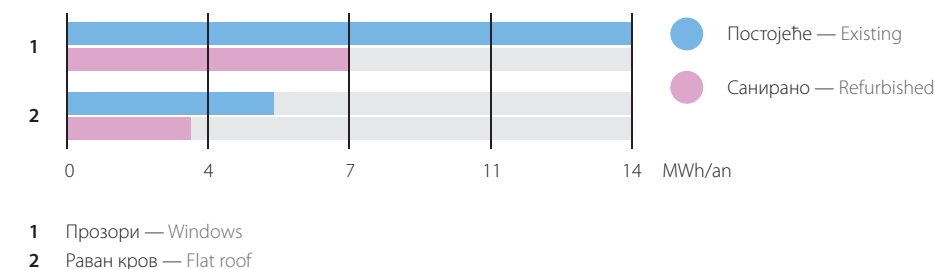
### Процењена инвестиција

#### Estimated investment

Укупно за целу зграду — Total for the building	По 1m <sup>2</sup> грејане површине — Per m <sup>2</sup> of heated surface	По стану — Per flat
<b>€ 83,225</b>	<b>€ 45</b>	<b>€ 3468</b>

### Топлотни губици кроз елементе термичког омотача

#### Heat losses related to thermal envelope elements

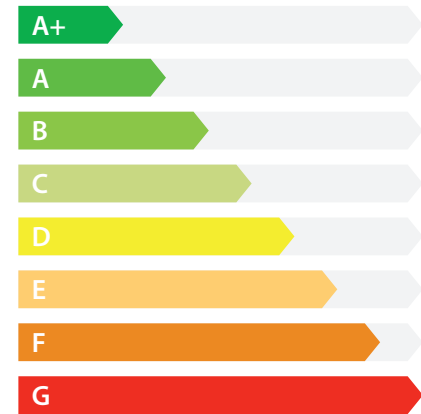


**НАПОМЕНА:**  
Мере за унапређење енергетске ефикасности могу бити разматране само код зграда код којих су постојали дефекти у извођењу или у оквиру редовних циклуса одржавања.

**NOTE:**  
Measures for improving energy efficiency can be taken into consideration only for the underperforming buildings with construction faults or within regular maintenance cycles.

Енергетски разред

EPS rating

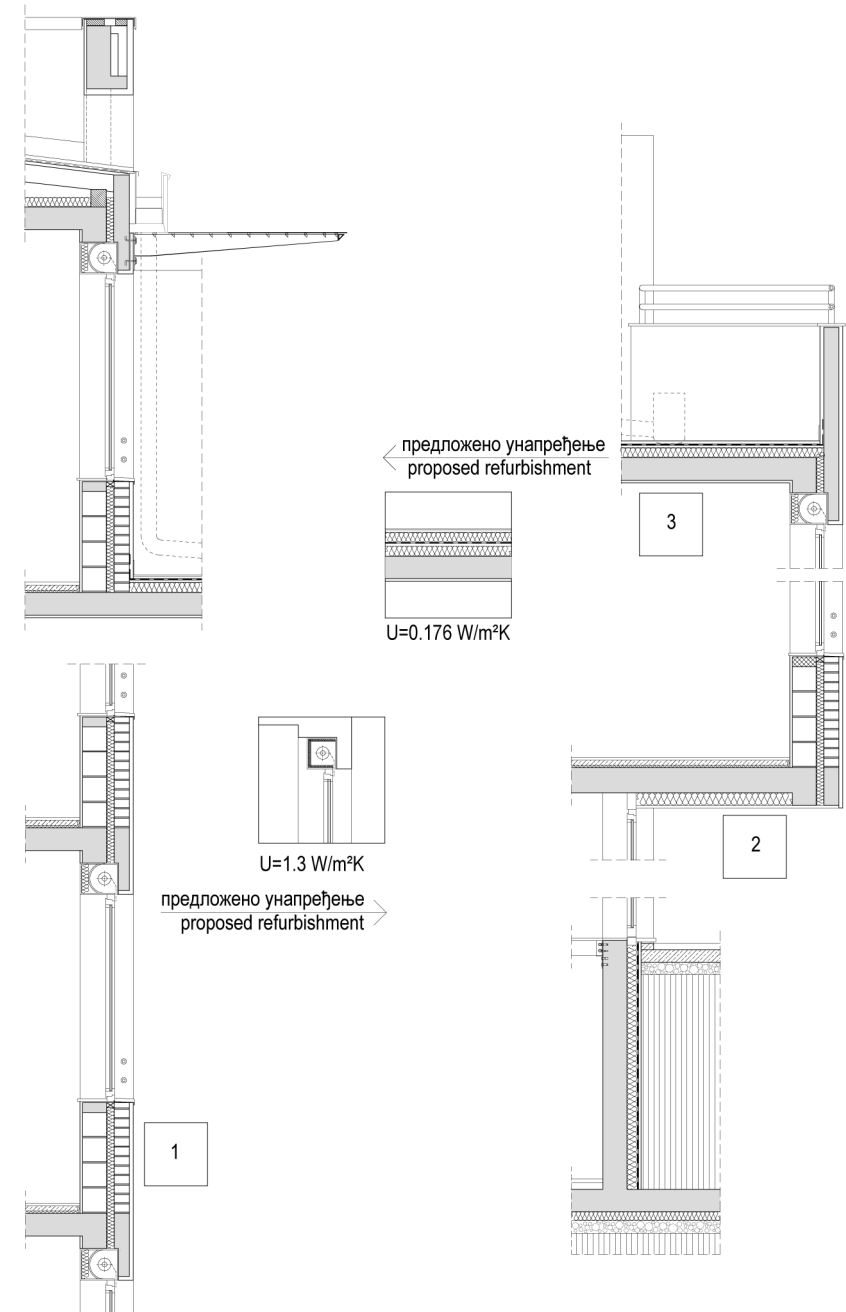


$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>88.27</b>	<b>61.79</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**

$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
<b>82.11</b>	<b>57.48</b>
≤ 15	≤ 10
≤ 25	≤ 18
≤ 50	≤ 35
≤ 100	≤ 70
≤ 150	≤ 105
≤ 200	≤ 140
≤ 250	≤ 175
> 250	> 175

**C**



Детаљ фасаде

Façade detailing

- 1— ФАСАДНИ ЗИД  $U=0.372 \text{ W/m}^2\text{K}$  - продужни кречни малтер 2cm - гитер блок 19cm - ПЕ фолија 0.01cm - стаклена вуна 6cm - пуна опека 12cm - мрамор, доломит 3cm
- 1— EXTERNAL WALL  $U=0.372 \text{ W/m}^2\text{K}$  - lime-cement plaster 2cm - clay block 19cm - PE foil 0.01cm - glass wool 6cm - brick 12cm - marble, dolomite 3cm

ПРОЗОРИ — предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 2— МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД СПОЉНОГ ПРОСТОРА  $U=0.252 \text{ W/m}^2\text{K}$  - паркет 2.2cm - цементни естрих 4cm - ПЕ фолија 0.01cm - плута 2cm - аб плоча 20cm - камена вуна 10cm - цементни малтер 2cm
- 2— FLOOR CONSTRUCTION ABOVE OUTER AREA  $U=0.252 \text{ W/m}^2\text{K}$  - parquet 2.2cm - cement screed 4cm - PE foil 0.01cm - cork 2cm - reinforced concrete slab 20cm - rock wool 10cm - cement plaster 2cm

- 3— РАВАН КРОВ ИЗНАД ГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА  $U=0.301 \text{ W/m}^2\text{K}$  - керамичке плочице 0.8cm - цементни естрих 2cm - битуменска хидроизолација 0.3cm - цементни естрих 2cm - ПЕ фолија 0.01cm - камена вуна 10cm - аб плоча 20cm - цементни малтер 2cm

- 3— FLAT ROOF ABOVE HEATED AREA  $U=0.301 \text{ W/m}^2\text{K}$  - ceramic tiles 0.8cm - cement screed 2cm - bituminised hydroinsulating layer 0.3cm - cement screed 2cm - PE foil 0.01cm - rock wool 10cm - reinforced concrete slab 20cm - cement plaster 2cm

— предложено унапређење - proposed refurbishment  $U=0.176 \text{ W/m}^2\text{K}$

Синтезни преглед и поређење  
добијених резултата

Overview and crosscomparison  
of results

### Збирни преглед резултата

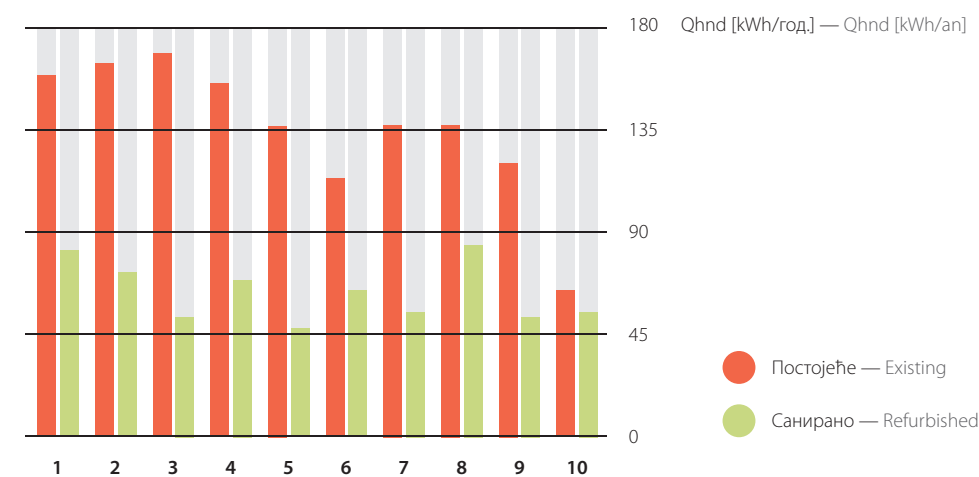
#### Summary results overview

Зграда — Building	Број станова — Number of dwelling units	Постојеће — Existing		Санирано — Refurbished		Инвестиција [€] — Investment [€]			Уштеда енергије [%] — Energy saving [%]	Годишња уштеда [€] — Annual savings [€]	Период отплате [год.] — Payback [years]
		Qhnd [kWh/год.] — Qhnd [kWh/an]	Ен. разред — EPC	Qhnd [kWh/год.] — Qhnd [kWh/an]	Ен. разред — EPC	Укупно — Total	По м² грејане површине — Per m² of heated area	По стану — Per flat			
Зграда 1 — Building 1	6	162.08	F	77.91	D	20,218	54	3,370	52	2,689	8
Зграда 2 — Building 2	24	167.75	F	69.62	C	64,733	53	2,697	58	7,683	8
Зграда 3 — Building 3	20	171.43	F	53.44	C	69,512	61	3,476	69	11,524	6
Зграда 4 — Building 4	81	156.78	F	67.85	C	279,877	64	3,455	57	35,826	8
Зграда 5 — Building 5	84	137.59	E	47.45	C	344,574	57	4,102	66	47,264	7
Зграда 6 — Building 6	34	111.98	E	60.32	C	93,233	49	2,742	46	8,512	11
Зграда 7 — Building 7	68	140.28	F	57.62	C	353,445	74	5,198	59	33,750	10
Зграда 8 — Building 8	27	142.16	F	80.03	D	94,583	53	3,503	44	9,499	10
Зграда 9 — Building 9	26	120.46	E	52.51	C	110,600	72	4,254	56	9,015	12
Зграда 10 — Building 10	24	61.79	C	57.48	C	83,225	45	3,468	7	688	121

### Потребна енергија за грејање: постојеће и унапређено стање зграде

#### Energy needed for heating for existing and improved state

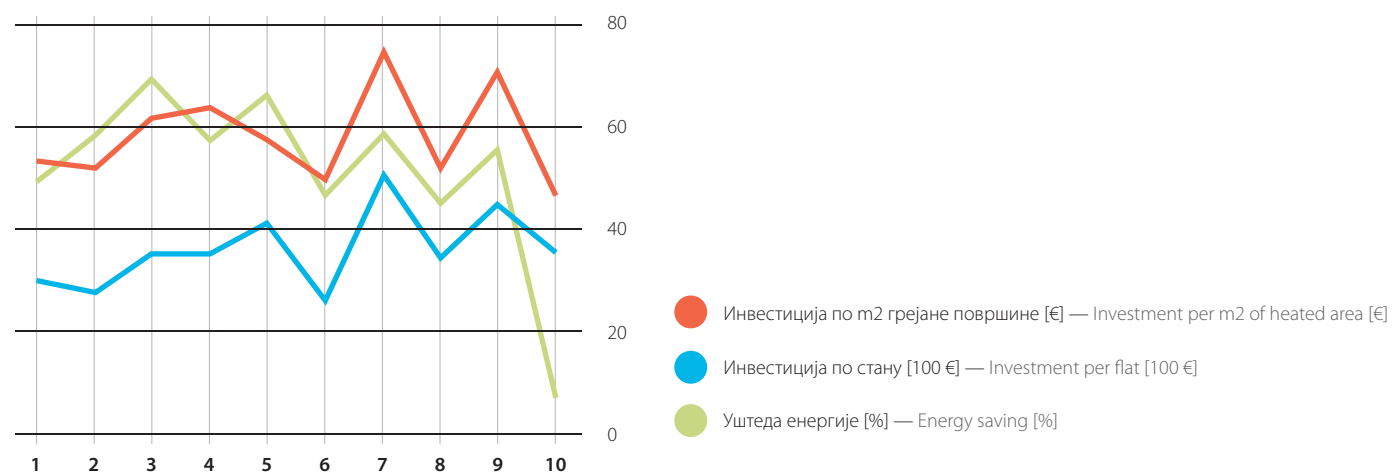
Зграда — Building	Постојеће — Existing	Санирано — Refurbished
	Qhnd [kWh/год.] — Qhnd [kWh/an]	Qhnd [kWh/год.] — Qhnd [kWh/an]
1	162.08	77.91
2	167.75	69.62
3	171.43	53.44
4	156.78	67.85
5	137.59	47.45
6	111.98	60.32
7	140.28	57.62
8	142.16	80.03
9	120.46	52.51
10	61.79	57.48



### Инвестиција у енергетску обнову: по m<sup>2</sup> грејане површине, по стану и енергетска уштеда

Investement in energy refurbishment: per m<sup>2</sup> of heated surface, per flat, and energy savings

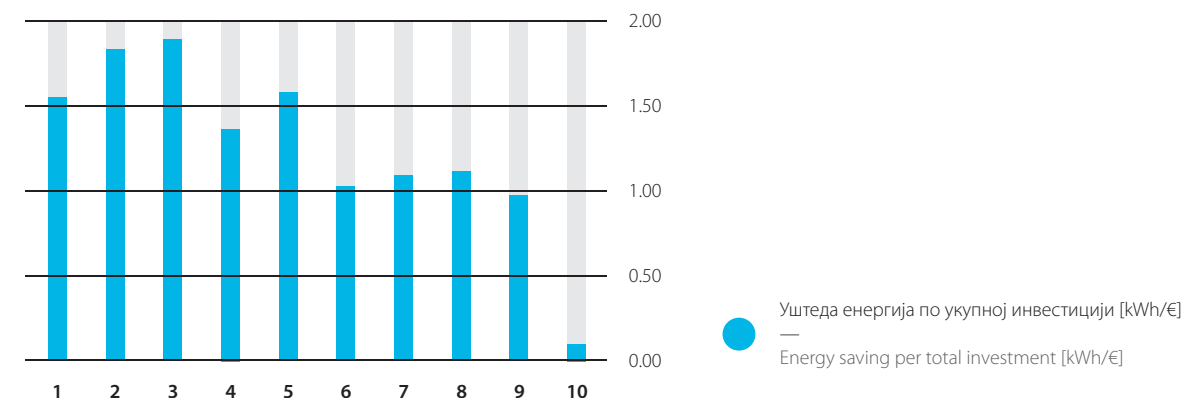
	Инвестиција — Investment		Уштеда енергије [%] — Energy saving [%]	Годишња уштеда [100 €] — Annual savings [100 €]	Период отплате [год.] — Payback [years]
	По m <sup>2</sup> грејане површине [€] — Per m <sup>2</sup> of heated area [€]	По стану [100 €] — Per flat [100 €]			
<b>1</b>	54	33	52	27	8
<b>2</b>	53	27	58	77	8
<b>3</b>	61	35	69	115	6
<b>4</b>	64	35	57	358	8
<b>5</b>	57	41	66	473	7
<b>6</b>	49	27	46	85	11
<b>7</b>	74	52	59	337	10
<b>8</b>	53	35	44	95	10
<b>9</b>	72	43	56	90	12
<b>10</b>	45	35	7	7	121



### Уштеђена енергија по € инвестиције

Energy savings (kWh) per € of investment

	Инвестиција [€] — Investment [€]			Уштеда енергије [%] — Energy saving [%]	Уштеда енергије Qhnd [kWh/год.] — Energy saving Qhnd [kWh/an]	Годишња уштеда [€] — Annual savings [€]	Уштеда енергија по укупној инвестицији [kWh/€] — Energy saving per total investment [kWh/€]	Период отплате [год.] — Payback [years]
	Укупно — Total	По m <sup>2</sup> грејане површине — Per m <sup>2</sup> of heated area	По стану — Per flat					
<b>1</b>	20,218	54	3,370	52	31,261	2,689	1.55	8
<b>2</b>	64,733	53	2,697	58	119,719	7,683	1.85	8
<b>3</b>	69,512	61	3,476	69	135,240	11,524	1.95	6
<b>4</b>	279,877	64	3,455	57	386,211	35,826	1.38	8
<b>5</b>	344,574	57	4,102	66	549,524	47,264	1.59	7
<b>6</b>	93,233	49	2,742	46	98,363	8,512	1.06	11
<b>7</b>	353,445	74	5,198	59	392,490	33,750	1.11	10
<b>8</b>	94,583	53	3,503	44	110,917	9,499	1.17	10
<b>9</b>	110,600	72	4,254	56	104,503	9,015	0.94	12
<b>10</b>	83,225	45	3,468	7	7,996	688	0.10	121

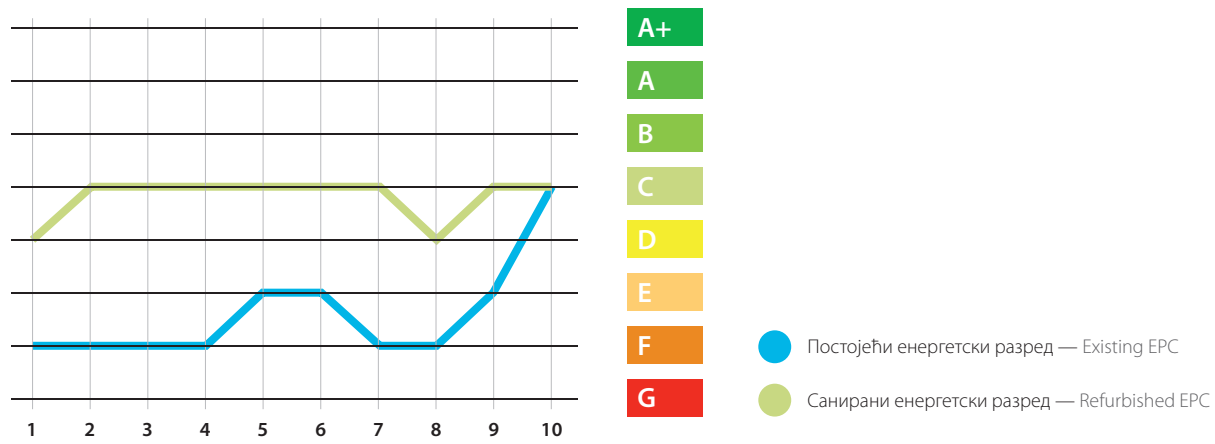




Енергетски разред пре и после примене мера санације

Energy grade before and after the implementation of refurbishment measures

	Ен. разред — EPC			
	Постојеће	Санџрано	Постојеће	Санџрано
	Existing	Refurbished	Existing	Refurbished
<b>1</b>	F	D	1	3
<b>2</b>	F	C	1	4
<b>3</b>	F	C	1	4
<b>4</b>	F	C	1	4
<b>5</b>	E	C	2	4
<b>6</b>	E	C	2	4
<b>7</b>	F	C	1	4
<b>8</b>	F	D	1	3
<b>9</b>	E	C	2	3
<b>10</b>	C	C	4	4



10 корака у процесу унапређења  
енергетске ефикасности  
постојећих зграда

10 steps in the process of energy  
efficiency improvement  
of the building stock

- Унапређење енергетске ефикасности у зградству није једноставан поступак. Он представља комбинацију стратешких одлука којима дефинишемо обим, ниво и тип интервенција као и различите техничке и правне кораке које морамо пратити у току спровођења поступка.
- Како бисмо вам појаснили овај сложени процес, покушали смо да у 10 корака прикажемо најбитније теме са којима ћете се сусрести уколико се одлучите да унапредите енергетска својства зграде
- Овај документ је намењен станарима, представницима асоцијација станара као и енергетским саветницима како би могли ефикасније да сагледају процес и да се упознају са појединим техничким и правним корацима који су неопходни за правино провођење процедуре.

- The energy efficiency improvement in buildings is not a simple procedure. It represents a combination of strategic decisions within which we need to define the scope, the level and the type of interventions as well as different techniques and legal steps to be followed during the implementation procedure.
- In order to explain this complex process we have tried to present the most significant topics within these 10 steps, which you will have to deal with if you decide to improve the energy efficiency characteristics of your building.
- This document is meant for tenants, representatives of tenants' associations as well as energy advisors so they can understand the process better and become familiarized with specific technical and legal steps which are necessary for the correct implementation of the procedure.

### (1) Информисање, упознавање са потенцијалом енергетске санације — Која је сврха енергетске санације и како можемо проценити уштеде?

- Користи примене мера енергетске санације:
- Адекватном енергетском санацијом смањују се потребе за енергијом, а самим тим смањује се и утрошак енергената.
  - Енергетска санација ће омогућити загревање (хлађење) више корисног простора за иста економска средства, повећавајући просторни комфор у објектима који се не користе у целости, односно смањење утрошка енергената за остале објекте.
  - Санирани зграде имају боље укупне перформансе (услове комфора), продужени животни век и самим тиме и већу тржишну вредност.

- Процена потенцијала уштеде на конкретном случају:
- Директан потенцијал уштеде може се проценити на основу података представљених у оквиру Националне типологије стамбених зграда Србије и студије Сачувај енергију.<sup>1</sup>
  - Процена потенцијала уштеде применом мера енергетске санације се врши упоређивањем анализираних зграда са одговарајућом моделском зградом у матрици Националне типологије односно студије Сачувај енергију.
  - У оквиру наведених публикација могу се идентификовати предложене мере унапређења односно може се проценити потенцијал уштеде остварен њиховом применом за посматрани моделски објекат (реална потрошња може варирати услед режима коришћења, облика, величине и различитости у материјализацији).
  - У питању су прорачунске вредности (базирано на загревању целе зграде) које служе као оријентир: свака зграда је јединствена те се потенцијалне уштеде могу разликовати.

<sup>1</sup> Публикације су доступне на сајту Архитектонског факултета у Београду – [www.arh.bg.ac.rs](http://www.arh.bg.ac.rs)

### (1) Learning about the potential of energy retrofit measures — What is the purpose of energy retrofitting and how can we assess the savings?

- Effect of the implementation of energy retrofitting measures:
- In line with energy retrofitting the energy demand is reduced thus reducing the use of fuels
  - Energy retrofitting will enable the heating (cooling) of more usable space for the same financial means thus increasing the comfort in buildings which are not being used as a whole i.e. the reduction of the use of fuel for other buildings.
  - Retrofit buildings have better total performances (comfort conditions), a prolonged lifetime and thus a higher market value.

- Assessment of savings potentials for a concrete case:
- The direct savings potential can be assessed based on data presented within the National Typology of Residential Buildings of Serbia and the study Conserve Energy.<sup>1</sup>
  - The assessment of saving potentials with the implementation of energy retrofit measures takes place by comparing the analysed building with corresponding model one in the matrix of the National Typology i.e. the study Conserve Energy.
  - In mentioned publications proposed improvement measures can be identified i.e. it is possible to evaluate the savings potential achieved with their implementation for the observed building type (the real consumption can vary due to different uses, forms, sizes and materialization).
  - The calculation values (based on the heating of the whole building) serve as orientation: every building is unique and potential savings can differ between buildings.

<sup>1</sup> These publications are available on the website of the Faculty of Architecture in Belgrade – [www.arh.bg.ac.rs](http://www.arh.bg.ac.rs)

## (2) Законски основ поступка енергетске санације — Који је законски основ спровођења поступка енергетске санације?

### Законски основ:

- Основни правни акт представља Закон о планирању и изградњи [1] као и Закон о одржавању стамбених зграда [2].
- Процедуре у вези са одређивањем нивоа енергетске ефикасности односно начина сертификације су прописане подзаконским актима: Правилником о енергетској ефикасности зграда [3], Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда [4], док је садржај пројектне документације дефинисан Правилником о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката [5].

### Предуслови:

- За било коју активност која укључује интервенције на постојећим стамбеним зградама у својини више лица, неопходна је одлука Скупштине зграде. Она сагласношћу чланова скупштине којима припада више од половине укупне површине станова и других посебних делова зграде, доноси све одлуке које се односе на инвестиционо одржавање зграде [2].
- Потребан је доказ о праву својине или другом праву располагања који потврђује законски основ за спровођење процедуре. Ова ставка је обавезујућа и спроводи се преко катастра.

## (2) Legislative basis of the energy retrofit procedure — What is the legislative basis for the implementation of the energy retrofit procedure?

### Legislative basis:

- The main legislative basis represents the Law on Planning and Construction [1] as well as the Law on Maintenance of Residential Buildings [2].
- The procedures related to the determination of the level of energy efficiency i.e. the way of certifying are regulated in by-laws: the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings [3], the Rulebook on Conditions, Contents and Way of Issuing Certificates on Energy Characteristics of Buildings [4], whereas the content of the project documentation is defined in the Rulebook on Content, Way and Procedure of Creation and Control of the Technical Documentation According to the Building Class and Purpose [5].

### Preconditions:

- Any kind of activity which includes interventions on existing residential buildings which are owned by several persons requires the decision of the tenants' association. The tenants' association makes all decisions about the investment maintenance of the building by consent of the association members who own more than a half of the total surface of apartments and other parts of the building. [2].
- It is necessary to have the proof of the property right or another right of disposal which confirms the legal foundation for the implementation of the procedure. This item is binding and it is implemented through the cadastre.

## (3) Обухват енергетске санације — Шта подразумева поступак енергетске санације?

Поступак енергетске санација зграде подразумева извођење грађевинских и других радова на постојећој згради, као и поправку или замену уређаја, постројења, опреме и инсталација истог или мањег капацитета, а којима се не утиче на стабилност и сигурност објекта, не мењају конструктивни елементи, не утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја, не утиче на заштиту од пожара и заштиту животне средине, али којима може да се мења спољни изглед уз потребне сагласности, у циљу повећања енергетске ефикасности зграде.

### Унапређење енергетских својстава зграде

- Подразумева унапређење Термичког омотача односно дела омотача објекта која раздваја грејани од негрејаних (спољашњих и унутрашњих) простора.
- Обухвата замену фасадне столарије и браваарије као и интервенције на нетранспарентним деловима термичког омотача (фасаде, кровови, подови, конструкције ка таванима и подрумима...)

### Унапређење система грејања

- Промене система грејања уз примену ефикаснијих система истих или мањих капацитета као и коришћење енергената са бољим еколошким карактеристикама.

### Припрема топле воде

- Промена система уз коришћење ефикаснијих система истих или мањих капацитета и евентуално повезивање са системом грејања.
- Испитивање могућности коришћења соларне енергије.

### Осветљење

- Унапређење система осветљења уз промену типа извора светла (сијалица).
- Испитивање могућности увођења контроле боравка у просторијама и аутоматске регулације нивоа осветљења.

## (3) Coverage of energy retrofit measures — What does the energy retrofit procedure entail?

The energy retrofit procedure entails construction and other works on the existing building as well as the repair or replacement of devices, systems, equipment and installations of the same or of smaller capacity which have no impact upon the stability and safety of the building, which don't change constructive elements, don't influence the security of neighbouring buildings and the traffic, which have no impact upon the fire protection and the environment, but which can change the outer appearance with the necessary approvals in order to improve the energy efficiency of the building.

### Improvement of energy characteristics of the building

- It includes the improvement of the thermal envelope i.e. the part of the building envelope which is separating the heated from the unheated (inner and outer) space.
- It includes the replacement of windows as well as interventions on opaque parts of the thermal envelope (façade, roofs, floors, constructions towards attics and cellar areas...)

### Improvement of the heating system

- Change of the heating system with the implementation of more efficient systems of the same or smaller capacity as well as the use of fuels with better ecological characteristics.

### Sanitary hot water preparation

- Change of the system with the use of more efficient systems of the same or smaller capacity and eventually a connection to the heating system.
- Consideration of the possibilities to use solar energy.

### Lighting

- Improvement of the lighting system with the change of the type of light source (light bulbs). Consideration of the possibility of introducing the occupancy monitoring and automatic regulation of the lighting level.

**(4) Стратегија енергетске санације****— Како знамо који је енергетски разред постојећа зграда и како одабирамо мере унапређења?**

Постојеће стање:

- За постојеће зграде које нису изграђене у складу са Правилником о ЕЕ зграда, нити имају енергетски пасош у циљу процене енергетских перформанси постојећег стања потребно је спровести енергетски преглед и израдити извештај о енергетском прегледу, као и елаборат ЕЕ. [4]
- Неопходан је ангажман Инжењера енергетске ефикасности, који имају лиценцу 381 издату од стране Инжењерске коморе Србије. Списак инжењера доступан је на сајту Коморе односно на сајту Централног регистра енергетских пасоша.
- Инжењер ЕЕ ће споровести енергетски преглед зграде, израдити одговарајући Извештај, одредити енергетски разред постојећег стања и предложити мере за побољшање ЕЕ, у складу са правилима струке и принципима развијеним у оквиру Националне типологије стамбених зграда односно монографије Сачувај енергију.

Модалитети унапређења:

- Оквирни предлог мера за побољшање енергетске ефикасности у згради дефинише се у зависности од стања омотача постојеће зграде односно комплексности примене грађевинских мера, система грејања, система припреме санитарне топле воде, система осветљења и др., а на основу принципа изнетих у оквиру Националне типологије стамбених зграда односно по препоруци инжењера за енергетску ефикасност.

Анализа потенцијалних мера – ужи избор:

- Предлог мера унапређења врши се на основу више параметара (стање елемента термичког омотача - потреба за санацијом, могући ниво уштеде на одређеној позицији, инвестициона вредност радова, повраћај инвестиција) и мора бити усклађена са

**(4) Energy retrofit strategy****— How can we know which is the energy class of the existing building and how are we selecting improvement measures?**

Existing situation:

- For existing buildings which were not built according to the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings and which do not have the Energy performance certificate in order to assess the energy performance of the existing situation it is necessary to perform the energy audit and to create the energy audit report as well as the energy efficiency elaborate [4].
- It is necessary to hire an Energy Efficiency Engineer, who has the 381 licence issued by the Chamber of Engineers of Serbia. The list of Energy Efficiency Engineers is available at the website of the Chamber and at the website of the Central Registry of Energy Performance Certificates.
- The Energy Efficiency Engineer will conduct the energy audit of the building; he will create the appropriate report, determine the energy class of the existing condition and propose energy efficiency improvement measures according to the rules and principles of the National Typology of Residential Buildings as well as the monograph Conserve Energy.

Improvement modalities:

- A framework proposal of measures for the improvement of energy efficiency in the building is defined depending on the condition of the envelope of the existing building i.e. the complexity of the implementation of construction measures, heating systems, sanitary hot water systems, lighting systems, etc. based on principles from the National Typology of Residential Buildings i.e. on the recommendation of energy efficiency engineers.

Analysis of potential measures - shortlist

- A proposal of improvement measures is defined based on several parameters (condition of the thermal envelope - need for retrofit, the possible level of saving on a certain position, investment value of works, investment return) and it needs to be adjusted to the specific

специфичним карактеристикама зграде.

- Процес најчешће обухвата дефинисање конкретног пакета (група мера) за унапређење енергетских својстава зграде у складу са економским могућностима а према препоруци инжењера за енергетску ефикасност.

Унапређено стање:

- Након дефинисања одговарајућег пакета мера неопходно је доказати да се њиховом имплементацијом повећава енергетски разред минимум за један разред, у односу на постојеће стање. [4]

**(5) Економски аспекти енергетске санације зграда — Који су модалитети финансирања енергетске санације зграда?**

Економске карактеристике енергетске санације

- Инвестиција у области енергетске санације се може сматрати не само као трошак већ као вишедимензионална корист која доводи до унапређења материјално-техничких карактеристика зграде и бољих перформанси (услова и трошкова становања), њене економске вредности као и продужења животног века.
- Процена обима интервенције се врши по тзв. трошковно оптималном принципу који представља однос процене инвестиционе вредности планираних радова уз одређивање периода повраћаја уложених средстава према тренутним ценама енергије (уз евентуалну процену њеног раста).

Финансирање:

- Ослањање на сопствене изворе финансирања - директне инвестиције од стране самих власника станова.
- Кооперативно приватно инвестирање – Можете донети одлуку о доградњи (надзиђивање или проширење) зграде, чиме ће се, у складу са урбанистичким параметрима, инвеститору дозволити доградња једне или више етажа, а инвеститор ће, за узврат, бити у обавези да унапреди енергетска својства зграде, што се ближе дефинише међусобним уговором.

characteristics of the building.

- The process most frequently entails the definition of a concrete package (group of measures) for the improvement of energy characteristics of the building in line with the economic possibilities according to the recommendations of the energy efficiency engineer.

Improved condition:

- After defining the appropriate group of measures it is necessary to prove that with their implementation the energy class of the building will be increased by at least one class compared to the current situation. [4]

**(5) Economic aspects of energy retrofit measures — What are the funding models for energy retrofitting of buildings?**

Economic characteristics of energy retrofitting

- The investment in the area of energy retrofitting can be considered not only as expenditure but also as a multidimensional benefit which will lead to the improvement of material-technical characteristics of the building and better performances (conditions and costs of living), to higher economic value and a prolonged lifetime.
- The assessment of the scope of intervention is conducted upon a so called cost-optimal principle which represents the relation between the assessment of the investment value of planned works and the determination of the period of return of invested means according to the current energy prices (with an eventual growth assessment).

Funding:

- Relying on own funding sources – direct investments of apartment owners.
- Cooperative private investment – You can make the decision about additional construction (expansion) of the building thus allowing the investor to construct and build one or more additional stories, in line with the urbanistic design, and the investor will in return be obliged to improve the energy characteristics of the building, which would be defined in a contract.
- Resources at the level of the local self-government

- Ресурси на нивоу локалне самоуправе – Проверите да ли ваша локална заједница нуди суфинансирање пројеката енергетске ефикасности по принципу „поправимо заједно“.
- Државни ресурси и ЕЕ фондови за обнову (на основу закона о Ефикасном коришћењу енергије. Очекује се формирање одговарајућих финансијских модела. [6]
- Банкарске кредитне линије расположиве од стране комерцијалних банака (наменски кредити за енергетску санацију зграда).
- ЕСКО – шеме финансирања. Дуготрајни финансијски утицај: тренутно побољшање [6] (закон о ефикасном коришћењу енергије члан 5).

#### (6) Неопходна пројектна документација у поступку енергетске санације зграда

— Ко израђује пројектну документацију неопходну за поступак енергетске санације?

Без обзира на обухват активности неопходан је ангажман **пројектанта**. То може бити привредно друштво, или друго правно лице, односно предузетник који су уписани у регистар привредних субјеката. Пројектант врши израду документације у складу са законом и прописима и именује одговорног пројектанта са одговарајућом лиценцом [1].

**Поступак** израде документације разликује се у зависности од нивоа планираних радова а према важећим законима и прописима.

- Услов процеса енергетске санације представља израда елабората ЕЕ постојећег и унапређеног стања, стога организација мора ангажовати (имати запосленог) инжењера са лиценцом 381 (инжењер ЕЕ),
- У поступку израде документације инвеститор именује главног пројектанта који својим потписом и печатом личне лиценце потврђује усаглашеност свих појединачних делова пројекта.

За поступак енергетске санације на начин како је дефинисана законом и прописима није потребна грађевинска дозвола.

- Према овим актима радови се изводе на основу

– Please check whether your local community is offering co-funding for energy efficiency projects in line with the principle “Let’s fix it together”.

- State resources and energy efficiency retrofit funds (based on the Law on Efficient Energy Use. The creation of appropriate funding models is expected. [6]
- Commercial banks are offering loans (earmarked loans for energy retrofitting measures). ESCO – funding schemes. Long-term financial influence: instantaneous improvement [6] (Law on Efficient Energy Use, Article 5).

#### (6) Necessary project documentation for the energy retrofit of buildings

— Who is in charge of creating the project documentation which is necessary for the energy retrofit?

Regardless of the range of activities it is necessary to have a **designer**. That can be a company or another legal entity i.e. an entrepreneur. They have to be registered as economic entities. The designer creates the documentation according to the law and the regulations and he appoints the head designer with the appropriate license [1].

The **procedure** of creating the documentation can vary depending on the level of planned works, according to the applicable laws and regulations.

- The precondition for the energy retrofit process is the creation of the Energy Efficiency Elaborate of the current and improved state, so the organization has to engage an engineer with the 381 license (or have one employed),.
- In the procedure of creating the documentation the investor appoints the head designer who is confirming the conformity of all parts of the design with his signature and the stamp of his license.

For the energy retrofit procedure, as it is defined in the law and regulations, it is not required to have a construction permit.

- According to these legal acts the works can be

Идејног пројекта уз неопходност израде Елабората енергетске ефикасности

- Радови се изводе на основу решења из члана 145. Закона о планирању и изградњи, а према обједињеној процедури. [1]

Уколико се приликом енергетске санације изводе и други радови (реконструкција и сл), биће потребно прибавити грађевинску дозволу, а за то ће бити потребно прибавити и изворни (архивски) пројекат по коме је зграда грађена.

- У овом случају се радови изводе на основу комплетне пројектне документације и према захтевима Обједињене процедуре односно класи зграде. [5]
- У случају доградње, реконструкције и адаптације постојећег објекта или у случају промене намене, техничка документација садржи и архивски пројекат или снимак постојећег стања уколико архивски пројекат не постоји.

#### (7) Одабир извођача радова

— Како се одабира извођач радова?

- Извођач радова мора бити привредно друштво или предузетник регистрован за извођење радова који мора одредити одговорног (лиценцираног) извођача радова као особу која руководи процесом грађења. [1]
- Одабир извођача радова се може обавити директном погодбом или применом тендерске процедуре. Препоручује се прикупљање најмање три понуде.
- Сва питања која су везана за модалитете финансирања, потврде, неочекиване утицаје и др. се дефинишу уговором. Потенцијални конфликти се, такође, предвиђају уговором којим се дефинишу и правна тела за њихово разрешење.
- Гаранција на вредност радова се даје у складу са стандардним поступцима осигурања (комерцијалне осигуравајуће компаније).

performed based on the Preliminary design with the necessary Energy Efficiency Elaborate

- The works are performed based on the approval according to the Article 145 of the Law on Planning and Construction and according to the joint procedure. [1]

If during the energy retrofit also other works are performed (a reconstruction etc.), it will be necessary to have a construction permit, for which it is also necessary to have the original (archive) design, which was used for the original construction of the building.

- In this case the works are performed based on the complete project documentation according to the requirements of the Joint Procedure i.e. the building class. [5]
- In case of adding storeys and adapting the current building or in case of changing its purpose, the technical documentation needs to include also the archive design or the record of the current condition, if there is no archive design.

#### (7) Choosing the general contractor

— How to choose the general contractor?

- The general contractor has to be a company or an entrepreneur which is registered to conduct works. The general contractor has to determine the responsible (licensed) contractor as a person who will be managing the construction procedure. [1]
- The choice of contractors can be performed by direct agreement or in a tender procedure. It is recommended to have at least three offers.
- All issues related to funding models, confirmations, unexpected influences etc. are to be defined in the contract. Potential conflicts are also foreseen in the contract which defines also the legal entities for their solution.
- The warranty for the value of the works is issued according to the standard insurance procedures (of commercial insurance companies).

**(8) Грађење**

— Шта подразумева поступак грађења у области енергетске санације?

У смислу закона грађење јесте извођење грађевинских и грађевинско-занатских радова, уградња инсталација, постројења и опреме;

- Инвеститор (скупштина станара, приватни инвеститор, ЕСКО компанија...) подноси пријаву радова органу који је издао грађевинску дозволу (решење) најкасније осам дана пре почетка извођења радова [1]
- Фаза грађења је са аспекта квалитета и правила струке односно поштовања законских норми искључива одговорност Извођача радова и Пројектанта у складу са уговорним одредницама.

Извођење радова:

- Техничка документација за извођење радова је обавеза Пројектанта и мора бити усклађена са подзаконским актима и правилницима. [5]
- Стручни надзор дефинисан је законским актима и он представља обавезу инвеститора у смислу осигурања квалитета радова и примене прописа, стандарда и техничких норматива. [1]. Инвеститор са правним лицем које врши стручни надзор мора да има склопљен Уговор, што може бити предмет провере грађевинског инспектора на терену.
- Посебна пажња мора се посветити прибављању техничких карактеристика (исправа о усаглашености) материјала и производа као и контроле самог процеса градње (градилишна књига, количине материјала, фотографије стања градилишта и појединих позиција...).
- Све измене које настају у току извођења би morale бити документоване и одобрене од стране надзора а уколико оне значајно мењају оригинално пројектовано стање потребно је изградити и Пројекат изведеног стања.

**(8) Construction**

— What entails the construction procedure in the area of energy retrofit?

In the sense of the law, the construction is the conduction of construction and craftworks, assembly of installations, facilities and equipment;

- The Investor (tenants' association, private investor, energy service companies, etc.) is submitting the entry of works to the institution which has issued the construction permit (approval) eight days before the beginning of the works at the latest [1]
- From the aspect of the quality and the professional regulations i.e. the legal norms the General Contractor and the Designer are exclusively responsible for the construction phase, according to the contract.

Conduction of works:

- The technical documentation for the conduction of works is the obligation of the Designer and it needs to be in line with the by-laws and rulebooks. [5]
- Expert monitoring is defined in legal acts and it is the obligation of the investor in the sense of ensuring the quality of works and implementation of rules, standards and technical norms. [1]. The investor has to sign a contract with the legal entity which is performing expert monitoring, which can be subject to the control of the construction inspector in the field.
- Special attention needs to be dedicated to obtaining the technical characteristics (conformity declaration) of materials and products as well as the control of the construction process (construction site logbook, quantities of materials, photographs of construction site conditions and particular elements, etc.)
- All changes which occur during construction phase have to be documented and approved by the supervision authority and if they are changing the original designed condition significantly it is necessary to create also the as-built design documentation.

**(9) Технички пријем - употребна дозвола**

— Шта је технички пријем и како се спроводи?

Поступак техничког прегледа објекта којим се утврђује подобност за употребу је обавезан за све објекте за које се издаје грађевинска дозвола. Није неопходан за извођење радова на санацији или адаптацији али је препоручљив.

У овој фази се израђује и Сертификат о енергетским својствима зграда (енергетски пасош) који мора изградити овлашћена организација уписана у регистар а различита од оне која је израдила Елаборат ЕЕ.

- Поступак је заснован на одговарајућем правилнику [7] и поседује предефинисану форму и садржај, а може га изводити само комисија или привредно друштво, односно друго правно лице коме инвеститор повери вршење тих послова и које је уписано у одговарајући регистар. То могу бити лица која испуњавају услове за одговорног пројектанта односно извођача радова и која не могу бити запослена у правном лицу које је израдило пројектну документацију.
- У области енергетске ефикасности технички пријем подразумева Енергетски преглед зграде који обухвата више активности: преглед објекта на локацији, испитивање расположиве пројектне и извођачке документације, а нарочито у вези са уграђеним производима и материјалима. Неопходно је поседовати све изјаве о усаглашености, које обезбеђује извођач или подизвођачи, као и потписана верификација од стране надзорног органа да су одговарајући материјали или производи и уграђени.
- По извршеном техничком пријему се предаје извештај на основу кога се издаје употребна дозвола а уз захтев се доставља и Сертификат о енергетским својствима објекта (енергетски пасош).
- Саставни део употребне дозволе представља и гарантни рок за поједине радове што је утврђено посебним прописом.

**(9) Technical acceptance – the use permit**

— What is the technical acceptance and how is it implemented?

The technical audit procedure which determines the eligibility for use is obligatory for all buildings for which it is required to have a construction permit. It is not necessary for the performance of works at the reconstruction or adaptation, but it is recommendable.

In this phase also the Energy performance certificate of the building is produced. It needs to be created by an authorized registered organization which is not the same as the one which has created the Energy Efficiency Elaborate.

- The procedure is based on the appropriate rulebook [7] has a predefined form and content and it can be performed only by the commission or economic entity i.e. another legal entity that the investor entrusts with the performance of these tasks and which is entered in the appropriate registry. That can be persons which are fulfilling the conditions for an authorized designer i.e. contractor and those persons cannot be employed in the legal entity which has created the project documentation.
- In the area of energy efficiency the technical acceptance entails the energy audit of the building which includes several activities: the audit of the building at the location, the examination of available project and construction documentation, especially related to installed products and materials. It is necessary to have all conformity declarations provided by the contractor or sub-contractor as well as the signed verification of the supervisory authority that appropriate materials or products have been installed.
- Upon the technical acceptance the report is submitted based on which the use permit is issued. Upon request also the Energy performance certificate of the Building (Energy Passport) is provided.
- An integral part of the use permit is also the warranty period for certain works, which is confirmed by a special regulation.

**(10) Верификација постигнутог квалитета****— Како могу потврдити квалитет изведених радова односно уграђених материјала и елемената?**

Ова група активности није обавезна по закону, али је препоручљива, нарочито, уколико се тежи постизању вишег нивоа ЕЕ.

Уобичајено, она обухвата неколико истражних метода које спроводе лиценцирани инжењери или техничари а најчешће садржи:

- Термовизијско снимање термичког омотача којим се може утврдити квалитативно стање омотача односно континуитет изолације (испитивања се обављају према одговарајућем стандарду, у повољним климатским условима: зимском периоду при температурној разлици од мин 10оС, без падавина, јаког ветра и директног сунчевог зрачења)
- Одређивање ваздушне пропустљивости зграда – Метода притиска удувавањем (енг. blower door test) којом се може утврдити степен заптивености зграде односно одредити места продувавања. Најчешће се користи за испитивање квалитета уградње фасадне столарије и браварије. Поступак није везан за климатске услове.
- Мерења топлотне проводљивости зидова контактним методама којом се може, у складу са одређеним условима а према важећим стандардима, утврдити топлотна проводљивост елемената омотача. Поступак се заснива на појединачним мерењима која се спроводе током 72 часа а која се морају спроводити у одговарајућим климатским условима.

Наведене и друге дијагностичке методе могу потврдити квалитет изведених радова односно уграђених производа и материјала и идентификовати грешке, зато се оне препоручују за примену у фази и пре званичног техничког пријема, како би се недостаци могли благовремено отклонити.

**(10) Verification of the achieved quality****— How can I confirm the quality of implemented works i.e. installed materials and elements?**

This group of activities is not obligatory by law, but it is recommendable, especially if we want to achieve a higher energy efficiency level.

It normally includes a few research methods performed by licensed engineers or technicians. Most frequently it includes:

- Thermal imaging of the envelope which makes it possible to determine the condition of the envelope i.e. the continuity of insulation (tests are performed according to the appropriate standard, in good climate conditions: in the winter period with the difference in temperature of at least 10oC, with no precipitation, strong wind and direct sunlight).
- The determination of the air permeability of buildings – the blower door test with which it can be determined how sealed the building is. It is used most frequently to test the quality of the installation of windows and metalwork. The procedure is not influenced by climate conditions.
- Measuring heat conductivity of walls with contact methods which can be used to determine the heat conductivity of envelope elements, in line with certain conditions and according to valid standards. The procedure is based on individual measurements conducted within 72 hours, which have to be conducted in appropriate climate conditions.

Mentioned methods as well as other methods can confirm the quality of performed works i.e. of installed products and materials and identify faults, which is why they are recommended during and before the official technical acceptance in order to correct all deficiencies in time.



**Референце:**

- [1] Закон о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014) <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/zakon-o-planiranju-i-izgradnji>
- [2] Закон одржавању стамбених зграда ("Сл. гласник РС", бр. 44/95, 46/98, 1/2001 - одлука УСРС, 101/2005 - др. закон, 27/2011 - одлука УС и 88/2011) [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/zakon\\_o\\_odrzavanju\\_stambenih\\_zgrada.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_odrzavanju_stambenih_zgrada.pdf)
- [3] Правилник о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011) <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-energetskoj-efikasnosti-zgrada>
- [4] Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда ("Сл. гласник РС", бр. 69/2012) <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-uslovima-sadrzini-i-nacinu-izdavanja-sertifikata-o-energetskim-svoystvima>
- [5] Правилник о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- УС, 24/11, 121/12, 42/13– УС, 50/13– УС, 98/13–УС, 132/14 и 145/14), <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-sadrzini-nacinu-i-postupku-izrade-i-nacin-vrsenja-kontrole-tehnicke>
- [6] Закон о ефикасном коришћењу енергије ("Сл. гласник РС", бр. 25/2013) [http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/A\\_01\\_Zakon\\_o\\_efikasnom\\_korisčenju\\_energije.pdf](http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/A_01_Zakon_o_efikasnom_korisčenju_energije.pdf)
- [7] Правилник о садржини и начину вршења техничког прегледа објекта, саставу комисије, садржини предлога комисије о утврђивању подобности објекта за употребу, осматрању тла и објекта у току грађења и употребе и минималним гарантним роковима за поједине врсте објеката ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- УС, 24/11, 121/12, 42/13– УС, 50/13– УС, 98/13–УС, 132/14, 145/14 br. 27/2015 i 29/2016) [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/pravilnik\\_o\\_sadrzini\\_i\\_nacinu\\_vrsenja\\_tehnickog\\_pregleda\\_objekta\\_sastavu\\_komisije\\_sadrzini\\_predloga\\_komisije\\_o\\_utvrđivanju\\_podobnosti\\_objekta\\_za\\_upotrebu\\_osmatranju\\_tla\\_i\\_objekta.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/pravilnik_o_sadrzini_i_nacinu_vrsenja_tehnickog_pregleda_objekta_sastavu_komisije_sadrzini_predloga_komisije_o_utvrđivanju_podobnosti_objekta_za_upotrebu_osmatranju_tla_i_objekta.pdf)

**Корисни линкови:**

- Списак инжењера енергетске ефикасности: На сајту инжењерске коморе Србије <http://www.ingkomora.org.rs/> односно Централног регистра енергетских пасоша <http://www.crep.gov.rs/RegistarInzenjera.aspx>
- Регистар овлашћених организација за издавање Енергетских пасоша (Сертификата о енергетским својствима зграда) на сајту Централног регистра енергетских пасоша, <http://www.crep.gov.rs/RegistarKompanija.aspx>
- Захтев за издавање извода из листа непокретности објашњење процедуре и потребних докумената [http://www.euprava.gov.rs/eusluge/opis\\_usluge?generatedServiceId=1196&alphabet=lat](http://www.euprava.gov.rs/eusluge/opis_usluge?generatedServiceId=1196&alphabet=lat)
- Водич кроз процедуру добијања дозволе за градњу
- Детаљно објашњење процедура <http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Vodic-kroz-dozvole-za-izgradnju.pdf>
- Приказ обједињене процедуре у поступку добијања дозволе за градњу: <http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Sematski%20prikaz%20objedinjene%20procedure.pdf>
- Најчешћа питања у вези са процедурама и применама закона о изградњи, за објекте за које се не издаје дозвола: <http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/ODGOVORI%20OBJEKT%20ZA%20KOJE%20SE%20NE%20IZDAJE%20GRAD%20DOZ.pdf>
- Преглед расположивих кредитних линија комерцијалних банака: <http://www.kombeg.org.rs/Slike/UdrFinansijskeOrganizacije/Krediti/KreditnaPodrska/EnergetskaEfikasnost/IZVORI%20FINANSIRANJA%20EE%20-%202014.pdf>

**References:**

- [1] Law on planning and construction ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014) <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/zakon-o-planiranju-i-izgradnji>
- [2] Law on maintenance of residential buildings ("Сл. гласник РС", бр. 44/95, 46/98, 1/2001 - одлука УСРС, 101/2005 - др. закон, 27/2011 - одлука УС и 88/2011) [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/zakon\\_o\\_odrzavanju\\_stambenih\\_zgrada.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_odrzavanju_stambenih_zgrada.pdf)
- [3] Rulebook on energy efficiency of buildings ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011) <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-energetskoj-efikasnosti-zgrada>
- [4] Rulebook on conditions, content and way of issuing certificates on energy characteristics of buildings ("Сл. гласник РС", бр. 69/2012) <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-uslovima-sadrzini-i-nacinu-izdavanja-sertifikata-o-energetskim-svoystvima>
- [5] Rulebook on the content, way and procedure of creation and control of the technical documentation according to the class and purpose of the buildings ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- УС, 24/11, 121/12, 42/13– УС, 50/13– УС, 98/13–УС, 132/14 и 145/14), <http://www.mgsi.gov.rs/lat/dokumenti/pravilnik-o-sadrzini-nacinu-i-postupku-izrade-i-nacin-vrsenja-kontrole-tehnicke>
- [6] Law on efficient energy use ("Сл. гласник РС", бр. 25/2013) [http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/A\\_01\\_Zakon\\_o\\_efikasnom\\_korisčenju\\_energije.pdf](http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/A_01_Zakon_o_efikasnom_korisčenju_energije.pdf)
- [7] Rulebook on content and way of performing the technical audit of the building, the composition of the commission, the content of the proposal of the commission on the determination of the eligibility of the building for use, soil and building observation during the construction and use and minimum warranty periods for individual building types ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- УС, 24/11, 121/12, 42/13– УС, 50/13– УС, 98/13–УС, 132/14, 145/14 br. 27/2015 i 29/2016) [http://www.paragraf.rs/propisi\\_download/pravilnik\\_o\\_sadrzini\\_i\\_nacinu\\_vrsenja\\_tehnickog\\_pregleda\\_objekta\\_sastavu\\_komisije\\_sadrzini\\_predloga\\_komisije\\_o\\_utvrđivanju\\_podobnosti\\_objekta\\_za\\_upotrebu\\_osmatranju\\_tla\\_i\\_objekta.pdf](http://www.paragraf.rs/propisi_download/pravilnik_o_sadrzini_i_nacinu_vrsenja_tehnickog_pregleda_objekta_sastavu_komisije_sadrzini_predloga_komisije_o_utvrđivanju_podobnosti_objekta_za_upotrebu_osmatranju_tla_i_objekta.pdf)

**Useful links:**

- List of energy efficiency engineers: at the website of the Chamber of Engineers of the Republic of Serbia <http://www.ingkomora.org.rs/> i.e. the Central Registry of Energy Certificates <http://www.crep.gov.rs/RegistarInzenjera.aspx>
- Registry of organizations authorized to issue energy certificates (certificates on energy characteristics of buildings) at the website of the Central Registry of Energy Certificates, <http://www.crep.gov.rs/RegistarKompanija.aspx>
- Request for the issuance of the excerpt from the property register, explanation of procedures and necessary documents [http://www.euprava.gov.rs/eusluge/opis\\_usluge?generatedServiceId=1196&alphabet=lat](http://www.euprava.gov.rs/eusluge/opis_usluge?generatedServiceId=1196&alphabet=lat)
- Guide through the procedure of obtaining the construction permit
- Detailed explanation of procedures <http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Vodic-kroz-dozvole-za-izgradnju.pdf>
- Presentation of the procedure of obtaining the construction permit: <http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Sematski%20prikaz%20objedinjene%20procedure.pdf>
- The most frequently asked questions with the procedures and implementations of the construction law for buildings which do not require a permit: <http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/ODGOVORI%20OBJEKT%20ZA%20KOJE%20SE%20NE%20IZDAJE%20GRAD%20DOZ.pdf>
- Overview of available credit lines of commercial banks: <http://www.kombeg.org.rs/Slike/UdrFinansijskeOrganizacije/Krediti/KreditnaPodrska/EnergetskaEfikasnost/IZVORI%20FINANSIRANJA%20EE%20-%202014.pdf>

