



Немачка
сарадња

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

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



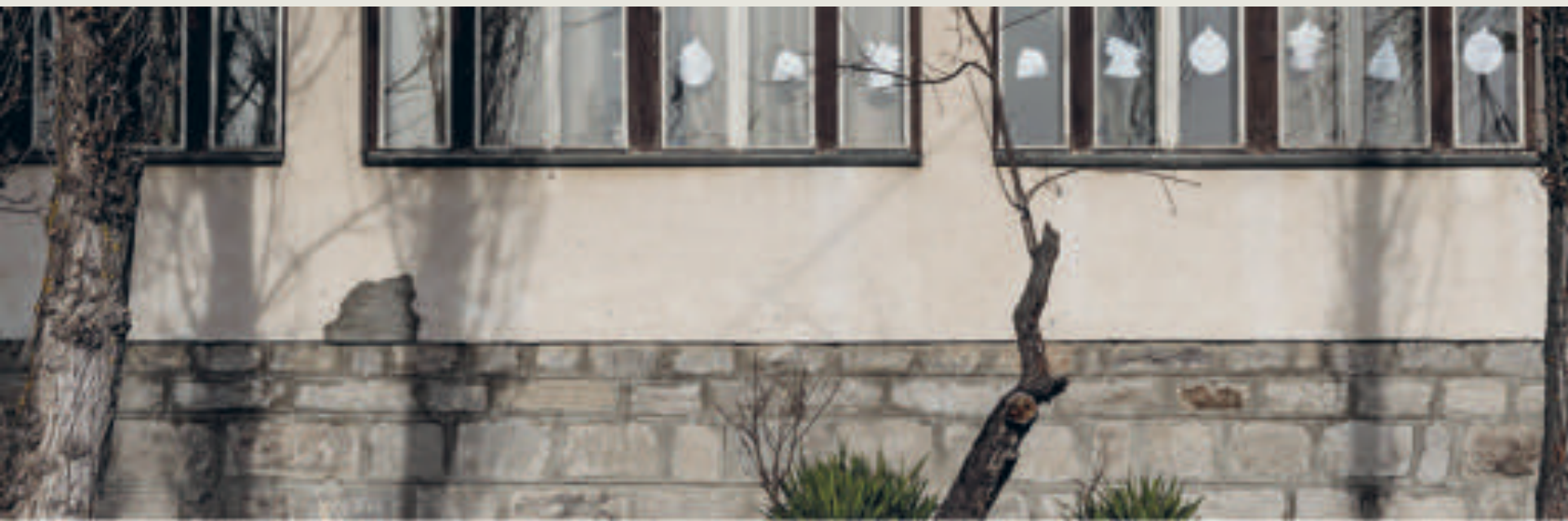
Република Србија
Министарство рударства
и енергетике

Зграде школских и предшколских установа –
методолошки оквир формирања типологије
и побољшања енергетске ефикасности

School and Kindergarten Buildings –
A methodological framework for the formation
of typology and the improvement
of energy efficiency

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић, Александар Рајчић, Љиљана Ђукановић,
Милош Недић, Бојана Станковић, Наташа Ђуковић Игњатовић, Бранислав Живковић,
Александра Сретеновић, Жељко Ђуришић, Димитрије Котур

Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović, Aleksandar Rajčić, Ljiljana Đukanović,
Miloš Nedić, Bojana Stanković, Nataša Ćuković Ignjatović, Branislav Živković,
Aleksandra Sretenović, Željko Đurišić, Dimitrije Kotur



Зграде школских и предшколских установа –
методолошки оквир формирања типологије
и побољшања енергетске ефикасности

School and Kindergarten Buildings –
A methodological framework for the formation
of typology and the improvement
of energy efficiency

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић, Александар Рајчић, Љиљана Ђукановић,
Милош Недић, Бојана Станковић, Наташа Ђуковић Игњатовић, Бранислав Живковић,
Александра Сретеновић, Жељко Ђуришић, Димитрије Котур

Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović, Aleksandar Rajčić, Ljiljana Đukanović,
Miloš Nedić, Bojana Stanković, Nataša Ćuković Ignjatović, Branislav Živković,
Aleksandra Sretenović, Željko Đurišić, Dimitrije Kotur

Импресум

Издавач

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

Пројекат српско-немачке развојне сарадње ‘Енергетска ефикасност у јавним зградама’
Теразије 23, 5. спрат
Београд, Република Србија

Аутор

Универзитет у Београду

Уредници

Проф. др Милица Јовановић Поповић
В. проф. др Душан Игњатовић

Рецензенти

Проф. др Бранка Димитријевић
Проф. др Тилман Клајн
Проф. др Ана Радивојевић
Др Мила Пуцар

Лектор за српски текст

Ивана Радовановић Вуја

Лектор за енглески текст

Тамара Николић

Дизајн

Алекса Бијеловић, Милица Максимовић

Тираж

180 примерака

Штампа

Цицеро, Београд

Октобар 2018.

Impressum

Published by the

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

Serbian-German Development Cooperation Project
‘Energy Efficiency in Public Buildings’
23 Terazije Street, 5th floor
Belgrade, Republic of Serbia

Author

University of Belgrade

Editors

Full Professor Milica Jovanović Popović
Associate Professor Dušan Ignjatović

Reviewers

Professor Branka Dimitrijević
Professor Tillmann Klein
Professor Ana Radivojević
Mila Pucar

Proofreading for Serbian text

Ivana Radovanović Vuja

Proofreading for English text

Tamara Nikolić

Design

Aleksa Bijelović, Milica Maksimović

Circulation

180 copies

Printed by

Cicero, Belgrade

October 2018

Ауторски тим

Милица Јовановић Поповић
Душан Игњатовић
Александар Рајчић
Љиљана Ђукановић
Милош Недић
Бојана Станковић
Наташа Ђуковић Игњатовић
Бранислав Живковић
Александра Сретеновић
Жељко Ђуришић
Димитрије Котур

Сарадници

Никола Мацут
Анђела Дубљевић
Невена Лукић
Владимир Бојовић

Фотографије репрезентата типова

Срђан Боснић

Authors

Milica Jovanović Popović
Dušan Ignjatović
Aleksandar Rajčić
Ljiljana Đukanović
Miloš Nedić
Bojana Stanković
Nataša Ćuković Ignjatović
Branislav Živković
Aleksandra Sretenović
Željko Đurišić
Dimitrije Kotur

Associates

Nikola Macut
Anđela Dubljević
Nevena Lukić
Vladimir Bojović

Photographs of building type representatives

Srđan Bosnić

Садржај

1. УВОД	6
1.1 Класификација зграда јавне намене у домаћој регулативи	11
2. РАЗВОЈ ИЗГРАДЊЕ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА И УСТАНОВА ДЕЧИЈЕ ЗАШТИТЕ	16
2.1 Школске зграде	16
2.1.1 Историјски развој школског система	18
2.1.2 Законска регулатива Србије	20
2.2 Дечије установе (установе дечије заштите)/ Обданишта	24
2.2.1 Историјски развој установа дечије заштите	24
2.2.2 Законска регулатива Србије	25
3. РЕГУЛАТИВА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА И ЗГРАДА ДЕЧИЈИХ УСТАНОВА	28
3.1 Хармонизација националних прописа са актуелним прописима Европске уније	33
3.2 Искуства европских земаља и Србије	35
3.2.1 Србија	37
3.2.2 Хрватска	38
3.2.3. Велика Британија	39

Contents

1. INTRODUCTION	6
1.1 Classification of buildings for public use in domestic regulations	11
2. DEVELOPMENT OF BUILDINGS USED BY SCHOOLS AND CHILDCARE INSTITUTIONS	16
2.1 School buildings	16
2.1.1 Historical development of the school system	18
2.1.2 Serbian legislation	20
2.2 Childcare institutions / Kindergartens	24
2.2.1 Historical development of childcare institutions	24
2.2.2 Serbian legislation	25
3. REGULATIONS CONCERNING ENERGY EFFICIENCY OF SCHOOL AND KINDERGARTEN BUILDINGS	28
3.1 Harmonization of national regulations with the current EU regulations	33
3.2 European and Serbian experiences	35
3.2.1 Serbia	37
3.2.2 Croatia	38
3.2.3. Great Britain	39

3.3 Могућности унапређења ефикасности елек- троенергетских система у школским и предш- колским установама	41	3.3 Possibilities for improving the efficiency of electric power systems in school and kindergarten buildings	41
4. МЕТОДОЛОГИЈА ФОРМИРАЊА ТИПОЛОГИЈЕ	43	4. THE METHODOLOGICAL APPROACH TO TYPOLOGY FORMATION	43
4.1 Карактеристике пописа	44	4.1 Characteristics of the survey	44
4.2 Упитник	46	4.2 The questionnaire	46
4.3 База података	51	4.3 The database	51
4.4 Одабир типичних зграда	53	4.4 The selection of building types	53
4.5 Прорачун енергетских перформанси и дефинисање методологије унапређења	59	4.5 Energy performance calculations and the definition of improvement methodology	59
5. ЛИЧНЕ КАРТЕ ТИПОЛОШКИХ ПРЕДСТАВНИКА ШКОЛСКИХ ЗГРАДА	69	5. FACT SHEETS: TYPE REPRESENTATIVES FOR SCHOOL BUILDINGS	69
6. ЛИЧНЕ КАРТЕ ТИПОЛОШКИХ ПРЕДСТАВНИКА ЗГРАДА ПРЕДШКОЛСКИХ УСТАНОВА	76	6. FACT SHEETS: TYPE REPRESENTATIVES FOR KINDERGARTEN BUILDINGS	76
7. ЗГРАДЕ ШКОЛА И ПРЕДШКОЛСКИХ УСТАНОВА: МОГУЋНОСТИ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ И СМАЊЕЊА ЕМИСИЈЕ УГЉЕН-ДИОКСИДА	81	7. SCHOOL AND KINDERGARTEN BUILDINGS: THE POTENTIAL TO INCREASE ENERGY PERFORMANCE AND REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS	81
7.1 Потребна енергија	83	7.1 Energy demand	83
7.2 Испоручена (финална) енергија	87	7.2 Delivered (final) energy	87
7.3 Примарна енергија	89	7.3 Primary energy	89
7.4 Емисија угљен-диоксида	92	7.4 Carbon dioxide emissions	92
Литература и извори	94	References and Bibliography	94

1. УВОД

Нестамбене зграде чине око 25% укупног фонда изграђених зграда у Европској унији¹. Овај значајан део грађевинског фонда се, за разлику од сегмента стамбених зграда чија је структура релативно хомогена, одликује изузетно великом типолошком, енергетском и материјалном разноликошћу. Различите по старости, величини, површини, примењеним конструктивним и материјалним решењима, уз честу примену сложених технолошких и инсталационих система, нестамбене зграде представљају комплексан сегмент грађевинског фонда који захтева посебан приступ у проучавању и третману.

¹ према подацима Европског института за перформансе зграда (BPIE Building Performance Institute Europe). Извор: Atanasiu B., Despret C., Economidou M., Maio J., Nolte I., Rapf O. (2011) Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

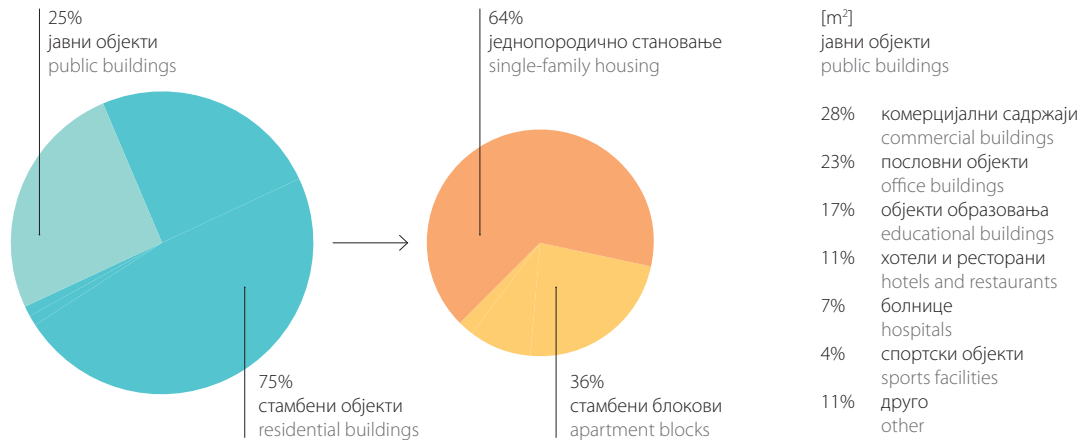
1. INTRODUCTION

Non-residential buildings account for approximately 25% of the total building stock in the European Union.¹ Unlike the residential segment, whose structure is relatively homogeneous, this significant segment of the building stock is characterized by exceptionally high diversity in terms of typology, energy-efficiency and material realization. Owing to the variations in age, size, floor area, and the applied construction and material solutions that frequently involve using complex technological and installation systems, non-residential buildings represent a very complex segment of the building stock and require a special approach to their study and treatment.

¹According to the data from the Buildings Performance Institute Europe (BPIE). Source: Atanasiu B., Despret C., Economidou M., Maio J., Nolte I., Rapf O. (2011) Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

Зградарство, према истом извору, јесте један од највећих потрошача укупне енергије. У просеку, у овом сектору се користи готово 40% укупне произведене енергије, од чега 25% припада сектору нестамбених зграда. Истовремено, нестамбене зграде су у поређењу са стамбеним, индивидуално посматрано, знатни потрошачи енергије. Подаци указују да се у нестамбеном сектору, рачунајући све потребе, у просеку троши око 280 kWh/m² финалне енергије, што је 40% више него што је просечна потрошња стамбених зграда. На основу изнетих података закључујемо да нестамбене, (јавне) зграде представљају енергетски веома неефикасан сегмент грађевинског фонда те се њиховом обновом могу уштедети знатне количине енергије, смањити зависности од, најчешће увозних, енергената и редуковати емисија штетних гасова.

Графикон 1. Однос потрошње енергије у јавном и стамбеном сектору²



The building sector, according to the same source, is among the largest total final energy consumers in the society. On average, this sector is responsible for almost 40% of final energy consumption, 25% of which is used by non-residential buildings. Considered individually, non-residential buildings are also significant energy consumers compared to residential buildings. The non-residential sector is shown to consume an average of 280 kWh/m² of final energy, covering all demand, which is 40% more than the average used by residential buildings. The given data suggest that energy efficiency of non-residential (public) buildings is the lowest of the total building stock, and that their renovation can lead not only to significant energy savings, but also to wider benefits in terms of reducing both the dependence on, mostly imported, energy sources, and greenhouse gas emissions.

Figure 1. Comparison of energy consumption between public and residential building sector²

Зарад јаснијег разумевања структуре укупног грађевинског фонда, неопходно је дефинисати шта се подразумева под јавним (нестамбеним) објектима што је приказано у Табели 1.








In order to obtain a better understanding of the structure of the total building stock, it is necessary to define public (non-residential) buildings (Table 1).

² прилагођено према Atanasiu et al. (стр.30)

² Adapted from Atanasiu et al. (p.30)

Табела 1. Типови јавних (нестамбених) зграда и њихово учешће у потрошњи енергије нестамбеног сектора³

Table 1. Public (non-residential) building types and their share in energy consumption³

	трговина на мало и велико 28% Wholesale and retail buildings 28%	појединачне радње, трговачки центри, робне куће, продавнице, пекаре, продавнице и перионице аутомобила, фризери, сајамске и конгресне зграде Detached shops, shopping centers, department stores, retail, bakeries, car sale and maintenance, hair salons, trade fair and congress buildings
	пословне зграде 23% Office buildings 23%	пословне зграде, у приватном и државном власништву, општинске зграде, остале административне зграде, зграде пошта Private or state-owned office buildings, municipality buildings, other administrative buildings, post offices
	зграде образовних институција 17% Educational buildings 17%	основне, средње, више школе, факултети, истраживачке институције и лабораторије Primary, secondary and higher schools, university colleges, research institutions and laboratories
	хотели и ресторани 11% Hotels and restaurants 11%	хотели, ресторани, кафане, кафеи, кантине, кафеи у оквиру пословања Hotels, restaurants, taverns, cafes, canteens, office cafeterias
	болнице 7% Hospitals 7%	државне и приватне болнице, домови здравља, домови за хендикепиране особе Public and private hospitals, primary healthcare centers, care centers for people with disabilities
	спортски објекти 4% Sports facilities 4%	спортске хале, базени, теретане Sports halls, swimming pools, gymnasiums
	остало 11% Other 11%	складишта, гараже и објекти везани за транспорт, пољопривредни објекти, баштенски објекти Warehouses, garages, transportation facilities, agricultural buildings, garden buildings

³ прилагођена табела према Atanasiu et al., стр. 33, уз илустрације из домаће праксе

³ Table adapted from Atanasiu et al., p.33, with illustrations from local practice

Значај перформанси јавних зграда је веома велики и стога институт BPIE у свом проучавању овог сегмента грађевинског фонда сумарно наводи и разлоге неопходног приступања организованом истраживању јавних зграда уопште, зарад формирања јединствене класификације и типологије. Типологија би, даље, послужила као основ за даља истраживања енергетских карактеристика овог сегмента грађевинског фонда, првенствено кроз побољшање енергетске ефикасности, потом испитивање могућих начина финансирања предвиђених интервенција, формирање потребне политичке основе, али и неопходне едукације свих учесника у процесу.

Дакле, развој типологије јавних зграда представља полазиште будућег рада у овој области, али никако довољно већ само један од чинилаца којем се мора посветити посебна пажња зарад дефинисања свеобухватног приступа третману грађевинског фонда. Енергетска ефикасност се, тако, може сматрати зајамцем укупних активности, а које обухватају различите фазе:

- **Прикупљање података:** потребно је ускладити националне системе прикупљања података везаних за енергетску ефикасност зграда и обезбедити њихову доступност. То би значило да је неопходно увести обавезну израду сертификата о енергетским перформансама зграда (енергетских пасоша) за све јавне објекте, као и унос података у одговарајућу базу. Потом је потребно повезати различите системе извештавања, што би омогућило креирање одговарајуће базе релевантних података. Овде се првенствено мисли на базу која настаје као резултат енергетског менаџмента, то јест ЕМИС (EMIS-Energy management information system) базу коју је креирао УНДП (UNDP).
- **Пут обнове:** потребно је кроз регулативу установити мере обнове грађевинског фонда зграда и установити путеве и дугорочне стратегије за њихову реализацију кроз дефинисање краткорочних и дугорочних циљева, као и начине мониторинга и извештавања о постигнутих резултатима. Неопходно је разрадити планове за обимну обнову зграда који укључују и регулаторне и финансијске

Considering the great significance of the performance of public buildings, the BPIE survey summarizes the reasons for the necessity of conducting organized research into this segment of the building stock with the aim of creating a uniform classification and typology. The typology would then become the foundation for further research into the energy characteristics of this segment of the building stock, primarily focusing on the potential improvements in its energy efficiency, examining the modes of financing the proposed interventions, creating a sound basis for policy-making, and providing education and training to all the stakeholders.

In other words, the development of the typology of public buildings is the starting point for future work in this field, which can be considered not the only but one of the factors that must be given special attention when defining a comprehensive approach to the treatment of the building stock. Thus, energy efficiency can be seen as an impetus to the overall activities, which can be broken down into the following stages:

- **Data collection:** harmonize national data collection systems related to the energy efficiency of buildings and ensure adequate data availability. This would mean the introduction of binding energy performance certification (energy passports) for all public buildings and their entry into a corresponding database. The next step would be to connect various reporting systems to facilitate the creation of a relevant database. This primarily refers to the Energy Management Information System (EMIS) set up by the UNDP.
- **Renovation roadmap:** establish legislative measures for the renovation of the building stock, and the roadmap of long-term strategies for defining interim and long-term targets as well as monitoring and reporting plans. It is necessary to detail deep renovation plans comprising regulatory, financial, training, and information aspects. The national targets should be based on the national financial and technical potential, and the renovation roadmaps should move from voluntary to binding measures.
- **Financing:** establish a special deep renovation fund (via an investment bank) designed for different building types, offering diverse and flexible solutions to

аспекте, обуку и информисање. Национални циљеви треба да се базирају на националним финансијским и техничким потенцијалима, а план обнове развија од обнове на добровољној основи као обавезујућим мерама.

- **Финансирање:** оснивање посебног фонда за обимну обнову (везаног за неку развојну банку) за различите типове зграда, како би се понудила разноврсна и флексибилна решења за све инвеститоре, са минималним захтевима код увођења мера које се сматрају трошковно оптималним. Развој нових финансијских инструмената могао би да иницира веће улагање приватног сектора кроз обезбеђење препорука, промоцију примера добре праксе и стимулисање сарадње на свим нивоима.
- **Државна политика:** елиминисати све тржишне препреке у процедурама обимне обнове грађевинског фонда зграда и развити регулаторне, финансијске, образовне, промотивне пакете са јасним макроекономским предностима.
- **Праћење и подршка:** неопходно је формирање система праћења, оцене квалитета и резултата, као и подршке уведеним мерама за све пакете који подржавају обимну обнову.
- **ЕПЦ:** унапредити и оснажити издавање сертификата и вршење енергетских прегледа. На овај начин може се подстаћи тржиште некретнина и стимулисати изградња и обнова зграда.
- **Јавни сектор:** треба осигурати да јавни сектор има водећу улогу у обнови зграда (у складу са Директивом ЕУ и Обавезама према Енергетској заједници). На овај начин покренуто тржиште треба да резултује и смањењем цена за укључивање приватног сектора.
- **Обука и едукација:** унапредити вештине и знања у свим елементима везаним за процес обнове и изградње енергетски ефикасних зграда.
- **Промоција:** извршити свеобухватну промоцију циљева, механизма и примера добре праксе широјој публици, то јест институцијама које се баве газдовањем грађевинским фондом. Шири значај сектора јавних зграда је изузетан и

all investors, with minimum requirements for implementing measures at cost-optimal levels. The development of innovative financial instruments could initiate higher private investment by providing guidelines, promoting best practice, and stimulating cooperation at all levels.

- **State policy:** eliminate all market barriers and administrative bottlenecks for deep renovation of the building stock, and develop regulatory, financial, educational and promotional packages with clear macro-economic benefits.
- **Monitoring and enforcement:** establish proper systems for monitoring, quality control and enforcement of the introduced measures for all policy packages supporting deep renovation.
- **EPC:** improve and strengthen the energy performance certification and audit processes. This can spur the real-estate market and stimulate the construction and renovation of buildings.
- **Public sector:** ensure that the public sector takes a leading role in the renovation process (in accordance with the EU Directive and the Commitments to the Energy Community). Such stimulation to the market should result in cost reductions for the inclusion of the private sector.
- **Training and education:** improve skills and expertise in all elements relevant to the process of renovation and construction of energy-efficient buildings.
- **Promotion:** conduct a comprehensive promotion of the targets, mechanisms and examples of best practice to the public and the institutions involved in building stock management.
- The wider significance of the sector of public buildings has been recognized by the corresponding European directives defining them as buildings that are used or owned by the central government or that are frequently used by the public. According to the Directive,⁴ these buildings should set an example to the wider public in order to emphasize the

⁴ Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance

препознат према одговарајућим европским директивама које их дефинишу као зграде које се користе или су у власништву централне владе, а фреквентно их користи шира јавност. Према Директиви⁴, ове зграде би требало да буду пример широј јавности због наглашавања значаја питања енергије и третмана окружења и редовно подлежу поступку сертификације.

1.2 Класификација зграда јавне намене у домаћој регулативи

Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда⁵, све зграде су подељене у укупно 10 категорија, од којих су прве две стамбене док су остале нестамбене. Прецизније, у сектору нестамбених зграда разликујемо:

- управне и пословне зграде
- зграде намењене образовању и култури
- зграде намењене здравству и социјалној заштити
- зграде намењене туризму и угоститељству
- зграде намењене спорту и рекреацији
- зграде намењене трговини и услужним делатностима
- зграде мешовите намене
- зграде за друге намене које користе енергију

Ова подела зграда је готово у целости усклађена са класификацијом датом Директивом Европске уније из 2010⁶, уз разлику која се огледа у постојању зграда мешовите намене у нашем законодавству.

importance of the issues concerning energy and environmental treatment; they should therefore be regularly subject to certification.

1.2 Classification of buildings for public use in domestic regulations

According to the Rulebook on energy efficiency of buildings,⁵ all buildings were classified into 10 categories, the first two of which are residential buildings while the rest belong to the non-residential sector. More precisely, the sector of non-residential buildings distinguishes the following categories:

- administrative and office buildings;
- educational and cultural buildings;
- health and social care buildings;
- tourism and hospitality buildings;
- sports and recreation buildings;
- trade and services buildings;
- mixed-use buildings;
- buildings for other uses that consume energy.

This classification of buildings is almost entirely in line with the one presented in the EU Directive 2010,⁶ the only difference being the inclusion of mixed-use buildings in our legislation.

⁴ Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance

⁵ *Правилник зграда о енергетској ефикасности, Службени гласник Републике Србије* бр. 61/2011

⁶ DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)

⁵ Rulebook on energy efficiency of buildings. RS Official Gazette No. 61/2011

⁶ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)

Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда⁷ у члану 14, зграде јавне намене се, детаљније, дефинишу као нестамбене зграде које користе органи државне управе, органи аутономних покрајина, органи локалне самоуправе, институције и установе које пружају јавне услуге и зграде других јавних намена, пословне зграде за обављање административних послова правних и физичких лица:

1. зграде органа државне управе, аутономних покрајина, јединица локалне самоуправе;
2. зграде правних лица с јавним овлашћењима;
3. зграде судова, казнено-поправних установа, зграде које користи министарство надлежно за послове одбране;
4. зграде међународних институција, комора, привредних асоцијација;
5. зграде банака, штедионица и других финансијских организација;
6. зграде трговина, ресторана, хотела;
7. зграде путничких агенција, марина, других услужних и туристичких делатности,
8. зграде железничког, путног и ваздушног саобраћаја, зграде пошта, телекомуникационих центара;
9. зграде универзитета и зграде школа, вртића, јаслица, студентских и ђачких домова, зграде домова за старије особе;
10. зграде спортских друштава и организација, зграде спорта и рекреације;
11. зграде културних намена – биоскопи, позоришта, музеји, галерије, концертне дворане;
12. зграде намењене здравствено-социјалној заштити, као и зграде намењене рехабилитацији.

Може се видети да су поједине категорије детаљније сагледане, али да се суштински не мења основна подела зграда.

⁷ Правилник о и начину условима, садржини издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Сл. гласник РС, бр. 69/2012

In Article 14 of the Rulebook on conditions, content and manner of issuing energy performance certificates,⁷ buildings for public use are defined in more detail as non-residential buildings used by bodies of state administration, autonomous provinces, and local self-government; institutions providing public services; buildings for other public purposes; and, office buildings for administrative activities of legal and private entities:

- buildings used by bodies of state administration, autonomous provinces, and local self-government units;
- buildings used by legal entities holding public authorization;
- buildings used by courts, correctional institutions, buildings used by the ministry in charge of defense affairs;
- buildings used by international institutions, chambers, economic associations;
- buildings used by commercial and savings banks and other financial organizations;
- buildings used by wholesale and retail trade, restaurants, hotels;
- buildings used by travel agencies, marinas, other service and tourist activities;
- rail, road and air traffic buildings, post offices, telecommunication centers;
- buildings used by universities and similar institutions, schools, kindergartens, nurseries, student dormitories, nursing homes;
- buildings used by sports clubs and organizations, sports and recreation buildings;
- cultural buildings: cinemas, theaters, museums, galleries, concert halls;
- buildings used for health and social care, as well as rehabilitation.

It can be seen that some categories have been considered in more detail, without any substantial change to the original classification.

⁷ Rulebook on conditions, content and manner of issuing energy performance certificates. RS Official Gazette No. 69/2012

Истовремено, Правилником о класификацији објеката⁸ која је израђена за потребе дефинисања структуре и садржаја пројектне документације неопходне за спровођење обједињене процедуре⁹ урађена је детаљна класификација зграда. И код ове класификације првих неколико категорија (3) чине стамбене зграде са једним станом, два или више станова, зграде за становање заједница, док су нестамбене зграде подељене у следеће категорије:

- хотели и сличне зграде
- пословне зграде
- зграде за трговину на велико и мало
- зграде за саобраћај и комуникације
- индустријске зграде и складишта
- зграде за културно-уметничку делатност и забаву, образовање, болнице и остале зграде за здравствену заштиту
- остале нестамбене зграде

Категорија „Зграде за културно-уметничку делатност и забаву, образовање, болнице и остале зграде за здравствену заштиту” обухватају:

- зграде за културно-уметничку делатност и забаву
- музеје и библиотеке
- школске зграде и зграде за научноистраживачке делатности
- болнице и остале зграде за здравствену заштиту.

Све дате класификације препознају као једну од најчешћих категорија – зграде намењене школству. Насупрот томе, зграде намењене за дечије установе нису издвојене у посебну групу, већ се налазе у групацији зграда намењеној здравству и социјалној заштити. Изузетак представља класификација у оквиру Правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, где се у оквиру категорије школских зграда налазе Зграде дечјих вртића, то јест зграде у којима се обавља предшколско образовање (јаслице, вртићи).

⁸ *Правилник о класификацији објеката, Службени гласник Републике Србије бр. 22/2015*

⁹ *Правилник о поступку спровођења обједињене процедуре електронским путем, Сл. гласник РС, бр. 113/2015, 96/2016 и 120/2017*

At the same time, the Rulebook on classification of buildings,⁸ whose purpose was to facilitate the definition of the structure and content of the design documentation required for the implementation of the unified procedure,⁹ produced a detailed categorization. The first three categories of this classification are also listed as residential buildings, containing one housing unit, two or more units, and multi-family housing, while non-residential buildings are divided into the following categories:

- Hotels and similar buildings;
- Office buildings;
- Wholesale and retail trade buildings;
- Traffic and communication buildings;
- Industrial buildings and warehouses;
- Buildings used for cultural and artistic activities and entertainment, education, hospitals and other buildings used for health care;
- Other non-residential buildings.

The category of “Buildings used for cultural and artistic activities and entertainment, education, hospitals and other buildings used for health care” includes:

- Buildings used for cultural and artistic activities and entertainment;
- Museums and libraries;
- School buildings and buildings used for scientific research;
- Hospitals and other buildings used for health care;

All the classifications given above usually list a category of buildings used for education. By contrast, buildings intended for the institutions of childcare are not listed in a separate group but are included in a category of buildings used for health and social care. The exception is the classification given in the Rulebook on conditions, content and manner of issuing energy performance certificates, in which the category of school buildings lists kindergartens, i.e. buildings of preschool education (nurseries, kindergartens).

⁸ Rulebook on classification of buildings. RS Official Gazette No. 22/2015

⁹ Rulebook on the procedure of implementing the unified procedure electronically. RS Official Gazette No. 113/2015, 96/2016 and 120/2017

Прегледом важећих класификација зграда доступних у оквиру подзаконских аката, као и на основу европских директива, јавним зградама се могу сматрати оне које су доступне већем броју људи. Дакле, зграде намењене образовању, а то су школе и установе дечије заштите, припадају јавним зградама и предмет су нашег даљег истраживања.

Постојеће класификације не пружају готово никакве информације потребне за формирање типологије школских зграда, то јест зграда које користе установе дечије заштите, и сагледавање квалитета овог дела грађевинског фонда по карактеристикама које утичу на његову енергетску ефикасност. Како би се утврдиле реалне енергетске карактеристике зграда, испитали модалитети њихове обнове (смањење потрошње енергије, то јест емисије угљен-диоксида) уз истовремено подизање нивоа комфора корисника, неопходно је формирати одговарајућу методологију анализе као предуслов стварања типологије ове врсте зграда. У основ за развој методологије уграђено је искуство истраживачког тима који је радио и на истраживању и стварању Националне типологије стамбених зграда¹⁰.

Услед програмских различитости које постоје између ова два сегмента зграда намењених образовању и социјалној заштити деце / дечијим установама, а истог методолошког приступа у прикупљању података и њиховој обради, анализи као и прорачунима, читава студија, као и типолошка класификација, подељена је на три дела:

- Књига 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности* обухвата анализу прописа који се односе на ове типове зграда, објашњава методолошки приступ и презентује дефинисане типолошке матрице. Такође, у овом делу студије, презентовани су резултати прорачуна унапређења енергетских

The review of the currently valid classifications of buildings given in by-laws and based on European directives suggests that public buildings can be regarded as buildings that are accessible to a large number of people. Consequently, buildings used for education, which are the subject of the present research focused on schools and childcare institutions, belong to the category of public buildings.

Regarding the formation of the typology of school buildings and buildings used by childcare institutions, which would aim to assess the quality of this segment of the building stock through the characteristics affecting their energy efficiency, the existing classifications provided hardly any relevant information. A realistic assessment of the energy performance of buildings and their renovation potential to reduce energy consumption or CO₂ emissions while raising the level of user comfort required an adequate analysis methodology upon which to form the typology of this building category. Such methodology was developed using the experience of the research team that had worked on the research and formation of the National typology of residential buildings.¹⁰ Owing to both the programmatic distinctions between the two segments of buildings used for education and social childcare, and the similarities in the methodological approach to data collection and analysis as well as further calculations, the entire study and the typological classification was divided in three parts:

- Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement in energy efficiency* includes the analysis of regulations relating to these types of buildings, explains the methodological approach and presents the defined typological matrices. Besides, it provides the results of the calculations for the improvements in energy performance of buildings and for the possible energy savings as well as the reductions in carbon dioxide emissions that can be applied to the territory of the Republic of Serbia

¹⁰Јовановић Поповић М, Игњатовић Д. (ур), (2013). *Национална типологија стамбених зграда Србије/ National Typology of Residential Buildings in Serbia*, Београд, Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)

¹⁰ Jovanović Popović M., Ignjatović D. (Ed.), (2013). *Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije/National Typology of Residential Buildings in Serbia*, Belgrade: University of Belgrade Faculty of Architecture and GIZ (bilingual edition)

карактеристика зграда и израчунате могуће уштеде у енергији, као и смањење емисије угљен-диоксида које се на тај начин постиже за територију Републике Србије (у студији није обухваћена територија Косова и Метохије).

- Књига 2 *Типологија школских зграда* која је посвећена школским зградама, даје принципе и ограничења при формирању типолошке матрице школа, дефинисану матрицу, као и прорачуне енергетских карактеристика за одабране типолошке репрезенте. Прорачуни енергетских перформанси су извршени у складу са важећом регулативом, уз дефинисање препорука за побољшање енергетске ефикасности зграда. У овом случају су, за разлику од Националне типологије стамбених зграда, унапређења предвиђена кроз три могућа нивоа применом одговарајућих пакета мера. Имајући у виду применљивост методологије, узета су у обзир техничко-технолошка решења прилагођена карактеристикама зграда и могућностима тржишта, то јест економским параметрима. За све нивое унапређења израчунат је потенцијал редукције потребне енергије за грејање, то јест смањења емисије угљен-диоксида, како за појединачне типове тако и за целокупан сегмент грађевинског фонда на нивоу Републике Србије.
- Књига 3 *Типологија зграда предшколских установа* је посвећена зградама које користе установе дечије заштите и има исту структуру и садржај као и Књига 2.

(the study does not include the territory of Kosovo and Metohija).

- Book 2 *Typology of School Buildings* presents the defined matrix following the insight into the principles and limitations of its formation, and provides the calculations for energy performance for selected typological representatives. The calculations were carried out in accordance with the current regulations, and were followed by recommendations for improving the energy efficiency of buildings. In comparison with the National Typology of Residential Buildings, there are three proposed scenarios for improvement by the application of the appropriate package of measures. Taking into account the applicability of the methodology, the proposed technical and technological solutions were adjusted to the characteristics of buildings and the market potential, i.e. economic parameters. The potential for reducing the required heating energy and CO₂ emissions was calculated for all levels of improvement, both for the individual building types and for the entire segment of the building stock in the Republic of Serbia.
- Book 3 *Typology of Kindergarten Buildings* considers the buildings used by childcare institutions and has the same structure as Book 2.

2. РАЗВОЈ ИЗГРАДЊЕ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА И УСТАНОВА ДЕЧИЈЕ ЗАШТИТЕ

2.1 Школске зграде

Анализирајући образовни процес са статистичког аспекта, можемо рећи да се под појмом школа подразумева образовно-васпитна установа или друга јединица која обавља образовно-васпитну делатност остваривањем наставног плана и програма, без обзира на то да ли је реч о самосталној школи или подручном одељењу основне школе. Основно образовање траје осам година. Основне школе могу бити организоване као четвороразредне, петоразредне, шесторазредне (непотпуне) и осморазредне (потпуне) основне школе (Методолошко објашњење Републичког завода за статистику)¹¹

Основна подела нивоа образовања коју можемо усвојити се односи на: предшколски, школски, средњошколски и високошколски ниво, од којих сваки поседује изразите специфичности, како са аспекта организације образовног процеса тако и са аспекта просторно-материјалних потреба.

Образовни процес укључује готово 18% популације. Према подацима за школску 2013/2014. годину, у образовни процес је било укључено 1 285 054 лица¹². Од тог броја, у предшколском образовању учествовало је 14,7%, у основном 45,6%, средњем 20,8%, а у високом 18,9% популације. За школску 2017/2018. годину (са прегледом трендова од 1970. године) подаци су приказани у Табели 2.

2. DEVELOPMENT OF BUILDINGS USED BY SCHOOLS AND CHILDCARE INSTITUTIONS

2.1 School buildings

If the educational process is examined from a statistical viewpoint, the term “school” denotes an educational institution or other such unit that performs educational activity through the implementation of a curriculum, regardless of whether it is an independent school or a district department of a primary school. Primary education lasts eight years. Primary schools can be organized as four-grade, five-grade, six-grade (incomplete) and eight-grade (complete) primary schools (the methodological explanation of the Statistical Office of the Republic of Serbia).¹¹

The basic division into levels includes preschool, primary, secondary, and tertiary education, each of which is determinately distinct from the others in the organization of the educational process as well as in the spatial and material requirements.

In some form, the educational process involves nearly 18% of the population. According to the school year 2013/14 data, 1,285,054 persons were included in the educational process.¹² Out of that number, 14.7% were in preschool, 45.6% in primary, 20.8% in secondary, and 18.9% in tertiary education. The data for the school year 2017/18 (with a review of trends since 1970) are shown in Table 2.

¹¹ Република Србија Републички завод за статистику, методолошка објашњења: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/MethodologyHelp.aspx?IndicatorID=110201IND01&sAreas=false>

¹² Република Србија Републички завод за статистику, статистички годишњак, <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2014/pdfE/G20142013.pdf>

¹¹ Retrieved from the Statistical Office of the Republic of Serbia, methodological explanations: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/MethodologyHelp.aspx?IndicatorID=110201IND01&sAreas=false>

¹² Retrieved from the Statistical Office of the Republic of Serbia, Statistical Yearbook, <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2014/pdfE/G20142013.pdf>

Табела 2. Образовни процес у Републици Србији за период 1970–2015, нумерички показатељи за све нивое образовања¹³Table 2. Educational process in the Republic of Serbia for the period 1970-2015, numerical indicators for all levels of education¹³

Година Year	Наставно особље Teaching staff			Ученици/студенти Pupils/students	
	Одељена Classes	Укупно Total	С пуним радним временом Full-time	Укупно Total	Који су завршили школовање Graduated
1970.	49 286	92 075	67 049	1 530 906	200 333
1980.	56 081	121 940	81 454	1 733 362	256 439
1990.	58 959	96 314	90 134	1 710 178	254 923
2000.	43 573	81 325	67 059	1 262 934	194 194
2003.	43 614	83 912	68 050	1 199 234	193 034
2004.	43 639	85 556	68 333	1 183 816	187 243
2005.	43 606	87 333	69 341	1 198 028	189 886
2006.	43 055	88 643	69 112	1 177 225	186 108
2007.	42 634	89 372	69 014	1 153 782	189 678
2008.	42 570	94 196	71 143	1 158 774	198 310
2009.	42 366	95 611	71 084	1 118 133	197 738
2010.	40 849	97 857	64 974	1 107 215	203 752
2011.	39 250	98 184	64 941	1 097 780	198 396
2012.	37 636	100 137	64 951	1 101 172	199 120
2013.	37 012	99 556	63 790	1 095 750	194 579
2014.	37 016	100 339	63 477	1 082 433	190 817
2015.	36 932	101 063	63 402	1 077 044	193 128
Основно образовање Primary education	26.004	54 770	32 361	566 296	68 888
Средње образовање Secondary education	10 928	30 634	17 163	259 586	73 914
Високо образовање Tertiary education	-	15 659	13 878	251 162	50 326

¹³ извор Републички завод за статистику: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/80/91/StatistickiKalendarRS2018.pdf>

¹³ Retrieved from the Statistical Office of the Republic of Serbia: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/80/91/StatistickiKalendarRS2018.pdf>

2.1.1 Историјски развој школског система

Почеци институционалног процеса образовања у Србији датирају из 11. и 12. века, када су при католичким манастирима у Тителу и Бачу, у данашњој Војводини, осниване прве школе. образовање се одвијало и у манастирима Српске православне цркве: Сопоћанима, Пећкој патријаршији и Студеници. После пада српске средњовековне државе, у јужним крајевима је процес образовања готово у потпуности обустављен. После Велике сеобе у Аустрију из 1690. године, Срби су се нашли под великим притиском Католичке цркве и без икаквих права на школовање на матерњем језику. Тек 1727. године добија се дозвола да се могу оснивати школе, али није било образованих и обучених људи који би спроводили образовање те је затражена помоћ од Русије из које долазе учитељи Максим Суворов и касније Петар Суворов (1721). Прва Славјанска школа образовала је полазнике на рускословенском језику. Касније, професор Емануел Козачински (1733) оснива Славенско-латинску школу (Collegium slaveno-latino carloviense), прву потпуну гимназије код Срба. Аврам Мразовић је 1. маја 1778. године, у Сомбору, основао српску основну школу „Норма“, најстарију установу за образовање учитеља за словенско становништво на југу Европе. Карловачки митрополит Стеван Стратимировић је после вишегодишњих напора успео да добије одобрење од Илирске дворске канцеларије за оснивање Српске гимназије 11. октобра 1791, што се сматра датумом оснивања гимназије у Сремским Карловцима¹⁴. Успостављени систем образовања се убрзано развија те се током 19. века мрежа школа шири и усложњава на целој територији Србије.

Први закон о регулисању школства, Устројење основних школа, објављен је 1844.¹⁵ године, потом следе

2.1.1 Historical development of the school system

The beginnings of institutional education in Serbia date back to the 11th and 12th centuries, when the first schools were established in the Catholic monasteries in Titel and Bač in Vojvodina. Education was also provided in the monasteries of the Serbian Orthodox Church: Sopoćani, the Patriarchate of Peć, and Studenica. After the fall of the Serbian medieval state, the education process was almost completely suspended in the southern parts of the region. After their great migration to Austria in 1690, the Serbs came under great pressure from the Catholic Church and had no right to study in their mother tongue. It was only in 1727 that they were permitted to establish schools. At the time, scarcity of teaching staff prompted a request for help from Russia, which sent Maxim and then Peter Suvorov as teachers (1721). The students of the first Slavic school were taught in the Church Slavonic language. Later, Emanuel Kozachinski (1733) founded the Slavic-Latin school (Collegium slaveno-latino carloviense), the first full grammar school among the Serbs. In Sombor on May 1, 1778, Avram Marković founded “Norma”, a Serbian primary school and the oldest institution for the education of teachers for the Slavic population in Southern Europe. After years of struggle, Stevan Stratimirović, the Karlovci Metropolitan, managed to obtain approval from the Illyrian Imperial Chancery for the establishment of the Serbian Gymnasium (Grammar School) on October 11, 1791, which is considered as the founding date for the Sremski Karlovci Grammar School.¹⁴ During the 19th century, these first steps in establishing the education system were followed by the expansion and greater complexity of the school network throughout the territory of Serbia.

The first law that regulated primary education was enacted in 1844,¹⁵ and was followed by the regulations

¹⁴ Историјат Карловачке гимназије (<https://sites.google.com/site/karlgimn1/o-skoli/istorijat-skole>)

¹⁵ Устројење јавне училишне наставе, Кнежевина Србија, 1844.

¹⁴ The history of Karlovci Grammar School (<https://sites.google.com/site/karlgimn1/o-skoli/istorijat-skole>) [in Serbian]

¹⁵ Principality of Serbia, “The organization of public school education”, 1844 [in Serbian]

прописи из 1863.¹⁶, 1868.¹⁷ да би године 1881. био објављен и Правила о грађењу школа и о намештају школском¹⁸, документ којим се уређују правила грађења.

Овим правилима су јасно дефинисани положај и структура школске зграде, облик, величина, положај и оријентација учионице, али и одређени материјали и елементи од којих се зграда гради, чиме је први пут у историји српског школства, на посредан начин, одређен квалитет комфора, али и термичке карактеристике зграде.

Правилником је утврђено да:

- зграда мора бити на здравом терену, удаљена од улице најмање 7 m са предбаштом
- зграда мора бити зидана од чврстог материјала са подеоним зидом између учионица дебљине макар једне опеке ради звучне изолације
- учионице треба да имају јужну оријентацију (код већих зграда је дозвољен правац и југоисток, југозапад)
- димензије учионице се ограничавају на дужину 10 m и ширину 7 m (пожељан однос 3:5), висину најмање 3,5 m, али се условљава да на сваког ученика долази мин 1,5 m², то јест број ученика се ограничава на 45.
- прозори поседују најмање површину која одговара 1/4 површине пода код засенчених локација, односно 1/6 код слободностојећих зграда, правилног су облика и постављају се на висину школске клупе, тако да светлост долази са леве стране, двоструки су, четвороделни; мањи горњи прозори се отварају око доње хоризонталне осовине како би се обезбедила добра вентилација свежим ваздухом који се усмерава ка плафону.

of 1863,¹⁶ and 1868.¹⁷ In 1881, the Rules on building schools and on school furniture were adopted.¹⁸

The Rules clearly defined the position and the structure of the school building, its form, size, and the orientation of the classroom. It also stipulated the particular building materials and elements, which was the first time in the history of Serbian education that, although indirectly, the standards of comfort and thermal characteristics of the building were introduced.

Namely, the Rules stipulated that:

- The building must be on a healthy terrain, with 7 m minimal distance from the street and with a front garden;
- It must be built of solid material, with a partition wall between classrooms of at least 1 brick thickness for sound insulation;
- The classrooms must have southern orientation (southeast and southwest are also allowed for larger buildings);
- The dimensions of the classroom are limited to: 10 m in length and 7 m in width (preferred ratio 3:5), with a minimum requirement of 1.5 m² per student, thus limiting the number of students to 45;
- The minimum window area should correspond to 1/4 of the floor area for shaded locations, or minimum 1/6 for freestanding buildings. The windows must be of regular shape, and be placed at the height of the desk so that the light comes from the left. They are double-framed double sashes with smaller top sashes with a bottom pivot that allow for adequate ventilation toward the ceiling.

¹⁶ Закон устројства основних школа, Кнежевина Србија, Заступник Министра просвете и црквених дела Министар финансија К. Цукић, 1863.

¹⁷ Школе у Србији, М.Ђ.Милићевић, Државна Штампарија, 1868.

¹⁸ Правила о грађењу школа и намештају школском, Министарство просвете Кнежевине Србије 1881, Министар Ст. Новаковић

¹⁶ Law on the Organization of Primary Schools, Principality of Serbia, Deputy Minister of Education and Ecclesiastical Affairs Minister of Finance K. Cukić, 1863 [in Serbian]

¹⁷ Schools in Serbia, М. Ђ. Милићевић, Државна штампарија, 1868 [in Serbian]

¹⁸ Rules on building schools and on school furniture, Ministry of Education of the Principality of Serbia, 1881, Minister St. Novaković [in Serbian]

Током 20. века донет је већи број закона и правилника који су прецизно дефинисали структуру школа, као и њихове карактеристике.

2.1.2 Законска регулатива Србије

Законска регулатива која обрађује тематику школовања и школских зграда се може сврстати у више категорија:

1. закони
2. правилници (за пројектовање школских зграда)
3. правилници који регулишу енергетску ефикасност зграда (школске зграде морају задовољити све услове као и зграде друге намене, док се прописани ниво енергетске ефикасности исказује на посебном формулару намењеном зградама за образовање и културу)

Законским актима је, преваходно, дефинисан начин функционисања образовних институција, њихове структуре, нивоа и специфичности. Услед различитости и друштвеног значаја система образовања, посебни закони су посвећени основном и средњошколском васпитању и образовању¹⁹ односно високошколском образовању²⁰.

Делатност образовања и васпитања се стога може раздвојити на:

1. предшколско васпитање и образовање – предшколска установа;
2. основно школско васпитање и образовање – основна школа, основна школа за образовање одраслих, основна музичка, односно балетска школа и основна школа за образовање ученика са сметњама у развоју;
3. средњошколско васпитање и образовање – средња школа, гимназија (општа и специјализована), стручна школа, мешовита школа (гимназија и

¹⁹ Закон о основама система образовања и васпитања, Сл. гласник РС, бр. 72/2009, 52/2011, 55/2013, 35/2015 – аутентично тумачење, 68/2015 и 62/2016 – одлука УС

²⁰ Закон о високом образовању, Сл. гласник РС, бр. 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010, 93/2012, 89/2013, 99/2014, 45/2015 – аутентично тумачење, 68/2015 и 87/2016

In the 20th century, a number of laws and regulations were passed that precisely defined the structure of schools and their characteristics.

2.1.2 Serbian legislation

The legislation governing education and school buildings can be classified into the following categories:

1. Laws;
2. Rulebooks on school building design;
3. Rulebooks on energy efficiency of buildings (School buildings must meet all the conditions as other buildings, while the required energy efficiency level is given on a special form intended for buildings used for education and culture)

The legislation primarily defines the manner of functioning of educational institutions, their structure, level and specificities. Due to the diversity and social importance of the education system, separate laws are dedicated to primary and secondary education,¹⁹ and higher education.²⁰

Therefore, the activity of education can be divided into:

1. Preschool education and childcare—kindergarten;
2. Primary education—primary school, primary school for adult education, primary music or ballet school, and primary school for pupils with disabilities;
3. Secondary education—secondary school, such as grammar school (general and specialized), vocational school, mixed school (grammar with vocational or art school), art school, secondary school for adult education, and secondary school for pupils with disabilities.

¹⁹ Law on the Foundations of the Education System, RS Official Gazette, No. 72/2009, 52/2011, 55/2013, 35/2015—authentic interpretation, 68/2015, 62/2016—CC decision

²⁰ Law on Higher Education, RS Official Gazette, No. 76/2005, 100/2007—authentic interpretation, 97/2008, 44/2010, 93/2012, 89/2013, 99/2014, 45/2015—authentic interpretation, 68/2015, 87/2016

стручна или уметничка), уметничка школа, средња школа за образовање одраслих и средња школа за ученике са сметњама у развоју.

Просторни и други стандарди који се постављају пред зграде намењене образовању су дефинисани одговарајућим правилницима. Њима се ближе дефинишу норме изградње, квалитета и опремања самог простора образовних институција. У Табелама 3 и 4 је дат преглед основних захтева дефинисаних различитим правилницима у периоду 1863-1990. године за основне и средње школе. На основу приказаних података у овим табелама је могуће сагледати процес усложњавања услова које морају испунити школске зграде, нарочито када су у питању услови везани за обезбеђење комфора ученика.

Табела 3. Школске установе – стандарди изградње, историјски преглед

		ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ PRIMARY SCHOOL BUILDINGS				
		1854 - Правила за грађење школских зграда ²¹ Rules on school building construction ²¹	1881 - Правила о грађењу школа ²² Rules on building schools ²²	1899 - Правила о грађењу школа ²³ Rules on building schools ²³	1930 - Правила о грађењу школа ²⁴ Rules on building schools ²⁴	1990 - Правилник о нормативима школског простора ²⁵ Rulebook on the standards for school environment ²⁵
ПОВРШИНА AREA	ДВОРИШТЕ (m ² /по детету) YARD (m ² /child)	/	/	/	/	min 5,0 m ²
	ЗГРАДА (m ² /по детету) BUILDING (m ² /child)	/	1,5 m ²	min. 1,1 m ²	min. 1,1 m ²	1,8 m ²
ВИСИНА ПРОСТОРИЈЕ ROOM HEIGHT		/	3,5 m	3,5 -4 m	3,5 - 4 m	3m
СПРАТНОСТ NUMBER OF FLOORS		/	/	/	/	max P+2
ОРИЈЕНТАЦИЈА ORIENTATION		исток/југоисток east /southeast	југ/исток south/east	југоисток/ северозапад southeast / northwest	југоисток/ северозапад southeast / northwest	југоисток southeast
ПРОВЕТРАВАЊЕ VENTILATION	БРОЈ ИЗМЕНА ВАЗДУХА/h AIR CHANGES/h	/	/	/	/	4
	МАКС. БРЗИНА ВАЗДУХА MAXIMUM AIR VELOCITY	/	/	/	/	/
	ЗАХТЕВ ЗА МЕХАНИЧКОМ ВЕНТИЛАЦИЈОМ REQUIRES MECHANICAL VENTILATION	/	/	/	/	да yes
ШИРИНА ХОДНИКА CORRIDOR WIDTH		/	max. 300 cm	225 cm – 300 cm	225 cm –300 cm	240 cm
КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ LOAD-BEARING STRUCTURE		/	/	/	/	/

Spatial and other requirements for buildings intended for education are defined in the respective Rulebooks, which specify the detailed criteria for their construction, quality and furnishing. Tables 3 and 4 give an overview of the basic requirements defined across various regulations for primary and secondary schools for the period 1863-1990. The information presented in these tables can provide insight into the increasingly elaborate conditions that school buildings have had to fulfill, especially those related to ensuring student comfort.

Table 3. Primary school facilities – building standards, a historical overview

ОСВЕТЉЕЊЕ LIGHTING		/	/	/	/	150 lx
ГРЕЈАЊЕ HEATING	ТЕМПЕРАТУРА TEMPERATURE	/	/	19° C	19° C	20° C
	НАЧИН ГРЕЈАЊА MODE OF HEATING	/	централно грејање central heating	/	/	централно грејање central heating
ИНСТАЛАЦИЈЕ INSTALLATIONS		/	да yes	/	да yes	/
ПОДОВИ FLOORING	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	/	тврдо дрво hard wood	тврдо дрво hard wood	тврдо дрво hard wood	/
	БОЈА COLOR	/	/	/	/	/
	% РЕФЛЕКСИЈЕ % REFLECTION	/	/	/	/	40%
	КАРАКТЕРИСТИКЕ PROPERTIES	/	/	/	/	топли, глатки warm, smooth
ЗИДОВИ WALLS	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	/	опека brick	опека brick	опека brick	/
	БОЈА COLOR	/	/	/	/	/
	% РЕФЛЕКСИЈЕ % REFLECTION	/	/	/	/	/
	ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА SOUND INSULATION	/	да yes	да yes	да yes	да yes
	ТОПЛОТНА ИЗОЛАЦИЈА THERMAL INSULATION	/	/	/	/	да yes
ПРОЗОРИ WINDOWS	ТИП ЗАСТАКЉЕЊА GLAZING	/	двоструко double	двоструко double	двоструко double	двоструко double
	ВИСИНА ПАРАПЕТА PARAPET HEIGHT	/	до скамије to the desk	/	/	/
	ДИМЕНЗИЈЕ SIZE	/	1/6 површине пода 1/6 of floor area	1/6 површине пода 1/6 of floor area	1/6 површине пода 1/6 of floor area	1/5 површине пода 1/5 of floor area
	ЗАСЕНЧЕЊЕ SHADING	/	да yes	/	/	/
	ОТВАРАЊЕ OPENING	/	/	/	/	/
ВРАТА DOORS	ШИРИНА WIDTH	/	b=130 cm двокрилна double	b=100 cm једнокрилна single	b=100 cm једнокрилна single	b=180 cm двокрилна double
	НАДСТРЕШНИЦА AWNING	/	/	/	/	да yes
	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/

²¹ *Правила за грађење школских зграда* (1854) донета од стране Министарства просвете – преузето из Милан Ђ. Милићевић, Школе у Србији– од почетка овог века до краја школске 1867. године, Београд, Државна штампарија, 1868.

²² *Правила о грађењу школа и о намештају школском* (Зборник закона и уредаба у Књажевству Србији. 36, изданих од 18. августа 1880. до 26. јуна 1881.) Београд, Државна штампарија, 1881.

²³ *Правила о грађењу школа и намештају школском*, Београд, Државна штампарија Краљевине Србије, 1899

²⁴ *Pravila o građenju škola i nameštaju školskom. Učiteljski tovariš*, 1930.

²⁵ *Правилник о нормативима школског простора, опреме и наставних средстава за основну школу, Сл. гласник СРС – Просветни гласник*, бр. 4/90)

²¹ Rules on school building construction (1854) issued by the Ministry of Education—taken from Milan Đ. Miličević, *Schools in Serbia*—from the beginning of this century until the end of 1867 school year. Belgrade: Državna štamparija, 1868 [in Serbian]

²² Rules on building schools and on school furniture (Collections of Laws and Regulations in the Principality of Serbia. 36, Issued August 18, 1880 to June 26 1881). Belgrade: Državna štamparija, 1881 [in Serbian]

²³ Rules on building schools and on school furniture. Belgrade: Državna štamparija Kraljevine Srbije, 1899 [in Serbian]

²⁴ Rules on building schools and on school furniture. Ljubljana: Učiteljski tovariš, 1930 [in Serbian]

²⁵ Rulebook on the standards regarding the school premises, equipment and teaching resources for primary schools. SRS Official Gazette—Educational Gazette, No. 4/90 [in Serbian]

Табела 4. Средњошколске установе – стандарди изградње, историјски преглед

Table 4. Secondary school facilities—building standards, a historical overview

		ЗГРАДЕ СРЕДЊИХ ШКОЛА SECONDARY SCHOOL BUILDINGS				
		1881 - Правила о грађењу школа Rules on building schools	1899 - Правила о грађењу школа Rules on building schools	1930 - Правила о грађењу школа Rules on building schools	1987 - ПРАВИЛНИК ²⁶ RULEBOOK ²⁶	1990 - ПРАВИЛНИК ²⁷ RULEBOOK ²⁷
ПОВРШИНА AREA	ДВОРИШТЕ (m ² /по детету) YARD (m ² /child)	/	/	/	5 m ²	min 5,0 m ²
	ЗГРАДА (m ² /по детету) BUILDING (m ² /child)	1,5 m ²	min. 1,4 m ²	min. 1,4 m ²	1,7 m ²	2,2 m ²
ВИСИНА ПРОСТОРИЈЕ ROOM HEIGHT		3,5 m	3,5 - 4 m	3,5– 4 m	/	3m
СПРАТНОСТ NUMBER OF FLOORS		/	/	/	макс. P+2	макс. P+2
ОРИЕНТАЦИЈА ORIENTATION		југ/исток south/east	југоисток/ северозапад southeast / northwest	југоисток/ северозапад southeast / northwest	југ/југоисток south/southeast	југоисток southeast
ПРОВЕТРАВАЊЕ VENTILATION	БРОЈ ИЗМЕНА ВАЗДУХА/h AIR CHANGES/h	/	/	/	/	4
	МАКС. БРЗИНА ВАЗДУХА MAXIMUM AIR VELOCITY	/	/	/	/	/
	ЗАХТЕВ ЗА МЕХАНИЧКОМ ВЕНТИЛАЦИЈОМ REQUIRES MECHANICAL VENTILATION	/	/	/	/	да yes
ШИРИНА ХОДНИКА CORRIDOR WIDTH		max. 300 cm	225 cm – 300 cm	225 cm– 300 cm	/	240 cm
КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ LOAD-BEARING STRUCTURE		/	/	/	/	/
ОСВЕТЉЕЊЕ LIGHTING		/	/	/	/	150 lx
ГРЕЈАЊЕ HEATING	ТЕМПЕРАТУРА TEMPERATURE	/	19° C	19° C	/	20° C
	НАЧИН ГРЕЈАЊА MODE OF HEATING	централно грејање central heating	/	/	/	централно грејање central heating
ИНСТАЛАЦИЈЕ INSTALLATIONS		да yes	/	/	да yes	/
ПОДОВИ FLOORING	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	тврдо дрво hard wood	тврдо дрво hard wood	тврдо дрво hard wood	/	/
	БОЈА COLOR	/	/	/	/	/
	% РЕФЛЕКСИЈЕ % REFLECTION	/	/	/	/	40%
	КАРАКТЕРИСТИКЕ PROPERTIES	/	/	/	/	топли, глатки warm, smooth
ЗИДОВИ WALLS	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	опека brick	опека brick	опека brick	/	/
	БОЈА COLOR	/	/	/	/	/
	% РЕФЛЕКСИЈЕ % REFLECTION	/	/	/	/	/
	ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА SOUND INSULATION	да yes	да yes	да yes	да yes	да yes
	ТОПЛОТНА ИЗОЛАЦИЈА THERMAL INSULATION	/	/	/	/	да yes

ПРОЗОРИ WINDOWS	ТИП ЗАСТАКЉЕЊА GLAZING	двоструко double	двоструко double	двоструко double	/	двоструко double
	ВИСИНА ПАРАПЕТА PARAPET HEIGHT	до скамије to the desk	/	/	/	/
	ДИМЕНЗИЈЕ SIZE	1/6 површине пода 1/6 of floor area	1/6 површине пода 1/6 of floor area	1/6 површине пода 1/6 of floor area	/	1/5 површине пода 1/5 of floor area
	ЗАСЕНЧЕЊЕ SHADING	да yes	/	/	/	/
ВРАТА DOORS	ОТВАРАЊЕ OPENING	/	/	/	/	/
	ШИРИНА WIDTH	b=130 cm двокрилна double	b=100 cm једнокрилна single	b=100 cm једнокрилна single	/	b=180 cm двокрилна double
	НАДСТРЕШНИЦА AWNING	/	/	/	/	да yes
	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	/	/	/	/	/

2.2 Дечије установе (установе дечије заштите)/ Обданишта

2.2.1 Историјски развој установа дечије заштите

Мада је развој дечијих установа у Србији каснио у односу на развој школског система, у литератури²⁸ се могу наћи подаци да је традиција дечијих установа²⁹ у Војводини веома дуга, више од 150 година, а мрежа установа развијенија него у другим крајевима тадашње Југославије. Према овом аутору у периоду 1937-1938. године у Војводини је било 226 дечијих установа

²⁶ Правилник о ближим условима у погледу простора, опреме и наставних средстава за остваривање планова и програма за основне образовне профиле IV степена стручне спреме у природно-математичкој струци (Просветни гласник СР Србије 37/87) и Правилник о ближим условима у погледу простора, опреме и наставних средстава за остваривање планова и програма образовања за основне образовне профиле IV степена у културолошко-језичкој струци (Просветни гласник СР Србије 37/87), 1987.

²⁷ Правилник о ближим условима у погледу простора, опреме и наставних средстава за гимназију – Нормативи простора, опреме, и наставних средстава за гимназију (Просветни гласник СР Србије 5/90).

²⁸ Милена Вучетић, *Предшколско васпитање у Војводини 1945–1947, Зборник за друштвене науке*, 1988, свеска 104–105.

²⁹ По важећој законској регулативи под зградама предшколских установа се подразумевају све установе намењене деци предшколског узраста. У оквиру овог истраживања обухваћене су зграде дечијих установа – вртићи и јаслице.

2.2 Childcare institutions / Kindergartens

2.2.1 Historical development of childcare institutions

Although their development in Serbia was slower than that of the school system, the literature²⁸ shows that the tradition of childcare institutions²⁹ in Vojvodina dates back more than 150 years and that its network was more developed than in other parts of the former Yugoslavia. According to the cited author, there were 226 childcare institutions (165 of which operated in the

²⁶ Rulebook on closer conditions regarding the premises, equipment and teaching resources for the realization of the curricula for basic education profiles of 4th degree professional qualifications in natural sciences and mathematics (SRS Educational Gazette No. 37/87) and Rulebook on closer conditions regarding the premises, equipment and teaching resources for the realization of the curricula for basic education profiles of 4th degree professional qualifications in culturology and languages (SRS Educational Gazette No. 37/87), 1987 [in Serbian]

²⁷ Rulebook on closer conditions regarding the premises, equipment and teaching resources for the grammar school—Standards on the premises, equipment, and teaching resources for the grammar school, SRS Educational Gazette No. 5/90 [in Serbian]

²⁸ Vučetić Milena, *Preschool education in Vojvodina 1945-1947. Zbornik za društvene nauke*, 1988, vol. 104-105 [in Serbian]

²⁹ The current legislation regards buildings of preschool institutions as all institutions intended for children of preschool age. This research was conducted on the buildings of childcare institutions, i.e. kindergartens and nurseries.

(од тога 165 на српском језику) а просторно се 51 забавиште налазило на територији града, док су остала забавишта концентрисана у руралном подручју, те да је на пет основних школа долазило по једно забавиште.

У другим крајевима Србије однос је био неповољнији, тако да је, на пример, у јужној Србији тај размер износио 1,8:100.

Након Другог светског рата број дечијих установа је смањен, да би током 50-их година дошло до уређење организације и оснивања овог типа установа.

2.2.2 Законска регулатива

Увидом у регулативу којом се регулише област установа дечије заштите може се констатовати да је чине:

- закони
- правилници који уређују принципе пројектовања ових специјалних установа
- правилници који уређују рад, програме, принципе уписа, начине формирања група, начине финансирања ових установа
- правилници који регулишу област енергетске ефикасности зграда

Прва регулатива која је донета у Србији, а тиче се установа дечије заштите, потиче из периода после Другог светског рата и то су: Правилник о предшколским установама из 1952. године³⁰ и Закон о дечијим вртићима³¹ из 1957. године.

Након тога донесен је велики број закона, а тренутно важећи донет је 2010. године, допуњен 2017. године³² и њим се предшколско васпитање и образовање уређују као део јединственог система образовања и васпитања и у складу са ратификованим међународним конвенцијама. По овом закону делатност предшколског васпитања и образовања је делатност од непосредног друштвеног интереса и остварује се као јавна служба. Предшколска установа обавља и

³⁰ Ана Гавриловић, *Предшколске установе у Србији 1843–2000*, *Службени гласник*, Београд, 2001

³¹ *Службени гласник Републике Србије*, бр. 24, јун 1957.

³² *Закон о предшколском васпитању и образовању*, *Службени гласник РС* бр. 18/2010 и 101/2017

Serbian language) in Vojvodina in 1937/38. Moreover, 51 kindergartens were located in urban areas, while the others were in the rural environment, and the ratio of kindergartens to primary schools was 1:5.

In other Serbian regions, the ratio was not as favorable; for example, in southern Serbia it was 1.8:100.

Although the number of kindergartens was reduced after the Second World War, the 1950s saw a systematic organization and re-establishment of this type of institutions.

2.2.2 Serbian legislation

Upon insight into the legislation that regulates the field of childcare institutions, it can be concluded that it consists of the following:

- Laws;
- Rulebooks governing the design principles for such specialized institutions;
- Rulebooks governing the operation, curricula, enrollment, group formation, and modes of financing;
- Rulebooks governing the energy efficiency of buildings.

The first regulations concerning childcare institutions in Serbia date from after the Second World War: the Rulebook on preschool institutions of 1952,³⁰ and the Law on Kindergartens of 1957.³¹

Subsequently, a number of laws were passed leading to the current legislation. Adopted in 2010 and complemented in 2017,³² it regulates preschool education as part of a unified system of education in accordance with ratified international conventions. Under this law, the activity of preschool education is a matter of immediate social interest and is provided as a public service. The additional activity of preschool institutions is to provide nutrition, nurture, and preventive health and social care

³⁰ Ана Гавриловић, *Preschool institutions in Serbia 1843-2000*, *Službeni glasnik*, Belgrade, 2001 [in Serbian]

³¹ RS Official Gazette, No. 24, June 1957

³² Law on Preschool Education, RS Official Gazette Nos. 19/2010 and 101/2017

делатност којом се обезбеђују исхрана, нега и превентивно-здравствена и социјална заштита деце. Под предшколским узрастом подразумевају се деца старости од шест месеци до поласка у основну школу.

Рад са децом се организује у васпитним групама које могу бити:

- јасленог узраста за децу старости од 6 месеци до три године дана,
- групе вртића за децу узрадног периода од три године до поласка у школу.

У области предшколског васпитања и образовања постоји велики број пратећих, подзаконских аката. Ови правилници дефинишу, на пример, врсту стручне спреме васпитача, начин обављања делатности, организовање облика рада са децом, начин уписа деце, дају норматив друштвене исхране.

Треба истаћи постојање норматива простора опреме и средстава који се баве самим зградама предшколских установа у оквиру којих су прецизно дефинисани како положај објекта, његова просторна оријентација, тако и просторна организација, структура и величина појединих простора и њихове завршне обраде. Посебна пажња посвећена је елементима који утичу на постизање комфора у овим зградама што је приказано у Табели 5.

Табела 5. Предшколске установе – стандарди изградње, историјски преглед

		ЗГРАДЕ ПРЕДШКОЛСКИХ УСТАНОВА KINDERGARTEN BUILDINGS			
		1969 - Нормативи простора ³³ Standards on the premises ³³	1972 - Нормативи за планирање ³⁴ Standards on the planning ³⁴	1977 - Нормативи простора ³⁵ Standards on the premises ³⁵	1994/96 - Правилник ³⁶ Rulebook ³⁶
ПОВРШИНА AREA	ДВОРИШТЕ (m ² /по детету) YARD (m ² /child)	3 m ²	3 m ²	4 m ²	6 m ²
	ЗГРАДА (m ² /по детету) BUILDING (m ² /child)	3 m ²	5 m ²	5 m ²	5 m ²
ВИСИНА ПРОСТОРИЈЕ ROOM HEIGHT		2,8 m	3 m	3 m	2,8 m – 3,6 m
СПРАТНОСТ NUMBER OF FLOORS		P / P+1 GF / GF+1	P / P+2 GF / GF+2	P / P+1 GF / GF+1	/
ОРИЈЕНТАЦИЈА ORIENTATION			југ/југоисток south/southeast	југ/југоисток south/southeast	југ/југоисток south/southeast
ПРОВЕТРАВАЊЕ VENTILATION	БРОЈ ИЗМЕНА ВАЗДУХА/h AIR CHANGES/h	/	2	3	/
	МАКС. БРЗИНА ВАЗДУХА MAXIMUM AIR VELOCITY	/	0,1 m/s	0,3 m/s	/
	ЗАХТЕВ ЗА МЕХАНИЧКОМ ВЕНТИЛАЦИЈОМ REQUIRES MECHANICAL VENTILATION	/	да yes	да yes	/

to children. Preschool age is defined as the age from six months old to primary school starting age.

The work with children is organized in educational groups that can be:

- Nursery groups, for children aged six months to three years;
- Kindergarten groups, for children aged three years to primary school starting age.

In the area of preschool education, there are a large number of by-laws defining, for instance, professional qualifications for the teachers, performance procedures, organization of work, enrollment procedures, or normative community nutrition.

It is also necessary to emphasize the regulations on the equipment and resources, which are concerned with kindergarten facilities in the manner of precisely defining the position of the building, its orientation and spatial organization, as well as the structure, size, and finishing of particular spaces. Special attention is paid to the elements that have an impact on comfort in such buildings (Table 5).

Table 5. Kindergartens—building standards, a historical overview

ШИРИНА ХОДНИКА CORRIDOR WIDTH			120 cm	/	/
КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ LOAD-BEARING STRUCTURE		/	/	/	/
ОСВЕТЉЕЊЕ LIGHTING		/	100 lx	100 lx	150 lx
ГРЕЈАЊЕ HEATING	ТЕМПЕРАТУРА TEMPERATURE	/	20°–21°C	20°–22°C	22°C
	НАЧИН ГРЕЈАЊА MODE OF HEATING	/	централно грејање central heating	централно грејање central heating	/
ИНСТАЛАЦИЈЕ INSTALLATIONS		/	/	/	/
ПОДОВИ FLOORING	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	/	/	/	/
	БОЈА COLOR	/	мат, светла, мирна matte, light, calm	/	светла light
	% РЕФЛЕКСИЈЕ % REFLECTION	/	30%	/	/
	КАРАКТЕРИСТИКЕ PROPERTIES	/	топли, полутопли warm, semi-warm	чврсти, еластични firm, elastic	чврсти, неклизави firm, non-slip
ЗИДОВИ WALLS	МАТЕРИЈАЛ MATERIAL	/	/	/	/
	БОЈА COLOR	/	мат, светла, мирна matte, light, calm	/	светла light
	% РЕФЛЕКСИЈЕ % REFLECTION	/	50%	/	/
	ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА SOUND INSULATION	/	да yes	да yes	да yes
ПРОЗОРИ WINDOWS	ТОПЛОТНА ИЗОЛАЦИЈА THERMAL INSULATION	/	да yes	да yes	да yes
	ТИП ЗАСТАКЉЕЊА GLAZING	/	двоструко double	/	/
	ВИСИНА ПАРАПЕТА PARAPET HEIGHT	/	60 cm	55 cm	/
	ДИМЕНЗИЈЕ SIZE	/	1/5 површине пода 1/5 of floor area	/	1/5 површине пода 1/5 of floor area
ВРАТА DOORS	ЗАСЕНЧЕЊЕ SHADING	/	да yes	да yes	/
	ОТВАРАЊЕ OPENING	/	споља outwards	споља outwards	споља outwards
	ШИРИНА WIDTH	/	90 cm	80 cm	80 cm
	НАДСТРЕШНИЦА AWNING	/	/	да yes	/
МАТЕРИЈАЛ MATERIAL		/	/	/	/

³³ *Нормативи простора, намештаја и опреме за предшколске установе, Просветни гласник 1/69*

³⁴ *Нормативи за планирање, изградњу и опремање предшколских установа, Службени лист града Београда 11/72*

³⁵ *Дечји вртићи – Нормативи простора, опреме и средстава за васпитно-образовни рад, Просветни гласник СР Србије 4/77*

³⁶ *Правилник о ближим условима за почетак рада и обављање делатности установа за децу Службени гласник 50/94, 6/96*

³³ Standards on the premises, furniture, and equipment for preschool institutions, Educational Gazette 1/69 [in Serbian]

³⁴ Standards on the planning, construction, and equipment for preschool institutions, Official Gazette of the City of Belgrade No. 11/72 [in Serbian]

³⁵ Kindergartens—Standards on the premises, equipment, and resources for educational work, SRS Educational Gazette 4/77 [in Serbian]

³⁶ Rulebook on closer conditions regarding the commencement of operation and performance of activities for childcare institutions, Official Gazette Nos. 50/94, 6/96 [in Serbian]

3. РЕГУЛАТИВА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА И ЗГРАДА ДЕЧИЈИХ УСТАНОВА

У нормативима и правилницима помињаним у претходном поглављу је истакнут захтев за термичком и звучном заштитом објеката у којима се одвија настава и боравак деце, али овај аспект није детаљније дефинисан ни образлаган. Кад су енергетске карактеристике школских зграда и дечијих установа у питању, не постоји посебна регулатива за овај сектор зградарства, већ су карактеристике зграда дефинисане општим прописима који се односе на све типове зграда.

Доношењем Правилника о енергетској ефикасности зграда ближе се утврђују енергетска својства зграда, као и начини њиховог израчунавања. Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда утврђују се граничне вредности потребне енергије за грејање и то за 10 категорија зграда, од којих је једна намењена образовању и култури, а друга која обухвата и зграде дечијих установа је намењена здравству и социјалној заштити. Овде треба истаћи да карактеристике и граничне вредности утврђене за здравствене установе не одговарају често зградама намењеним дечијим установама, односно да је у даљем процесу разраде регулативе потребно дефинисати специфичне услове дечијих установа.

Прецизније, чланом 3. Правилника о ЕЕ зграда, ближе се прописују енергетска својства и начин израчунавања топлотних својстава објеката високоградње, као и енергетски захтеви за:

1. изградњу нових зграда;
2. реконструкцију, доградњу, обнову, адаптацију, санацију и енергетску санацију постојећих зграда;
3. реконструкцију, адаптацију, санацију, обнову и ревитализацију културних добара и зграда у њиховој заштићеној околини са јасно одређеним границама катастарских парцела и културних добара уписаних у Унескову листу светске културне баштине и објеката у заштићеним подручјима, у складу са актом о заштити културних добара и са условима органа, односно организације надлежне за послове заштите културних добара;

3. REGULATIONS CONCERNING ENERGY EFFICIENCY OF SCHOOL AND KINDERGARTEN BUILDINGS

Although the standards and rulebooks cited in the previous section emphasize the need for thermal and sound insulation of the facilities that provide tuition and children occupancy, this aspect has not been defined or explained in much detail. There are no specific regulations for energy performance of school and kindergarten buildings and the building characteristics are defined within the general provisions that apply to all types of buildings.

The adoption of the Rulebook on energy efficiency of buildings has brought forth a more detailed outline of energy characteristics of buildings as well as the methods for calculating them. The Rulebook on conditions, content and manner of issuing energy performance certificates stipulates the limit values for the energy required for heating for ten building categories, one of which refers to buildings used for education and culture while the other includes buildings for childcare institutions within the category of health and social care facilities. It should be noted that the performance and limit values established for healthcare institutions do not often correspond to buildings intended for childcare so that the further elaboration of regulations should specify the conditions pertinent to childcare facilities.

More specifically, Article 3 of the Rulebook on energy efficiency of buildings regulates in detail the energy performance and the manner of calculating thermal properties of buildings as well as energy requirements for:

1. Construction of new buildings;
2. Reconstruction, extension, renovation, adaptation, rehabilitation, and energy rehabilitation of existing buildings;
3. Reconstruction, adaptation, rehabilitation, renovation, and revitalization of cultural property and buildings in their protected environment with clearly defined cadastral parcel boundaries and cultural property on the World Heritage List, and buildings in protected areas, in accordance with the Act on the protection of cultural property, and with the conditions imposed by the body or the

4. зграде или делове зграда који чине техничко-технолошку или функционалну целину, а који се продају или дају у закуп.

Према наведеном правилнику, чланом 6. даље се наводи да се приликом обезбеђивања ефикасног коришћења енергије у зградама узима у обзир век трајања зграде, климатски услови локације, положај и оријентација зграде, њена намена, услови комфора, материјали и елементи структуре зграде и омотача, уграђени технички системи и уређаји, као и извори енергије и когенерација и могућност коришћења обновљивих извора енергије.

Прорачун обухвата већи број параметара који се потом исказују у оквиру Сертификата о енергетским својствима зграда (енергетски пасош). Енергетски разред зграда се, до доношења националног програмског пакета, одређује само на основу потребне енергије за грејање по m^2 грејане површине. Чланом 18. се прецизира да се прорачун енергетских својстава зграде врши за следеће категорије:

1. годишња потребна енергија за грејање;
2. годишња потребна енергија хлађења;
3. годишња потребна енергија за вентилацију;
4. годишња потребна енергија за припрему санитарне топле воде;
5. годишња потребна енергија за осветљење;
6. годишњи губици техничких система;
7. годишња испоручена енергија;
8. годишња потребна примарна енергија;
9. годишња емисија угљен-диоксида

Осим укупних показатеља на нивоу зграде дефинисане су и највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте, U_{max} [$W/(m^2 \times K)$], за елементе термичког омотача зграде а приказује Табела 6.

organization responsible for the protection of cultural property;

4. Buildings or parts of buildings forming a technical, technological or functional unit, which are being sold or leased.

According to Article 6 of the Rulebook, in the provision of efficient energy use in buildings, consideration is given to the lifetime of the building, the climatic conditions of the site, the position and orientation of the building, its purpose, comfort conditions, materials and structural elements of the building and the envelope, technical systems and equipment, energy sources and cogeneration, as well as the potential for using renewable energy sources.

The calculations include a number of parameters, which are then reported in the Energy Certificate of Buildings (Energy Passport). Until the adoption of the national program package, the building energy class is determined solely upon the heating energy demand per m^2 of the heated area. Article 18 specifies that the energy performance of a building be calculated for the following categories:

1. annual heating energy demand;
2. annual cooling energy demand;
3. annual ventilation energy demand;
4. annual domestic hot water preparation energy demand;
5. annual lighting energy demand;
6. annual HVAC system losses;
7. annual energy supply;
8. annual primary energy demand;
9. annual CO_2 emissions.

In addition to overall indicators for the building, the maximum permitted values for heat transfer coefficients, U_{max} [$W/(m^2 \times K)$] are defined for the elements of the thermal envelope (Table 6).

Табела 6. Највеће дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте за карактеристичне елементе термичког омотача постојеће зграде након реновирања, санација или реконструкција³⁷

Table 6. The maximum permitted values for heat transfer coefficients for the characteristic thermal envelope elements of a real building after renovation, rehabilitation, or reconstruction³⁷

Опис елемента/система Description of elements/systems	Постојећа зграда Existing building U_{max} [W/m ² K]
Елементи у контакту са спољним ваздухом Elements exposed to ambient air	
Спољни зид Exterior wall	0,40
Зид на дилатацији (између зграда) Wall at dilatation (between buildings)	0,50
Раван кров изнад грејаног простора Flat roof above heated space	0,20
Кос кров изнад грејаног простора Pitched roof above heated space	0,20
Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза Floor construction above open passageway	0,30
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште Windows, balcony doors to heated rooms and heated conservatory	1,50
Спољна врата Exterior door	1,60
Унутрашње преградне конструкције Interior partition constructions	
Зид према негрејаним просторима Wall to unheated spaces	0,55
Међуспратна конструкција испод негрејаног простора Floor construction below unheated space	0,40
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора Floor construction above unheated space	0,40
Конструкције у тлу (укопане или делимично укопане) Below-grade constructions (recessed or semi-recessed)	
Зид у тлу Below-grade wall	0,50
Под на тлу Ground floor	0,50

Ове вредности се не разликују за разноврсне типове зграда према намени, док су специфичности школских зграда и зграда дечијих установа (зграда намењених здравству и социјалној заштити) исказане

These values are the same for each type of buildings regardless of purpose, while the specific requirements for school buildings and childcare facilities (buildings used in health and social care) are expressed through

³⁷ Према Табели 3.4.1.3. Правилника о енергетској ефикасности зграда

³⁷ According to Table 3.4.1.3. in the Rulebook on energy efficiency of buildings

кроз дефинисање дозвољене годишње потрошње финалне енергије (Табела 7) и дефинисање добитака топлоте од људи и електричних уређаја. (Табела 8)

Такође, за ове типове објеката су дефинисани и други параметри који утичу на прорачуне енергетских перформанси зграда: пројектне температуре (за летњи и зимски период), присутност током дана, количина свежег ваздуха по особи, по површини, и тако даље.

Табела 7. Дозвољена годишња рачунска потрошња финалне енергије – за зграде намењене образовању и здравству, односно социјалној заштити

Врста зграде Building type	Дозвољена максимална годишња потрошња енергије за грејање Maximum allowable annual heating energy consumption [kWh/m ² a]	
	Зграде намењене образовању Education buildings	Зграде намењене здравству и социјалној заштити Health and social care buildings
Постојеће зграде Existing buildings	75	120
Нове зграде New buildings	65	100

the definition of maximum allowable annual final energy consumption (Table 7) and of heat gains from occupants and electrical appliances (Table 8).

Additionally, other parameters that affect the calculations of energy performance of buildings, such as summer and winter projected temperatures, daytime occupancy, or amount of outdoor air per area or occupant, have also been defined for these types of buildings.

Table 7. Maximum allowable annual calculated final energy consumption—for buildings used in education and health and social care

Табела 8. Добитци топлоте од људи и електричних уређаја (SRPS EN ISO 13790)

Тип зграде Building type	4 (класа из правилника) 4 (Rulebook class)	5 (класа из правилника) 5 (Rulebook class)	Јединица Unit
Улазни подаци Input data	Зграде намењене образовању Education buildings	Болнице ³⁸ Hospitals ³⁸	
Унутрашња пројектна температура за зимски период Indoor winter design temperature	20	22	°C
Унутрашња пројектна температура за летњи период Indoor summer design temperature	26	26	°C
Површина по особи (заузетост) Area per occupant (Occupancy)	10	30	m ² /per
Одавање топлоте по особи Heat radiation per person	70	80	W/per
Одавање топлоте људи по јединици површине Human heat radiation per area unit	7,0	2,7	W/m ²
Присутност током дана (просечно месечно) Daytime occupancy (monthly average)	4	16	h
Годишња потрошња електричне енергије по јединици површине грејаног простора Annual electricity consumption per heated area unit	10	30	kWh/m ²
Проток свежег ваздуха по јединици површине грејаног простора Fresh air flow per heated area unit	0,7	1	m ³ /(h·m ²)

Table 8. Heat gains from occupants and electrical appliances (SRPS EN ISO 13790)

Проток свежег ваздуха по особи (оброк по особи) Fresh air flow rate per occupant	7	30	m ³ / (h·per)
Топлота потребна за припрему СТВ по јединици површине грејаног простора Heat required for DHW preparation per heated area unit	10	30	kWh/m ²

За обе категорије зграда дефинисани су и енергетски разреди на основу прорачунске потребне енергије за грејање. (Табела 9 и 10)

Нови објекти морају задовољити разред C, док се за постојеће зграде које се реконструишу само исказује разред, то јест да се у процесу реконструкције побољшају постојећи енергетски разреди за један ниво.

Табела 9. Енергетски разреди зграда намењених образовању и култури

Зграде намењене образовању и култури Education and culture buildings		нове new	постојеће existing
Енергетски разред Energy class	$Q_{Hnd,rel}$ [%]	Q_{Hnd} [kWh/(m ² a)]	Q_{Hnd} [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 10	≤ 12
A	≤ 25	≤ 17	≤ 20
B	≤ 50	≤ 33	≤ 38
C	≤ 100	≤ 65	≤ 75
D	≤ 150	≤ 98	≤ 113
E	≤ 200	≤ 130	≤ 150
F	≤ 250	≤ 163	≤ 188
G	> 250	> 163	> 188

For both building categories, energy classes have also been defined upon the calculated heating energy demand (Tables 9 and 10).

New buildings must have a Class C rating, while for the existing buildings undergoing reconstruction, the class is only indicated and an improvement of one energy class is necessary after the reconstruction.

Table 9. Energy class ratings for buildings used for education and culture

³⁸ Нису дефинисани услови за зграде социјалне заштите, тако да се може сматрати да услови предвиђени за болнице, не одговарају условима дечијих установа

³⁸ As conditions for social care buildings have not been defined, it can be stated that the conditions provided for hospitals do not correspond to those for childcare institutions

Табела 10. Енергетски разреди зграда намењених здравству и социјалној заштити

Зграде намењене здравству и социјалној заштити Health and social care buildings		нове new	постојеће existing
Енергетски разред Energy class	Q_{Hndrel} [%]	Q_{Hnd} [kWh/(m ² a)]	Q_{Hnd} [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 15	≤ 18
A	≤ 25	≤ 25	≤ 30
B	≤ 50	≤ 50	≤ 60
C	≤ 100	≤ 100	≤ 120
D	≤ 150	≤ 150	≤ 180
E	≤ 200	≤ 200	≤ 240
F	≤ 250	≤ 250	≤ 300
G	> 250	> 250	> 300

Table 10. Energy class ratings for buildings used for health and social care

3.1 Хармонизација националних прописа са актуелним прописима Европске уније

У процесу приступања Европској унији, Србија убрзано хармонизује своје прописе са одговарајућим прописима Европске уније у различитим областима, па и у области енергетске ефикасности зграда. У Европској унији главни покретач промене законодавних односа према зградама, када је енергетска ефикасност у питању, јесу одговарајуће директиве које доноси Европска комисија. Иако Србија није члан Уније, потписивањем споразума о приступању Енергетској заједници 1. јула 2006. године, за њу постају обавезујући сви прописи које усваја Енергетска заједница. Енергетска заједница преузима прописе Европске уније, у вези са енергетском ефикасношћу, а за потписнице споразума омогућене су одређене измене које се углавном тичу померања рокова имплементације.

Основни документи који су подстакли доношење регулативе у области енергетске ефикасности јесу:

- Директива донета 2002.године³⁹ познатија као ЕПБД 1. Она је дефинисала основне захтеве за енергетском ефикасношћу зграда, а у домаћој

³⁹ Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

3.1 Harmonization of national regulations with the current EU regulations

In the process of accession to the European Union, Serbian regulations on energy efficiency of buildings, among other areas, are being rapidly harmonized with relevant EU regulations. In the European Union, the key drivers of the change in the legislative approach towards energy efficiency of buildings are the relevant Directives issued by the European Commission. Although Serbia is not a member of the Union, by signing the agreement to join the Energy Community on 1 July 2006, it recognizes all regulations adopted by the Energy Community as binding. Regarding energy efficiency, the Energy Community acknowledges the regulations of the European Union, while certain provisions have been made for the signatories of the agreement as regards changes that are mainly concerned with extending implementation deadlines.

The following basic documents spurred the adoption of regulations on energy efficiency:

- The Directive of 2002,³⁹ known as EPBD-1, set out the basic requirements for energy performance of buildings. In the national legislation, it served as the basis

³⁹ Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

регулативи је послужила као основ за доношење Правилника о енергетској ефикасности зграда и Правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. Основни захтеви дефинисани овом директивом се односе на успостављање минималних стандарда енергетске ефикасности за све нове зграде, као и зграде веће од 1000 m² а подлежу обимној обнови. Директивом се дефинише и методологија прорачуна енергетских перформанси зграда, као и обавеза сертификације за нове и постојеће зграде при изградњи, продаји и издавању.

- Директива донета 2010. године⁴⁰, познатија као ЕПБД 2 је обухватила бројне анексе Директиве из 2002. године којима су се усложњавали захтеви за енергетску ефикасност зграда, а које је током времена усвајала Европска комисија. Основна новина у овој директиви је увођење категорије методологије трошковне оптималности, као и категорија зграде скоро нулте енергије.

Како је у Директиви дефинисано, трошковна оптималност је одређивање нивоа енергетске ефикасности који ће довести до најнижих трошкова током процењеног економског животног циклуса и подразумева опсег нивоа перформанси које се карактеришу позитивним нивоом трошкова током економског животног циклуса. Овај, у нашој пракси, нови приступ још није постао део законске регулативе, мада су постојећи правилници у фази измена и допуна чиме ће се и принцип трошковне оптималности укључити као један од основних за процену мера ефикасности.

Зграде скоро нулте енергије су изразито енергетски ефикасне, при томе се скоро „нула енергије“, изузетно мала количина енергије потребна током коришћења зграде, добија већим делом из обновљивих извора укључујући енергију која се производи на самој локацији или у непосредној близини локације

for the adoption of the Rulebook on energy efficiency of buildings and the Rulebook on conditions, content and manner of issuing energy performance certificates. The basic requirements defined in the Directive aimed to establish the minimum energy efficiency standards for all new buildings as well as buildings with the area over 1000 m² that were subject to deep renovation. The Directive also defined the methodology for calculating the energy performance of buildings as well as the obligation to certify new and existing buildings upon construction, sale and lease.

- The Directive of 2010,⁴⁰ known as EPBD-2, brought a number of revisions to the Directive of 2002, providing further details to the requirements for energy performance of buildings, which the European Commission had adopted over time. The main novelty in the Directive was the introduction of the categories of cost optimization methodology and nearly zero-energy buildings.

As defined in the Directive, the cost-optimal level is the level of energy performance which leads to the lowest cost during the estimated economic lifecycle of the building and which lies in the range of performance levels characterized by a positive cost benefit over the economic lifecycle. This is a new approach in our practice and has yet to be included in the legislation. However, the existing regulations are in the phase of revisions and amendments, which will include the principle of cost optimization as one of the essential criteria for assessing efficiency measures.

Buildings of nearly zero-energy are the buildings with a very high energy performance, for which the nearly no or very little energy required for the use of the building is mostly obtained from renewable sources, including energy generated on-site or in the immediate vicinity of the building location. All EU member states are obliged to adopt their own definition of nearly zero-energy buildings, preferably for different building categories. In our

⁴⁰ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings

⁴⁰ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings

зграде. Све земље, чланице ЕУ, у обавези, су да донесу своје дефиниције зграда скоро нулте енергије, и то за различите категорије зграда. У нашој актуелној пракси категорија зграда готово нулте енергије није још дефинисана, нити је постала део подзаконских аката.

Допуна европског законодавног оквира у области ефикасности зграда је извршена 2012. године када је донета Директива о Енергетској ефикасности⁴¹ ЕЕД, базирана на искуствима и поставкама претходно донетих директива. Директива о ЕЕ доноси низ мера које ће омогућити уштеду од 20% енергије до 2020. године. Кључни је члан 5 који уводи обавезу енергетске обнове 3% површине јавних зграда које користи централна влада и у њеном су власништву. Јасно је да ова обавеза, преко уговора са Енергетском заједницом, важи и за Србију, с тим да се степен годишње обнове зграда смањује и износи 1% површине ових зграда.

Треба истаћи да у овим директивама школске зграде и зграде дечијих установа немају посебан третман у односу на остале јавне зграде. Школске зграде и зграде дечијих установа при том не спадају у зграде јавне намене у власништву централне владе или их централна влада користи, тако да се на њих не односи обавеза обнове до 2018. године како је дефинисано овом директивом. У Европској унији не постоји јединствен приступ одређивања граничних вредности потрошње енергије, већ је остављено чланицама да саме регулишу ову област националним прописима.⁴²

3.2 Искуства европских земаља и Србије

Регулатива школских зграда и зграда дечијих установа већине европских земаља обухвата два основна сегмента:

- принципи пројектовања школских зграда и зграда дечијих установа

⁴¹ Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance

⁴² Europe's buildings under the microscope, a country-by-country review of the energy performance of the buildings (2011) BPIE.

current practice, the category of nearly zero-energy buildings has not yet been defined or become part of any by-laws.

The European legislative framework in the area of building performance was amended in 2012, when the Energy Efficiency Directive (EED) was approved,⁴¹ based on the experiences and provisions of the previously adopted directives. The EED introduced a series of measures targeting energy savings of 20% by 2020. The key provision is Article 5, which stipulates that 3% of the floor area of central government-owned and –occupied buildings be renovated each year. Through the agreement with the Energy Community, this obligation clearly also pertains to Serbia, although the level of annual renovation is reduced to 1% of the floor area of such buildings.

It should be noted that the Directives do not treat school and childcare buildings any differently than other public buildings. Moreover, as schools and kindergartens are not central government-owned or –occupied buildings, the obligation of renovation by 2018 as defined by the Directive does not apply to them. Finally, there is no single approach in the European Union to determining the limit values for energy consumption, and the members are allowed to regulate this area through national legislations.⁴²

3.2 European and Serbian experiences

With regard to school and childcare facilities, the legislation of most European countries contains two basic segments:

- Regulations concerning the design principles for school and childcare buildings;
- Regulations concerning energy efficiency of buildings, with several building categories that distinguish between buildings of educational institutions,

⁴¹ Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance

⁴² Europe's buildings under the microscope, a country-by-country review of the energy performance of the buildings (2011) BPIE.

- енергетска ефикасност зграда где разликујемо разноврсне категорије зграда – посебно едукативне институције, то јест школе, и болнице које најчешће обухватају и центре за дневни боравак деце.

У литератури можемо пронаћи знатан број научноистраживачких пројеката који је посвећен систематском изучавању принципа унапређења ових зграда⁴³. Обнова школа се, у пракси, најчешће спроводи у виду пилот пројеката, који касније служе као примери добре праксе⁴⁴. Срећу се и примери да се упутства за обнову школских зграда припремају и на локалном нивоу⁴⁵, те да су она намењена државним институцијама, али и управи самих школа. Обнова зграда дечијих установа најчешће није у фокусу обимнијих истраживања, а примери њихове обнове кроз пилот пројекте су много ређи.

У Србији је током претходне деценије обновљен већи број школа кроз различите програме⁴⁶ под руководством Светске банке и KFW банке, УНДП-а ... Оно што је заједничко за спроведену обнову јесте да није реализована по јединственим, унапред установљеним принципима одабира приоритетних зграда, као ни према јасно дефинисаним типским мерама обнове које омогућавају утврђивање уштеде на националном нивоу. Иако је постигнут приметан квалитет, уз побољшање услова комфора корисника, спроведене активности нису резултирале стандардизацијом поступака

i.e. schools, and hospitals, which usually include child daycare centers.

There have been a significant number of scientific research projects dedicated to the systematic study of the principles of performance improvement in such buildings.⁴³ In practice, school renovation is most often implemented through pilot projects, which later serve as examples of good practice.⁴⁴ The instructions for school building renovation may be prepared at the local level;⁴⁵ they may be intended for state institutions, or for the school administration. In comparison, renovation of childcare facilities is usually not in the focus of extensive research, and the examples of their redevelopment through pilot projects are not as numerous.

In Serbia, a large number of schools have been renovated over the past decade through various programs⁴⁶ under the auspices of the World Bank and KFW Bank, or the UNDP. Invariably, the completed renovations have followed neither a uniform set of pre-established principles for the selection of priority buildings to be renewed, nor a clearly defined type of renovation measures that would provide the possibility of determining possible savings at the national level. Although there have been noticeable improvements in quality and user comfort, the renovation activities have not resulted in the standardization of procedures nor in recommendations for further activities within this specific building stock segment.

⁴³ Одабрани европски пројекти са темом енергетски ефикасне обнове школских зграда: <http://www.buildup.eu/en/news/overview-school-buildings-leading-examples-energy-efficient-renovation-0>

⁴⁴ Примери четири пилот пројекта обнове школа у Немачкој, Италији, Данској и Норвешкој: <https://www.school-of-the-future.eu/index.php/project-results/demonstration-buildings>

⁴⁵ Scuolesostenibili – Guild all' efficienza energetica negli edifici scolastici, ENEA Agenzia Nazionale Efficienza Energetica, <http://www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili>

⁴⁶ Двостепени програм обнове школа и болница кроз SEEP пројекат (2005–2012), финансиран од стране IDA кредита Светске банке и zajма IBRD-а. Више информација доступно на <https://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/2012/062012/energy-efficient-refurbishment-of-public-buildings-in-serbia-full-version.html>

⁴³ Selected European projects related to energy renovation of school buildings: <http://www.buildup.eu/en/news/overview-school-buildings-leading-examples-energy-efficient-renovation-0>

⁴⁴ Examples of 4 pilot projects for school renovation in Germany, Italy, Denmark, and Norway: <https://www.school-of-the-future.eu/index.php/project-results/demonstration-buildings>

⁴⁵ Scuolesostenibili – Guild all' efficienza energetica negli edifici scolastici, ENEA Agenzia Nazionale Efficienza Energetica, <http://www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili>

⁴⁶ A two-step renovation program for schools and hospitals through a SEEP project (2005-2012), financed by the IDA World Bank loan and the IBRD loan. More information available at <https://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/2012/062012/energy-efficient-refurbishment-of-public-buildings-in-serbia-full-version.html>

нити препорукама за даље активности у оквиру овог специфичног сегмента грађевинског фонда.

3.2.1 Србија

Важећим правилницима⁴⁷ дефинишу се основни параметри за пројектовање одговарајућих услова боравка у зградама школских и предшколских установа.

Грејање

У школама је потребно одржавати угодну температуру, нарочито у наставним просторијама и просторијама за продужени или целодневни боравак. Према Правилнику, у зимском периоду температура у школским просторијама за правилну физиолошку функцију организма и за рад износи:

- у наставним просторијама, изузев сале за физичко васпитање, 20°C;
- у свим радним просторијама 18°C;
- у сали за физичко васпитање, ходницима и санитарнијама 16°C.

Наведене температуре је потребно одржавати током радног времена школе. Најцелисходнији начин загревања школе и одражавања потребне температуре јесте централно грејање, односно етажно грејање у мањим приземним школским зградама. Само у изузетним случајевима, загревање мањих школа може бити каљевим пећима. Загревање наставних просторија металним пећима није дозвољено.

Вентилација

Да би се очувало здравље ученика и обезбедили нормални хигијенски услови за рад у наставним просторијама, потребно је довести довољно чистог ваздуха и одржавати нормалну микроклиму. Препоручени оброк ваздуха по једном ученику износи 20 m³ у току једног школског часа. За стално одржавање чистог ваздуха у учионици, при запремини од најмање 5 m³ по ученику, потребно је у току једног часа најмање четири пута изменити ваздух (5 m³ x 4 1/h = 20 m³/h).

⁴⁷ Правилник о нормативима школског простора, опреме и наставних средстава за основну школу, Сл. гласник СРС – Просветни гласник, бр. 4/90

Closer definitions of standards for thermal comfort parameters for schools and kindergartens in Serbia and other countries are given below.

3.2.1 Serbia

Current Rulebook⁴⁷ defines the basic parameters for designing adequate conditions for occupancy in school and kindergarten buildings.

Heating

Schools need to maintain a comfortable temperature, especially in classrooms and rooms for extended or full-day occupancy. The Rulebook stipulates that in the winter period, the school room temperatures for physiological wellbeing and work be as follows:

- 20°C in tuition rooms, except the gymnasium;
- 18°C in all work spaces;
- 16°C in the gymnasium, corridors, and sanitary facilities.

The above temperatures need to be maintained during school hours. The most efficient mode of heating the school and maintaining the required temperature is district heating, or centralized heating with a dedicated boiler in small, one-story school buildings. Only exceptionally, small schools can be heated by tiled stoves. Using metal stoves for heating the classrooms is prohibited.

Ventilation

In order to preserve students' health and to provide adequate hygienic conditions for classwork, it is necessary to supply sufficient amounts of fresh air and maintain a suitable microclimate. The recommended amount of air is 20 m³ per student per class period. Continuous fresh air supply in the classroom at a volume of at least 5 m³ per student requires at least four air changes (5 m³ x 4 1/h = 20 m³/h).

⁴⁷ Rulebook on the standards regarding the school premises, equipment and teaching resources for primary schools. SRS Official Gazette—Educational Gazette, No. 4/90 [in Serbian]

Вентилација се обавља природним или механичким путем. Природна вентилација се обично оставља повременим отварањем прозора. При природној вентилацији (проветравање) треба водити рачуна да ученици не буду изложени промаји и ударима хладног ваздуха. Природна вентилација је целисходна, економична и ефикасна, те се обезбеђује у наставним просторијама свих основних школа.

Механичка вентилација је допуна природној вентилацији. Обавезна је у лабораторијама и радионицама где се при раду развијају гасови и прашина, као и у вишенаменском простору где се окупља већи број ученика и родитеља. Обезбеђује се уградњом вентилатора.

Климатизација

Климатизација школских зграда није карактеристична за школе у Србији, с обзиром на дуг летњи распуст и чињеницу да у школама нема ученика у најтоплијем периоду године. Уколико је у неком, обичном мањем, делу школске зграде потребно хлађење у летњем периоду, уграђују се локални климатизациони уређаји.

За разлику од школа, вртићи раде током целе године, тако да се све већи број вртића климатизује зарад постизања термичких услова угодности у свим експлоатационим условима.

3.2.2 Хрватска⁴⁸

Грејање

За грејање простора и припрему санитарне топле воде могу да се користе сви типови централних система грејања. У просторима за рад и боравак ваздух мора да буде равномерно загрејан на следеће вредности температуре:

- у учионицама на 20 °C,
- у просторијама за организацију и координацију рада, као и у зборници на 20 °C,
- у спортској дворани на 16–18 °C,
- у свлачионицама и мокрим чворовима на 20–22 °C,
- у ходницима и степеништима на 18 °C.

⁴⁸ Државни педагошки стандард основношколског система одгоја и образовања, Народне новине број 63, од 2. јуна 2008. године и број 90. од 21 јула 2010. године

Ventilation can be natural and mechanical. Natural ventilation is usually provided by opening the windows periodically. With natural ventilation (airing), care must be taken to ensure that students are not exposed to draft or blasts of cold air. Natural ventilation is convenient, economical and efficient, and is provided in classrooms of all primary schools.

Mechanical ventilation is a supplement to natural ventilation. It is mandatory in laboratories and workshops where gases and dust develop, as well as in multi-purpose spaces where a large number of pupils and parents are gathered. It is provided by the installation of fan units.

Air conditioning

Air conditioning of school buildings is not usual in schools in Serbia, given the long summer break and the fact that students do not occupy schools in the hottest part of the year. If cooling is necessary in a typically small part of the school building in the summer period, this is usually solved by the installation of local air conditioning units.

In contrast to schools, kindergartens are operational throughout the year, so that there is an increasing trend of the use of air conditioning in order to achieve thermal comfort under all working conditions.

3.2.2 Croatia⁴⁸

Heating

All types of centralized heating systems can be used for heating and domestic hot water preparation. In work and occupancy spaces, the air must be evenly heated to the following temperature values:

- 20 °C in classrooms;
- 20 °C in spaces for work organization and coordination and in the staffroom;
- 16-18 °C in the gymnasium;
- 20-22 °C in locker rooms and sanitary facilities;
- 18 °C in corridors and stairways.

⁴⁸ State pedagogical standard for primary education, Narodne novine Nos. 63 of 02/06/2008 and 90 of 21/07/2010 [in Croatian]

Вентилација

Сви простори за рад и боравак се природно проветравају. У наставним просторијама треба осигурати четири измене ваздуха на сат или 25–30 m³/h свежег ваздуха по ученику. При томе, највећа брзина струјања ваздуха не сме да пређе 0,2 m/s.

Климатизација

У периоду високих спољашњих температура, у просторима школе треба да се обезбеди оптимална температура ваздуха – 5 °С нижа од спољне. На прозорима треба предвидети заштиту од прекомерног сунчевог зрачења. У учионицама се обезбеђује релативна влажност ваздуха 45–55%.

3.2.3 Велика Британија^{49, 50}

Преглед развоја образовног система и школских зграда, од средине 19. века до данас у Великој Британији, дат је у литератури⁵¹, где постоје и подаци везани за историјски развој просторног комфора. Овде су издвојени савремени захтеви за постизање термичког комфора боравка, док је просторни комфор дефинисан за школске зграде као 1,8–2,2 m² по детету, док за предшколске установе износи 2,5–3,5 m² по детету⁵².

Ventilation

All work and occupancy spaces should have natural ventilation. There should be four air changes per hour or 25-30 m³/h of fresh air per student. The maximum air velocity should not exceed 0.2 m/s.

Air conditioning

In the period of high external temperatures, optimum air temperature in the school premises should be 5°C lower than outdoors. The windows should provide protection against excessive solar radiation. Relative air humidity of 45-55% should be provided in the classrooms.

3.2.3 Great Britain^{49, 50}

A review of the development of the educational system and school buildings in Great Britain from the mid-19th century to the present can be found in the literature,⁵¹ including the information on the historical development of spatial comfort. The data provided here are the current requirements for achieving thermal comfort, while spatial comfort is defined as 1.8-2.2 m² per child in school buildings, and 2.5-3.5 m² per child in kindergartens.⁵²

⁴⁹ Guidelines for healthy environments within European schools, 2003

⁵⁰ Building Bulletin 101 (2006) Ventilation of School Buildings. Regulations, Standards and Design Guidance.

⁵¹ Dudek M. (2007) Schools and Kindergartens (Design Manuals). Birkhäuser Architecture.

⁵² Schools and Kindergartens (Design Manuals), стр.19

⁴⁹ Guidelines for healthy environments within European schools, 2003

⁵⁰ Building Bulletin 101 (2006) Ventilation of School Buildings. Regulations, Standards and Design Guidance.

⁵¹ Dudek M. (2007) Schools and Kindergartens (Design Manuals). Birkhäuser Architecture.

⁵² Schools and Kindergartens (Design Manuals), p.19

Грејање

Систем за грејање треба да одржава прописану температуру ваздуха на висини од 0,5 m од пода просторије. При спољашњој температури ваздуха од -1°C, температура у просторијама треба да буде:

- у просторијама са нормалном физичком активношћу, наставом 18°C,
- у просторијама са смањеном физичком активношћу проузрокованом болестима 21°C,
- у физкултурним салама 15°C.

Вентилација

Системом за вентилацију мора да се доведе свеж и одведе загађен ваздух из свих простора предвиђења за наставу и учење, у количини:

- минимално 3 l/s (10,8 m³/h) по особи
- минимално просечно дневно 5 l/s (18 m³/h) по особи
- могућност да се достигне 8 l/s (28,8 m³/h) по особи у било ком тренутку радног времена.

Када систем за вентилацију ради са 8 l/s свежег ваздуха по особи, концентрација угљен-диоксида не би требало да прекорачи вредност 1.000 ppm. Ако се концентрација угљен-диоксида мери у висини главе особе која седи, средња вредност у току радног дана не би смела да пређе вредност 1.500 делова у милион (ppm). Мерење се базира на потреби да се контролише ниво угљен-диоксида који је настао услед дисања присутних. У просторијама за наставу и учење, уколико нема других загађивача, угљен-диоксид је главни индикатор контроле квалитета унутрашњег ваздуха.

Климатизација

За спречавање прекомерног загревања простора утврђени су критеријуми који карактеришу услове у школским зградама. Ови стандарди се односе на период радног времена од 9 до 15.30 часова, од понедељка до петка, у периоду од 1. маја до 30. септембра.

- број сати у којима је гранична температура прекорачена: температура ваздуха у учионицама не би требало да пређе 28°C у више од 120 сати.

Heating

The heating system should maintain the set air temperature at the height of 0.5 m from the floor. At the external air temperature of -1°C, the room temperatures should be as follows:

- 18°C in rooms with normal physical activity and classwork;
- 21°C in rooms with reduced physical activity caused by illness;
- 15°C in the gymnasium.

Ventilation

The ventilation system must ensure the exchange of fresh and exhaust air in all spaces used for classwork and learning, as follows:

- minimum 3 l/s (10.8 m³/h) per person;
- minimum daily average of 5 l/s (18 m³/h) per person;
- potential to reach 8 l/s (28.8 m³/h) per person at any given moment during working hours.

When the ventilation system works at the rate of 8 l/s of fresh air per person, the concentration of carbon dioxide should not exceed 1000 ppm. When the concentration of carbon dioxide is measured at the head height of a seated person, the mean value during the working day should not exceed 1500 ppm. The given values are based on the need to control the level of carbon dioxide produced by the occupants' respiration. If there are no other pollutants in the spaces used for classwork and learning, carbon dioxide is the main indicator of the interior air quality.

Air conditioning

In order to prevent excessive space heating, criteria have been set for the conditions in school buildings. The following standards refer to the working hours from 9 am to 3:30 pm, Monday through Friday, from 1 May to 30 September.

- The number of hours in which the temperature limit has been exceeded: the air temperature in the classrooms should not exceed 28°C for more than 120 hours.

- уколико унутрашња температура превазилази спољашњу: просечна унутрашња температура би требало да буде виша само 5°C од спољашње.
- максимална унутрашња температура која се појави у току радног времена: унутрашња температура у периоду присуства особа не би требало да буде виша од 32°C.

3.3 Могућности унапређења ефикасности електроенергетских система у школским и предшколским установама

Електрична енергија у школским и предшколским објектима се углавном користи за осветљење, припрему санитарне топле воде и припрему хране, погон клима-уређаја, рад рачунарске и друге опреме. У вртићима је честа употреба електричне енергије за припрему хране.

Унапређење енергетске ефикасности кроз коришћење електричне енергије се може постићи рационализацијом потрошње електричне енергије и ефикаснијом употребом система расвете. Рационална употреба електричне енергије се углавном односи на правилно коришћење клима-уређаја (сплит систем), кроз рационално подешавање температуре у просторијама у односу на спољашњу амбијенталну температуру. Такође, извесно смањење потрошње електричне енергије се може постићи и код припреме и коришћења санитарне топле воде у акумулационим бојлерима. Ипак, главни ефекти повећања енергетске ефикасности у потрошњи електричне енергије се очекују у коришћењу енергетски ефикасних система осветљења.

Осветљење у просторијама школских и предшколских установа је врло битна категорија, јер условљава адекватне радне услове за ученике и наставнике у школским објектима, као и за боравак и игру деце у предшколским установама. С обзиром на важност оваквих инсталација, при дефинисању било каквих мера потребно је уважити све стандарде у погледу постизања препоручених нивоа основних параметара квалитета осветљења:

- The extent to which the indoor temperature is above the exterior temperature: the average indoor temperature should not be higher than exterior temperature by more than 5°C.
- Maximum indoor temperature during working hours: the indoor temperature during periods of occupancy should not exceed 32°C.

3.3 Possibilities for improving the efficiency of electric power systems in school and kindergarten facilities

In school and kindergarten buildings, electric power is mainly used for lighting, domestic hot water preparation, and the operation of air conditioners, computers and other equipment. In kindergartens, it is also often used for food preparation.

The electric energy efficiency can be increased through more rational power consumption and the use of more efficient lighting systems. Rational use of electricity mainly implies the proper use of split-type air conditioning systems or setting the room temperature according to the outdoor ambient temperature. In addition, a certain reduction in power consumption can be achieved by the use of water heaters with a storage tank in the domestic hot water preparation. However, the main effects of increasing electric energy efficiency are expected from the use of energy efficient lighting systems.

Lighting is a very important category in terms of providing adequate working conditions for students and teachers in school facilities, as well as for child care and play in kindergartens. Considering the importance of such installations, the definition of measures should take into account all recommended basic lighting quality standards, such as:

- level of illuminance
- uniformity of illuminance
- color of light
- distribution of luminance
- limitation of glare
- direction of incident light on the work surface
- flicker.

- ниво осветљености
- равномерност осветљености
- боја светлости
- расподела сјајности
- ограничење блештања
- смер упадне светлости на радну површину
- треперење светлости.

Поред наведених показатеља квалитета осветљености, чије су квантитативне мере дефинисане одговарајућим стандардима, при избору ефикасних система осветљења, као што је LED осветљење, потребно је водити рачуна и о спектралним карактеристикама ових извора, како би били прихватљиви за боравак деце, ђака и наставника у школским и предшколским објектима.

In addition to the above light quality parameters, the quantitative measures of which are defined by appropriate standards, the choice of efficient lighting systems, such as LED lighting, should take into account the spectral characteristics of light sources so that they are acceptable for the occupancy of children, students and teachers in schools and kindergarten buildings.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ФОРМИРАЊА ТИПОЛОГИЈЕ

Основни концепт формирања методологије за развој типологије школа и вртића заснован је на чињеници да не постоји довољно података о грађевинском фонду ових зграда. Расположиви подаци углавном идентификују установе, то јест зграде које им припадају, ретко са информацијама о површини, али, по правилу, без икаквих података о карактеристикама самих зграда непоходним за дефинисање типологије.

Званична статистика обрађује углавном број установа, број одељења (деце), наставног особља и друге податке који одсликавају развој школског система, али се информације о изградњи и карактеристикама школа углавном не могу пронаћи.⁵³ Услед релативно оскудних података о материјално-техничким карактеристикама зграда, као и периодима у којима су изграђене, закључено је да је неопходно извршити наменско прикупљање података путем посебно дизајнираног пописа школа и предшколских установа који би био спроведен на целокупној територији Републике Србије⁵⁴.

Основни кораци једног оваквог поступка се базирају на искуствима стеченим приликом формирања Националне типологије стамбених зграда, а у специфичном случају израде типологије школских и предшколских установа разликујемо:

- Дефинисање начина спровођења пописа
- Формирање упитника са оптималним бројем питања како би се обухватиле све специфичности структуралне организације школских и предшколских установа, као и релевантне материјално-техничке карактеристике зграда
- Креирање базе података и програмског пакета за манипулацију подацима
- Проверу квалитета и конзистентности прикупљених података
- Статистичку обраду генеративних карактеристика применом кластер анализе

⁵³ Расположиви извори података обрађени су у књигама *Типологија школских зграда и Типологија зграда предшколских установа*

⁵⁴ не укључујући територију Косова и Метохије

4. THE METHODOLOGICAL APPROACH TO TYPOLOGY FORMATION

The original concept of forming the methodology for the development of typology of schools and kindergartens stemmed from the lack of data on this segment of the building stock. The available data generally identified the institutions or their respective buildings, rarely mentioning the floor area, and almost never providing any information on the building characteristics necessary for the definition of the typology.

The data processed by the official statistics mainly contained the number of institutions, classes, children, or teaching staff and other details that reflected the development of the school system, but the information about the construction and characteristics of schools was missing.⁵³ Due to the relatively scarce data on the material and technical characteristics of the buildings and the periods of construction, it was necessary to conduct purposeful sampling for data collection through a specially designed survey of schools and kindergartens in the entire territory of the Republic of Serbia.⁵⁴

The procedure was based on the experiences gained in the formation of the National Typology of Residential Buildings. Specifically, the development of the typology of schools and kindergartens distinguished the following basic steps:

- Defining the method for conducting the survey;
- Forming the questionnaire with an optimal number of questions in order to include all the specifics of school and kindergarten structural organization as well as relevant material and technical characteristics of buildings;
- Creating the database and the software package to manipulate the data;
- Checking the quality and consistency of the collected data;
- Statistical processing of generative characteristics using cluster analysis;
- Defining the model buildings and creating “matrices”

⁵³ The available data sources were examined in *Typology of School Buildings and Typology of Kindergarten Buildings*

⁵⁴ excluding the territory of Kosovo and Metohija

- Дефинисање моделских зграда и израду „матрица“ школских, то јест предшколских зграда према основним генеришућим параметрима
- Одабир типичних, реалних, зграда које према својим карактеристикама одговарају генерисаним моделским зградама

Након генерисања матрице типичних зграда, неопходно је утврдити њихове енергетске карактеристике, као и могућности за унапређење па самим тим и смањење емисије угљен-диоксида. Методолошки се стога, за сваку референтну зграду, предвиђа да се:

- прикупи техничка документација одабраних (реалних) зграда како би се детаљно утврдиле материјално-техничке карактеристике,
- изради елаборат енергетске ефикасности зграде у складу са важећом подзаконском регулативом (Овде је важно напоменути да се приликом израде елабората енергетске ефикасности као полазно узима пројектовано, оригинално, стање, без накнадних интервенција, како би се добили подаци који су релевантни за већи број зграда без утицаја конкретних интервенција које су можда спровођене на конкретним, одабраним зградама.)
- дефинишу три нивоа унапређења архитектонских карактеристика, машинских и електроенергетских инсталација, у складу са актуелном праксом, препорукама Европске уније, као и материјалним могућностима
- израде елаборати енергетске ефикасности са свим релевантним подацима за све нивое унапређења.

4.1 Карактеристике пописа

За разлику од пописа стамбених зграда рађеног за потребе израде Националне типологије стамбених зграда, када је попис, према наменски развијеној методологији, радила професионална организација која се бави статистичким истраживањима, за прикупљање података о школама и вртићима примењен је другачији приступ, који је укључио локалне заједнице и експерте. Промена начина прикупљања података и прелазак са централизоване (статистички

of school and kindergarten buildings according to the basic generation parameters;

- Selecting the existing building types whose characteristics corresponded to the generated model buildings.

After the matrix of building types was generated, it was necessary to determine their energy characteristics as well as their potential for improvement and consequent reductions in carbon dioxide emissions. Therefore, the methodology suggested the following steps for each reference building:

- Collecting design documentation of the selected (existing) buildings in order to provide detailed material and technical characteristics;
- Conducting a building energy efficiency study in accordance with the current by-laws (it is important to mention that the study was based on the original design condition, without subsequent interventions, in order to obtain data relevant for a comprehensive number of buildings without the impact of particular interventions that may have been undertaken on the specific selected buildings);
- Defining three levels of improvement of architectural characteristics and mechanical and electrical installations in accordance with current practice, recommendations of the European Union and relevant material circumstances;
- Producing energy efficiency studies containing all relevant data for all levels of improvement.

4.1 Characteristics of the survey

In contrast to the survey of residential buildings carried out for the National Typology of Residential Buildings, which was conducted after purposeful methodology by a professional organization specializing in statistical research, an alternative approach to the data collection for schools and kindergartens involved local communities and experts. The change in the data collection method and the shift from centralized (statistically professional) to local (expert) methodology resulted in noticeable variations in the scope and quality of data.

професионалне) на локалну (експертску) методологију је резултирао приметним варијацијама у обиму и квалитету података. Подаци су по завршеном прикупљању унети у одговарајућу базу где се приступило провери њиховог квалитета и структуре и притом је вршено „чишћење” оних са неодговарајућим карактеристикама. Услед релативно ограничених временских и материјалних ресурса подаци нису у свим секторима били одговарајућег квалитета, тако да је база коришћена за даље анализе приметно редукована у односу на иницијалну.

Процес прикупљања података је подразумевао да се територија Србије подели у више региона и за сваки регион је формиран локални експертски тим (Графикон2).

Задатак тима је био да контактира са стручним службама у општинама, са директорима или стручним службама институција које се пописују, као и локалним експертима који располажу потребним информацијама. Експерти су такође имали задатак да локалним институцијама или службама пруже потребну помоћ при попуњавању упитника.

За потребе пописа је развијен наменски упитник. Основни циљ пројекта је био да се направи типологија школа и дечијих установа, али је током иницијалне фазе донета одлука да се истовремено попишу и јавне зграде које су у власништву државе⁵⁵ како би се ови подаци касније могли користити за утврђивање референтних пословних зграда. Последица овог, свобухватнијег обима пописивања зграда јесте да је упитник добио сложенију структуру и подељен је на више група питања у складу са врстом објекта који се пописује.

Upon collection, the data were entered into the appropriate database, upon which their quality and structure were checked, and those with inadequate characteristics were cleansed. Due to the relatively limited time and material resources, the data were not of equal quality in all sectors so that the database used for further analysis was noticeably reduced in comparison to the initial setup.

The process of data collection required that the territory of Serbia was divided into regions (Figure 2) and a local expert team was formed for each region.

The task of the team was to contact the municipality expert services, principals or professional services of the institutions under survey, as well as local experts who could provide the necessary information. The experts were also charged with the task of providing the local institutions or services with the necessary help in completing the questionnaire.

A dedicated questionnaire was developed for the needs of the survey. Although the main goal of the project was to create a typology of schools and kindergartens, it was decided during the initial phase to simultaneously list state-owned public buildings⁵⁵ in order to use the data further for the establishment of a reference database of office buildings. As this increased the volume of the building survey as well as the complexity of the questionnaire structure, it was divided into several groups of questions in accordance with the type of the building to be surveyed.

⁵⁵ ЕЕ Директива 2012/27/EU

⁵⁵ ЕЕ Directive 2012/27/EU

Графикон 2. Карта Србије са пописним регионима формираним за потребе прикупљања података о школским и предшколским зградама

Figure 2. The map of Serbia with surveyed regions formed for the purpose of data collection on school and kindergarten buildings



4.2 Упитник

Основна структура упитника је формирана као листа питања организована у три независна дела – нивоа: идеја пописа је да се кроз различите нивое и обим прикупљања података изврши, пре свега, идентификација јавних зграда, потом њихово основно пописивање, док је зградама школских и предшколских установа посвећена посебна пажња. Практично, упитници су се усложњавали од најједноставнијих у првом, све до веома комплексних у трећем нивоу. Основне карактеристике упитника према нивоима су:

- Први ниво упитника обухвата најопштија питања и замишљен је да се односи на све зграде јавних објеката. Кроз прво питање врши се класификација

4.2 The questionnaire

The basic structure of the questionnaire contained a list of questions organized in three independent parts, or levels: through the different levels and scopes of data collection, the survey was intended to identify public buildings and list them, while special attention was paid to school and kindergarten buildings. Practically, the complexity of questions grew gradually, starting with the simplest in the first level and proceeding to very complex questions in the third level. The basic characteristics of the questionnaire by levels were:

- The first level of the questionnaire contained the most basic questions and it was intended for all public buildings. The first question classified the

зграда у односу на понуђене типове⁵⁶ и одређује локација установе – општина где се зграда налази и адреса институције. Дефинише се такође извор финансирања институције будући да може бити на нивоу државе, на локалном нивоу, као и да се институција финансира сама. Овај ниво упитника садржи свега пет питања и првенствено служи идентификацији институција, то јест зграда којима се располаже на одређеној територији.

- Други ниво упитника садржи 14 питања и он је намењен пописивању административних зграда, свих типова дечијих установа, основних, средњих и специјалних школа. У административне зграде су сврстане све зграде јавне намене у државном или локалном власништву, као и административне зграде јавних комуналних предузећа, осим зграда полиције и војске. Овај ниво упитника је фокусиран на објекте и попуњава се за све зграде појединачно будући да постоје институције које обухватају више зграда односно делова зграда.⁵⁷ Други ниво упитника је структуриран кроз неколико групација питања. Прва група питања дефинише тачан и недвосмислен положај зграде, уносе се и подаци о адреси, катастарској општини, броју катастарске парцеле, као и број објекта на парцели. Други део питања се односи на начин зидања и коришћења зграде, то јест да ли је зграда зидана са грађевинском дозволом, да ли поседује енергетски сертификат или је вршен енергетски преглед. Овде се процењује и у каквом је стању те да ли су вршене неке интервенције на згради и у ком обиму. Ради планирања будућих интервенција дефинише се и да ли се пописана зграда налази у неком статусу заштите. Други део упитника дефинише и када је зграда саграђена, било преко тачне године градње или понуђених периода изградње.

⁵⁶ У овој фази упитника вршена је идентификација зграда у складу са раније наведеним класификацијама, али и са базом података коју формира УНДП. Основна идеја овако структурираних података јесте да се омогући касније међусобно обједињавање различитих база података.

⁵⁷ На пример, једна предшколска установа може да има и више од 30 вртића смештених у различите зграде

buildings according to the types offered⁵⁶ and determined the location of the institution, the municipality on which it was located, and the address of the institution. It also established the institution's source of funding, which could be at the state or local level, or self-financed. This level of the questionnaire contained only five questions and it primarily served to identify the institutions, i.e. their buildings in a certain territory;

- The second level of the questionnaire contained 14 questions and it was intended for the survey of administrative buildings, all types of childcare institutions, as well as primary, secondary and special schools. The category of administrative buildings comprised all state- or local government-owned public buildings and administrative buildings of public utility companies, with the exception of the police and military buildings. This questionnaire level was focused on buildings and was completed individually for each building since there were institutions that had several buildings or parts of buildings.⁵⁷ The second level of the questionnaire contained several groups of questions. The first group established the exact and unequivocal position of the building; the address, the cadastral municipality, the number of the cadastral plot and the number of the building on the plot were entered here. The second group of questions referred to the method of construction and the use of the building, that is, whether it was built with a building permit, and whether it had an energy certificate or it had undergone an energy audit. The condition of the building was assessed, as well as whether it had undergone any interventions, and if so, to what extent. With regard to planning future interventions, it was also determined whether the building had a protection status. The second part of the questionnaire also established when the build-

⁵⁶ At this stage of the questionnaire, the identification of buildings was carried out in accordance with the previously mentioned classifications as well as with the database created by the UNDP. The main idea of such structured data was to allow later combination of the various databases

⁵⁷ For example, one childcare institution can have more than 30 kindergartens located in different buildings

Основни периоди изградње за објекте школских и зграда предшколских установа су:

- пре 1945.
 - 1946–1970.
 - 1971–1990.
 - после 1991.
- Трећи ниво упитника је најобимнији са укупно 48 питања и попуњаван је само за зграде школа и децијих установа – вртића. Овај део упитника карактерише јасна подела на три дела која се односе на архитектонске карактеристике зграде, електроенергетске системе и машинске системе па су и питања груписана на тај начин.

Питања у вези са архитектонско- материјалним карактеристикама зграда

Након групе питања везаних за начин коришћења зграде, а којима се дефинише колико се времена зграда користи током дана, недеље или године, прикупљају се подаци о самој згради: колика је површина зграде (брuto, нето, грејана, хлађена), а потом се прецизно дефинишу карактеристике омотача зграде пре судне за њене енергетске перформансе кроз велики број питања у вези са следећим карактеристикама:

- компактност зграде
- спратност зграде
- материјал фасадног зида (његов конструктивни део, као и постојање термоизолације у склопу фасадног зида)
- тип и материјал завршне обраде фасаде
- тип прозора, заступљеност прозора на фасади, материјал прозора
- тип крова (кос или раван) и његова завршна обрада
- коришћење таванског простора и постојање термоизолације у крову, односно у поткровној таваници
- коришћење подрумског простора и постојање термоизолације у склопу таванице ка подруму.

Уз упитник су припремљене графичке шеме и слике које пружају објашњења за постављена питања и тиме омогућују њихово лакше тумачење за локалне

ing was built, either by the exact year of construction or by the choice among the offered construction periods. The basic construction periods for school and kindergarten buildings were:

- until 1945
 - 1946-1970
 - 1971-1990
 - After 1991;
- The third level of the questionnaire with 48 questions was the most comprehensive, and it was completed for school and kindergarten buildings only. This part of the questionnaire was divided into three distinct parts that referred to the architectonic characteristics of the building, its electric power systems, and its mechanical systems, with the questions grouped accordingly.

Questions related to architectonic and material characteristics of buildings

Following the group of questions on occupants' activities in the building defining the occupancy rates during a day, week or year, the data on the building itself were collected, including its floor area (gross, net, heated, cooled), followed by precisely defined characteristics of the building envelope vital for its energy performance. These were covered by a number of questions referring to the following:

- Building compactness
- Number of floors
- Facade wall materials (the construction system and the existence of thermal insulation)
- Facade finishing type and material
- Window type and material and window-to-wall ratio
- Roof type (pitched or flat) and cladding
- Attic use and the existence of thermal insulation in the roof or in the floor construction to the attic
- Basement use and the existence of thermal insulation in the floor construction to the basement.

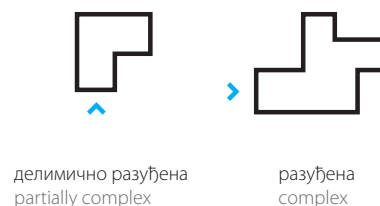
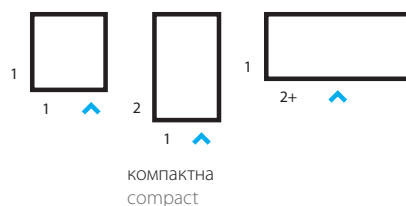
The questionnaire was accompanied by diagrams and images that provided explanations for the questions thus helping local experts with interpretation, as they professionally did not need to be familiar with

експерте који могу бити различитих струка и не морају нужно познавати архитектонско-материјалне карактеристике. (Графикон 3)

architectonic and material characteristics of buildings (Figure 3).

Графикон 3. Графичке шеме које илуструју могуће одговоре на питање о компактности зграде

Figure 3. Diagrams illustrating the response choices to the question on building compactness



Графикон 4. Графичке шеме које илуструју могуће одговоре на питање о заступљености прозора на фасади

Figure 4. Diagrams illustrating the response choices to the question on window-to-wall ratio



Објекти са мало отвора
(отвори на фасадама су организовани појединачно и заузимају мање од 50% површине фасаде)

Low window-to-wall ratio
(single facade openings are distributed over less than 50% of the facade area)



Објекти са доста отвора
(отвори на фасадама су организовани појединачно и заузимају више од 50% површине фасаде)

High window-to-wall ratio
(single facade openings are distributed over more than 50% of the facade area)



Објекти са доста отвора
(отвори на фасадама су организовани у виду прозорских трака и заузимају више од 50% површине фасаде)

High window-to-wall ratio
(facade openings are organized in ribbons and are distributed over more than 50% of the facade area)

Такође, предвиђено је да се уз попуњене упитнике припреми фотодокументација (према унапред дефинисаним принципима фотографисања) која омогућава проверу појединих података, али и детаљнију идентификацију већег броја елемената материјализације зграде.

Additionally, it was required that photo documentation (created according to predefined principles) accompanied the completed questionnaires in order to check particular data and ensure detailed identification of a large number of building elements.

Питања у вези са електроенергетским инсталацијама и системом осветљења

За одређивање постојећег стања о употреби електричне енергије, формирана су питања везана за:

- годишњу потрошњу електричне енергије
- употребу клима- уређаја⁵⁸
- употребу електричне енергије за припрему санитарне топле воде
- употребу електричне енергије за вештачко осветљење
- производњу електричне енергије из фотонапонских система.

Како наши прописи о енергетској ефикасности зграда пружају само табеларне податке о потребној енергији за припрему санитарне топле воде и осветљење, према врсти зграде и њеној површини, на основу ових питања је могуће одредити потенцијал сваке школе за унапређење енергетске ефикасности кроз унапређење система за припрему санитарне топле воде, као и при коришћењу вештачког осветљења.

Питања у вези са термотехничким инсталацијама

Сет питања из области машинства садржао је неколико група питања.

- Прва група се односила на заступљеност инсталација за грејање, вентилацију, климатизацију и припрему СТВ у објекту (школи, односно згради предшколске институције). За сваку од наведених инсталација понуђени су следећи одговори: цела зграда, највећи део зграде, мањи део зграде, није инсталисано.
- Друга група питања односила се на инсталисане системе за грејање и основни коришћени енергент. Такође, корисници су одговарали и на питање колико су задовољни својим грејањем.

Поред статистичке обраде одговора на појединачна питања, утврђена је и корелација између

⁵⁸ Овај податак је на нивоу идентификације и процене капацитета инсталисаних клима- уређаја, уколико не постоје прецизни подаци

Questions related to electrical installations and the lighting system

The status of electricity consumption was determined upon the questions that included information on:

- annual electricity consumption
- use of air conditioning⁵⁸
- use of electricity for domestic hot water preparation
- use of electricity for artificial lighting
- photovoltaic power generation systems.

As domestic regulations on energy efficiency of buildings provide only tabular data on the energy required for domestic hot water (DHW) preparation and lighting according to the type of building and its floor area, the questions can be used to determine the potential for increasing energy performance in each school through the improvement of the DHW preparation system and the use of artificial lighting.

Questions related to HVAC installations

The set of questions on mechanical systems was divided into several groups:

- The first group referred to the distribution of the installations for heating, ventilation and air conditioning (HVAC) and DHW preparation in the building (school or kindergarten). For each of the installations, the offered answers were: in the whole building; in the major part of the building; in the minor part of the building; or, does not exist.
- The second group referred to the installed heating systems and the main energy source. There was also a question on user satisfaction with the quality of heating.

Besides the statistical analysis of the individual responses, a correlation was revealed between the type of the heating system (local heating, centralized heating, district heating, heat pumps) and the user satisfaction with the quality of heating (excellent, good, satisfactory, partially satisfactory, unsatisfactory).

⁵⁸ This information serves for identification and capacity assessment of installed air conditioning units, unless otherwise specified

примењеног система за грејање (локално грејање, централно грејање, даљинско грејање, топлотне пумпе) и оцене корисника о квалитету грејања простора (одлично, добро, задовољавајуће, делимично задовољавајуће, лоше).

Такође, утврђена је и корелација између коришћеног енергента (дрво, угаљ, течено гориво, природни гас, електрична енергија) и оцене корисника колико су задовољни загревањем простора.

4.3 База података

Слично као и код развоја типологије стамбених зграда, за потребе израде типологије школа и предшколских установа је наменски развијена и структурирана база података. Основна идеја приликом формирања базе јесте да буде лака за коришћење, да омогући брзо и лако претраживање по свим карактеристикама зграда, али и применљива за касније коришћење другим корисницима, као и допуњавање новим подацима о школама и дечијим установама/вртићима.

Провера прикупљених података

Како су упитник попуњавале особе на терену које, најчешће, нису едуковане у области архитектуре, машинства или електротехнике, као ни области енергетске ефикасности, применом програмског пакета извршена је провера унетих података. У случајевима где је процењено да подаци нису конзистентни или одговарајући, вршена је делимична промена њихове структуре: одређени број уноса је након различитих врста провера⁵⁹ коригован, а тамо где није било могуће утврдити тачно чињенично стање уноси су маркирани тако да не утичу на даља разматрања. Обимном анализом целокупног материјала констатовано је да релативно мали број упитника поседује одговоре на сва питања, али да истовремено прикупљени материјал представља значајан ресурс који пружа довољно података за даљу анализу.

⁵⁹ Провера је вршена на основу расположивих података до којих се могло доћи, највише сајтова самих школских или предшколских установа, података локалних самоуправа, Министарства просвете и сл.

In addition, a correlation was established between the main energy source (wood, coal, liquid fuel, natural gas, electricity) and the user satisfaction with the heating quality.

4.3 The database

As in the creation of the typology of residential buildings, a purpose-built and structured database was developed for the needs of the typology of school and kindergarten buildings. The key idea behind the formation of the database was that it should be user-friendly and enable quick and easy search across all building characteristics. In addition, it should also allow further applications by other users as well as updating information on schools and kindergartens.

Validation of collected data

Since the questionnaire was completed on-site by the persons who, in most cases, had no previous training in architecture, mechanical or electrical engineering, or energy efficiency, the entered data were checked using the software package. In cases where the data were considered inconsistent or inappropriate, their structure was partially changed: a number of entries were corrected following various checks,⁵⁹ and when it was impossible to establish the facts, the entries were marked in such a way that they did not affect further consideration. A comprehensive analysis of the entire material revealed that a relatively small number of questionnaires had all questions answered; however, the collected material still represented a significant resource that provided sufficient data for further analysis.

⁵⁹ The validation was made upon the available data, mostly on the websites of school and childcare institutions or from the local self-governments, Ministry of Education, etc.

Кластер анализа

Анализа базе података због одабира референтних зграда, према унапред дефинисаним параметрима класификације, спроведена је коришћењем статистичког принципа кластер анализе. Ова техника је неопходна како би се у оквиру целокупне базе издвојиле хомогене групације које карактеришу сличне особине са аспекта материјално-техничких перформанси. У раду је коришћена К-МЕНА КЛАСТЕР АНАЛИЗА која је као генеративне користила, првенствено, параметре везане за старост, волуметрију и материјализацију фасаде. Остали параметри идентификовани у попису су представљали контролне вредности и имали су значај код већег степена сличности типова и тако омогућили раздвајање и дефинисање подтипова. Као резултат овог процеса, за поједине периоде се јављају јединствени представници, док се код других појављују и подтипови са делимично различитим карактеристикама.

Циљ кластер анализе је да све зграде из узорка, које припадају одређеном типу и периоду градње, буду разврстане према унапред дефинисаном броју група, а у зависности од укупног узорка. С обзиром на то да је у упитнику било више од 70 питања, као детерминишућа у оквиру старосне групе и урбанистичког типа су одабрана питања везана за компактност зграде, њену бруто површину, спратност, материјал од кога је зидана зграда, тип крова, прозора, постојање термоизолационог слоја и слично.

То, практично, значи да је у оквиру једног периода градње и за један урбанистички тип дефинисано максимално пет група зграда које би требало да буду типичне према осталим параметрима. Од идентификованих групација се сматра да је најтипичнија она која је најзаступљенија у самом узорку. У оваквој методологији би требало бити посебно обазрив када су два кластера (скупа зграда) подједнаке величине и тада је неопходно узети у обзир и остале скупове зграда добијене за тај период.

Cluster analysis

The principle of cluster analysis was applied on the database in order to select the reference buildings according to the predefined classification parameters. This statistical tool was necessary for the formation of homogeneous groups within the entire database, the members of which had similar characteristics in terms of material and technical performance. K-means clustering was applied in this research, in which the parameters related to age, volumetry and materialization of the facade were primarily used as generative. The other parameters identified in the survey served as control values and they were important in order to extract and define the subtypes when the types showed a greater degree of similarity. As a result, specific periods had single representatives, while subtypes with relatively distinct characteristics also occurred in others.

The objective of the cluster analysis was that all the buildings from the sample belonging to a particular type and period of construction were classified according to a predetermined number of groups, relative to the total sample. As the questionnaire contained more than seventy items, the questions regarding the compactness of the building, its gross floor area, the number of floor, the building material, the roof and the window type, the existence of a thermal insulation layer and similar were selected as determinants within the period group and urbanistic type.

This meant that for each period of construction and urbanistic type, there were maximum five groups of buildings defined as typical according to the other parameters. The most typical among the identified groups was considered the one most broadly distributed across the sample. This methodology warranted special attention in cases when two clusters (building sets) were of equal size; it was then necessary to take into account other building sets obtained for the given period.

4.4 Одабир типичних зграда

На основу добијених резултата кластер анализе вршено је претраживање базе података зарад проналажења објеката који највише одговарају моделским карактеристикама. У пољима где постоји јасно изражен један опис типских карактеристика, извршен је одабир једног типа зграде. У пољима где су равноправно заступљена два описа (карактеристике), а статистички и тежински се не може издвојити доминантни тип, биран је тип и подтип зграде.

Илустрација основних генеративних параметара коришћених у процесу кластер анализе, то јест њихових идентификованих вредности, за школске зграде је приказана у Табели 11, а за зграде предшколских установа у Табели 12.

Табела 11. Описи моделских школских зграда

Период Period	Параметри анализе Analysis parameters	брuto развијена површина (БГП) gross floor area		
		мање од 500 m ² smaller than 500 m ²	од 500 до 2000 m ² from 500 to 2000 m ²	веће од 2000 m ² larger than 2000 m ²
			тип / подтип type / subtype	тип / подтип type / subtype
До 1945. Before 1945	БГП gross floor area	235 m ²	810m ² / 1310 m ²	2890 m ² / 3185 m ²
	спратност floors	П GF	П / П+1 GF / GF+1	П+1 / П+2 GF+1 / GF+2
	компактност compactness	компактна compact	компактна / дел. разуђена compact / partially complex	дел. разуђена / разуђена partially complex / complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	опека brick
1946–1970. 1946–1970	БГП gross floor area	145 m ²	1160 m ²	3010 m ²
	спратност floors	П GF	П+1 GF+1	П+2 GF+2
	компактност compactness	компактна compact	компактна compact	разуђена complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	опека brick

4.4 The selection of building types

Based on the cluster analysis results, the database was searched for the buildings that were best matched on the model characteristics. In the fields with a single clearly defined description of the type characteristics, a single building type was selected. In the fields in which two descriptions (characteristics) were equally distributed and the dominant type was statistically or computationally indistinguishable, the building type and subtype were selected.

The illustrations of the basic clustering parameters or their identified values are shown in Table 11 for school buildings and in Table 12 for kindergarten buildings.

Table 11. The descriptions of the model school buildings

1971–1990. 1971–1990	БПП gross floor area	255 m ²	1610 m ²	2660 m ² / 5045 m ²
	спратност floors	П GF	П+1 GF+1	П+1 / П+2 GF+1 / GF+2
	компактност compactness	компактна compact	компактна или разуђена compact or complex	разуђена / дел. разуђена complex / partially complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	опека / бетон brick / concrete
После 1991. After 1991	БПП gross floor area	230 m ²	995 m ²	6200 m ²
	спратност floors	П GF	П+1 GF+1	П+2 GF+2
	компактност compactness	компактна или разуђена compact or complex	компактна compact	разуђена complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	комбиновани кров combined roof
	материјал фасадног зида facade	блок clay block	блок или опека clay block or brick	блок или бетон clay block or concrete

Табела 12. Описи моделских зграда предшколских зграда

Table 12. The description of the model kindergarten buildings

Период Period	Параметри анализе Analysis parameters	брuto развијена површина (БПП) gross floor area		
		мање од 500 m ² smaller than 500 m ²	од 500 до 2000 m ² from 500 to 2000 m ²	веће од 2000 m ² larger than 2000 m ²
До 1945. Before 1945	БПП gross floor area	235 m ²	725 m ²	
	спратност floors	П GF	П / П+1 GF / GF+1	
	компактност compactness	компактна compact	компактна compact	
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	
1946–1970. 1946–1970	БПП gross floor area	460 m ²	720 m ² / 1450 m ²	
	спратност floors	П GF	П / П+1 GF / GF+1	
	компактност compactness	делимчно разуђена partially complex	компактна / дел. разуђена compact / partially complex	
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров / дел. раван pitched roof / partially flat	
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека / блок brick / clay block	

1971–1990. 1971–1990	БГП gross floor area спратност floors компактност compactness тип крова roof type материјал фасадног зида facade	285 m ² П GF компактна / дел. разуђена compact / partially complex кос кров pitched roof опека brick	1450 m ² П+1 GF+1 компактна или разуђена compact or complex кос кров pitched roof опека brick	2700 m ² П+1 GF+1 разуђена / дел. разуђена complex / partially complex кос кров pitched roof опека / бетон brick / concrete
После 1991. After 1991	БГП gross floor area спратност floors компактност compactness тип крова roof type материјал фасадног зида facade		1500 m ² П+1 GF+1 компактна / дел. разуђена compact / partially complex кос кров pitched roof блок или опека clay block or brick	2450 m ² П+2 GF+2 разуђена complex комбиновани кров combined roof блок или бетон clay block or concrete

Одабир реалних репрезентата моделских карактеристика је вршен претрагом расположивих података обрађених у бази, уз идентификацију већег броја потенцијалних „кандидата“ за сваки моделски објекат. Искуство приликом израде Националне типологије стамбених зграда је упутило истраживачки тим на потребу за вишеструким избором услед проблема који настају детаљном провером карактеристика на терену. Веома често, реални подаци не одговарају у потпуности оним назначеним у пописним формулама или је веома тешко доћи до других информација неопходних за прорачун енергетских карактеристика, пре свега пројектне документације.

Првобитни одабир је укључивао пет до десет објеката за свако поље (уколико је база садржавала такве информације). За поједине позиције вршено је додатно истраживање због идентификације објеката, првенствено услед недовољно обухватног узорка или непостојања одговарајућих података. На овај начин је допуњавана оригинална база.

Приказ финализоване матрице реалних репрезентата моделских карактеристика (типова) школских зграда је дат у Табели 13, док су зграде предшколских установа дате у Табели 14.















The real representatives of model characteristics were selected by searching the available data processed in the database, along with the identification of a considerable number of potential entries for each model building. The experience gained in the work on the National Typology of Residential Buildings encouraged the research team to have multiple choices due to the problems arising from a detailed check of the characteristics on site. Very often, the actual data did not correspond entirely to those indicated in the survey forms or it was very difficult to obtain other information, primarily design documentation, required for the calculation of energy performance.

The initial selection included five to ten buildings for each field (if the database contained such information). For some positions, additional research was carried out aimed at identifying the buildings, primarily due to an insufficiently large sample or unavailability of adequate data; this helped to update the original database.

The finalized matrices of the real representatives of model characteristics (types) of school and kindergarten buildings are given in Tables 13 and 14, respectively.



Табела 13. Типолошка матрица одабраних репрезентата школских зграда

Table 13. The typological matrix of the selected representative school buildings

Период Period	Мале школе (до 500 м ²) Small schools (smaller than 500 m ²)	Школе средње величине (500-2000 м ²) Medium sized schools (500-2000 m ²)	Велике школе (веће од 2000 м ²) Large schools (larger than 2000 m ²)
до 1945. before 1945		 	 
1946-1970. 1946-1970			
1971-1990. 1971-1990		 	 
после 1991. after 1991			

Табела 14. Типолошка матрица одабраних репрезентативних зграда предшколских установа

Table 14. The typological matrix of the selected representative kindergarten buildings

Период Period	Мале (до 500 m ²) Small (smaller than 500 m ²)	Средње (500–2000 m ²) Medium (500-2000 m ²)	Велике (веће од 2000 m ²) Large (larger than 2000 m ²)
до 1945. before 1945			
1946-1970. 1946-1970			
			
1971-1990. 1971-1990			
после 1991. after 1991			

Техничка документација

Прикупљање техничке документације представљао је следећи корак у раду на утврђивању енергетских карактеристика постојећих зграда, то јест процени могућности унапређења. Установе које се налазе у анализираним зградама су у највећој мери показале изузетну кооперативност у даљем раду пружајући информације неопходне за спровођење одговарајућих прорачуна. На жалост, код већег броја зграда није било могуће доћи до пројектне (техничке) документације или је анализом прибављене документације утврђено да објекат одступа од карактеристика моделских зграда и да се не може користити у даљем раду. У том случају тражене су алтернативе, најчешће кроз идентификацију нових репрезентата и читав поступак је понављан. У случајевима када и поред поновљеног поступка и идентификације алтернатива и даље није било могуће доћи до пројектне документације, приступало се снимању зграда на терену.

Увидом у прикупљену техничку документацију и поређењем са стањем зграде на терену констатовано је да веома често постоје одступања од оригиналног пројекта. Ова појава је нарочито изражена код старијих објеката, код којих су првобитно изведени равни кровови који су временом почели да прокишњавају. У овим случајевима су веома често зграде надограђене, чиме је саниран кров, али истовремено и добијен нови користан простор. Приметна је и појава доградивања зграда услед употпуњавања функционалних аспеката (санитарни чворови, кухиње, сале за физичко) као и повећања капацитета. С обзиром на то да је упитник обухватао и цео низ питања везан за стање зграде и спроведене интервенције на њима, приметно је да се као најчешћа интервенција јавља замена прозора. Најубичајенија интервенција подразумева да су стари дрвени прозори или црна браварија замењени пластичним прозорима са изолационим двоструким стаклопакетом. На жалост, такви прозори, по правилу, не одговарају тренутно важећој регулативи, па се у случају обнове зграда предвиђа њихова замена прозорима који испуњавају прописане услове за зграде које се обнављају (максимално дозвољен коефицијент пролаза топлоте прозора $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Design documentation

Collecting design documentation was the next step in determining the energy characteristics of the existing buildings, and assessing the possibilities for improvement. Most institutions occupying the analyzed buildings showed exceptional cooperation by providing the information necessary for the calculations. Unfortunately, the design (technical) documentation was unavailable for a considerable number of buildings, or it was discovered in the analysis of the available documentation that the building deviated from the model building characteristics and could not be used in further work. In this case, usually the alternative representatives were identified and the entire procedure was repeated. If it was again impossible to provide design documentation, the buildings were photographed on site.

By inspecting the collected documentation of a building and comparing it with the on-site situation, it was often concluded that there were deviations from the original design. This was especially true for older buildings with originally flat roofs, damaged over time by water infiltration. In such cases, the buildings were often upgraded, thus rehabilitating the roof and gaining some usable space at the same time. There was also a noticeable occurrence of building upgrades aimed at enhancing functionality (sanitary facilities, kitchens, gymnasiums, etc.) and increasing the capacities. As the questionnaire also included a whole range of items related to the condition of the building and its subsequent interventions, it was noticed that the replacement of windows was the most frequent intervention. Usually, the old wooden or metal windows were replaced with PVC insulating glass units. Unfortunately, such windows usually do not comply with the current regulations so that in the case of renovation they should be replaced with units that meet the necessary conditions for renovated buildings (the maximum allowed heat transfer coefficient for windows is currently $U=1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

4.5 Прорачун енергетских перформанси и дефинисање методологије унапређења

За све одабране реалне репрезенте моделских зграда, на основу техничке документације, урађени су елаборати енергетске ефикасности. Због бољег сагледавања перформанси постојећег стања и могућности унапређења, елаборати су рађени у пет верзија:

- **Пројектовано стање** подразумева зграде у првобитно пројектованом стању, без затечених интервенција на волумену или елементима омотача зграде, што значи да и ако су у међувремену замењени прозори, при прорачуну су коришћени оригинални. У овој фази енергетске перформансе су рачунате за постојећи (затечени) систем грејања и систем осветљења, који су најчешће промењени у односу на оригинално пројектовано стање (нарочито код старијих објеката).
- **Затечено стање** које укључује реализоване интервенције које су, у грађевинском смислу, најчешће обухватиле замену прозора и понегде кровног покривача, као и евентуалну доградњу додатних и накнадну активацију негрејаних простора (најчешће подрума).
- **Унапређење 1** које је у складу са важећим прописима, којим се остварује побољшање енергетског разреда зграде за један ниво. Најчешће се овакво побољшање постиже већ постављањем квалитетних (кофицијент пролаза топлоте прозора $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) и добро уграђених прозора који смањују продувавање (унапређење класе заптивености при прорачуну на добру). У случају да замена прозора није дала жељене ефекте, у побољшању енергетског разреда интервенисало се на другим, лако доступним елементима омотача, пре свега на изолацији међуспратне конструкције ка негрејаном тавану, а затим и на изолацији фасадних зидова.
- **Унапређење 2**, којим се предвиђа интервенција на свим елементима омотача зграде како би се ускладили са појединачним захтевима за позиције термичког омотача зграда које се обнављају (видети Табелу 6). Интервенције углавном подразумевају

4.5 Energy performance calculations and the definition of improvement methodology

For all selected real representatives of model buildings, studies of energy efficiency were conducted upon the design documentation. In order to provide a better overview of the current performance and the potential for improvement, the studies were made in five versions:

- **Design condition** implies the original design condition of the building without any subsequent interventions on the volume or the elements of the building envelope; this means that if the windows have been replaced in the meantime, the original condition is used in the calculations. At this stage, energy performance is calculated for the existing heating and lighting systems, which usually differ from the originally designed condition (especially in older buildings).
- **Current condition** includes the subsequent structural interventions, usually the replacement of windows and sometimes of the roofing, as well as possible upgrades by extension or activation of unheated spaces (usually the basement).
- **Improvement 1** complies with the current regulations and improves the energy class of the building for one level. Most often, this improvement is achieved solely by window replacement with units that are of good quality (with the heat transfer coefficient of $U=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$) and installed well in order to reduce air infiltration (improving the calculated airtightness class to good). In the event that the window replacement does not produce the desired effects in improving the energy class, interventions are undertaken on other, easily accessible elements of the envelope, primarily by insulating the floor to the unheated attic and then by insulating the facade walls.
- **Improvement 2** proposes the intervention on all elements of the building envelope in order to meet the individual requirements for the positions of the thermal envelope for the buildings under renovation (see Table 6). The interventions mainly involve the addition of thermal insulation layers, but also entail an extensive reconstruction of the positions with

додавање слојева термоизолације, али и темељну реконструкцију позиција уз предвиђену замену свих дотрајалих компоненти (реконструкција равних и косих кровова уз замену слојева хидроизолације и кровног покривача).

- **Унапређење 3**, које подразумева висок ниво унапређења елемената термичког омотача зграде. Овим нивоом унапређења се предвиђају мере које се могу сматрати максималним, а у складу су са тренутним могућностима праксе (доступни материјали и технологије) и економским условима на нашем тржишту. Овај ниво указује на могуће домете уштеде енергије и смањење емисије угљен-диоксида.

Све интервенције на термичком омотачу, које дефинисана унапређења подразумевају, илустроване су кроз скице позиција са свим карактеристичним слојевима у постојећем стању и кроз три нивоа унапређења (илустрације приказане у Књизи 2 и 3, за сваки репрезент типа). Ове илустрације и описе које их прате треба посматрати као типски опис интервенције, док се техничке и материјалне специфичности које настају у пракси морају обрађивати на конкретном случају. То се нарочито односи на слојеве пода при реконструкцији међуспратних конструкција и подова на тлу, пошто одабир материјала у великој мери условљава и слојеве подлоге; то је случај и са одабиром кровног покривача код косих и хидроизолационог материјала и финалног слоја код равних кровова, а односи се и на постојање слојева старог малтера пре постављања термоизолационог слоја (у случају да је у добром стању и није потребно његово уклањање).

Специфичности у погледу третмана зграда које уживају одређени степен заштите као културноисторијски споменици, уважене су тако да је предвиђено постављање термоизолационог слоја са унутрашње стране зида, што је опција која такође зависи од конкретног случаја и просторних могућности. Третман фасада са завршним слојем фасадне опеке или бетонских панела такође представља проблем коме, при реконструкцији, треба приступити са посебном пажњом, како се не би изгубио архитектонски

the replacement of all the deteriorated components (the reconstruction of the flat and pitched roofs with the replacement of waterproofing layers and roof cladding).

- **Improvement 3** implies a high level of improving the elements of the thermal envelope. It proposes the maximum improvement measures that are in line with current practice (with available materials and technologies) and economic conditions in our market. This level indicates the potential range of energy savings and reductions in carbon dioxide emissions.

All interventions on the thermal envelope proposed by the improvements were illustrated at the positions with all the characteristic layers, for the current condition and for the three levels of improvement (the illustrations are shown in Books 2 and 3, for each type representative). The illustrations and the accompanying descriptions should be regarded as a standard intervention proposal, while the technical and material specificities that arise in practice need to be addressed in each particular case. This is especially true for floor layers in the floor reconstruction, since the choice of material is largely conditioned by the subfloor layers; it is also the case with the selection of pitched roof cladding and flat roof waterproofing materials and cladding; another consideration before installing the insulation layer could be the existence of layers of old mortar (in case it is in good condition it does not need to be removed).

The specific requirements regarding the treatment of buildings with a certain degree of protection as cultural and historical monuments were respected in the sense that the installation of a thermal insulation layer was planned on the interior wall, taking into consideration the particular case and the spatial possibilities. The treatment of facade brick or concrete panel finishes also poses a problem to be addressed with special care during the reconstruction so as not to lose the architectural expression achieved by the choice of the finishing materials. Technological procedures were planned to preserve the original architectural expression, which include installing the insulation material on the external wall. Although they significantly affect the cost of the intervention,

израз постигнут избором завршног материјала на фасади. Предвиђени су технолошки поступци којима се чува оригинални архитектонски израз, а примењују се уз постављање изолационог материјала са спољне стране. Иако знатно утичу на цену интервенције, они битно не побољшавају енергетске перформансе нити утичу на прорачуне. Такође, реконструкције подова на тлу, додавање термоизолационог материјала, изискују веома обимне додатне радове (реконструкција унутрашњих врата, грејних тела и инсталација, корекција висина степеништа и нагиба рампи) тако да не представљају увек реалне опције при обнови. Све комплексне мере и радови на реконструкцији који доприносе побољшању енергетске ефикасности такође доводе до значајних енергетских уштеда и разматрају се у истраживањима (Ђуковић Игњатовић, Игњатовић, Станковић, 2016; Игњатовић, Јовановић Поповић, Кавран, 2015) али није било могуће укључити их у овако обимну типологију.

Све ове специфичности могу веома утицати на инвестициону вредност мере обнове, али пошто за процену термичких карактеристика склопа након унапређења пресудну улогу има дебљина термоизолационог слоја, ова особина је сматрана одлучујућом приликом дефинисања мера обнове. Тако, дебљина изолације код унапређења 1 и 2 креће се у границама које се примењују у пракси и испод којих не би требало приступати обнови (10 cm за фасадне зидове, 15–20 cm за међуспратне конструкције испод и изнад негрејаних простора, 20 cm за косе и равне кровове, 5 cm за подове на тлу), док се за унапређење 3 предвиђа максимална дебљина изолације коју је могуће постићи тренутним техничко-технолошким решењима при реконструкцији (20 cm за фасаде, 25–35 cm за међуспратне конструкције испод и изнад негрејаних простора, 30–40 cm за косе и равне кровове, 10–15 cm за подове на тлу).

Усвојени принципи прорачуна термотехничких система

С обзиром на то да техничка документација из области термотехничких инсталација за пројектовано стање није била доступна, на основу године

these procedures have no greater relevance in terms of improving the energy performance and calculation impacts. In addition, the installation of thermal insulation on the ground floors requires very extensive additional work (the reconstruction of the interior doors and heating installations, the correction of the height and slope for stairs ramps, etc.) so that they are not always a viable option in renovation. All complex reconstruction measures that contribute to improving energy efficiency also lead to significant energy savings and have been considered in research (Ćuković Ignjatović, Ignjatović, Stanković, 2016; Ignjatović, Jovanović Popović, Kavran, 2015), but it was not possible to include them in such an extensive typology.

All of the above specific conditions can greatly affect the investment value of the renovation measures, but since the thickness of the thermal insulation layer has the key role in the evaluation of the thermal performance of the renovated envelope, this feature was considered decisive when defining the improvement measures. In this respect, the insulation thickness for Improvements 1 and 2 falls within the values applied in practice, below which the renovation should not be considered (10 cm for facade walls, 15-20 cm for the floor constructions below and above the unheated spaces, 20 cm for the pitched and flat roofs, and 5 cm for the ground floors). On the other hand, Improvement 3 applies the maximum insulation thicknesses achievable by currently available technical and technological renovation solutions (20 cm for the facade, 25-35 cm for the floor constructions below and above the unheated spaces, 30-40 cm for the pitched and flat roofs, and 10-15 cm for the ground floors).

The adopted principles for HVAC system calculations

Considering the unavailability of the design documentation for the HVAC installations, the year of construction, the size and the location of the school or kindergarten building were used to assess the probable original choice of the heating system and the main energy source or its combination. In order to determine the heating system and the main fuel/energy source for the selected type buildings across the categories, the following criteria were used:

изградње, величине школе/вртића и локације зграде је извршена процена који је систем грејања највероватније био примењен и шта је основно гориво или комбинација горива. Приликом одређивања система за грејање и доминантног горива/енергента за одабране типске зграде по категоријама, коришћени су следећи критеријуми:

- Постојећи тип система за грејање и коришћени енергент одређени су на основу анкете и обиласка објекта.
- За **Унапређење 1**, које обухвата радове мањег обима на грађевинском омотачу зграде што смањује потребну енергију за грејање, задржан је постојећи систем за грејање, осим у случајевима када се са загревања локалним загревним уређајима (пећима) прешло на централно грејање или се с течнoг горива прешло на биомасу.
- У **Унапређењу 2**, у свим зградама прешло се на коришћење биомасе (пелет у зградама мање површине, а дрвна сечка у већим зградама) осим ако су објекти лоцирани у градској средини и већ прикључени на систем даљинског грејања са топлотном која као основно гориво користи природни гас као еколошки најприхватљивије фосилно гориво.
- У **Унапређењу 3**, које предвиђа обимне интервенције на омотачу зграде, грејање простора и припрема СТВ остварује се применом топлотних пумпи ваздух/вода. У школама се као допунски енергент за загревање СТВ користи електрична енергија, а у зградама предшколских установа, које раде и током лета, користи се енергија Сунца помоћу пријемника сунчеве енергије.

При прерачунавању потребне енергије за грејање и припрему СТВ у испоручену (финалну) енергију су коришћене просечне вредности степена корисности котла, цевне мреже и регулације за усвојени систем грејања, старост уређаја и коришћени енергент. Фактори конверзије финалне у примарну енергију, као и фактори емисије угљен-диоксида, углавном су преузети из Правилника о енергетској ефикасности зграда уз следеће корекције:

- The existing heating system and energy source were determined upon the questionnaire and the on-site survey.
- For **Improvement 1**, which included small scope interventions on the building envelope in order to reduce the required heating energy, the existing heating system was retained except in the case that local heating devices (stoves) were replaced by centralized heating or that liquid fuel was replaced by biomass.
- For **Improvement 2**, all buildings converted to using biomass (wood pellet in smaller schools and wood chips in larger buildings) except for the buildings in the urban environment already connected to the district heating system, in case that the thermal plant used natural gas as the most ecologically acceptable fossil fuel.
- For **Improvement 3**, which included extensive interventions on the building envelope, air to water heat pumps were used for heating and DHW preparation. In schools, electricity was used as a supplementary energy source for DHW heating, while in kindergartens, which are operational during the summer, the solar receiver systems were used.

In the conversion from the heating and DHW preparation energy demand to the delivered (final) energy, the average values were used for the efficiency of the boiler, pipe network and regulation for the adopted heating system, as well as the age of the installations and the energy source.

Generally, the primary energy conversion factors and the carbon dioxide emission factors were taken from the Rulebook on energy efficiency of buildings, with the following corrections:

- The adopted primary energy conversion factor was 1.1, as thermal plants mainly use natural gas for fuel.
- The CO₂ emission factor for wood combustion was adopted at 0.28 kg CO₂/kWh, considering that liquid fuel is mainly used in tree felling, wood processing and transportation to the end user.
- The CO₂ emission factor for electricity generation in Serbia was adopted from the above Rulebook ($F = 2.5 * 0.53 = 1.33 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$), although according

- Фактор трансформације примарне енергије у финалну за систем даљинског грејања усвојен је 1,1 јер топлане углавном користе природни гас као гориво.
- Фактор емисије угљен-диоксида при сагоревању дрвета усвојен је 0,28 kg CO₂/kWh, с обзиром на то да се при сечи дрвета, преради и транспорту до крајњег корисника углавном користи течно гориво.
- Фактор емисије угљен-диоксида при производњи електричне енергије у Србији усвојен је према већ поменутом Правилнику ($F = 2,5 * 0,53 = 1,33$ kg CO₂/kWh), мада његова вредност према званичним подацима Електропривреде Србије не прелази 1,1 kg CO₂/kWh електричне енергије (незнатно се мења из године у годину, углавном зависно од хидролошких прилика).

Усвојене вредности фактора прерачунавања финалне у примарну енергију, као и емисије угљен-диоксида из појединих горива приказане су у Табели 15.

Табела 15. Фактори прерачунавања у примарну енергију и коефицијенти емисије угљен-диоксида за поједине енергенте

Енергент Fuel	Фактор прерачунавања у примарну енергију Primary energy factor	Специфична емисија CO ₂ Specific CO ₂ emission factor [kg CO ₂ /kWh]
Природни гас Natural gas	1,1	0,20
Течно гориво Liquid fuel	1,2	0,28
Угаљ Coal	1,3	0,32
Дрвна биомаса Wood biomass	0,1	0,28
Електрична енергија Electricity	2,5	0,53
Даљинско грејање (топлана сагорева природни гас) District heating (plant uses natural gas)	1,1	0,20

Приликом екстраполације потрошње енергије за грејање и припрему СТВ у свим школама/вртићима

to the official data of Elektroprivreda Srbije, Serbian electric utility company, its value does not exceed 1.1 kg CO₂/kWh (it slightly varies from year to year largely depending on the hydrologic conditions).

The adopted values for the primary energy conversion factors and the carbon dioxide emission factors by fuel are shown in Table 15.

Table 15. The primary energy factors and the carbon dioxide emission factors by fuel

In the extrapolation of heating and DHW preparation energy consumption in all schools and kindergartens in

на територији Србије, коришћена је следећа метода: За одабране реалне репрезенте моделске зграде усвојен је постојећи систем грејања који не мора да је репрезентативан за ту категорију зграда. Због тога, екстраполација типског модела на целокупан број школа/вртића те категорије није извршена на основу потрошње енергије типског модела, већ је потрошња енергије (финалне и примарне) као и емисија угљендиоксида израчуната за три најчешће коришћена система грејања и енергента, а на основу потребне енергије за грејање типског модела у затеченом стању. Затим је одређена средња потрошња енергије пондерисањем израчунатих потрошњи енергије према учесталости појављивања комбинације – систем грејања и енергент (на основу спроведене анкете) и та осредњена вредност по јединици површине типског модела помножена је са укупном нето површином свих школа/вртића из те категорије у Србији.

Усвојени принципи прорачуна електроенергетских система

Процена потрошње електричне енергије у школским и предшколским установама је утврђена на основу анкетних питања, која су се односила на измерену преузету активну електричну енергију на годишњем нивоу. На основу формиране базе података о потрошњама електричне енергије за поједине објекте школа и вртића, као и података о нето површини ових објеката, утврђен је опсег специфичне годишње потрошње електричне енергије по јединици површине школских и предшколских објектата.

Процена учешћа система осветљења у укупној потрошњи електричне енергије школских и предшколских објектата је извршена на основу:

- утврђене структуре постојећег система осветљења у школама и вртићима, која је добијена на основу одговарајућег анкетног питања.
- утврђеног просечног дневног времена рада осветљења у школама и вртићима, које је добијено на основу одговарајућег анкетног питања.
- претпостављеног броја радних дана у школама и вртићима. Број радних дана је утврђен на основу постојећих календара наставе у основним и

the territory of Serbia, the following method was used: for the selected real representatives of the model building, an existing heating system was adopted that was not necessarily representative of the respective category of buildings. Therefore, the extrapolation of the type model to the total number of schools or kindergartens in this category was not based on the consumption of the type model. Rather, the final and primary energy consumption as well as the CO₂ emissions was calculated for the three prevalent heating systems and energy sources upon the heating energy required by the type model in the current condition. The mean energy consumption was then determined by weighting the calculated energy consumption by the frequency of the combination of the heating system and the energy source (based on the survey), and the averaged value per unit area of the type model was multiplied by the total net area of all schools and kindergartens from that category.

The adopted principles for electric power systems

The electric power consumption in school and kindergartens was estimated upon the questionnaire responses regarding the measured annual active power received. The established database on electricity consumption for individual schools and kindergartens, as well as the information on their net floor areas was used to determine the scope of specific annual electricity consumption per unit of area.

The share of the lighting system in the total electricity consumption for school and kindergarten buildings was estimated upon the following:

- The structure of the lighting system currently used in schools and kindergartens obtained from the corresponding questionnaire responses.
- The average daily use of artificial lighting in schools and kindergartens established upon the corresponding questionnaire responses.
- The estimated number of working days in schools and kindergartens. The number of working days for primary and secondary schools in Serbia was established upon the calendar schedule of 180 working days. The number of working days in kindergartens was set at 250.

средњим школама у Србији и он износи 180 дана у години. Број радних дана у вртићима је усвојен и износи 250.

- претпостављеног постојећег нивоа осветљености по јединици нето површине објеката школа и вртића, који је усвојен да износи 150 lx. Овај ниво осветљености је усвојен на основу типичне структуре просторија у школама и вртићима и утврђеног нивоа специфичне годишње потрошње електричне енергије у овим објектима.

У циљу унапређења енергетске ефикасности постојећег система осветљења, извршена је детаљна анализа и предложене три мере унапређења:

- **Унапређење 1** – обухвата замену постојећег система осветљења LED осветљењем.
- **Унапређење 2** – обухвата централну контролу укључености осветљења у просторијама. Предложеном мером се уводи систем аутоматизације осветљења у школама и вртићима.
- **Унапређење 3** – обухвата даље побољшање система аутоматизације осветљења кроз детекцију присуства људи у просторијама и подешавање нивоа вештачког осветљења у зависности од доба дана.

Уштеда у потрошњи електричне енергије, код унапређења 1, утврђена је једноставним прорачуном разлика у потрошњи постојећег система осветљења и система осветљења уколико би се комплетан систем расвете заменио LED изворима. Централизовано искључивање осветљења у појединим учионицама и ходницима омогућава додатну уштеду, која је процењена да износи 10% у просечној школи, односно вртићу. Даље побољшање система аутоматизације осветљења, кроз детекцију присуства људи у просторијама и аутоматско подешавање осветљења у зависности од доба дана, омогућава додатну уштеду у смањењу потрошње електричне енергије од 5%.

Поред прорачунатих вредности уштеда финалне електричне енергије која је неопходна за рад осветљења, извршен је прорачун уштеда примарне енергије, као и смањења емисије угљен-диоксида за свако предложено унапређење. Електрична енергија

- The estimated existing illuminance per unit of net area of schools and kindergartens, set at 150 lx. This light level was adopted upon the typical structure of school and kindergarten spaces and upon the established level of specific annual power consumption in these facilities.

After a detailed analysis into the potential for increasing the energy performance of the existing lighting system, three improvement measures were proposed:

- **Improvement 1**, which involves the replacement of the existing system with LED luminaires.
- **Improvement 2**, which involves a centralized lighting control on the premises. The measure proposes the introduction of automatic lighting control in schools and kindergartens.
- **Improvement 3**, which involves further improvement of the automatic lighting control by introducing the systems for presence detection and light level adjustment according to the time of day.

The savings in electricity consumption proposed in Improvement 1 were determined by a simple calculation of the difference in consumption between the existing lighting system and the LED luminaire replacements. Centralized switching off the lights in individual classrooms and corridors provides additional savings, estimated at 10% in the average school or kindergarten. Further improvement of the automatic lighting control by presence detection and automatic light level adjustment according to the time of day achieves additional 5% savings in power consumption.

In addition to the calculations of cost savings in the final electricity required for the operation of the lighting system, calculations of primary energy savings as well as reductions in CO₂ emissions were made for each proposed improvement. Electricity in Serbia is supplied by coal-burning thermal power plants (approximately 70%) and hydroelectric power plants (approximately 30%). However, since hydroelectric power generation depends on the annual potential of the river watercourses and cannot rely on long-term accumulation, any reduction in power demand will have direct impact on the reduction

у Србији се добија из термоелектрана на угљ (око 70%) и хидроелектрана (око 30%). Како је производња електричне енергије из хидроелектрана условљена годишњим потенцијалом водотока река и не може бити дугорочно акумулирана, свако смањење потрошње електричне енергије директно ће се пресликати на смањење производње из термоелектрана. Дакле, свака уштеда у потрошњи електричне енергије је директно везана за смањење производње електричне енергије у термоелектранама, то јест уштеду у потрошњи угља и гаса. Смањење потрошње електричне енергије за осветљење битно утиче и на смањење губитака у преносној и дистрибутивној мрежи (Трифунковић, Микуловић, Ђуришић, Ђурић, Костић, 2009; Трифунковић, Микуловић, Ђуришић, Костић, 2011). Уважавајући овај ефекат, у спроведеним анализама усвојено је да смањење потрошње финалне енергије за осветљење утиче на смањење губитака у преносу и дистрибуцији у вредности од 10% преузете енергије. Усвајањем наведеног ефекта и типичне ефикасности конверзије енергије у термоелектранама, закључено је да је уштеда примарне енергије 3,3 пута већа од уштеде финалне електричне енергије за осветљење. На основу добијене примарне енергије могуће је директно одредити и уштеду у емисији угљен-диоксида и она износи око 1,1 kgCO₂/kWh финалне електричне енергије.

Ради коректног сагледавања унапређења енергетске ефикасности потребно је задржати ниво осветљености као параметар који је исти пре и након мера унапређења. Усвојена рачунска вредност просечног нивоа осветљености површина школских и предшколских објеката од 150 lx је релативно ниска и условљена је чињеницом да велики број школа и вртића у Србији има знатно нижу потрошњу електричне енергије по јединици површине од просечних вредности школа и вртића са добро пројектованим системом вештачког осветљења. Врло је битно напоменути да унапређење енергетске ефикасности осветљења подразумева, у највећем броју школа, инсталацију нових светиљки, што је прилика да се унапреди квалитет осветљења и прилагоди стандардима за просторије одређене намене у овим објектима. Имајући то у виду,

in thermal power plant supply. Thus, any savings in electricity consumption is directly related to the reduction of electricity generation in thermal power plants, that is, savings in coal and gas consumption. Lower consumption of electricity used for lighting significantly affects the reduction in losses in the transmission and distribution network (Trifunović, Mikulović, Đurišić, Đurić, Kostić, 2009; Trifunović, Mikulović, Đurišić, Kostić, 2011). With respect to this effect, the calculated reduction in the final lighting energy consumption resulted in a reduction in transmission and distribution losses of 10% of the energy received. When this effect and the typical energy conversion efficiency of thermal power plants were considered, it was concluded that the primary energy savings were 3.3 times higher than the final lighting energy savings. The results obtained for primary energy consumption also gave direct insight into the reductions in CO₂ emissions, which were approximately 1.1 kgCO₂/kWh of final electricity.

The increase in energy efficiency can be properly assessed if the parameter of illuminance is maintained at the same level before and after the improvement measure. The adopted average calculated illuminance value of 150 lx for school and kindergarten buildings is relatively low and it is related to the fact that a considerable number of schools and kindergartens in Serbia have significantly lower electricity consumption per unit area than the facilities with a well-designed artificial lighting system. It is important to note that the improvement in lighting energy efficiency assumes the installation of new luminaires in most schools, which is also an opportunity to improve the quality of lighting and to meet the standards required for premises with a specific purpose. Thus, the improvements in energy efficiency and in the quality of lighting should be considered together. In absolute terms, the effect of improving energy efficiency in the school buildings with low artificial light levels will not yield the expected reduction in electricity consumption, yet considered relatively, it will provide better lighting quality.

унапређење енергетске ефикасности треба истовремено посматрати и са унапређењем квалитета осветљења. Зато, за одређене школске објекте, са слабом вештачком осветљеношћу, ефекат унапређења енергетске ефикасности у апсолутном смислу неће дати очекивано смањење потрошње електричне енергије, али ће обезбедити бољи квалитет осветљења.

Према стандарду EN 12464 – 1 из 2011. године, који важи за унутрашње осветљење, дефинисано је око 30 различитих зона осветљења. Ниво и равномерност осветљености за основне типове просторија у школама су дефинисани у Табели 16. У Табели 17 дефинисани су захтевани нивои осветљености и равномерност осветљености за основне типове просторија у предшколским објектима.

Табела 16. Захтеване вредности нивоа и равномерности осветљености за основне просторије у школским објектима

Тип просторије Type of interior	Минимални ниво осветљености Minimum illuminance level [lx]	Равномерност осветљености Illuminance uniformity
Учионице Classrooms	300	0,6
Учионице за вечерњу наставу и образовање одраслих Classrooms for evening classes and adult education	500	0,6
Учионице за ликовну наставу Art rooms	500	0,6
Лабораторије и радионице Laboratories and practical rooms	500	0,6
Библиотека Library	500	0,6
Учионице за техничко цртање Technical drawing rooms	750	0,6
Учионице за музичко васпитање Music practice rooms	300	0,6
Рачунарске учионице Computer practice rooms	300	0,6
Зборнице Teachers rooms	300	0,6
Спортске сале Sports halls	300	0,6
Улази у школу, кантине, полице у библиотеци Entrance halls, canteens, library bookshelves	200	0,4
Ходници Corridors	100	0,4
Степеништа Stairs	150	0,4

The indoor lighting standard EN 12464–1:2011 comprises about 30 different lighting zones. Illuminance levels and uniformity for the basic types of interior spaces in schools and kindergartens are shown in Tables 16 and 17, respectively.

Table 16. Standard values for the level and uniformity of illuminance in basic types of interior in school buildings

Табела 17. Захтеване вредности нивоа и равномерности осветљености за основне просторије у вртићима

Table 17. Standard values for the level and uniformity of illuminance in basic types of interior in kindergarten buildings

Тип просторије Type of interior	Минимални ниво осветљености Minimum illuminance level [lx]	Равномерност осветљености Illuminance uniformity
Собе за играње Playrooms	300	0,4
Јаслице Nurseries	300	0,4
Дечје радионице Handicraft rooms	300	0,6
Ходници Corridors	100	0,4
Степеништа Stairs	150	0,4

У просторијама школских и предшколских објеката извори светлости морају имати индекс репродукције боја већи од 80.

При пројектовању и извођењу осветљења потребно је водити рачуна о намени школског простора (учионице, лабораторије, кабинети, физкултурне сале...) и у складу са захтеваним карактеристикама за одређени вид делатности одабрати оптималан распоред светилки и њихове техничке карактеристике.

С обзиром на то да предложене мере унапређења подразумевају замену постојећих извора светлости LED изворима потребно је, поред наведених карактеристика квалитета осветљења, водити рачуна и о спектралним карактеристикама електромагнетског зрачења ових извора. Зато, при избору LED осветљења за школске и предшколске установе неопходно је консултовати стручњаке за осветљење, како би спектралне карактеристике одабраног LED осветљења биле прихватљиве за просторије у којима бораве деца, ученици и наставници.

The color rendering index by the luminaires in the interior spaces in school and kindergarten buildings must be higher than 80.

The design and installation of the lighting system should take into account the purpose of the school spaces (classrooms, laboratories, practical rooms, gymnasiums, etc.) as well as the standards for particular activities in order to choose the optimum luminaire arrangement and their technical characteristics.

Considering that the proposed improvement measures involve the replacement of the existing luminaires with LED units, besides the mentioned quality characteristics, it is necessary to take into account the spectral characteristics of electromagnetic radiation emitted. For this reason, when choosing LED lighting for school and kindergartens, it is necessary to consult lighting experts so that the spectral characteristics of the selected LED luminaires are acceptable for the rooms occupied by children, students and teachers.

Општа напомена:

У свим табелама бројеви су приказани у складу са правилима српског језика.

General remark:

In all tables numbers are presented according with serbian language rules.







5. ЛИЧНЕ КАРТЕ
 ТИПОЛОШКИХ ПРЕДСТАВНИКА
 ШКОЛСКИХ ЗГРАДА






 5. FACT SHEETS:
 TYPE REPRESENTATIVES
 FOR SCHOOL BUILDINGS




		Тип школе School type		A1 A1	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	596	15,32 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	98.340		2,08 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	30.800,09	3,13 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	16.875,14		
		Унапређење 2 Improvement 2	11.985,68		
		Унапређење 3 Improvement 3	7.869,17		
		Тип школе School type		A2a A2a	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	165	4,24 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	93.555		1,98 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	23.361,62	2,38 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	14.542,19		
		Унапређење 2 Improvement 2	9.269,43		
		Унапређење 3 Improvement 3	7.869,17		





		Тип школе School type		A26 A2b	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	135	3,47 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	12.3795		2,61 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	31.125,78	3,16 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	22.863,70		
		Унапређење 2 Improvement 2	12.395,59		
		Унапређење 3 Improvement 3	8.242,27		



		Тип школе School type		A3a A3a	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	104	2,67 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	225.472		4,76 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	44.573,56	4,53 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	29.897,59		
		Унапређење 2 Improvement 2	19.374,81		
		Унапређење 3 Improvement 3	12.759,46		

	Тип школе School type A36 A3b														
		Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1212 541 1392 611">Постојеће стање Current condition</td> <td data-bbox="1392 541 1482 611">78.161,01</td> <td data-bbox="1482 541 1562 611">7,95 %</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1212 611 1392 688">Унапређење 1 Improvement 1</td> <td data-bbox="1392 611 1482 688">57.819,63</td> <td data-bbox="1482 611 1562 688"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1212 688 1392 765">Унапређење 2 Improvement 2</td> <td data-bbox="1392 688 1482 765">31.781,34</td> <td data-bbox="1482 688 1562 765"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1212 765 1392 845">Унапређење 3 Improvement 3</td> <td data-bbox="1392 765 1482 845">23.018,40</td> <td data-bbox="1482 765 1562 845"></td> </tr> </tbody> </table>	Постојеће стање Current condition	78.161,01	7,95 %	Унапређење 1 Improvement 1	57.819,63		Унапређење 2 Improvement 2	31.781,34		Унапређење 3 Improvement 3	23.018,40	
Постојеће стање Current condition	78.161,01	7,95 %													
Унапређење 1 Improvement 1	57.819,63														
Унапређење 2 Improvement 2	31.781,34														
Унапређење 3 Improvement 3	23.018,40														
	Тип школе School type B1 B1														
		Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1212 1200 1392 1270">Постојеће стање Current condition</td> <td data-bbox="1392 1200 1482 1270">19.796,22</td> <td data-bbox="1482 1200 1562 1270">2,01 %</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1212 1270 1392 1347">Унапређење 1 Improvement 1</td> <td data-bbox="1392 1270 1482 1347">12.199,84</td> <td data-bbox="1482 1270 1562 1347"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1212 1347 1392 1424">Унапређење 2 Improvement 2</td> <td data-bbox="1392 1347 1482 1424">7.036,94</td> <td data-bbox="1482 1347 1562 1424"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1212 1424 1392 1494">Унапређење 3 Improvement 3</td> <td data-bbox="1392 1424 1482 1494">4.396,90</td> <td data-bbox="1482 1424 1562 1494"></td> </tr> </tbody> </table>	Постојеће стање Current condition	19.796,22	2,01 %	Унапређење 1 Improvement 1	12.199,84		Унапређење 2 Improvement 2	7.036,94		Унапређење 3 Improvement 3	4.396,90	
Постојеће стање Current condition	19.796,22	2,01 %													
Унапређење 1 Improvement 1	12.199,84														
Унапређење 2 Improvement 2	7.036,94														
Унапређење 3 Improvement 3	4.396,90														

		Тип школе School type		B2 B2	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	449	11,54 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	390.630		8,25 %		
 	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	74.895,49	7,61 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	48.449,84		
		Унапређење 2 Improvement 2	27.543,32		
		Унапређење 3 Improvement 3	17.605,69		
		Тип школе School type		B3 B3	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	538	13,83 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	1.295.504		27,36 %		
 	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	255.680,67	25,99 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	176.706,75		
		Унапређење 2 Improvement 2	85.943,74		
		Унапређење 3 Improvement 3	56.341,47		





		Тип школе School type		Ц1 C1	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	337	8,66 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	6.437		1,36 %		
 	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	20.472,57	2,08 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	11.89,62		
		Унапређење 2 Improvement 2	7.771,67		
		Унапређење 3 Improvement 3	5.168,67		
		Тип школе School type		Ц2 C2	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	274	7,04 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	352.912		7,45 %		
 	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	108.220,46	11,00 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	65.105,21		
		Унапређење 2 Improvement 2	32.432,61		
		Унапређење 3 Improvement 3	21.517,04		

	Тип школе School type		Ц3а С3а	
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	87.418,84	8,89 %
		Унапређење 1 Improvement 1	59.021,73	
		Унапређење 2 Improvement 2	35.134,26	
		Унапређење 3 Improvement 3	22.980,98	
	Тип школе School type		Ц3б С3б	
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	194	4,99 %
		Унапређење 1 Improvement 1	831.872	17,57 %
		Унапређење 2 Improvement 2	108.800,54	
		Унапређење 3 Improvement 3	54.404,43	
Унапређење 2 Improvement 2	33.566,04			

		Тип школе School type		D3 D3	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	77	1,98 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	405.790		8,57 %		
 	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	16.852,46	1,71 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	-		
		Унапређење 2 Improvement 2	-		
		Унапређење 3 Improvement 3	15.030,46		

6. ЛИЧНЕ КАРТЕ
ТИПОЛОШКИХ ПРЕДСТАВНИКА
ЗГРАДА ПРЕДШКОЛСКИХ УСТАНОВА




6. FACT SHEETS:
TYPE REPRESENTATIVES
FOR KINDERGARTEN BUILDINGS

		Тип предшколске установе Kindergarden building type		A1 A1	
Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	236	9,11 %		
	Површина [m ²] Living space [m ²]	38.704	1,47 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	10.440,79	2,19 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	5.627,17		
		Унапређење 2 Improvement 2	4.141,72		
		Унапређење 3 Improvement 3	2.820,36		
		Тип предшколске установе Kindergarden building type		A2 A2	
Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	100	3,86 %		
	Површина [m ²] Living space [m ²]	55.000	2,09 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	13.625,15	2,85%	
		Унапређење 1 Improvement 1	7.724,20		
		Унапређење 2 Improvement 2	4.854,85		
		Унапређење 3 Improvement 3	3.312,65		

		Тип предшколске установе Kindergarten building type		B1 B1	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	184	7,10 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	49.680		1,89 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	15.458,43	3,24%	
		Унапређење 1 Improvement 1	8.821,68		
		Унапређење 2 Improvement 2	5.063,88		
		Унапређење 3 Improvement 3	3.442,82		
		Тип предшколске установе Kindergarten building type		B2a B2a	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	128	4,94 %
Површина [m ²] Living space [m ²]	76.800		2,92 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	16.442,88	3,44%	
		Унапређење 1 Improvement 1	12.509,95		
		Унапређење 2 Improvement 2	6.925,82		
		Унапређење 3 Improvement 3	4.639,49		

	Тип предшколске установе Kindergarten building type		B26 B2b	
	Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	117	4,52%
Површина [m ²] Living space [m ²]		140.400	5,33 %	
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	30.142,48	6,31%
		Унапређење 1 Improvement 1	19.504,37	
		Унапређење 2 Improvement 2	9.909,43	
		Унапређење 3 Improvement 3	6.448,57	

	Тип предшколске установе Kindergarten building type		Ц1 C1	
	Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	323	12,47 %
Површина [m ²] Living space [m ²]		58.140	2,21 %	
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	16.007,10	3,35%
		Унапређење 1 Improvement 1	10.266,94	
		Унапређење 2 Improvement 2	4.968,64	
		Унапређење 3 Improvement 3	3.334,91	

		Тип предшколске установе Kindergarten building type		Ц2 С2	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	897	34,62 %
		Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	212.957,67	44,60%
			Унапређење 1 Improvement 1	145.539,24	
			Унапређење 2 Improvement 2	81.662,84	
			Унапређење 3 Improvement 3	54.154,89	
		Тип предшколске установе Kindergarten building type		Ц3 С3	
		Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	309	11,93 %
		Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	133.793,35	28,02%
			Унапређење 1 Improvement 1	95.923,57	
			Унапређење 2 Improvement 2	54.392,05	
			Унапређење 3 Improvement 3	31.661,96	

	Тип предшколске установе Kindergarden building type			D2 D2	
	Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	187	7,22%	
Површина [m ²] Living space [m ²]		187.000	7,10 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	15.367,66	3,22%	
		Унапређење 1 Improvement 1	11.261,14		
		Унапређење 2 Improvement 2	11.261,14		
		Унапређење 3 Improvement 3	9.813,76		

	Тип предшколске установе Kindergarden building type			D3 D3	
	Заступљеност типа Frequency of building type	Број зграда Number of buildings	110	4,25 %	
Површина [m ²] Living space [m ²]		253.000	9,61 %		
	Енергија потребна за грејање [MWh/годишње] Energy needed for heating [MWh/an.]	Постојеће стање Current condition	13.267,32	2,78 %	
		Унапређење 1 Improvement 1	-		
		Унапређење 2 Improvement 2	-		
		Унапређење 3 Improvement 3	11.088,99		

7. ЗГРАДЕ ШКОЛА И ПРЕДШКОЛСКИХ УСТАНОВА: МОГУЋНОСТИ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ И СМАЊЕЊА ЕМИСИЈЕ УГЉЕН-ДИОКСИДА

Енергетске карактеристике зграде се у Србији одређују у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда. Он, тренутно, дефинише категорије зграда искључиво на основу потребне енергије за грејање, док се остали видови енергије не укључују у укупан обрачун⁶⁰. Потребне енергије за припрему санитарне топле воде и осветљење се рачунају само на основу табеларно датих вредности према нето површини зграде. У складу са овим законским оквирима, урађени су и прорачуни потребне енергије за грејање за одабране карактеристичне представнике зграда школа и вртића⁶¹. У прорачуну примарне енергије и емисије угљен-диоксида укључене су и потребне енергије за припрему санитарне топле воде, као и енергија за осветљење.

Прорачуни су урађени кроз дефинисање:

- карактеристика термичког омотача
 - термотехничких система и
 - електроенергетских система,
- и то за постојеће стање и три нивоа унапређења.

При прорачунима су коришћене карактеристике одабраних репрезентата моделских зграда дефинисаних кластер анализом. За прорачуне потребне енергије, као и за емисију угљен-диоксида на нивоу Србије, коришћене су површине и број зграда из кластер анализе. На овај начин добијене вредности могу се сматрати репрезентативним за целу земљу, а у складу са квалитетом добијених улазних података.

У Табели 18 дате су обрачунате енергије: потребна, испоручена и примарна, као и емисија угљен-диоксида за све школе и вртиће на територији Србије за постојеће, односно пројектовано стање, као и три нивоа унапређења за грејање и припрему санитарне

⁶⁰ Принципи прорачуна објашњени су у поглављу 4.5

⁶¹ Карактеристике типова, одабраних представника и прорачуни енергетских перформанси дати су у Књизи 2 и Књизи 3

7. SCHOOL AND KINDERGARTEN BUILDINGS: THE POTENTIAL TO INCREASE ENERGY PERFORMANCE AND REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS

In Serbia, building energy performance is assessed according to the Rulebook on energy efficiency of buildings, which presently categorizes buildings upon the heating energy demand exclusively, while other forms of energy are not included in the total calculation.⁶⁰ The energy required for domestic hot water preparation and lighting is calculated only using tabular values for the building net floor area. The heating energy demand for the selected type representatives of school and kindergarten buildings was calculated accordingly.⁶¹ The calculations for primary energy consumption and carbon dioxide emissions included the energy demand for domestic hot water preparation and lighting.

The calculations for the current condition and the three levels of improvement were made upon the performance of the following:

- Thermal envelope
- Thermo-technical systems
- Electric power systems.

The characteristics of the selected representative model buildings defined by cluster analysis were used in the calculations, and the estimates for Serbia's overall energy demand and carbon dioxide emissions were made using the number and the area of buildings obtained by clustering. The values thus obtained can be considered representative for the whole country, and are contingent upon the quality of the input data.

Table 18 shows the calculations for the required, delivered and primary energy consumption as well as carbon dioxide emissions for the heating and domestic hot water preparation systems for all schools and kindergartens in the territory of Serbia for the current condition and the three levels of improvement. Each improvement

⁶⁰ The calculation principles are explained in Section 4.5

⁶¹ The characteristics of types and selected representatives as well as calculations for energy performance are given in Books 2 and 3

топле воде. Сваки ниво унапређења обухвата архитектонске мере којима се побољшавају карактеристике термичког омотача зграде и мере побољшања термотехничких система.

Табела 18. Укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа и вртића у Србији за постојеће стање и три нивоа унапређења за грејање и припрему СТВ

level includes the architectural measures undertaken to increase the performance of the thermal envelope and the thermo-technical systems.

Table 18. Total required, delivered, and primary energy with CO₂ emissions for heating and DHW preparation in all schools and kindergartens in Serbia for the current condition and the three levels of improvement

	укупна нето површина total net area	укупна потребна енергија за грејање (Q _{hnd}) total heating energy required (Q _{hnd})	укупна потребна енергија за СТВ (Q _{stv}) total DHW energy required (Q _{stv})	укупна испоручена енергија (финална) total delivered energy (final)	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
	[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
Постојеће стање Current condition	7.368.104	1.437,18	73,68	1.974,59	1.849,74	512.747
Унапређење 1 Improvement 1	7.368.104	974,54	73,68	1.357,43	1.333,19	384.270
Унапређење 2 Improvement 2	7.368.104	558,41	73,68	784,17	699,09	207.978
Унапређење 3 Improvement 3	7.368.104	377,30	73,68	156,53	391,34	207.411

У Табели 19 дате су вредности за енергију за осветљење и то за потребну енергију и примарну енергију. У истој табели израчунате су и вредности за емисију угљен-диоксида. Прорачуни су урађени за постојеће стање и три различита нивоа унапређења. Треба истаћи да вредности дате у табели, као карактеристика типа осветљења које се користи, не зависе од архитектонских карактеристика зграде и карактеристика њеног термичког омотача, већ само прате принципе обнове од једноставнијих технолошких решења ка савременијим и енергетски ефикаснијим.

Table 19 presents the values calculated for the required and primary energy as well as carbon dioxide emissions for the lighting system for the current condition and the three levels of improvement. It should be noted that the values given in the table for the lighting system performance do not depend on the architectural characteristics of the building or the performance of its thermal envelope but only follow the renovation principles, from simpler to more up-to-date and energy efficient technological solutions.

Табела 19. Укупно потребна и примарна енергија као и емисија угљен-диоксида свих школа и вртића у Србији за постојеће стање и три нивоа унапређења система осветљења

Table 19. Total required and primary energy with CO₂ emissions for the lighting system in all schools and kindergartens in Serbia for the current condition and the three levels of improvement

	укупна нето површина total net area	укупна потребна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
	[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
Постојеће стање Current condition	7.368.104	51,88	171,34	56,270
Унапређење 1 Improvement 1	7.368.104	21,09	69,59	22,873
Унапређење 2 Improvement 2	7.368.104	20,56	67,84	22,326
Унапређење 3 Improvement 3	7.368.104	19,56	64,53	21,162

7.1 Потребна енергија

Сабирањем вредности из Табела 18 и 19 за потребну енергију за грејање, припрему санитарне топле воде и осветљење добија се укупно потребна енергија за све школске зграде и зграде предшколских установа у Србији. Обрачуни су дати за постојеће стање као и за сва три нивоа унапређења раније дефинисана. (Табела 20)

Уколико се изврши упоређивање прорачунатих и реалних вредности (за објекте код којих постоје доступни подаци) уочавају се приметна неслагања вредности. Основни разлог за овакве резултате је последица примењене методологије прорачуна. Као што је наглашено, сви прорачуни су извршени према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, који подразумева да се загрева целокупна површина зграде и то без прекида загревања (ноћу, викендом, празницима, током зимског распуста). Методологија примењена у Правилнику је развијена како би се могле поредити зграде без утицаја начина и дужине трајања грејања као једне од карактеристика понашања корисника. Такође, прорачун поједностављеном,

7.1 Energy demand

The sum of the values for the energy required for heating, domestic hot water preparation and lighting from Tables 18 and 19 represents the total energy demand for all school and kindergarten buildings in Serbia. The calculations for the current condition and for the three levels of improvement are given in Table 20.

The comparison between the calculated and the factual values (for the buildings with available data) reveals marked discrepancies, mainly arising from the calculation methodology applied. As it has been emphasized earlier, all calculations were carried out according to the Rulebook on energy efficiency of buildings, which assumes that the entire building floor area is heated without interruption (at night, weekends, holidays, or during the winter break). The Rulebook methodology was developed in such a manner that the buildings could be compared regardless of the heating manner or duration, as these depend on user behavior. Besides, the simplified, quasistationary calculation method used to define the standard temperatures does not distinguish between thermal zones with different space functions, so

квазистационарном методом, коју дефинише правилник, не препознаје различите термичке зоне дефинисане прописаним температурама у зависности од намене просторија, тако да се ходници, степеништа и учионице третирају истом унутрашњом пројектном температуром. Сложеније методе прорачуна и симулације, иако дају резултате приближније измереним вредностима, због комплексности није могуће користити зарад дефинисања типологије. Истражује се оптимизација добијених резултата применом фактора корекције, али ова истраживања још су у почетној фази (Кадрић, Живковић et al. 2018; Рајчић, Радивојевић, Елезовић, 2015).

Табела 20. Укупно потребна енергија за грејање, СТВ и расвету за све школе и вртиће у Србији

	укупна потребна енергија за грејање (Q _{hnd}) total heating energy required (Q _{hnd})	укупна потребна енергија за СТВ (Q _{stv}) total DHW energy required (Q _{stv})	укупна потребна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупно total
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Постојеће стање Current condition	1.437,18	73,68	51,8	1.562,74
Унапређење 1 Improvement 1	9.754,54	73,68	21,09	1.069,31
Унапређење 2 Improvement 2	558,41	73,68	20,56	652,65
Унапређење 3 Improvement 3	377,30	73,68	19,56	470,54

Поређењем добијених резултата може се констатовати да је кроз унапређења зграда школа и предшколских установа могуће остварити велику уштеду у укупној потребној енергији. (Графикони 5 и 6)

Укупна потребна енергија се кроз различите нивое унапређења може смањити на 68% код унапређења 1, 42% код унапређења 2, на само 30% првобитне израчунате потребне енергије за најзахтевнији и најобимнији вид унапређења, унапређење 3.

that the corridors, stairs and classrooms are treated with the same projected indoor temperature. Due to complexity, the more sophisticated methods of calculation and simulation could not be used to define the typology although their results would be closer to the measured values. Further optimization of the obtained results using the correction factor has been investigated, but these studies are still in the initial phase (Kadrić, Živković et al., 2018; Rajčić, Radivojević, Elezović, 2015).

Table 20. Total heating, DHW, and lighting energy demand in all schools and kindergartens in Serbia

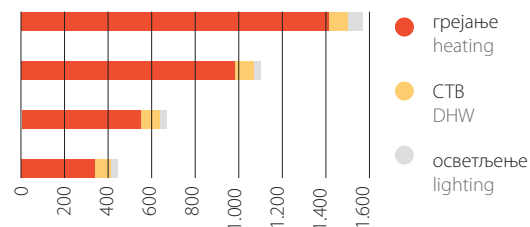
The comparison of the obtained results indicates that significant savings in the total energy demand are achievable by the improvements of school and kindergarten buildings (Figures 5 and 6).

Thus, the total energy demand could be reduced to 68% of the baseline calculations with Improvement 1, to 42% with Improvement 2, and to as low as 30% with Improvement 3, as the most comprehensive set of measures.

Графикон 5. Потребна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење за све школе и вртиће у Србији [GWh/a]

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

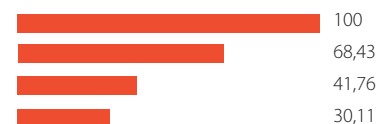
Figure 5. Heating, DHW and lighting energy demand for all schools and kindergartens in Serbia [GWh/a]



Графикон 6. Укупна потребна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење за све школе и вртиће у Србији [%]

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

Figure 6. Total heating, DHW and lighting energy demand for all schools and kindergartens in Serbia [%]



На Графикону 7 дато је процентуално смањење потребне енергије за грејање за постојеће стање и три нивоа унапређења, али само у односу на потребну енергију за грејање код постојећег стања зграда. На ово смањење енергије утичу, искључиво, мере обнове термичког омотача зграда, па је евидентно да прва два типа архитектонских мера описаних у унапређењу 1 и 2 смањују потребну енергију за грејање за око 30%, док најзахтевнији, 3. облик унапређења, смањује потребну енергију у односу на унапређење 2 за око 12%. На основу ових анализа, као и кроз анализу трошковне оптималности предвиђених мера, треба тражити и начине и облике обнове зграда школа и вртића који ће се примењивати у пракси.

Figure 7 presents a percentage reduction in the required heating energy for the current condition and the three levels of improvement but only with respect to the heating energy demand for the building current condition. This reduction is achieved solely by the measures to improve the building thermal envelope, so it is evident that the first two sets of architectonic measures described in Improvements 1 and 2 reduce the heating energy demand by approximately 30%, while further approximately 12% reduction is achieved by Improvement 3 relative to Improvement 2. These considerations, together with the analysis into cost optimality of the proposed measures, should be the base for seeking further approaches to renovation of school buildings and kindergartens that will be applicable in practice.

Графикон 7. Укупна потребна енергија за грејање за све школе и вртиће у Србији [%]

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

Figure 7. Heating energy demand for all schools and kindergartens in Serbia [%]

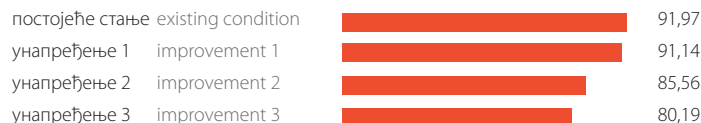


Интересантно је анализирати и како се мењају, са унапређењима, и међусобни односи потребних

It is interesting to analyze how the mutual relationships among the types of energy demand also change

енергије. На Графиконима 8, 9 и 10 приказани су појединачно процентуални односи потребних енергија за грејање, санитарну топлу воду и осветљење у односу на укупну потребну енергију за ове намене за постојеће стање и три нивоа унапређења.

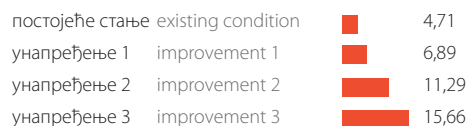
Графикон 8. Потребна енергија за грејање за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну потребну енергију [%]



Како највећи део укупне потребне енергије чини управо потребна енергија за грејање, она и кроз сва унапређења остаје доминантни део укупне потребне енергије. Ипак, њен удео са побољшањем термичких карактеристика и побољшањем система грејања опада са 92%, код постојећег стања зграда, на 80% за трећи и најобимнији ниво рехабилитације зграда школа и дечијих установа.

Потребна енергија за грејање санитарне топле воде је по својој вредности константна, будући да зависи само од површине зграде; прорачун је урађен у складу са важећом регулативом. Међутим, у релативном процентуалном односу учешће потребне енергије за припрему санитарне топле воде, у укупној потребној енергији, расте од нешто мање од 5% код постојећег стања до преко 15% код трећег нивоа унапређења.

Графикон 9. Потребна енергија за припрему СТВ за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну потребну енергију [%]



Када је потребна енергија за освету у питању, са планираним унапређењима њена вредност стално опада. Међутим, у релативном односу, према укупној потребној енергији, процентуалне вредности немају

with the improvements. Figures 8, 9 and 10 show the respective percentage relationships of heating, domestic hot water and lighting energy demand relative to the total energy demand, for the current condition and the three levels of improvement.

Figure 8. Heating energy demand for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total energy demand [%]

Although the share of heating in the total energy demand is predominant in all improvements, it still decreases from 92% for the current condition to 80% for Improvement 3, after thermal performance of the building and the heating system have been upgraded.

In the calculations made in accordance with the current regulations, the energy required for DHW preparation is constant as its value depends solely on the building area. However, shown as the relative percentage ratio, the share of energy demand for domestic hot water preparation in the total energy consumption grows from slightly below 5% for the current condition to above 15% for Improvement 3.

Figure 9. DHW energy demand for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total energy demand [%]

With regard to the energy required for lighting, its value constantly decreases with the proposed improvements. However, in terms of the relative relationship to total energy demand, its percentage values do not show

тренд опадања, већ се најмање учешће добија код првог степена унапређења, а највеће код последњег, где је архитектонским мерама драстично смањена потребна енергија за грејање. (Графикон 10)

Графикон 10. Потребна енергија за осветљење за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну потребну енергију [%]

постојеће стање	existing condition	3,32
унапређење 1	improvement 1	1,97
унапређење 2	improvement 2	3,15
унапређење 3	improvement 3	4,16

a declining trend. Rather, it has the lowest share for Improvement 1 and the highest for Improvement 3, in which heating energy demand is drastically reduced by the architectural measures (Figure 10).

Figure 10. Lighting energy demand for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total energy demand [%]

7.2 Испоручена (финална) енергија

Када је испоручена, то јест финална енергија у питању, могуће је анализирати ефекте унапређења на исти начин. Код обрачуна финалне енергије, код осветљења, њене вредности су изједначене са потребном енергијом, будући да се за ову намену користи искључиво електрична енергија, тако да су добијене вредности укупне испоручене енергије настале као збир испоручене енергије за грејање и санитарну топлу воду и потребне енергије за осветљење. (Табела 21, Графикон 11)

Табела 21. Испоручена (финална) енергија за све школе и вртиће у Србији

7.2 Delivered (final) energy

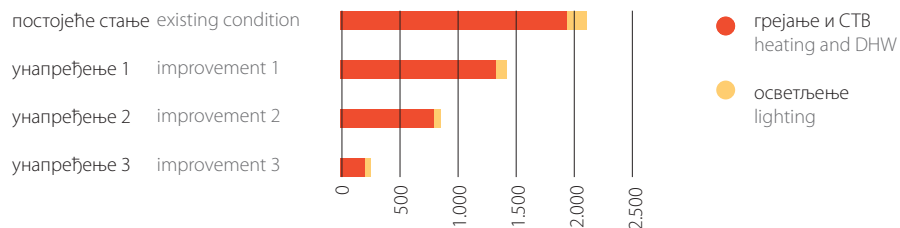
The effects of the improvements on delivered, or final, energy consumption can be analyzed in a similar manner. As only electricity is used for lighting, the calculation values for final lighting energy are equal to those for energy demand. Therefore, the values for the total final energy were obtained as the sum of the heating and DHW energy delivered and the lighting energy required (Table 21, Figure 11).

Table 21. Delivered (final) energy for all schools and kindergartens in Serbia

	укупна потребна енергија за грејање и СТВ total delivered heating energy and DHW required	укупна потребна енергија за осветљење total delivered energy required for lighting	УКУПНО total
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Постојеће стање Current condition	1.974,59	51,88	2.026,47
Унапређење 1 Improvement 1	1.357,43	21,09	1.378,52
Унапређење 2 Improvement 2	784,17	20,56	804,73
Унапређење 3 Improvement 3	156,53	19,56	176,09

На основу датих података може се констатовати да се укупна испоручена енергија са сваким унапређењем константно смањује и да је обновом зграда школа и вртића, које обухватају обнову термичког омотача зграде али и унапређење система грејања и осветљења, могуће остварити знатне уштеде.

Графикон 11. Испоручена (финална) енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење за све школе и вртиће у Србији [GWh/a] (%)



The given data suggest that the total delivered energy is constantly reduced with every set of improvement measures and that significant savings can be achieved by the renovation of schools and kindergartens that includes upgrading the thermal envelope and the heating and lighting systems.

Figure 11. Delivered (final) heating, DHW and lighting energy, for all schools and kindergartens in Serbia [GWh/a] (%)

На Графикону 12 дати су процентуални односи укупне испоручене (финалне) енергије за три нивоа унапређења у односу на израчунату укупну испоручену енергију за зграде у постојећем стању. Сва три нивоа предвиђених унапређења утичу на битно смањење испоручене енергије. Првим нивоом унапређења испоручена енергија се смањује на 68%, другим за даљих 28% и износи 40% првобитне вредности. Трећи најобимнији облик обнове зграда, унапређење 3, своди испоручену енергију на свега 9% од испоручене енергије код постојећег стања зграда.

Графикон 12. Испоручена (финална) енергија за грејање, СТВ и осветљење за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну испоручену (финалну) енергију у постојећем стању [%]



Figure 12 presents the percentage relationships between the total delivered (final) energy for the three levels of improvement and the calculated total delivered energy for the current condition of buildings. Significant reductions in the delivered energy are achieved by each of the three levels of proposed improvements. Improvement 1 reduces the delivered energy to 68%, Improvement 2 adds further 28% reductions and amounts to 40% of the baseline value. Finally, Improvement 3 reduces the delivered energy to 9% of the value for the current building condition.

Figure 12. Delivered (final) heating, DHW and lighting energy for all schools and kindergartens in Serbia, relative to delivered (final) energy for the current condition [%]

И у овом случају интересантно је сагледати и појединачни утицај појединих сегмената испоручене енергије, у овом случају грејања и СТВ (Графикон 13) и осветљења (Графикон 14) и њихов удео у укупној испорученој енергији.

Графикон 13. Испоручена (финална) енергија за грејање и СТВ и за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну испоручену (финалну) енергију по унапређењима [%]



Again, it is interesting to examine the specific effects of final energy segments, particularly heating and DHW (Figure 13) and lighting (Figure 14), and their share in the total final energy consumption.

Figure 13. Delivered (final) heating and DHW energy for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total delivered (final) energy, by improvements [%]

Графикон 14. Испоручена (финална) енергија за осветљење за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну испоручену (финалну) енергију по унапређењима [%]

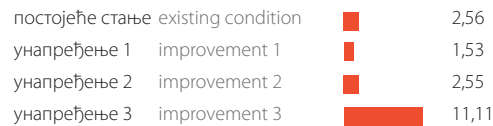


Figure 14. Delivered (final) lighting energy for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total delivered (final) energy, by improvements [%]

Са Графикона 13 и 14 може се сагледати да је однос испоручене енергије за грејања и припрему санитарне топле воде према испорученој енергији за осветљење приближно константан за постојеће стање зграде и унапређења 1 и 2 и креће се приближно око вредности 98:2. Насупрот томе, код унапређења 3 учешће испоручене енергије за грејање и СТВ нагло опада, а испоручена енергија за осветљење расте до односа 89:11. Оваква промена односа може се објаснити кроз дефинисање унапређења 3 који обухвата веома захтевне мере обнове термичког омотача зграде и ефикасне системе грејања и припреме санитарне топле воде, док сличан ниво побољшања код осветљења није могућ.

7.3 Примарна енергија

Сличне анализе спроведене су и када је укупна примарна енергија у питању. На израчунате вредности, поред архитектонских мера обнове које су

Figures 13 and 14 suggest that the ratio of final energy consumption for heating and domestic hot water preparation to final energy consumption for lighting is rather constant in the range of approximately 98: 2 for the current building condition and for Improvements 1 and 2. On the contrary, with Improvement 3, the share of final heating and DHW energy drops sharply, while it rises to 89:11 for final lighting energy consumption. This change of ratio can be explained through the definition of Improvement 3, which involves comprehensive renovation measures for the thermal envelope and the systems for heating and domestic hot water preparation, while a similar level of improvement is not possible to achieve for the lighting system.

7.3 Primary energy

Similar analyses were conducted for total primary energy. In addition to the architectonic renovation measures that definitely resulted in reducing the heating

имале пресудну улогу на смањење потребне енергије за грејање, утичу и инсталирани системи термо-техничких инсталација и системи осветљења. (Табела 22, Графикон 15 и 16). Трендови и односи који су констатовани код испоручене енергије, задржали су се и код примарне енергије. Приметно је да се учешће примарне енергије у укупној примарној енергији са сваким следећим унапређењем повећава. За ову појаву објашњење је дато раније.

Табела 22. Укупна примарна енергија за све школе и вртиће у Србији

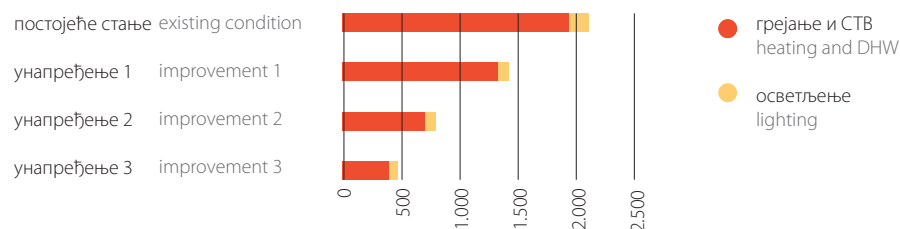
energy demand, the calculated values were also influenced by the installed thermo-technical and lighting systems (Table 22, Figures 15 and 16). The trends and relationships observed for delivered energy also apply to primary energy. It is noticeable that the share of primary energy in total primary energy increases with each subsequent improvement. The explanation for this phenomenon has been given earlier.

Table 22. Total primary energy for all schools and kindergartens in Serbia

	укупна примарна енергија за грејање и СТВ total heating energy and DHW required	укупна примарна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупна примарна енергија за грејање, СТВ и осветљење total heating energy, DHW and lighting required
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Постојеће стање Current condition	1.849,74	171,34	2.021,08
Унапређење 1 Improvement 1	1.333,19	69,59	1.402,78
Унапређење 2 Improvement 2	699,09	67,84	766,93
Унапређење 3 Improvement 3	391,34	64,53	455,87

Графикон 15. Укупна примарна енергија за све школе и вртиће у Србији [GWh/a]

Figure 15. Total primary energy for all schools and kindergartens in Serbia [GWh/a]



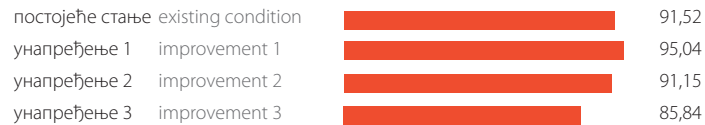
Графикон 16. Укупна примарна енергија за све школе и вртиће у Србији у односу постојеће стање [%]

Figure 16. Total primary energy for all schools and kindergartens in Serbia, relative to current condition (%)



Укупна примарна енергија се смањује са сваким степеном унапређења. У односу на почетно постојеће стање (100%) смањује се на приближно 70% код првог унапређења, на приближно 38% код другог и на 26% код трећег, најобимнијег и најзахтевнијег нивоа унапређења.

Графикон 17. Примарна енергија за грејање и СТВ за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну примарну енергију по унапређењима [%]



Total primary energy decreases with each level of improvement. Compared to the baseline current condition (100%), it is reduced to approximately 70% for Improvement 1, to approximately 38% for Improvement 2, and to 26% for Improvement 3.

Figure 17. Primary heating and DHW energy for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total primary energy, by improvements [%]

Графикон 18. Примарна енергија за осветљење за све школе и вртиће у Србији у односу на укупну примарну енергију по унапређењима [%]

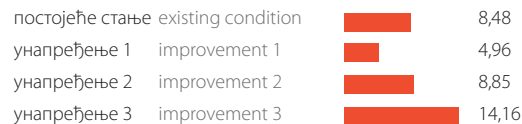


Figure 18. Primary lighting energy for all schools and kindergartens in Serbia, relative to total primary energy, by improvements [%]

Уколико се анализирају појединачно учешћа примарне енергије за грејање и СТВ, односно примарне енергије за осветљење у односу на укупну примарну енергију, за постојеће стање зграда школа и вртића и за три различита нивоа унапређења, може се закључити да међусобни однос варира и креће се у оквиру 4%, осим код унапређења 3. Код овог, најобимнијег и најзахтевнијег, унапређења, где су претпостављене значајне интервенције на термичком омотачу и инсталисање ефикасних термотехничких система, удео примарне енергије за осветљење пење се на преко 14%, с обзиром на то да систем расвете не може да одговори даљим унапређењима.

If analyzed relative to total primary energy, the respective shares of primary heating and DHW energy and primary lighting energy for the current condition of school buildings and kindergartens and for the three levels of improvement indicate that their mutual relationship varies within 4% except for Improvement 3. With this most comprehensive set of improvement measures, in which significant interventions on the thermal envelope as well as the installation of efficient thermo-technical systems are proposed, the share of primary lighting energy rises to over 14%, as the lighting system is not conducive to further improvements on an equal scale.

7.4 Емисија угљен-диоксида

Анализа добијених података, када је емисија угљен-диоксида у питању, показује нешто другачије резултате што показују Табела 23, Графикони 19 и 20. Сва унапређења доводе до смањења емисије у односу на почетно стање (пројектовану, односно постојећу зграду), али унапређење 2 и унапређење 3 дају подједнаке вредности емисије угљен-диоксида на годишњем нивоу. Ако је емисија код почетног стања 100%, емисија се смањује на приближно 72% код првог унапређења, а даља унапређења, друго и треће, доводе до смањења на око 40% у односу на првобитну емисију. Објашњење за исту вредност емисије угљен-диоксида код другог унапређења лежи у промени типа енергента⁶².

Анализа појединачних утицаја, с једне стране грејања и припреме санитарне топле воде и осветљења са друге стране, у овом случају није рађена, будући да се у потпуности задржавају тенденције констатоване код испоручене и примарне енергије

Табела 23. Укупна емисија угљен-диоксида за све школе и вртиће у Србији

	укупна емисија CO ₂ грејање и СТВ total CO ₂ emission heating energy and DHW	укупна емисија CO ₂ осветљење total CO ₂ emission lighting	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
	[t CO ₂ /a]	[t CO ₂ /a]	[t CO ₂ /a]
Постојеће стање Current condition	512.747	56.270	569.017
Унапређење 1 Improvement 1	384.270	22.873	407.143
Унапређење 2 Improvement 2	207.978	22.326	230.304
Унапређење 3 Improvement 3	207.411	21.162	228.573

7.4 Carbon dioxide emissions

The analysis of the data obtained for carbon dioxide emissions shows slightly different results (Table 23, Figures 19 and 20). All improvements lead to reductions in emissions, relative to the current condition of a designed or existing building, but the annual values for carbon dioxide emissions for Improvements 2 and 3 are the same. If the baseline emissions are taken as 100%, the emissions are reduced to approximately 72% with Improvement 1, whereas Improvements 2 and 3 produce a reduction of approximately 40%. The explanation for the same carbon dioxide emission value for Improvement 2 is the change in the type of energy source.⁶²

The particular influences of heating and DHW preparation on the one hand and lighting on the other were not analyzed for carbon dioxide emissions, as the tendencies are consistent with those found for delivered and primary energy.

Table 23. Total CO₂ emissions for all schools and kindergartens in Serbia

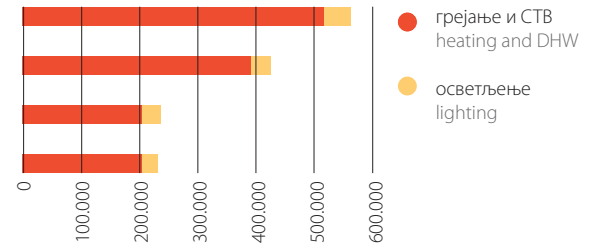
⁶² видети конкретне примере на репрезентима типова у Књизи 2 и Књизи 3

⁶² See concrete examples for type representatives in Books 2 and 3

Графикон 19. Укупна емисија угљен-диоксида за све школе и вртиће у Србији [t/a]

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

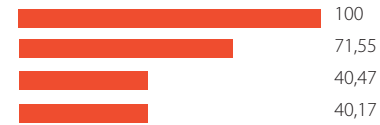
Figure 19. Total CO₂ emissions for all schools and kindergartens in Serbia [t/a]



Графикон 20. Емисија угљен-диоксида за све школе и вртиће у Србији у односу на емисију у постојећем стању зграда [%]

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

Figure 20. CO₂ emissions for all schools and kindergartens in Serbia, relative to current condition emissions [%]



ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

Ćuković Ignjatović N, Ignjatović D, Stanković B. (2016) Possibilities for energy rehabilitation of typical single family house in Belgrade—Case study. *Energy and Buildings*, Vol. 115, Special Issue: A selection of International Academic Conference „Places and Technologies 2014“, 154–162.

Ignjatović D, Jovanović Popović M, Kavran J. (2015) Application of sunspaces in fostering energy efficiency and economical viability of residential buildings in Serbia. *Energy and Buildings*, Vol.98, Special Issue: Renewable Energy Sources and Healthy Buildings, 3–9.

Kadrić Dž, Živković B, Delalić N, Delalić B, Bešović I. (2018) *Nacionalna tipologija stambenih zgrada u Republici Srbiji i Bosni i Hercegovini u funkciji određivanja potrebne i isporučene energije za grijanje stambenog sektora*. *Časopis KGH*, br.1, februar 2018, godina 47, str.67–78.

Rajčić A, Radivojević A, Elezović M.(2015) Correlation between the morphology of unheated staircase and energy performance of residential buildings. *International Scientific Journal „Thermal Science“*, Vol. 19, No 3, pp 845–856.

Trifunović J, Mikulović J, Đurišić Ž, Đurić M, Kostić M. (2009) Reductions in electricity consumption and power demand in case of the mass use of compact fluorescent lamps. *Energy*, Vol 34, 1355–1363.

Trifunović J, Mikulović J, Đurišić Ž, Kostić M. (2011) Reductions in electricity losses in the distribution power system in case of the mass use of compact fluorescent lamps. *Electric Power Systems Research*, Vol 81, 465–477.

ИЗВОРИ BIBLIOGRAPHY

Atanasiu B., Despret C., Economidou M., Maio J., Nolte I., Rapf O. (2011) Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

Building Bulletin 101 Ventilation of School Buildings (2006) Regulations, Standards and Design Guidance. доступно на: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130323070712/https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/BB-101.pdf> (приступљено 5.7.2018.)

Државни педагошки стандард основношколског сустава одгоја и образовања, *Народне* новине број 63. од 2.6.2008. и број 90. од 21.7.2010.

Dudek M. (2007) Schools and Kindergartens (Design Manuals). Birkhäuser Architecture.

EC, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings.

EC, Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC, Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16.

EC, Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

EC, Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Official Journal of the European Union 14.11.2012, L 315/1. Text with EEA relevance

EC, Notices from European Union institutions, bodies, offices and agencies (2012) Guidelines accompanying Commission delegated regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2013/10/EC. Official Journal of the European Union 16.01.2012, C115, 1-28.

EC (2003) Guidelines for healthy environments within European schools. доступно на: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC87071/guidelines%20for%20healthy%20environments%20within%20european%20schools_final_en_to%20publish.pdf (приступљено 05.07.2018.)

Јовановић Поповић М, Игњатовић Д, Радивојевић А, Рајчић А, Ђуковић Игњатовић Н, Ђукановић Љ, Недић М. (2013) Национална типологија стамбених зграда Србије/National Typology of Residential Buildings in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GiZ. Beograd.

Кнежевина Србија Устројење јавне училишне наставе, 1844.

Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник Републике Србије, бр.61/2011 / Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of Republic of Serbia (2011) Rulebook on energy efficiency in buildings. The Official Gazette of Republic of Serbia No. 61/2011.

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени гласник Републике Србије, бр.69/2012 / Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of Republic of Serbia (2012) Rulebook on conditions, content and method of issuing energy performance certificates. The Official Gazette of Republic of Serbia No. 69/2012.

Правилник о класификацији објеката, Службени гласник Републике Србије бр. 22/2015 / Rulebook on clasification of builings.The Official Gazette of Republic of Serbia No. 22/2015.

Правилник о поступку спровођења обједињене процедуре електронским путем , Службени гласник Републике Србије, бр. 113/2015, 96/2016 и 120/2017 / Rulebook on the procedure of implementing the unified procedure electronically. The Official Gazette of Republic of Serbia No. 113/2015, 96/2016 and 120/2017.

Правила о грађењу школа и намештају школском, Министарство просвете Кнежевине Србије 1881, Министар Ст. Новаковић.

Правилник о нормативима школског простора, опреме и наставних средстава за основну школу,Сл. гласник СРС – Просветни гласник, бр. 4/1990

Петровић Бећировић С, Васић М. (2012) Energy-efficient refurbishment of public buildings in Serbia. REHVA journal. Dec 2012. доступно на: <https://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/2012/062012/energy-efficient-refurbishment-of-public-buildings-in-serbia-full-version.html> (приступљено 5.7.2018.)

Scuolesostenibili – Guild all' efficienza energetica negli edifici scolastici, ENEA Agenzia Nazionale Eficienza Energetica, доступно на: <http://www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili> (приступљено 5.7.2018.)

Статистички годишњак Републике Србије (2014) Републички завод за статистику, доступно на: <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2014/pdfE/G20142013.pdf> (приступљено 5.7.2018.)

Статистички календар Републике Србије (2018) Републички завод за статистику, доступно на: <http://webzrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/80/91/StatistickiKalendarRS2018.pdf> (приступљено 5.7.2018.)

Вучетић М. (1988), Предшколско васпитање у Војводини 1945–1947, Зборник за друштвене науке, 1988, свеска 104–105.

Закон устројства основних школа, Кнежевина Србија, Заступник Министра просвете и црквених дела Министар финансија К. Цукић, 1863.

Школе у Србији, М.Ђ.Милићевић, Државна Штампарија, 1868.

Закон о основама система образовања и васпитања , Сл. гласник РС, бр. 72/2009, 52/2011, 55/2013, 35/2015 – аутентично тумачење, 68/2015 и 62/2016–одлука УС)

Закон о високом образовању, Сл. гласник РС, бр. 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010, 93/2012, 89/2013,99/2014, 45/2015 – аутентично тумачење, 68/2015 и 87/2016)

Закон о дечијим вртићима, Службени гласник Републике Србије, бр. 24/1957
Закон о предшколском васпитању и образовању , Службени гласник РС бр. 18/2010 и 101/2017

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ WEB SOURCES

Историјат Карловачке гимназије. доступно на: <https://sites.google.com/site/karlgimn1/o-skoli/istorijat-skole>
(приступљено 5.7.2018.)

Република Србија, Републички завод за статистику, методолошка објашњења: <http://webzrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/MethodologyHelp.aspx?IndicatorID=110201IND01&sAreas=false> (приступљено 5.7.2018.)

<http://www.buildup.eu/en/news/overview-school-buildings-leading-examples-energy-efficient-renovation-0>
(приступљено 5.7.2018.)

<https://www.school-of-the-future.eu/index.php/project-results/demonstration-buildings> (приступљено 5.7.2018.)

CIP - Каталогизација у публикацији -
Народна библиотека Србије, Београд

727.1:620.9(497.11)

ЗГРАДЕ школских и предшколских установа : методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности / Милица Јовановић Поповић ... [и др.] ; [фотографије репрезентата типова Срђан Боснић] = School and Kindergarten Buildings : a methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency / Milica Jovanović Popović ... [et al.] ; [photographs of building type representatives Srđan Bosnić]. - Germany : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2018 (Београд : Цицеро). - 97 стр. : илустр. ; 22 x 22 cm

Упоредо срп. и енгл. текст. - "Пројекат српско-немачке развојне сарадње 'Енергетска ефикасност у јавним зградама'" --> импресум. - Тираж 180. - Напомене и библиографске референце уз текст. - Библиографија: стр. 94-97.

ISBN 978-86-80390-28-4

1. Ур. ств. насл. 2. Јовановић Поповић, Милица, 1953- [аутор]

а) Предшколске установе (зграде) - Енергетска ефикасност - Србија б) Школске зграде - Енергетска ефикасност - Србија

COBISS.SR-ID 270972428

Издавач — Published by the

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
2018

