



немачка
сарадња
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Sprovedeno od strane:
Implemented by:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

УНИВЕРЗИТЕТ БЕОГРАД  UNIVERSITY OF BELGRADE



Република Србија
Министарство грађевинарства,
саобраћаја и инфраструктуре



Република Србија
Министарство рударства
и енергетике

Типологија физкултурних сала школских зграда Србије

Typology of school gyms in the Republic of Serbia

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић, Бојана Зековић, Жељко Ђуришић,
Ива Батић, Вукман Бакић, Никола Мирков, Мирослав Кљажич, Драгана Константиновић,
Никола Милетић, Невена Алавук, Бранка Димитријевић, Ана Радивојевић, Мила Пуцар

Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović, Bojana Zeković, Željko Đurišić,
Iva Batić, Vukman Bakić, Nikola Mirkov, Miroslav Kljajić, Dragana Konstantinović,
Nikola Miletić, Nevena Alavuk, Branka Dimitrijević, Ana Radivojević, Mila Pucar

Издавач - Published by the

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
2019



Типологија физкултурних сала школских зграда Србије
Typology of school gyms in the Republic of Serbia



Типологија фискултурних сала
школских зграда Србије

Typology of school gyms
in the Republic of Serbia

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

АУТОРИ

Универзитет у Београду, Архитектонски факултет
Проф. др Милица Јовановић Поповић
В.проф. др Душан Игњатовић
Асист. др Бојана Зековић

Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
В.проф. др Жељко Ђуришић
Др Ива Батић, научни сарадник

Институт за нуклеарне науке Винча
Др Вукман Бакић, научни саветник
Др Никола Мирков, научни сарадник

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких
наука
Доц. др Мирослав Кљajiћ
Доц. др Драгана Константиновић

Рецензенти

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

Превод

Wordica

Impressum

PUBLISHER

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

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

AUTHORS

University of Belgrade, Faculty of Architecture
Full professor Milica Jovanović Popović, PhD.
Associate professor Dušan Ignjatović, PhD.
Teaching assistant Bojana Zeković, PhD.

University of Belgrade, School of Electrical
Engineering
Associate professor Željko Đurišić, PhD.
Research associate, Iva Batić, PhD.

Institute of Nuclear Sciences Vinča
Principal research fellow, Vukman Bakić, PhD.
Research associate, Nikola Mirkov, PhD.

University in Novi Sad, Faculty of Technical
Sciences
Assistant professor, Miroslav Kljajić, PhD.
Assistant professor, Dragana Konstantinović, PhD.

Reviewers

Professor Branka Dimitrijević
Professor Ana Radivojević
Mila Pucar

Translation

Wordica

Дизајн

Skochi u ochi

Тираж

300

Штампа

DND, Beograd

Мај 2019

Аутори

Универзитет у Београду, Архитектонски факултет
Проф. др Милица Јовановић Поповић
В.проф. др Душан Игњатовић
Асист. др Бојана Зековић

Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
В.проф. др Жељко Ђуришић
Др Ива Батић, научни сарадник

Институт за нуклеарне науке Винча
Др Вукман Бакић, научни саветник
Др Никола Мирков, научни сарадник

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких
наука
Доц. др Мирослав Кљажич
Доц. др Драгана Константиновић

Сарадници

Никола Милетић
Невена Алавук

Design

Skochi u ochi

Circulation

300

Printed by

DND, Belgrade

May 2019

Authors

University of Belgrade, Faculty of Architecture
Full professor Milica Jovanović Popović, PhD.
Associate professor Dušan Ignjatović, PhD.
Teaching associate Bojana Zeković, PhD.

University of Belgrade, School of Electrical
Engineering
Associate professor Željko Đurišić, PhD.
Research associate, Iva Batić, PhD.

Institute of Nuclear Sciences Vinča
Principal research fellow, Vukman Bakić, PhD.
Research associate, Nikola Mirkov, PhD.

University in Novi Sad, Faculty of Technical
Sciences
Assistant professor, Miroslav Kljajić, PhD.
Assistant professor, Dragana Konstantinović, PhD.

Associates

Nikola Miletic
Nevena Alavuk

Садржај

1. УВОД

2. ФИСКУЛТУРНИ БЛОК

2.1 Фискултурне сале у бројевима

2.2 Карактеристике према периоду изградње

2.3 Архитектонске карактеристике

2.4 Термотехничке инсталације

2.5 Електроенергетске инсталације

3. ДЕФИНИСАЊЕ ТИПОЛОГИЈЕ ФИСКУЛТУРНИХ САЛА

4. ПОБОЉШАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ И СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ CO₂

4.1 Унапређење архитектонско-грађевинских карактеристика

4.2 Унапређење термотехничких инсталација

4.2.1 Ефекти унапређења

4.3 Унапређење електричног осветљења

4.4 Употреба фотонапоснаких система

Table of Content

1. INTRODUCTION

2. GYM BLOCK

2.1 Gyms in figures

2.2 Characteristics by construction period

2.3 Architectural characteristics

2.4 HVAC systems

2.5 Electrical installations

3. DEFINING THE TYPOLOGY OF SCHOOL GYMS

4. INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND REDUCING CO₂ EMISSIONS

4.1 Improving architectural and construction characteristics

4.2 Improving HVAC systems

4.2.1 The effects of improvement

4.3 Improving electrical lighting

4.4. The use of photovoltaic systems

1. УВОД

Прво, свеобухватно, истраживање грађевинског фонда Србије, са посебним освртом на аспекте енергетске ефикасности, обављено је у периоду од 2011-2013. од стране истраживачког тима са Архитектонског факултета у Београду уз помоћ ГИЗ-а (GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH). Циљ пројекта био је успостављање јасног методолошког оквира класификације највећег сегмента грађевинског фонда, првенствено узимајући у обзир материјалне и волуметријске карактеристике зграда, уз сагледавање енергетских перформанси постојећег стања, као и варијантних могућности за њихово унапређење кроз процес енергетске санације. Резултати пројекта су публиковани у оквиру обимне студије под називом Национална типологија стамбених зграда Србије.

Спроведено истраживање је фокусирано искључиво на стамбене зграде чиме је обухваћен само један, додуше веома значајан, део грађевинског фонда али се на основу њега не могу извући било какви закључци о перформансама других типова зграда. Значај остварених резултата се огледа како у формулацији типологије тако и у развоју методолошког принципа анализе грађевинског фонда који се могу применити и на друге типове зграда.

За Државу Србију од изузетног значаја представља сегмент зграда јавне намене услед неопходности формулисања одговарајућих стратегија а према усвојеним европским директивама. О јавним зградама, на жалост, не постоје одговарајући подаци, а расположиви нису довољно прецизни нити структурирани на начин да се на основу њих могу израђивати стратешки документи.

Формирани методолошки приступ, уз уважавање одређених специфичности, примењен је, у оквиру даљег истраживања обављеног у периоду 2016-2018. и на део фонда јавних зграда првенствено школских и предшколских установа. Уз подршку

1. INTRODUCTION

The first comprehensive study of the building stock in Serbia, with a special focus on the energy efficiency aspects, was undertaken in the period 2011- 2013 by the research team from the Faculty of Architecture in Belgrade, with the assistance of GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH). The purpose of the project was to establish a clear methodological framework for the classification of a major segment of the building stock, primarily by taking into account material and volumetric characteristics of buildings, and by understanding energy performance of the current situation, same as potential alternatives for their improvement via the process of energy retrofitting. The results of the project were published in scope of a comprehensive study entitled National Typology of Residential Buildings in Serbia.

The conducted research was focused exclusively on residential buildings, thus covering only one, but rather important, part of the building stock, however this did not allow coming to any conclusions on the performance of other types of buildings. The relevance of the achieved results is reflected both in the formulation of typology and in the development of a methodological approach for the analysis of the building stock applicable to other types of buildings.

Extremely important for the Republic of Serbia is the segment of public buildings due to the requirement implying formulation of corresponding strategies in line with the transposed European directives. Unfortunately, there is no adequate data on public buildings, with the data available being insufficiently accurate or structured so as to be taken as a starting point for the development of strategic documents.

The formed methodological approach, taking into consideration certain specificities, was applied within a further research conducted in the period 2016- 2018, covering also a part of the public buildings stock, primarily schools and kindergartens. Supported by the researchers from the Faculty of Mechanical Engineering and School of Electrical Engineering,

истраживача са Машинског и Електротехничког факултета проучавање је детаљно обухватило како грађевинске, тако и техничко-технолошке карактеристике зграда чиме је остварен свеобухватан приступ анализе перформанси. Користећи методологију дефинисану приликом истраживања стамбених зграда и на објектима школских и предшколских установа извршена је анализа и прорачун енергетских перформанси уз дефинисање модалитета њиховог унапређења у процесу рехабилитације.

Развој типологије школских и предшколских зграда је, као и приликом претходних истраживања, подржао ГИЗ а резултати су, због обимног материјала и разноликости појединих аспеката, структурирани у виду три монографије:

Књига 1 ***Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности***, представља теоретску подлогу рада и основне принципе истраживања којим су посебно обухваћени: историјски преглед развоја зграда школских и предшколских установа, развој регулативе ове области, методологија вршења пописа и формирања типологије зграда, принципи унапређења и прорачун потенцијалне уштеде енергије као и смањења емисије угљен-диоксида кроз процесе енергетске обнове зграда на нивоу Републике Србије,

Књига 2 ***Типологија школских зграда***, представља основне карактеристике корпуса школских зграда Србије сумарно на нивоу Србије као и по усвојеној периодизацији односно детаљно приказане индивидуалне типове школских зграда са свим материјално техничким карактеристикама, нивоом енергетске ефикасности уз дефинисање модалитета унапређења и потенцијала уштеде енергије односно смањења емисије угљен диоксида.

Књига 3 ***Типологија зграда предшколских установа***, представља основне карактеристике корпуса предшколских зграда Србије сумарно на нивоу Србије као и по усвојеној периодизацији

the study included in-depth civil, but also technical and technological characteristics of buildings, thereby achieving a comprehensive approach to the analysis of their performance. Applying the methodology defined in the study of residential buildings and on the school and kindergarten buildings, the analysis and calculation of energy performance were performed, along with defining modalities for their improvement in the rehabilitation process.

The development of the typology of school and kindergarten buildings was, same as in the previous studies, supported by GIZ, and the results were, due to the extensive material and diversity of individual aspects, structured in three monographs:

Book 1 ***School and Kindergarten Buildings - a methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency***, represents a theoretical basis of our work and basic research principles, especially covering the following: historical overview of the school and kindergarten buildings development, development of legislation in this area, methodology for taking inventory and forming the typology of buildings, improvement principles and calculation of potential energy savings and CO₂ emission reduction via the processes of energy rehabilitation of buildings in the Republic of Serbia.

Book 2 ***National Typology of School Buildings in Serbia***, presents basic characteristics of school buildings stock in Serbia cumulatively at the level of Serbia, and by the adopted periodization, i.e. in-dept presentation of individual types of school buildings with all material and technical characteristics, energy efficiency level, with defined modalities for their improvement and potential for energy savings/ CO₂ emission reduction.

Book 3 ***National Typology of Kindergarten Buildings in Serbia***, presents basic characteristics of kindergarten buildings stock in Serbia cumulatively at the level of Serbia, and by the adopted periodization, i.e. in-dept presentation of individual types of kindergarten buildings with all material and technical characteristics, energy efficiency level, with de-

односно детаљно приказане индивидуалне типове предшколских зграда са свим материјално техничким карактеристикама, нивоом енергетске ефикасности уз дефинисање модалитета унапређења и потенцијала уштеде енергије односно смањења емисије угљен диоксида.

Наставак истраживања области јавних зграда је, по завршеном иницијалном раду, и даље фокусиран на школске и предшколске објекте првенствено због њиховог великог броја (процентуалног учешћа у корпусу јавних зграда) као и реалног потенцијала уштеде енергије у процесу реконструкције а који је од посебног значаја не само за појединачне зграде него и за локалне самоуправе, које су најчешће финансијери установа. Потребно је нагласити и веома битан педагошки аспект третмана овог сегмента јавних зграда где се, кроз одговарајуће интервенције и постигнуте резултате, на дирекан начин новим генерацијама приближава тематика енергетске ефикасности и домаћинског односа према постојећем грађевинском фонду.

Даљи развој пројекта, се стога, ослања на искуства претходних истраживања, с циљем даљег проширења обухвата истраживања односно унапређења знања из ове области.

У претходном раду је наглашен динамични развој школских и предшколских установа, нарочито у другој половини 20. века. Унапређење система образовања и развој нових педагошких модела довео је до значајних промена у структури и величини школских објеката. Они су просторно и програмски усложњени у вишенаменске комплексе, посебно у већим срединама, те имају значајну укупну површину, сложену конфигурацију, посебне режиме функционисања целине и делова, специјализованих по својим наменама. Такође, ови објекти и комплекси позиционирани су, често, на парцелама великих просторних капацитета, што доприноси разматрању модалитета њихове енергетске санације и потенцијала унапређења изван стриктно грађевинских мера. Ове чињенице утицале су на одлуку да се овим зградама приступи кроз шире посматрање њиховог енергетског

finied modalities for their improvement and potential for energy savings/ CO2 emission reduction.

The follow-up to the study of public buildings is, after finalising the initial work, still focused on school and kindergarten buildings, primarily due to their large number (percentage share in the public buildings stock), and realistic potential for energy savings in the rehabilitation process, that are particularly relevant not only for individual buildings, but for the local governments as well, that are most often the financiers of these institutions. A very important pedagogical aspect of treatment of this segment of public buildings needs to be particularly stressed, given that through appropriate interventions and achieved results, new generations are being directly introduced to the topic of energy efficiency and due care of the existing building stock.

Further development of the project therefore relies on the experiences gained in the previous studies, aiming to further extend the scope of the study and improve the knowledge in this area.

The previous work outlined the dynamic development of school and kindergarten buildings, especially in the second half of the 20th century. The improvement of education system and the development of new teaching models brought about significant changes in the structure and size of school buildings. They are spatially and curriculum-wise made more complex as multi-purpose complexes, especially in larger cities, implying significant total area, complex configuration, special functioning regimes of the whole and its parts, specialised by their designated use. In addition, these buildings and complexes are often positioned on lots of large spatial capacities, which contributes to considering the modalities of their energy rehabilitation and improvement potential outside strictly construction-based measures. These facts have affected the decision to approach these buildings through broader observation of their energy efficiency improvement, transcending interventions on those buildings only. The study was extended in two directions:

a) aiming to identify buildings or parts of build-

унапређења, а које превазилази интервенције на самим зградама. Истраживање је проширено у два правца:

а) са циљем да се идентификују објекти или делови објеката значајних просторних капацитета, који имају специфичне грађевинске карактеристике и режиме коришћења, и притом значајно учествују у укупној површини школског објекта/комплекса – првенствено целине физкултурних сала;

б) са циљем да се утврде потенцијали енергетског унапређења целокупних комплекса како школских тако и зграда предшколских установа употребом обновљивих извора енергије, испитујући могућа варијантна решења.

Резултати ових истраживања, по обухвату и методолошком принципу веома различитих су публиковани у две монографије, које са претходним чине јединствену целину:

Књига 4

Типологија физкултурних сала школских зграда Србије

Књига 5

Примена обновљивих извора енергије на зградама предшколских и школских установа са физкултурним салама Србије

Проширивање обима истраживања креира основ за формирање свеобухватније стратегије унапређења грађевинског фонда у јавном власништву у Републици Србији. Унапређење методолошког приступа обнове истраживањем могућности примене обновљивих извора енергије води, такође, ка целовитијој стратегији смањења потрошње енергије и смањења емисије CO₂. Како је Србија, потписујући одговарајуће међународне акте, преузела обавезу да енергетски унапређује грађевински фонд у јавном власништву, ова истраживања доприносе јаснијем сагледавању могућих модалитета енергетске санације и њихових ефеката, за појединачне објекте али и на ширем плану.

Типологија физкултурних сала школских зграда Србије употпуњује приступ енергетског унапређења школских зграда развојем посебних стратегија за

ings of significant spatial capacity, with specific construction features and operating regimes, that have a significant share in the total area of the school building/ complex- and these are primarily gyms;

б) aiming to determine the potentials for energy efficiency improvement of the entire complexes, of both school and kindergarten buildings, for the use of renewable energy sources, by examining potential alternative solutions.

The results of these studies, quite different in terms of the scope and methodological approach, are published in two monographs, comprising one whole together with the previously mentioned:

Book 4

Typology of School Gyms in the Republic of Serbia

Book 5

The Use of Renewable Energy Sources in School, Kindergarten and Gym Buildings in Serbia

The extension of the study scope creates a basis for the formation of a more comprehensive strategy for the improvement of the building stock owned by the Republic of Serbia. The improvement of methodological approach to rehabilitation by exploring possibilities for the use of renewable energy sources also leads to a more comprehensive strategy for the reduction of energy consumption and CO₂ emission. Given that by signing appropriate international documents, Serbia has assumed the obligation to improve the energy efficiency in the public buildings stock, these studies contribute to a clearer view of the possible modalities of energy efficiency retrofitting and their effects, for individual buildings, but also on a broader scale.

Typology of School Gyms in Serbia complements the approach of energy efficiency improvement of school buildings by developing separate strategies for their integral parts- gyms. The specific architectural characteristics of gyms expressed via the size-volume ratio, facade envelopes, type and materialisation of roofs, operating regimes, same as the fact that they most often represent separated sections in view of the curriculum, but still integral parts of the

њихове интегралне целине - физкултурне сале. Специфичне архитектонске карактеристике сала исказане кроз - однос површине и запремине, фасадне омотаче, тип и материјализацију кровних површина, затим режими коришћења, као и чињеница да, најчешће, представљају програмски издвојене, а опет интегралне делове инфраструктурног система објекта, чине ове целине вредне анализе у свеукупном систему школских зграда.

Процес истраживања сегмента физкултурних сала резултирао је формирањем одговарајуће типологије, при чему су анализирани могућности унапређења енергетских перформанси не само грађевинских елемената и склопова, већ термотехничких и електроенергетских система. Утврђени типови и резултати прорачуна енергетских перформанси и могућности унапређења индикативни су за доношење закључака о могућим стратегијама и приступима обнови у појединачним случајевима. Типологија физкултурних сала може се, у одређеним случајевима, довести у релацију са постојећом националном типологијом школа, чиме се закључци спроведених анализа могу користити као елементи јединствене стратегије енергетске санације и обнове целокупног сегмента школских зграда.

У односу на овај генерални методолошки оквир, а услед непостојања одговарајуће базе података о физкултурним салама, извршена је идентификација референтног броја сала на територији Републике Србије, као саставних делова школских зграда односно школских комплекса.

Последњих година видљива је тенденција проширења капацитета школских објеката која се креће у два смера: а) проширење постојећих капацитета због повећаног броја деце у већим градским срединама, али и остваривању просторних капацитета за одвијање наставе у једној смени, у почетној фази за ниже разреде; б) програмско усложњавање капацитета због свеобухватније реализације школског програма, који подразумева специјализоване просторе за

building system, these sections are worth the analysis in the overall system of school buildings.

The study process of segments of gyms resulted in the formation of the appropriate typology, including the analysis of possibilities for improvement of energy performance of not only construction elements and assemblies, but also of HVAC and electrical power systems. The identified types and results of the calculation of energy performance and potential for improvement are indicative for coming to conclusions on the possible strategies and approached to rehabilitation in individual cases. The typology of gyms may, in certain cases, be brought into correlation with the existing national typology of schools, thus allowing for the conclusions of implemented analyses to be used as elements of a uniform strategy of energy retrofitting and rehabilitation of the entire segment of school buildings.

In relation to this general methodological framework and due to the lack of an appropriate database on gyms, the identification of a reference number of gyms in the territory of the Republic of Serbia was performed, as integral parts of school buildings/school complexes.

A visible tendency in the past years implies extension of school building capacities, going in two directions: а) extension of existing capacities due to the increased number of children in larger urban environments, but also due to larger spatial capacities for delivery of classes in one shift, in the initial stage for lower grades only; б) curriculum-based complexity of the capacities due to the more comprehensive implementation of the curriculum, requiring specialised space for nutrition of pupils, delivery of physical education classes, within and after the basic school programme, delivery of whole-day and extended stay of pupils. Owing to such development trends, the growing tendency implies construction of new wings, annexes and detached gym buildings, especially in environments where primary and secondary education takes place in complex, mother institutions in urban areas (this tendency was not identified for remote classes and schools in small en-

исхрану ученика, одвијање наставе физичког васпитања, у оквиру и након основног школског програма, одвијање наставе целодневног и продуженог боравка ученика. Због ових трендова развоја, изражена је тенденција изградње нових крила, анекса и издвојених објеката физкултурних сала, посебно у срединама где је основношколско и средњешколско образовање реализовано у комплексним, матичним, институцијама у урбаним срединама (издвојена одељења и школе у малим срединама немају изражену ову тенденцију). Законом о основном образовању и васпитању¹, који је на снази од школске 2013/2014. године као и допунама и изменама овог закона који су следили наредних година, посебан значај даје се и Програмима школског спорта и спортских активности, који се одвијају као допуна наставног процеса.

vironments). The Law on Primary Education and Upbringing¹, which has been in force since the school year 2013/2014, same as the amendments and supplements thereto that followed in the coming years, give special importance on the School Sports and Sporting Activities Curriculum, delivered as an addition to the teaching process.

¹ Службени гласник Републике Србије бр. 55/2013

¹ Official Gazette of RS, no. 55/2013

2. ФИСКУЛТУРНИ БЛОК

Фискултурни блок намењен је првенствено обављању наставе из физичког васпитања и састоји се од сале, свлачионица, реквизитарница, кабинета а код појединих комплекса и простора других намена чак и пливачких базена. У укупном фонду школских зграда и даље постоји значајан број објеката који у свом саставу немају физкултурну салу.

Код школа које садрже физкултурни блок разликују се неколико основних појавних облика у зависности од његове функционално волуметријске везе са остатком комплекса: (Илустрација 1.):

- Школе код којих се физкултурни блок налази у оквиру склопа саме школске зграде. Овакав начин функционалног решења је био веома чест за период пре Другог светског рата и карактеристичан је за искључиво веће школске зграде (гимназије, стручне школе) грађене у градским срединама док их у руралном подручју нема.
- Школе код којих су физкултурне сале изграђене накнадно уколико су постојали одговарајући просторни услови. Наведени принцип се примењивао у великој мери током шездесетих година, када је значајан број старих школских комплекса, првобитно грађених без школске сале, добио нове физкултурне сале које су повезиване топлотом везом са постојећим објектима.
- Школе код којих су физкултурне сале конципиране као независне целине школског комплекса, повезане топлотом везом са школском зградом, а грађене су у исто време кад и остале зграде школског комплекса.
- Интересантно је да су и након Другог светског рата грађене школе са интегрисаним физкултурним салама, али се јављају много ређе него независне целине физкултурног блока.

2. GYM BLOCK

The gym block is primarily intended for physical education classes delivery and comprises a gym, dressing room, props room, classrooms, and in certain complexes or space with other uses, even swimming pools. The total school buildings stock still includes a significant number of buildings not having a gym in their composition.

The schools having a gym block differ in several basic manifestation forms depending on its functional and volumetric links with the rest of the complex. (Illustration 1.):

- Schools having a gym block within the school building. Such a functional solution is quite common for the period before the World War II and is typical for exclusively larger school buildings (grammar schools, vocational schools) built in urban areas, while they can not be found in rural areas.
- Schools where gyms were constructed subsequently if the appropriate spatial layout would allow for it. The said principle was applied to a large extent in the 1960s, when the significant number of old school complexes initially built without a gym, got new gyms linked to the existing buildings by a warm passageway.
- Schools where gyms were designed as independent sections of the school complex, linked by a warm passageway with the school building, built at the same time as the remaining buildings in the school complex.
- What is interesting is that after the World War II schools were built with integrated gyms, however they are much more rarely found than the independent gym block sections.



a) a)



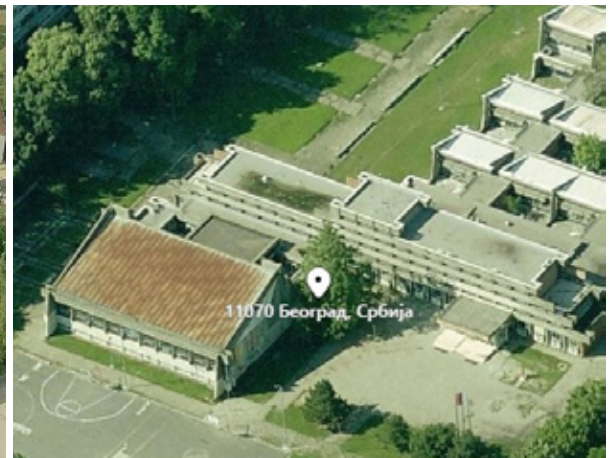
b) b)



в) c)



г) d)



д) e)

Илустрација 1. Принцип изградње објеката школских сала: школска сала интегрисана са школском зградом: а) предратна зграда (нпр. Пета београдска гимназија) б) зграда грађена 80их година (нпр. ОШ Вук Караџић, Београд-Сурчин);анекс на постојећи објекат школске зграде:в) додат волумен сале старијој згради (нпр. ОШ Мајка Југовића, Београд- Земун), г) изградња у склопу доградње школских комплекса новим деловима, као независна целина (нпр. ОШ Коста Абрашевић, Београд-Ресник, први објекат изграђен 1961, 1973 дограђено ново школско крило и физкултурна сала); д) изградња истовремено у склопу изградње школе, као независна целина (нпр. ОШ Ратко Митровић, Београд-Нови Београд)

Illustration 1. The principle underlying the construction of school gyms: gym integrated with the school building: a) a building constructed before the WWII (e.g. Fifth Belgrade Grammar School) b) a building constructed in the 1980s (e.g. PS Vuk Karadžić, Belgrade-Surčin); annex to the existing school building: c) a gym volume is added to the older building (e.g. PS Majka Jugovića, Belgrade- Zemun), d) construction in scope of extension of school complexes by new parts, as an independent section (e.g. PS Kosta Abrašević, Belgrade-Resnik, initial building constructed in 1961, in 1973 a new school wing and gym added); e) construction in parallel to school construction, as an independent section (e.g. PS Ratko Mitrović, Belgrade-New Belgrade)

По својој намени, целине физкултурних сала, у највећем броју, су биле посвећене искључиво одрживању наставе из физичког васпитања или организацији школских такмичења. Уколико су биле предвиђене и за одржавање других такмичења, пројектоване су са гледалиштима мањих капацитета и у том случају, поред везе са школском зградом, имају и посебне улазне партије. У данашње време, ови простори се, у време када нема школске наставе, користе и за рекреацију одраслих као и за друге активности.

Фискултурне сале, су димензионисане тако да могу да обезбеде одвијање свих спортова који су планирани у настави физичког васпитања: кошарка, одбојка, рукомет, мали фудбал, а опремљене су и различитим справама за атлетику и гимнастику. Димензије су, углавном, минималне тако да већина простора не испуњава прописе за такмичарско (професионално) коришћење.

У склопу физкултурне сале или непосредно уз њу, као независан анекс, или као део топле везе, налазе се обавезно свлачионице преко којих се приступа у сам простор сале. Свлачионице су најчешће пројектоване тако да испуне функцију санитарног тампона између прљавог (школа, спољни простор) и чистог пода (сала). Осим свлачионица, зависности од величине и комплексности програма налазе се и друге просторије: кабинети, просторије за справе (инвентар), амбуланта, мање сале и др.

2.1 Фискултурне сале у бројевима

Прикупљање података о физкултурним салама се добрим делом ослања на искуства претходна два пројекта. Овде се првенствено мисли на утврђени методолошки оквир формирања типологија, којим су дефинисани неопходни подаци уз концепт специјализованог софтвера-базе, као и на фактичке и искуствене чињенице анализиране приликом дефинисања узорка за формирање типологије објеката основних школа. Као што је већ наведено у ескпликацији основа за формирање узорка за

According to their intended use, gym blocks were mainly dedicated exclusively to delivery of physical education classes or organisation of school competitions. If they were envisaged for other competitions as well, they were designed with auditorium stands of a smaller capacity, and in such a case, in addition to the link with the school building, they also have separate entrances. Nowadays, these spaces are being used for recreation of adults and for other activities, outside the school hours.

The gyms are sized so as to ensure practising of all sports planned in scope of the physical education classes: basketball, volleyball, handball, futsal, and are equipped with different athletics and gymnastic apparatuses. The dimensions are mostly minimal, so the majority of spaces do not meet the requirements for competitive (professional) use.

Within the gym structure or immediately next to it, as an independent annex or as a part of the warm passageway, there are dressing rooms leading straight to the gym space. The dressing rooms are most frequently designed so as to serve as a sanitary tampon between the dirty (school, external area) and clean floor (gym). In addition to the dressing rooms and depending on the size and complexity of the curriculum, there are also other premises: classrooms, inventory rooms, ambulance, smaller rooms, etc.

2.1 Gyms in figures

Data collection on gyms to a large extent relies on the experiences gained in the previous two projects. Here we primarily refer to the determined methodological framework for the typology formation, defining necessary data along with the concept of a specialised software- database, same as to factual and experiential facts analysed when defining the sample for the formation of the school buildings typology. As already mentioned in explaining the

школске објекте², не постоје јединствени подаци о грађевинском фонду школских зграда, а посебно не о степену њихове програмске сложености. Самим тим, подаци о постојању специјализованих простора за спортске активности готово да нису доступни.

Неопхони подаци за израду типологије физкултурних сала су прикупљани током периода јун-август 2018. године и представљају проширење регистра - базе јавних објеката, формиране у ранијем истраживању. Формулација ове базе, на жалост није базирана на истовеној методологији примењеној приликом анализе зграда предшколских и школских установа те није било могуће формирати јединствену, хомогену, базу.

Услед непостојања података, база о физкултурним салама формирана је само на основу јавно доступних података на интернету. Као полазиште је послужио списак свих школа³ у Србији. Ова листа је јавно доступна и садржи адресе и основне податке о школама у приватном и државном власништву. Како у оквиру података доступних на сајту није било могуће анализирати структуру школских зграда и утврдити која школа у свом склопу садржи физкултурну салу, приступило се даљој анализи других извора: катастра непокретности, и других сајтова са којих је могуће извршити визуелно препознавање структуре као и њихових обликовних (материјалних) карактеристика.

Наиме, визуелним увидом у школске комплексе, могло се констатовати да ли у њиховом саставу постоји физкултурна сала или не, будући да се оне, најчешће, истичу по својим волуметријским и често материјалним карактеристикама. Физкултурне сале које су у склопу школских зграда, овим методом, нису идентификоване, па самим тиме ни пописиване, што и не представља недостатак методологије јер су карактеристике њихових омотача као и могућа

sample formation for school buildings², there is no uniform data on the school buildings stock, and in particular on the level of their curriculum complexity. Therefore, the data on the existence of specialised spaces for sporting activities is almost unavailable.

The data necessary for the development of the typology of gyms was collected in the period July-August 2018, and it represents an extension to the register, database of public buildings, established in scope of the previous study. Formulation of this database is, unfortunately, not based on the identical methodology applied in the analysis of school and kindergarten buildings, therefore it was not possible to establish a single, homogeneous database.

Due to the lack of data, the gym database was formed only based on the publicly available data on the Internet. The starting point was the list of all schools³ in the Republic of Serbia. This list is publicly available and contains addresses and basic data on the private and state-owned schools. Since the data available on the website did not allow the analysis of the school buildings structure and thus determining which school contained a gym in its composition, we had to engage in the analysis of other sources. real property cadastre and other websites enabling visual recognition of the structure and their material characteristics.

Namely, by visual insight into the school complexes it could have been concluded whether the schools include a gym in their composition or not, given that are they most often recognisable by their volumetric and material characteristics. The gyms within the school buildings were not identified using this method, therefore they were not registered, which is actually not a shortcoming of the methodology, given that characteristics of their envelopes and potential improvements are included in calculations done for the school buildings within the pre-

² Јовановић Поповић М. и др: Национална типологија школских зграда Србије, стр. 9-11, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2018.

³ edukacija@rs

² Jovanovic Popovic M. et al, National Typology of School Buildings in Serbia, p. 9-11, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2018

³ edukacija@rs

унапређења, укључене у прорачуне рађене за саме школске зграде у оквиру претходног истраживања.

Са ограниченим ресурсима који су стајали на располагању истраживачима, пописано је, свега, 49 целина физкултурних сала. Припремљена је фотодокументација пописаних зграда и на основу ње је омогућена анализа основних карактеристика, као што су: експертска процена периода изградње, спратност и волумен, карактеристике фасадног зида, карактеристике прозорских отвора и самих прозора, тип крова итд. Дефинисање основних карактеристика омогућено је пре свега, једноставношћу габарита зграда физкултурних сала, пошто су оне готово увек једноставне кубичне форме стандардних димензија.

Након спроведеног пописа, уношења података у базу и валидације прикупљених података формиран је референтни узорак од 49 физкултурних сала.

Просечна површина сала које су ушле у базу, а на основу процене нето површине свих појединачних објеката, износи 439,8 m², што их сврстава у категорију великих сала (око 450 m²). На основу „Истраживања стања у образовно-васпитним установама у Србији у вези са школским спортом“⁴, које је спровело Министарство омладине и спорта на узорку од 1533 основних и средњих школа утврђено је да 36,5% школа у Републици Србији нема велику салу. Исти извор указује да од великих сала, 76,4% има површину мању од 450 m², док свега 26,6% има салу већу од 450 m². У узорку који је анализиран за потребе овог пројекта, однос сала према површини је сличан, те је анализом обухваћено 69% сала нето површине мање од 450 m².

2.2 Карактеристике према периоду изградње

Анализа прикупљених података о физкултурним салама указује да тренд изградње објеката одговара експанзији градитељске праксе у периоду 70-их и 80-их година 20. века, што је у складу са другим

⁴ <https://www.mos.gov.rs/dokumenta/sport/istrazivanja?lang=lat>

vious study.

With limited resources available to researchers, in total 49 gyms were recorded. Photo-documentation was prepared, which enables the analysis of basic features such as: expert estimation of the period of construction, number of floors and volume, facade wall characteristics, characteristics of window openings and windows, roof type, etc. Definition of basic characteristics was primarily enabled by the simplicity of the gym building dimensions, since they are almost always simple cubic forms of standard dimensions.

Following the inventory, entering data in the database and validation of the collected data, a reference sample of 49 gyms was created.

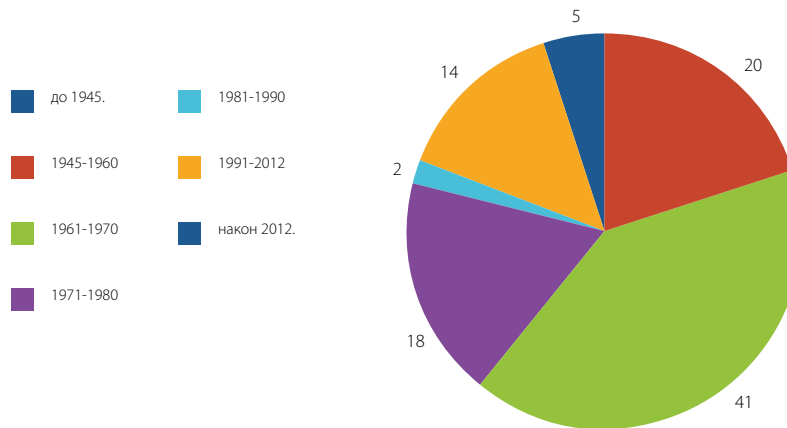
The average area of gyms entered into the database, based on the estimated net area of individual buildings, amounts to 439.8 m², which puts them in the category of large gyms (cca. 450 m²). According to the “Situational analysis in educational institutions in the Republic of Serbia in relation to school sports”⁴, implemented by the Ministry of Youth and Sports on a sample of 1533 primary and secondary schools, it was determined that 36.5% of schools in the Republic of Serbia do not have a large gym. The same source shows that out of the large gyms, 76.4% have an area under 450 m², while only 26.6% have a gym above 450 m². In the sample analysed for the needs of this project, the ratio of gyms based on their area is similar, so the analysis included 69% of the gyms with net area under 450 m².

2.2 Characteristics by the period of construction

The analysis of gathered data on the gyms has shown that the trend in the construction of buildings corresponds to the expansion of building practice in the period of 1970s and 1980s of the 20th century,

⁴ <https://www.mos.gov.rs/dokumenta/sport/istrazivanja?lang=lat>

подацима прикупљеним приликом истраживања стамбених зграда, школских и предшколских објеката, а који такође у овом периоду бележе највећу продукцију. Процентуална расподела објеката физкултурних сала према годинама изградње дата је на Графикону 1.



Графикон 1. Заступљеност зграда школских физкултурних сала према периоду изградње у анализираном узорку [%]

За део зграда физкултурних сала, које чине део узорка, не постоје прецизни подаци о периоду изградње, али је евидентно да не одговарају периоду изградње школских зграда (које су најчешће старије), те да, по општим карактеристикама, технологији изградње и материјализацији одговарају периоду између 1960. и 1980. године, и да су грађене као анекси постојећих школских зграда.

Расподела архитектонске продукције предметног типа одговара генералним тенденцијама у развоју школских објеката исказаним кроз специјализацију затворених простора за спортске активности, који је интензивирао након Другог светског рата. Посебно усмеравање програмског и просторног концепта изградње школа у овом периоду дала је велика

which is in line with other data collected in scope of the study of residential, school and kindergarten buildings, registering largest production in this period as well. Distribution of gym buildings based on the year of construction is given in percentages in Chart 1.

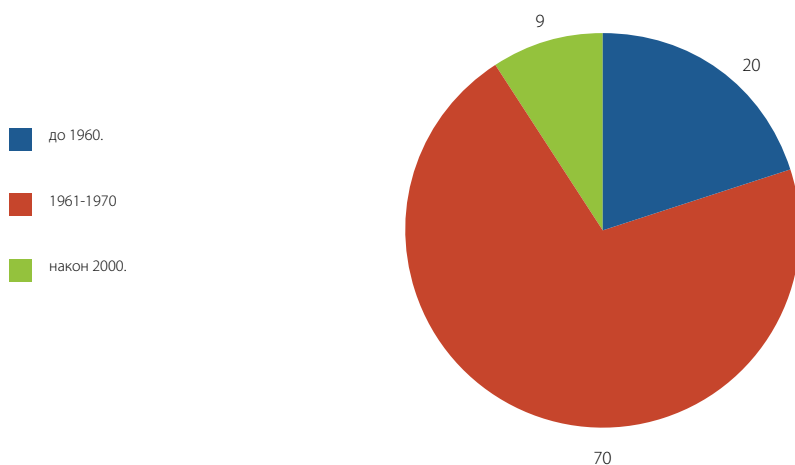
Chart 1. Distribution of school gym buildings based on the period of construction in the analysed sample [%]

For the part of the gym buildings comprising a part of the sample, there is no accurate data on the period of construction, however it is evident that they do not correspond to the period of construction of school buildings (which are often older), and that based on their general characteristics, construction technology and materialisation, correspond to the period between 1960 and 1980, when they were constructed in the form of annexes to the existing school buildings.

Distribution of architectural production of the said type corresponds to general tendencies in school buildings development, expressed through specialisation of closed spaces for sporting activities, which was intensified after the World War II.

реформа школства⁵, која је ступила на снагу 1958. године, а постала основ развоја школских објеката у наредном периоду. Овом реформом утврђено је обавезно осмогодишње образовање становништва, чиме је отворен пут ка масовној изградњи школских зграда широм земље. Због тога, иницијалне временске класе, које одговарају историјским периодима око светских ратова, и декадама након њих, сведене су на три временска периода (Графикон 2.) која одражавају генерална кретања по питању концепта објеката и градитељске праксе, у погледу материјализације и примењених склопова кадасу школске фискултурне сале у питању.

This special orientation of the curriculum and spatial concept in the construction of schools was initiated by the education reform⁵, launched in 1958, that later became the basis for the development of school buildings in the forthcoming period. This reform determined the mandatory eight-year education of population, thus paving the road for the mass construction of school buildings across the country. This is the reason why the initial time classes, corresponding to historical periods around the world wars and coming decades, are brought down to three time periods (Chart 2) reflecting general trends in terms of the building concept and construction practice, and also in regard to materialisation and applied structures when gyms are concerned.



Графикон 2. Усвојена периодизација за формирање типологије и заступљеност узорка [%]

Chart 2. Adopted periodization for the formation of typology and sample distribution [%]

⁵ Доношењем Закона о образовању, 1958.године, утврђен је модел школовања: обавезно осмогодишње образовање и четворогодишње стручно или опште (гимназијско). Овим законом и пратећим актима дефинисани су и наставни планови, који су дефинисали све активности у оквиру школе.

⁵ Passing of the Law on Education in 1958 defined the education model: compulsory eight-year education and four-year vocational or general (grammar schools) education. This law and supporting bylaws defined the curricula, which in turn defined all activities within the school.

2.3. Архитектонске карактеристике

Површина физкултурних сала (брuto развијена грађевинска површина)

Као што је већ истакнуто, највећи део анализираних физкултурних сала припада групи великих сала, где је могућа реализација групних спортских активности. У односу на Норматив школског простора, опреме и наставних средстава у основном васпитању и образовању⁶, ради се о просторима који задовољавају минималне прописане површине од 288 м², односно 390 м², у случају школа са више од 16 одељења.

Просечна брuto површина анализираних примера износи 548,1 м².

Компактност и спратност физкултурних сала

С обзиром на функционалне захтеве, објекти физкултурних сала су доминантно компактни објекти, и то у 80% случајева. Разуђеност ових објеката условљена је положајем свлачионица, справарница и кабинета наставника, који се, углавном формирају, у виду анекса, уз основни волумен спортског игралишта.

Основни функционални садржај објекта распоређен је преовлађујуће на једној (приземној) етажи, уз веће спратне висине, а према захтевима спортских садржаја који се могу одвијати. Пошто су објекти спортских сала најчешће формирано као издвојене структуре, повезане "топлом" везом са главним објектом у приземљу, изузетно су ретки случајеви у којима се испод, или изнад њих формира корисни простор на посебној етажи. Такође, уколико постоје услови на парцели, сале су повезане са отвореним спортским теренима, и њихова програмска инфраструктура - свлачионице, тоалети, справарница - користе се за оба режима спортских активности, на отвореном и затвореном.

⁶ Службени гласник Републике Србије - Просветни гласник бр. 4/90

2.3. Architectural characteristics

The area of gyms (gross construction area)

As already pointed out, a major part of analysed gyms belong to a group of large buildings, allowing the delivery of group sports activities. In relation to the Normative of school space, equipment and teaching tools in primary education and upbringing⁶, these are the spaces meeting minimum required areas of 288 m², or 390 m², in case of school with more than 16 classes.

Average gross area of analysed examples amounts to 548.1 m².

Compactness and floor number of gyms

Bearing in mind functional requirements, gym buildings are predominantly compact buildings, in 80% of the cases. Complexity of these buildings is conditioned by the position of dressing rooms, inventory rooms and teacher rooms, mainly formed in a form of an annex, to the basic volume of the sports court.

Basic functional content of the buildings is predominantly located on one (ground) floor, with more floors, and based on the requirements of the sporting content to be practiced. Since the gym buildings are most frequently formed as detached structures, linked via a warm passageway to the main building in the ground floor, extremely rare are the cases where below or above them useful space is formed on a separate floor. Likewise, if the conditions on the lot allow it, the gyms are linked to open courts, and their programme infrastructure- dressing rooms, toilets, inventory room- are used for both regimes of sports activities- outdoor and indoor.

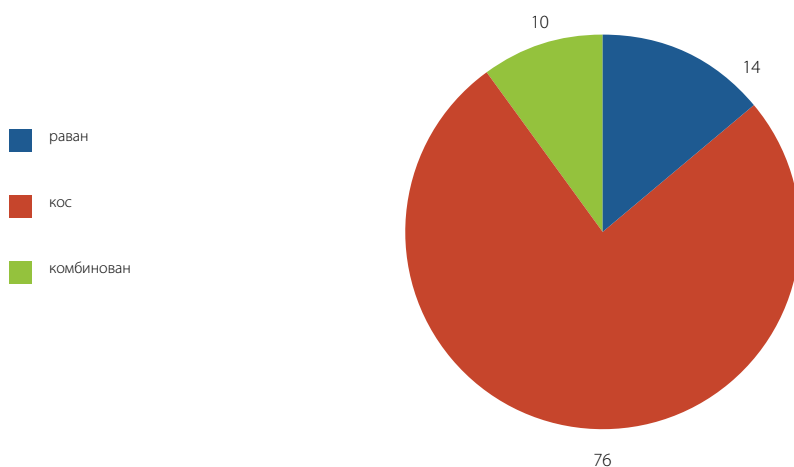
⁶ Official Gazette of RS- Education Gazette no. 4/90

Тип крова и коришћење поткровне етажe

Преовлађујући облик крова на анализираним објектима је кос кров, који се појављује на 76% објеката (Графикон 3.). Овај облик крова је код мањег броја објеката оригинално пројектовани и изведени кров. Пошто се ради о преовлађујућем броју објеката из периода 1960-2000.године, значајан део објеката првобитно је изведен са непроходним равним кровом, који је касније, у процесу санације, саниран плитким косим кровом. Пошто је функционална веза са потенцијалним таванским простором изнад објеката тешко изводљива, јер се ради о издвојеним објектима значајних спратних висина, коси кров са формирањем таванског простора се ретко појављује, углавном у скопу целокупне реконструкције школских зграда и додавања поткровне етажe (Илустрација 2.)

Roof types and attic use

The prevailing roof shape in the analysed buildings is pitched roof, found in 76% of the buildings (Chart 3). In smaller number of buildings, this shape of roof represents the originally designed and constructed roof. Given that this concerns the prevailing number of buildings from the period 1960- 2000, a significant number of buildings was originally constructed with a flat impassable roof, which was later on rehabilitated by a low pitch roof. Since a functional link to the potential attic space above the building is hardly feasible since these are detached buildings of significant floor height, pitched roof with attic is rarely seen, mainly in scope of the entire reconstruction of school buildings with added attic (Illustration 2.).



Графикон 3. Заступљеност зграда школских фискултурних сала према типу крова [%]

Chart 3. Distribution of school gym buildings according to the roof type [%]



Илустрација 2. Исти тип зграде физкултурне сале са оригиналним равним кровом (горе лево, ОШ Филип Вишњић, Београд-Мирејево), санираним кровом – плитки кос кров покривен лимом (горе десно, ОШ Душко Радовић, Београд-Нови Београд) и накнадно додатом поткровном етажом са косим кровом (доле лево, ОШ Васа Пелагић, Београд-Котеж)

Illustration 2. The same gym building type with original flat roof (upper left corner, PS Filip Višnjić, Belgrade-Mirijevo), rehabilitated roof- low pitch roof covered by sheet metal (upper right corner- PS Duško Radović, Belgrade-New Belgrade) and with additionally built attic floor with pitched roof (lower left corner, PS Vasa Pelagić, Belgrade-Kotež)



Илустрација 3. Комбинован кров – кос кров изнад вишег волумена физкултурне сале, раван кров изнад помоћних и везних делова (ходник, свлачионице итд...) (нпр. ОШ Борислав Пекић, Београд -Нови Београд) и савремена фероцементна конструкција сале (нпр. ОШ Грабовац, Обреновац)

Illustration 3. Combined roof- pitched roof above the higher gym volume, flat roof above supporting and connecting parts (hallway, dressing rooms, etc) (for example PS Borislav Pečić, Belgrade-New Belgrade) and modern ferrocement gym structure (for example: PS Grabovac, Obrenovac).

У односу на врсту кровне конструкције, уочени су најчешћи системи кровних покривача, и то лим на плитким косим крововима, и шљунак као заштита битуменских премаза и трака, код кровних тераса.

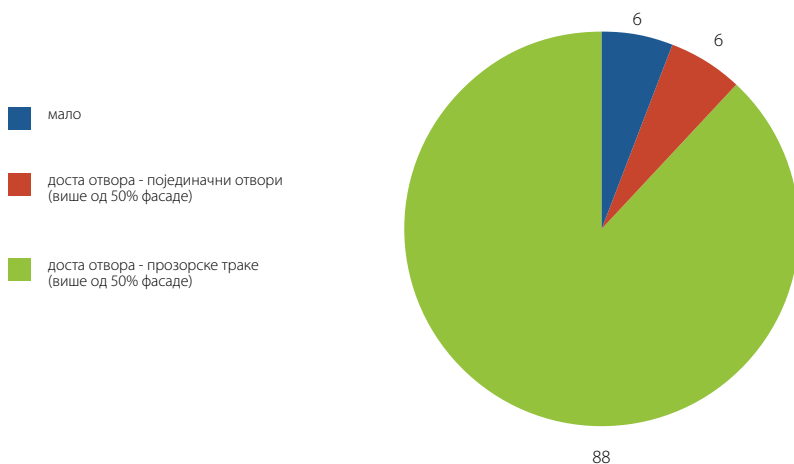
Број и величина прозорских отвора и тип прозора на фасади

Основни функционални садржај простора утицао је и на формирање фасадних отвора лоцираних у горњој зони фасадног зида, испод кровног венца, углавном у облику прозорских трака. Овакав приступ омогућава максимални осветљај унутрашњости простора, уз несметано одвијање спортских активности. Генерално, може се рећи да је већи део подужних фасадних зидова застакљен, односно да је удео прозорских трака на фасадама већи од 50%, у анализираних 88% објеката, што говори о доста униформном приступу концепцији фасаде код зграда фискултурних сала (Графикон 4.).

In relation to the type of roof structure, the most frequent roof cover systems have been observed, as follows: sheet metal on low pitch roofs and gravel as protection of bituminous coating and strips, on roof terraces.

The number and size of windows and facade window-to-wall ratio

The basic functional content of the space affected the formation of facade openings located in the upper zone of the facade wall, under the cornice, mainly in the form of window strips. Such an approach enables maximum illumination of the interior, allowing for the smooth realisation of sporting activities. In general, it may be said that the major part of the longitudinal facade walls is glazed, namely, that the share of window strips on the facades is greater than 50% in analysed 88% of the buildings, speaking a lot about the uniform approach to the facade concept in gym buildings (Chart 4.).



Графикон 4. Удео прозорских отвора на фасадама фискултурних сала [%]

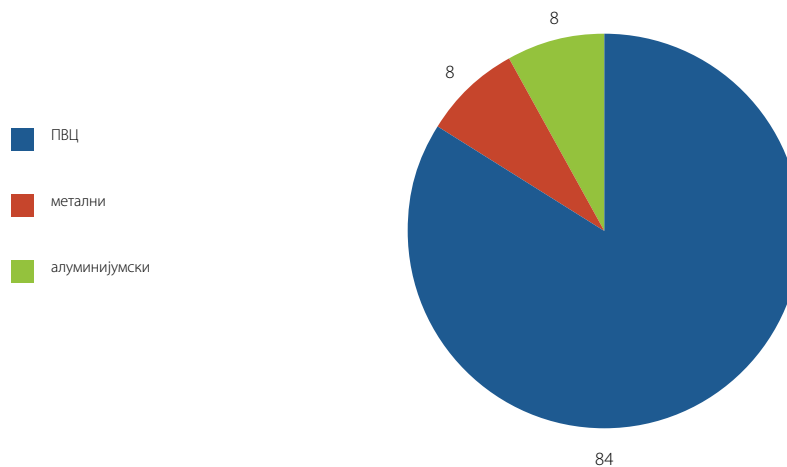
Chart 4. Facade window-to-wall ratio in gym buildings [%]

С обзиром да је највећи број физкултурних сала пројектован и грађен у периоду након Другог светског рата, прозори великих димензија рађени су претежно као фиксна застакљења, у алуминијумским или челичним оквирима, без термо прекида, изузетно скромних термичких карактеристика. Неопходна количина свежег ваздуха се обезбеђује отварањем појединих делова прозорских трака.

Тренутно стање, где је код више од 90% објеката уграђен прозор са ПВЦ или алуминијумским профилима (Графикон 5.), указује да је на већем броју објеката извршена замена оригиналних прозора са металним (алуминијумским или челичним) рамовима. На многим од ових објеката измена је рађена пре доношења Правилника о енергетској ефикасности зграда, 2012. године, чиме је извршено унапређење у смислу бољих термичких карактеристика и заптивања, иако вероватно сами профили и застакљење (стаклопакети) не задовољавају стандарде овог Правилника.

Since the largest number of gyms was designed and constructed in the period after the World War II, windows of large dimensions were predominantly installed as fixed glazings, in aluminum or steel frames, without thermal breaking, of extremely modest thermal characteristics. The necessary quantity of fresh air is secured by opening certain parts of window strips.

Current situation, where in more than 90% of buildings windows with PVC or aluminum sections have been installed (Chart 5.), shows that in the majority of buildings original windows were replaced by those with metal (aluminum or steel) frames. In many of these buildings replacement was done prior to passing of the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings in 2012, thus improving thermal characteristics and tightness, although probably these sections as such and glazing (glass units) do not meet the requirements laid down in this Rulebook.



Графикон 5. Заступљеност врста прозора према материјалу прозорског оквира [%]

Chart 5. Distribution of window types based on the window frame material [%]

Процент металних прозора се односи на оригиналну браварију, где се јављају и примери застакљења профилит стаклима, која најчешће нису мењана у склопу новијих реконструкција (Илустрација 4.).

The percentage of metal windows refers to original joinery, with the examples of glazing using the profilit glass which have most often not been replaced within later reconstructions (Illustration 4.).



Илустрација 4. Оригинално застакљење профилит стаклима: горе, екстерјер и ентеријер ОШ Димитрије Тодоровић Каплар, Књажевац; доле лево ОШ/СШ Жарко Зрењанин, Суботица; доле десно ОШ Исидора Секулић, Панчево

Illustration 4. Original profilit glass glazing: upper corner, exterior and interior PS Dimitrije Todorović Kaplar, Knjaževac; bottom left corner PS/VS Žarko Zrenjanin, Subotica; bottom right PS Isidora Sekulić, Pančevo

Застакљени делови фасаде зграда фискултурних сала јављају се готово по праву без било каквих видова застора.

The glazed parts of the gym buildings facade, almost as a rule, come without any types of blinds.

Материјализација фасадног зида

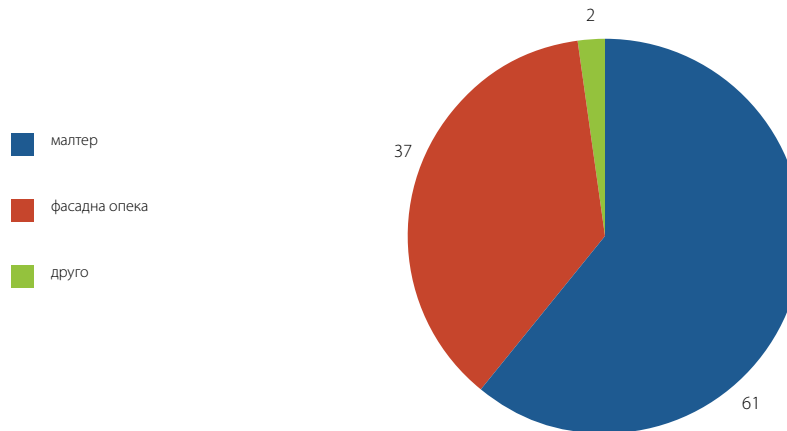
Facade wall materialisation

Пошто се ради о објектима већих распона од уобичајених, и захтевније конструкције, конструктивни склоп је реализован, најчешће, као

Since these are buildings of greater span than the usual ones and of the more demanding structure, the structural assembly was most frequently realised as reinforced concrete skeleton system, with brick or hollow clay block filling. Although in sports

армиранобетонски скелетни систем, са испуном од опеке или гитер блока. Иако је код спортских објеката врло честа примена и других система градње (пуна или решеткаста челична конструкција са сендвич лимом или слично), изградња школских спортских сала више је базирана на традиционалнијим моделима изградње. Због тога, најзаступљенији начин обраде фасаде је малтерисање масивног зида од опеке или блока, и то је случај код 61% објеката. Други преовлађујући материјал завршне обраде је фасадна опека, која се јавља у 37% случајева (Графикон 6.). Пошто је доминантно учешће објеката из периода пре 1980. године⁷, у фонду физкултурних сала, ова два система материјализације су уобичајена у градитељској пракси периода, и претпоставка је да су рађени без термоизолационог слоја.

facilities quite often the application of other construction systems (solid or lattice steel structure with sandwich sheet or similar) may be found, construction of school gyms is more based on the traditional construction models. This is why the most often found manner of facade finishing is plastering of the brick or block massive wall, which is the case in 61% of buildings. The second prevailing finishing material is facade brick, which can be found in 37% of the cases (Chart 6.). Given that the share of buildings dated before 1980⁷ dominates the gym stock, these two materialisation systems are customary in the construction practice of the period, and the assumption is that they were done without the thermal insulation layer.



Графикон 6. Заступљеност примењених материјала фасадног зида [%]

Chart 6. Distribution of the applied facade wall materials [%]

⁷ Прописи који уређују област термичке заштите зграда објављени су 1980.године, JUS.UJ5.600

⁷ Regulations governing the area of thermal protection of buildings were published in 1980, JUS.UJ5.600

Стање исправности зграде

С обзиром да се ради о објектима који су грађени махом у периоду 1960-2000. године, њихово грађевинско стање, у погледу интегритета конструкције, је добро. Као што је већ истакнуто, одржавање објеката током експлоатационог века укључивало је одређене мере санације којима су вршене интервенције на омотачу објекта, у циљу обнове његове функције и интегритета. У том смислу, чести су случајеви интервенције на равним крововима изградњом плитких косих кровних конструкција покривених лимом. За претпоставити је да је у овим интервенцијама извршено и побољшање термоизолационих карактеристика склопа. Такође, већ су анализирани случајеви замене прозорских склопова и портала од метала новим системима са ПВЦ профилима. У неким случајевима, ову замену је пратило и унапређење фасадног омотача, додавањем термоизолационог слоја, на пуним деловима зидова.

Прелиминарна оцена стања објеката физкултурних сала указује да су оне очувале своју примарну функцију. Посебан аспект свих интервенција на овим објектима јесте разматрање испуњења савремених норматива за ове објекте, у погледу димензија, додатних садржаја, њихових минималних димензија и опремљености за одвијање школских и ваншколских спортских активности⁸. Овај аспект просторно-програмских норматива за овај тип објеката није предмет ове студије.

⁸ У резултатима Истраживања стања у образовно-васпитним установама у Србији у вези са школским спортом наводи се да је опремљеност анализираних сала за школски спорт: 67% сала мањих од 450м² није опремљена по нормативу, односно 46% сала већих од 450м². У укупном броју сала, само 38% сала задовољава захтеве норматива. <https://www.mos.gov.rs/dokumenta/sport/istrazivanja?lang=lat>

Condition assessment of the building

Having in mind that these are the buildings mainly constructed in the period 1960-2000, their condition in terms of the structure integrity, is good. As already pointed out, maintenance of buildings during their exploitation life span included certain rehabilitation measures entailing interventions on the building envelope aimed to retrofit their function and integrity. In that sense, frequent cases of intervention on flat roofs imply construction of low pitch roof structures covered by metal sheet. It is to be assumed that these interventions also included improvement of thermal insulation properties of the assembly. Moreover, we have already analysed the cases of the metal window assemblies and portal replacement by newer PVC profile systems. In some cases, this replacement included the improvement of the facade envelope, by adding a thermal insulation layer in solid parts of the building.

The preliminary assessment of the gym buildings shows that they have preserved their primary function. A special aspect of all interventions on these buildings is the consideration of meeting the modern norms for these buildings in terms of dimensions, additional content, their minimum size and equipment for delivery of school and extracurricular sporting activities⁸. This aspect of spatial and programmatic norms for this type of buildings is not a subject of this study.

⁸ The results of the Situational analysis in the educational institutions in Serbia in relation to school sports show that the equipment of the analysed gyms for school sports is as follows: 67% of gyms smaller than 450m² and 46% of gyms larger than 450m² are not meeting the norm. In the total number of gyms, only 38% meet the normative requirements. <https://www.mos.gov.rs/dokumenta/sport/istrazivanja?lang=lat>

Режим коришћења зграда

Режим коришћења објеката физкултурних сала углавном прати режим одвијања школске наставе, током године. Пошто и ваннаставне активности - спортске секције углавном воде наставници и професори школе, онда и те активности, преовлађујуће, прате календар школских активности. Изузеци се јављају код објеката које школе изнајмљују спортским клубовима или грађанима, али и тада је претпоставка да се ове активности не одвијају током читавог периода трајања зимског и летњег распуста.

У погледу недељног режима коришћења, ови објекти се највише користе пет дана недељно, што углавном одговара и режиму ваннаставних и клупских активности. Изузетно, постоје случајеви где се простори изнајмљују и у данима викенда.

Дневни режим рада ових објеката може бити продужен у односу на објекат школе. С обзиром да наставне и школске спортске активности трају до 21h, термини коришћења сале за грађанство и клубове, уколико их има, реализују се тек након тог времена....

2.4. Термотехничке инсталације

Грејање, вентилација, климатизација

Обзиром на климатске карактеристике Србије, у школским физкултурним салама постоје инсталације грејања, вентилације и климатизације, које су конципиране и изграђене на начин као и у централним зградама школа којима те сале припадају. Према томе, термотехничке инсталације школских физкултурних сала су интегрални део система грејања, вентилације и климатизације школе.

Код школских сала, изграђених у свим периодима, и у срединама где не постоји систем даљинског грејања или техничке могућности прикључења, доминирају системи централног грејања са радијаторима као грејним телима и са

The building use regime

The regime of using the school gyms mostly follows the classes regime throughout the year. Since extracurricular activities- sport clubs, are mainly delivered by school teachers, then these activities as well predominantly follow the calendar of school activities. Exceptions may be found in the facilities leased by the schools to clubs or citizens, but in that case as well the assumption is that these activities do not take place during the entire period of the winter and summer school leave duration.

In regard to the weekly use regime, these buildings are mostly used five days a week, which mainly corresponds to the regime of extracurricular and club activities. Exceptionally, there are cases then these facilities are being also leased on the week-ends.

Daily operation regime of these facilities may be extended compared to the school building. Since school and extracurricular sporting activities last until 9 p.m., the terms allocated for the use by citizens and clubs, if any, are delivered only after this time...

2.4. HVAC systems

Heating, ventilation, air-conditioning

Bearing in mind the climate characteristics of Serbia, school gyms do include heating, ventilation and air-conditioning installations, designed and constructed in the same way as in the central school buildings these gyms belong to. Therefore, HVAC systems in school gyms make an integral part of the school heating, ventilation and air-conditioning systems.

School gyms constructed in these periods in environments without a district heating system or technical possibilities for connection, are dominated by the radiator central heating as heating bodies and own local boiler room using all types of fuel. These are boiler rooms intended to supply the entire school

сопственом локалном котларнициоуз заступљеност свих врста горива. У питању су котларнице намењене снабдевању читавог школског комплекса укључујући и физкултурне сале. У срединама где постоји систем даљинског грејања и код школских објеката и сала већих корисних (грејних) површина, заступљен је систем централног грејања прикључен на систем даљинског грејања а са радијаторима као грејним телима. У тој опцији, школска сала заједно са објектом школе поседује јединствену топлотну подстаницу. У топланама се најчешће користи природни гас као основно гориво или евентуално течено гориво у ранијим периодима.

Мањи број школских објеката и сала, мањих корисних површина (до 500 м²), изграђених у ранијим периодима (после 1946. год.) у изворном стању је поседовао локални извор грејања, најчешће пећи на чврсто гориво (огревно дрво или угаљ). Међутим, готово сви ови објекти су током година реконструисани, ревитализовани и модернизовани и сада поседују савременије котлове мање снаге на течено гориво или природни гас. Такође, један део школских објеката и сала из поменуте категорије, напустио је концепт локалног извора и објекти су реконструисани за централни систем грејања са радијаторима као грејним телима, а школа и школска сала су повезане на систем даљинског грејања.

Од других начина снабдевања заступљени су електрични котлови и топлотне пумпе. Електрични котлови функционишу по систему централног грејања са радијаторима као грејним телима, док топлотне пумпе раде по систему ваздушног или топлководног грејања.

Степен корисности система производње, дистрибуције и коришћења топлотне енергије у системима грејања варира од 75% (централно грејање са локалним котларницама на чврсто гориво) до преко 90% код система са савременијим гасним котловима или модерним подстаницама у систему даљинског грејања. Степени корисности у подсистемима дистрибуције и коришћења топлотне енергије варирају од 90 до 98%.

complex including gyms. In environments with a district heating system in school buildings and gyms of larger heated areas, a central heating system connected to the district heating system can be found, with radiators as heating bodies. In this option, the school gym together with the school building has a single heating substation. District heating plants most often use natural gas as basic fuel or potentially liquid fuel in earlier periods.

Smaller number of school buildings and gyms of smaller useful area (up to 500 m²), constructed in previous period (after 1946) originally had a local heating source, mostly solid fuel furnaces (fire wood or coal). However, almost all of these buildings were reconstructed over the years, revitalised and modernised and now possess modern boilers of smaller capacity using liquid fuel or natural gas. In addition, one part of school buildings and gyms from the said category, have abandoned the concept of a local source and buildings were reconstructed for the radiator central heating system, and school and school gym are connected to the district heating system.

When it comes to other heat supply systems, electrical boilers and heat pumps may be found. Electrical boilers operate based on the radiator central heating system, whereas heat pumps operated following the principle of air or hot water heating.

The efficiency level of the heat production, distribution and use systems in the heating systems varies from 75% (central systems with local solid fuel boiler rooms) to over 90% in systems with the more modern gas boilers or modern substations in the district heating system. The efficiency level in the subsystems of heat distribution and use vary from 90 to 98%.

Код школских сала из периода после 1946. године па и касније, вентилација је заступљена али у најједноставнијем облику са прозорским вентилаторима или сличним решењима, која нису функционисала у складу са потребама за свежим ваздухом или у сагласности са стандардима који регулишу потребе вентилације⁹. Овакви вентилациони системи су коришћени најчешће на бази процене или осећаја људи који користе салу. Током година, код једног дела објеката школских сала, вентилациони системи су реконструисани и модернизовани и сада поседују ефикасније системе, у смислу веће количине свежег ваздуха и са бољим могућностима регулације протока.

Инсталације климатизације постоје у малом броју и код објеката у последњем периоду градње. Код осталих објеката заступљене су само мање локалне јединице (тзв „сплит“ системи) који се користе најчешће само у појединим деловима објекта школске сале, нпр. у простору кабинета или просторима друге намене.

Старост система грејања

Школске сале грађене у ранијим периодима, и поред накнадних интервенција различитог обима, углавном су опремљене инсталацијама са већим експлоатационим периодом и које раде с нижим степеном корисности система производње и дистрибуције топлотне енергије. Ипак, због доброг руковања и одржавања уређаја, арматуре, развода и других делова система, они су функционисали и функционишу коректно и без значајнијег утицаја на квалитет снабдевања. Ефикасност система која опада са годинама има мањи финансијски ефекат.

Врсте горива

Чврста горива као што су огревно дрво или угаљ највише се користе код школских сала изграђених

⁹ Видети нпр. ANSI/ASHRAE Addendum p to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013, Табела 6.2.2.1

In school gyms from the period after 1946 and even later, ventilation is present but in the simplest possible form with window fans or similar solutions, not operating in line with the needs for fresh air or standards regulating ventilation demand⁹. Such ventilation systems were most often used based on the assessment or feeling of the people using the gym. Throughout the years, in one part of the school gym buildings, ventilation systems were rehabilitated and modernised and now possess more efficient systems in terms of greater fresh air quantity and better flow regulation possibilities.

Air-conditioning installations are present in a small number and in buildings of the latest construction period. In other buildings only smaller local units (the so called “split systems”) may be found, most often used only in certain parts of the school gym, for example in the specialised classroom or other purpose spaces.

The heating system age

School gyms constructed in earlier periods, besides the subsequent interventions of different scope, are mainly equipped by installations with greater exploitation period operating at lower efficiency level for production and distribution of heat. Still, due to proper handling and maintenance of devices, reinforcement, distribution and other parts of the system, they have operated and are still operating properly without a more significant effect on the quality of supply. The system efficiency declines over years, with smaller financial effect.

Types of fuel

Solid fuels such as fire wood or coal are mostly being used in school gyms constructed in the period after 1946, while in buildings constructed around 1970/80s liquid fuel may be found, same as in the

⁹ See for example, ANSI/ASHRAE Addendum p to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013, Table 6.2.2.1

у периоду после 1946. године док се код објеката грађених око 1970/80-тих година појављује течено гориво и у случају поседовања сопствене локалне котларнице и у случају снабдевања од стране система даљинског грејања. Природни гас постаје доминантан извор у последњем периоду градње, како у локалним котларницама тако и у топланским системима на које су школски објекти и сале прикључени. У мањој мери заступљена је и електрична енергија, где електрични котлови функционишу по систему централног грејања.

Квалитет грејања

Квалитет грејања најчешће се доводи у везу са перцепцијом комфора од стране корисника. У том контексту, већи број корисника грејање оцењује као добро или задовољавајуће. Где то није случај иницирана је реконструкција или модернизација, како би се првенствено унапредили услови комфора. У тим школама односно школским салама дошло је и до повећања ефикасности у свим сегментима од производње до дистрибуције и коришћења топлотне енергије. Систем грејања је у тим случајевима повећао своју еластичност и избалансираност што је имало за последицу постизање оптималних услова у просторима боравка ученика и то у свим деловима објекта али и боље прилагођавање динамици рада школских сала (и школе у целини) као и временским приликама током зимског периода и сезоне грејања.

У случајевима позитивне оцене квалитета грејања од стране корисника као енергент се користио природни гас, који је перципиран као еколошки најприхватљивије гориво.

Санитарна топла вода

Централна припрема санитарне топле воде углавном није заступљена у школским салама, и најчешће се примењују локално инсталисани електрични акумулациони бојлери. Претпоставка је да је велики број школских објеката (укључујући

case of own local boiler room or in the case of heat supply from the district heating system. Natural gas becomes a dominant source in the latest period of construction, both in local boiler rooms and in the district heating systems school buildings and gyms are connected to. Electrical energy is present to a smaller extent, where electrical boilers operate as central heating systems.

Quality of heating

Quality of heating is most often connected with the perception of comfort by the users. In that context, largest number of users estimate heating as good or satisfactory. Where this is not the case, reconstruction or modernisation have been initiated, primarily to improve comfort conditions. In these schools/ school gyms, the increased efficiency was recorded in all segments, from production to distribution and consumption of heat energy. Heating system has, in those cases, improved its elasticity and balance which resulted in achieving optimum conditions in the premises where the students stay in all parts of the building, but also a better adjustment to the dynamic of the school gym operation (and school as a whole) and weather conditions during the winter and heating season.

In cases of a positive assessment of the heating quality by its users, natural gas was used as fuel, which has been perceived as the environmentally most unfriendly fuel.

Domestic hot water

Centralised domestic hot water preparation is mainly not included in the school gyms, and most often locally installed electrical accumulation boilers are being used. The assumption is that in the major part of school buildings (including gyms), especially from earlier construction periods, electrical water heaters were subsequently installed, that were not originally there. Centralised domestic hot water preparation is only present to a smaller extent in

и сале), нарочито из ранијег периода изградње, накнадно уградио електричне бојлере који нису првобитно ни постојали. Централна припрема санитарне топле воде је тек у мањем обиму заступљена у школским салама и то оним изграђеним у последњем раздобљу. У тим случајевима систем централне припреме санитарне топле воде снабдева се из локалне котларнице или је прикључен систему даљинског грејања.

Од електричних бојлера заступљени су и проточни и акумулациони. Акумулациони бојлери инсталирани су са мањом снагом од проточних. Проточни бојлери греју воду када се она и користи, тако да су топлотни губици мањи, али се електроенергетски систем оптерећује већом снагом што су додатни губици електричне енергије у инсталацијама и мрежи.

2.5. Електроенергетске инсталације

Потрошња електричне енергије

Годишња потрошња електричне енергије, изражена у kWh по јединици површине физкултурне сале, представља основни податак о годишњим потребама физкултурне сале за електричном енергијом која се најчешће користи за осветљење. Анализом прикупљених података за 49 објеката, односно 49 физкултурних сала на територији Србије, види се да укупна годишња потрошња електричне енергије за осветљење варира у опсегу од 5 MWh/god до 15 MWh/god, у зависности од укупне нето површине физкултурне сале. Укупна примарна енергија за посматране физкултурне сале на територији Србије варира у опсегу од 17 MWh/god до 50 MWh/god.

Употреба клима-уређаја

Иако је систем климатизације део термоенергетских система, у школама у Србији се климатизација може посматрати и као део електроенергетских инсталација, будући да школе

school gyms, especially those constructed in the last period. In such cases, centralised domestic hot water system is supplied from the local boiler room or it is connected to the district heating system.

The most commonly found electrical water heaters are the tankless and conventional water heaters. The installed capacity of conventional water heaters is lower than the capacity of the tankless ones. Tankless water heaters heat water when it's being used, therefore heat losses are lesser, but the electrical system is burdened by higher power resulting in additional electricity losses in installations and grid.

2.5. Electrical installations

Electricity consumption

The annual electricity consumption, expressed in kWh per gym surface unit, represents a basic piece of data on annual gym demand for electrical power most often used for lighting. The analysis of collected data for 49 buildings, or 49 gyms in the territory of Serbia, shows that the total annual electricity consumption for lighting varies in the range of 5 MWh/p.a. to 15 MWh/p.a., depending on the total net gym area. The total primary energy for the gyms concerned in the territory of Serbia varies in the range from 17 MWh/p.a. to 50 MWh/p.a.

The use of air-conditioners

Although the air-conditioning system is part of the HVAC systems, in Serbian schools air-conditioning may be regarded as part of electrical power installations, given that schools are not covered by

нису покривене централном климатизацијом већ се користе углавном клима-уређаји, најчешће сплит систем. Коришћење клима-уређаја у физкултурним салама није распрострањено.

Електрично осветљење

Електрично осветљење представља значајну категорију потрошње електричне енергије, нарочито у школама у којима се физкултарне сале користе и у вечерњим сатима. Из тог разлога се под унапређењем енергетске ефикасности у потрошњи електричне енергије подразумева повећање ефикасности система осветљења. Основни типови осветљења обухватају: инкадесцентно осветљење (сијалице са ужареном нити) флуоресцентно осветљење, штедљиве сијалице (CFL) и LED осветљење. У физкултурним салама је најчешће заступљено флуоресцентно осветљење и метал-халогено осветљење.

Аутоматска контрола осветљења готово нигде није заступљена, односно врло је ретка у школама и физкултурним салама у Србији. У просечној школи, односно физкултурној сали у Србији осветљење се користи око шест сати дневно па су из тог разлога ови објекти значајани потрошачи електричне енергије.

Употреба фотонапонских система

Фотонапонски системи служе за производњу електричне енергије помоћу конверзије енергије Сунчевог зрачења. Њихово коришћење је значајно из више разлога. Поред смањења емисије угљен-диоксида, коришћењем фотонапонских система на кровним површинама постиже се и ефекат локалне производње електричне енергије и смањује нето преузета електрична енергија из дистрибутивног система, а самим тим се и смањују губици у дистрибутивној и преносној мрежи (Babić et al., 2015)

На основу прикупљених података, занемарљиво мали број школа у Србији поседује фотонапонски

centralised air-conditioning but mainly use split-system air-conditioners. The use of air-conditioners in gyms is not a common thing.

Electrical lighting

Electrical lighting is an important category of power consumption, especially in schools where gyms are being used in evening hours. This is the reason why energy efficiency improvement in electricity consumption implies improved efficiency of the lighting system. Basic types of the lighting system include: incandescent lighting (glowing light bulbs), fluorescent lighting, compact fluorescent lamps (CFL) and LED lighting. Most frequently found in the gyms is the fluorescent lighting and metal halide lamps.

Automatic lighting control can be found almost nowhere, actually it is very rare in schools and gyms in Serbia. In an average school/ gym in Serbia lighting is used cca. six hours a day, which is why these buildings are considered to be important power consumers.

The use of photovoltaic systems

Photovoltaic systems generate electricity by converting the solar radiation energy. Their use is important due to several reasons. Besides reducing carbon dioxide emissions, the use of photovoltaic systems on roof surfaces achieves the effect of local electricity generation and reduces the net electricity taken over from distribution system, and thus reduces losses in distribution and transmission grid (Babić, Đurišić, Žarković, 2015).

Based on the collected data, the number of schools in Serbia with the installed photovoltaic systems on the building roof is negligible. Moreover, based on the gathered and processed data on gyms

систем инсталиран на крову објекта. Такође, на основу прикупљених и обрађених података када су у питању физкултурне сале у Србији можемо слично закључити да не постоје инсталирани фотонапонски извори енергије, нити било какви други извори електричне енергије. С обзиром да одређени број физкултурних сала има коси кров, веома често јужне оријентације, то омогућава ефикасно коришћење фотонапонских система.¹⁰

in Serbia, it can be similarly concluded that there are no installed photovoltaic energy sources, nor any other sources of electricity. There is a certain number of gyms with flat roof, often facing South, which enables efficient use of photovoltaic systems.¹⁰

¹⁰ Примена обновљивих извора енергије обрађена је у посебној монографији: Примена обновљивих извора енергије на зградама предшколских и школских установа са физкултурним салама Србије, истих аутора

¹⁰ Application of renewable energy sources is covered in a separate monograph: Application of renewable energy sources in school, kindergarten and school gym buildings in Serbia, same authors

3. ДЕФИНИСАЊЕ ТИПОЛОГИЈЕ ФИСКУЛТУРНИХ САЛА














Како је већ речено, база података са подацима о школским фискултурним салама садржи попис свега 49 објеката. Овако мали узорак онемогућава примену кластер анализе као и других статистичких метода, па је закључивање о карактеристикама извршено експертски, на основу искустава и раније стечених знања радне групе о развоју школских зграда, развоју принципа материјализације и технолошких система.

У Табели 1 дата је матрица типологије школских зграда а у Табели 2 матрица типологије фискултурних сала школа. Поређењем периодизације дате у овим табелама види се да се периоди класификације у матрицама не поклапају. Овакво различита периодизација произашла је из напред датог објашњења да се школске сале веома често нису градиле истовремено када и школске зграде, нарочито не у периоду масовне изградње школа, већ су веома често, тамо где ја за то било услова, накнадно дограђиване.

3. DEFINING THE TYPOLOGY OF SCHOOL GYMS




As already mentioned, database containing the data on school gyms contains the inventory of only 49 buildings. Such a small sample disables the application of cluster analysis and other statistical methods, therefore conclusions on their characteristics were made by experts, based on their experiences and acquired knowledge of the working group on the development of school buildings, materialisation principles and technological systems.

Table 1 provides the matrix of school buildings typology, whereas Table 2 shows the matrix of school gyms. Comparison of periodization presented in these tables shows that classification periods in the matrices do not match. This difference in periodization stems from the explanation provided upfront that school gyms were often not built at the same time as school buildings, especially not in the period of mass school construction, but they were, quite often when the conditions allowed so, subsequently added.

Мале школе (до 500м²) Small schools (smaller than 500m²)	Школе средње величине (500 - 2000м²) Medium sized schools (500-2000m²)	Велике школе (веће од 2000м²) Large schools (larger than 2000m²)	Период Period
	 	 	до 1945. before 1945
			1946-1970. 1946-1970
		 	1971-1990. 1971-1990
			после 1991. after 1991

Табела 1. Матрица типологије школских зграда (Национална типологија школских зграда Србије, стр.42)

Table 1. School buildings typology matrix (National typology of school buildings in Serbia, p.42)

<p>Тип зграде школске фискултурне сале Building type school gyms</p>	<p>Период изградње Construction period</p>
	<p>Израђене до 1960. Constructed before 1960</p>
	<p>Израђене у периоду 1960-2000. Constructed in the period 1960-2000</p>
	<p>Израђене након 2000. Constructed after 2000</p>

Табела 2. Матрица типологије зграда фискултурних сала школских зграда

Table 2. Gym buildings typology matrix

4. ПОБОЉШАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ И СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ CO₂ УНАПРЕЂЕЊЕМ ЗГРАДА ФИСКУЛТУРНИХ САЛА

У Србији је још увек на снази регулатива из области енергетске ефикасности која је ступила на снагу 2012. године. Према овим Правилницима,¹¹ приликом реконструкције зграда, потребно је да се зграда унапреди за један енергетски разред, уколико већ није у резреду А или А+. Сертификација се, при том, врши само на основу потребне енергије за грејање, мада је дата и методологија за прорачуне емисије угљен-диоксида. Енергија потребна за климатизацију, вентилацију, припрему санитарне топле воде и осветлу није обухваћена процесом сертификације. Према методологији коришћеној код школских зграда и зграда предшколских установа¹² полазиште за анализу било је пројектовано стање зграда, не узимајући у обзир накнадне радове који су вршени на конкретним случајевима, који су најчешће обухватили замену фасадне столарије и санацију односно промену типа крова и кровног покривача. Дефинисани су различити нивои унапређења и то за елементе:

- Термички омотач
- Термотехнички системи и
- Електроенергетски системи.

Поред прорачуна потребне енергије за грејање зграде, припрему санитарне топле воде и осветлу израчуната је и финална и примарна енергија за ове потребе као и емисија угљен диоксида за постојеће стање и три нивоа унапређења, дефинисана у даљем тексту. Треба истаћи да је смањење емисије угљен диоксида, без обзира што тренутно код нас

¹¹ Правилник о енергетској ефикасности зграда и Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда ("Сл. гласник РС", бр.61/2011)

¹² Јовановић Поповић М. и др:Зграде школских и предшколских установа- методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности, Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2018

4. ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT AND CO₂ EMISSION REDUCTION BY IMPROVING SCHOOL GYM BUILDINGS

Regulations in the area of energy efficiency which entered into force in 2012 are still effective in Serbia. Pursuant to these Rulebooks,¹¹ in reconstruction of buildings, a building has to be improved by one energy class, unless it is already in classes A or A+. In addition, certification is done only on the basis of required heating energy, although methodology for calculation of carbon-dioxide emission is also included. The energy needed for air-conditioning, ventilation, domestic hot water preparation and lighting is not covered by the certification process. According to the methodology used for school and kindergarten buildings¹² the basis for the analysis was the designed condition of buildings, not taking into account subsequent works performed in specific cases, which most often included replacement of facade joinery and rehabilitation/replacement of roof type and roof cover. Different improvement levels were defined for the following elements:

- Thermal envelope
- HVAC systems and
- Electrical power systems.

In addition to calculation of energy demand for heating of the building, domestic hot water preparation and lighting, final and primary energy for these needs has also been calculated, same as the carbon-dioxide emission for the current condition and three improvements defined in the text to follow. It ought to be stressed that carbon-dioxide emission reduction, irrespective of the fact that currently in

¹¹ Rulebook on energy efficiency in buildings and Rulebook on the conditions, content and manner of issuing building energy performance certificates ("Official Gazette of RS", no. 61/2011)

¹² Jovanovic Popovic M. et al: School and kindergarten buildings- a methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency, Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2018

сертификација није базирана на емисији угљен диоксида, изузетно важан параметар за квалитет зграда. Смањење ове емисије је дефинисано међународним споразумима и ограничено за сваку земљу појединачно са датим роковима постављеним за постизање ових циљева.¹³

Будући да је методологија прикупљања података о салама била другачија у односу на школе и вртиће и да није било могуће утврдити укупан тачан број сала у Србији, то није било могуће урадити прорачуне уштеда кроз обнову зграда сала на нивоу целе Србије. Прорачуни су урађени само за одабране типове сала. Комбинацијом ових вредности са прорачунатим уштедама на нивоу школе, може се израчунати ефекат обнове зграда за сваку појединачну комбинацију школе и сале у зависности од конкретне ситуације на терену.

4.1 Унапређење архитектонско-грађевинских карактеристика

Анализиране су могућности унапређења само на нивоу унапређења термичког омотача, пошто су зграде физкултурних сала грађене као компактне, и могућност побољшања геометријских карактеристика комплексним методама унапређења и увођењем пасивних мера, описаних у претходним истраживањима, није разматрана (Ignjatović et al, 2015; Ćuković Ignjatović et al, 2016).

Први ниво унапређења се састоји од радова који обезбеђују испуњеност захтева важеће подзаконске регулативе (Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, 2012) тј. обавези да се при енергетској санацији, постојећи енергетски разред унапреди за минимум један ниво. За разлику од школских зграда, због великог волумена, основна

Serbia certification is not based on the carbon-dioxide emission, is an extremely important parameter for the quality of buildings. Reduction in this emission is defined by international treaties and is limited for each country individually, along with the set deadlines for achieving these targets.¹³

Having in mind that the methodology for collection of data on gyms was different compared to the one used for schools and kindergartens, it was not possible to determine the total and accurate number of gyms in Serbia, therefore it was also not possible to calculate savings that would be achieved by renovation of gym buildings at the level of Serbia. Calculations were done only for the selected types of gyms. By combining these values with the calculated savings at the school level, the effect of building renovation may be calculated for each individual combination of school and gym depending on the specific situation on the ground.

4.1 Improving architectural and construction characteristics

Possibilities for improvement were analysed at the level of thermal envelope improvement only, since gym buildings were constructed as compact buildings, while the possibility of improvement of geometric properties by complex improvement methods and introduction of passive measures, described in the previous studies has not been considered (Ignjatović et al, 2015; Ćuković Ignjatović et al, 2016).

Improvement 1 includes the works ensuring meeting of the requirements of the applicable by-laws (Rulebook on the conditions, content and manner of issuing certificates on energy performance of buildings, 2012), namely, that energy efficient retrofit-

¹³ Кјото протокол је усвојен у Кјоту, Јапан 1997. Године. Протокол обавезује индустријализоване земље да стабилизују емисију гасова са ефектом стаклене баште на основу начела Конвенције. Србија је ратификовала Протокол у јануару 2008. године. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

¹³ Kyoto Protocol was adopted in Kyoto, Japan in 1997. The Protocol imposes a commitment on industrial countries to stabilise the emission of greenhouse gases based on the Convention principles. Serbia has ratified the Protocol in January 2008 http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

примењена мера замене фасадне столарије новом, која испуњава захтеве регулативе (PVC профили, двослојни нискоемисиони стакло пакети $U=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0.6$), и доводи до побољшања заптивености и смањења вентилационих губитака, није довољна за испуњење овог услова већ је нужно применити још неку меру енергетске санације (изолација крова или фасаде).

Други ниво унапређења конципиран је тако да се све позиције термичког омотача доведу у стање где њихове вредности коефицијента пролаза топлоте одговарају вредностима прописаним Правилником о енергетској ефикасности (2011). Једина позиција која задовољава захтеве тренутне регулативе је позиција пода на тлу, пре свега због геометријских карактеристика. Све остале позиције – прозорски системи, фасадни зидови, као и коси и равни кровови, морају се заменити односно санирати уз постављање слојева термоизолације од 10-20 cm дебљине, у зависности од постојеће структуре омотача

Трећи ниво унапређења подразумева амбициозни обим обнове, у смислу унапређења свих позиција термичког омотача до нивоа тренутног техно-економског максимума. То подразумева замену фасадне столарије и браварије компонентама сертифицираним за уградњу у пасивне куће, што најчешће подразумева композитне профиле, застакљене троструким нискоемисионим стакло пакетом испуњеним племенитим гасом ($U=0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0.4$) уз побољшање заптивености при прорачуну вентилационих губитака на добар ниво. Такође, изолација свих позиција термичког омотача, укључујући и санацију подова на тлу (што претпоставља значајне грађевинске радове), подразумева додавање значајних слојева термоизолације, у дебљинама од 20 cm на фасадним зидовима, односно 30 cm у слојевима кровова.

Код најновијег типа сала, грађених након 2000. године, анализиран је само трећи принцип унапређења, будући да ове сале углавном задовољавају ниво који прописује тренутна регулатива.

ting needs to improve the existing energy class by at least one level. Unlike school buildings, due to large volume, basic applied measure implying replacement of facade joinery by new, meeting the regulatory requirements (PVC sections, double-glazed low-emission glass units $U=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0.6$), leading to improved tightness and reduced ventilation losses, is not sufficient to meet this requirement, but requires implementation of another energy efficiency measures (roof or facade insulation).

Improvement 2 was designed so as to bring all elements of thermal envelope to a condition where their heat transmittance values correspond to values defined in the Rulebook on Energy Efficiency (2011). The only position meeting the requirements of applicable regulations in the position of floor on the ground, primarily due to its geometric characteristics. All other positions- window systems, facade walls, pitched and flat roofs, have to be replaced or rehabilitated, including installation of thermal insulation layers 10-20 cm thick, depending on the existing structure of the envelope.

Improvement 3 implies an ambitious rehabilitation scope, in terms of improvement of all thermal envelope positions up to the level of the current techno-economic maximum. This refers to replacement of the facade joinery and ironmongery by components certified for installation in passive houses, which most often implies composite sections, triple-glazed low-emission glass units filled with noble gas ($U=0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0.4$) with improvement of tightness in calculating ventilation losses to a proper level. Moreover, insulation of all thermal envelope positions, including rehabilitation of floors on the ground (assuming comprehensive civil works), entails adding considerable thermal insulation layers, from 20 cm thick on the facade walls, or 30 cm in the roof layers.

In the latest type of gyms constructed after the 2000, only Improvement 3 was analysed, given that these gyms mainly meet the requirements laid down in the applicable regulations.

4.2 Унапређење термотехничких инсталација

На основу обрађених података о физкултурним салама сагледане су могућности унапређења енергетске ефикасности у системима грејања и припреме санитарне топле воде као и у системима вентилације. Конкретна унапређења прате методологију која се примењује на националну типологију школа. Такође, приликом анализе, узете су у обзир реалне техничке и финансијске могућности, потребе и динамика рада школских сала као и типична решења за овај тип објеката.

Циљ унапређења у системима грејања и припреме санитарне топле воде је смањење примарне потрошње енергије, повећање степена корисности трансформације и дистрибуције енергије, унапређење квалитета грејања и снабдевања као и смањење негативних утицаја на животну средину. Циљ унапређења у системима вентилације је испуњење вишеструких захтева међу којима су квалитет ваздуха, равномерна расподела температуре у просторији и низак ниво стратификације, контрола влаге, ниске брзине ваздуха у просторији и мали акустични отисак система. Такође, циљ је и изградња система вентилације који се може прилагодити променљивим захтевима у раду. Предложена унапређења постојећег система вентилације су у складу са наменом школских сала, имајући у виду да поједине сале поседују и трибине за гледаоце и намењене су за одржавање различитих спортских догађаја.

Поред постојећег стања, дефинисана су три нивоа унапређења.

Постојеће стање: У изворном стању физкултурне сале типа 1 и типа 3 поседују систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Извор топлотне енергије је систем даљинског грејања на који је школа повезана, док се у топланама као основно гориво користи природни гас (евентуално течено гориво). У сали типа 2 у изворном стању, школа се првобитно загревала

4.2 Improving HVAC systems

Based on the processed data on gyms, possibilities for improvement of energy efficiency in heating, domestic hot water preparation and ventilation systems were considered. Specific improvements follow the methodology applied to the national typology of schools. The analysis also took into account realistic technical and financial possibilities, the needs and dynamics of school gyms operation, and typical solutions for this type of buildings.

The purpose of improvements in the heating and domestic hot water preparation systems is to reduce primary energy consumption, increase the transformation efficiency and energy distribution level, improve the quality of heating and supply, and to reduce adverse effects on the environment. The purpose of improvements in ventilation systems is to meet multiple requirements, inter alia, the quality of air, balanced temperature allocation in the room and low level of stratification, control of humidity, low air speed in the room and low acoustic blueprint of the system. Moreover, the aim is to construct a ventilation system adaptable to changing operating conditions. The proposed improvements of the existing ventilation condition are aligned with the use of school gyms, bearing in mind that certain gyms also have viewers stands and host different sporting events.

Besides the current condition, three improvement levels were defined.

Current condition: In their original condition, gyms of type 1 and type 3 have a radiator centralised heating system. The source of heat is district heating system the school is connected to, with district heating plants using natural gas (liquid fuel potentially) as fuel. In the original condition of gyms under type 2, the school was initially heated by the central heating system using the solid fuel (coal) fired boiler and radiators and heating bodies. This system is used even nowadays, with the switch to natural gas fired boiler. In these types of gyms, electrical conven-

системом централног грејања са котлом на чврсто гориво (угаљ) и са радијаторима као грејним телима. Тај систем се користи и данас уз прелазак на котао на природни гас. У свим типовима сала за припрему санитарне топле воде користе се електрични акумулациони бојлери. Од вентилационих система углавном је заступљена природна вентилација или једноставни зидни вентилатори.

Први ниво унапређења

У сва три типа физкултурних сала задржан је постојећи систем грејања простора који подразумева даљинско грејање с топланским котловима на природни гас у салама типа 1 и 3 и централно грејање са локалним котлом на природни гас у сали типа 2. Припрема санитарне топле воде обавља се путем електричних акумулационих бојлера. Код објеката који поседују само природну вентилацију или једноставне зидне вентилаторе, предлаже се уградња механичког система са каналима за одвођење ваздуха, постављеним у близини плафона сале. Такав систем је погодан за услове слабог интезитета коришћења сале и у условима када строга контрола температуре ваздуха није неопходна. Пошто се ради о релативно високим објектима (просечно 7-8 m), механичко увођење неприпремљеног хладног спољног ваздуха путем канала са плафона довело би до убрзавања ваздуха ка тлу и некомфора код корисника.

Други ниво унапређења

Као у претходном случају, у сва три типа физкултурних сала задржан је постојећи систем грејања простора који подразумева даљинско грејање с топланским котловима на природни гас у салама типа 1 и 3 и централно грејање са локалним котлом на природни гас у сали 2. Припрема санитарне топле воде обавља се путем електричних акумулационих бојлера. У систему вентилације предлаже се уградња децентрализованог

тионал water heaters are being used for domestic hot water preparation. When it comes to ventilation systems, mostly found are natural ventilation or simple wall-mounted fans.

Improvement 1

In all three types of gyms the existing heating system was kept entailing district heating with DHP natural gas boilers in gyms of types 1 and 3, and centralised heating with a local natural gas boiler in type 2 gyms. Domestic hot water preparation is undertaken by electrical accumulation water heaters. For buildings having only natural ventilation of simple wall-mounted fans, it is proposed to install mechanical system with air outlet channels, set close to the gym ceiling. Such a system is suitable for the conditions of low gym use intensity and in the conditions when strict air temperature control is not necessary. Since there are relatively high buildings (7 to 8 m on average), mechanical inlet of untreated cold outdoor air via channels under the ceiling would lead to acceleration of air close to the ground and discomfort of gym users.

Improvement 2

Same as in the previous case, in all three types of gyms the existing heating system was kept entailing district heating with DHP natural gas boilers in gyms of types 1 and 3, and centralised heating with a local natural gas boiler in type 2 gyms. Domestic hot water preparation is undertaken by electrical accumulation water heaters. In regard to ventilation system, construction of decentralised ventilation system is proposed with heat recuperation and flow meeting the needs of the gym. Fans for extraction of air would be placed on the gym roof or walls, and together with the adequate system for supply of outdoor air they can be used as an efficient independent ventilation system.

система вентилације са рекуператором топлоте и протоком да задовољи потребе сале. Вентилатори за екстракцију ваздуха били би постављени на крововима или зидовима фискултурних сала, и заједно са одговарајућим системом за допремање спољног ваздуха могу се користити као ефикасан независан вентилациони систем.

Трећи ниво унапређења

У сва три типа фискултурних сала иновирани су постојећи системи грејања простора путем уградње компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом, која замењује постојеће системе за грејање и припрему санитарне топле воде у целисти. У систему вентилације предлаже се интеграција система грејања и вентилације. Систем довођења припремљеног топлог ваздуха поседује добар ниво контроле квалитета ваздуха током године и остварује висок ниво ефикасности. Начин на који се школске сале користе чини их погодним за постављање сензора заузетости или детектора присутности да би се аутоматски контролисао рад вентилационог система и грејања, а да би се избегао прекомеран утрошак енергије. Предлажу се и елементи за утишавање високофреквентних звукова насталих вртложењем на доводним и одводним решеткама. Ови елементи вентилационог система у школским салама треба да задовоље низак ниво буке који не би реметио фискултурне активности које се обављају у сали.

4.2.1 Ефекти унапређења

Усвојене претпоставке: Просечан број сати рада система грејања, вентилације и припреме санитарне топле воде у свим анализираним фискултурним салама у току просечног радног дана је 8h. Укупан број радних дана за све анализираних школских сале је 180 дана/год. У Табели 3. дате су вредности потребне енергије за грејање и припрему санитарне топле воде као и вредности за финалну и примарну енергију и емисију CO₂ за исте намене за

Improvement 3

In all three types of gyms the existing heating system was innovated by installation of a compressor heat air/water heat pump with a hydromodule, entirely replacing the existing heating and domestic hot water preparation systems. Integration of heating and ventilation systems is proposed in the ventilation system. The system for bringing in prepared hot air has good level of air quality control throughout the year and achieves high level of efficiency. The manner in which gyms are used makes them suitable for installation of occupancy sensors or detectors so as to automatically control operation of ventilation and heating systems and thus avoid excessive energy consumption. Also proposed are the elements to calm down high-frequency sounds resulting from swirling on inlet and outlet grids. These ventilation system elements in school gyms ought to meet the low noise level so as not to disturb sporting activities taking place in the gym.

4.2.1 The effects of improvement

Adopted assumptions: Average number of working hours of heating, ventilation and domestic hot water preparation systems in all analysed gyms during an average working day is 8 hours. The total number of working days for all analysed school gyms is 180 days/p.a. Table 3 shows the energy demand values for heating and domestic hot water preparation, and values for final and primary energy and CO₂ emission for the same type of use of all three types

сва три типа сала у пројектованом стању. У табелама 4, 5. и 6. дате су израчунате вредности за потребну, финалну и примарну енергију као и емисију CO₂ за сва три типа сала након пројектованог унапређења у три различита нивоа

of gyms in the designed condition. Tables 4, 5 and 6 present the calculated values for the needed, final and primary energy and CO₂ emission for all three types of gyms after the designed improvement in three different levels.

Табела 3. Укупне годишње енергетске потребе, финална и примарна енергија уз емисију CO₂, за потребе грејања и припреме санитарне топле воде (СТВ) у школским салама за постојеће стање

Table 3. Total annual energy demand, final and primary energy with CO₂ emission for the needs of heating and domestic hot water preparation (DHW) in school gyms in the original condition:

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW energy demand	Финална енергија за грејање и СТВ Heating and DHW final energy demand	Примарна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ / god.] [t CO ₂ / p/a]
1	330	104,7	124,6	226,9	76,6
2	864	349,7	452,4	510,8	109,9
3	707	77,9	92,0	171,0	60,3

Табела 4. Укупне годишње енергетске потребе, финална и примарна енергија уз емисију CO₂, за потребе грејања и припреме санитарне топле воде (СТВ) у школским салама након примене мера унапређења 1

Table 4. Total annual energy demand, final and primary energy with CO₂ emission for the needs of heating and domestic hot water preparation (DHW) in school gyms after implementing the Improvement 1 measures

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW energy demand	Финална енергија за грејање и СТВ Heating and DHW final energy demand	Примарна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ / god.] [t CO ₂ / p/a]
1	330	57,1	67,8	124,6	42,9
2	864	146,3	188,1	220,1	51,8
3	707	77,9	92,0	171,0	60,3

Табела 5. Укупне годишње енергетске потребе, финална и примарна енергија уз емисију CO₂, за потребе грејања и припреме топле потрошне воде (СТВ) у школским салама након примене мера унапређења 2

Table 5. Total annual energy demand, final and primary energy with CO₂ emission for the needs of heating and domestic hot water preparation (DHW) in school gyms after implementing the Improvement 2 measures

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW energy demand	Финална енергија за грејање и СТВ Heating and DHW final energy demand	Примарна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[MWh/ god.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ / god.] [t CO ₂ / p/a]
1	330	46,6	55,2	101,9	35,4
2	864	144,6	185,9	217,7	51,3
3	707	77,9	92,0	171,0	60,3

Табела 6. Укупне годишње енергетске потребе, финална и примарна енергија уз емисију CO₂, за потребе грејања и припреме санитарне топле воде (СТВ) у школским салама након примене мера унапређења 3.

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW energy demand	Финална енергија за грејање и СТВ Heating and DHW final energy demand	Примарна енергија за грејање и СТВ Heating and DHW primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/ год.] [MWh/p/a.]	[MWh/ год.] [MWh/p/a.]	[MWh/ год.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ / год.] [t CO ₂ / p/a.]
1	330	29,9	10,4	26,0	13,8
2	864	103,4	35,9	89,8	47,6
3	707	70,1	24,3	60,9	32,2

Table 6. Total annual energy demand, final and primary energy with CO₂ emission for the needs of heating and domestic hot water preparation (DHW) in school gyms after implementing the Improvement 3 measures

4.3 Унапређење електричног осветљења

На основу урађене базе података, као и на основу обрађених података о физкултурним салама сагледане су могућности побољшања енергетске ефикасности електроенергетских система у овим објектима. Анализа је обухватила све релевантне параметре у вези са структуром потрошње електричне енергије. Како електрично осветљење представља значајну категорију потрошње електричне енергије, мере унапређења енергетске ефикасности у потрошњи електричне енергије најчешће обухватају повећање ефикасности система осветљења.

Дефинисана су три нивоа унапређења, пратећи методологију која се примењује на националну типологију електроенергетских инсталација у оквиру школа.

Постојеће стање: Претпоставља се да је у физкултурној сали типа 1 инсталирано флуоресцентно осветљење, док је за физкултурне сале типа 2 и 3 претпостављено да је инсталирано метал-халогено осветљење.

Унапређење 1: Претпоставља се да је у физкултурним салама постојеће осветљење замењено са ЛЕД осветљењем које даје приближно исти ниво осветљености као за постојеће стање. Разлика у инсталисаној снази осветљења пре и после интервенције је меродавна за процену уштеде енергије. Ова мера подразумева замену светилки без икаквих додатних инвестиција у електричне инсталације.

4.3 Improving electrical lighting

Based on the performed data analysis, and based on the processed data on school gyms, possibilities were considered for energy efficiency improvement of electrical power systems in these buildings. The analysis included all relevant parameters relative to the structure of electricity consumption. As electrical lighting represents a significant category of electricity consumption, energy efficiency improvement measures in electricity consumption most often entail improving the lighting system efficiency.

Three improvement levels were defined, following the methodology applied to national typology of electrical installations in schools.

Current condition: It was assumed that fluorescent lighting is installed in type 1 gyms, whereas for gyms of types 2 and 3 it was assumed that metal halide lighting was installed.

Improvement 1: It is assumed that existing lighting in gyms was replaced by LED lighting providing almost the same level of light as in the existing condition. The difference in the installed capacity of lighting before and after the intervention is relevant for estimation of energy savings. This measure implies replacement of lamps without any additional investments into electrical installations.

Improvement 2: It was assumed that the existing lighting in gyms was replaced by LED lighting and that additionally the system for manual brightness level (dimming) was installed depending on the

Унапређење 2: Претпоставља се да је у физкултурним салама постојеће осветљење замењено са ЛЕД осветљењем и додатно постављен систем за мануелно подешавање (димовање) нивоа осветљености у зависности од активности које се обављају у физкултурној сали.

Унапређење 3: Претпоставља се да је у физкултурним салама постојеће осветљење замењено са ЛЕД осветљењем и да је додатно постављен систем за аутоматско подешавање нивоа осветљености, идентификацију присуства људи у сали, који ће смањити број сати рада осветљења и паразитне гутибке услед несикључивања осветљења у појединим просторијама након завршетка радног времена школе, као и у току радног времена школе када у физкултурној сали не бораве ђаци и наставници.

Ускојене претпоставке: Просечан број сати рада осветљења у свим анализираним физкултурним салама у току просечног радног дана је 6h. Укупан број радних дана за све анализиране школе је 180 дана/год.

activities taking place in the gym.

Improvement 3: It was assumed that the existing lighting in gyms was replaced by LED lighting and that additionally the system for automatic brightness level (dimming) and identification of human presence in the gym was installed, that was to reduce the number of operating hours of lighting and parasite losses due to failure to turn the lights off in certain premises after the school working hours, same as during the school working hours when pupils and teachers were not present in the gym.

Adopted assumptions: Average number of working hours of lighting in all analysed gyms during an average working day is 6 hours. The total number of working days for all analysed schools is 180 days/p.a.

Табела 7. Укупна потребна и примарна енергија и одговарајућа емисија CO₂ за осветљење сала у школским објектима за постојеће стање

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Укупна потребна енергија за осветљење Total lighting energy demand	Укупна примарна енергије Total primary energy	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god] [t CO ₂ /p/a]
1	330	5.346	17.642	5.800
2	864	18.662	61.585	20.248
3	707	15.271	50.394	16.569

Table 7. Total needed and primary energy and corresponding CO₂ emission for lighting in school gyms, for current condition

Табела 8. Укупна потребна и примарна енергија и одговарајућа емисија CO₂ за осветљење сала у школским објектима након примене мера унапређења 1

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Укупна потребна енергија за осветљење Total lighting energy demand	Укупна примарна енергије Total primary energy	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god] [t CO ₂ /p/a]
1	330	1.782	5.881	1.934
2	864	5.599	18.476	6.075
3	707	4.581	15.119	4.971

Table 8. Total needed and primary energy and corresponding CO₂ emission for lighting in school gyms, after implementing the Improvement 1 measures

Табела 9. Укупна потребна и примарна енергија и одговарајућа емисија CO₂ за осветљење сала у школским објектима након примене мера унапређења 2

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Укупна потребна енергија за осветљење Total lighting energy demand	Укупна примарна енергије Total primary energy	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god] [t CO ₂ /p/a]
1	330	1.693	5.587	1.837
2	864	5.319	17.552	5.771
3	707	4.352	14.363	4.723

 Table 9. Total needed and primary energy and corresponding CO₂ emission for lighting in school gyms, after implementing the Improvement 2 measures

 Табела 10. Укупна потребна и примарна енергија и одговарајућа емисија CO₂ за осветљење сала у школским објектима након примене мера унапређења 3

Тип сале Gym type	Укупна нето површина сале Total net gym area	Укупна годишња потрошња електричне енергије за осветљење Total annual electricity consumption for lighting	Укупна примарна енергије Total primary energy	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god] [t CO ₂ /p/a]
1	330	1.515	4.999	1.644
2	864	4.759	15.705	5.164
3	707	3.894	12.851	4.225

 Table 10. Total needed and primary energy and corresponding CO₂ emission for lighting in school gyms, after implementing the Improvement 3 measures

4.4. Укупни ефекти побољшања енергетске ефикасности и смањења емисије угљен диоксида унапређењем зграда фискултурних сала

У наредним табелама дати су укупни ефекти смањења потребне енергије, финалне и примарне енергије као и смањења емисије угљен диоксида за три типа референтних школских сала кроз три нивоа њиховог унапређења дефинисаног раније.

 Табела 11. Укупна потребна и примарна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење [MWh/god] и емисија CO₂ [t /год.] за три типа фискултурних сала у постојећем (пројектованом) стању

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting energy demand	Примарна енергија за грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[MWh/god] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god] [t CO ₂ /p/a]
1	330	110,16	244,54	82,40

4.4. Total effects of energy efficiency improvement and carbon-dioxide emission reduction by improving school gym buildings

The following Tables present the total effects of the reduction in energy demand, final and primary energy and carbon-dioxide emission reduction for three types of reference school gyms in three levels of their improvement defined earlier.

 Table 11. Total demand and primary energy for heating, DHW preparation and lighting [MWh/p/a] and CO₂ emission [t/p/a] for three types of gyms in the existing (designed) condition

2	864	368,36	572,39	130,15
3	707	93,17	221,39	76,87

Табела 12. Укупна потребна и примарна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење [MWh/god] и емисија CO₂ [t /год.] за три типа физкултурних сала након првог нивоа унапређења

Table 12. Total demand and primary energy for heating, DHW preparation and lighting [MWh/p/a] and CO₂ emission [t/p/a.] for three types of gyms after implementing Improvement 1

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting energy demand	Примарна енергија за грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god.] [MWh/p/a.]	[MWh/god.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god.] [t CO ₂ /p/a.]
1	330	58,88	130,48	44,83
2	864	151,90	238,58	57,88
3	707	82,48	186,12	65,27

Табела 13. Укупна потребна и примарна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење [MWh/god] и емисија CO₂ [t /год.] за три типа физкултурних сала након другог нивоа унапређења

Table 13. Total demand and primary energy for heating, DHW preparation and lighting [MWh/p/a] and CO₂ emission [t/p/a.] for three types of gyms after implementing Improvement 2

Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Потребна енергија за грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting energy demand	Примарна енергија за грејање и СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting primary energy demand	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god.] [MWh/p/a.]	[MWh/god.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god.] [t CO ₂ /p/a.]
1	330	48,29	107,49	37,24
2	864	149,92	235,25	57,07
3	707	82,25	185,36	65,02

Табела 14. Укупна потребна и примарна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење [MWh/a] и емисија CO₂ [t /год.] за три типа физкултурних сала након трећег нивоа унапређења

Table 14. Total demand and primary energy for heating, DHW preparation and lighting [MWh/p/a] and CO₂ emission [t/p/a.] for three types of gyms after implementing Improvement 3

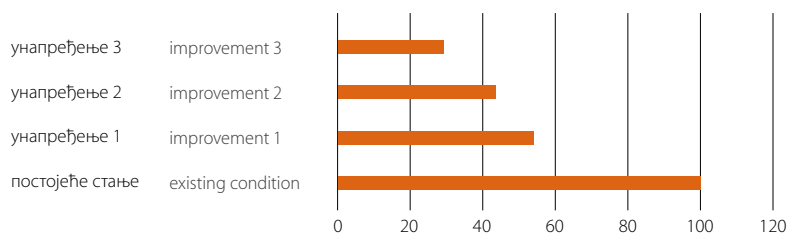
Тип сале Gym type	Нето површина сале Net gym area	Грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting	Грејање, СТВ и осветљење Heating, DHW and lighting	Укупна емисија CO ₂ Total CO ₂ emission
	[m ²]	[MWh/god.] [MWh/p/a.]	[MWh/god.] [MWh/p/a.]	[t CO ₂ /god.] [t CO ₂ /p/a.]
1	330	31,42	31,00	15,44
2	864	108,16	105,51	52,76
3	707	73,99	73,75	36,43

Смањење потребне и примарне енергије, као и смањење емисије угљен-диоксида као резултат пројектована три нивоа унапређења енергетске ефикасности приказани су на графиконима 7-9. за салу типа 1, на графиконима 10-12. за салу типа 2 и графиконима 13-15. за салу типа 3. Као основ су узети показатељи енергетске ефикасности зграда у постојећем стању, пре унапређења.

The reduction in energy demand and primary energy, same as the reduction in the carbon-dioxide emission as a result of the designed three energy efficiency improvement levels are presented in Charts 7- 9 for type 1 gyms, in Charts 10-12 for type 2 gyms and in Charts 13- 15 for type 3 gyms. The baseline assumes the building energy efficiency indicators in the existing condition, prior to improvement.

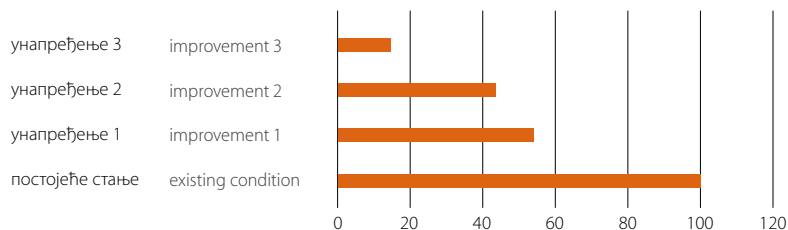
Сала типа 1

Gym type 1



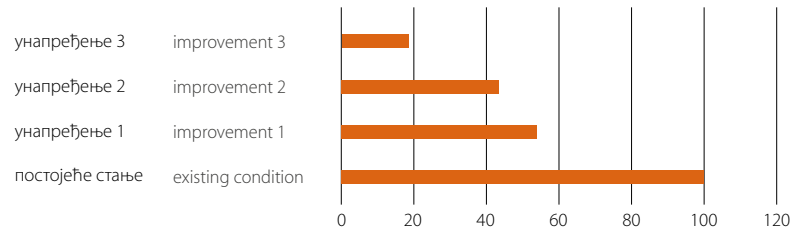
Графикон 7. Сала типа 1: смањење потребне енергије унапређењима у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 7. Gym type 1: reduced energy demand in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]



Графикон 8. Сала типа 1: смањење примарне енергије унапређењима у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 8. Gym type 1: reduced primary energy in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]



Графикон 9. Сала типа 1: смањење емисије угљен-диоксида кроз унапређења у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

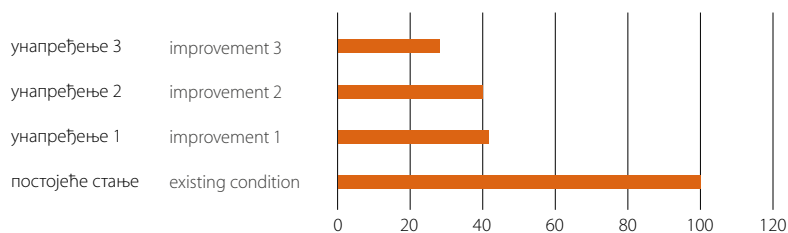
Chart 9. Gym type 1: reduced carbon-dioxide emission in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]

Анализом датих вредности на графицима 7-9. може се закључити да, кад су у питању потребна, примарна енергија као и емисија угљен диоксида, већ први ниво унапређења који је и најмање економски захтеван, своди енергије и емисију CO_2 на око 50% у односу на првобитно стање. Даљи допринос унапређења сале типа 2 је око 10% у односу на најмање захтевно унапређење, па би вероватно одлука о избору између ова два унапређења требало да се донесе кроз поређење економских захтева. Најобимније и најзахтевније, али и најскупље унапређење 3, даје изузетне ефекте када је примарна енергија у питању. Код овог типа обнове, примарна енергија се своди на свега 12,68% примарне енергије потребне у постојећем стању. Изузетно добри показатељи су и код емисије угљен диоксида, који се трећим типом обнове своди на испод 19% од емисије за зграду сале у постојећем стању.

By analysing data given in Charts 7-9 it may be concluded that, when it comes to energy demand, primary energy and carbon-dioxide emission, the first improvement level which the least economically demanding, brings the energies and CO_2 emission to approximately 50% compared to the initial situation. Further contribution of the type 2 gym amounts to cca. 10 % compared to the least demanding improvement, therefore the decision on the selection between these two improvements should be made by the comparison of economic requirements. The most comprehensive and most demanding, but also most expensive it the Improvement 3, producing extraordinary effects in terms of primary energy. In this type of rehabilitation, primary energy is reduced to only 12.68% of primary energy demand in the existing condition. The extremely good indicators are present in carbon-dioxide emission, brought down to under 19% in Improvement 3 for gym buildings in current condition.

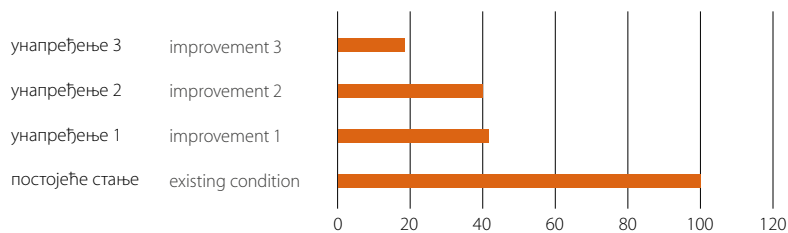
Сала типа 2

Gym type 2



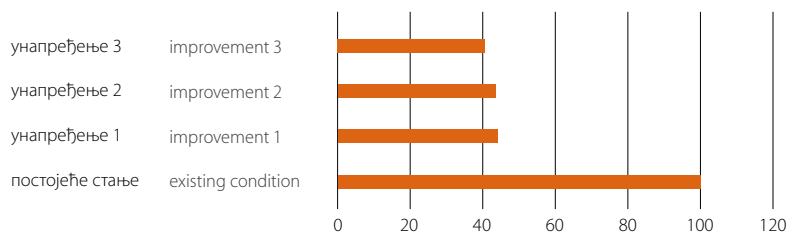
Графикон 10. Сала типа 2: смањење потребне енергије унапређењима у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 10. Gym type 2: reduced energy demand in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]



Графикон 11. Сала типа 2: смањење примарне енергије унапређењима у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 11. Type 2 gym: reduced primary energy in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]



Графикон 12. Сала типа 2: смањење емисије угљен-диоксида кроз унапређења у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

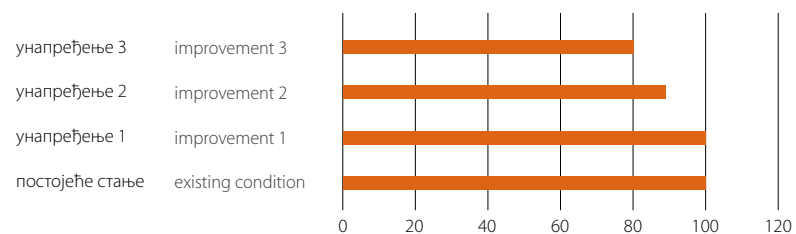
Chart 12. Gym type 2: reduced carbon-dioxide emission in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]

Нешто другачији показатељи се добијају за салу типа 2. Већ први ниво унапређења своди потребну енергију, примарну енергију и емисију угљен диоксида на нешто више од 40% у односу на постојеће стање. Унапређење 2 даје изузетно мала даља побољшања у односу на прво унапређење. Нешто боље резултате даје унапређење типа 3. Потребна енергија се смањује на око 29% а примарна на свега 18% што је изузетно добар резултат. Међутим, емисија угљен диоксида не прати овај тренд, па је смањење емисије CO₂ мада нешто мање, остало на нивоу 40% емисије код постојећег стања. Овако различити показатељи последица су наравно комбинације предвиђених мера обнове. Свака одлука о могућем унапређењу, поред економских параметара, треба да узме у обзир и примарни циљ обнове: смањење потребне и примарне енергије или смањење емисије CO₂.

Somewhat different indicators were obtained for type 2 gyms. Improvement 1 already brings down the energy demand, primary energy and carbon-dioxide emission to somewhat above 40% compared to the existing situation. Improvement 2 produces slight further improvements compared to Improvement 1. Improvement 3 produces slightly better results. The energy demand is reduced to cca. 29%, and primary energy to only 18% which is an extremely good result. However, carbon-dioxide emission does not follow this trend, so the reduction in CO₂ emission, although a bit lower, remained at the level of 40% of the current condition emission. Such different indicators of effects are naturally found in the combinations of the envisaged rehabilitation measures. Any decision on the potential improvement, in addition to economic parameters, ought to take into account the primary goal of rehabilitation: reduction in the energy demand and primary energy or reduction in the CO₂ emission

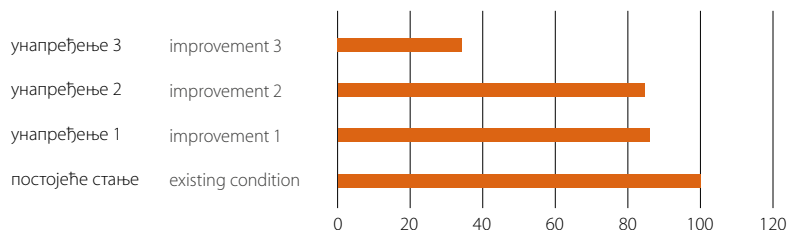
Сала типа 3

Gym type 3



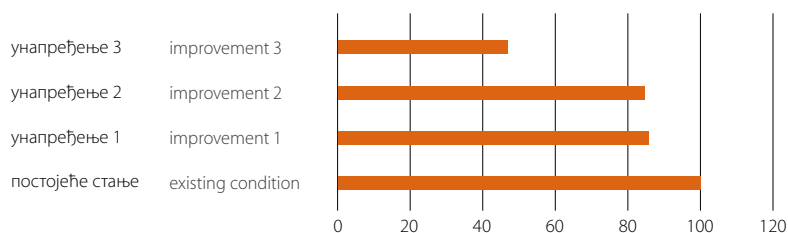
Графикон 13. Сала типа 3: смањење потребне енергије унапређењима у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 13. Gym type 3: reduced energy demand in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]



Графикон 14. Сала типа 3: смањење примарне енергије унапређењима у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 14. Gym type 3: reduced primary energy in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]



Графикон 15. Сала типа 3: смањење емисије угљен-диоксида кроз унапређења у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]

Chart 15. Gym type 3: reduced carbon-dioxide emission in improvements relative to existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]

Трећи тип сале, која је дефинисана као референтни објекат за период од доношења поменутих правилника о енергетској ефикасности је већ пројектован тако да задовољи постављене захтеве прописа, па предложена унапређења немају тако велике и значајне ефекте у поређењу са типовима сала 1 и 2. Ипак, код најобимније обнове трећег нивоа долази до значајног смањења енергија и емисије CO₂: примарна енергија се смањује на 33% а емисија угљен диоксида на 47% у односу на постојеће стање зграде фискултурне сале.

The third gym type defined as a reference building for the period from the passing of the said Rulebook on Energy Efficiency has already been designed so as to meet the set regulatory requirements, therefore the proposed improvements do not produce so significant and large effects in comparison with type 1 and 2 gyms. Still, the most comprehensive Improvement 3 leads to the considerable energy and CO₂ reduction. Primary energy is reduced to 33%, and carbon-dioxide emission to 47% compared to the current condition of the gym building.

ЛИТЕРАТУРА

Babić I, Đurišić Ž, Žarković M. (2015) Analysis of impact of building integrated photovoltaic systems on distribution network losses. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol 7/4, 1-13.

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. pp.3-9. doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.049

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” Belgrade, Serbia. pp.154-162. doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.010

REFERENCES

Babić I, Đurišić Ž, Žarković M. (2015) Analysis of impact of building integrated photovoltaic systems on distribution network losses. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol 7/4, 1-13.

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. pp.3-9. doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.049

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” Belgrade, Serbia. pp.154-162. doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.010

ИЗВОРИ

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A., Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2013) Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije/National Typology of Residential Buildings in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GlZ. Beograd.

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A., Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2013) Atlas višeporodičnih zgrada Srbije/Atlas of Multifamily housing in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GlZ. Beograd.

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A., Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2012) Atlas porodičnih zgrada Srbije/Atlas of Family housing in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GlZ. Beograd.

Pravilnik o energetkoj efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", 6p.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.

Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada ("Sl. glasnik RS", 6p.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.

BIBLIOGRAPHY

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A., Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2013) Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije/National Typology of Residential Buildings in Serbia. Publisher: Faculty of Architecture, University in Belgrade, GlZ. Belgrade.

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A., Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2013) Atlas višeporodičnih zgrada Srbije/Atlas of Multifamily housing in Serbia. Publisher: Faculty of Architecture, University in Belgrade, GlZ. Belgrade.

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A., Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2012) Atlas porodičnih zgrada Srbije/Atlas of Family housing in Serbia. Publisher: Faculty of Architecture, University in Belgrade, GlZ. Belgrade.

Pravilnik o energetkoj efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", br.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.

Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada ("Sl. glasnik RS", br.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.

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ

илустрација 3, десно: <http://osgrabovac.edu.rs/index.php/n-v-fis-ul-urn-s-l>

илустрација 4, горе десно: [## WEB SOURCES](https://www.google.rs/maps/uv?hl=en&pb=!1s0x47545afbcf3cd431:0x6ea-695818b0ad62f12m22!2m2!1i80!2i80!3m1!2i20!16m16!1b1!2m2!1m1!1e1!2m2!1m1!1e3!2m2!1m1!1e5!2m2!1m1!1e4!2m2!1m1!1e6!3m1!7e115!4shttps://lh5.googleusercontent.com/p/AF1QipNiJqnkCjuVxKGxqNIGwvQwzrc69CZghz8EMWnx%3Dw284-h160-k-no!5sos+dimitrije+todorovic+kaplar+knjazevac++Google+Search&imagekey=!1e10!2sAF1QipNiJqnkCjuVxKGxqNIGwvQwzrc69CZghz8EMWnx&sa=X&ved=2ahUKEwiBi9Pfi6TfAhUlliwKHU0yAGEQoiowFHoECAYQBg)</p>
</div>
<div data-bbox=)

Illustration 3, on the right <http://osgrabovac.edu.rs/index.php/n-v-fis-ul-urn-s-l>

Illustration 4, upper right corner [55](https://www.google.rs/maps/uv?hl=en&pb=!1s0x47545afbcf3cd431:0x6ea695818b0ad62f12m22!2m2!1i80!2i80!3m1!2i20!16m16!1b1!2m2!1m1!1e1!2m2!1m1!1e3!2m2!1m1!1e5!2m2!1m1!1e4!2m2!1m1!1e6!3m1!7e115!4shttps://lh5.googleusercontent.com/p/AF1QipNiJqnkCjuVxKGxqNIGwvQwzrc69CZghz8EMWnx%3Dw284-h160-k-no!5sos+dimitrije+todorovic+kaplar+knjazevac++Google+Search&imagekey=!1e10!2sAF1QipNiJqnkCjuVxKGxqNIGwvQwzrc69CZghz8EMWnx&sa=X&ved=2ahUKEwiBi9Pfi6TfAhUlliwKHU0yAGEQoiowFHoECAYQBg)</p>
</div>
<div data-bbox=)

