

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Грејање, климатизација и соларна енергија

Број индекса: 533/2014

Лука З. Цветановић

**„Прорачун топлотног оптерећења једног студентског дома на
територији града Крагујевца“**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доцент, др Новак Николић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да моделира студентски дом у програму SketchUp, затим треба да израчуна топлотно оптерећење свих просторија које се климатизују и да усвоји одговарајуће уређаје за хлађење. Кандидат је дужан да прикаже поступак прорачуна топлотног оптерећења, да објасни параметре који фигуришу у прорачуну и да на основу добијених резултата одреди који системи климатизације испуњавају захтеве хлађења просторија. На основу анализе тржишта, кандидат је дужан да усвоји уређаје који су најекономичнији и испуњавају енергетске захтеве објекта.

Препоручена литература:

- [1] Тодоровић Б., *Климатизација*, 3. издање, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд, 2009. (ISBN 978-86-81505-52-6)
- [2] Живковић З., *Предлог мера за финансирање енергетске ефикасности у зградарству у Србији*, Грађевинска књига, Београд, 2011. (ISBN 978-86-395-0629-2)

Крагујевац, октобар 2017.

Ментор:
Др Новак Николић, доцент

Овом приликом желим да се захвалим особама које су ми пружиле подршку приликом израде завршног рада.

Свом ментору, доценту др Новаку Николићу дугујем огромну захвалност. За посвећеност, за сваки савет и сваки подстрек. Такође захвалан сам Александру Нешовићу, који је у сваком тренутку несебично делио своје знање са мном.

Желим да се захвалим својим родитељима, који ми никада нису стали на пут, већ су ме пустили да корачам утабаним стопама, помогли ми да пронађем себе и остварим своје снове.

Захвалан сам Ангелини зато што је моја највећа подршка и неко ко ме је начинио бољим и попутним.

Захвалан сам целој својој породици, посебно својој сестри, својим пријатељима и другарима зато што су имали разумевања, увек по неку лепу реч и зато што су навијали за мене.

Хвала Вам

Abstract

This final work is focused on the calculation of the thermal load of one student dormitory in the city of Kragujevac, and the selection of air conditioning systems that meet the cooling requirements of the student dormitory.

The analyzed student dormitory has 42 rooms, distributed on 3 levels, of which 23 rooms are conditioned. The total conditioned area amounts 266,82 m².

After thermal load calculations, the market analysis was conducted, in order to select the proper air conditioning systems, which can overcome the thermal load of the rooms. Split air conditioning systems were adopted.

Keywords: Thermal load, student dormitory, split air conditioning systems.

Резиме

Овај завршни рад фокусиран је на прорачун топлотног оптерећења једног студентског дома у граду Крагујевцу и усвајање климатизационих уређаја који испуњавају захтеве хлађења просторија тог студентског дома.

Анализирани студентски дом има 42 просторије, распоређене на 3 етаже, од којих се 23 просторије климатизују. Укупна климатизована површина објекта износи 266,82 m².

Након израчунавања топлотног оптерећења спроведена је анализа тржишта, како би се усвојили одговарајући уређаји за хлађење, који могу да савладају топлотно оптерећење просторија. Разматрањем усвојени су сплит климатизациони системи.

Кључне речи: Топлотно оптерећење, студентски дом, сплит климатизациони системи.

Списак илустрација

Слика 1. <i>Удео у потрошњи енергије у свету</i>	2
Слика 2. <i>Изглед студентског дома који се анализира.....</i>	6
Слика 3. <i>Радно окружење SketchUp-а.....</i>	10

Списак табела

Табела 1. Дневна промена спољне температуре најтоплијих лептњих дана, за Крагујевац.....	5
Табела 2. Површина пода и намена просторија на првој етажи.....	6
Табела 3. Површина пода, намена и структура просторија на другој етажи.....	7
Табела 4. Површина пода, намена и структура просторија на трећој етажи.....	7
Табела 5. Грађевински материјали објекта и њихове основне карактеристике.....	8
Табела 6. Грађевинске конструкције објекта по слојевима са коефицијентом пролаза топлоте.....	9
Табела 7. Резултати прорачуна топлотног оптерећења сале за ручавање.....	15
Табела 8. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 1.....	16
Табела 9. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 2.....	17
Табела 10. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе за васпитаче 3.....	18
Табела 11. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 4.....	19
Табела 12. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 5.....	20
Табела 13. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 6.....	21
Табела 14. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 7.....	22
Табела 15. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 8.....	23
Табела 16. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 9.....	24
Табела 17. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 10.....	25
Табела 18. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 11.....	26
Табела 19. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 12.....	27
Табела 20. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 13.....	28
Табела 21. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе за васпитаче 14.....	29
Табела 22. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 15.....	30
Табела 23. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 16.....	31
Табела 24. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 17.....	32
Табела 25. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 18.....	33
Табела 26. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 19.....	34
Табела 27. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 20.....	35

Табела 28. <i>Резултати прорачуна тоplotног оптерећења собе 21</i>	36
Табела 29. <i>Резултати прорачуна тоplotног оптерећења собе 22</i>	37
Табела 30. <i>Основне карактеристике сплит система, модел: Samsung AR12HQFSBWK</i>	38
Табела 31. <i>Основне карактеристике сплит система, модел: Gree Bergen Tilia BER12NB-G05</i>	39
Табела 32. <i>Основне карактеристике сплит система, модел: Galanz AUS 12H53R150L2</i> .	39
Табела 33. <i>Основне карактеристике сплит система, модел: Gorenje KAS26</i>	40
Табела 34. <i>Основне карактеристике сплит система, модел: Vivax ACP-09CH25AERO</i>	40
Табела 35. <i>Основне карактеристике сплит система, модел: Vox VSA2-09BR</i>	41

Садржај

1. Увод.....	1
2. Енергетска ефикасност грађевинских објеката.....	2
3. Климатизација и термичке карактеристике средине.....	4
3.1. Термичка угодност људи	4
4. Опис разматраног студентског дома	5
4.1. Локација и метеоролошки подаци	5
4.2. Изглед студентског дома	6
4.3. Конструкција студентског дома	8
5. SketchUp	10
6. Прорачун топлотног оптерећења студентског дома.....	11
6.1. Прорачун топлотног оптерећења у општим бројевима..	11
6.1.1. Топлотно оптерећење кроз спољне, транспарентне површине.....	11
6.1.2. Топлотно оптерећење кроз стаклене површине	11
6.1.3. Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте	12
6.1.4. Топлотно оптерећење од околних неклиматизованих просторија	13
6.2. Припрема за прорачун топлотног оптерећења.....	14
6.3. Резултати прорачуна топлотног оптерећења студентског дома	14
7. Одабир одговарајућих уређаја за хлађење	38
8. Закључак.....	42
9. Литература.....	43
Прилог 1.	44
Прилог 2.	45
Прилог 3.	46

1. Увод

Светска популација је готово достигла цифру од невероватних 7,5 милијарди, што доводи до чињенице да повећана потрошња разних добара покреће глобалну економију. Међутим, енормни научни, али и технолошки напредак има негативан утицај на животну средину. Наиме, потрошња необновљивих извора енергије довела је до потпуног загађења животне средине, а као резултат повећане продукције, односно емисије CO₂ у атмосферу, настале су глобалне промене климе и температуре.

Промене климе и температуре неповољно утичу на термички комфор људи, који се дефинише као оно стање ума који изражава задовољство са термичким окружењем¹.

На основу многобројне литературе, долази се до закључка да су најповољнији климатски услови у затвореном простору за човека на температури од око 20 °C и на релативној влажности ваздуха од око 50 %. Нижа или пак виша температура или влажност ваздуха могу имати негативно дејство на угодност боравка људи у том затвореном простору.

Последњих година, људи теже да побољшају свој термички комфор и да приближно остваре најповољније услове у затвореном простору, независно од спољне климе. Током развоја цивилизације, техничке могућности се стално побољшавају и усавршавају, те је данас могуће у затвореном простору остварити све жељене параметре ваздуха. Научна дисциплина којом се могу регулисати параметри ваздуха, као што су температура, влажност, атмосферски притисак, брзина струјања ваздуха и његова чистоћа, назива се климатизација. Споменута научна дисциплина представља и посебну грану технике, која се дефинише као комплекс поступака којима се излаже ваздух помоћу техничких уређаја ради постизања жељеног стања у строго одређеним границама².

Данас, у свету је дошло до експанзије броја климатизованих просторија с циљем да се људима пружи што адекватнија заштита од неповољних спољашњих, али и унутрашњих утицаја, као и да им се на тај начин обезбеде комфорни животни и радни услови. Стабилност екологије наше планете је нарушена, па су људи суочени и с променом климе и све већим бројем екстремно топлих дана у летњим месецима, а како природна вентилација затвореног простора није увек могућа, клима уређаји представљају најбољу заштиту од изложености високим температурама. Битно је напоменути да се савремени системи климатизације не везују само за летњи период, односно за хлађење ваздуха, већ да они раде током читаве године, што значи да се у нашим климатским условима помоћу климатизационих система, осим хлађења ваздуха током лета, врши и загревање ваздуха током зиме. Климатизациони системи се користе и за оптимално одвијање технолошког, односно индустријског процеса. Циљ овог дипломског рада јесте извршити прорачун топлотног оптерећења једног студентског дома на територији града Крагујевца. Топлотно оптерећење подразумева количину топлоте у јединици времена, коју је током лета потребно одвести из просторије у циљу постизања термичког комфора људи. Такође, топлотно оптерећење обухвата сву количину топлоте која загрева искључиво собни ваздух, па на тај начин има директног утицаја на температуру ваздуха у просторији и на капацитет расхладног постројења.

¹ Дефиниција термичког комфора: ISO, ISO 7730, *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, International Organization for Standardization, Женева, 2005.

² Дефиниција климатизације: Зрнић, С. Ћулум, Ж. *Грејање и климатизација са применом соларне енергије*, Научна књига, Београд, 1988.

2. Енергетска ефикасност грађевинских објеката

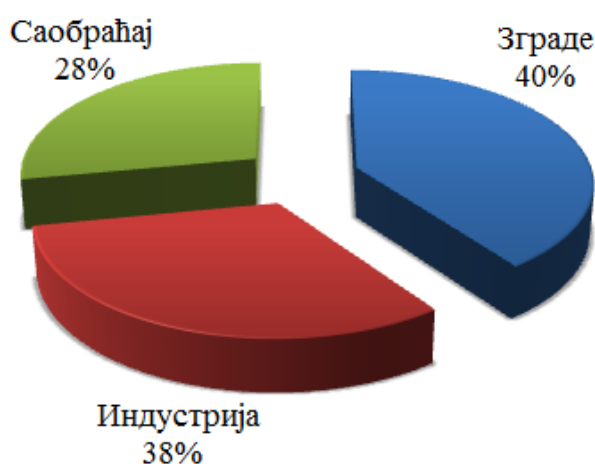
Због енергетских криза и наглих климатских промена које се тренутно дешавају, појавили су се изазови који захтевају нове приступе при решавању проблема у развоју енергетике. Они се односе на проналажење нових извора енергије, превазилажење застоја у изградњи нових и обнављању већ постојећих енергетских капацитета, усавршавање енергетских технологија, развијање и што већи удео коришћења обновљивих извора енергије, као и повећање енергетске ефикасности.

Термин енергетска ефикасност значи употребити мању количину енергије (енергената) за обављање истог посла – функције (грејање или хлађење простора, осветлу, производњу разних производа, погон возила, и др.). Важно је истаћи да се енергетска ефикасност не треба посматрати као штедња енергије. Штедња увек подразумева одређена одрицања, док ефикасна употреба енергије никада не нарушава услове рада и живљења [1].

Како је потреба за електричном енергијом све већа, узимајући у обзир да зграде имају удео 40% од укупне потрошње енергије у свету (слика 1), потребно је усредсредити се на повећање енергетске ефикасности у зградарству. Због велике потрошње енергије у зградама, а истовремено и највећег потенцијала енергетских и еколошких уштеда, енергетска ефикасност је данас приоритет савремене архитектуре и енергетике.

На потрошњу енергије у згради утичу:

- карактеристике грађевине,
- климатски услови,
- навике корисника.



Слика 1. Удео у потрошњи енергије у свету [2]

Мерење потрошње енергије у зградама, односно приказивање енергетских својстава зграде израдом енергетског пасоша, има за циљ трајно смањење енергетских потреба зграда при пројектовању, изградњи и коришћењу нових зграда, односно санацији и реконструкцији постојећих [3].

Енергетска ефикасност зграда треба да се израчунава на бази јединствене и довољно применљиве методологије, која се може разликовати на регионалном нивоу. Методологија, поред топлотне изолације, треба да укључи и друге факторе који играју све значајнију улогу, као што су инсталације за грејање и климатизацију и примену обновљивих извора енергије. Зграде ће имати утицај на дугорочну потрошњу енергије и стога треба да задовоље минималне захтеве у погледу енергетске ефикасности прилагођених локалном поднебљу. Постоји неколико основних разлога због чега је потреба за енергетском ефикасношћу све већа, како у свету, тако и код нас. Један је да су фосилна горива ограничен ресурс, а други је да је број популације на свету све већи. Тренутно на свету има око 7,5 милијарде људи, а предвиђања су да ће тај број достићи више од 9 милијарди становника до 2050. године [4].

Залихе фосилних горива ће се све више трошити у будућности, па су све мере енергетске ефикасности неопходне. Директна последица смањења потрошње необновљивих извора енергије (фосилних горива) услед примене мера уштеде енергије јесте смањење емисије штетних гасова (пре свега CO₂), што доприноси заштити животне средине и смањењу глобалног загревања.

Према Кјото протоколу (1997. године, Кјото, Јапан), који је први међународни правно обавезујући уговор за смањење емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште, 38 земаља се обавезало да ће до 2012. године смањити емисију гасова који изазивају ефекат стаклене баште за 5% у односу на годину потписивања протокола. Истовремено, овим уговором, ЕУ се обавезала да до 2012. године смањи емисију гасова који изазивају ефекат стаклене баште за 8%. До сада је Кјото протоколу приступило 192 државе. Могућности за смањење емисије CO₂ су највеће у коришћењу мера за повећање енергетске ефикасности и у коришћењу обновљивих видова енергије (нарочито енергије сунчевог зрачења) [5].

3. Климатизација и термичке карактеристике средине

Грејање и климатизација су гране технике и научне дисциплине које се баве остваривањем и одржавањем термички погодних услова за боравак човека у затвореном простору. За разлику од система грејања који остварују функцију загревања простора и делимичног проветравања, системи климатизације остварују далеко већи број функција у циљу постизања услова угодности током целе године.

Основне функције климатизационих постројења су:

- загревање простора у зимском периоду,
- хлађење простора у летњем периоду,
- вентилација,
- влажење ваздуха у зимском периоду,
- сушење (одвлаживање) у летњем периоду и
- одржавање потребног нивоа чистоће ваздуха [6].

3.1. Термичка угодност људи

Када се говори о термичкој угодности људи не постоји адекватан начин да се она одреди, већ се обично процењује на основу осећаја већег броја људи. Истраживања се одвијају тако што се група људи изложи дејству неких термичких услова, и после одређеног периода аклиматизације бележи се њихова реакција и оцена угодности боравка у тим условима. Касније се врши статистичка обрада тих података и закључује при којим условима средине највећи број људи се угодно осећа. Овај метод даје добре резултате када се мења један утицајни параметар (на пример промена температуре: 18, 20, 22, 24 °C). Међутим, проблем је много сложенији, јер на осећај угодности делује више параметара при чему је њихово дејство међусобно повезано.

Генерални је став да при одређивању прихватљивих термичких услова средине треба тежити да сваки параметар буде у „разумним“ границама за дату намену објекта (одређена активност људи и уобичајена одевеност). При томе се треба придржавати неколико основних принципа:

- што је виша температура ваздуха, релативна влажност ваздуха треба да је нижа,
- што је нижа температура ваздуха, брзина струјања ваздуха треба да је мања,
- што је средња температура околних површина виша у зимском периоду, температура ваздуха треба да буде нижа [7].

4. Опис разматраног студентског дома

4.1. Локација и метеоролошки подаци

Претпостављено је да ће се студентски дом налазити у Крагујевцу. Град Крагујевац се налази у срцу Шумадије и Србије, јужно од главног града Србије – Београда, од ког је удаљен 140 km. Простире се на површини од 835 квадратних километара, са 57 насељених места и 78 месних заједница. Подигнут је на обалама Лепенице у крагујевачкој котлини, где се дотичу крајњи огранци шумадијских планина: Рудника, Црног Врха и Гледићких планина.

Координате града Крагујевца:

- северна географска ширина $44^{\circ} 22'$,
- источна географска дужина $20^{\circ} 56'$,
- надморска висина 180 m.

У Крагујевцу влада умерено континентална клима. Одликују је оштре зиме и постојан снежни покривач. Количина падавина опада ка континенталном делу, а пролећа су кратка а лета топла. Температуре које се јављају у Крагујевцу, у просеку су у зимским месецима од минималних -3°C у децембру и јануару до максималних дневних око 5°C у току дана, док су у летњим месецима ове температуре у просеку од минималних 15°C до максималних 34°C у месецима јулу и августу. У табели 1 може се видети дневна промена спољне температуре у најтоплијим летњим данима, за Крагујевац, која је коришћена за прорачун топлотног оптерећења студентског дома [8].

Табела 1. Дневна промена спољне температуре најтоплијих летњих дана, за Крагујевац [8]

Време (h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура ($^{\circ}\text{C}$)	24,7	24	23,4	23,1	23	24,4	25,3	26,6	28,2	29,7	30,8	31,9
Време (h)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Температура ($^{\circ}\text{C}$)	32,5	32,9	33,6	33,8	33,1	33	31,8	28,7	27,8	27,2	26,7	26,4

4.2. Изглед студентског дома

Анализирани студентски дом (слика 2), који је тема овог рада, има 42 просторије, распоређене на 3 етаже, од којих се 23 просторије климатизују. Укупна нето површина објекта износи 474,54 m². Укупна климатизована површина објекта износи 266,82 m².



Слика 2. Изглед студентског дома који се анализира

Студентски дом има капацитет од 70 места за студенте, који су распоређени у трокреветне и четворокреветне собе. На првој етажи (сутерен), једина просторија која се климатизује је сала за ручавање, док су остале просторије оперативне и оне се не климатизују. На друге две етаже (приземље и први спрат), већина просторија се климатизује и ту се налазе собе за студенте и васпитаче. У прилогу 1, 2 и 3 се налазе технички цртежи, на којима је приказана основа сутерена, приземља и првог спрата, респективно. У табели 2 приказан је број, намена и површина пода просторија у сутерену. Прва етажа се разликује од друге две, док су приземље и први спрат идентични. Површина пода, намена и структура просторија које се налазе у приземљу и на првом спрату, биће представљени у табелама 3 и 4.

Табела 2. Површина пода и намена просторија на првој етажи (сутерен)

ОСНОВА СУТЕРЕНА		
Број	Намена просторије	P [m ²]
1.	Вешерај	3,96
2.	Кухиња	24,72
3.	Издавање хране	8,96
4.	Пара кухиња	8,96
5.	Магацин	8,96
6.	Котларница	9,2
7.	WC	2,6
8.	Остава	1,4
9.	Сала за ручавање	34,02
X	Ходник	31,36

Табела 3. Површина пода, намена и структура просторија на другој етажи (приземље)

ОСНОВА ПРИЗЕМЉА			
Број	Намена просторије	P [m^2]	Структура
1.	Соба број 1	13,2	Трокреветна
2.	Соба број 2	11,52	Трокреветна
3.	Васпитачи број 3	8,96	Двокреветна
4.	Соба број 4	8,96	Трокреветна
5.	Соба број 5	8,96	Трокреветна
6.	Соба број 6	13,2	Четворокреветна
7.	Соба број 7	8,96	Четворокреветна
8.	Соба број 8	8,96	Трокреветна
9.	Соба број 9	8,96	Четворокреветна
10.	Соба броја 10	11,52	Четворокреветна
11.	Соба број 11	13,2	Четворокреветна
К	Купатило	6,6	/
С	WC	6,6	/
Т	Степениште	18	/
Х	Ходник	22,6	/

Табела 4. Површина пода, намена и структура просторија на трећој етажи (први спрат)

ОСНОВА ПРВОГ СПРАТА			
Број	Намена просторије	P [m^2]	Структура
12.	Соба број 12	13,2	Трокреветна
13.	Соба број 13	11,52	Трокреветна
14.	Васпитачи број 14	8,96	Двокреветна
15.	Соба број 15	8,96	Трокреветна
16.	Соба број 16	8,96	Трокреветна
17.	Соба број 17	13,2	Четворокреветна
18.	Соба број 18	8,96	Четворокреветна
19.	Соба број 19	8,96	Трокреветна
20.	Соба број 20	8,96	Четворокреветна
21.	Соба број 21	11,52	Четворокреветна
22.	Соба број 22	13,2	Четворокреветна
К	Купатило	6,6	/
С	WC	6,6	/
Т	Степениште	18	/
Х	Ходник	22,6	/

4.3. Конструкција студентског дома

Грађевински материјали и њихове основне карактеристике, као што су густина, специфична топлота, дебљина и коефицијент провођења топлоте, који су коришћени при изради овог објекта, дати су у табели 5.

Табела 5. Грађевински материјали објекта и њихове основне карактеристике

Материјал	Густина (kg/m^3)	Дебљина (m)	Специфична топлота ($J/kg \cdot K$)	Коефицијент провођења топлоте ($W/m \cdot K$)
Кречни малтер	1600	0,02	1050	0,81
Цементна кошуљица	2100	0,04	1050	1,4
PVC фолија	1460	0,00015	1100	0,19
Стаклена вуна	50	0,08	840	0,038
Стиродур	33	0,04	1260	0,03
Керамичке плочице	1700	0,015	920	0,87
Паркет	700	0,02	1670	0,21
Цреп	1900	0,01	880	0,99
Гитер блок	1200	0,19	900	0,52
Армирани бетон	2400	0,04	960	2,04
Шљунак	1700	0,2	840	0,81
Неармирани бетон	1800	0,15	960	0,93
Монта	1200	0,16	920	0,6
PVC	800	0,05	960	0,12
Стиропор	20	0,05/0,1	1260	0,041
Храст	800	0,05	2400	0,21
Продужни кречни малтер	1800	0,02	1050	0,87
Пуна опека	1600	0,12	920	0,64
Парна брана	900	0,002	960	0,19
Памук	20	0,1	840	0,04
Бетон за поравнање	1200	0,05	920	0,52

У табели 6 приказане су грађевинске конструкције разматраног објекта, чији су коефицијенти пролаза топлоте коришћени при прорачуну топлотног оптерећења. Грађевинске конструкције које су изостављене из табеле, као што су спољашњи зид купатила и међуспратна конструкција са плочицама, нису коришћене при прорачуну зато што припадају просторијама које се не климатизују. Поред коришћених конструкција и коефицијената пролаза топлоте, у табели су приказани слојеви, и дебљина материјала који чине сваку од грађевинских конструкција.

Табела 6. Грађевинске конструкције објекта по слојевима са коефицијентом пролаза топлоте

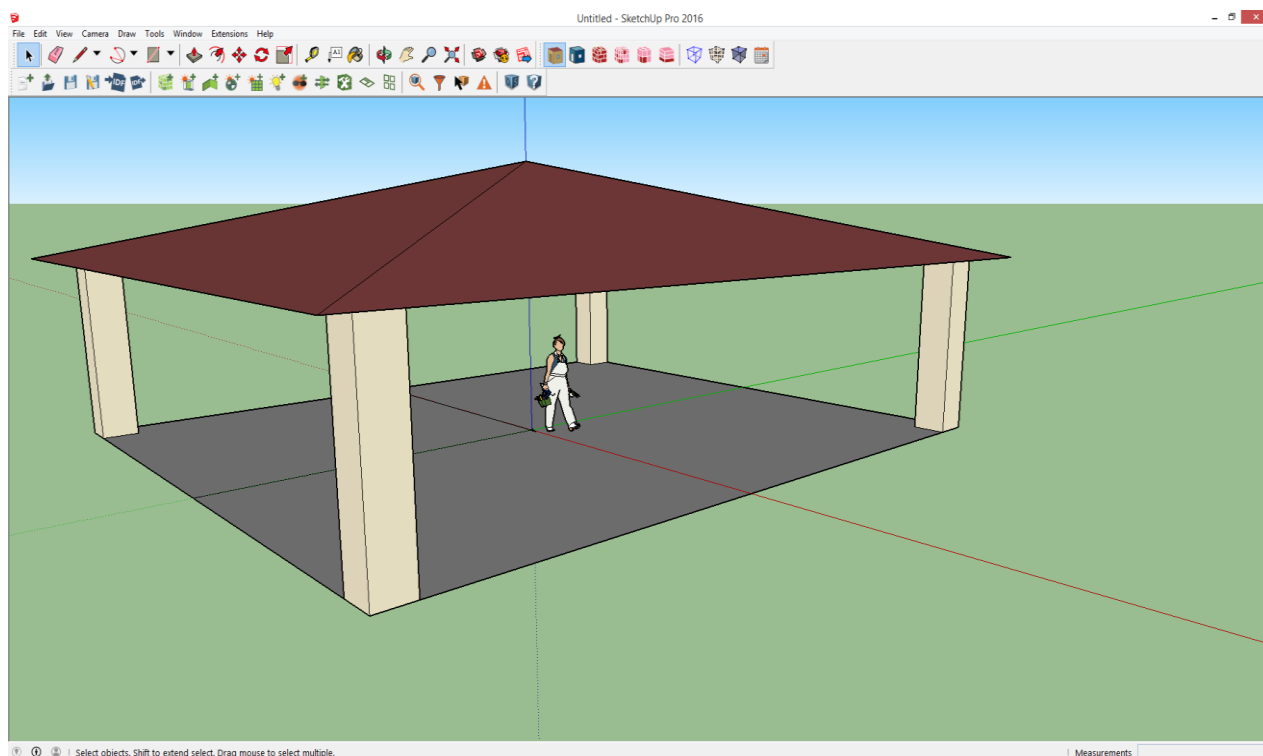
Грађевинске конструкције коришћене у прорачуну	Слојеви конструкције	Коефицијент пролаза топлоте (W/m^2K)
Зид спољашњи	Стиропор 5 cm, гитер блок 19 cm, кречни малтер 2 cm	0,562
Зид унутрашњи	Кречни малтер 2 cm, гитер блок 19 cm, кречни малтер 2 cm	1,53
Под на земљи – плочице	Керамичке плочице 1,5 cm, цементна кошуљица 4 cm, стиродур 4 cm, PVC фолија 0,015 cm, неармирани бетон 15 cm, шљунак 2 cm	0,659
Под на земљи – паркет	Паркет 2 cm, цементна кошуљица 4 cm, стиродур 4 cm, PVC фолија 0,015 cm, неармирани бетон 15 cm, шљунак 2 cm	0,453
Раван кров	Шљунак 2 cm, PVC фолија 0,015 cm, парна брана 0,2 cm, памук 10 cm, парна брана 0,2 cm, бетон за поравнање 5 cm, цементна кошуљица 4 cm, монта 16 cm, кречни малтер 2 cm	0,314
Међуспратна конструкција (паркет)	Кречни малтер 2 cm, монта 16 cm, армирани бетон 4 cm, PVC фолија 0,015 cm, стиродур 4 cm, цементна кошуљица 4 cm, паркет 2 cm	0,613
Врата (спољна)	Дрво (храст) 5 cm	3,5
Врата (унутрашња)	Дрво (храст) 4 cm	2,3
Прозори	Двоструко ниско емисионо стакло 2,8 cm	1,5

5. SketchUp

Рачунарски програм SketchUp је развијен 2000. године у компанији @Last Software, у граду Boulder, Colorado. SketchUp представља 3D алат за моделирање и као такав може се користити у области архитектуре, дизајна, инжењерства и сл. Компанија @Last Software је 2005. године купљена од стране компаније Google, тако да је у њиховом власништву програм преименован у Google Sketchup. У 2012. години компанија Trimble Navigation купила је програм SketchUp, који је сада доступан у две верзије: Sketchup Make (бесплатна верзија) и Sketchup Pro (комерцијална верзија). Софтвер омогућава постављање модела зграде помоћу система реалних координата, омогућава површинске приказе и подржава постављање модела у GoogleEarth апликацији. Веома је лак за употребу. Постоје десетине видео туторијала као и опсежни помоћни центар (Help Centre) за заједницу корисника широм света. Радно окружење Sketchup-а може се видети на слици 3.

OpenStudio је додатак софтверском пакету SketchUp којим се симулација енергетског понашања зграде у EnergyPlus-у повезује са 3D окружењем SketchUp-а. Овај софтвер дозвољава кориснику да креира улазни фајл EnergyPlus-а преко стандардних алата SketchUp-а, додајући при томе што више детаља и информација потребних за конструкцију зона и површина зграде. Он омогућава једноставно креирање геометрије зграде од самог почетка: формирање зона (просторија), конструкција зидова кроз које се врши пренос топлоте, цртање прозора и врата, цртање засенчених површина итд. Корисници програма могу сачувати све информације у улазној датотеци EnergyPlus-а. У жељеном тренутку може се покренути симулација креиране зграде у EnergyPlus-у и кроз добијене резултате симулације уочити евентуалне грешке и пропусти у дизајну [9].

Поменути софтвер је употребљен за 3D моделирање разматраног објекта и његово повезивање са софтвером EnergyPlus.



Слика 3. Радно окружење SketchUp-а

6. Прорачун топлотног оптерећења студентског дома

6.1. Прорачун топлотног оптерећења у општим бројевима [6]

6.1.1. Топлотно оптерећење кроз спољне, транспарентне површине

Укупно топлотно оптерећење просторије $Q_{hl}(w)$ израчунава се као:

$$Q_{hl} = Q_{hzi} + Q_{huz} + Q_{ud}$$

Топлотно оптерећење просторије кроз спољашње зидове и кровове:

$$Q_{zk} = k \cdot A \cdot \Delta t_{ekv}$$

где су:

$Q_{zk}(W)$ - топлотни добици кроз зид или кров,

$k \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ - коефицијент пролаза топлоте кроз зид или кров,

$A (m^2)$ - површина датог зида или крова,

$\Delta t_{ekv} (^{\circ}C)$ - еквивалентна температурска разлика.

За одступање средње дневне температуре, t_{sm} од вредности $24,5^{\circ}C$

или унутрашње пројектне температуре, t_u од вредности $26^{\circ}C$, врши се коректура табличних вредности Δt_{ekv} , према:

$$\Delta t_{ekv}' = \Delta t_{ekv} + (t_{sm} - 24.5) + (22 - t_u)$$

где је $\Delta t_{ekv}' (^{\circ}C)$ - коригована вредност еквивалентне температурске разлике и замењује се у претходној једначини

6.1.2. Топлотно оптерећење кроз стаклене површине

Овде се раздвајају механизми преноса топлоте кондукцијом и зрачењем. Пролаз топлоте кроз стаклене површине, $Q_{kpz}(w)$ израчунава се :

$$Q_{kpz} = k_{pz} \cdot A_{pzu} \cdot (t_s - t_u)$$

где су:

$k_{pz} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ - коефицијент пролаза топлоте кроз стаклене површине,

$A_{pzu} (m^2)$ - површина прозора која одговара мерама грађевинског отвора,

$t_s (^{\circ}\text{C})$ - тренутна спољна температура,

$t_u (^{\circ}\text{C})$ - температура просторије.

За топлотни добитак који се односи на сунчево зрачење које продире кроз прозоре и акумулира се у грађевинској маси која окружује просторију, $Q_{zpz} (W)$ користи се израз:

$$Q_{zpz} = [A_{pz1} \cdot I_{max} + (A_{pz} - A_{pz1}) \cdot I_{dif.max}] \cdot b \cdot s$$

где су:

$I_{max}, I_{dif.max} (\frac{W}{m^2})$ - максимално укупно и максимално дифузно сунчево зрачење,

$A_{pz} (m^2)$ – укупна површина прозора,

$A_{pz1} (m^2)$ - укупна површина прозора озрачена сунцем,

$b (-)$ – коефицијент пропустљивости сунчевог зрачења прозора и застора,

$s (-)$ – коефицијент акумулације сунчевог зрачења.

За практичне прорачуне разликују се четири класе просторија: врло лака (EL лака (L), средње тешка (MT) и тешка (T). Припадност одређеној класи се може приближно према обрасцу:

$$\frac{M}{A_p} = \frac{M_{sz} + \frac{1}{2} \cdot \sum (M_{uz} + M_p + M_t)}{A_p}$$

где су:

$M (kg)$ - уграђена маса у омотач просторије (sz-спољни зидови, uz-унутрашњи зидови, р-под, t-таваница),

$A_p (m^2)$ - површина пода.

Захтеви за хлађењем просторије од спољашњих, транспарентних површина, Q_{hsz} представљају збир приказаних топлотних оптерећења:

$$Q_{hsz} = Q_{zk} + Q_{kpz} + Q_{zpz}$$

6.1.3. Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте

Ради се о топлотним добицима од људи, осветљења и машина. Што се тиче топлотних добитака од људи, $Q_{udlj} (W)$ за практичне прорачуне се користи образац:

$$Q_{udlj} = n \cdot q_{lj} \cdot S_n$$

где су:

n - број људи у просторији,

$q_{lj} (W)$ - осетна топлота по човеку,

$S_n(-)$ - коефицијент топлотног оптерећења.

Топлотно оптерећење од осветљења, $Q_{udo}(W)$ се израчунава као:

$$Q_{udo} = P \cdot l \cdot \mu \cdot S_n$$

где су:

$P(W)$ - укупно прикључена снага осветљења укључујући и губитке,

$l(-)$ - фактор једновремености,

$\mu(-)$ - коефицијент оптерећења просторије према одвођењу ваздуха кроз светиљке.

За израчунавање топлотног оптерећења од машина и апарата, $Q_{udm}(W)$ користи се израз:

$$Q_{udm} = l \cdot S_n \cdot \sum_1^n \left(\frac{P_i}{\eta} \cdot \mu_i \right)$$

где су:

n - број машина,

$P_i(W)$ - прикључна снага машине,

$\eta(-)$ - степен корисности мотора,

$\mu_i(-)$ - коефицијент оптерећења машине у тренутку за који се врши прорачун.

6.1.4. Топлотно оптерећење од околних неклиматизованих просторија

Поменути утицај се рачуна као:

$$Q_{huz} = k_{uz} \cdot A_{uz} \cdot \Delta t_{uz}$$

где су:

$k_{uz} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ - коефицијент пролаза топлоте,

$A_{uz}(m^2)$ - површина зида,

$\Delta t_{uz}(^{\circ}C)$ - разлика температура у неклиматизованој и климатизованој просторији

Укупно топлотно оптерећење просторије, $Q_{hl}(W)$ представља збир:

$$\begin{aligned} Q_{hl} &= Q_{hsz} + Q_{huz} + Q_{ud} = \\ &= (Q_{zk} + Q_{kpz} + Q_{zpz}) + Q_{huz} + (Q_{udlj} + Q_{udo} + Q_{udm}) \end{aligned}$$

6.2. Припрема за прорачун топлотног оптерећења

Анализирани студентски дом је моделиран у програму SketchUp. Како је већ напоменуто, не климатизују се све просторије студентског дома, тако да су неклиматизоване просторије изостављене из прорачуна. Утицај латентне топлоте људи и утицај спољашњег доведеног ваздуха на топлотно оптерећење просторија су занемарени. Поред образаца који су приказани у одељку 6.1, коришћене су таблице за усвајање различитих коефицијената, одабир грађевинске конструкције, кориговање еквивалентне температуре и осталих фактора, неопходних како би прорачун био извршен [6]. Како би се започело са израчунавањем топлотног оптерећења, неопходно је усвојити одређене полазне податке. За све просторије које се климатизују, усвојена је пројектна температура, $t_u = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, а пројектна температура просторија које се не климатизују $t_u = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Израчунати су коефицијенти пролаза топлоте, за све грађевинске конструкције које су фигурисале у прорачуну. Усвојени су ниско-емисиони прозори са двоструким стаклом и светлим завесама од памука. Усвојен је тип градње спољашњег зида 5 (зид са спољашњом изолацијом), као и тип градње крова 6 (лаки бетон са изолацијом). Снага електричних уређаја у климатизованим просторијама износи: собе за васпитаче (600 W), трокреветне собе за студенте (1100 W), четворокреветне собе за студенте (1600 W). Прорачун је спроведен за 12 h, 15 h и 17 h, па је усвојен и распоред људи за те часове. За двокреветне собе (собе за васпитаче) претпостављено је присуство једне особе за све анализиране часове, за трокреветне собе две особе и за четворокреветне три особе. И коначно, усвојене су висеће сијалице LED, класичне, топло беле, са широким грлом, улазне снаге 6,2 W и јачине светлости 490 lm (40 W). У зависности од површине пода просторије, усвајан је број сијалица.

6.3. Резултати прорачуна топлотног оптерећења студентског дома

За сваку просторију студентског дома, која се климатизује, резултати прорачуна биће представљени табеларно почевши од наредне стране (табела 7 - 29).

У наредним табелама се могу видети назив, број, пројектна температура, површина и запремина сваке од просторија, крајње вредности топлотног оптерећења за сваку од грађевинских конструкције, као и укупно топлотно оптерећење просторија, по часовима.

Табела 7. Резултати прорачуна топлотног оптерећења сале за ручавање

Основни подаци о просторији																									
Назив просторије:			Сала за ручавање		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)								
Број просторије:			9		МТ (средње тешка)		34,02		88,45		26		31,9		33,6		33,1								
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине																
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте																			
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)		ΣQ _{SNTp} (15h) (W)		ΣQ _{SNTp} (17h) (W)		ΣQ _{STp} (12h) (W)		ΣQ _{STp} (15h) (W)		ΣQ _{STp} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)							
110,17		192,56		253,44		220,28		283,75		265,08		522,36		1227,15		1310,1		35,67							
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије																
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи																			
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)		Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време:		12h		15h		17h	
0		0		0		12,5		12,95		13,24		4998		4263		2180,5		ΣQ(W)		5898,97		6015,07		4058,03	

Табела 8. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 1

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 1		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			1		МТ (средње тешка)		13,2		34,32		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
60,44	100,31	115,94	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	22,95									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
414,58	441,51	457,66	6,25	6,47	6,62	117,6	121,8	124,6	ΣQ(W)	798,11	771,06	756,28						

Табела 9. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 2

Основни подаци о просторији																			
Назив просторије:			Соба 2		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)		
Број просторије:			2		МТ (средње тешка)		11,52		29,95		26		31,9		33,6		33,1		
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине										
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте													
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)		ΣQ _{SNTp} (15h) (W)		ΣQ _{SNTp} (17h) (W)		ΣQ _{STP} (12h) (W)		ΣQ _{STP} (15h) (W)		ΣQ _{STP} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)	
11,75		40,68		52,7		12,74		16,42		15,34		163,55		61,6		13,17		32,29	
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије										
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи													
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)		Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време: 12h 15h 17h	
414,58		441,51		457,66		6,25		6,47		6,62		117,6		121,8		124,6		ΣQ(W) 758,76 720,77 702,38	

Табела 10. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе за васпитаче 3

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Васпитачи		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			3		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STp} (12h) (W)	ΣQ _{STp} (15h) (W)	ΣQ _{STp} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
8,66	30	38,86	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	77,43									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:		12h		15h		17h			
226,14	240,82	249,63	3,12	3,24	3,31	58,8	60,9	62,3	ΣQ(W)		550,44		490,41		460,04			

Табела 11. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 4

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 4		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			4		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STp} (12h) (W)	ΣQ _{STp} (15h) (W)	ΣQ _{STp} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
8,66	30	38,86	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	77,43									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
414,58	441,51	457,66	3,12	3,24	3,31	117,6	121,8	124,6	ΣQ(W)	797,68	752	730,37						

Табела 12. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 5

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 5		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			5		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
8,66	30	38,86	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	26,51									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
414,58	441,51	457,66	3,12	3,24	3,31	117,6	121,8	124,6	ΣQ(W)	746,76	701,08	679,45						

Табела 13. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 6

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 6		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			6		МТ (средње тешка)		13,2		34,32		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
23,03	73,19	110,8	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	22,95									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
603,03	642,19	665,68	6,25	6,47	6,62	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	1007,95	1005,52	1021,46						

Табела 14. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 7

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 7		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			7		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
-1,51	6,7	12,27	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	101,79									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
603,03	642,19	665,68	3,12	3,24	3,31	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	944,17	995,16	1016,09						

Табела 15. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 8

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 8		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			8		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STp} (12h) (W)	ΣQ _{STp} (15h) (W)	ΣQ _{STp} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
-1,51	6,7	12,27	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	101,79									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
603,03	642,19	665,68	3,12	3,24	3,31	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	944,17	995,16	1016,09						

Табела 16. Резултати прорачуна тоplotног оптерећења собе 9

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 9		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			9		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
-1,51	6,7	12,27	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	101,79									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)					Време:	12h	15h	17h		
603,03	642,19	665,68	3,12	3,24	3,31	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	944,17	995,16	1016,09						

Табела 17. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 10

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 10		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			10		МТ (средње тешка)		11,52		29,95		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
-2,05	9,08	16,65	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	63,6									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
414,58	441,51	457,66	6,25	6,47	6,62	117,6	121,8	124,6	ΣQ(W)	661,32	701	715,27						

Табела 18. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 11

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 11		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			11		МТ (средње тешка)		13,2		34,32		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
48	71,82	83,44	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	58,82									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
603,03	642,19	665,68	6,25	6,47	6,62	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	953,84	1020,54	1047,6						

Табела 19. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 12

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 12		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			12		МТ (средње тешка)		13,2		34,32		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
98,74	151,46	177,04	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	58,82									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
414,58	441,51	457,66	6,25	6,47	6,62	117,6	121,8	124,6	ΣQ(W)	872,28	858,08	853,25						

Табела 20. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 13

Основни подаци о просторији																			
Назив просторије:			Соба 13		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)		
Број просторије:			13		МТ (средње тешка)		11,52		29,95		26		31,9		33,6		33,1		
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине										
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте													
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)		ΣQ _{SNTp} (15h) (W)		ΣQ _{SNTp} (17h) (W)		ΣQ _{STP} (12h) (W)		ΣQ _{STP} (15h) (W)		ΣQ _{STP} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)	
45,18		85,33		106,33		12,74		16,42		15,34		163,55		61,6		13,17		63,6	
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије										
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи													
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)		Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време: 12h 15h 17h	
414,58		441,51		457,66		6,25		6,47		6,62		117,6		121,8		124,6		ΣQ(W) 823,5 796,73 787,32	

Табела 21. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе за васпитаче 14

Основни подаци о просторији																									
Назив просторије:			Васпитачи		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)								
Број просторије:			14		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1								
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине																
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте																			
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)		ΣQ _{SNTp} (15h) (W)		ΣQ _{SNTp} (17h) (W)		ΣQ _{STp} (12h) (W)		ΣQ _{STp} (15h) (W)		ΣQ _{STp} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)							
34,67		64,72		80,33		12,74		16,42		15,34		163,55		61,6		13,17		101,79							
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије																
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи																			
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)						Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време:		12h	
226,14		240,82		249,63		3,12		3,24		3,31		58,8		60,9		62,3		ΣQ(W)		600,81		549,49		525,87	

Табела 22. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 15

Основни подаци о просторији																			
Назив просторије:			Соба 15		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _S 12h (°C)		t _S 15h (°C)		t _S 17h (°C)		
Број просторије:			15		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1		
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине										
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте													
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)		ΣQ _{SNTp} (15h) (W)		ΣQ _{SNTp} (17h) (W)		ΣQ _{STP} (12h) (W)		ΣQ _{STP} (15h) (W)		ΣQ _{STP} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)	
34,67		64,72		80,33		12,74		16,42		15,34		163,55		61,6		13,17		101,79	
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије										
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи													
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)		Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време: 12h 15h 17h	
414,58		441,51		457,66		3,12		3,24		3,31		117,6		121,8		124,6		ΣQ(W) 848,05 811,08 796,2	

Табела 23. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 16

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 16		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			16		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
34,67	64,72	80,33	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	50,87									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
414,58	441,51	457,66	3,12	3,24	3,31	117,6	121,8	124,6	ΣQ(W)	797,13	760,16	745,28						

Табела 24. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 17

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 17		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			17		МТ (средње тешка)		13,2		34,32		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)	ΣQ _{SNTP} (15h) (W)	ΣQ _{SNTP} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
49,03	107,92	152,27	12,74	16,42	15,34	163,55	61,6	13,17	58,82									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:		12h		15h		17h			
603,03	642,19	665,68	6,25	6,47	6,62	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)		1069,82		1076,12		1098,8			

Табела 25. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 18

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 18		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			18		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
24,49	41,42	53,75	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	101,79									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)					Време:	12h	15h	17h		
603,03	642,19	665,68	3,12	3,24	3,31	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	970,17	1029,88	1057,57						

Табела 26. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 19

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 19		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			19		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
24,49	41,42	53,75	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	101,79									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)	Време:	12h	15h	17h						
603,03	642,19	665,68	3,12	3,24	3,31	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	970,17	1029,88	1057,57						

Табела 27. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 20

Основни подаци о просторији																		
Назив просторије:			Соба 20		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)	
Број просторије:			20		МТ (средње тешка)		8,96		23,3		26		31,9		33,6		33,1	
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине									
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте												
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)	ΣQ _{SNTp} (15h) (W)	ΣQ _{SNTp} (17h) (W)	ΣQ _{STP} (12h) (W)	ΣQ _{STP} (15h) (W)	ΣQ _{STP} (17h) (W)	ΣQ _{AKT} (12h) (W)	ΣQ _{AKT} (15h) (W)	ΣQ _{AKT} (17h) (W)	ΣQ _{UP} (W)									
24,49	41,42	53,75	12,74	16,42	15,34	48,6	42,12	30,8	101,79									
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије									
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи												
Q _{MAS} (12h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{MAS} (15h) (W)	Q _{OSV} (12h) (W)	Q _{OSV} (15h) (W)	Q _{OSV} (17h) (W)	Q _{LJUD} (12h) (W)	Q _{LJUD} (15h) (W)	Q _{LJUD} (17h) (W)					Време:	12h	15h	17h		
603,03	642,19	665,68	3,12	3,24	3,31	176,4	182,7	186,9	ΣQ(W)	970,17	1029,88	1057,57						

Табела 28. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 21

Основни подаци о просторији																									
Назив просторије:			Соба 21		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)								
Број просторије:			21		МТ (средње тешка)		11,52		29,95		26		31,9		33,6		33,1								
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине																
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте																			
ΣQ _{SNTp} (12h) (W)		ΣQ _{SNTp} (15h) (W)		ΣQ _{SNTp} (17h) (W)		ΣQ _{STp} (12h) (W)		ΣQ _{STp} (15h) (W)		ΣQ _{STp} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)							
31,38		53,72		69,97		12,74		16,42		15,34		48,6		42,12		30,8		63,6							
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије																
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи																			
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)						Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време:		12h	
414,58		441,51		457,66		6,25		6,47		6,62		117,6		121,8		124,6		ΣQ(W)		694,75		745,64		768,59	

Табела 29. Резултати прорачуна топлотног оптерећења собе 22

Основни подаци о просторији																									
Назив просторије:			Соба 22		Тип просторије:		A _{PP} (m ²)		V _{PP} (m ³)		t _U (°C)		t _{S 12h} (°C)		t _{S 15h} (°C)		t _{S 17h} (°C)								
Број просторије:			22		МТ (средње тешка)		13,2		34,32		26		31,9		33,6		33,1								
Топлотно оптерећење кроз спољашње нетранспарентне површине (кроз спољашње зидове и кровове)			Топлотно оптерећење кроз спољашње транспарентне површине (кроз прозоре)						Топлотно оптерећење кроз унутрашње површине																
			Услед пролаза топлоте			Услед сунчевог зрачења и акумулирања топлоте																			
ΣQ _{SNTP} (12h) (W)		ΣQ _{SNTP} (15h) (W)		ΣQ _{SNTP} (17h) (W)		ΣQ _{STP} (12h) (W)		ΣQ _{STP} (15h) (W)		ΣQ _{STP} (17h) (W)		ΣQ _{AKT} (12h) (W)		ΣQ _{AKT} (15h) (W)		ΣQ _{AKT} (17h) (W)		ΣQ _{UP} (W)							
86,3		122,98		144,54		12,74		16,42		15,34		48,6		42,12		30,8		58,82							
Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте									Укупно топлотно оптерећење просторије																
Топлотно оптерећење од машина			Топлотно оптерећење од осветљења			Топлотно оптерећење од људи																			
Q _{MAS} (12h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{MAS} (15h) (W)		Q _{OSV} (12h) (W)		Q _{OSV} (15h) (W)		Q _{OSV} (17h) (W)		Q _{LJUD} (12h) (W)		Q _{LJUD} (15h) (W)		Q _{LJUD} (17h) (W)		Време:		12h		15h		17h	
603,03		642,19		665,68		6,25		6,47		6,62		176,4		182,7		186,9		ΣQ(W)		992,14		1071,7		1108,7	

7. Одабир одговарајућих уређаја за хлађење

Циљ прорачуна топлотног оптерећења студентског дома, који је анализиран у овом завршном раду, јесте одабир одговарајућих уређаја за хлађење. Разматрањем је одлучено да ће се усвојити раздвојени „сплит“ системи. Сплит системи су заправо клима уређаји који се састоје из две јединице: спољашње и унутрашње, и катализационих цеви за повезивање кроз које пролази радни флуид. Најчешћи сплит системи се састоје од једне спољашње и једне унутрашње јединице, али нису ретки ни системи са више унутрашњих јединица. Спољна јединица се састоји од компресора и кондензатора, док се у унутрашњој јединици налази испаривач. Спољна и унутрашња јединица су повезане бакарним изолованим цевима у којима се налази радни флуид.

Приликом одабира одговарајућег система треба обрадити пажњу на следеће факторе:

- намена просторије,
- оптималан број људи који борави у просторији,
- запремина просторије која се климатизује.

Код одабира конкретног сплит система најважнији фактори јесу снага клима уређаја (капацитет хлађења), и коефицијент енергетске ефикасности. Како би одабир сплит система био одговарајући, капацитет хлађења клима уређаја треба бити већи од вредности прорачунатих топлотних оптерећења. Топлотно оптерећење које се користи приликом одабира представља максимално топлотно оптерећење за прорачунате временске интервале (12, 15 и 17 h). Максимално топлотно оптерећење сале за ручавање износи 6015,07 W, те да би се испоштовали услови термичке угодности уместо једног клима уређаја, великог капацитета хлађења, усвојена су два, мањег капацитета. Разлог овакве одлуке се јавља у чињеници да би два сплит система, у сали за ручавање, побољшала термички комфор људи, зато што се не би формирале зоне различитих температуре, већ би се просторија равномерно хладила. Разматрани уређаји различитих произвођача, који задовољавају потребе хлађења сале за ручавање, биће табеларно представљени у наставку.

Табела 30. Основне карактеристике сплит система, модел: Samsung AR12HQFSBWK [10]

Модел: Samsung AR12HQFSBWK		Цена: 39.990 рсд Гаранција: 7 година	
Перформансе		Остали подаци	
Максимална циркулација ваздуха:	11 m ³ /min	Потрошња енергије током хлађења:	1090 W
Капацитет грејања:	3800 W	Потрошња енергије током грејања:	1115 W
Капацитет хлађења:	3500 W	Тип радног флуида:	R410A
Енергетска ефикасност хлађења (EER):	3,21	Нето димензије унутрашње јединице:	826 × 275 × 260 mm
Енергетска ефикасност грејања (COP):	3,41	Нето димензије спољашње јединице:	720 × 265 × 548 mm
Одстрањивање влаге:	1,2 lit/h	Нето тежина (унутрашња):	10 kg
Ниво буке напољу:	50 dBA	Нето тежина (спољашња):	30 kg
Ниво буке унутра:	36 / 26 dBA	Извор напајања :	220-240 V /50Hz

Табела 31. Основне карактеристике сплит система, модел: Gree Bergen Tilia BER12NB-G05 [10]

Модел: Gree Bergen Tilia BER12NB-G05		Цена: 28.990 рсд	
		Гаранција: 5 година	
Перформансе		Остали подаци	
Максимална циркулација ваздуха:	10,83 m ³ /min	Потрошња енергије током хлађења:	1000 W
Капацитет грејања:	3510 W	Потрошња енергије током грејања:	970 W
Капацитет хлађења:	3220 W	Тип радног флуида:	R410A
Енергетска ефикасност хлађења (EER):	3	Нето димензије унутрашње јединице:	790 × 265 × 175 mm
Енергетска ефикасност грејања (COP):	3,22	Нето димензије спољашње јединице:	776 × 320 × 540 mm
Одстрањивање влаге:	1 lit/h	Нето тежина (унутрашња):	9 kg
Ниво буке напољу:	52 dBA	Нето тежина (спољашња):	31 kg
Ниво буке унутра:	33 dBA	Извор напајања :	220-240 V /50 Hz

Табела 32. Основне карактеристике сплит система, модел: Galanz AUS 12H53R150L2 [10]

Модел: Galanz AUS 12H53R150L2		Цена: 34.990 рсд	
		Гаранција: 5 година	
Перформансе		Остали подаци	
Максимална циркулација ваздуха:	9,22 m ³ /min	Потрошња енергије током хлађења:	1150 W
Капацитет грејања:	3400 W	Потрошња енергије током грејања:	1220 W
Капацитет хлађења:	3100 W	Тип радног флуида:	R410A
Енергетска ефикасност хлађења (EER):	2,69	Нето димензије унутрашње јединице:	800 × 290 × 196 mm
Енергетска ефикасност грејања (COP):	2,83	Нето димензије спољашње јединице:	700 × 255 × 540 mm
Одстрањивање влаге:	0,95 lit/h	Нето тежина (унутрашња):	11 kg
Ниво буке напољу:	50 dBA	Нето тежина (спољашња):	30 kg
Ниво буке унутра:	40 dBA	Извор напајања :	220-240 V /50 Hz

Сва три сплит система, произвођача Samsung, Gree и Galanz имају релативно сличне перформансе осим коефицијента енергетске ефикасности при хлађењу који код Samsung-овог модела износи 3,21, код Gree-овог модела 3 и код Galanz-овог модела 2,69. Цена ових система варира: 39.990 рсд (Samsung), 28.990 рсд (Gree) и 34.990 рсд (Galanz). Произвођачи нуде 7 година гаранције за Samsung-ов модел, 5 године гаранције за Gree-ов модел и 5 година гаранције за Galanz-ов модел. Узимајући у обзир све наведене факторе, усвојен је Gree-ов модел: Bergen Tilia BER12NB-G05. Разлог томе је пре свега цена овог модела, која је значајно нижа у односу на моделе других произвођача, а при том одабрани сплит систем испуњава све енергетске захтеве и има висок коефицијент енергетске ефикасности.

Што се тиче осталих просторија које се климатизују, а то су собе за студенте и васпитаче, максимално топлотно оптерећење просторије најизложеније сунцу износи 1108,7 W. Како је површина осталих просторија које се климатизују јако мала, до 15 m² и израчунато топлотно оптерећење је мање од капацитета хлађења клима уређаја најмање снаге из асортимана понуде произвођача, не може се погрешити са одабиром сплит система зато што сви испуњавају захтеве хлађења ових просторија. Разматрани сплит системи, који задовољавају потребе хлађења соба за студенте и васпитаче, биће табеларно представљени у наставку.

Табела 33. Основне карактеристике сплит система, модел: Gorenje KAS26 [10]

Модел: Gorenje KAS26		Цена: 26.990 рсд	
		Гаранција: 5 година	
Перформансе		Остали подаци	
Максимална циркулација ваздуха:	6,33 m ³ /min	Потрошња енергије током хлађења:	820 W
Капацитет грејања:	2800 W	Потрошња енергије током грејања:	770 W
Капацитет хлађења:	2600 W	Тип радног флуида:	R410A/730
Енергетска ефикасност хлађења (EER):	3,22	Нето димензије унутрашње јединице:	790 × 195 × 275 mm
Енергетска ефикасност грејања (COP):	3,61	Нето димензије спољашње јединице:	700 × 235 × 535 mm
Одстрањивање влаге:	1 lit/h	Нето тежина (унутрашња):	8.5 kg
Ниво буке напољу:	53 dBA	Нето тежина (спољашња):	28 kg
Ниво буке унутра:	39/36/32 dBA	Извор напајања :	220-240 V /50 Hz

Табела 34. Основне карактеристике split sistema, model: Vivax ACP-09CH25AERO [10]

Модел: Vivax ACP-09CH25AERO		Цена: 24.990 рсд	
		Гаранција: 5 година	
Перформансе		Остали подаци	
Максимална циркулација ваздуха:	7,8 m ³ /min	Потрошња енергије током хлађења:	1100 W
Капацитет грејања:	2780 W	Потрошња енергије током грејања:	870 W
Капацитет хлађења:	2640 W	Тип радног флуида:	R22
Енергетска ефикасност хлађења (EER):	2,4	Нето димензије унутрашње јединице:	680 × 178 × 255 mm
Енергетска ефикасност грејања (COP):	3,2	Нето димензије спољашње јединице:	685 × 260 × 430 mm
Одстрањивање влаге:	1 lit/h	Нето тежина (унутрашња):	6.5 kg
Ниво буке напољу:	53 dBA	Нето тежина (спољашња):	22 kg
Ниво буке унутра:	41 dBA	Извор напајања :	220-240 V /50 Hz

Табела 35. Основне карактеристике сплит система, модел: Vox VSA2-09BR [10]

Модел: Vox VSA2-09BR		Цена: 25.990 рсд	
		Гаранција: 5 година	
Перформансе		Остали подаци	
Максимална циркулација ваздуха:	7,6 m ³ /min	Потрошња енергије током хлађења:	840 W
Капацитет грејања:	2800 W	Потрошња енергије током грејања:	890 W
Капацитет хлађења:	2600 W	Тип радног флуида:	R22
Енергетска ефикасност хлађења (EER):	3,1	Нето димензије унутрашње јединице:	790 × 185 × 280 mm
Енергетска ефикасност грејања (COP):	3,15	Нето димензије спољашње јединице:	740 × 220 × 545 mm
Одстрањивање влаге:	1 lit/h	Нето тежина (унутрашња):	9 kg
Ниво буке напољу:	50 dBA	Нето тежина (спољашња):	26 kg
Ниво буке унутра:	38/34 dBA	Извор напајања :	220-240 V /50 Hz

Као и у претходном случају, перформансе сва три модела су сличне осим коефицијента енергетске ефикасности при хлађењу, који код модела Vivax ACP-09CH25AERO далеко нижи и износи 2,4 док код модела Gorenje KAS26 и модела Vox VSA2-09BR износи 3,22 и 3,1 респективно. Сви од наведених произвођача нуде гаранцију од 5 година и узимајући у обзир цену, одлучено је да ће се усвојити модел Vox VSA2-09BR.

Приликом одабира одговарајућих уређаја за хлађење, занемарен је утицај латентне топлоте људи и утицај спољашњег доведеног ваздуха на топлотно оптерећење просторија.

8. Закључак

Циљ овог завршног рада се везује за прорачун топлотног оптерећења просторија једног студентског дома и одабир одговарајућих уређаја за хлађење.

Студентски дом је моделиран у програму SkethUp. Претпостављено је да се исти налази на територији града Крагујевца. Анализирани студентски дом има 42 просторије, распоређене на 3 етаже (сутерен, приземље и први спрат), од којих се 23 просторије климатизују. Укупна бруто површина објекта износи 595,9 m², док укупна нето површина износи 474,54 m². Студентски дом има капацитет од 70 места за студенте, који су распоређени у трокреветне и четворокреветне собе.

Приликом усвајања разних коефицијената, пројектних температура, и осталих пропратних фактора, коришћена је стручна литература.

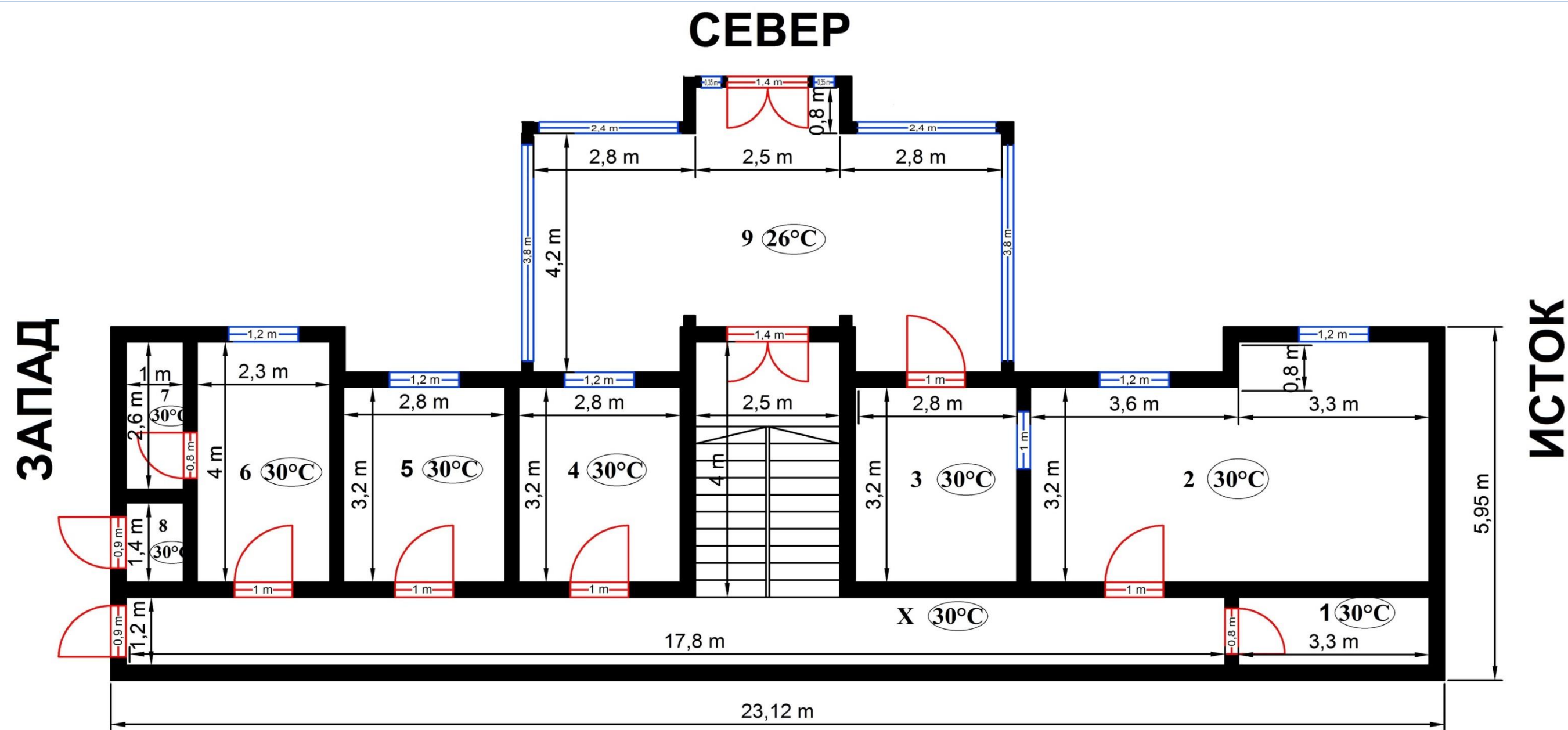
Након израчунавања топлотног оптерећења извршена је анализа тржишта, како би се усвојили одговарајући уређаји за хлађење, који могу да савладају топлотно оптерећење просторија. Разматрањем, усвојени су сплит климатизациони системи који испуњавају услове у погледу капацитета хлађења и економичности, али притом велику улогу у одабиру одговарајућег, играо је коефицијент енергетске ефикасности.

Неопходно је подићи свест људи, и приближити им појам енергетске ефикасности. Тај проблем има глобалне размере, али се од некуд мора почети. Потребно је улагати у будућност и повећати енергетску ефикасност, посебно у зградарству, јер тренутно као највећи потрошач енергије у свету представља и највећи потенцијал у штедњи енергије. Појединци могу да направе промене. Треба уложити велики напор, али је цена мала ако бисмо тиме осигурали будућност наше планете.

9. Литература

- [1] Марковић Д., *Процесна и енергетска ефикасност*, Београд, 2010. (ISBN 978-86-7912-281-0)
- [2] SouthEast European Institute, Интернет страна: <http://www.see-institute.org/srpski/energetski-profil-rs> , датум приступа: 5. септембар 2017.
- [3] Дамњановић З., Штрбац Н., Михајловић И., Стојановић Г., *Примена термовизије при мерењу енергетске ефикасности у грађевинарству*, Београд, 2010.
- [4] Живковић З., *Предлог мера за финансирање енергетске ефикасности у зградарству у Србији*, Грађевинска књига, Београд, 2011. (ISBN 978-86-395-0629-2)
- [5] Ламбић М., *Србија Солар*, 1st International Conference: ECOLOGICAL SAFETY IN POST-MODERN ENVIRONMENT, Бања Лука, 2009.
- [6] Тодоровић Б., *Климатизација*, 3. издање, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд, 2009. (ISBN 978-86-81505-52-6)
- [7] ASHRAE, *ASHRAE Handbook HVAC applications*. American Society of Heating, Refrigerating and Air -Air conditioning Engineers, Atlanta, 1999.
- [8] Републички хидрометеоролошки завод Србије, Интернет страна: <http://www.hidmet.gov.rs/> , датум приступа: 5. август 2017.
- [9] SketchUp Software, Интернет страна: <https://www.sketchup.com/> , датум приступа: 16. септембар 2017.
- [10] Eurotehna, Интернет страна: <https://www.eurotehna.rs/klime/filter/kapacitet-hladenja/12000-btu> , датум приступа: 18. септембар 2017.

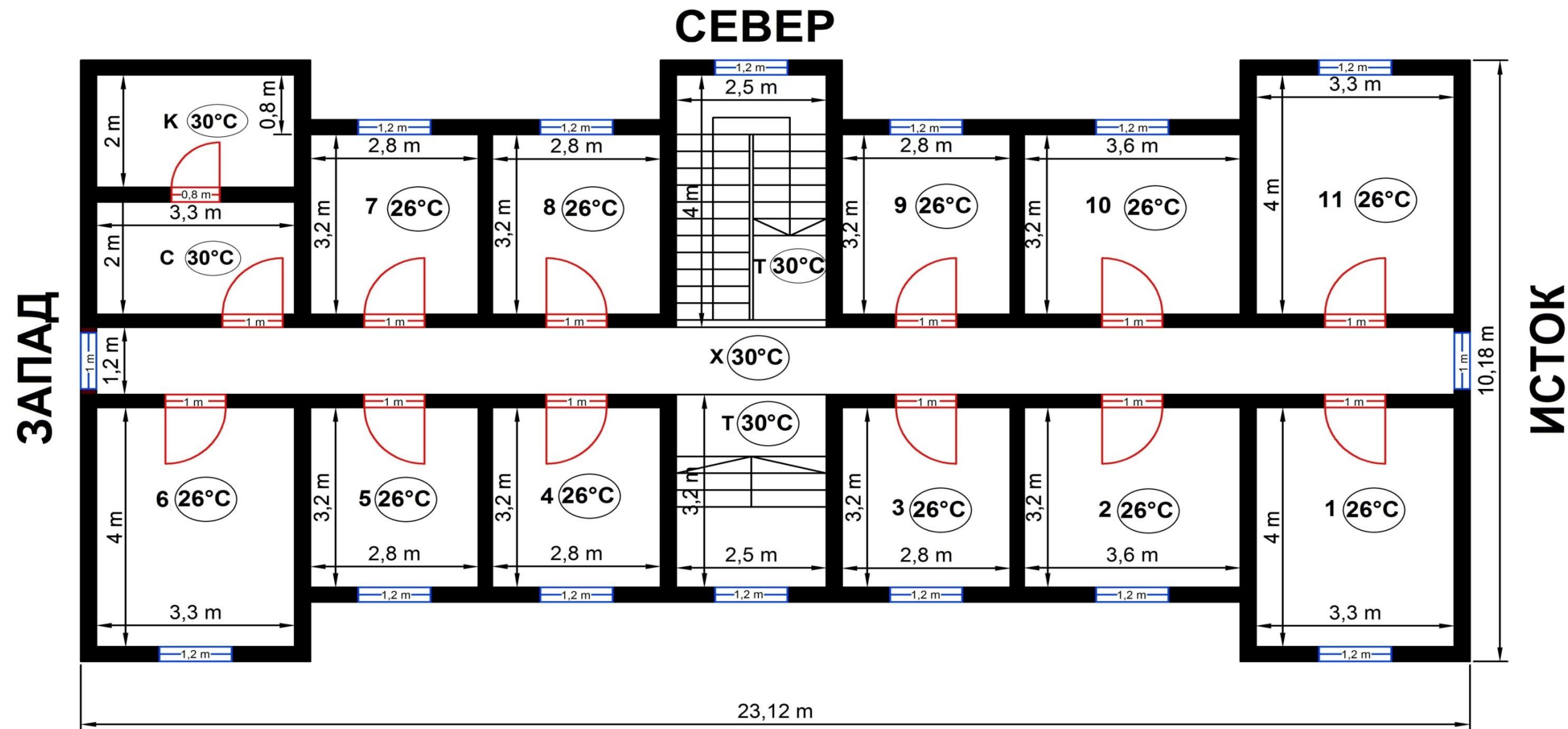
Прилог 1.



ОСНОВА СУТЕРЕНА		
Број	Намена просторије	P [m ²]
1.	Вешерај	3,96
2.	Кухиња	24,72
3.	Издавање хране	8,96
4.	Пара кухиња	8,96
5.	Магацин	8,96
6.	Котларница	9,2
7.	WC	2,6
8.	Остава	1,4
9.	Сала за ручавање	34,02
X	Ходник	31,36

УКУПНА ПОВРШИНА ЕТАЖЕ СУТЕРЕНА	
Укупна нето површина [m ²]	134,14
Укупна бруто површина [m ²]	169,88

Прилог 2.

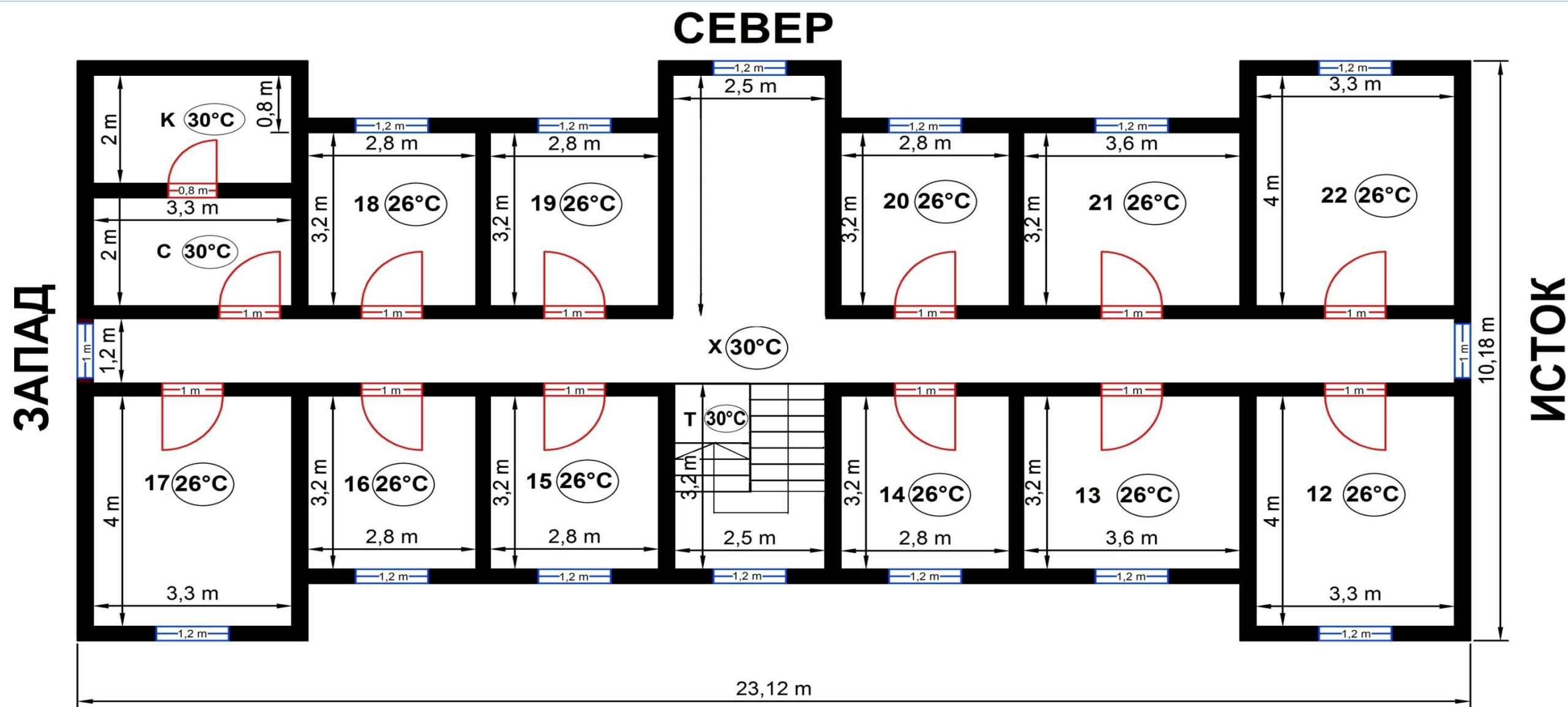


ОСНОВА ПРИЗЕМЉА			
Број	Намена просторије	Р [m ²]	Структура
1.	Соба број 1	13,2	Трокреветна
2.	Соба број 2	11,52	Трокреветна
3.	Васпитачи број 3	8,96	/
4.	Соба број 4	8,96	Трокреветна
5.	Соба број 5	8,96	Трокреветна
6.	Соба број 6	13,2	Четворокреветна
7.	Соба број 7	8,96	Четворокреветна
8.	Соба број 8	8,96	Трокреветна
9.	Соба број 9	8,96	Четворокреветна
10.	Соба броја 10	11,52	Четворокреветна
11.	Соба број 11	13,2	Четворокреветна
К	Купатило	6,6	/
С	WC	6,6	/
Т	Степениште	18	/
Х	Ходник	22,6	/

УКУПНА ПОВРШИНА ЕТАЖЕ ПРИЗЕМЉА	
Укупна нето површина [m ²]	170,2
Укупна бруто површина [m ²]	213,1

ЈУГ

Прилог 3.



ОСНОВА ПРВОГ СПРАТА			
Број	Намена просторије	P [m ²]	Структура
12.	Соба број 12	13,2	Трокреветна
13.	Соба број 13	11,52	Трокреветна
14.	Васпитачи број 14	8,96	/
15.	Соба број 15	8,96	Трокреветна
16.	Соба број 16	8,96	Трокреветна
17.	Соба број 17	13,2	Четворокреветна
18.	Соба број 18	8,96	Четворокреветна
19.	Соба број 19	8,96	Трокреветна
20.	Соба број 20	8,96	Четворокреветна
21.	Соба број 21	11,52	Четворокреветна
22.	Соба број 22	13,2	Четворокреветна
K	Купатило	6,6	/
C	WC	6,6	/
T	Степениште	8	/
X	Ходник	32,6	/

УКУПНА ПОВРШИНА ЕТАЖЕ ПРВОГ СПРАТА	
Укупна нето површина [m ²]	170,2
Укупна бруто површина [m ²]	213,1