

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Марија Д. Грујић

**ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА
ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА
ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ
ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА
БЕОГРАДА**

докторска дисертација

Београд, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Marija D. Grujić

**OPTIMISATION OF TRANSPARENT
RATIO IN HIGHLY GLAZED OFFICE
BUILDING FACADES FOR BELGRADE
CLIMATE CONDITIONS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016.

МЕНТОР:

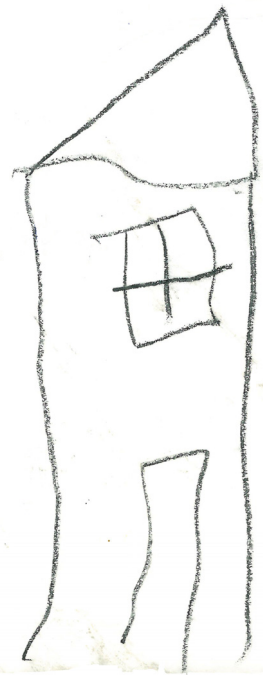
Проф. Милица Јовановић Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Проф. др Лидија Ђокић, редовни професор
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Проф. др Маја Тодоровић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Датум одбране докторске дисертације:



ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА

Резиме:

У савременој пословној архитектури концепт материјалне транспарентности се експлоатише у великом обиму, како би се, преко појавности транспарентне архитектуре, изразила моћ и приступачност предузећа. Велике површине транспарентног стакла на фасади зграде, представљају рекламу институције или предузећа, путем које се потенцијалним клијентима преноси порука о њиховој приступачности, отворености и поштењу у пословању. Примењена висока технологија у изради стаклених површина фасаде, такође асоцира на имиџ модерне, савремене организације или институције, која се, поред свега осталог, одговорно понаша према очувању животне средине и енергије.

Са енергетског аспекта, са применом транспарентног застакљења фасаде доводи се у питање управо оно што стаклена фасада рекламира - одговорност према очувању животне средине и енергије, из разлога што, веома често, транспарентни делови фасаде нису оптимизовани према просторним и климатским карактеристикама локације. Ово истраживање се бави анализом колико је у административним просторима у климатским условима Београда, могуће искоришћење предности које обезбеђују велике стаклене површине: пре свега искоришћење дневне светлости, како би се смањиле потребе зграде за електричним осветљењем и искоришћење соларних топлотних добитака, којима би се компензовали велики трансмисиони губици у зимском периоду. Истраживање је спроведено примарно са аспекта одржања визуелног и светлосног комфора и интегрисано са истраживањем енергетских перформанси, као последице примењених мера за одржање визуелног комфора у административним просторима.

Истраживања светлосних и визуелних перформанси простора путем компјутерске симулације су веома актуелна, будући да све до пре десет година није била развијена одговарајући прецизна технологија симулације, нити параметри за изражавање светлосних перформанси простора. У овом истраживању компјутерска симулација перформанси простора изведена је коришћењем програма *DIVA for Rhino*, који је развијен на Харвард универзитету и први пут представљен 2010. године. Предност програма је интегративно сагледавање светлосних и визуелних перформанси простора са енергетским аспектима простора.

Истраживање је спроведено компјутерском симулацијом перформанси за моделе индивидуалне канцеларије са степеном застакљења од 50%, 60%, 70% и максималних 85%, за четири групе стакла са светлосном пропустљивости од 50% до 80% и према четири основне оријентације. Анализирани су простори без интегрисаних застора како би се прво утврдили потенцијали искоришћења дневне светлости и енергије за различите комбинације варијабилних параметара. Основни предмет истраживања су административни простори код којих су интегрисани застори у систему застакљења, будући да у административним просторима успостављање визуелног и светлосног комфора зависи од употребе застора.

Резултати показују да се у климатским условима Београда висок степен застакљења фасаде може применити на фасадама које су оријентисане према југу и према северу. При северно оријентисаним просторима остварује се највеће искоришћење дневне светлости, и најмање потребе за енергијом за осветљење, али су укупне потребе за енергијом сличне као код простора који су источно и западно оријентисани и са нижим степеном застакљења. Искоришћење дневне светлости код северно оријентисаних простора је најоптималније са применом стакла са високом светлосном и енергетском пропустљивости зрачења у комбинацији са изузетно добрим изолационим карактеристикама. Током периода загревања северна фасада није изложена соларном зрачењу, нема значајних соларних топлотних добитака, тако да се са добрим изолационим карактеристикама и енергетском пропустљивости зрачења обезбеђује контрола

изузетно високих енергетских потреба за загревање. У исто време, како простор није изложен директном зрачењу, застори се спуштању веома кратко током године, што обезбеђује висок ниво искоришћења доминантно дифузне светлости.

Код јужно оријентисаних простора искоришћење дневне светлости је релативно мање у односу на све остале оријентације због изложености соларном зрачењу током укупног периода коришћења простора, које доводи до веома честог спуштања застора. Са повећањем степена застакљења фасаде, остварују се уштеде у енергетским потребама за осветљење, као и при свим другим оријентацијама, али су уштеде релативно мале. Највеће искоришћење се остварује са применом стакла са малом светлосном пропустљивости, која проузрокују дужи период подигнутих застора, а тиме и ефикасније искоришћење дневне светлости. Примарни разлог због којег је енергетски ефикасна примена високог степена застакљења код јужно оријентисаних простора је висок ниво соларних топлотних добитака у периоду загревања, који обезбеђује скоро двоструко мање енергетске потребе простора за загревање и око 30% мање укупне енергетске потребе простора у односу на све друге оријентације.

Кључне речи: *искоришћење дневне светлости, светлосне перформансе, визуелне перформансе, енергетске перформансе, компјутерска симулација, административни простори, високи степен застакљења фасаде*

Научна област: Архитектонске технологије

Ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда

УДК број:

OPTIMISATION OF TRANSPARENT RATIO IN HIGHLY GLAZED OFFICE BUILDING FACADES FOR BELGRADE CLIMATE CONDITIONS

Abstract:

The concept of transparency is highly exploited in contemporary office architecture, in order to express the character of company as powerful, but very accessible to clients. Highly glazed facades are used to express the openness and business honesty. High technology glazed facade is also associated with an image of modern organisation behind transparent walls, which is also responsible to the environment and energy preservation.

Energy preservation responsibility becomes quite questionable if glazed facade ratio is not optimised according to building site and climate conditions. This research is exploring the utilisation of glazed facades benefits in office spaces in Belgrade climate. Such benefits are daylight utilisation (in order to reduce energy use for lighting) and utilisation of solar heat gains that compensate the large transmission heat losses during heating period. The primary aspect of this research is visual comfort in office spaces under daylight conditions, integrated with its energy implications.

The research of daylight performance in office spaces using computer simulation is vary actual subject, as the technology and methodology of simulation process, as well as climate based daylight metrics, have been rapidly developed only during past decade. *DIVA for Rhino* was used as a simulation tool for daylight and energy performances of office spaces. The program was developed at Harvard University and presented in 2010. The advantage of DIVA program is that it has an integrated approach to daylight and energy simulations.

An individual office space was analysed with net glazed ratio (WWR) of 50%, 60%, 70% and maximum possible 85%. The space was rotated to face four major orientations (east, south, west and north). Four groups of glass characteristics were selected, which

correspond to 50%, 60%, 70% and 80% glass light transmittance. First part of analysis was focused on simulation of daylight and energy performances in office spaces without any shading. The goal of first simulation process was to explore only daylighting and energy use potentials in office spaces, as visual and thermal comfort conditions cannot be fulfilled in spaces without shading devices. The main subject of this research are office spaces with integrated shading devices, which are flexible to changeable climate conditions and, as such, can create comfortable working environment.

The results of the analysis show that, in Belgrade climate, highly glazed facades can be used in south and north orientated office spaces. North orientated spaces have highest utilisation of daylight and consequently the lowest lighting energy use. The best optimum solution for utilisation of daylight is glass variant with high light and energy transmission characteristics combined with extremely good isolation properties. During heating period, spaces facing north are not receiving any solar gains, so high energy transmittance and isolation prosperities control the extremely high heating energy needs. At the same time, as the space is not exposed to direct solar radiation, the shading is open most time of the year, which results high utilisation of diffuse daylight.

South facing spaces have high lighting energy needs. High utilisation of daylight is blocked by presence of direct radiation on facade during most time of the year, so shading is mostly closed. The same as for other orientations, lighting energy savings are raising as glazing ratio is rising, but the savings are relatively low, comparing to other energy needs. The highest daylight utilisation is occurring with low light transmission glass (low as 50%), because glass is reducing illuminance levels on working plane, so the shading stays open more often. But the primary reason for highly glazed south facade energy efficiency is high level of solar gains during heating period. Solar gains on south facade are cutting energy use for heating at a level that is almost twice lower, compared to other orientations of space, and about 30% lower overall energy.

Key words: *daylight utilisation, daylight performance, energy performance, simulation, office spaces, highly glazed*

САДРЖАЈ

Резиме са кључним речима (на српском језику)

Резиме са кључним речима (на енглеском језику)

Предговор

Садржај

Листа коришћених ознака

Листа коришћених скраћеница

УВОДНО ПОГЛАВЉЕ	1
<i>Образложење теме</i>	1
<i>Предмет анализе</i>	6
<i>Циљ истраживања</i>	10
<i>Хипотеза</i>	11
<i>Методологија анализе</i>	11
<i>Структура рада</i>	12
1 ПРЕТХОДНА ИСТРАЖИВАЊА	13
2 АЛГОРИТАМ И ПАРАМЕТРИ СИМУЛАЦИЈЕ	26
2.1 Алгоритам симулације	26
2.2 Метрика перформанси дневне светлости	32
3 МОДЕЛОВАЊЕ	46
3.1 Методологија селекције улазних параметара симулације	46
3.2 Географска позиција и климатски услови	48
3.3 Годишњи профил коришћења простора	55
3.4 Моделовање простора – индивидуална канцеларија	56
3.5 Моделовање фасаде	67
3.5.1 Селекција стакла	72
3.6 Моделовање застора	77
3.7 Моделовање електричног осветљења	90
3.8 Контрола симулације	93
3.8.1 Параметри за подешавање симулације перформанси дневне светлости	93
3.8.2 Параметри за подешавање симулације енергетских перформанси простора	95
3.9 Резиме параметара и контроле симулације	96

4 РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ	100
4.1 Анализа резултата светлосних перформанси простора	102
4.2 Анализа резултата енергетских перформанси простора	124
5 ЗАКЉУЧАК	135
ЛИТЕРАТУРА	143
ПРИЛОГ 1: Анализа климатских података за Београд	150
Прилог 1.1: Анализа годишње промене температуре ваздуха на подручју Београда ..	150
Прилог 1.2: Анализа годишње покривености облацима на подручју Београда	152
Прилог 1.3: Анализа зрачења у току године на подручју Београда	153
Прилог 1.4: Анализа потенцијала осунчаности фасада на подручју Београда	154
ПРИЛОГ 2: Анализа оптичких перформанси текстилних застора	156
ПРИЛОГ 3: Анализа визуелног комфора у моделованом простору индивидуалне канцеларије	158
Прилог 3.1: Анализа појаве бљештања при различитим оријентацијама простора - Анализа простора без примењених застора	158
Прилог 3.2: Анализа визуелног и светлосног комфора у просторима оријентисаним ка истоку, југу и западу - Анализа са констатно спуштеним засторима	163
Прилог 3.3: Анализа визуелног комфора за усвојену комбинацију застора - Анализа за све оријентације простора	167
ПРИЛОГ 4: Детаљни приказ резултата симулације	168
Прилог 4.1: Резултати симулације светлосних перформанси простора	168
Прилог 4.2: Резултати симулације енергетских перформанси простора	181
Прилог 4.2.1: Резултати енергетских перформанси - оријентација ИСТОК	181
Прилог 4.2.2: Резултати енергетских перформанси - оријентација ЈУГ	198
Прилог 4.2.3: Резултати енергетских перформанси - оријентација ЗАПАД	215
Прилог 4.2.4: Резултати енергетских перформанси - оријентација СЕВЕР	232
Прилог 4.3: Анализа резултата симулације енергетских перформанси простора	249
Прилог 4.3.1: Анализа топлотних добитака и губитака преко стакла	250
Прилог 4.3.2: Анализа топлотног оптерећења простора	252
Прилог 4.3.2: Анализа укупних енергетских потреба простора	264
БИОГРАФИЈА	268

ЛИСТА КОРИШЋЕНИХ ОЗНАКА

ознака	назив [јединица]
<i>-aa</i>	амбијентална прецизност [-]
<i>-ab</i>	амбијентално одбијање зрака [-]
<i>-ad</i>	амбијентална подела зрака [-]
<i>-ar</i>	амбијентална резолуција [-]
<i>-as</i>	амбијентално умножавање зрака [-]
<i>B</i>	чиста ширина простора [m]
<i>b_{1,стакла}</i>	ширина стакла [m]
<i>b_{2,стакла}</i>	ширина стакла [m]
<i>B_{N,зида}</i>	нето ширина фасадног зида [m]
<i>b_{prozora}</i>	ширина прозора [m]
<i>c</i>	специфични топлотни капацитет [J/kgK]
<i>CDH</i>	степен сати за хлађење
<i>d</i>	дебљина материјала [m]
<i>DA</i>	аутономија дневне светлости [%]
<i>DA_{500lx}[50%]</i>	просторна аутономија дневне светлости [%]
<i>DAcon</i>	континуална аутономија дневне светлости [%]
<i>DAmax</i>	максимална аутономија дневне светлости [%]
<i>DF</i>	фактор дневне светлости [%]
<i>DGP</i>	индекс вероватноће појаве бљештања за услове дневне светлости [%]
<i>E</i>	осветљеност [lx]
<i>EA</i>	ефективна вредност отвора [%]
<i>E_{max}</i>	максимална осветљеност у нивоу радне површине [lx]
<i>E_{min}</i>	минимална осветљеност у нивоу радне површине [lx]
<i>E_v</i>	вертикална осветљеност [lx]
<i>g</i>	степен пропустљивости енергије за транспарентне површине или соларни фактор [%]
<i>g_{tot}</i>	укупни степен пропустљивости енергије за транспарентне површине и застор [%]
<i>GWR</i>	индекс степена застакљења фасаде или индекс односа површине стакла према укупној површини зида [%](исто као и <i>WWR</i> индекс)
<i>H</i>	чиста висина простора [m]
<i>h_{1,стакла}</i>	висина стакла [m]
<i>h_{2,стакла}</i>	висина стакла [m]
<i>HDH</i>	степен сати за грејање

$h_{prozora}$	висина прозора [m]
L	чиста дубина простора [m]
L_k	дубина корисне површине у простору [m]
$P_{N,стакла}$	нето површина стакла [m ²]
$P_{N,стакла-ef}$	површина стакла која има значајан утицај на осветљење дневним светлом у нивоу радне површине [m ²]
$P_{N,стакла-neeф}$	површина стакла испод нивоа радне површине – нема значајан утицај на осветљење у нивоу радне површине [m ²]
$P_{N,зида}$	нето површина фасадног зида [m ²]
$P_{prozora}$	површина прозора [m ²]
S	индекс селективности стакла
sDA	просторна аутономија дневне светлости (према LEED систему) [%]
t_n	трансмитивност стакла [%]
U	коэффициент пролаза топлоте [W/m ² K]
UDI	корисно осветљење дневне светлости [%]
U_g	коэффициент пролаза топлоте кроз стакло [W/m ² K]
VSA	вертикални угао сенке [°]
VT	светлосна пропустљивост стакла у САД [%]
WFR	индекс степена застакљења – индекс односа површине прозора према површини пода простора који осветљава [%]
WWR	индекс степена застакљења фасаде или индекс односа површине стакла према укупној површини зида [%]
$\theta_{i,C}$	унутрашња пројектна температура за хлађење [°C]
$\theta_{i,H}$	унутрашња пројектна температура за загревање [°C]
λ	коэффициент топлотне проводљивости [W/mK]
ρ	густина материјала [kg/m ³]
ρ_v	рефлективност (материјала) [%]
ρ_v	огледалска рефлексија светлосног зрачења [%]
$\rho_{v,dif}$	дифузна рефлексија светлосног зрачења [%]
ρ_e	рефлексија енергетског зрачења [%]
τ_v	светлосна пропустљивост стакла [%]
$\tau_{v,n-h,dif}$	дифузна пропустљивост светлосног зрачења [%]
$\tau_{v,n-n}$	директна пропустљивост светлосног зрачења [%]
τ_e	енергетска пропустљивост стакла [%]

ЛИСТА КОРИШЋЕНИХ СКРАЋЕНИЦА

ћирилични акроними:

ЕМ	електро-механички системи зграде
КХГ	климатизација, хлађење и грејање
НАПЕЕ	Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године
САД	Сједињене Америчке Државе

латинични акроними:

3D	<i>three-dimensional</i> (енгл.)
-aa	<i>Ambient Accuracy</i> (енгл.)
-ab	<i>Ambient bounces</i> (енгл.)
-ad	<i>Ambient division</i> (енгл.)
-ar	<i>Ambient Resolution</i> (енгл.)
-as	<i>Ambient Supersamples</i> (енгл.)
ALT	<i>altitude</i> (енгл.) висинска позиција Сунца (српс.)
ASE	<i>Annual Sun Exposure</i> (енгл.)
AZ	<i>azimuth</i> (енгл.) азимут (српс.)
BGI	<i>British Glare Index</i> (енгл.)
BRS	<i>Building Research Station</i> (енгл.)
CBDM	<i>Climate-based daylight modelling</i> (енгл.) климатски засновано моделовање дневне светлости (српс.)
CDH	<i>Cooling Degree Hours</i> (енгл.)
CGI	<i>CIE Glare Index</i> (енгл.)
CIE	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i> (франц.) <i>International Commission on Illumination</i> (енгл.) Међународна комисија за осветљење (српс.)
DA	<i>Daylight Autonomy</i> (енгл.)
DAcon	<i>Continuous Daylight Autonomy</i> (енгл.)
DAmax	<i>Maximum Daylight Autonomy</i> (енгл.)
DC	<i>Daylight Coefficient</i> (енгл.)
DF	<i>Daylight Factor</i> (енгл.)
DGI	<i>Daylight Glare Index</i> (енгл.)
DGP	<i>Daylight Glare Probability</i> (енгл.)

<i>DGPs</i>	<i>Daylight Glare Probability simplified</i> (енгл.)
<i>DIVA</i>	<i>Design Iterate Validate Adapt</i> (енгл.)
<i>EA</i>	<i>Effective Aperture</i> (енгл.)
<i>eDGPs</i>	<i>enhanced Daylight Glare Probability simplified</i> (енгл.)
<i>GWR</i>	<i>Glazing-to-Wall Ratio</i> (енгл.)
<i>HDH</i>	<i>Heating Degree Hours</i> (енгл.)
<i>ISE</i>	<i>Institut für Solare Energiesysteme</i> (нем.) <i>Institute for Solar Energy Systems</i> (енгл.)
<i>IWEC</i>	<i>International Weather for Energy Calculation</i> (енгл.)
<i>LED</i>	<i>light-emitting diode</i> (енгл.)
<i>LEED</i>	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> (енгл.)
<i>NRC</i>	<i>National Research Council</i> (енгл.)
<i>NURBS</i>	<i>Non-Uniform Rational Basis Spline</i> (енгл.)
<i>PIER</i>	<i>Public Interest Energy Research</i> (енгл.)
<i>sDA</i>	<i>Spatial Daylight Autonomy</i> (енгл.)
<i>sDA</i>	<i>Spatial Daylight Autonomy</i> (енгл.)
<i>UDI</i>	<i>Useful Daylight Illuminance</i> (енгл.)
<i>UGR</i>	<i>Unified Glare Rating system</i> (енгл.)
<i>VSA</i>	<i>Vertical Shadow Angle</i> (енгл.) угао вертикалне сенке (српс.)
<i>VT</i>	<i>Visual Transmittance</i> (енгл.)
<i>WFR</i>	<i>Window to Floor Ratio</i> (енгл.)
<i>WWR</i>	<i>Window-to-Wall Ratio</i> (енгл.)

УВОДНО ПОГЛАВЉЕ

Образложење теме

Са аспекта основних инвестиција, трошкови за застакљене делове фасаде значајно су већи од трошкова изградње стандардног, непровидног зида. Са аспекта енергетске ефикасности, уграђена енергија за извођење застакљених делова фасаде чини овај део омотача зграде најскупљим, а трошкови потрошње енергије на годишњем нивоу су повећани уколико транспарентни делови застакљене фасаде нису оптимизовани према климатским и локацијским критеријумима. У односу на стандардне, непровидне делове омотача, гарантоване топлотне карактеристике застакљене фасаде ограничене су на краћи период (око 30 година), а трошкови одржавања у току животног века су значајно већи. И, опет, у савременој архитектури, зграде са високим степеном застакљења фасаде се граде у великом обиму, посебно у сектору пословног грађевинског фонда, који иначе одликује висок ниво потрошње енергије. Граде се из идеолошких и естетских разлога, који се базирају на маркетиншким порукама инвеститора и корисника: ми смо моћни али и транспарентни, демократски оријентисани, отворени, модерни, еколошки свесни, где су корисници "транспарентности" очигледно спремни да плате високу цену.

Да би се оправдали високи трошкови улагања неопходно је да примењена стаклена фасада, поред маркетиншких порука које преноси естетика „транспарентне“ архитектуре, обезбеди енергетска својства зграде у категорији енергетски ефикасних и додатне, енергетски немерљиве користи, повезане са психолошким аспектом човека (визуелна веза са спољном средином и присуство дневне светлости).

Са енергетског аспекта, са повећањем степена застакљених површина фасаде, повећава се и магнитуда размене енергије зграде са спољном средином преко фасаде. Повећање се дешава из разлога што је фасадно стакло транспарентно за већи део соларног спектра и, као грађевински материјал, слаб топлотни изолатор.

Само стакло, као материјал, карактерише релативно висок коефицијент топлотне проводљивости (λ), захваљујући великој густини материјала, али се уграђује у веома малим дебљинама (од 4 mm до 12 mm), па је коефицијент пролаза топлоте (U) код стакла висок (за чисто стакло дебљине 4 mm, износи 5,8 W/m²K). Зато се застакљене површине фасаде често описују као енергетски најслабија тачка омотача зграде. Међутим, данас постоје системи застакљења са изузетно високим енергетским перформансама, који се оптимизују према локацијским енергетским потенцијалима, па се пре може рећи да су простори са великим застакљеним површинама само осетљивији на промене климатских параметара спољне средине, али не и да су све застакљене површине енергетски слаба тачка омотача зграде.

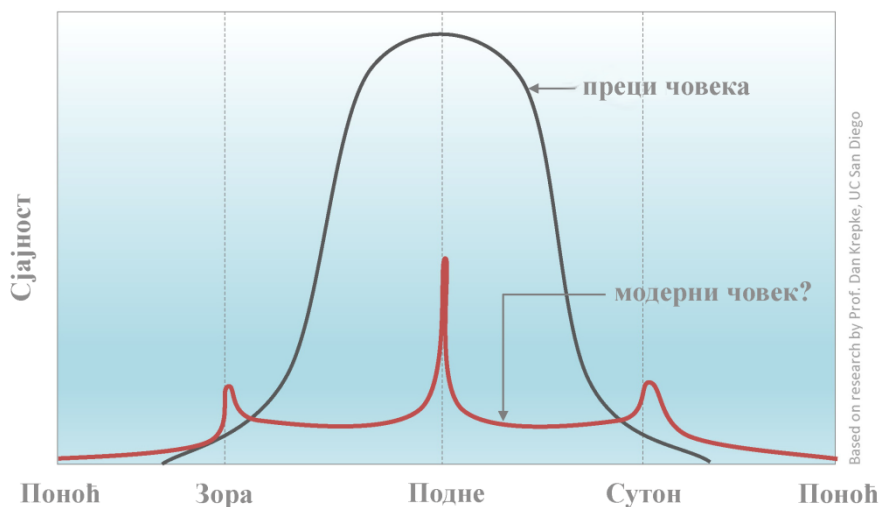
Са повећањем степена застакљења фасаде, повећавају се топлотни губици у зимском периоду и топлотни добици у летњем периоду, који значајно утичу на повећање енергије за загревање и хлађење зграде. С друге стране, повећава се потенцијал искоришћења соларне енергије у зимском периоду, чиме се до извесног степена могу компензовати топлотни губици.

Са повећањем степена застакљења фасаде, повећава се доступност дневне светлости у ентеријеру зграде, што може резултовати смањењем потрошње енергије за електрично осветљење зграде. Смањење потрошње енергије за осветљење у мањем обиму може утицати на потребе простора за енергијом за загревање и хлађење. При смањењу употребе електричног осветљења, смањује се емисија топлоте из светлосних извора, па су унутрашњи топлотни добици мањи. Тако се у зимском периоду у мањем обиму смањују потребе за загревањем зграде, док се у летњем периоду повећавају потребе за хлађењем.

Обезбеђење позитивног енергетског биланса простора много је сложенији процес од једноставног сумирања топлотних добитака и губитака и/или уштеда у

потрошњи енергије. Процес обавезно укључује понашање корисника, које представља непредвидиву компоненту анализе. Под одређеним условима, губици у зимском периоду могу бити мањи од соларних добитака, што обезбеђује позитиван енергетски биланс за тај период. Доступност адекватног нивоа природне светлости, које редукује потрошњу енергије за електрично осветљење, додатно доприноси позитивном (или мање негативном) енергетском билансу. С друге стране, у непосредној близини фасаде велики соларни добици и директно соларно зрачење могу нарушити топлотни и визуелни комфор корисника, који на промену услова реагује спуштањем застора и тако неутралише потенцијал соларних добитака за компензовање топлотних губитака. Спуштањем застора редукује се и доступност дневне светлости у ентеријеру, што доводи до повећања употребе електричног осветљења. Стога је обезбеђење адекватног нивоа топлотног и визуелног комфора корисника, паралелно са контролом протока енергије и зрачења кроз застакљене делове фасаде, од круцијалног значаја за остваривање позитивног енергетског биланса за просторе са високим степеном застакљења фасаде.

Оптимални степен застакљења фасаде карактеристичан је не само за сваку зграду посебно, већ и за сваки простор посебно, а зависи од изузетно великог броја фактора: од климатских и морфолошких услова непосредног окружења, локацијских специфичности као што су густина изграђености средине и спољне опструкције зрачењу; зависи од архитектонских карактеристика зграде и фасаде, као што су облик зграде, материјализација омотача, топлотни капацитет завршних површина ентеријера и конструкције, просторне организације функција у згради; зависи од географске оријентације простора у згради; зависи од основне намене и разноврсности програма зграде, броја корисника, понашања корисника, периода коришћења зграде, пројектоване температуре комфора, од ефикасности уграђених активних система зграде... Основни проблем код примене фасада са високим степеном застакљења је колики је то степен застакљења који, за одређени сет специфичних услова, може да обезбеди визуелни и топлотни комфор у простору, уз услов минималног повећања потрошње енергије.



СЛИКА 0.1: Просечни боравак модерног човека на дневном светлу у односу на претке (Saxena 2014, стр.6)

Неки позитивни утицаји и корисности примене фасада са високим степеном застакљења нису подложни енергетској квантификацији, али су изузетно значајни. Такав је утицај нивоа и квалитета дневне светлости у ентеријеру на здравље и продуктивност корисника. Човек је биће чији физиолошки ритам је прилагођен дневном светлу, преко система вида, па чак и коже. Савремени човек проводи веома мали део времена изложен дневној светлости у односу на своје „пројектовано“ стање из давне прошлости (слика 01). У зградама, стимуланс плаве дневне светлости на циркадијски систем, који управља хормонским системом мелатонина, допамина или серотонина, је вишеструко смањен, што може довести до лошег расположења или чак депресивних стања. Тако се нарушава свеукупно здравље и продуктивност корисника. Енергија јесте један од најбитнијих фактора у реализовању изграђеног окружења човека, али је дневна светлост основни услов који представља немерљиву вредност.

Визуелна сагледивост спољне средине је један од основних критеријума за обезбеђење квалитетног визуелног комфора, што фасаде са високим степеном транспарентног застакљења сигурно обезбеђују у ободним зонама зграде¹.

¹ Ободним зонама зграде подразумевају се простори који су позиционирани непосредно уз фасаду, пружају се у дубину простора зграде за око две висине етажне и имају користи од природних, енергетских потенцијала локације.

Постоје бројне студије које се баве овом проблематиком, али само поглед на архитектонски дискурс од 18. до 20. века и на концепт транспарентне архитектуре 20. века довољан је да опише човека као биће извучено из контекста природе и његову немерљиву потребу за повезаношћу са истом.

Транспарентност, као концепт, није пожељна у приватном простору. Изложеност приватности није карактеристика савремене породице, али јесте карактеристика савременог пословања, где се и најчешће на фасадама примењују велике транспарентно застакљене површине. Пословање административног типа је веома заступљено у сектору грађевинских објеката и одликује га висок ниво потрошње енергије. Процењује се да у Европи пословни сектор зграда троши око 40% више по m^2 у односу на еквивалентну вредност потрошње у оквиру стамбеног сектора зграда (ВРИЕ 2011b, стр.6).

Енергетски аспект грађевинског фонда постао је изузетно битан у последњих тридесет година. Уштеда енергије у Европи, поред иманентног циља који се односи на очување животне средине, постала је нужна за стабилност развоја, из разлога што Европа увози скоро половину енергије коју троши. Будући да у Европи сектор зграда троши више од трећине укупне потрошње енергије, регулисање енергетске ефикасности грађевинског фонда је изузетно актуелно.

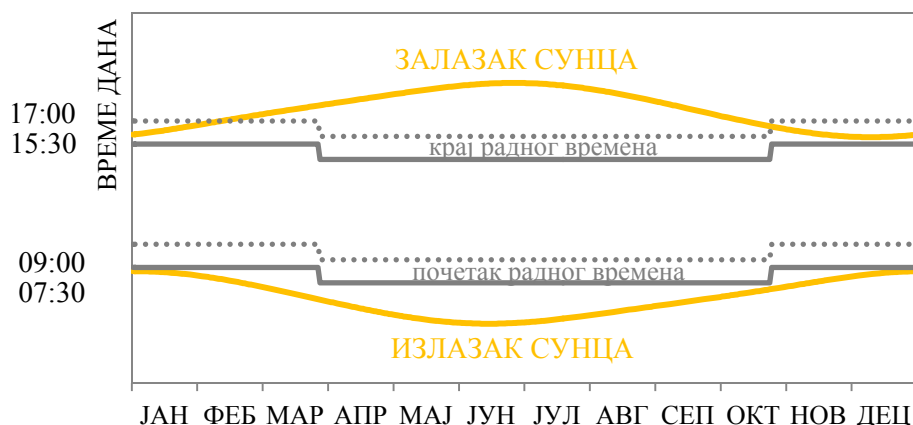
У Србији, радно време у административним зградама почиње у периоду од 7:30 до 9:00 сати, траје осам радних сати и завршава се у периоду од 15:30 до 17:00 сати (приказано на дијаграму на слици 02, стр.6). На територији Београда, за период радног времена од 7:30 до 15:30 сати, свих осам сати радног времена је у зони трајања дана (период између изласка и заласка сунца)². Период радног времена од 9:00 до 17:00 сати излази из зоне трајања дана само током зимских месеци, током поподневних часова. Само 2,7% радних сати овог радног времена је ван зоне трајања дана (табела 01, слика 02, стр.6). Стога, на територији Београда у периоду радног времена у административним зградама постоји озбиљан потенцијал за искоришћење дневне светлости и соларних топлотних добитака,

² У прорачун зоне трајања дана није урачунат период трајања сумрака и свитања, већ само период изласка и заласка сунца.

односно редукцију потрошње електричне енергије за осветљење и енергије за загревање у зимском периоду.

ТАБЕЛА 0.1: проценат сати радног времена који су изван граница трајања дана у Београду за радно време у Србији од 07:30 до 15:30 сати и радно време од 09:00 до 17:00 (извор података: (Miguel 2009))

радно време	07:30 - 15:30	09:00 - 17:00
број сати по дану	8	8
укупан број радних дана у години без празника	261	261
укупан број радних сати у години без празника	2088:00:00	2088:00:00
број сати у току радног времена ван зоне дана	00:00:00	56:26:00
процент сати у току радног времена ван зоне дана	0,00%	2,70%



СЛИКА 0.2: Период трајања дана (од изласка до заласка сунца) и два различита радна времена у административним зградама у Београду (приказана са летњим рачунањем времена) (извор података за дијаграм: (Miguel 2009))

Предмет анализе

Докторска дисертација се бави оптимизацијом степена транспарентног дела фасаде (застакљења) у радним просторима административних зграда са степеном застакљења фасаде преко 50%, **путем искоришћења дневне светлости и соларног зрачења** у климатским условима Београда. Остваривање оптималног степена застакљења у дисертацији је сагледано са аспекта одржања визуелног комфора и уштеда у потрошњи енергије за услове осветљења дневном светлости, уз обезбеђење минималне потрошње енергије на коју доминантно утичу само процеси који се одвијају преко застакљене фасаде.

Фокус истраживања услова осветљења дневним светлом за климатске услове Београда је на квантитативном критеријуму дневне светлости (осветљеност) и квалитативном критеријуму дневне светлости (бљештање). Истраживање је компаративног типа, у којем су све комплексности стварних административних простора апстраховане и сведене на шему са елементима просторног модела релевантним за сврху истраживања.

Главна заједничка карактеристика свих фасада са високим степеном транспарентног застакљења је "провидност" омотача, у смислу пропустљивости зрачења и/или визуелне прозирности. У прописима Немачке³ (EnEV 2004-12, цитирано у Hegger et al. 2008, стр 95), а и неким другим земљама Европске Уније, све стамбене зграде са преко 30% провидности површине фасаде и све пословне зграде са преко 50% провидности површине фасаде сматрају се зградама са високим степеном застакљења фасаде. У страниј литератури се за високи степен примењеног застакљења на фасади користи термин **застакљене фасаде** (енгл. *glazed facade*) или **претежно/веома застакљене фасаде** (енгл. *highly glazed facade*). У Србији је често у употреби термин **стаклене фасаде**. У архитектонском дискурсу и пракси у Србији појам *стаклена фасада* најчешће се односи на стаклену зид завесу (која може садржати транспарентне и нетранспарентне стаклене делове), али не и на фасаде другачијег конструктивног система, код којих су само велики сегменти површине транспарентно застакљени. У регулативи Србије не постоји дефиниција фасаде са одређеним степеном (процентом) транспарентног застакљења површине. Стога, у овој дисертацији, тумачење појмова **застакљене или стаклене фасаде** је преузето из тумачења термина која се употребљава на енглеском језику у већини земаља Европске Уније и означава фасаде са степеном транспарентног застакљења од преко 50% површине фасаде, без обзира да ли се ради о стакленој, зид-завеси фасади или неком другом типу конструкције фасаде.

³ Акт о одржању енергије ((EnEV) – законски прописан документ који се бави енергетским уштедама код топлотних перформанси и инсталација у зградама (енгл. *Energy Conservation Act (EnEV) – statutory instrument dealing with energy-saving thermal performance and energy-saving installations for buildings. 2009 u 2012*) (Hegger et al. 2008)

Основни квалитет који се постиже применом великих стаклених површина на фасади је провидност – транспарентност или полутранспарентност омотача зграде. Стакла која се употребљавају имају различите естетске, оптичке и топлотне квалитете, могу бити статичне или динамичне природе. Стакла која су предмет истраживања у овој дисертацији су чиста транспарентна стакла, неутралне нијансе, која допуштају јасну визуелну сагледивост простора и предмета иза њих, која не модификују светлост коју пропуштају (не расипају и не распршавају светлост) и која селективно пропуштају соларни спектар (стакла са соларним и нискоемисионим премазима). У анализи су разматрана двослојна и трослојна стакла, са аргоном као испуном међупростора, како би се обухватио опсег стакла са високом и релативно ниском пропустљивошћу спектра светлосног зрачења (од 50% до 80% светлосне пропустљивости) и уједно обезбедио висок ниво топлотно изолационих карактеристика стакла (са коефицијентом топлотног пролаза од (0,7 до 1,3) W/m²K).

Према дефиницији, административне зграде су оне код којих се у значајној већини укупне површине као основна активност обављају административне, финансијске, техничке или бирократске активности (Dodd et al. 2014). „Значајна већина укупне површине“ односи се на заступљеност радних простора у најмање 75% укупне површине зграде, будући да административне зграде, поред основних активности, садрже и друге типове радног простора као што су сале за презентације или предавања, пратеће просторе за запослене и посетиоце, техничке просторе, али и неке друге, често присутне комплементарне садржаје (ресторан, кафетерија, играоница, сала за физичке вежбе и слично). Према Правилнику о класификацији објеката Републике Србије (Службени гласник РС, 22/2015, стр.5), административне функције сврстане су у класу пословних зграда као што су банке, поште, пословне зграде локалне управе и државних тела, зграде судова и парламента и др. Предмет анализе у дисертацији су радни простори у оквиру административних зграда, али не и комплетна зграда. Радни простори су позиционирани у ободној зони зграде и морају бити осветљени природним светлом, док остали садржаји административних зграда не морају задовољити овај услов. Поред тога, радни простори заузимају већи део површине зграде, тако да било која редукција потрошње енергије у најзаступљенијим мањим сегментима

зграде, значајно може утицати на ниво укупне потрошње енергије у згради. Будући да је предмет анализе један специфичан простор у периферној зони зграде, али не и цела зграда, истраживање не обухвата комплексност повратне спреге утицаја периферне зоне и осталих делова зграде и спрегу утицаја између сегмената периферне зоне (радних простора). Истраживање обухвата оптичке и енергетске перформансе периферних радних простора које не зависе од активних система зграде и на које утичу само архитектонске карактеристике фасаде и процеси који се одвијају преко фасаде зграде.

Анализа се бави истраживањем канцеларијског простора за индивидуални рад у оквиру административних зграда, који представља најнеповољнији случај за остваривање адекватног интензитета и равномерности осветљења дневним светлом. Канцеларијски простори за групни рад су већих димензија и заузимају већу ширину фасадног зида, а самим тим и повољније услове за постизање адекватног нивоа осветљења дневном светлости за исту дубину простора.

Предмет анализе су типични канцеларијски простори осветљени дневним светлом само са једне стране, преко вертикалне фасадне равни. Истраживање не обухвата радне просторе који су осветљени преко било којег типа стакленика (двоструке стаклене фасаде, застакљени атријуми) или преко унутрашњег дворишта. Код примене стакленика методологија прорачуна енергетских перформанси разликује се у односу на застакљење директно изложено спољним климатским условима, јер укључује комплексност тампон зоне (температурне промене и модалитет кретања ваздуха). Енергетске перформансе простора оријентисаних ка стакленику су по правилу квалитетније, јер су велики делови фасаде изложени умеренијим климатским условима који владају у тампон зони. Застакљена фасада, која је предмет истраживања у овој дисертацији, представља фасаду директно изложену спољним климатским утицајима, који је са енергетског аспекта неповољнији случај.

Спољне опструкције, у виду суседних објеката, унутрашњег дворишта или зеленила, сигурно редукују доступност соларног зрачења на фасади. Сврха ове анализе није испитивање неког реалног простора, већ испитивање **могућности** за осветљење дневним светлом и искоришћење соларних добитака код одређеног

типа радног простора у климатским условима Београда, тако да било која врста спољних опструкција није обухваћена анализом.

Циљ истраживања

Циљ истраживања је пре свега утврдити колики је потенцијал за искоришћење дневне светлости и соларног зрачења у административним просторима са високим степеном застакљења за климатске услове Београда, а затим утврдити колико је могуће искоришћење овог потенцијала у типичном (референтном) простору индивидуалне канцеларије, уколико се у анализу укључи аутоматизована контрола визуелног комфора (аутоматизована контрола застора). Будући да је понашање корисника стохастична компонента анализе, неопходно је утврдити колико је искоришћење енергетских потенцијала локације када се из анализе избаци компонента непредвидивости и када се контрола комфора корисника одвија преко аутоматизованих система.

Крајњи циљ ове дисертације је утврдити оптималне површине стакла (са интегрисаним засторима) код административних зграда са стакленом фасадом, које се понашају флексибилно у односу на сезонске и дневне климатске флукуације у урбаним условима Београда.

Циљ истраживања је поставити оптимални степен застакљења фасаде:

- за различите секвенце географске оријентације фасаде,
- за различите комплексне системе застакљења,

који, уз услов очувања унутрашњег визуелног комфора у периферној зони зграде, резултује минималан број сати употребе електричног осветљења и најповољнији баланс енергетских губитака и добитака преко фасаде, који резултује најмању потрошњу енергије за осветљење, грејање и хлађење.

Секундарни циљ истраживања је процена утицаја и релативне важности оријентације фасаде, оптичких и енергетских параметара застакљења, процена утицаја различитих начина заштите од сунца на енергетска својства периферне зоне зграде у климатским условима Београда.

Хипотеза

У складу са изнетим полазним поставкама, проблемима и циљевима истраживања може се дефинисати следећа полазна хипотеза истраживања:

У категорији административних зграда са високим степеном транспарентног застакљења фасаде, у климатским условима Београда, оптимизованим степеном застакљења фасада у распону од 50-90%, (за различиту оријентацију, енергетски квалитет фасаде са интегрисаним засторима), постижу се:

- уштеде у потрошњи енергије за електрично осветљење (максималним искоришћењем дневне светлости) и
- уштеде у потрошњи енергије за загревање зграде у зимском периоду (искоришћењем соларних топлотних добитака),

које компензују повећану потрошњу енергије у периферној зони зграде, уз услов посматрања само потрошње енергије која зависи од архитектонских карактеристика фасаде и периферне зоне зграде.

Методологија анализе

Испитивање оптималног степена застакљења фасаде код административних простора у овој дисертацији изведено је методом компјутерске симулације, са аспекта интегрисане анализе интензитета и расподеле природног осветљења, потрошње електричне енергије за електрично осветљење и енергетских протока који зависе искључиво од карактеристика фасадног зида.

Селектовани основни симулациони програм је *DIVA for Rhino*. чија је основна функција интегрисана анализа дневног осветљења и енергетских протока. Симулациони процес заснован је на параметарској анализи. Варијабилни параметри у моделу су оријентација простора, степен застакљења и квалитет стакла.

Евалуација резултата заснована је на анализи резултујућих енергетских и оптичких перформанси простора за различите комбинације променљивих параметара. Интеракција светлосних и оптичких перформанси оцењена је у функцији степена застакљења и параметара понашања интегрисаних застора.

Структура рада

Докторска дисертација састоји се из шест целина: из увода, приказа истраживања и анализе у четири поглавља и из закључне целине.

Уводни део садржи опште објашњење предмета рада, циљ истраживања, радне хипотезе и методологију истраживања.

Приказ истраживања и анализа, као средишњи део рада, представљени су у четири поглавља.

У првом поглављу презентована су претходна истраживања релевантна за анализу оптималног степена застакљења фасаде. Анализирана је дефиниција и варијације концепта степена застакљења у зависности од локалних норми и уобичајених правила. Сагледана је процена структуре потрошње енергије у административним зградама за климатске услове Београда и адекватне стратегије за редукацију електричне енергије и енергије за загревање. У овом поглављу анализирани су методе компјутерске симулације које обезбеђују интегративно сагледавање различитих потреба зграде за енергијом.

У другом поглављу анализиран је алгоритам селектованог симулационог програма, могућности програма, неопходни улазни подаци и излазни параметри симулације.

У трећем поглављу приказана је методологија селекције параметара модела и понашања модела, који су релевантни за циљ истраживања. Приказана је методологија селекције просторних параметара индивидуалне канцеларије, методологија селекције комплексних фасадних застакљења, усвојена материјализација простора и представљени су модели понашања у зависности од промене услова.

У четвртном поглављу презентовани су резултати симулације, усвојени критеријуми анализе и рангирање резултата анализе.

У **закључном поглављу** разматрана је хипотеза из уводног поглавља на бази резултата добијених анализом. Дате су смернице за даља истраживања.

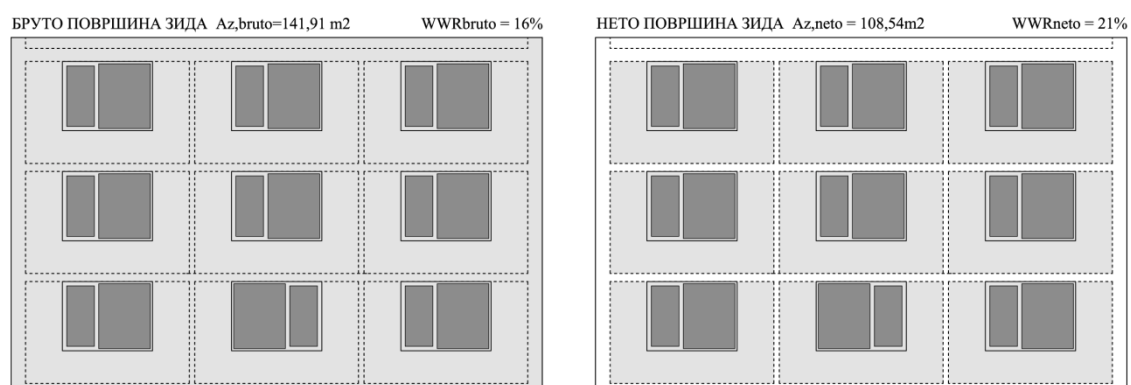
1 ПРЕТХОДНА ИСТРАЖИВАЊА

Степен застакљења се сматра оптималним када у простору који осветљава обезбеђује неопходни ниво визуелног и топлотног комфора и испуњава услов минималне потрошње енергије. У већини истраживања и прописаних норми степен застакљења који се сматра оптималним за административне просторе налази се испод границе од 50%. Колика је вредност површине стакла у фасадном зиду, која је изражена процентима и дефинисана као оптимална, зависи од тумачења појма и усвојене дефиниције степена застакљења.

Степен застакљења се може исказати као проценат стакла (или целог прозора) у односу на зид у којем је позиционирано или у односу на површину пода коју осветљава. У зависности од локалних норми и уобичајених правила у литератури се сусрећу различите варијације ова два концепта.

Најчешће коришћени индекс за изражавање степена застакљења фасадног зида је индекс *WWR* (абревијација од енгл. *Window-to-Wall Ratio*), којим се исказује однос површине стакла према површини фасадног зида. Дефинише се као однос **нето** површине стакла (без рама) према укупној површини фасадног зида (са отворима) (Reinhart & LoVerso 2010), (Autodesk Sustainability Workshop n.d.), (LBLN 2013, стр.13). *WWR* индекс се користи као нето (енгл. *Net WWR*) и као бруто вредност (енгл. *Gross WWR*) (слика 1.1, стр.14). Нето *WWR* индекс односи се на пропорцију површине стакла у односу на нето површину фасадног зида. Под нето површином

зида сматра се површина зида посматрана из ентеријера зграде (унутрашња страна зида: висински од пода до плафона, латерално од бочног до бочног зида), док се за бруто WWR индекс у калкулацију укључује укупна површина фасадног зида посматраног са спољне стране (Saxena et al. 2011). Разлике бруто и нето вредности WWR индекса могу бити значајне за исто застакљење, па су и разлике у резултатима истраживања значајне уколико се јасно не назначи која вредност WWR индекса се користи у истраживању.


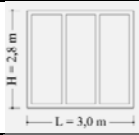

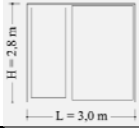
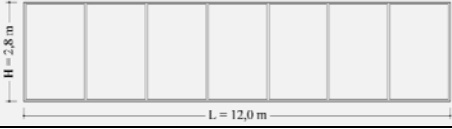
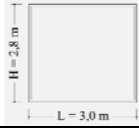


СЛИКА 1.1: Бруто и нето WWR индекс за исти фасадни зид

У литератури се за исти индекс понекад користи ознака GWR (абревијација од енгл. *Glazing-to-Wall Ratio*) (Dubois & Flodberg 2013), како би се јасно назначило да се у прорачун површине стакла укључују само нето површине транспарентне за светлост, а да се површина рама стакла, као непровидна површина, укључује у укупну површину зида. У нормама у САД (*ASHRAE 90.1-2007, Section 5.5.4.2, Fenestration Area* и *2009 IECC, Section 502.3.1, Maximum Area* - цитирано у Marceau & Hoffman 2012, стр.23), степен застакљења дефинисан је употребом појма „фенестрација“ (енгл. *fenestration*), под којим се подразумева да се у површини застакљења садржи и површина рама стакла (Marceau & Hoffman 2012). У САД, паралелно са употребом WWR индекса, степен застакљења је дефинисан и односом површине фенестрације фасаде према укупној спољној површини фасадног зида изнад земље (енгл. *Fenestration to Wall Area Ratio*) (DeRu & Torcellini 2005). Колико је значајно који индекс се користи у истраживању показује информација да се фактор рама стакла (сегмент површине застакљења покривен рамом стакла) просечно креће око 15%, а може достићи и вредност од 25% код мањих застакљених површина, уколико се сви сегменти застакљења

(крила) могу отворати (табела 1.1). Разлике у резултатима истраживања стога могу бити значајне за исто застакљење у зависности од тумачења површине вертикалног отвора и укупне површине зида.

ТАБЕЛА 1.1: Утицај три различите могућности отварања прозора на нето *WWR* индекс код потпуно застакљеног фасадног зида различитих пропорција

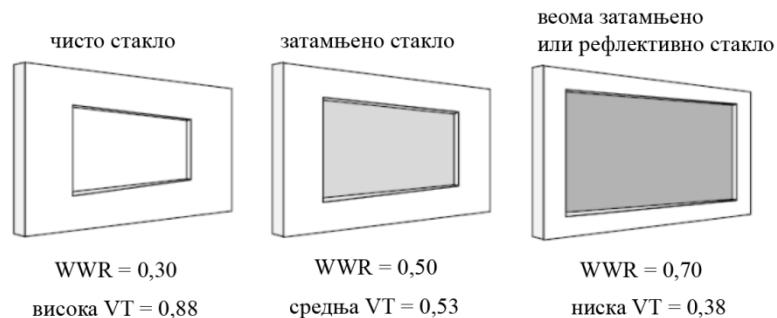
		пропорција фасадног зида	макс. нето <i>WWR</i>	пропорција фасадног зида	макс. нето <i>WWR</i>
		$H : L = 1 : 4$		$H : L = 1 : 1$	
могућности отварања прозора	сви прозори се отварају		84,1%		76,8%
	1/3 површине стакла су прозори који се отварају		87,6%		84,8%
	прозори се не могу отворати		91,9%		88,1%

Степен застакљења се изражава и у односу на површину пода коју осветљава. Индекс *WFR* (скр. од енгл. *Window to Floor Ratio*) означава однос укупне површине прозора према укупној површини простора који осветљава (LBN 2013), (Amaral et al. 2015). Према америчком *LEED*⁴ систему у прорачун се укључују само површине прозора које су изнад висине од 70 cm (30 инча) од пода.

Степен застакљења *WWR* и *WFR* изражени у функцији осветљења простора дневним светлом назива се **ефективна вредност отвора (*EA*)** (од енгл. *Effective Aperture*) (LBN 2013, стр.19), преко које се апроксимативно може оценити колико је простор добро осветљен. Добија се производом *WWR* индекса и вредности светлосне пропустљивости стакла (τ) (LBN 2013, стр.19). Простори код којих се вредност индекса *EA* креће око 0,3 сматрају се добро осветљеним. У суштини, ефективна вредност отвора може различите комбинације величине отвора и типа стакла свести на исту вредност (слика 1.2, стр.16). Велика површина стакла са ниском вредношћу светлосне пропустљивости (τ) ефективно има исту

⁴ *LEED* – акроним од енгл. *Leadership in Energy and Environmental Design* – у САД независни програм сертификације из области енергије и животне средине.

вредност као и мања површина стакла са пропорционално вишом светлосном пропустљивошћу (τ).



СЛИКА 1.2: Ефективна вредност отвора (ЕА) за три примера прозора са истом површином, различитом светлосном пропустљивошћу стакла (τ) (у САД светлосна пропустљивост стакла се означава VT (од енгл. *Visual Transmittance*)). На слици сва три отвора имају исту вредност ЕА (0,26). (извор: (LBN 2013, стр.19, сл.6))

У обавезујућој норми америчког *LEED* система (из 2009. године) ефективна вредност отвора се изражава производом индекса *WFR* са светлосном пропустљивости стакла (VT) (од енгл. *Visual Transmittance*)⁵. Да би се задовољио услов за добијање тзв. кредитних поена из *LEED* система, ефективна вредност отвора мора имати вредност од 0,15 до 0,18 ($0,150 < VT \times WFR < 0,180$) (LBN DOE 2013, стр.28). У истраживањима, индекс ефективне вредности отвора се назива и индексом „отвора за осветљење“ (у буквалном преводу енгл. фразе *Daylighting aperture*) (Krarti et al. 2005).

Само прегледом могућности за изражавање степена застакљења јасно је да је прецизна систематизација резултата различитих истраживања неизводљива. Поред тога у различитим истраживањима разликују се и претпостављене комбинације **услова** анализе и **методологија** анализе (Dubois & Blomsterberg 2011, табела 1).

Различити резултати предвиђања потрошње енергије са аспекта искоришћења дневне светлости код зграда са високим степеном застакљења фасаде су резултат различито постављених услова за предвиђање и методологије симулације. Резултати предвиђања потрошње енергије у зградама су зависни од климатског

⁵ Светлосна пропустљивост стакла са ознаком VLT на америчком континенту је исто што и светлосна пропустљивост стакла на европском континенту са ознаком τ .

контекста, оријентације простора, геометрије и оптичких карактеристика простора, оптичких и енергетских параметара стакла, врсте, позиције и контроле застора, степена застакљења, опструкција соларном зрачењу, дефинисаних услова минималног осветљења у простору, посматраног временског интервала, алгоритма прорачуна селектованог програма за симулацију, примењене метрике за евалуацију перформанси дневне светлости (статична-динамична), присуства аутоматизованих система контроле топлотног и визуелног комфора и предвиђања реакције корисника на услове топлотног и визуелног комфора у простору.

Енергетски аспект. Степен застакљења фасаде директно утиче на визуелни и топлотни комфор у простору и на потрошњу енергије за електрично осветљење и енергије за загревање и хлађење простора. У пословним административним зградама управо потрошња енергије за електрично осветљење и загревање/хлађење зграда представљају највеће појединачне секторе потрошње у структури укупне потрошње енергије. За Београд не постоје званични подаци о потрошњи енергије у административним зградама. Постоји само груба процена да стамбени сектор троши 70%, а комерцијално/услужни и јавно/услужни сектори заједно троше око 30% финалне енергије у зградама (МРЕ - Министарство рударства и енергетике 2010). За разлику од структуре укупне потрошње у САД, где је највећа појединачна потрошња енергије за осветљење зграда (25%), испред потрошње енергије за хлађење (13%) и загревање (12%) зграде, у Европи у комерцијалном сектору доминира потрошња енергије за загревање зграда (52%), а електрично осветљење заузима значајно мањи део потрошње (14%). За хлађење зграда у Европи се троши релативно мали проценат енергије (око 4%) (ЕС 2007 цитирано у Halonen et al. 2010, погл.2, стр.23). Битно је напоменути да је структура потрошње енергије за различите потребе у пословним зградама административног типа карактеристична за сваку зграду посебно, у зависности од пре свега климатских услова и многобројних фактора зграде и њене околине. Наведена структура потрошње представља просек за ЕУ, где постоје веома велике климатске варијације.

Оно што је специфично за потрошњу енергије у пословним зградама је интензитет потрошње енергије. Код административних зграда интензитет потрошње енергије

је већи од потрошње у болницама и хотелима, који се интензивно користе током целог дана, а посебно је висок ниво потрошње електричне енергије. То се јасно може сагледати из податка да у Европи пословне зграде административног типа троше 26% укупне потрошње финалне енергије у оквиру сектора нестамбених објеката (ВРПЕ 2011, стр.52), што представља највећу потрошњу у нестамбеном сектору. Поред свега наведеног, потрошња електричне енергије, као најскупље енергије, у сектору административних зграда повећала се за 74% у периоду од 1990. до 2009. године, док је укупна потрошња у сектору само варијала у истим оквирима. Колико се повећала потрошња електричне енергије толико се смањила потрошња нафте и чврстих горива (ВРПЕ - 2011). Промена у структури потрошње различитих извора енергије настала је као последица рапидног развоја дигиталне технологије и њеном масовном применом у пословању. Такође, повећање коришћења електричне енергије је и последица повећања ефикасности КХГ⁶ и електро-механичких система. Поред тога, стандардни услови осветљења у радним просторима административних зграда су се повећали са 300 lx на минимално 500 lx (СЕН 2011), што је додатно повећало потрошњу електричне енергије код ове групе објеката. Од укупне потрошње електричне енергије у административним зградама у Европи скоро половина (48%) се троши на осветљење, што представља много већи проценат потрошње за осветљење него у осталим типовима зграда⁷ (Halonen et al. 2010, стр.28). Структура потрошње електричне енергије у административним зградама је другачија код зграда са природном и механичком вентилацијом, јер се код зграда са механичком вентилацијом троши много већи проценат енергије на системе за климатизацију. Из овог разлога се често у литератури среће податак да је потрошња енергије за осветљење у зградама са природним проветравањем процентуално већа у односу на потрошњу у зградама са механичким проветравањем (Moreci et al. 2016). Ниво потрошње енергије за осветљење зграде не зависи од система климатизације, он је исти за оба типа зграде, али је процентуална структура различита. Процена је да је

⁶ систем за грејање, хлађење и климатизацију

⁷ Процент електричне енергије која се троши на осветљење у осталим типовима зграда износи: за болнице 20% до 30%, фабрике 15%, школе 10% до 15%, становање 10% ((Halonen et al. 2010, стр. 28)

у структури потрошње енергије код зграда са природним проветравањем око 10% већа заступљеност потрошње енергије за осветљење.

Интензитет и структура потрошње енергије код административних зграда је од изузетног значаја за формирање стратегије за редукацију потрошње. Студија из 2009. године (Schlenger 2009) јасно показује да је редукација потрошње енергије за загревање зграда у климатским условима Београда резултовала повећање потрошње енергије за електрично осветљење и хлађење, али је стратегија напада на највећег потрошача у свеукупном износу резултовала смањењем укупне потрошње, без варирања степена застакљења, већ само са повећањем изолационих карактеристика омотача. Студија је изведена на претпоставкама да се степен дани за загревање и хлађење могу користити за процену потрошње енергије. Анализа потрошње енергије је овде изузетно поједностављена, а искључене су све променљиве које имају значајан утицај на потрошњу енергије.

Потрошња енергије у пословним зградама може значајно варирати и у односу на тип административног посла који се у њој обавља. Перформансе пословних зграда без великог броја корисника и посетилаца могу бити сличне перформансама стамбених зграда, док код јавних административних зграда са великим бројем посетилаца постоји много већа потрошња енергије.

Редукација потрошње енергије. За постизање редукације потрошње електричног осветљења данас се најчешће врши замена система осветљења са ефикаснијим светлосним изворима и уградња аутоматизованог система за контролу осветљења. Ипак, искоришћење дневне светлости преко фасаде, сигурно представља трајну интервенцију у циљу редукације потрошње електричне енергије за осветљење и бесплатан извор енергије током оперативног века зграде. Истраживања која се баве проценом редукације потрошње енергије за осветљење пословних зграда, искоришћењем дневне светлости, дају различите процене, које се крећу од 20% до 80% редукације (Yu & Su 2015). Колике се уштеде постижу искоришћењем дневне светлости углавном зависи од тога да ли је у истраживању паралелно укључено сагледавање потрошње за загревање/хлађење зграда, да ли су укључени застори или сенила и модел понашања корисника.

У већини студија које се баве утицајем степена застакљења на потрошњу енергије (Goia et al. 2013), (Shen & Tzempelikos 2012), (Singh et al. 2015) (Dubois & Flodberg 2013), (Poirazis et al. 2008), (Thalfeldt et al. 2013), (Tzempelikos & Athienitis 2007), (Ma et al. 2015), било сагледано са аспекта само једне ставке структуре потрошње или свеукупно, закључено је да повећање степена застакљења не утиче линеарно на потрошњу енергије и да је искоришћење дневне светлости и соларног зрачења ефикасно само до одређене границе. Оптимални степен застакљења у наведеним студијама, посматран са било ког аспекта, је испод 50%. Међутим, студија изведена за климатске услове Шведске (Poirazis et al. 2008) показује да је укупна потрошња енергије за 100% застакљени фасадни зид већа само за 15% у односу на степен застакљења од 30% (посматрани су само топлотни услови комфора). Изузетно је значајно проценити колико се повећање потрошње енергије дешава са повећањем степена застакљења. Понекад не-енергетски бенефити потпуно застакљене фасаде могу постати доминантни, уколико је разлика у потрошњи енергије са повећањем степена застакљења релативно мала.

С друге стране, када се посматрају комплексни системи застакљења (системи са интегрисаним засторима), повећање искоришћења дневне светлости са повећањем степена застакљења може бити изузетно мало. У анализи коју су спровели Дубоа и Флодберг (Dubois & Flodberg 2013) искоришћење дневне светлости код 100% застакљене фасаде било је на истом нивоу као код степена застакљења од 40%.

Степен застакљења фасаде је директно повезан са потребама простора за енергијом (за загревање, хлађење и осветљење простора). Сагледавање унапређења енергетских перформанси простора само са једног аспекта, као што је на пример редукација потрошње енергије за електрично осветљење, не доводи увек до најбољег, оптималног решења, будући да најефикасније решење за електрично осветљење може значајно да утиче на повећање потреба (енергетских) за загревањем или хлађењем простора. Међузависност наведена три аспекта енергетских перформанси неког архитектонског простора имплицира евалуацију оптималног решења фасаде интегративним сагледавањем сва три аспекта.

Оно што представља озбиљну разлику у процени потрошње енергије је да ли је у анализу у којој су интегрисана сва три аспекта укључен неки модел понашања корисника у простору.

У климатским условима у којима у току године доминира загревање зграда основна претпоставка је да ће и у структури укупне годишње потрошње енергије у згради доминирати потрошња енергије за загревање зграда. Међутим, у истраживањима која се односе на потрошњу енергије у зградама код којих постоји високи степен застакљења фасаде (Grynning et al. 2014) (Jakubiec & Reinhart 2011) резултати су показали да доминантна потрошња енергије на годишњем нивоу је енергија за хлађење зграда у летњем периоду (за одређене услове). Објашњење за овакве резултате може бити у селекцији параметара стакла, селекцији врсте и позиције застора, оријентацији простора. У наведеним истраживањима објашњење за „нелогичне“ резултате односи се на оперативну контролу застора. За климатске услове у којима доминира период загревања зграде, селектују се стакла која немају тако висок индекс селективности (S) (однос пропустљивости дневне светлости према соларном фактору стакла) као код стакла која су дизајнирана за климатске услове у којима доминира период хлађења зграде, где се вредност препоручљивог индекса селективности стакла креће око 2. У климатским условима, у којима доминира период загревања, постоје велики трансмисиони губици у зимском периоду, па је препоручљиво користити стакла са релативно високим соларним фактором, како би се трансмисиони губици у зимском периоду надокнадили соларним топлотним добицима. Из истог разлога, препоручљиво је засторе примењивати са унутрашње стране стакла, како би се пропустило што више топлоте у ентеријер зграде. С друге стране у летњем периоду, за иста стакла и позицију застора, велики топлотни добици могу проузроковати да потрошња енергије за хлађење доминира у структури укупне годишње потрошње енергије. Чак и када се не узимају у обзир параметри стакла и када су застори позиционирани са спољне стране, могућа је доминација потрошње енергије за хлађење зграде само из разлога што на фасади постоји велика стаклена површина кроз коју пролази велика количина топлотних добитака. Позиција и оријентација корисника у овом случају значајно утичу на потрошњу (Jakubiec & Reinhart 2011). Предвиђање подизања и спуштања застора у симулационим

процесима перформанси дневне светлости зависи од процене појаве бљештања код корисника и процене његове реакције на бљештање. Уколико је корисник позициониран тако да стаклена површина не проузрокује временски често спуштање застора (повољни услови бљеска) подигнути застори омогућавају у летњем периоду изузетно велике топлотне добитке. Многе студије које су се бавиле укупном потрошњом енергије код зграда са високим степеном застакљења фасаде имају исти закључак: да су избор врсте застора (динамични – статични), позиција система застора (унутра – споља) и контрола спуштања и подизања застора (аутоматизовано – мануелно) кључне ставке у предвиђањима потрошње енергије у згради (Grynning et al. 2014), (da Silva et al. 2012), (Nielsen et al. 2011), (Tzempelikos & Athienitis 2007), (Shen & Tzempelikos 2012). Такође, код предвиђања потрошње енергије за електрично осветљење, уколико се искључи ефикасност инсталираног система осветљења и примена аутоматизованог система за контролу осветљења, кључна ставка у процени потрошње енергије је понашање корисника.

Понашање корисника у прилагођавању нивоа осветљења у простору паљењем електричног осветљења и подешавањем система застора је динамични услов у анализи. У различитим истраживањима реакцију корисника најчешће покреће интензитет осветљености (E) у нивоу радне површине (илуминанса), сјајност (L) површина у видном пољу (луминанса) или директно соларно зрачење на корисника (da Silva et al. 2012). Када су у питању канцеларијски простори у којима се доминантно користи дигитална технологија за рад (рад на компјутерским мониторима) пожељни интензитет осветљења у нивоу радне површине је испод минималног нивоа дефинисаног стандардом EN 12464 (CEN 2011) и креће се у распону од 200 lx до 500 lx (Newsham & Veitch 2001), (Escuyer & Fontounont 2001), с тим да се осветљеност (E) у нивоу радне површине испод 300 lx усваја као прихватљиви ниво, док распон од 300 lx до 500 lx се сматра идеалним условом осветљења за рад на компјутеру. Осветљеност (E) изнад 500 lx није прихватљива за рад на компјутеру (Dubois 2003). За рад на тзв. „папиролошким“ пословима, по преференцама корисника распон од 300 lx до 500 lx је прихватљив, али се ниво осветљености изнад 500 lx сматра идеалним. Сјајност површина у видном пољу при раду је прихватљива за кориснике уколико

се пропорција минималне и максималне осветљености (E_{min}/E_{max}) у нивоу радне површине креће у распону од 0,5 до 0,7, док се пропорција изнад 0,7 сматра идеалном. Истраживања су показала да се максимални интензитет осветљености на радној површини, који корисници толеришу, креће се у распону од 1200 lx до 1800 lx, уколико у видном пољу корисника није присутан извор бљеска или директно зрачење Сунца на корисника (Boyce et al. 2006), (Roche 2002).

У симулационим програмима, модели понашања корисника којима се контролише систем електричног осветљења, уско су повезани са моделима контроле застора, будући да контрола застора у озбиљној мери утиче на потрошњу енергије за електрично осветљење. Системи контроле који се примењују могу бити мануелни или аутоматизовани. У реалном окружењу систем контроле углавном није аутоматизован, тако да се паљење и гашење светла и подешавање застора врши мануелним путем. Мануелни модел контроле је непредвидив, као што је и понашање корисника у реалном окружењу непредвидиво, и стога се у мануелном моделу контроле примењује стохастично предвиђање, које је засновано на низу поставки изведених из студија у реалном окружењу (Boyce et al. 2006), (Reinhart & Voss 2003), (Reinhart 2004), (Hunt 1979).

Понашање корисника у радним просторима у односу на паљење и гашење електричног осветљења и подизање и спуштање застора може се свести на две групе: корисници који реагују на промену услова и корисници који не реагују на промену услова. Типично понашање корисника када је у питању мануелна контрола електричног осветљења преко прекидача (било да се ради о стандардном прекидачу или потенциометру) је да се ниво осветљења подешава на почетку радног дана, непосредно по доласку на посао. Вероватноћа паљења светла при доласку на посао веома тесно је повезана са осветљености дневним светлом у нивоу радне површине, док је гашење светла више повезано за планирану дужину одсуства из простора. Присуство сензора за детекцију заузетости простора утиче на начин понашања корисника. У просеку, у индивидуалним канцеларијским просторима, опремљеним сензорима за детекцију заузетости простора, вероватноћа да ће корисник угасити светло при изласку из канцеларије упола је мања него у канцеларијским просторима код којих не постоје сензори за

детекцију (Bouse et al. 2006). У току радног дана, просечни корисник реагује на промену нивоа осветљености само још једном, али само када су услови такви да је то заиста неопходно. Најчешће корисници реагују када се ниво осветљености на радној површини спусти испод 200 lx (Reinhart 2004). Истраживања аутоматизоване контроле у реалном окружењу су показала да корисници веома често мануелно додатно подешавају ниво осветљености на радној површини (Bouse et al. 2006). Када је у питању контрола застора, корисници обично реагују само када је директно соларно зрачење присутно у њиховој непосредној околини или су директно иложени соларном зрачењу.

Понекад уштеде у потрошњи енергије за осветљење могу настати и једноставном заменом прекидача за светло. У студији Bouse et al. 2006, када је кориснику дата могућност да користи потенциометар уместо стандардног прекидача, корисници су подешавали осветљење на нижи ниво у односу на прописаних минималних 500 lx и то најчешће на око 400 lx. Једноставна замена стандардног прекидача за прекидач са потенциометром у том случају може да резултује уштеду енергије за око 20%.

Код искоришћења дневне светлости у ентеријеру опште је правило да код простора са релативно малим отворима на фасади, што је виши захтевани ниво осветљености, мањи је потенцијал за уштеду енергије искоришћењем дневне светлости. Међутим, код већих отвора, исти ниво уштеда у потрошњи енергије се постиже без обзира на постављени ниво осветљености у простору (Alrubaih et al. 2013). Битно је поново напоменути да, када се у простору достигне потребни ниво осветљености дневним светлом, са даљим повећањем интензитета осветљености позитивни ефекти дневне светлости на уштеде у потрошњи енергије за осветљење неутралишу се повећаним соларним топлотним добицима и трансмисионим губицима.

Евалуација перформанси дневне светлости је од највећег значаја за процену потрошње енергије за електрично осветљење. Истраживање перформанси дневне светлости врши се најчешће путем компјутерске симулације или мерењем у реалном окружењу.

Истраживања су се све до недавно спроводила углавном са једног аспекта – или за редукацију потрошње енергије за осветљење, или за редукацију потрошње енергије за загревање/хлађење простора. Недовољна развијеност и повезаност компјутерских програма за симулацију је разлог за овакво ограничење. Напредак компјутерских програма за симулацију омогућио је интеграцију повезаних и међузависних аспеката анализе. И не само напредак у техничком смислу. За обављање процеса симулације често је неопходна изузетно велика стручност из области компјутерских алгоритама, како би се избегле велике грешке у симулацији. Поједностављење процеса симулације и интеграција различитих алгоритама за различите аспекте отвориле су корисницима из архитектонско-грађевинске струке могућност за извођење симулације перформанси зграда без неког обимног знања о алгоритмима, „скриптовима“ и опцијама за њихово прилагођавање за потребе анализе. Тек у задњих пет година појављују се истраживања са симулацијама које се заснивају на оптимизационој методи, где су интегрисани различити међузависни аспекти ((Hu & Olbina 2013), (González & Fiorito 2015)). У случају оптимизације фасаде интегрисани аспекти се односе на симулације перформанси дневне светлости у простору и њихове енергетске импликације.

Још током 90-их година постојали су покушаји интеграције програма на нивоу алгорита, или барем упаривање програма. Тако је на пример *ADELIN*E симулациони програм за осветљење (Erhorn et al, 1998) генерисао излазне податке о осветљењу као улазне податке за *DOE* (Winkelmann et al., 1993) или *TRNSYS*, програме који симулирају енергетске перформансе. Један од таквих тзв. упарених програма је *DIVA for Rhino*, где једна апликација контролише комплетну симулацију и „позива“ друге апликације као што су *Daysim*, *Radiance* и *EnergyPlus* за обављање конкретних прорачуна.

2 АЛГОРИТАМ И ПАРАМЕТРИ СИМУЛАЦИЈЕ

2.1 Алгоритам симулације

Селектовани компјутерски програм за симулацију је програм *DIVA-for-Rhino* (Reinhart et al. 2015), у којем су интегрисани прорачуни услова осветљености и њихове енергетске последице.

Прва верзија програма урађена је на Харвард универзитету (*Graduate School of Design, Harvard University*) и представљена у августу 2010. године (Lagios 2013). *DIVA-for-Rhino*, или скраћено само *DIVA*, је подпрограм (тзв. (енгл.) *plug-in*) за *Rhinoceros* програм (Robert McNeel & Associates 2015), који представља основну апликацију за директно 3D моделовање путем *NURBS*⁸ површина. *DIVA* је програм чија је основна функција моделовање⁹ перформанси дневне светлости у комбинацији са прорачуном топлотних перформанси. За евалуацију перформанси на нивоу простора, зграде или урбане целине, *DIVA* може да фотореалистично рендерује слике и прорачуна радијационе мапе, прорачуна метрику дневне светлости засновану на климатским параметрима, годишње и временски ограничене распоне анализе бљештања и потребе за енергијом појединачних топлотних зона. За прорачуне наведених перформанси *DIVA* обједињује различите програмске алгоритме. За прорачун перформанси дневне светлости *DIVA* користи алгоритам прорачуна *Daysim* (Reinhart 2013) и *Radiance* (Ward n.d.) програма. За

⁸ *NURBS* (акроним од енгл. фразе *Non-Uniform Rational Basis Spline*) представља тродимензионално дефинисање линија веза између површина. Овај начин дефинисања 3D модела омогућава веома прецизну контролу површина и њихову интеракцију.

⁹ Појам „моделовање перформанси“ у овом раду односи се на симулацију вредности одређеног параметра, чије се вредности могу просторно приказати.

прорачун топлотних перформанси *DIVA* користи алгоритам *EnergyPlus* програма (U.S. Department of Energy (DOE) 2014).

Radiance програм је развио Грег Ворд (*Greg Ward*) током периода 1985. – 1997. године, када је радио у Националној лабораторији Лоренс Беркли (*Lawrence Berkeley National Laboratory*). Савремени развој програма обухвата мрежу индивидуалаца и институција широм света.

Оно што *Radiance* програм разликује у односу на друге програме за анализу дневне светлости је што се базира на физичком простору, што може да симулира понашање светлости код комплексних геометријских облика простора и што постоји велики број опција за моделовање материјала са различитим типовима рефлексије и трансмисије светлости, где се посебно издваја могућност моделовања материјала са огледалском (спекуларном) рефлексијом. Научна репутација *Radiance* програма базира се на серији независних валидационих студија (Ward et al. 2011), (Reinhart & Andersen 2006), (Reinhart & Walkenhorst 2001), (Mardaljevic 2000).

Алгоритам за прорачун перформанси светла у *Radiance* програму је **обрнути алгоритам праћења зрака**, тзв. обрнути *raytracing* алгоритам (у даљем тексту *raytracing* алгоритам). *Raytracing* алгоритам симулира путању светлосних зрака који се одбијају у неком простору. Симулира се путања новог зрака из интерсекције светлосног зрака и неког тела, директно према извору светлости. Зато се и зове обрнути (енгл. *backward*) *raytracing* алгоритам, јер се прорачунава сваки зрак од неког сензора (или од ока посматрача) према светлосном извору. У природи је обрнуто. Метод обрнутог праћења зрака је усвојен како би се временски смањио процес симулације, односно, како се не би прорачунавали светлосни зраци који у стварности постоје, али никада не доспевају до сензора или ока посматрача.

Алгоритам програма *Radiance* је специфичан по томе што може да прорачунава огледалске карактеристике материјала. Други симулациони алгоритми за моделовање перформанси дневне светлости углавном се базирају на **алгоритму бацања зрака**, тзв. *radiosity* алгоритму (у даљем тексту *radiosity* алгоритам), код

којег се све површине третирају као дифузни рефлектори (рефлектовање светлости једнако у свим правцима), укључујући и извор светлости као дифузни емитер.

Daysim је верификовани компјутерски програм за анализу осветљења дневним светлом, који се базира на *Radiance* програму. Развијен је у институцијама *Fraunhofer ISE* и *NRC Canada*, касније је дорађиван на Харвард универзитету. Основна функција програма је прорачун метрике дневне светлости на бази годишњих климатских параметара. Значајан је по томе што укључује у процес симулације моделе понашања корисника, којима се предвиђа употреба осветљења и застора (Reinhart 2004). Програм је усклађен са топлотним анализама у програмима *EnergyPlus*, *ESP-r* и *TRNSYS* (Reinhart et al. 2007), (Bourgeois et al. 2006).

Daysim користи алгоритам *Radiance* програма упарен са концептом **коэффициента дневне светлости (DC)** (акроним од енгл. *Daylight Coefficient*). Концепт коэффициента дневне светлости (*DC*) је поставио Трегенца (*Tregenza*) 1983. године (Tregenza & Waters 1983, цитирано у (Reinhart & Andersen 2006)). Метод прорачунава ниво осветљености дневним светлом у ентеријеру зграда под арбитрарним условима небеске куполе. Небеска купола је подељена у засебне сегменте. У сваком сензору у ентеријеру ниво осветљености дневним светлом представља прорачун доприноса сваког сегмента небеске куполе. Када се прорачунају коэффициенти дневне светлости за сваки сензор у ентеријеру, ниво осветљености или сјајност површине се може брзо прорачунати комбиновањем са подацима о светлосној дистрибуцији на небеском своду из климатске датотеке. Осветљеност сваког сегмента за одређено стање небеског свода се прорачунава преко Перезовог (*Perez*) модела неба, где се директно и дифузно озрачење конвертује у директну и дифузну осветљеност, а онда у серију светлосне дистрибуције небеске полулопте за било који случај неба током године.

За симулацију годишњег профила осветљења, који се добија на основу синтетизованих климатских датотека, *DIVA* програм позива *Daysim* програм, који користи модификовани *rtrace* алгоритам *Radiance* програма, под називом *rtrace_dc*. Алгоритам је посебно модификован за потребе прорачуна дневне

светлости (Reinhart & Walkenhorst 2001), односно прорачун коефицијента дневне светлости (скраћеница *_dc* односи се на коефицијент дневне светлости (*DC*)). У суштини, алгоритам за прорачун коефицијента дневне светлости прорачунава допринос осветљења свих 145 делова дифузног неба и око 65 позиција Сунца (за директно зрачење), за сваки постављени сензор у моделу. Када се прорачунају коефицијенти дневне светлости, програм користи алгоритам *ds_illum* за прорачун осветљености дневним светлом у сваком сензору, комбинујући податке модела неба за сваки сат (из климатске датотеке) и прорачунате коефицијенте дневне светлости. Резултат овог процеса је годишњи профил осветљености (*E*) у свакој сензорној тачки. Због прорачуна само 65 позиција Сунца, како би се скратило процесуирање података и време симулације, све остале позиције Сунца добијају се интерполацијом, где се у мањој мери губи тачност годишњег профила осветљености.

Годишњи профил осветљености се користи као основа за прорачун метрике дневне светлости. Резултујућа метрика је у суштини статистички податак за скуп селектованих сензора у моделу. Тако метрика заснована на климатским подацима представља статистички податак сваког сензора током свих сати на годишњем нивоу за селектовани период коришћења простора.

Употреба података о озрачењу, из климатских датотека, у временском интервалу од 1 сата, за динамичне симулације дневне светлости може довести до значајних грешки у предвиђању доступности дневне светлости на годишњем нивоу. Студија из 2002. године (Walkenhorst et al. 2002) показује да се процене о доступности дневне светлости на бази података о директном и дифузном зрачењу у часовним временским интервалима систематски потцењују. Студија је показала да су потребе за енергијом за осветљење 27% мање него када се прорачуни врше за временски распон од 1 минута.

Код модела за симулацију перформанси дневне светлости грешке у процени осветљености (*E*) настају као последица недовољно тачно моделованих (описаних) материјала и физичке средине и као последица низа апроксимационих процеса у прорачуну. Грешке које настају у прорачунима *DIVA* програма у нивоу радне површине нормалне су у оквиру 10%, док се у нивоу таванице грешке крећу

у интервалу од 20% до 25%. Осветљеност таванице зависи од тачности моделовања спољног простора. Стога је дубина простирања дифузног зрачења исто толико погрешна (20% до 25%). Наведене стандардне грешке у прорачуну, који се изводи у *Daysim* програму, су последица арбитрарне интерполације, односно примене Монте Карло метода за апроксимацију, како би се убрзао процес прорачуна, и последица коришћења Перезовог модела небеског свода (који и сам због поједностављења прорачуна укључује грешке), где се прорачунавају само 64 позиције Сунца. Сам *Daysim* програм има развијену опцију за прорачун стандардног коефицијента дневне светлости за динамичне симулације дневне светлости (Bourgeois et al. 2008), који су прецизнији приликом интерполације и који су независни од оријентације простора, али та опција није уграђена у *DIVA* хибридном програму.

У *DIVA* програму уграђене су опције мауелне и аутоматизоване контроле корисника. Мануелна контрола система застора и електричног осветљења *DIVA* платформе прорачунава се у *DAYSIM* програму, према *Lightswitch* алгоритму (Reinhart 2004). Алгоритам се заснива на стохастичном предвиђању понашања корисника, према претпоставкама понашања за четири групе корисника, представљене у табели 2.1.

ТАБЕЛА 2.1: Четири типа корисника у *Lightswitch* алгоритму (Reinhart 2004)

корисник DdBd*	Корисник контролише систем електричног осветљења према сопственој осетљивости на ниво осветљења дневним светлом и свакодневно подешава позицију застора
корисник DiBd	Корисник контролише систем електричног осветљења независно од услова амбијенталног осветљења дневним светлом и свакодневно подешава позицију застора
корисник DdBs	Корисник контролише систем електричног осветљења према сопственој осетљивости на ниво осветљења дневним светлом, а засторе држи константно спуштене
корисник DiBs	Корисник контролише систем електричног осветљења независно од услова амбијенталног осветљења дневним светлом и засторе држи константно спуштене

*Dd – од енгл. *Daylight dependant lighting use*; Di – од енгл. *Daylight independent lighting use*; Bs – од енгл. *Blinds static*; Bd – од енгл. *Blinds dynamic*.

Симулација понашања корисника путем *Lightswitch* алгоритма, за један исти канцеларијски простор, може варирати потрошњу енергије од (10 до 39) kWh/m²a. Уколико се у анализу укључи сензор за гашење светла при изласку корисника, редукација потрошње електричне енергије за осветљење на годишњем нивоу је око 20%. При примени диминг система, односно, сензора (фотоћелије) који детектује ниво осветљаја дневним светлом, и у зависности од „савесности“ корисника да по изласку из простора искључи систем осветљења, редукација годишња потрошње електричне енергије за осветљење може бити од 60% до 0%.

Додељивањем материјала свакој геометријској површини модела дефинише се интеракција површине и светлости која пада на њу. Важно је напоменути да моделовање физичких карактеристика материјала за потребе симулационог процеса се разликује од стварних карактеристика материјала. У симулационим процесима материјали се дефинишу преко одређених врста модела материјала у циљу поједностављења процеса моделовања и скраћења времена симулационог процеса.

Програм *DIVA* користи програм *Radiance* као под-програм за прорачуне осветљења дневним светлом. Стога се карактеристике површина материјала дефинишу у облику синтаксе, која се назива „основа“, односно, у буквалном преводу „примитив“ (енгл. *primitive*), преко које се дефинишу и сви остали улазни параметри у *Radiance* програму. Сви материјали дефинисани у *Radiance* форми се аутоматски повезују са опцијама за додељивање материјала у *DIVA* програму.

Материјализација модела за потребе енергетских прорачуна је посебан процес. Материјали се дефинишу према термичким својствима, према структури и синтакси програма *Energy Plus*.

Као што је напоменуто, *DIVA* је хибридни програм који преко једне апликације повезује, или пре упарује, различите алгоритме за прорачун различитих перформанси неког простора. Прорачуни светлосних перформанси у *Daysim/Radiance* секвенци и прорачуни топлотних перформанси у *Energy Plus* програму су посебни процеси у симулацији. Веза између ове две секвенце

симулације су годишњи профил осветљености у сваком сензору и годишњи профили динамике застора и осветљења, који се генеришу у првој секвенци, симулацији светлосних перформанси, и користе се као основа у другој секвенци – прорачуну топлотних перформанси у *Energy Plus* програму.

2.2 Метрика перформанси дневне светлости

Дневна светлост, која осветљава унутрашњост неког објекта, представља фракцију природног флукса који је модификован локалним карактеристикама зграде. Приказивање понашања дневне светлости у неком простору је изузетно сложен процес због изузетно велике учесталости промена интензитета и квалитета дневне светлости, како током једног дана, тако и сезонски. Стога је за опис понашања дневне светлости у ентеријеру зграда развијена посебна метрика која одговара динамичној природи дневне светлости.

Појам метрика у српском језику најчешће се употребљава у поезици, као мерило ритма изражавања. У области математике и физике појам метрика односи се на стандард мерења на бази метра, као основном јединицом мерења. Појам може имати и шире значење у области компјутерског инжењерства, филозофије, пословања или архитектонске физике. Као синоним, појам метрика означава систем повезаних мерења који омогућава количинско изражавање (квантификацију) неких карактеристика (WordNet 3.0 n.d.) или пример у односу на који се пореде други примери сличних карактеристика (Merriam-Webster n.d.). Стога, појам метрика перформанси дневне светлости¹⁰, са аспекта архитектонске физике, означава систем мерења путем којег се количински изражавају перформансе дневне светлости у простору, односно, својство простора за искоришћење дневне светлости.

Статична метрика не уважава динамичну природу светлости (променљивост магнитуде осветљености, правца и спектра боје током времена). **Фактор дневне светлости (DF)**¹¹, као статична стандардизована метрика, представља прорачун

¹⁰ енгл. *daylight performance metric*

¹¹ акроним од енгл. *Daylight Factor*

односа спољне и унутрашње осветљености (E) под условима CIE ¹² модела облачног неба, које је ротационо симетрично око вертикалне осе, не укључује директно зрачење и промену осветљености небеске куполе са променом позиција Сунца. На тај начин, из прорачуна фактора дневне светлости (DF) искључују се сезонске и дневне климатске промене и промене осветљености које настају са променом оријентације простора. DF даје само парцијални увид у ниво осветљености простора. Савремена метрика је динамичне природе, варијабилна током времена. За предвиђање различитих радиометријских и фотометријских величина¹³, савремена динамична метрика укључује променљиве услове небеског свода и позиције Сунца из синтетизованих климатских података и променљиву динамику понашања корисника. Због тога се веома често **динамична метрика** назива **метрика заснована на климатским подацима** (енгл. *climate-based metric*), а процес предвиђања динамичне метрике често се назива **климатски засновано моделовање дневне светлости** (енгл. *Climate-based daylight modelling (CBDM)*) (Mardaljevic 2006).

Динамична својства дневне светлости у ентеријеру се изражавају и оцењују путем три метричке групе: метрика којом се изражава доступност дневне светлости у ентеријеру, метрика којом се изражава квалитет визуелног комфора у ентеријеру и метрика којом се изражавају потребе простора за енергијом, које зависе од постављених услова у циљу искоришћења дневне светлости (Reinhart 2011), (Reinhart & Wienold 2011).

Метрика којом се изражава **доступност дневне светлости** (енгл. *daylight availability*) у ентеријеру описује ниво осветљености ентеријера дневним светлом током године за одређене услове. У суштини, описује да ли је неки простор добро или лоше осветљен. Концепт доступности дневне светлости се на америчком континенту изражава фразом **довољност дневне светлости** (енгл. *daylight sufficiency*) (California Energy Commission & Heschong Mahone Group 2012). Са аспекта архитектонске физике, добро осветљен простор дневним светлом би требало да задовољава постављени праг осветљености барем у 50% времена

¹² CIE - акроним од франц. *Commission Internationale de l'Eclairage* – Међународна комисија за осветљење

¹³ озраченост – осветљеност, радијанса - луминанса (сјаност)

коришћења током једне године. Само задовољење постављеног прага осветљености дневним светлом, у одређеном броју сензора током године, није довољно за дефинисање добро осветљеног простора, будући да ниво осветљености у неким сензорима може бити вишеструко већи, или мањи, од постављеног прага. Код сензора са веома високим нивоом осветљености задовољен је критеријум интензитета, али може бити нарушен критеријум квалитета осветљења (комфор). Код сензора код којих није задовољен критеријум осветљености, разлика у односу на максимални ниво осветљености, који се појављује у простору, може бити изразито велика. Стога се ниво осветљености може посматрати као основни критеријум, али и критеријуми задовољења униформности и квалитета осветљења такође морају бити задовољени. Због тога и постоји различита метрика која се употребљава за квантитативни и квалитативни опис добро осветљеног простора.

Сива зона све метрике перформанси дневне светлости је дефиниција добро, или адекватно, осветљеног простора дневним светлом и дефиниција просторне границе, односно дубине, зоне осветљене дневним светлом. Опште прихваћена теза је да је добро осветљен простор онај који обезбеђује висок ниво визуелног квалитета у условима осветљења дневним светлом, код којих учесталост осветљености дневним светлом доминира током године (Mardaljevic et al. 2009) (Reinhart 2005). Одатле и процена да 50% времена коришћења простора у којем су задовољени критеријуми нивоа осветљености (само са дневном светлости) дефинишу зону простора осветљену дневним светлом.

Рајнхарт и Виенолд (Reinhart & Wienold 2011, стр.387) су поставили проширену дефиницију добро осветљеног простора ¹⁴, према којој само достизање квантитативних и квалитативних перформанси дневне светлости у простору и даље се не сматра добро осветљеним простором, уколико је у простору нарушен топлотни комфор и уколико укупна потрошња енергије за загревање, хлађење и осветљење простора није на најнижем могућем нивоу.

¹⁴ хибридна дефиниција за успешно осветљен простор дневним светлом: "*We therefore propose a hybrid definition of daylighting i.e. a space that is primarily lit with natural light and that combines high occupant satisfaction with the visual and thermal environment with low overall energy use for lighting, heating and cooling.*"

Аутономија дневне светлости (DA)¹⁵ представља годишњи проценат сати, од укупног времена у којем се простор користи, у којем је осветљеност (E) једнака или већа од претходно одређеног прага (одређеног у луксима [lx]). У суштини DA представља индикатор за време коришћења електричног осветљења, али се прорачунава потпуно независно од врсте, ефикасности, јачине и контроле инсталираног система електричног осветљења. Висока вредност DA је пожељна у простору, али висока вредност DA , будући да је DA независна од система електричног осветљења, не гарантује уштеде у потрошњи електричне енергије.

Аутономија дневне светлости је концепт који је највише разрађиван у оквиру метрике перформанси дневне светлости у ентеријеру. Параметар је први пут представљен у Швајцарском стандарду из 1989. године (Association Suisse des Electriciens, 1989 цитирано у Reinhart et al. 2006, стр.10) у којем је дефинисан као проценат времена у години када је задовољен минимум захтева за осветљењем само дневним светлом на радној површини. 2001. године, Рајнхарт (*Reinhart*) и Валкенхорст (*Walkenhorst*) (Reinhart & Walkenhorst 2001) редефинисали су оригинални концепт и увели временско ограничење, свдећи укупно време у години на сате у којима се простори активно користе, сматрајући да су за оцену доступности дневне светлости у простору потребни „сведоци“. Рајнхарт је DA додатно сврстао у посебну групу метрике – метрика која уважава понашање корисника – сматрајући да DA једина адекватно може да уважи и прикаже непредвидивост понашања „сведока“ у простору (Reinhart 2011, стр.258).

Аутономија дневне светлости неког простора изражава се као просечна вредност свих сензорних тачака (просечна DA), што резултује једну вредност за цео простор. Просечна вредност DA изражава само просечни проценат времена од укупног времена коришћења простора, у којем су задовољени услови осветљења дневним светлом за дефинисани праг осветљености, али не и просторну расподелу осветљености. Минимални праг осветљености (E), за простор за који се DA прорачунава, додаје се ознаци DA у виду индекса (на пример DA_{500lx}).

¹⁵ DA - акроним од енгл. *Daylight Autonomy*

Основни концепт аутономије дневне светлости (*DA*) проширен је увођењем **континуалне аутономије дневне светлости (*DAcon*)**¹⁶. Концепт је увео Роџерс (Rogers 2006) како би се у процену доступности дневне светлости укључио допринос осветљености (*E*) које је у сензорним тачкама, у одређеним временским интервалима, испод постављеног прага. Овим временским интервалима додељује се парцијална вредност (на пример $400 \text{ lx} / 500 \text{ lx} = 0,8$) (Reinhart at al. 2006, стр.10). На тај начин и парцијални допринос осветљености дневним светлом усваја се као користна осветљеност (за разлику од концепта *DA*). *DAcon* је стога увек већа вредност од *DA* (за исти простор и услове). Код простора код којих су задовољени услови осветљености дневним светлом, континуална аутономија дневне светлости (*DAcon*) нема никаквог утицаја. Овај параметар је значајан код пројектовања електричног осветљења са варијабилним интензитетом (тзв. пригушено осветљење, енгл. *dimming*). Континуална аутономија дневне светлости (*DAcon*) такође укључује у процену само време активног коришћења простора.

У истом раду Роџерс је дефинисао и **максималну аутономију дневне светлости (*DAmax*)**¹⁷, која, супротно од континуалне аутономије дневне светлости (*DAcon*), указује на присуство максималног интензитета осветљености. *DAmax* указује на проценат времена у часовним интервалима када је у простору присутно директно сунчево зрачење или је интензитет дифузног дневног осветљења изузетно велики. Поједностављено, *DAmax* служи као индикатор за присуство бљештања у простору. Будући да потенцијални услови за појаву бљештања у простору зависе од типа простора и начина коришћења простора, Роџерс је максималну вредност осветљености за неки простор усвојио по клизној скали, дефинишући максимални интензитет као вредност која је десет пута већа од пројектованог минималног услова осветљености (прага осветљености). У прорачун процента времена за *DAmax* улазе временски интервали у којима се простор активно користи. Да би се у неком сензору регистровало присуство *DAmax* потребно је да у више од 5% времена коришћења простора интензитет осветљености осварује већу вредност од максималне границе осветљености.

¹⁶ акроним од енгл. *Continuous Daylight Autonomy*

¹⁷ акроним од енгл. *Maximum Daylight Autonomy*

У *DIVA* програму за симулацију перформанси дневне светлости укључена је метрика која се назива **доступност дневне светлости** (енгл. *Daylight Availability*). Суштински, доступност дневне светлости представља аутономију дневне светлости (*DA*) код које су из статистике искључени сви сензори код којих је ниво осветљености, у више од 5% времена коришћења, десет пута већи од дефинисаног прага осветљености, односно, искључени су сензори код којих је регистрована максимална аутономија дневне светлости (*DAmax*).

Основни концепт аутономије дневне светлости (*DA*) обезбеђује информацију колико **сати** је у сензорним тачкама задовољен дефинисани праг осветљености, али не даје информацију колика је то **површина** простора у којој су задовољени услови осветљености.

У оквиру *PIER*¹⁸ пројекта за истраживање метрике дневне светлости (California Energy Commission & Heschong Mahone Group 2012) дефинисана је **просторна аутономија дневне светлости (*sDA*)**¹⁹, којом се описује део површине простора у којем је задовољен праг осветљености (*E*) (процент сензора изнад дефинисаног прага осветљености) у преко 50% времена коришћења простора, у распону од једне године. *sDA* је метрика која је у САД стандардизована у *LEED v4* сертификационом систему, а примењује се од јуна 2015. године. По овом стандарду добро осветљен простор је онај код којег је 50% времена коришћења простора током године, адекватно осветљено између 300 lx и 3000 lx, а изражава проценат површине који је задовољио ове услове. У оквиру пројекта истраживана су три типа простора: учионице у школама, радни простори отвореног плана у административним зградама и читаонице у библиотекама. Паралелно са симулацијом осветљења у наведеним просторима, спроведена је анкета са корисницима простора о стању визуелног комфора. На основу ових анализа закључено је да минимална осветљеност у нивоу радне површине, за сва три типа простора, износи 300 lx. Како би се осветљеност простора различите намене оцењивала по истим критеријумима, *sDA* се прорачунава за минимални ниво

¹⁸ акроним од енгл. *Public Interest Energy Research*

¹⁹ акроним од енгл. *Spatial Daylight Autonomy*

осветљености од 300 lx, без обзира да ли 300 lx задовољава другачије минималне стандарде осветљености за тај тип простора.

Просторна аутономија дневне светлости (*sDA*) обележава се са индексима - *sDA*_{300/50%}, где индекс "300" означава минимално прихватљивих 300 lx, а индекс "50%" означава да је осветљење у сензорној тачки 50% годишњег корисног времена у граници од 300 lx до 3000 lx.

Просторна аутономија дневне светлости (*sDA*) је изузетно корисна метрика за евалуацију осветљења простора дневним светлом. Модификована *sDA*, може се користити независно од кредитирања *LEED v4* система, да би се дефинисала површина простора, или број сензора, код којих је у минимално 50% времена коришћења простора задовољен неки други праг осветљености (у односу на предвиђених 300 lx). У *DIVA* програму, аутоматски се прорачунава број сензора у простору (што истовремено представља проценат површине простора) код којих је у минимално 50% времена коришћења задовољен дефинисани праг осветљености. Овако модификована *DA* обележава се са *DA*_{500lux}[50%], где је у индексу дефинисан минимални праг осветљености који је постигнут у 50% или више времена коришћења простора (на нивоу једне године).

Корисна осветљеност дневним светлом (*UDI*)²⁰ је метрика коју су дефинисали Набил и Мардаљевич (Nabil & Mardaljevic 2005). *UDI* је метрика слична основној аутономији дневне светлости (*DA*), али изражава проценат сати на годишњем нивоу у којем је осветљеност (*E*) у нивоу радне површине груписана у одређеним распонима:

***E* < 100 lx** – проценат сати са премало дневне светлости,

100 lx < *E* < 2000 lx – проценат сати корисне дневне светлости (корисно *UDI*),

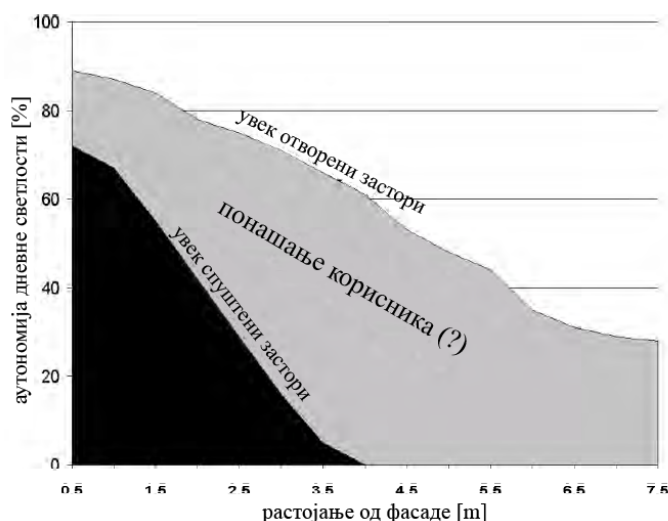
***E* > 2000 lx** – проценат сати са превише светлости.

Распон осветљености (*E*) формиран је на анализи преференци корисника и на анализи понашања корисника у канцеларијским просторима осветљеним дневним светлом, са мануелном контролом застора. Корисна осветљеност дневним светлом (*UDI*) није ограничена само на период активног коришћења простора, већ се

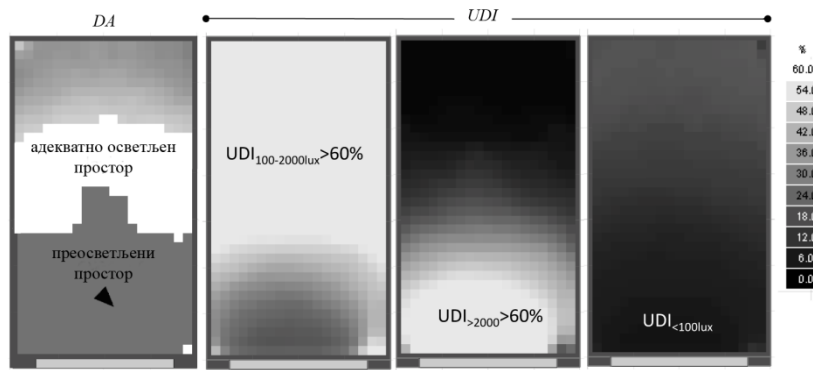
²⁰ акроним од енгл. *Useful Daylight Illuminance*

анализа може вршити и за период трајања дневне светлости током године. Исто као и аутономија дневне светлости (DA), UDI се добија прорачуном коефицијената дневне светлости (DC) за одређене климатске услове. Као и DA , UDI обезбеђује статистички опис осветљености у сензорним тачкама, само што су нивои осветљености сврстани у одређене распоне.

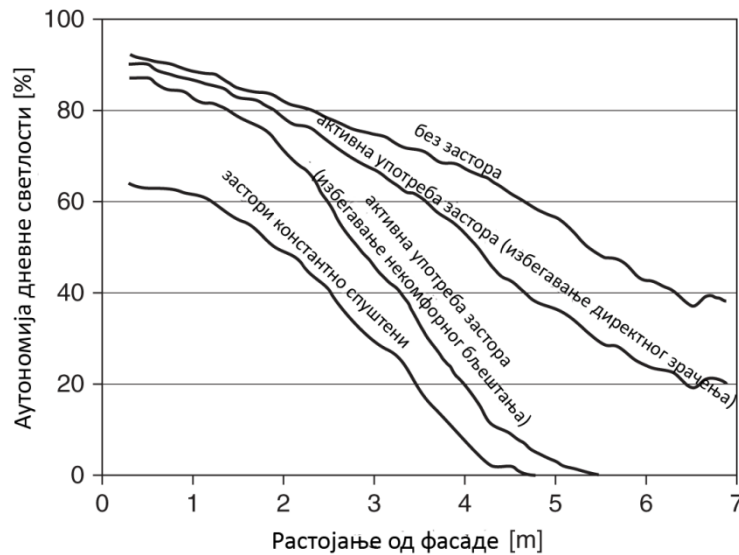
Понашање корисника при промени услова осветљења или топлотних услова у простору, представља непредвидиву компоненту симулације. При промени топлотних услова (на пр. директно зрачење на корисника) или са променом услова осветљења (на пр. појава бљештања) корисник реагује спуштајући засторе и тиме мења услове осветљења и топлотна својства простора. Укључивање оперативног модела у симулациони процес, као што је понашање корисника, је претпоставка која повећава комплексност симулације. Са укључивањем корисника резултат предвиђања светлосних перформанси простора може се сврстати само у предвиђени распон, приказан на слици 2.1 (Reinhart et al. 2006, стр.12). На слици 2.1 приказана је аутономија дневне светлости (DA) за две супротне ситуације: када су застори константно подигнути и када су застори константно спуштени. Очекивано је да се „стварна“ аутономија дневне светлости (у чије предвиђање је укључено понашање корисника), налази негде између, у подручју сиво засенчене зоне дијаграма.



СЛИКА 2.1: Дистрибуција аутономије дневне светлости (DA) у канцеларијским просторима за две екстремне позиције застора (Reinhart et al. 2006, стр.12)



СЛИКА 2.2: Приказ просторне расподеле осветљености, са укљученим моделом понашања корисника, изражене преко DA и три распона UDI , за једнострано осветљену индивидуалну канцеларију (Reinhart 2011, стр.262, сл.9.21)



СЛИКА 2.3: Годишњи профил аутономије дневне светлости (DA) за различиту контролу застора у простору индивидуалне једнострано осветљене канцеларије са слике 2.2 (горе) (Reinhart 2011, стр.266, Сл.9.25)

На слици 2.3 приказан је дијаграм прорачуна вредности DA са променом растојања од фасаде, код једнострано осветљене канцеларије, чија је просторна расподела осветљености приказана на слици 2.2, изражена преко аутономије дневне светлости (DA) и три основна распона корисне осветљености дневним светлом (UDI) (Reinhart 2011, стр.256). На дијаграму са слике 2.3 јасно се види да реалне вредности DA леже у границама између екстремних стања застора. У два прорачуна DA коришћена је аутоматизовани модел контроле комфора корисника (контрола застора): аутоматизована контрола спуштања застора са појавом директног зрачења (избегавање директног зрачења) и аутоматизована контрола

спуштања застора при појави бљештања на позицији корисника (избегавање појаве бљештања). Неопходно је напоменути да је Рајнхарт у серији валидационих студија за *Daysim* програм доказао да *DA* може прецизно приказати стварни годишњи профил осветљености простора (око 2% разлике у односу на измерено стање), само уколико се искључи непредвидивост понашања корисника применом нереалног стања: сензорски аутоматизована контрола динамике застора и осветљења. Када је у симулационом процесу укључен модел понашања корисника (аутоматизованом контролом), аутономија дневне светлости (*DA*) реалније приказује стање осветљености простора у односу на корисно *UDI* (за распон осветљености од 100 lx до 2000 lx), што се јасно види на слици 2.2 (стр.40): за исти простор и исте вредности осветљености у сензорима корисно *UDI_{100-2000lx}* приказује да у задњем делу простора постоји довољни ниво осветљености, иако је, према приказу *DA*, задња зона простора премало осветљена.

Због тога су 2009. године, Мардаљевич, Хешонг (*Heschong*) и Ли (*Lee*) корисни распон осветљености дневним светлом (*UDI₁₀₀₋₂₀₀₀*) разложили на суплементарни и аутономни распон (Mardaljevic et al. 2009). У наведеној студији, горња граница толеранције нивоа осветљености фиксирана је на 2500 lx. Постигнута *UDI* дефинисана је као годишња појава (учесталост) осветљености дневним светлом између 100 lx и 2500 lx. Како би прорачун *UDI*, у којем је укључен модел понашања корисника, био прецизнији, *UDI_{100-2000lx}* је разложено на распон 100 lx до 500 lx (суплементарно *UDI*), опсег у којем је могућа употреба електричног осветљења као суплементарног, и распон од (500 до 2500) lx (аутономно *UDI*), када није потребно користити електрично осветљење за обављање визуелних задатака. Практично, за потребе тачнијег предвиђања непредвидивости понашања корисника првобитни распони *UDI* прегруписани у следеће распоне:

- $E < 100 \text{ lx}$ - кратко *UDI (UDI-f)* (од енгл. *UDI "fellshort"*)
процент сати са премало дневне светлости
- $100 \text{ lx} < E < 500 \text{ lx}$ - суплементарно *UDI (UDI-s)* (од енгл. *UDI supplementary*)
део корисног распона *UDI*
- $500 \text{ lx} < E < 2500 \text{ lx}$ - аутономно *UDI (UDI-a)* (од енгл. *UDI autonomous*)
део корисног распона *UDI*
- $E > 2500 \text{ lx}$ - прекорачено *UDI (UDI-e)* (од енгл. *UDI exceeded*)

Наведена метрика се бави потенцијалним условима за настанак бљештања у простору, али не квантификује ниво бљеска. Наведена метрика се базира на квантификацији осветљености (E), изражене у луксима, док су многа истраживања показала да се бљесак боље изражава квантификацијом сјајности (луминансе) у видном пољу корисника, као субјективном категоријом осветљености. Стога, метрика којом се изражава визуелни квалитет простора базира се на анализи сјајности у простору.

Данас постоји неколико установљених индекса који се користе за опис субјективног осећаја бљеска, као што су: Британски индекс бљештања (BGI ²¹ или BRS ²² индекс), индекс бљештања дневног светла (DGI ²³ индекс или тзв. Корнелова једначина (енгл. *Cornell equation*)) и CIE индекси бљештања (као што су CGI ²⁴ индекс и UGR ²⁵ индекс).

За процену осећаја бљештања $DIVA$ програм користи индекс **вероватноће појаве бљештања за услове дневне светлости** (DGP ²⁶ индекс). DGP представља меру појаве бљештања за услове осветљења дневном светлости. Индекс је први пут представљен 2005. године (Wienold and Christoffersen 2005, цитирано у (Wienold 2009)). За разлику од других постојећих индекса за процену осећаја бљеска, експериментална испитивања за прорачун DGP индекса рађена су у лабораторијским условима за услове осветљења дневним светлом. Сви остали, већ установљени индекси, као што су BRS (BGI), DGI , CGI или UGR индекс, изведени су из експеримената који су рађени под условима електричног осветљења. У валоризационој студији за DGP (Wienold & Christoffersen 2006), наведени индекси показали су веома различите резултате при одређивању бљештања у простору у односу на DGP . Разлог лежи у томе што индекс DGP , у процени постојања бљештања у простору, користи две компоненте: вертикалну осветљеност (E_v) и контраст сјајности (сјајност површина у видном пољу, заснована на прорачуну слике - визуелизације видног поља), док остали индекси процену појаве

²¹ BGI – акроним од енгл. *British Glare Index*

²² BRS – акроним од енгл. *Building Research Station*, где су се вршила испитивања (У Великој Британији)

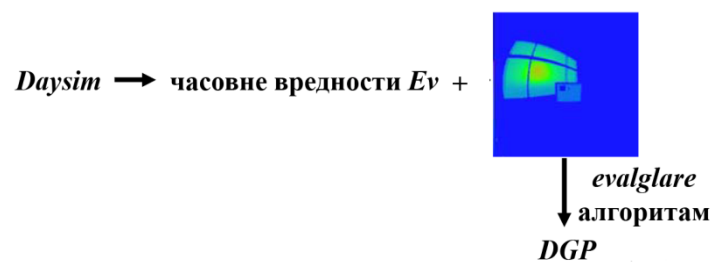
²³ DGI - акроним од енгл. *Daylight Glare Index*

²⁴ CGI - акроним од енгл. *CIE Glare Index*

²⁵ UGR - акроним од енгл. *Unified Glare Rating system*

²⁶ DGP - акроним од енгл. *Daylight Glare Probability*

бљештања у оку посматрача базирају само на сјајности површина у видном пољу. Због процеса генерисања слике у сваком (сатном) распону симулације, прорачун *DGP* индекса је изузетно обиман и дуг. Стога је аутор индекса предложио поједностављени *DGP* индекс – тзв. *DGPs* (индекс *s* од енгл. *simplified*) (Wienold & Christoffersen 2006), који занемарује утицај индивидуалних извора светлости и у прорачун укључује само вертикалну осветљеност (E_v) у видном пољу посматрача. Овако поједностављена верзија лако се може прорачунати у *Daysim* програму, јер је прорачун једноставан. Због тога што је у прорачуну изостављена компонента сјајности светлосних извора, поједностављени *DGPs* може се примењивати само уколико до ока посматрача не доспева светлост директног зрачења или њена огледалска рефлексија. Због оваквих недостатка поједностављеног *DGP* индекса (*DGPs*) Виенолд (Wienold 2009) је предложио побољшану верзију поједностављеног *DGP* – тзв. *eDGPs* (префикс *e* од енгл. *enhanced*), која се у суштини састоји из компоненте вертикалне осветљености (E_v) у оку посматрача и поједностављене визуелизације слике са само главним извором бљеска у простору, али не и тачном расподелом сјајности у простору. У *DIVA* програму, за евалуацију бљештања користи се *eDGPs* метод. За визуелизацију поједностављене сцене користи се алгоритам *Evalglare* програма (Wienold 2004). Алгоритам за добијање *eDGPs* у *DIVA* програму приказан је на слици 2.4.



СЛИКА 2.4: Приказ алгоритма *eDGPs* метода за прорачун *DGP* индекса у *DIVA* програму (Wienold 2009, стр.946, сл.3)

Вредност *DGP* индекса подељена је у четири опсега, према осећају појаве бљештања у видном пољу корисника:

- $DGP < 0,35$** – неосетна појава бљештања (енгл. *imperceptible glare*)
- $0,40 > DGP > 0,35$** – приметна појава бљештања (енгл. *perceptible glare*)
- $0,45 > DGP > 0,40$** – ометајућа појава бљештања (енгл. *disturbing glare*)
- $DGP \geq 0,45$** – неподношљива појава бљештања (енгл. *intolerable glare*)

Код евалуације годишњег *DGP* профила, допуштено је 5% времена коришћења простора у којем постоји бљесак изнад границе горе дефинисаних опсега. 95% времена коришћења простора одговара просечној вредности *DGP* индекса од 0,38 (табела 2.2). Према наведеној граници усвојена је најбоља класа простора, класа *A*, када се сматра да бљештање у простору није присутно. Класа *B* одговара простору код којег је у 95% времена коришћења *DGP* индекс испод 0,4, док класа *C* одговара простору у којем је 95% времена коришћења *DGP* индекс испод границе од 0,45 (Wienold 2013). У *DIVA* програму, уколико је изведен симулациони поступак за годишњи профил појаве бљештања (ефективна појава бљештања), застори ће бити спуштени уколико је *DGP* индекс изнад 0,4.

ТАБЕЛА 2.2: Предлог класификације појаве бљештања у видном пољу корисника према *DGP* индексу (извор: (Wienold 2009))

	A	B	C
	набоља класа	добра класа	прихватљива класа
	95% времена коришћења простора бљештање је мање од границе „неосетног бљештања“	95% времена коришћења простора бљештање је мање од границе „приметног бљештања“	95% времена коришћења простора бљештање је мање од границе „ометајућег бљештања“
<i>DGP</i> граница	$\leq 0,35$	$\leq 0,40$	$\leq 0,45$
просечна <i>DGP</i> граница у оквиру распона до 5%	0,38	0,42	0,53

У *DIVA* програму динамика застора се може подесити према претходно симулираном годишњем профилу *DGP* индекса, за одређену позицију или за све позиције корисника. Процес се одиграва према *Lightswitch* моделу (Reinhart 2004), где се застори спуштају када је *DGP* индекс већи од 0,4 (ниво осећаја „ометајућег бљештања“).

За евалуацију нивоа осветљености дневним светлом у селектованом простору у овој дисертацији коришћена је **аутономија дневне светлости (DA)**, укључујући **модификовану просторну аутономију дневне светлости $DA_{500lux}[50\%]$** за праг осветљености од 500 lx, **максимална (DA_{max})** и **континуална (DA_{con}) аутономија дневне светлости**, **доступност дневне светлости** и **корисно осветљење дневне светлости (UDI)**. Сва наведена метрика доприноси на свој начин процени да ли је простор добро осветљен или не. Наведена метрика може се посматрати као посебни критеријуми за евалуацију, критеријуми по којима се простори рангирају. То, наравно, не значи да модел простора који се рангира најбоље по сваком критеријуму представља најповољније укупно решење. Такав модел представља само модел са најповољнијим нивоом осветљења. Најповољнији ниво осветљења се мора сагледати и проценити паралелно са резултатом услова светлосног комфора и енергетским билансом (за загревање, хлађење и осветљење) које предвиђени услови осветљења производе.

Граничном линијом, којом се дефинише дубина зоне осветљене дневним светлом, сматра се линија коју формирају сензорне тачке у којима је вредност аутономије дневне светлости (DA) једнака или већа од половине максималне вредности која се појављује у простору (Reinhart 2005, стр.1114). Тако на пример, уколико максимална вредност аутономије дневне светлости (DA) у простору износи 70%, границом зоне простора, који је адекватно осветљен дневном светлости, сматрају се сви сензори који имају вредност 35% или више. У овој дисертацији парцијално осветљени простор је између граничних вредности сензора који изражавају аутономију дневне светлости (DA) и континуалну аутономију дневне светлости (DA_{con}). Сви делови простора иза граничне линије континуалне аутономије дневне светлости (DA_{con}) сматрају се премало осветљени, односно, искоришћење дневне светлости у овим деловима је изузетно мало.

3 МОДЕЛОВАЊЕ

3.1 Методологија селекције улазних параметара симулације

Дефинисање модела за потребе овог истраживања заснива се на два селекциона критеријума.

Први критеријум, према којем се дефинише модел за симулацију, су излазни параметри анализе, односно метрика перформанси дневне светлости, којом се описује ниво осветљености и услови визуелног комфора у простору. За селекцију се квалификују само они елементи модела, као улазни параметри, који имају утицај на вредност резултујуће метрике. Будући да се валоризација искоришћења дневне светлости сагледава интегративно са проценом енергетских потреба простора, неопходно је истовремено проценити колики утицај усвојени елементи модела могу имати на енергетске потребе простора за загревање, хлађење и осветљење.

Сврха и циљ анализе представљају други критеријум за селекцију улазних параметара анализе. Компаративна анализа која је предмет ове дисертације условљава реализацију модела на бази шеме стварних простора, где постоји велики број непознатих параметара који се морају пажљиво селектовати и усвојити на бази просечних вредности или карактеристика. У компаративној анализи, у којој су улазни параметри уграђени као просечне вредности веће групе, резултати варијанти анализе се не своди на тачност излазних вредности, већ на релативну тачност, под којом се подразумева тачност у промени вредности, како би се могло извршити поређење варијанти модела. На овај начин комплексност

стварног простора, његове геометрије, организације и оптичке и топлотне карактеристике омотача, могу се свести на једноставан модел са веома малим бројем улазних варијабли. Такође, компаративна анализа подразумева неопходност усвајања истог, предвидивог модела контроле симулационог процеса свих варијати модела, односно елиминацију непредвидивих компоненти комплексних, стохастичних модела контроле.

Различити елементи модела утичу на различите секвенце симулационог процеса. У трофазном алгоритму *Radiance* програма разликују се три секвенце симулационог процеса: анализа пристижуће дневне светлости на фасаду, трансмисија дневне светлости кроз фасаду и дистрибуција дневне светлости у ентеријеру. Важно је разликовати наведене три секвенце из разлога што различити елементи простора и њихове карактеристике утичу на сваку секвенцу симулационог процеса.

Дневна светлост, која пристиже на фасаду, зависи од локацијских улазних параметара, као што су климатски услови и локацијске физичке карактеристике. На трансмисију дневне светлости кроз фасадни медијум утиче геометрија фасадне површине и отвора на фасади, оптички параметри транспарентног система фасаде (стакло и застори) и контрола подизања и спуштања застора. Геометрија фасадне равни се описује сетом параметара који укључују (1) пропорције фасадног платна као што су чиста висина и ширина фасадне равни у ентеријеру и (2) геометријски опис фасадног отвора као што је пропорција транспарентног стакла (нето WWR индекс), позиција и распоред стакла и позиција горње ивице отвора. Дистрибуција пропуштене дневне светлости у простору зависи од геометрије простора (чиста ширина на фасади, висина и дубина простора), комплексности описа опреме простора, материјализације површина ентеријера, позиције корисника простора и позиције равни за коју се врши анализа. У оквиру горе дефинисаних улазних параметара, неопходно је дефинисати степен њиховог утицаја на светлосне и енергетске излазне параметре анализе.

Детаљна анализа селекције улазних параметара овог истраживања презентована је у овом поглављу.

3.2 Географска позиција и климатски услови

Београд се налази у континенталној зони Европе, у умереном климатском подручју. Клима припада *Cfa* класи (по Кепену (*Köppen*)), која представља континенталну климу са израженим сезонским променама, са топлим и влажним летњим временским условима и релативно благим зимским периодом са падавинама.

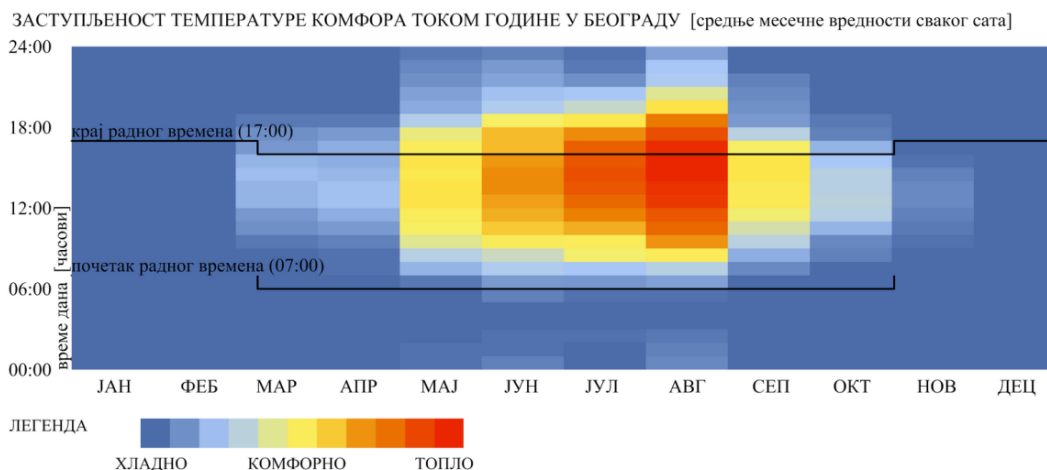
За потребе анализе климатских података и процеса симулације, у овој дисертацији коришћени су климатски подаци *IWEC2* датотеке (ASHRAE 2011). Подаци из климатске датотеке представљају синтетизоване типичне климатске услове за Београд, за временски период од 1984. до 2008. године (укупно 559 месеци). У наведеној климатској датотеци, једино подаци о соларном зрачењу нису добијени из реалних (премерених) климатских података, већ су моделовани, коришћењем модела за процену соларног зрачења из података о покривености облацима, промени температуре ваздуха у распону од три сата, релативној влажности ваздуха и брзини ветра (Doggett 2014), (Huang et al. 2014).

За потребе овог истраживања, температурне промене у климатским условима Београда, анализирани су са аспекта заступљености граничних температурних распона, добијених из прорачуна адаптивног комфора (слика 3.1, наредна стр.49) и прорачуна степен сати за загревање (*HDH*) и хлађење (*CDH*) (слика 3.2, наредна стр.49). Температурне промене на дијаграмима на сликама 3.1 и 3.2, приказане су преко просечних месечних вредности сваког сата током године. Резултати анализе за сатне распоне приказани су у табели 3.1 (на стр.50).

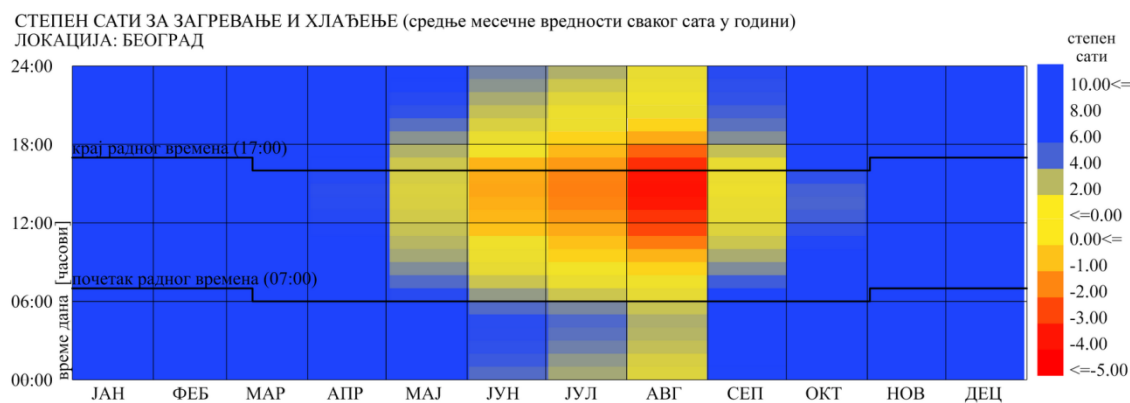
Разлике у заступљености комфорних температурних распона, између два примењена концепта прорачуна, последица су различитог дефинисања граничних температурних распона. Код прорачуна температура адаптивног комфора, температура комфорног распона је променљива и адаптивбилна у односу на сезонске температурне промене²⁷, док код прорачуна степен сати за загревање и хлађење, комфорни температурни распон, који се користи и у прорачуну/симулацији енергетских потреба простора, исти је током целе године.

²⁷ Средње месечне граничне вредности комфорног температурног распона добијених прорачуном адаптивног комфора приказане су у Прилогу 1, на крају ове дисертације.

Анализом заступљености температурног распона комфора, прорачуном степен сати, директно се добијају подаци о периодима када није потребно загревати или хладити зграду. Исто тако, комфорни температурни распон, из прорачуна адаптивног комфора, често се у пракси користи за одређивање периода током године када је размена енергије зграде са спољном средином веома мала, те није потребно загревати или хладити зграду.



СЛИКА 3.1: *Анализа комфорне температуре ваздуха за Београд са аспекта комфорног температурног распона концепта адаптивног комфора (према подацима IWEC2 климатске датотеке WMO 132720, Београд-Сурчин)*



СЛИКА 3.2: *Анализа комфорне температуре ваздуха за Београд са аспекта комфорног температурног распона од 20°C до 26°C, за прорачун степен сати за загревање и хлађење зграда (према подацима IWEC2 климатске датотеке WMO 132720, Београд-Сурчин)*

Обе анализе приказују да у климатским условима Београда постоје периоди загревања, заступљени око 80% времена годишње, периоди хлађења простора, заступљени око 7% времена годишње, и периоди комфорних температурних

услова, када није потребно загревање или хлађење простора, заступљени 11% до 16% времена годишње (табела ТАБЕЛА 3.1).

ТАБЕЛА 3.1: *Процена времена када је неопходно загревање или хлађење зграде, на основу температуре ваздуха из климатских података*

ПРОЦЕНА ВРЕМЕНА КАДА ЈЕ ПОТРЕБНО ЗАГРЕВАЊЕ И ХЛАЂЕЊЕ ЗГРАДЕ				
		ЗАГРЕВАЊЕ	ХЛАЂЕЊЕ	СТАЊЕ КОМФОРА
према комфорном температурном распону адаптивног комфора				
период целе године	[%]	82%	7%	11%
период радног времена*	[%]	70%	13%	17%
према заступљености степен сати за загревање и хлађење простора				
		унутрашња пројектна температура**		
		20°C	26°C	20°C - 26°C
период целе године	[%]	77%	7%	16%
период радног времена*	[%]	74%	15%	11%

* период радног времена од 07:00 - 17:00 сати

** према Правилнику о енергетској ефикасности зграда РС (Службени гласник РС бр. 61/2011)

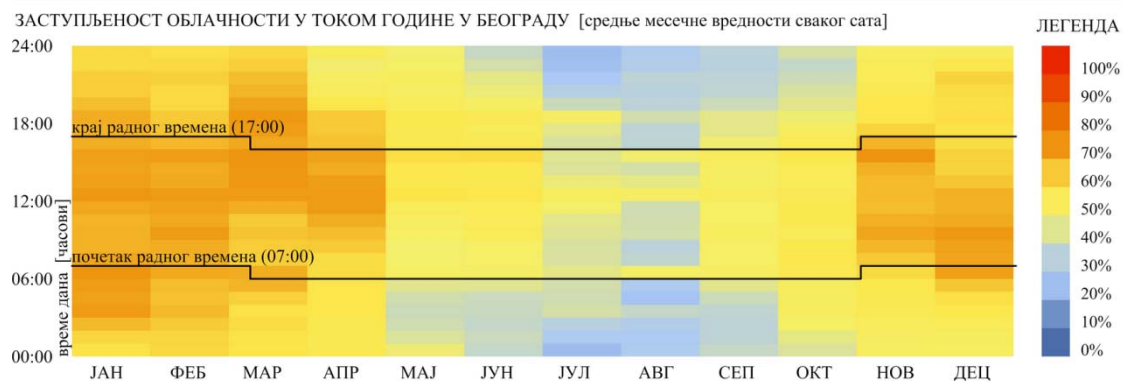
Са аспекта адаптивног комфора, заступљеност комфортних температурних услова је процентуално значајно већа у периоду усвојеног радног времена од 7:00 до 17:00 сати²⁸. Температуре комфора су заступљене око 17% времена годишње, управо из разлога адаптације граница комфора према сезонским температурним променама. У периоду радног времена, заступљеност периода загревања је мања, док је заступљеност периода хлађења зграда већа од годишњег просека, из разлога што су анализом обухваћени само периоди трајања дана, који су топлији у односу на искључене, хладније ноћне периоде.

Према дијаграмима приказаним на сликама 3.1 и 3.2 (стр.49), јасно је уочљиво да се током маја и септембра просечне спољне температуре крећу у зони температуре комфора, што указује да током ових месеци није потребно загревање или хлађење простора (или су потребе минималне).

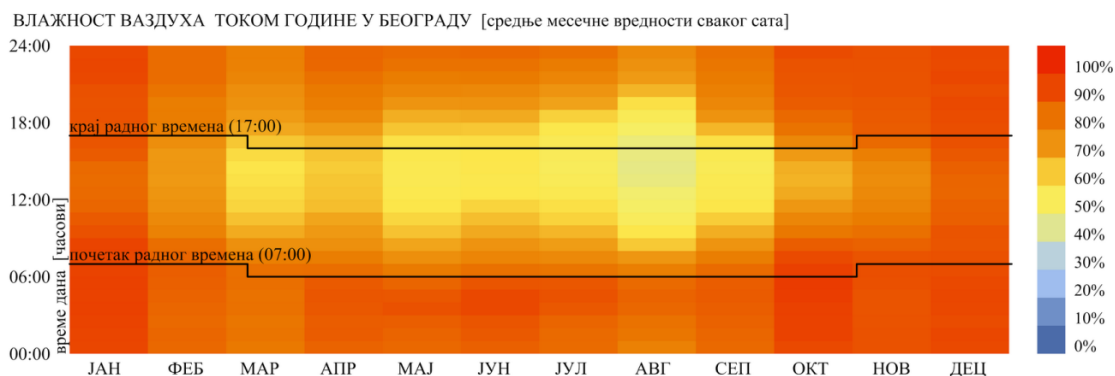
Посматрано са оба аспекта комфортних температурних распона, у београдским климатским условима јасно доминира период загревања зграда. Период загревања траје око шест месеци, од средине октобра до марта-априла, док је период

²⁸ Образложење за усвојено радно време у овој дисертацији детаљно је објашњено у наредном одељку овог поглавља.

хлађења зграда сведен на три летња месеца јун, јул и август. У току године, периоди када су спољне температуре изузетно ниске, ограничени су на децембар и јануар, када преовлађује облачно време (слика 3.3). Најмања покривеност облацима је у периоду августа месеца, када су, последично, спољне температуре и интензитет соларног зрачења највећи и када доминира период интензивног хлађења зграда.



СЛИКА 3.3: Заступљеност облака у току године у Београду (приказана преко просечних месечних вредности сваког сата) (према подацима IWEC2 климатске датотеке WMO 132720, Београд-Сурчин)



СЛИКА 3.4: Релативна влажност ваздуха у Београду током године (приказана преко просечних месечних вредности сваког сата) (према подацима IWEC2 климатске датотеке WMO 132720, Београд-Сурчин)

Просечна релативна влажност ваздуха у климатском подручју Београда (приказана на дијаграму на слици 3.4) је изузетно висока. У периоду од марта до септембра, током поподневних часова, просечна релативна влажност ваздуха се креће око 50%, док је током осталог периода просечна релативна влажност ваздуха изузетно висока и креће се изнад 70%. Овако висока релативна влажност

ваздуха озбиљно доприноси да се у периодима екстремних температура додатно повећава осећај хладног или топлог стања средине.

На основу температурних нормала за Београд могу се формирати три сценарија:

летњи сценарио – за режим спољних температурних нормала изнад температурног опсега топлотног комфора (период који према подацима о степен сатима хлађења почиње већ половином маја и интензивно траје током наредна три месеца: јун, јул, август);

зимски сценарио – за режим спољних температурних нормала испод температурног опсега спољног топлотног комфора (период октобар – април) и

пасивни сценарио – за режим спољних температурних нормала у оквиру температурног опсега топлотног комфора (месеци мај и септембар).

Потенцијал соларних топлотних добитака у неком простору зависи од временског трајања осунчаности фасаде, које је одређено географском позицијом и оријентацијом простора у односу на стране света, и од интензитета зрачења на вертикалној фасадној равни, које је одређено упадним углом соларних зрака на раван фасаде и климатских услова (покривеност небеске куполе облацима). На географској позицији Београда, иако је позиција Сунца за време пролећног и јесењег солстиција скоро идентична, покривеност облацима је различита у току наведена два годишња доба. Покривеност облацима у периоду трајања дана, од новембра до априла је велика (износи од 60% до 80%) (слика 3.3, стр.51), док је у периоду од маја до октобра скоро двоструко мања. Због тога је просечни интензитет зрачења на вертикалној фасадној равни у јесењим месецима значајно већи у односу на пролећни период.

ТАБЕЛА 3.2: Потенцијали осунчаности вертикалних фасадних равни различите оријентације у Београду

ОСУНЧАНОСТ ФАСАДЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ОРИЈЕНТАЦИЈЕ						
током године		током године у периоду радног времена (07:00 - 17:00)				
		без летњег рачунања времена		са летњим рачунањем времена		
	број сати	процент од укупног броја сати	број сати	процент од укупног броја радних сати	број сати	процент од укупног броја радних сати
укупно број сати	4387		3650		3650	
оријентација фасадне површине						
исток	2130	49%	1758	48%	1976	54%
југ	3600	82%	3443	94%	3199	88%
запад	2257	51%	1787	49%	1460	40%
север	787	18%	102	3%	236	6%

Дужина трајања осунчаности, на вертикалним фасадним равнима различите оријентације, значајно утиче на светлосне и енергетске перформансе простора. На територији Београда, најдужи потенцијални²⁹ период осунчаности током године је на јужно оријентисаној фасади, код које чак 82% времена годишње постоји потенцијал иложениости фасаде директном зрачењу (табела 3.2). Са аспекта искоришћења соларног зрачења, јужна оријентација се стога сматра најповољнијом. Са аспекта заштите од соларног зрачења, повољност јужне оријентације је што је, током летњих месеци на јужној небеској хемисфери, позиција Сунца висока, тако да директно зрачење не продире дубоко у простор, а једноставни спољни застори, у виду хоризонталних ламела, могу обезбедити висок ниво заштите од соларног зрачења и уједно висок ниво осветљености у ентеријеру. Источна и западна оријентација фасадне површине, иако имају краћи период потенцијалне осунчаности (источна фасада 49% и западна фасада 51% потенцијалног времена осунчаности током године), сматрају се критичним оријентацијама и са аспекта светлосних и енергетских перформанси простора. Позиција Сунца је релативно ниска на небеској хемисфери, зрачење продире дубоко у простор, што може нарушити визуелни и топлотни комфор корисника.

²⁹ Изражавањем потенцијала, изражава се само временски период када фасада може бити осунчана, али не мора да значи да у том периоду заиста и постоји директно зрачење на фасади. Услови покривености небеске хемисфере облацима могу значајно редуковати временски период осунчаности фасаде.

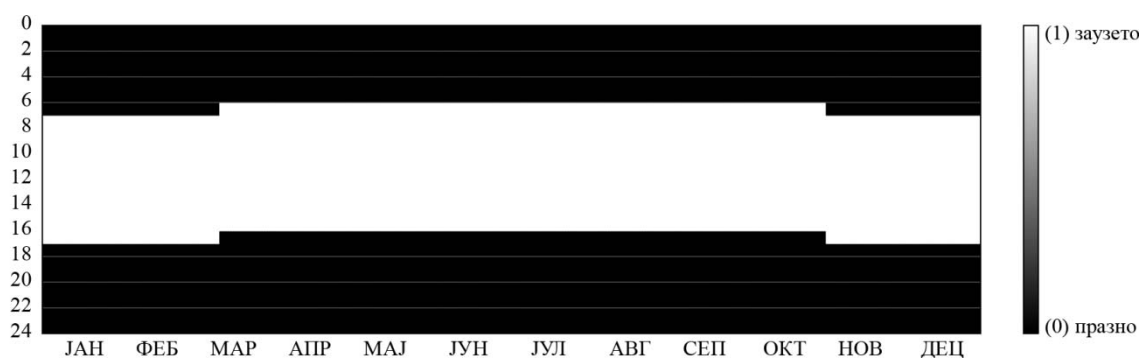
Заштита од директног зрачења значајно може редуковати потенцијал искоришћења соларног зрачења и дневне светлости. Северно оријентисана фасада је потенцијално изложена директном соларном зрачењу у веома кратком периоду, током летњих месеци, и то само 18% времена годишње. Искоришћење дифузне дневне светлости код северно оријентисаних простора је потенцијално велико, будући да скоро и није потребна заштита од соларног зрачења. С друге стране, потенцијал искоришћења соларних добитака је изузетно мали.

Потенцијал осунчаности вертикалних фасадних површина, на територији Београда, приказан је на дијаграмима у Прилогу 1, на крају ове дисертације. Временска заступљеност потенцијала осунчаности за различите оријентације фасаде из дијаграма из Прилога 1, приказана је у табели 3.2, на стр.53.

Када се потенцијали искоришћења соларног зрачења посматрају током године у периоду усвојеног радног времена (од 7:00 до 17:00 сати), временски период потенцијалне осунчаности јужно оријентисане фасаде скоро је двоструко већи (94% времена годишње) у односу на скоро идентични потенцијал осунчаности источно и западно оријентисаних фасада (48% и 49%, респективно). Уколико се примени летње рачунање времена, потенцијал осунчаности источно и западно оријентисане фасаде значајно се мења. Источно оријентисана фасада, у току периода летњег рачунања времена, потенцијално је осунчана само током преподневних часова, у трајању од око 5,5 сати. Са променом рачунања времена на тзв. зимско време, период потенцијалне осунчаности смањује се на око 4,5 сата дневно. Стога, током летњег рачунања времена, период осунчаности источно оријентисане фасаде се повећава, док се код западне оријентације смањује за један сат. Настала разлика у времену осунчаности источно и западно оријентисаних фасада, на годишњем нивоу је значајна. Источно оријентисана фасада је потенцијално осунчана током 54% времена годишње, док је западно оријентисана фасада потенцијално осунчана знатно краће, око 40% времена годишње. Због тога, реално је очекивати да се код западно оријентисаних простора, применом летњег рачунања времена, на годишњем нивоу добијају повољније светлосне и енергетске перформансе простора.

3.3 Годишњи профил коришћења простора

Симулација је изведена према годишњем профилу коришћења простора од 7:00 до 17:00 сати (приказано на слици 3.5), са укљученим летњим рачунањем времена, које се примењује у Србији. У усвојеном годишњем профилу коришћења простора летње рачунање времена почиње друге недеље марта (11. март) и траје до прве недеље новембра (до 2. новембра).



СЛИКА 3.5: Распоред коришћења укупних 3650 сати у току године

Овим профилем обухваћено је нето дневно радно време у Србији, које почиње у периоду од 7:30 до 9:00 часова, траје осам сати дневно и завршава се у периоду од 15:30 до 17:00.

Годишњи профил коришћења простора од 7:00 до 17:00 сати није формиран на основу укупног распона радног времена у Србији, већ на основу усвојеног просечног почетка и просечног краја радног времена у Србији. Тако је као просечан почетак радног времена усвојен термин од 8:00 сати и просечан крај радног времена – термин од 16:00 сати. Формирани годишњи профил коришћења радних простора базира се на моделу у којем се на осам радних сати додаје по један сат пре и после радног времена, тако да укупан број радних сати по дану износи десет сати. Продужавање времена коришћења радног простора практикује се из неколико разлога. Као прво, симулациони процес заснива се на временским распонима пуног сата (најчешће према формираним климатским подацима), тако да, уколико радно време почиње у 7:30, у симулационом процесу као почетно време користио би се пун сат, односно, почетак радног времена од 7:00 сати. Друго, у предвиђање потрошње енергије за загревање и хлађење зграде укључен

је период пре радног времена у којем се укључује КГХ систем, како би се већ на почетку радног времена постигао минимални ниво комфора. Продужење од једног сата пре и после радног времена укључује у процену и време које је потребно да се зграда попуни и испразни, јер сви корисници не долазе и одлазе на посао тачно у исто време.

Профил претпоставља да се простор користи током целе године, укључујући и дане викенда и празнике. Недељни распоред и нерадни дани су променљиви за сваку годину, а у симулационом процесу је неопходно предвидети перформансе простора за све могуће климатске услове.

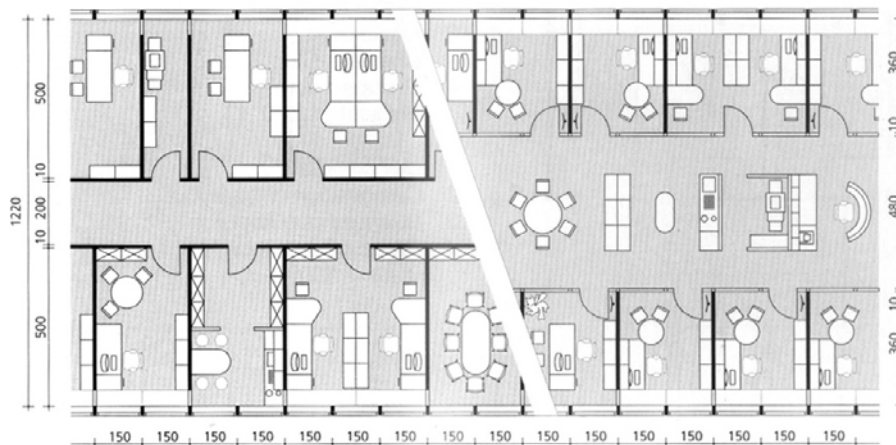
Укупно време коришћења простора током године тако износи 3650 сати, што представља нереално висок ниво коришћења радног простора. Овакви годишњи профили коришћења простора користе се за приказивање потенцијала простора, а не реалних услова уштеде енергије (Reinhart et al. 2013).

3.4 Моделовање простора – индивидуална канцеларија

Селектовани радни простор за анализу представља типичну индивидуалну канцеларију у савременом окружењу организације пословања и са савременим оптималним просторним димензијама.

Канцеларија је основна просторна јединица организације административног рада код традиционалног типа организације пословања. Традиционални тип пословања се просторно формира линеарном мултипликацијом канцеларија са обе стране приступног коридора. У Србији се често сусреће код управних и судских зграда, у системима пословања који су инертнији и мање адаптабилни на промене у друштву и развој технологије. Тржишно оријентисано савремено пословање и предузетништво много је ефикасније и адаптабилније на промене у друштву и на развојне промене комуникационе и дигиталне технологије, које су у последњих тридесет година резултовале бржу комуникацију и брже обављање посла. Тржишно оријентисано пословање је произвело савремене просторне концепте организације пословања, који су прилагођени брзој промени тимског и

индивидуалног рада. Неопходност задржавања услова за индивидуални рад задржала је традиционалну канцеларију у савременом концепту пословања. Зато се у савременом пословању канцеларија најчешће појављује у комбинацији са групним радним простором (пример на слици 3.6).



СЛИКА 3.6: Канцеларијски и комбиновани тип са модуларном мрежом од 1,50 m (извор: (Kleibrink 2002))

Са променом просторне организације променили су се и просторни параметри за димензионисање канцеларијског простора. Код традиционалног канцеларијског пословања канцеларије су се најчешће изводиле за неколико корисника и биле су већих димензија, док се канцеларије код комбинованог типа пословања најчешће димензионишу за индивидуални рад (једна до две особе). Величина индивидуалне канцеларије зависи од броја корисника, али и од хијерархијског положаја корисника. До 1980-их као најраспрострањенији модул за организацију радног простора користио се модул од (1,2-1,8) m, према антрополошким мерама човека. Ширина канцеларије на фасади кретала се око 3,6 m. Савремена организација посла, поред „папиролошких“ послова (писање и читање) подразумева и истовремену употребу дигиталних средстава – рад на компјутеру. Тако се данас модуларна мрежа заснива на потребном простору за једно компјутерско место, а димензије модула зависе од типа организације пословног простора.

Неопходно је напоменути да организација и димензионисање радних простора не зависе само од функционалних захтева и технолошких могућности, већ у великој мери зависе и од националног контекста у којем се радни простори налазе. Интернационалне разлике се појављују када су у питању неопходна површина

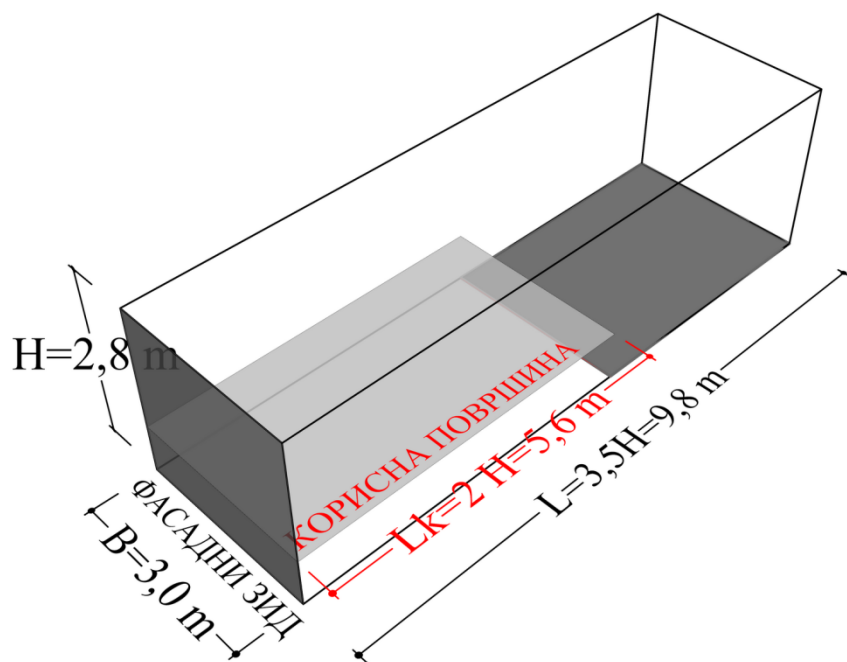
радног места, висина и ширина канцеларије, дубина канцеларије и организација радног места. Ове разлике зависе од урбаног окружења, услова тржишта, уређења радног места, културног контекста и националне регулативе (van Meel 2000).

Просторна дубина канцеларије зависи од типа организације пословања, расположивог простора и могућности осветљења дневном светлости. Креће се у оквиру од (3,6 до 5,5)m за стандардне висине канцеларијских простора. Под стандардном висином канцеларијских простора у Европи и Србији, као опште прихваћено правило подразумева се чиста висина од 2,8 m до 3,0 m, док је минимална висина ограничена на 2,5 m (Staniek & Staniek 2013). Истраживања су показала да је дубина канцеларијског простора, у функцији природног осветљења, повезана са висином простора, односно висином горње ивице фасадног прозора. Код стандардних канцеларијских простора, једнострано осветљених, где је неопходна примена неке врсте застора ради обезбеђења визуелног комфора, дубина простора осветљеног дневним светлом креће се у распону од 1 до 2,5 висине горње ивице прозора. Адекватна дубина простора у овом распону пре свега ће зависити од карактеристика примењеног стакла и застора и од потребног нивоа осветљења у простору. Код простора код којих није неопходна примена застора дубина може износити и 2,5 висине горње ивице прозора (Reinhart 2005, стр.1117).

У стандарду EN 15193 (CEN 2010)³⁰ дубина зоне осветљене дневним светлом конципирана је у односу на висинску позицију радне површине. Према овом стандарду дубина простирања дневне светлости је 2,5 висине од нивоа радне површине до горње ивице прозора. (CEN 2010, Annex C: C.2)³¹.

³⁰ У Србији усвојен као SRPS EN 15193:2012 Енергетске перформансе зграда – енергетски захтеви за осветљењем

³¹ Анекс C.2 *Building segmentation: Spaces benefiting from daylight*

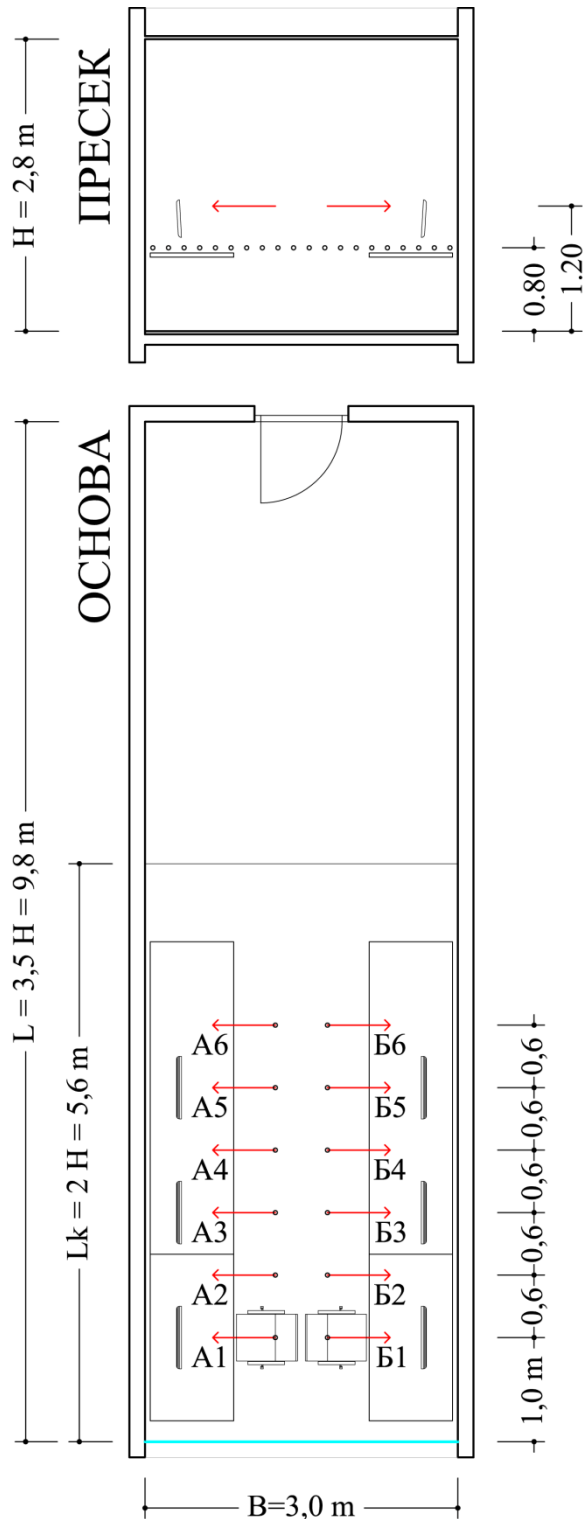


СЛИКА 3.7: Просторни односи површина моделоване индивидуалне канцеларије

Обезбеђење интензитета и равномерности осветљења код једнострано осветљених простора, поред многобројних фактора простора, зависи и од рефлексије светлости наспрамног зида у односу на фасаду (Advanced Buildings 2014). Уколико је наспрамни зид премало осветљен, у простору се нарушава визуелни комфор услед великог светлосног контраста између наспрамних површина унутрашњег (тзв. задњег) и фасадног зида. Бочни зидови простора (у односу на фасадни зид) немају толико велики утицај на стварање светлосног контраста у простору као наспрамни зид. Уколико је наспрамни зид простора повучен у односу на фасаду преко границе од 2,5 висине горње ивице отвора, утицај рефлексије светлости од наспрамног зида (дифузна светлост) биће минималан у ентеријеру, а утицаји осветљења преко фасадног отвора биће уочљивији и доминантни. Из овог разлога, наспрамни зид у моделу за симулацију перформанси дневне светлости повучен је у односу на фасадни зид преко границе од 2,5 висине горње ивице прозора. Усвојена је дубина простора од 3,5 висине горње ивице отвора (слика 3.7). У овако дубоком простору сигурно се не може обезбедити адекватни ниво осветљења дневном светлости по целој површини, нити овакав простор може резултовати равномерним осветљењем дневним светлом. Испитивање у овој дисертацији је компаративног типа, код којег су

релевантни утицаји сведени само на утицаје од фасадног зида. Циљ је обезбедити податке колике су варијације распрострањања дневне светлости у простору и потрошње енергије за загревање/хлађење и електрично осветљење за одређени степен и квалитет фасадног отвора, а не тачне вредности нивоа осветљења и потрошње енергије.

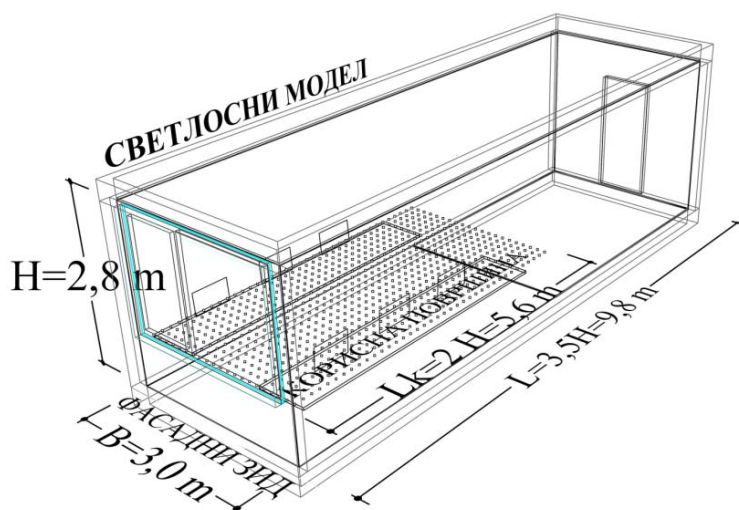
Селектоване димензије канцеларијског простора одговарају оптималној савременој индивидуалној канцеларији. Приказане су графички на сликама 3.7 (стр.59) и 3.8. Адекватна ширина на фасади за канцеларију овог типа износи 3,0 m ((Staniek & Staniek 2013). Дубина простора модела канцеларије фиксирана је на дистанцу од 3,5 висине горње ивице прозора. Чиста висина простора у моделу усвојена је на 2,8 m, као опште прихваћена минимална висина за пословне просторе, а горња ивица фасадног отвора фиксирана је на максималну висину (до плафона), на 2,8 m, како би се обезбедила максимална осветљеност дневним светлом у унутрашњости простора модела.



СЛИКА 3.8:
Просторне димензије и позиције корисника у простору за моделовану индивидуалну канцеларију

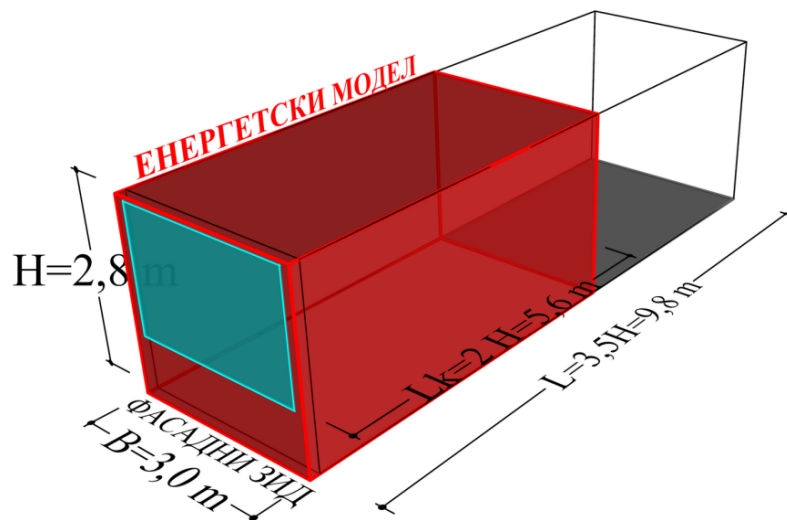
Усвојена дубина простора од 3,5 висине горње ивице фасадног отвора имплицира постављање наспрамног зида на 9,8 m у односу на фасадни зид.

За корисну површину моделованог простора селектована је дубина простора од 2 висине простора, односно 5,6 m, што представља горњу границу оптималне дубине за просторе код којих су примењени застори. Редукована површина у односу на површину из геометрије модела усвојена је за анализу услова осветљења дневним светлом и анализу топлотних процеса, како би резултати симулације били у складу са стандардно димензионисаним просторима, код којих се максимална дубина простора креће око 5,5 m. Приказ усвојеног светлосног модела дат је на слици 3.9.



СЛИКА 3.9: Приказ тродимензионалног модела за симулацију светлосних перформанси простора (корисна површина за светлосну симулацију приказана је мрежом сензора на радној висини од 0,8 m)

За предвиђање перформанси дневне светлости коришћен је модел који обухвата укупни волумен моделованог простора, како би се на позицијама корисника неутралисали утицаји рефлексије светлости задњег зида. Анализа осветљењности радне површине изведена је у просторној зони тзв. корисне површине (према слици 3.9), како би резултати анализе били мерљиви са резултатима канцеларијских простора стандардне дубине. За предвиђање потрошње енергије за загревање и хлађење коришћен волумен простора који у основи обухвата зону дефинисане корисне површине (слика 3.10, стр.62).



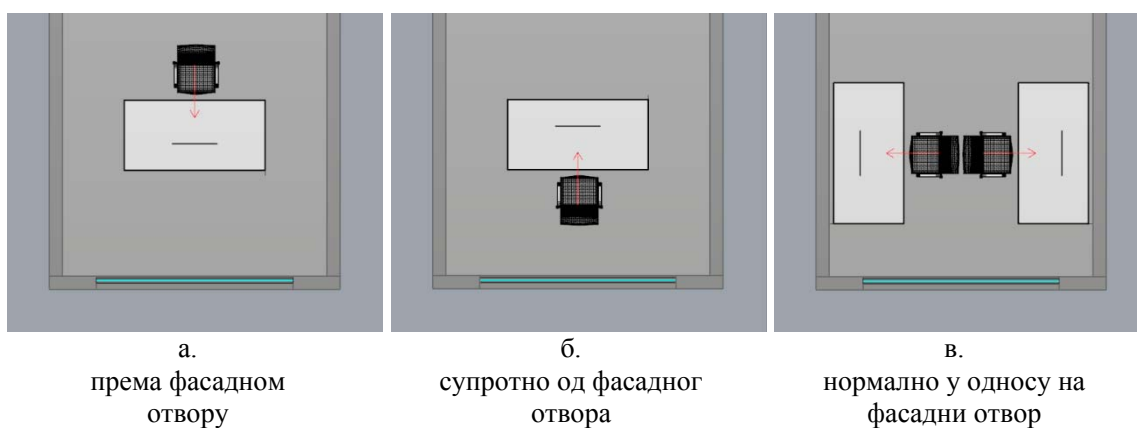
СЛИКА 3.10: Приказ тродимензионалног модела за симулацију енергетских перформанси простора

Према стандарду за прорачун осветљења у радним просторима EN 12464-1³² (CEN 2011), уколико није позната организација намештаја у канцеларији, односно, уколико није позната тачна позиција радног места, осветљење простора се анализира по целој површини радног простора у нивоу радне површине, изузимајући ободну зону простора у ширини од 0,5 m, у којој се иначе позиционира пратећи намештај, само у случају када је познато да се ова зона неће користити за обављање канцеларијског рада. Наведени стандард се односи на прорачун, димензионисање и позиционирање система електричног осветљења у радним просторима, али не и на анализу осветљења дневном светлости. Анализе осветљења дневним светлом најчешће се изводе у нивоу радне површине без изузимања ободне зоне. Из тог разлога, мрежни растер сензора за анализу доступности дневне светлости обухвата комплетну корисну површину између ободних зидова канцеларије, обухватајући само зону корисне површине, како је горе приказано на слици 3.9. Мрежа сензора позиционирана је на висини од 0,80 m, непосредно изнад нивоа радне површине столова. Растер мреже сензора износи око 0,15 m.

³² У Србији усвојен као SRPS EN 12464-1:2012 Светлост и осветљење – Осветљење радних места – Део 1: осветљење у затвореном простору

У *DIVA* програму, приликом дефинисања сензорне мреже, програм аутоматски прилагођава дистанцу између сензора, удаљавајући површину коју покривају ивични сензори од ободних зидова простора приближно за око 5 cm. Из овог разлога, у резултатима светлосне анализе, као максимална дубина анализиране површине, покривене сензорима, не добија се усвојена дубина корисне површине од 5,6 m, него се са адаптацијом дистанце сензора, као максимална дубина анализиране корисне површине појављује вредност од 5,4 m.

Компаративна анализа, која је предмет ове дисертације, бави се шематизованим општим канцеларијским простором, код којег постоји велики број непознатих карактеристика. Између осталог, непозната је и просторна позиција корисника и оријентација корисника у односу на фасадни зид. Позиција и оријентација корисника (у једнострано осветљеним канцеларијским просторима) утиче на стање визуелног и топлотног комфора корисника и може изузетно много утицати на контролу динамике подизања и спуштања застора, а тиме и на доступност дневне светлости, соларне добитке и потрошњу енергије у простору.



СЛИКА 3.11: Четири опције за оријентацију радног места у односу на фасадни зид, код једнострано осветљене индивидуалне канцеларије

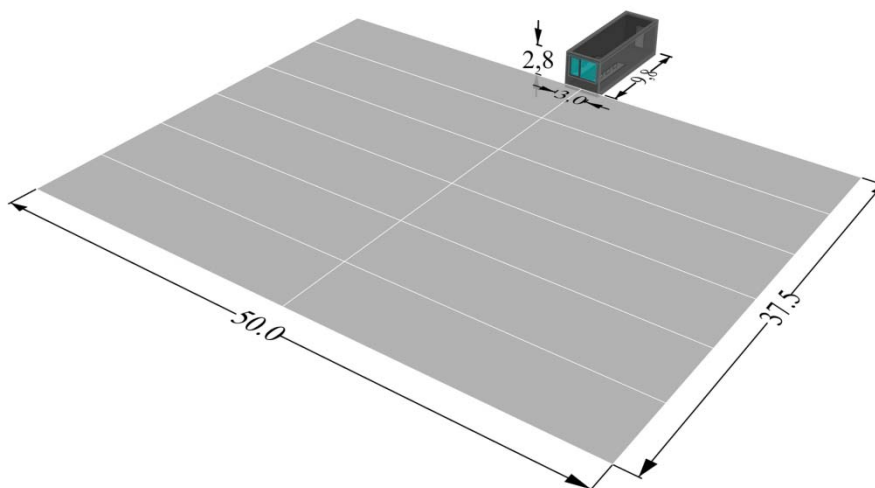
Позиција корисника оријентисаног ка фасадном отвору (слика 3.11, (а)) сматра се неповољном позицијом са аспекта обезбеђења визуелног комфора у видном пољу корисника, јер проузрокује велики визуелни контраст код рада на компјутеру, а у деловима непосредно уз фасадни зид ствара озбиљан визуелни дискомфорт проузрокован директним соларним зрачењем. У овом случају застори у току радног времена могу бити спуштени и преко 75% времена (Jakubiec & Reinhart 2011). Са аспекта остваривања визуелног комфора повољнија је оријентација

корисника према унутрашњем зиду (слика 3.11 - (б), стр.63). У овом случају употреба застора може бити и двоструко мања у односу на претходни случај. Спуштени застори редукују доступност дневне светлости у ентеријеру, што проузрокује већу употребу електричног осветљења. Међутим, са аспекта потрошње укупне енергије (за загревање, хлађење и осветљење), решење које обезбеђује бољи визуелни комфор (и мању потрошњу енергије за осветљење), не мора обезбедити и ефикаснију потрошњу укупне енергије. Подигнути застори у току лета могу проузроковати значајне соларне топлотне добитке и високу потрошњу енергије за хлађење, која може превазићи уштеде у потрошњи електричне енергије за осветљење (Jakubiec & Reinhart 2011). Са аспекта остваривања визуелног комфора најповољнија је позиција корисника оријентисаног ка бочним зидовима (слика 3.11 - (в)). Ова позиција остварује оптималан визуелни комфор за рад на компјутеру – максимално је неутралисана појава високог нивоа осветљености на екрану и визуелни контраст у видном пољу корисника. Позиционирање оријентације корисника ка бочним зидовима најчешће се користи у пракси.

Са аспекта топлотног комфора, било која оријентација корисника у зони канцеларијског простора непосредно уз фасадни отвор може имати нарушен топлотни комфор као последицу директног соларног зрачења на корисника. Поред тога, непосредно уз застакљену фасадну површину, у екстремним летњим и зимским условима, зрачење загрејане или “зрачење“ веома хладне застакљене површине, значајно утиче на перцепцију топлотног комфора корисника, док у зимском периоду може настати ефекат промаје проузрокован хладном површином стакла (Huizenga et al. 2006).

Према правилу да се сви непотребни детаљи модела изоставе (чиме се редукује комплексност модела) и у односу на природу ове анализе (која је компаративног карактера), у простору индивидуалне канцеларије моделоване су само могуће позиције радног стола са најповољнијом оријентацијом корисника према бочном зиду. Сензорне тачке за анализу визуелног и топлотног комфора корисника, позициониране су на местима радног стола корисника, на висини од 0,8 m (према слици 3.8, стр.60). За анализу појаве бљештања у простору дефинисане су тачке

непосредно изнад столице корисника, на висини од 1,2 m, која представља апроксимативну очну висину корисника у седећем ставу (на слици 3.8, на страни 60, тачка је позиционирана тачно на почетку црвене стрелице). Први корисник-сензор удаљен је од фасадног зида за 1,0 m. Остали корисници-сензори распоређени су у правцу подужне осе простора, на размаку од 0,6 m. Простор је димензионисан за индивидуалан рад, тј. за једног корисника. Мултипликоване позиције корисник-сензора не представљају позиције свих осталих корисника простора, већ све могуће позиције једног истог корисника, односно, могућности померања радног места у простору. Анализа визуелног комфора изведена је само за позиције А1, А3 и А5 и Б1, Б3 и Б5. У анализи бљештања није укључен екран монитора, као светлосни извор, нити је разматран негативан ефекат високог нивоа осветљења на екрану монитора.



СЛИКА 3.12: Приказ спољних елемената усвоје сцене за симулацију светлосних перформанси усвојеног модела канцеларије

У тзв. светлосном просторном моделу моделована је само спољна површина тла, која рефлектује дифузно зрачење. Будући да се ради о моделу шематизованог, општег простора индивидуалне канцеларије, у сцени нису претпостављене, нити моделоване друге површине, спољне опструкције, које сигурно значајно утичу на расподелу осветљења у простору. Моделована је само површина тла, као неопходна површина за рефлектовање дифузне светлости дубоко у простор. Димензије површине тла износе 37,5 m x 50,0 m, што је у односу на димензије модела изузетно велика површина (приказано на слици 3.12). Са променом

димензија површине тла, непосредно испред фасадног отвора, мења се ниво и расподела осветљености у простору, јер се мења количина дифузног рефлектованог зрачења. Димензије спољне површине усвојене су према подешеним параметрима симулације *Radiance* програма, за које се, са даљим повећањем димензија површине тла у симулационим круговима, резултат симулације не мења значајно. Приказ спољних елемената усвојене сцене дат је на слици 3.12 (стр.65).

У моделованом простору индивидуалне канцеларије све површине, осим стакла у фасадном отвору, су непровидне површине (зидови, под, таваница, врата и намештај). У светлосном моделу, наведене површине простора моделоване су као секундарни извори светлости, који врше идеално дифузно расијавање светлости (тзв. Ламберове површине). Колико ће ове површине рефлектовати светлост, зависи од њихове боје. Пошто је моделовани простор апстрахован и шематизован модел стварних простора, у којем нису познате боје површина, рефлективност моделованих површина усвојена је према препорученим граничним вредностима стандарда EN 12464-1:2011. У наведеном стандарду препоручене вредности рефлективности таванице су између 70% и 90%, препоручени опсег рефлективности зидова је између 50% и 80%, рефлективност пода у граници од 20% до 40%, док се за предмете у простору препоручује рефлективност површина између 20% и 70%. Усвојене вредности рефлективности моделованих површина приказане су у табели 3.3. Вредности су усвојене према уобичајеним вредностима рефлективности које се користе у симулационим процесима.

ТАБЕЛА 3.3: *Рефлективност непровидних површина моделованог простора (за модел светлосне симулације)*

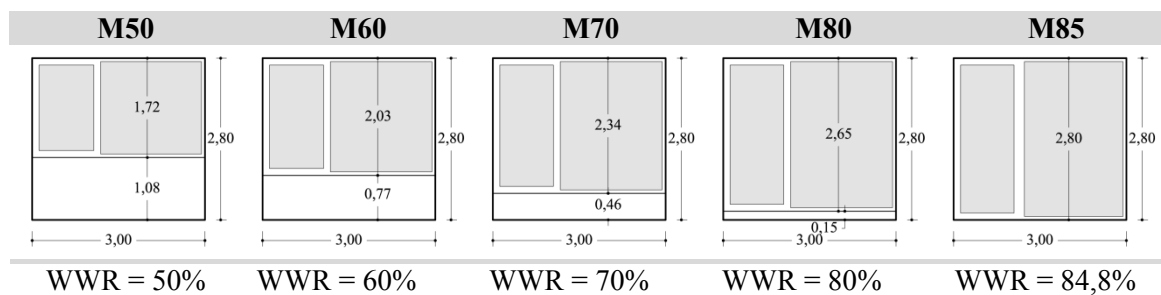
материјал	рефлективност материјала (ρ_v) (дефинисана ахроматском бојом)
зидови	50%
таваница	80%
под	20%
намештај и врата	50%
спољна површина тла	20%

3.5 *Моделовање фасаде*

Предмет анализе су простори са степеном транспарентног застакљења фасаде преко 50% ($WWR \geq 50\%$). Будући да је предмет анализе простор зграде, а не цела зграда, индекс WWR усвојен је као нето вредност – изражен као проценат стакла према унутрашњој површини фасадног зида. Индекс WWR степенован је за распон од 10%, почевши од индекса у вредности од 50%. Простори са WWR индексом испод 50% нису предмет анализе и нису укључени у анализу, иако би за поједине оријентације оптимални степен застакљења, у односу на потрошњу енергије, био испод ове границе за климатске услове Београда. Селектовани степени застакљења фасаде су у складу са циљем ове дисертације, који се односи на утврђивање да ли у климатским условима Београда постоје услови за компензацију трансмисионих топлотних губитака у периоду загревања зграда и уштеду потрошње енергије за електрично осветљење, у просторима са степеном застакљења изнад 50% и њихово **компаративно** поређење, али не и поређење са референтним оптимумом.

За нето димензије усвојеног фасадног зида индивидуалне канцеларије, максимални степен застакљења, који се може остварити када је стакло уграђено у рам и када се ниједан сегмент стакла не може отворити, износи око 88% (анализа је приказана у поглављу 1, у табели 1.1, на стр.15). У пракси се показало да могућност отварања прозора значајно утиче на корисников психички доживљај простора (повезаност са спољном средином) и на потребе простора за енергијом (укључивањем природне вентилације). Осим тога, могућност индивидуалне контроле комфора је карактеристика индивидуалних канцеларијских простора. Код групних канцеларијских простора индивидуална контрола комфора је знатно ограничена. Када би се код стакленог фасадног зида, усвојених димензија, усвојила опција отварања свих сегмената стакленог зида, површина рама стакла би се скоро удвостручила, а површина стакла би се редуковала на око 77%. Међутим, у пракси се веома ретко изводе стаклене фасаде код којих се сви сегменти могу отворити. Обично се однос покретних и фиксних сегмената креће у распону од 1:3 до 1:2. У овом истраживању усвојен је однос покретних и фиксних сегмената као однос 1:3. Максимално могућа површина стакла код фасадног зида

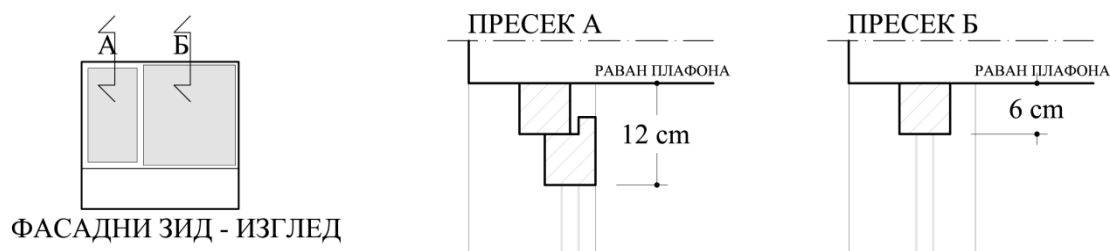
усвојених димензија, са 1/3 површине стакла у оквиру покретних сегмената стаклене фасаде и са просечном димензијом пречки рама од око 6 cm, износи 84,8%. Разлика у површини стакла која се појављује између максималног степена застакљења и степена застакљења од 80%, сувише је мала да би у резултатима анализе остварила приметну разлику. Посебно у резултатима анализе светлосних перформанси простора, будући да се код степена застакљења фасаде од 80% појављује веома мала висина парапета од 15 cm (приказано на слици 3.13). Стога је степен застакљења од 80% искључен из анализе.



СЛИКА 3.13: *Хоризонтални развој облика фасадних отвора за степен застакљења фасаде од 50% до максималних 84,8%*

Усвојени степени застакљења у овом истраживању су 50%, 60%, 70% и максимално могући 84,8%. Према степену застакљења формиране су четири групе модела фасадних зидова: M50, M60, M70 и M85 (табела 3.4, стр.71).

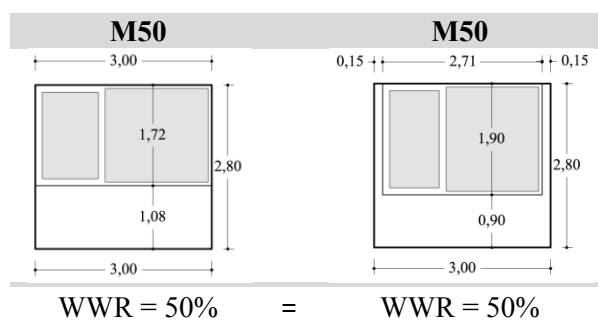
Површина стакла у моделима застакљене фасаде подељена је у два сегмента (покретни и фиксни сегмент) (слика 3.13), тако да позиција горње ивице самог стакла варира од 6 cm до 12 cm испод горње ивице отвора, односно, равни плафона (слика 3.14). Позиција горње ивице отвора фиксирана је на максимално могућу висину, непосредно уз раван плафона, како би се остварио максимално могући продор дневне светлости у дубину простора.



СЛИКА 3.14: *Позиција горње ивице стакла у односу на раван плафона*

На малим површинама фасаде, опције за развој облика отвора су ограничене, веће површине сигурно могу резултовати много већим бројем опција. Хоризонтални развој облика, опција када се отвори пружају између два бочна зида, резултује најједначенију дистрибуцију дневне светлости (Advanced Buildings 2014). Вертикални развој облика, када се отвори пружају од пода до плафона је разноврснији, али када отвори нису центрично позиционирани, ствара се озбиљни контраст између пуних и транспарентних површина фасаде. Још једна непогодност код вертикалног развоја облика, је што се интензитет и расподела осветљења у радним просторима дефинише за ниво радне површине, на висини од око 80 cm, тако да је велики део застакљења позициониран испод датог нивоа и не утиче значајно на интензитет осветљења у нивоу радне површине. На малим површинама зида са великим процентом застакљења, уколико су отвори удвостручени, али распоређени равномерно по зиду, ефекат на интензитет осветљености у нивоу радне површине би био скоро исти. Међутим, удвостручивањем отвора повећава се површина отвора под рамом стакла, тако да се резултат топлотних анализа разликује у односу на исту површину стакла у једној целини. Поред тога, удвајањем облика редукује се максимално могућа површина транспарентног стакла, будући да се повећава површина рама стакла.

Стога је, у овом истраживању, усвојен је хоризонтални развој облика фасадног отвора, центрично позициониран на фасадном зиду, са фиксираним позицијом горње ивице отвора на максимално могућу висину, непосредно уз раван плафона.



СЛИКА 3.15: Трансформација облика и димензија модела фасадног отвора M50

Сви модели фасадних отвора латерално се пружају пуном ширином фасадног зида (ширине 3,0 m), осим модела M50. Када би ширина отвора код модела M50 обухватала пуну ширину фасадног зида, висина парапета би износила 108 cm,

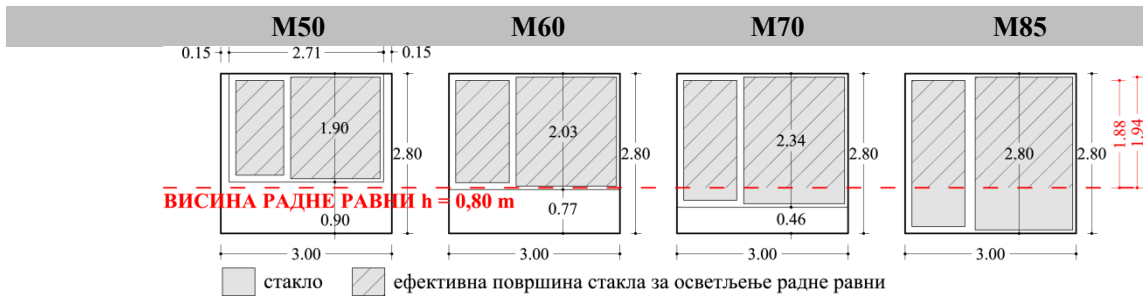
што представља високу висину парапета, која се не среће често у пракси у Србији (СЛИКА 3.15). Висина парапета модела М50 фиксирана је на стандардну висину парапета од 90 cm, која се често среће у пракси. Ширина усвојеног отвора модела М50, са фиксираним висинам парапета од 90 cm, мања је од ширине фасадног зида за по 15 cm са сваке стране отвора, али је облик отвора задржао доминантни хоризонтални развој (слика 3.15, претходна стр.69).

Усвојени модели застакљених фасадних отвора, њихове димензије и индекси, приказани су у табели 3.4, на страни 71.

Осветљење дневним светлом у нивоу радне површине највише зависи од површине стакла изнад нивоа радне површине. Утицај осветљења у зони парапета на осветљење у нивоу радне површине је веома мали (ASHRAE 2004). Код моделоване фасаде за потребе ове анализе, површина стакла испод нивоа радне површине почиње да се повећава изнад степена застакљења од 60%, док ефективна површина стакла³³ остаје константна. Преко 60% степена застакљења утицај степена застакљења на ниво осветљења у равни радне површине се смањује, али се повећава размена енергије са спољном средином. Код максимално могућег степена застакљења (М85) скоро 30% површине стакла се налази испод висине радне површине, не доприноси значајно осветљењу у нивоу радне површине, али значајно утиче на размену енергије са спољном средином (табела 3.4).

³³ Термин „ефективна површина стакла“ се у овој реченици користи за исказивање ефикасности утицаја површине стакла на осветљење радне површине (не у смислу односа површине и квалитета стакла)

ТАБЕЛА 3.4: Селектовани облици отвора и степен застакљења фасаде



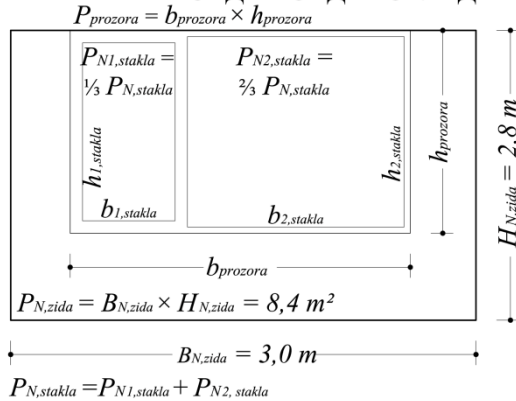
степен застакљења

WWR [%]	50%	60%	70%	84,8%
---------	-----	-----	-----	-------

димензије и површине прозора (отвора)

$h_{prozora}$ [m]	1,90 m	2,03 m	2,34 m	2,80 m
$b_{prozora}$ [m]	2,71 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m
$P_{prozora}$ [m ²]	5,16 m ²	6,09 m ²	7,02 m ²	8,40 m ²

ФАСАДНИ ЗИД - ИЗГЛЕД



где је:

- $P_{N,zida}$ – нето површина фасадног зида
- $B_{N,zida}$ – нето ширина фасадног зида
- $H_{N,zida}$ – нето висина фасадног зида
- $P_{prozora}$ – површина прозора
- $b_{prozora}$ – ширина прозора
- $h_{prozora}$ – висина прозора
- $P_{N,stkla}$ – нето површина стакла
- $b_{1,stkla}$ и $b_{2,stkla}$ – ширина стакла
- $h_{1,stkla}$ и $h_{2,stkla}$ – висина стакла

димензије и површине стакла у прозору

$h_{1,stkla}$ [m]	1,66 m	1,79 m	2,10 m	2,56 m
$b_{1,stkla}$ [m]	0,84 m	0,94 m	0,93 m	0,93 m
$h_{2,stkla}$ [m]	1,78 m	1,91 m	2,22 m	2,68 m
$b_{2,stkla}$ [m]	1,57 m	1,76 m	1,77 m	1,77 m
$P_{N,stkla}$ [m ²]	4,20 m ²	5,04 m ²	5,88 m ²	7,12 m ²

димензије и површина рама у прозору

P_{rama} [m ²]	0,96 m ²	1,05 m ²	1,14 m ²	1,28 m ²
P_{rama}/P_{proz} [%]	18,6%	17,2%	16,2%	15,2%

ефективна површина стакла за осветљење радне равни

$P_{N,stkla-ef}$ [m ²]	4,20 m ²	5,04 m ²	5,18 m ²	5,18 m ²
$P_{N,stkla-neeef}$ [m ²]	0,00 m ²	0,00 m ²	0,70 m ²	1,94 m ²
$P_{N,stkla} / P_{N,stkla-ef}$ [%]	100%	100%	88%	73%

где је:

- $P_{N,stkla-ef}$ – површина стакла која има значајан утицај на осветљење дневним светлом у нивоу радне површине
- $P_{N,stkla-neeef}$ – површина стакла испод нивоа радне површине – нема значајан утицај на осветљење у нивоу радне површине
- $P_{N,stkla} / P_{N,stkla-ef}$ – степен стакла од укупне површине стакла који је изнад нивоа радне површине

3.5.1 Селекција стакла

Селекција стакла извршена је на основу критеријума који су изведени из поставке предмета овог истраживања: (1) искоришћење дневне светлости и (2) соларног зрачења (3) код административних простора са високим степеном транспарентног застакљења фасаде у климатским условима Београда.

Оптичке карактеристике стакла су један од битних фактора који утичу на искоришћење дневне светлости у неком простору. Стакла која се производе за потребе грађевинарства могу бити једнослојна или вишеслојна, са или без примене слојева за контролу протока топлоте и зрачења, али се са оптичког становишта разликују према начину на који пропуштају и рефлектују светлост. Селектована стакла у овом истраживању су двослојна и трослојна стакла код којих су примењени нискоемисиони слојеви и слојеви за контролу соларног спектра, стакла која приликом пропуштања светлости не модификују спектралне карактеристике дневне светлости (стакла неутралне боје), не проузрокују дисперзију светлости (чиста провидна стакла) и са чистом огледалском (спекуларном) рефлексијом.

Према првом критеријуму, који се односи на оптичка својства стакла, формиране су четири групе стакла, које се разликују према вредности светлосне пропустљивости (τ_v). Селектована су стакла са распоном светлосне пропустљивости од 50% до 80%, са градираним распоном од око 10% светлосне пропустљивости. Стакла испод 50% пропустљивости видљивог зрачења нису коришћена у анализи из разлога што се испод ове вредности значајно губи својство визуелне провидности стакла. Селекција стакла је вршена на основу реалних података произвођача, у оквиру понуде система стакла која су произведена за потребе пословних зграда. Усвојена стакла из овог разлога нису представљена тзв „заокруженим“ бројем процента светлосне пропустљивости (τ_v). Усвојене вредности светлосне пропустљивости стакла су 80%, 72%, 62% и 54%.

Са променом степена застакљења фасаде мењају се неопходне димензије стакла. Повећање димензија стакла доводи до повећања дебљине сваког слоја стакла, што у мањој мери може модификовати светлосну пропустљивост. Из разлога упоредивости резултата, за све степене застакљења, односно за све различите

димензије стакла, усвојена је иста дебелина сваког слоја стакла (приказано у табели 3.5).

ТАБЕЛА 3.5: Оптичка и енергетска својства селектованих стакла

група стакла	ознака модела стакла	димензије слојева стакла	реална својства варијанте			
			светлосна пропустљивост*	соларни коэффициент фактор*	коэффициент U^{**}	селективност
G0X (τ, g, U)		[mm]	τ_v [%]	g [%]	U_g [W/m ² K]	S
1	G01 (80.73.1,3)	10-16-6	80,2	73,0	1,3	1,1
	G02 (80.60.1,1)	10-16-6	76,7	60,5	1,1	1,3
2	G03 (72.62.0,7)	10-16-6-16-6	71,8	61,5	0,7	1,2
	G04 (72.52.0,7)	10-16-6-16-6	68,0	52,0	0,7	1,3
3	G05 (62.50.0,7)	10-16-6-16-6	62,4	49,4	0,7	1,3
	G06 (62.37.0,7)	10-16-6-16-6	61,5	37,3	0,7	1,6
4	G07 (54.48.0,7)	10-16-6-16-6	54,3	47,9	0,7	1,1
	G08 (54.31.0,7)	10-12-6-12-6	55,3	31,1	0,7	1,8

НАПОМЕНА: сви међупростори стакла су испуњени са 90% аргона и 10% ваздуха

* према EN 410 - 2011

** према EN 673 - 2011

Искоришћење соларног зрачења у климатским условима Београда представља други критеријум за селекцију својстава стакла. Како би резултати искоришћења соларног зрачења били упоредиви, неопходно је карактеристике стакла, које се односе на трансмисионе губитке и добитке преко стакла, свести на исту вредност (за исти степен застакљења). Из овог разлога, за сваку селектовану вредност светлосне пропустљивости стакла усвојен је исти коэффициент топлотног пролаза (U). Будући да се ово истраживање бави пословним просторима са високим степеном застакљења фасаде, код којих је повећана магнитуда размене енергије са спољном средином, потребно је усвојити изузетно добре изолационе карактеристике стакла (минимално могући коэффициент топлотног пролаза (U)).

Стакла са светлосном пропустљивошћу од 72%, 62% и 54%, селектована су као трослојна стакла, са испуном међупростора аргоном и са истим коэффициентом топлотног пролаза од 0,7 W/m²K.

Стакла са високом вредности светлосне пропустљивости, преко 75%, не могу се извести са изолационим карактеристикама испод $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, из разлога што се са повећањем изолационих карактеристика стакла редукују вредности светлосне пропустљивости (и соларног фактора). Чак и са применом чистог стакла са малим садржајем гвожђа, које одликује изузетно висока вредност светлосне пропустљивости (преко 90%), у двослојном стаклу, без нискоемисионих слојева и са испуном међупростора аргоном (код којег светлосна пропустљивост (τ_v) достиже 82%), вредност коефицијента U се креће око $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, а за трослојно стакло око $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (за $\tau_v = 0,75$). Са применом нискоемисионих слојева код трослојног стакла вредност светлосне пропустљивости опада испод 75% (износи око 70%). Са применом нискоемисионих слојева код двослојног стакла могуће је остварити вредност светлосне пропустљивости изнад 75%, али се коефицијент топлотног пролаза (U) креће у распону од $(1,1 \text{ до } 1,3) \text{ W/m}^2\text{K}$. Стога, резултати искоришћења соларног зрачења код стакла са високом вредношћу светлосне пропустљивости (од 80%) могу се поредити са осталим усвојеним стаклима само уз напомену да је потенцијал трансмисионих добитака и губитака скоро двоструко већи.

У оквиру сваке од четири основне групе стакла, формиране на основу вредности светлосне пропустљивости стакла, усвојене су две варијанте стакла које се разликују према индексу селективности. Прву варијанту модела стакла чине стакла са малим индексом селективности који се креће у распону од 1,1 до 1,3. Варијанта је у табели 3.5 (на страни 73) представљена у жутиим пољима. Ова група стакла формирана је применом стандардних нискоемисионих слојева.

Друга варијанта стакла, у оквиру групе са истом светлосном пропустљивошћу, формирана је применом комбинације нискоемисионих слојева и слојева за контролу соларног зрачења, који озбиљније редукују вредност соларног фактора у односу на нискоемисионе слојеве. Стога је у оквиру исте групе индекс селективности друге варијанте знатно већи. Индекс селективности друге варијанте стакла креће се у распону од 1,3 до 1,8 (у зависности од светлосне пропустљивости стакла). Варијанте стакла у оквиру исте групе разликују се само за вредност соларног фактора, док су остали параметри исти. Изузетак је само

прва група са светлосном пропустљивошћу стакла од 80% код које се са редукцијом соларног фактора редукује вредност коефицијента топлотног пролаза.

Приликом првих пробних симулација светлосних перформанси у моделованом простору, мале разлике у светлосној пропустљивости селектованих стакла, у оквиру исте групе, нису биле приметне у резултатима. Овакви резултати настали су из разлога што се у секвенци симулације перформанси дневног светла материјал за стакло дефинише само преко вредности светлосне пропустљивости стакла. Мала разлика у вредности светлосне пропустљивости варијанти из исте групе у комбинацији са стохастичним моделом алгоритма симулације и заокруживањем вредности метрике на цео број, произвели су скоро идентичне резултате одговарајуће метрике за две варијанте стакла у оквиру исте групе. Из овог разлога симулација перформанси дневне светлости изведена је само за четири типа стакла (варијанта 1 из сваке групе), која се разликују према светлосној пропустљивости стакла.

Параметри стакла, као што у соларни фактор и коефицијент топлотног пролаза, стога нису релевантни у симулацији светлосних перформанси варијанти простора, али сигурно имају значајну улогу у симулацији енергетских перформанси простора. У симулацији енергетских перформанси коришћене су све селектоване варијанте стакла.

ТАБЕЛА 3.6: Моделоване оптичке карактеристике стакла (коришћених у симулацији светлосних перформанси)

ознака модела стакла	светлосна пропустљивост стакла	трансмитивност стакла
G0X_τ.g.U	τ_v [%]	t_n [%]
G01 (80.73.1,3)	80,2	87%
G03 (72.62.0,7)	71,8	78%
G05 (62.50.0,7)	62,4	68%
G07 (54.48.0,7)	54,3	59%

У симулацији светлосних перформанси у *DIVA* програму, односно у *Radiance* алгоритму, осветљеност (E), којом се описује доступност дневне светлости у ентеријеру, не зависи од спектралне трансмисије зрачења кроз стакло, већ само од

укупног оптичког зрачења, које је пропуштено кроз систем застакљења. Тако се за прорачун метрике перформанси дневне светлости у *Radiance* алгоритму не узима у обзир квалитет светлости (боја), већ само њен интензитет, односно, укупна светлосна пропустљивост стакла, изражена преко трансмитивности стакла (t_n) (LBNL Building Technologies Program 2014), (Apian-Bennwitz 2013). Моделоване оптичке карактеристике стакла коришћених у симулацији светлосних перформанси приказане су у табели 3.6 (стр.75).

Модел за реализацију симулације енергетских перформанси простора је изузетно једноставан модел: састоји се само од једне зоне. Топлотна зона обухвата само корисну зону светлосног модела (приказано на слици 3.10 на страни 62.

Сви зидови модела, осим фасадног зида, моделовани су као адиабатични зидови, само су фасадном зиду и стаклу додељени материјали.

Структура фасадног зида је једноставна: састоји се од глиненог блока, дебљине дебљине 38 cm, чије су шупљине испуњене термоизолационим материјалом. Фасадни зид стандардно је омалтерисан са спољне и унутрашње стране у дебљини од 3 cm. Коефицијент топлотног пролаза за овакав фасадни зид износи 0,17 W/m²K. Карактеристике блока и малтера приказане су табели 3.7.

ТАБЕЛА 3.7: Карактеристике материјала примењених у структури фасадног зида

карактеристике материјала	ознака	јединица	материјал	
			блок	малтер
дебљина материјала	d	[m]	0,38	0,03
коефицијент топлотне проводљивости	λ	[W/mK]	0,07	0,19
густина материјала	ρ	[kg/m ³]	610,00	600,00
специфични топлотни капацитет	c	[J/kgK]	2020,00	920,00

3.6 *Моделовање застора*

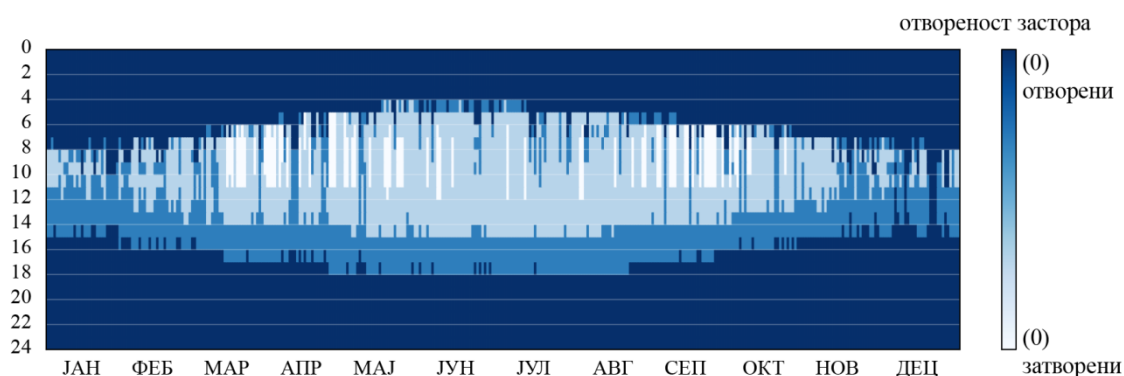
Застори који су примењени у овом истраживању усвојени су на основу температурних климатских карактеристика за подручје Београда, према којима током шест месеци годишње доминира период загревања зграда и три месеца траје период хлађења, и на основу специфичности климатских услова, које настају са променом оријентације простора (према четири основне стране света).

Основна улога застора у оквиру фасадног застакљења је контрола комфора у простору. Посматрано са аспекта визуелног и светлосног комфора, са применом застора остварује се контрола осветљености у простору на два нивоа: на нивоу хоризонталне осветљености (у равни радне површине) и на нивоу вертикалне осветљености (у видном пољу корисника простора). У зависности од спољних услова осветљености, контрола визуелног и светлосног комфора се остварује са засторима који преусмеравају светлост (застори са ламелама) и/или распршавају светлост (текстилни застори). Присуство дифузне светлости у простору се сматра корисним и најчешће не доводи до нарушавања ни визуелног ни светлосног комфора. Директна сунчева светлост је компонента која нарушава стање визуелног и светлосног комфора корисника. Применом венецијанских застора са хоризонталним ламелама постиже се најефикаснија контрола директне сунчеве светлости, а у исто време обезбеђује се продор дифузне светлости. У зависности од закошености ламела, венецијански застори могу блокирати продор директне светлости, рефлектовањем светлости ка споља, рефлектовати директну компоненту, преусмеравајући светлост ка таваници, или директно пропустити светлост ка поду (или радној равни). Текстилни застори распршавају светлост (и директну и дифузну компоненту). У зависности од врсте тканине, текстилни застори могу блокирати директну компоненту светлости, али се тиме блокира и продор дифузне компоненте. Најчешће се користе текстилни застори који пропуштају мали део директне компоненте светлости, а већи део распршавају у дифузну светлост.

Са аспеката визуелног и светлосног комфора, позиција застора у односу на стакло није релевантна, али је сигурно значајна са аспекта контроле топлотног комфора. Енергетска компонента зрачења, коју пропусти стакло, се у веома малим

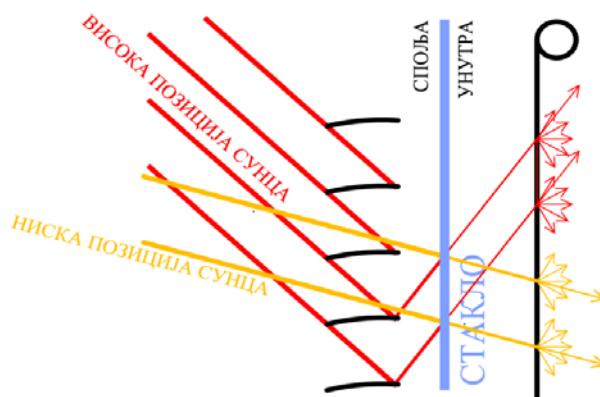
количинама може рефлектовати или пренети назад у спољну средину, јер је стакло непрпусно за дуготаласно зрачење. Позиционирањем застора са спољне стране ефикасно се остварује препрека соларном зрачењу, пре него што продре до стакла (Lomanowski & Wright 2007). С друге стране, у периоду загревања зграда, застори позиционирани са спољне стране, уколико су спуштени у функцији контроле визуелног комфора, стварају препреку соларним добицима.

За београдске климатске услове, у којима постоје и периоди загревања (доминантно) и периоди хлађења зграда, неопходно је усвојити флексибилни концепт застора, у односу на сезонске промене. Уколико би се, у климатским условима Београда, у просторима са високим степеном застакљења фасаде, применили само унутрашњи застори, топлотни добици током летњих месеци би могли променити очекивану структуру потрошње енергије и парадоксално, за климатске услове у којима доминира период загревања, остварили већу потребну енергију за хлађење у односу на потребну енергију за загревање. Уколико би се применили само спољни застори, приликом контроле визуелног и светлосног комфора у простору, спољни застори би се активирали током укупног времена коришћења простора (слика 3.16). На тај начин, у периоду загревања директно соларно зрачење би било блокирано, а потенцијални соларни добици неискоришћени. За климатске услове Београда, кључна ставка при реализацији оптималних карактеристика застора, којима се контролише комфор у простору и потенцијали за уштеду енергије, је манипулација директним соларним зрачењем.



СЛИКА 3.16: Дијаграм годишњег профила спуштања и подизања спољних застора (венецијанске ролетне са различитим угловима закошености хоризонталних ламела). Анализа је изведена за источно оријентисан усвојени модел простора, под условом аутоматизоване контроле застора, за ниво осветљености на радној површини од 500 lx.

У овом истраживању усвојени су и спољни и унутрашњи застори. Венецијански застор са хоризонталним ламелама усвојен је као спољни застор, док су текстилне ролетне усвојене као унутрашњи застор. Улога унутрашњих застора је, пре свега, контрола светлосног и визуелног комфора током целе године. Улога спољних застора је обезбеђење контроле директног зрачења, у циљу одржања и визуелног и топлотног комфора у простору.



СЛИКА 3.17: Приказ концепта застора усвојеног као оптимално решење за климатске услове Београда

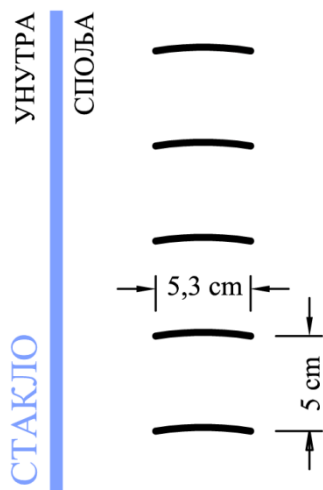
У усвојеном концепту застора (слика 3.17), посебно је значајно ускладити карактеристике унутрашњих и спољних застора, како би се, са променом климатских услова и оријентације, ускладило „понашање“ застора. Стога је било неопходно извршити пробне анализе. Циљ пробних анализа био је обезбеђење спуштања спољних застора само у периодима хлађења зграде, када је на фасади присутно директно сунчево зрачење, како би се избегли нежељени соларни добици и остварили комфорни визуелни и светлосни услови у простору, и обезбеђење подигнутих спољних застора у периоду загревања простора, како би се искористили соларни добици и у исто време задовољили услови визуелног и светлосног комфора на потенцијалним позицијама корисника. Услови су испитивани за источну оријентацију, код које постоји најдужи период осунчаности фасаде у комбинацији са ниском позицијом Сунца, као најнеповољнијим случајем за обезбеђење визуелног и светлосног комфора. У току преподневних часова, када постоји осунчаност источне фасаде, позиција Сунца је изузетно променљива, а у дужем периоду сунце је ниско позиционирано. Ниска позиција сунца је значајна јер даје изузетно високе вредности вертикалне

осветљености, која представља једну од две компоненте према којој се прорачунавају услови визуелног комфора.

Истраживане су, пре свега, оптичке карактеристике унутрашњих застора, са којима се може остварити контрола спуштања спољних застора само у периодима и под условима када је то пожељно. Унутрашњи текстилни застори, различитих оптичких карактеристика, анализирани су самостално и у комбинацији са спољним засторима истих оптичких карактеристика и угла закошености. Коришћени су унутрашњи застори са 3%, 9% и 26% светлосне пропустљивости у комбинацији са стаклом од 80% светлосне пропустљивости и моделом са степеном застакљења од 85% (M85), као најнеповољнијим карактеристикама застакљења за одржање комфора. Оптичке и енергетске карактеристике анализираних текстилних застора дате су у табелама 1 и 2 у Прилогу 2. Резултати анализе такође су презентовани у Прилогу 2, на крају дисертације.

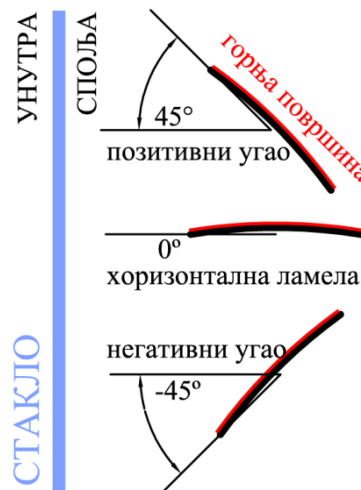
Застори са 3% укупне светлосне пропустљивости, примењени самостално (без комбиновања са спољним засторима) и констатно спуштени, обезбеђују услове визуелног комфора (неутралишу појаву бљештања), али стварају изузетно мало искоришћење дневне светлости и мрачан простор. Застори са 9% укупне светлосне пропустљивости већ не могу потпуно неутралисати појаву бљештања на позицијама корисника. Констатно спуштени и примењени самостално, остварују ефективно бљештање (све позиције корисника заједно) у 1,8% времена коришћења простора. Примењени у комбинацији са спољним венецијанским застором, текстилни застор са 9% светлосне пропустљивости не доводи до спуштања спољних застора у свим периодима када су соларни добици непожељни. Додатно, када су константно спуштени, искоришћење дневне светлости је веома мало. Код застора са 26% светлосне пропустљивости, искоришћење дневне светлости је значајно веће, примењени самостално остварују ефективно бљештање у простору у 9% времена коришћења простора. Примењени у комбинацији са спољним засторима, обезбеђују спуштање спољних застора тачно у периодима када је на фасади присутно директно сунчево зрачење (табела 3.10, стр.87). Према наведеној анализи, у овом истраживању, усвојени су унутрашњи текстилни застори са 26% укупне светлосне пропустљивости за све

анализиране оријентације простора, као застори чије оптичке карактеристике остварују најповољнију контролу подизања и спуштања спољних застора, када је на фасади присутно директно зрачење.



СЛИКА 3.18:

Геометријске карактеристике ламела код спољних застора



СЛИКА 3.19:

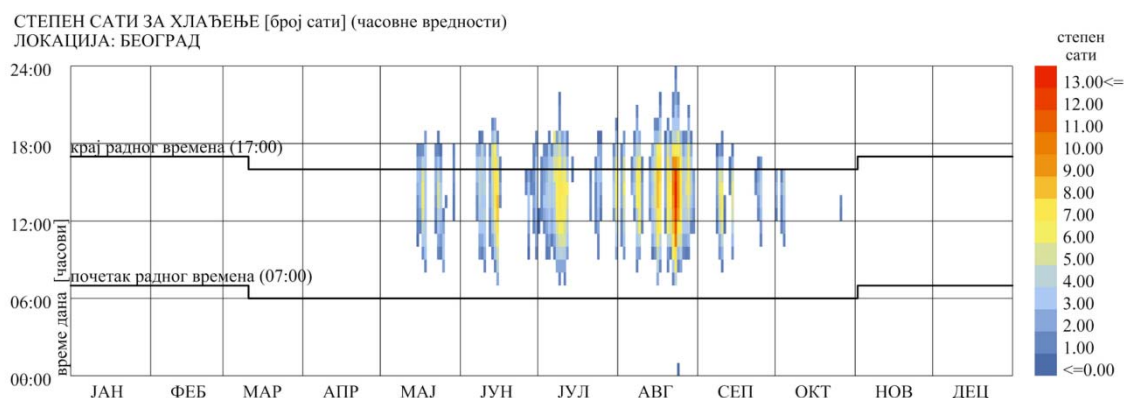
Усвојени систем обележавања угла закошености ламела код спољних застора

Спољни застори усвојени су као венецијански застор са хоризонталним ламелама, ширине 5,3 cm, на међусобном растојању од 5 cm (слика 3.18). Ламеле су моделоване као закривљени облици, јер тако боље распршавају светлост у ентеријеру. Ламеле су оперативне за углове $\pm 90^\circ$ у односу на хоризонталну позицију. Улога спољних застора је да блокирају продор соларног зрачења кроз стакло, тако да су ламеле моделоване са различитим позитивним угловима закошености (према специфичностима оријентације). За позитивни угао ротације ламела усвојена је ротација горње површине ламеле према спољној средини (слика 3.19). Поред тога што се са позитивним углом ротације блокира продор директног зрачења до стакла, рефлектоване компоненте зрачења ка унутрашњем простору преусмеравају светлост ка таваници, чиме се обезбеђује продор дифузне светлости дубоко у простору.

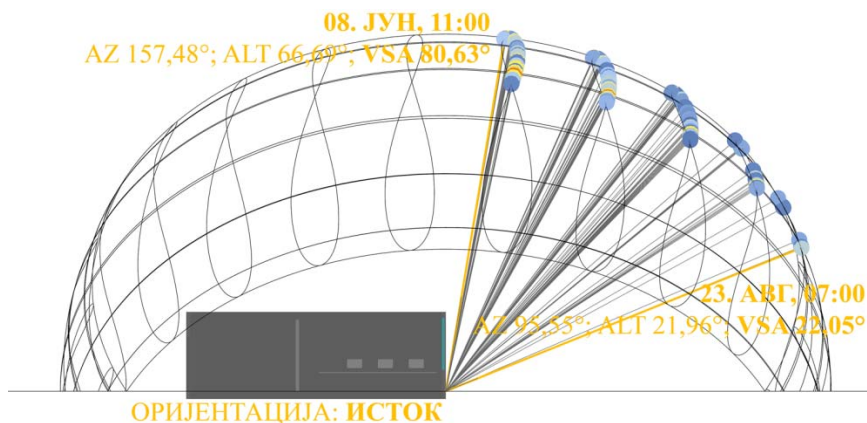
Угао закошености ламела дефинисан је у зависности од оријентације простора и позиције Сунца за периоде током године када је потребна заштита од соларног зрачења. У овим периодима Сунце је најчешће позиционирано високо на небеској

хемисфери. У периодима загревања, када је су пожељни соларни добици преко фасаде, позиција Сунца је најчешће ниска, тако да, иако визуелни услови диктирају спуштање спољних застора, омогућен је продор дела директног зрачења између ламела до стакла. Пропуштени део директног зрачења кроз стакло обезбеђује соларне добитке у простору, али не ремети визуелне услове, јер пропуштено, и већ редуковано, директно зрачење распршавају спуштени унутрашњи застори. Описани концепт приказан је на слици 3.17, стр.79).

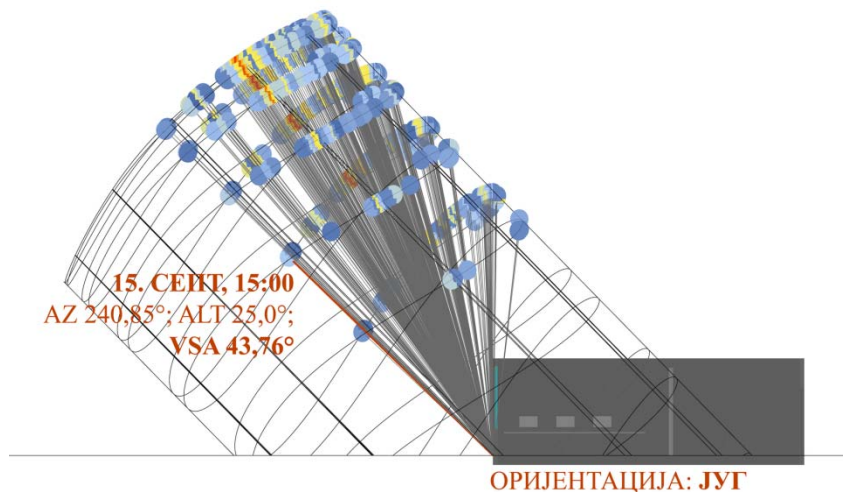
Угао закошености ламела, за сваку оријентацију посебно, анализиран је у *Ladybug* компјутерској апликацији (Roudsari 2015), (Roudsari 2015), у оквиру *Grasshopper* (Davidson 2013) апликације параметарског моделовања за *Rhino* програм. Из климатских података *IWEC2* датотеке дефинисани су сви периоди током године, у периоду усвојеног радног времена, када постоје степен сати за хлађење простора (дијаграм на слици 3.20), а затим, за сваки сат када постоје степен сати, дефинисане су позиције Сунца. За прорачун степен сати коришћена је унутрашња пројектна температура од 26°C. Према дијаграму на слици 3.20, период током године када је неопходно применити стратегију за хлађење зграда усвојен је од 15. маја до 9. септембра.



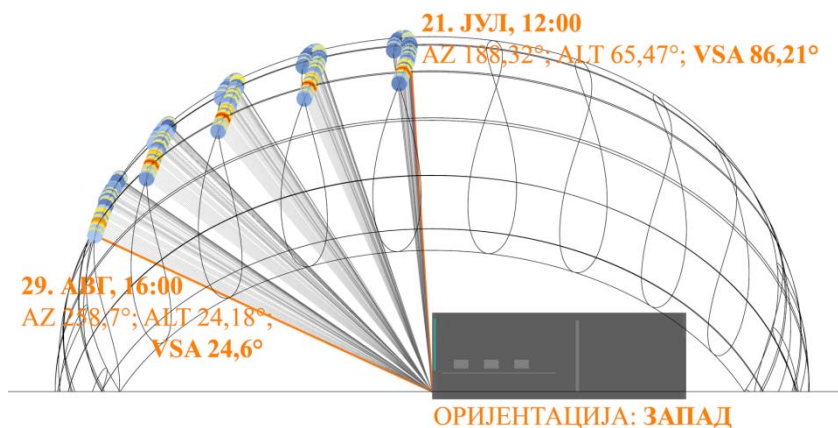
СЛИКА 3.20: Дијаграми степен сати за хлађење зграде током године за београдске климатске услове (летње рачунање времена) (према подацима климатске датотеке *IWEC2*)



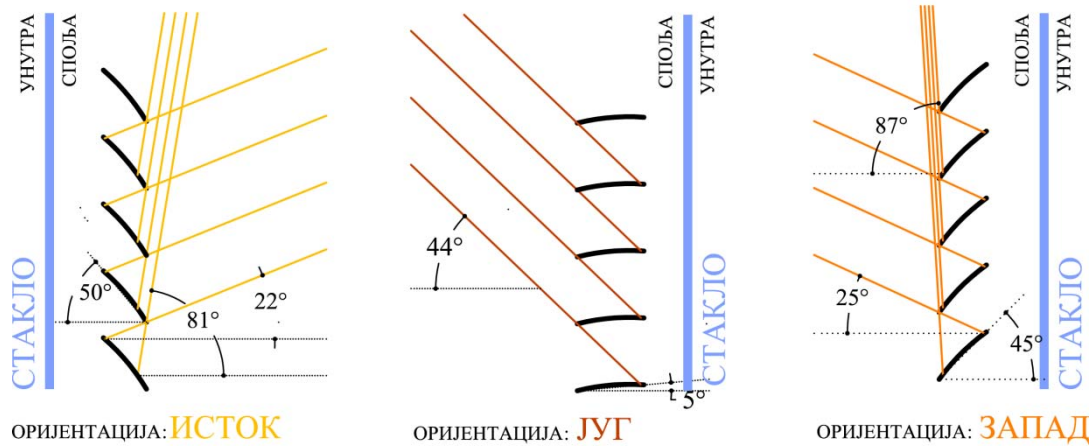
СЛИКА 3.21: Минимални и максимални вертикални углови сенке источно оријентисане фасаде, за позиције Сунца током периода хлађења простора (према дијаграму са слике 3.20, стр.82), у току радног времена од 7:00 до 17:00 сати (летње рачунање времена)



СЛИКА 3.22: Минимални и максимални вертикални углови сенке јужно оријентисане фасаде, за позиције Сунца током периода хлађења простора (према дијаграму са слике 3.20, стр.82), у току радног времена од 7:00 до 17:00 сати (летње рачунање времена)



СЛИКА 3.23: Минимални и максимални вертикални углови сенке западно оријентисане фасаде, за позиције Сунца током периода хлађења простора (према дијаграму са слике 3.20, стр.82), у току радног времена од 7:00 до 17:00 сати (летње рачунање времена)



СЛИКА 3.24: Углови нагнутости ламела спољних застора према усвојеним минималним и максимални вертикалним угловима сенке (из табеле 3.8 (доле))

ТАБЕЛА 3.8: Вертикални угао сенке (тзв. вертикални профилни угао) (*VSA*) (од енгл. *vertical shadow angle*, скр. *VSA*) за одређивање угла нагнутости ламела спољних застора за оријентацију фасаде према истоку, југу и западу, према дијаграму распореда степен сати за хлађење зграде (на слици 3.20)

ДАТУМ И ВРЕМЕ	ПОЗИЦИЈА СУНЦА		ВЕРТИКАЛНИ УГАО СЕНКЕ (<i>VSA</i>)	
	висина сунца (<i>ALT</i>)	азимут (<i>AZ</i>)		
оријентација: ИСТОК (175 позиција сунца)				
23. авг 7:00	21,96° (22°)	95,55°	min VSA	22,05°
08. јун 11:00	66,69° (67°)	157,48°	max VSA	80,63°
распон азимутног угла за степен сате хлађења зграде			по <i>DIVA</i> систему обележавања азимутних углова (југ 0°, исток -90°, запад 90°)	
09. јул 07:00	28,81°	86,20°		-93,80° (-94°)
30. авг 11:00	53,21°	163,52°		-16,48° (-16°)
оријентација: ЈУГ (468 позиција сунца)				
25. сеп 15:00	25,00° (25°) (90°)	240,85°	min VSA	43,76°
			max VSA	90°
распон азимутног угла за степен сате хлађења зграде			по <i>DIVA</i> систему обележавања азимутних углова (југ 0°, исток -90°, запад 90°)	
16. авг 07:00	23,25°	93,46°		-86,54°
30. јун 16:00	34,01°	269,91°		89,91°
оријентација: ЗАПАД (293 позиције сунца)				
29. авг 16:00	24,18°	258,7°	min VSA	24,60°
21. јул 12:00	65,47°	188,32°	max VSA	86,21°
распон азимутног угла за степен сате хлађења зграде			по <i>DIVA</i> систему обележавања азимутних углова (југ 0°, исток -90°, запад 90°)	
07. авг 12:00	61,43°	187,69°		7,69°
29. јун 16:00	34,01°	269,99°		89,99°

За сваку добијену позицију Сунца дефинисани су вектори, на основу којих су усвојени минимални и максимални вертикални углови сенке за сваку оријентацију посебно (табела 3.8, стр.84). Графички приказ граничних вертикалних углова сенке, према подацима из табеле 3.8, дати су на слици 3.12 за источну оријентацију модела простора, слици 3.22 за јужну оријентацију и слици 3.23 за западну оријентацију (на страни стр.83).

На основу усвојених вертикалних углова сенке дефинисан је угао закошености ламела спољних застора за сваку оријентацију посебно (слика 3.24, стр.84). Код простора који су оријентисани према северу, спољни застори нису пројектовани, из разлога што су током пробних симулација константно били отворени (у комбинацији са унутрашњом текстилном ролетном).

Утицаји латералних углова сенке за непожељне позиције Сунца неутралисани су позиционирањем спољног застора непосредно уз стакло, у уложини прозорског отвора.

Према усвојеним вертикалним угловима сенке, за сваку оријентацију посебно, дефинисани су углови закошености ламела, који у периоду хлађења зграде, обезбеђују потпуну блокаду продора директног зрачења у простор. За источно и западно оријентисане просторе у периоду хлађења, минимални угао закошености ламела је веома велики, и износи 50° и 45° респективно (слика 3.24, стр.84). У периоду хлађења, позиција Сунца, код источне и западне оријентације, релативно је ниска, што проузрокује поприлично затварање ламела спољних застора. Код јужно оријентисаних простора у периоду хлађења зграде, позиције Сунца су високо на небеској хемисфери, тако да је угао закошености ламела минималан и износи 5° (слика 3.24, стр.84). Ламеле су позициониране у скоро хоризонталном положају, што представља најповољнији положај ламела за искоришћење дневне светлости.

Највећи број сати у току године, када на фасади постоји потенцијално осунчање³⁴ и када је у исто време неопходно заштитити простор од соларних добитака

³⁴ Потенцијално из разлога што присуство облачности може неутрализувати ефекте директног зрачења. Периоди када је вертикална фасада одређене оријентације потенцијално изложена директном зрачењу дати су Прилогу 1.5

(активирати спољне засторе), постоји код јужно оријентисаног простора, 468 сати, што износи око 13% укупног годишњег радног времена (табела 3.9). Код источно и западно оријентисаних простора, број сати када је неопходна заштита од соларног зрачења је значајно мањи и износи за исток око 5% годишњег времена коришћења простора (175 сати) и за запад око око 8% времена годишње (293 сата). Иако западна и источна оријентација простора имају значајно мањи проценат радног времена када је неопходно активирање спољних застора, јужно оријентисани простори, због скоро хоризонталног положаја ламела, имају највећи потенцијал искоришћења дневног светла и соларног зрачења.

ТАБЕЛА 3.9: Процент времена у току године за три оријентације (исток, запад и југ) када је фасада потенцијално изложена инсолацији (дијаграми на сликама у Прилогу 1.5) и у исто време је неопходна заштита простора од соларног зрачења (према дијаграму са слике 3.20, стр.82) у климатским условима Београда, за период радног времена од 7:00 до 17:00 сати (са укљученим летњим рачунањем времена)

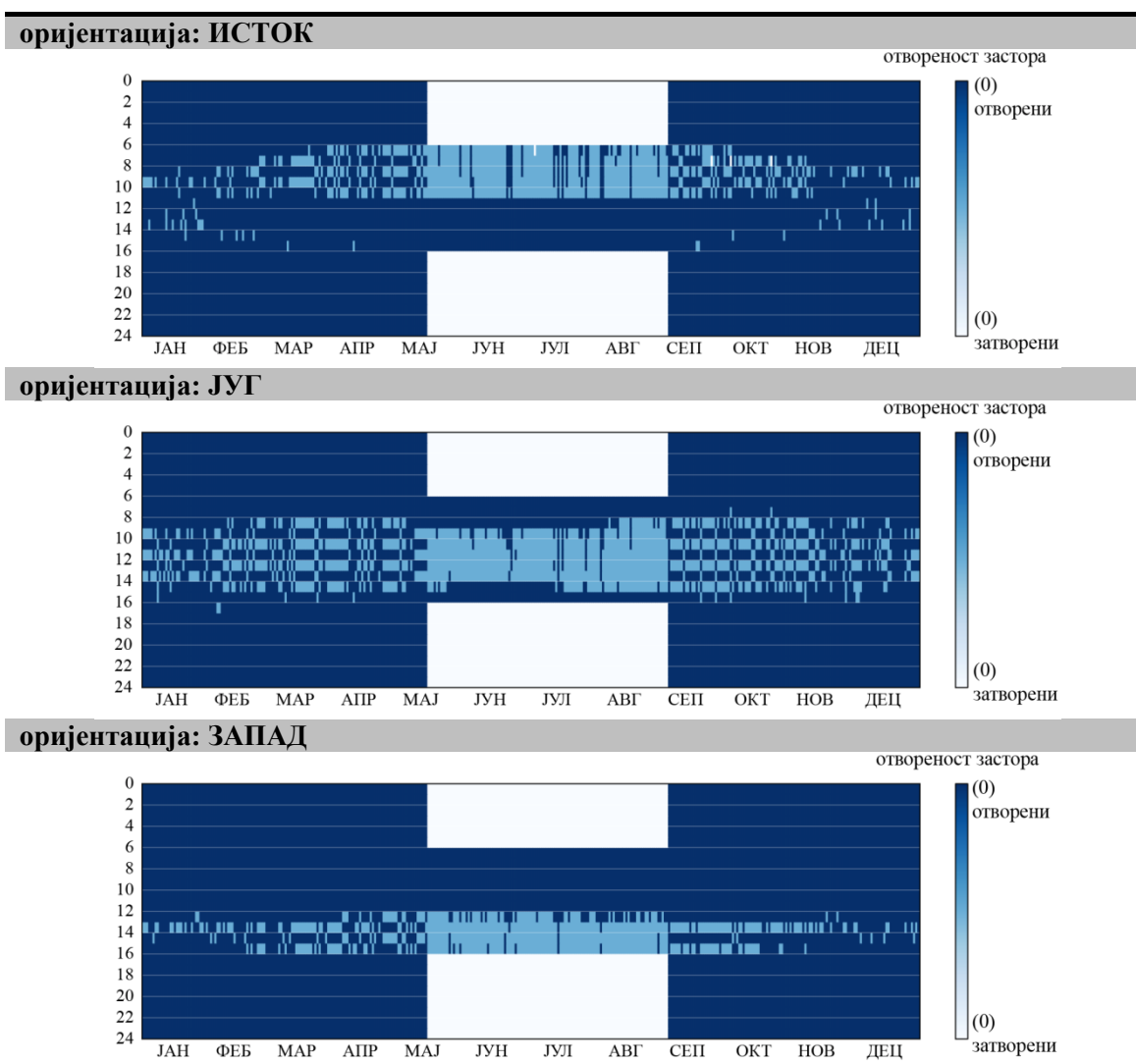
	оријентација		
	ИСТОК	ЈУГ	ЗАПАД
укупан број радних сати током године (од 7:00 до 17:00):	3650		
укупан број сати у току године када је потребна заштита од директног зрачења:	175	468	293
% од радних сати:	4,79%	12,82%	8,03%

Када се на моделу простора самостално примене констатно спуштени спољни застори, са горе усвојеним специфичним положајима ламела за сваку оријентацију посебно, присуство бљеска у простору успешно се неутралише код источне и западне стране, али се код јужне оријентације и даље задржава присуство бљеска у 14,3% времена коришћења простора, у току зимског периода када је Сунце ниско на небеском своду. Анализа визуелног и светлосног комфора у моделу простора са константно спуштеним венецијанским застором, са усвојеним положајима ламела према свакој оријентацији посебно, приказана је у Прилогу 3.2 (табеле 1, 2 и 3).

Код простора јужне оријентације, пројектовани положај ламела спољног застора усвојен је према изузетно високим позицијама Сунца, током периода хлађења

простора, тако да су ламеле у скоро хоризонталном положају. Хоризонталне ламеле пропуштају зрачење ниске позиције Сунца, које ствара бљесак у простору (у поменутих 14,3% времена коришћења). Када се код јужно оријентисаног простора примени комбинација унутрашњих и спољних застора, део пропуштеног зрачења кроз спољне венецијанске засторе продире до унутрашње текстилне ролетне, која га распршава у простор: Тако у комбинацији спољних и унутрашњих тастора, при аутоматизованој контролној динамици спуштања и подизања застора, код јужно оријентисаних простора бљесак током године није присутан (Прилог 3.3, табела 1).

ТАБЕЛА 3.10: Годишњи профил динамике спуштања и подизања спољних венецијанских застора за источну, јужну и западну оријентацију простора



Код свих оријентација просторног модела, при аутоматизованој контроли спуштања и подизања унутрашњих и спољних застора, временска динамика спољних застора (приказана у табели 3.10, стр.87) приближно одговара временским периодима када је специфична фасада изложена соларном зрачењу (приказано у Прилогу 1.5), што је у потпуности у сагласности са горе постављеним концептом за засторе.

ТАБЕЛА 3.11: Карактеристике моделованих материјала застора

материјал	боја	огледалска рефлексија светлосног зрачења (ρ_v)	дифузна рефлексија светлосног зрачења ($\rho_{v,dif}$)	дифузна пропустљивост светлосног зрачења ($\tau_{v,n-h,dif}$)	директна пропустљивост светлосног зрачења ($\tau_{v,n-n}$)
	средња RGB вредност				
текстилни застор	0,52	0	0,46	0,22	0,04
венетијански застор	0,52	0,15	0,44	-	-

Материјализација застора у моделу. Ламеле спољног венетијанског застора материјализоване у мат боји алуминијума, као материјал са огледалском рефлективности од 15% и дифузном рефлективности од 44% (табела 3.11). Унутрашњи застор моделован је као текстилни застор светло сиве боје, који укупно пристигло светлосно зрачење рефлектује 46% у виду дифузне светлости, и са укупном светлосном пропустљивости од 26% (4% светлости се директно пропушта, док се 22% светлости пропушта у виду дифузне светлости). Важно је напоменути да је материјал за унутрашњи текстилни застор моделован као полупровидни материјал, који се у *Radiance* програму назива транс материјал (енгл. *trans*). Овај материјал се често користи када нису познате информације о промени светлосне рефлексије и светлосне пропустљивости материјала са променом упадног угла пристижућег зрака. Због недовољне тачности при моделовању транс материјала, у резултатима се јавља грешка. Вредност осветљености у нивоу радне површине је прецењена из разлога што се у прорачуну укупно пристигло светлосно зрачење пропушта кроз материјал као да је управно на раван материјала. Грешке у прорачуну осветљености, у сензорима у нивоу радне површине, крећу се до 10% (Reinhart & Andersen 2006). У истраживањима у којима су резултати симулације поређени са премереним вредностима, грешке у нивоу осветљености радне површине износиле су до 600 lx,

у случају када ни произвођач није обезбедио тачне карактеристике материјала (Kotey et al. 2009).

Контрола система застора. У претходно поменутих истраживањима о понашању корисника у реалним пословним просторима, која су уграђена у модел мануелне контроле застора *DIVA* програма, корисник ће реаговати спуштањем застора тек када је директно изложен соларном зрачењу. Понашање корисника је подређено његовим потребама за дневним светлом и визуелним контактом са спољном средином. Улога застора у пословним просторима је, са аспекта корисника, контрола светлосних и визуелних услова, док су контрола топлотних добитака и потрошња енергије у простору, или чак осећај комфора, подређени визуелном комфору. На основу оваквог модела понашања корисника, озбиљне уштеде у потрошњи енергије за загревање и хлађење могу настати само када се примени аутоматизована контрола застора и осветљења.

У симулацији перформанси дневне светлости, из горе наведених разлога, примењена је аутоматизована контрола застора.

Контролна стратегија за засторе у *DIVA* програму функционише по принципу „отворене петље“ контроле застора, када се излазни податак заснива на спољном улазном податку. У овом случају то значи да се позиција застора подешава према само једном улазном податку³⁵ и да не постоји повратна спрега са другим системима контроле, према којима се може извршити додатно подешавање.

Примењена стратегија контроле застора у овој анализи заснива се на контроли нивоа осветљености радне површине преко контролних сензора. Селектовани контролни сензори у анализи позиционирани су на местима дванаест могућих позиција корисника. Контрола застора подешена је за ниво осветљености од минималних 500 lx до максималних 1800 lx. Када се ниво осветљености у контролном сензору подигне изнад дефинисаног прага (у овом случају 1800 lx) систем спушта засторе. Унутрашњи текстилни застор дефинисан је као прва група застора која се активира када у било ком контролном сензору постоји

³⁵ У *DIVA* програму активирање застора се може подесити према: (1) присуству бљеска на позицијама корисника, (2) нивоу зрачења на радној површини или (3) према нивоу осветљености радне површине.

осветљеност изнад 1800 lx. Уколико је, са пруженим текстилним засторима, ниво осветљености контролног сензора и даље изнад 1800 lx, систем спушта и другу групу застора, у овом случају спољне засторе - венецијанске ролетне. Када ниво осветљености падне испод максимално дефинисаног, систем засторе постепено отвара.

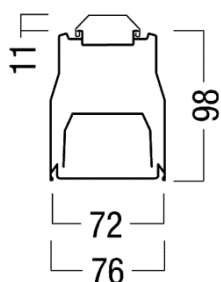
У контроли застора примењена је опција за спуштање и потпуно затварање ламела спољних застора у периодима када се простор не користи, али само за период године када је, према климатским подацима, неопходно хлађење простора. Период када се примењује ова додатна контролна стратегија за Београд дефинисан је од 15. маја до 4. септембра (према подацима степен сати за хлађење из дијаграма са слике 3.20, на страни 82.

3.7 Моделовање електричног осветљења

Модел канцеларијског простора димензионисан је за потребе индивидуалног рада уз претпоставку да га користи највише два корисника. У моделу је претпостављено да позиција корисника може да се помера подужно у простору, тако да је усвојено 12 позиција корисника (померање дуж осе А и дуж осе Б на слици 3.8, стр.60).

Селектована светиљка за канцеларијски простор је једноставна линијска LED светиљка, дужине 2,27 m, попречног профила приказаног скицом на слици 3.25 (стр.91), чије су светлосне и енергетске карактеристике приказане у табели 3.12 (стр.91). Свака светиљка је инсталационе снаге од 45 W, са светлосним флуksom од 2900lm, што резултује светлосну ефикасност од 64 lm/W и даје неутралну боју светлости на 3000 K. Светиљке су са опцијом варијабилног напона (димовање). Светиљке су позициониране непосредно на плафонској равни.

Електрично осветљење простора је прво анализирано за комплетну површину корисног простора модела (16,8 m²), у нивоу радне равни (0,8 m од пода). За наведени случај, неопходно је инсталирати барем пет LED линијских светиљки, снаге 45 W, на међусобном растојању од 1,1 m (слика 3.26, стр.91). Осветљеност електричним светиљкама на радној површини креће се у распону од (500-750)lx, како је приказано на слици 3.28, случај А (наредна стр.91).

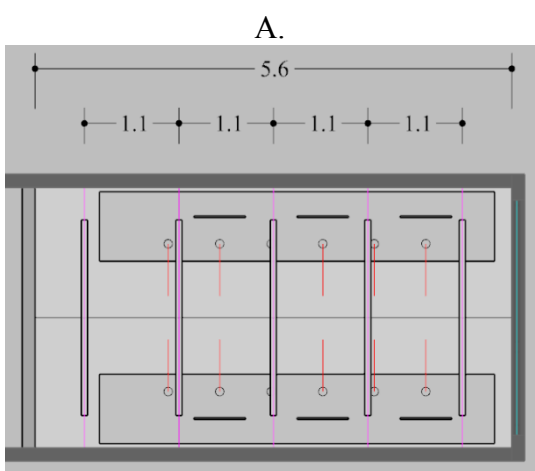


СЛИКА 3.25: Попречни профил изабране светилъке

ТАБЕЛА 3.12: Карактеристике изабране светилъке

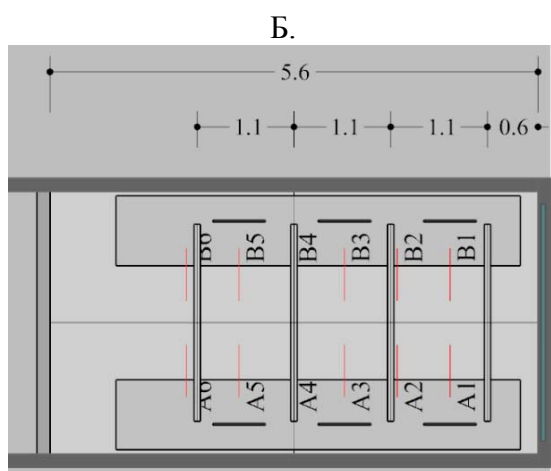
карактеристике светилъке:

светлосни флуks:	2900 lm
светлосна ефикасност :	64 lm/W
мин. индекс одзива боје:	80
температура боје:	3000 K
снага:	45 W
снага у пасивном стању:	0,15 W
димовање:	LDE до 1%;



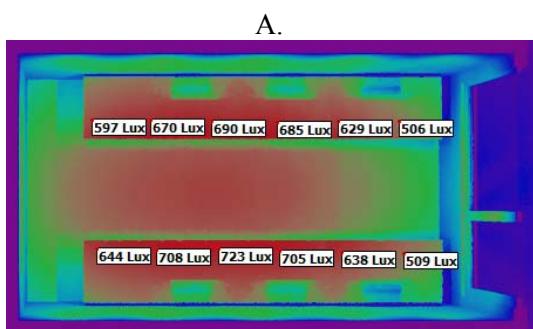
СЛИКА 3.26:

Позиција светилъки у моделованом простору за случај комплетно осветљене радне површине са минимално 500 лукса

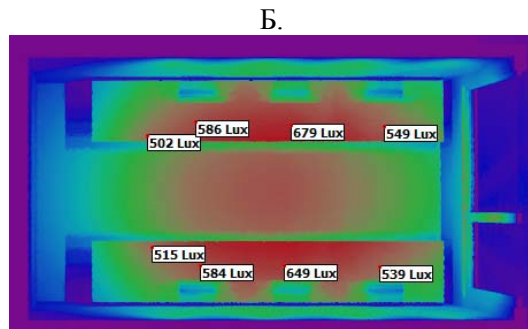


СЛИКА 3.27:

Позиција светилъки у моделованом простору за случај када су само позиције корисника осветљене у нивоу радне површине изнад 500 lx



број светилъки 5
укупна инстал.снага 225,0 W
укупна снага / m² 13,4 W/ m²



број светилъки 4
укупна инстал.снага 180,0 W
укупна снага / m² 10,7 W/ m²

СЛИКА 3.28: Распоред осветљености (E) на радној површини за селектоване позиције корисника за пет LED светилъки (слика A) и четири светилъке (слика B)

Међутим, за осветљење радне површине од минимално 500 lx на селектованим позицијама корисника довољно је инсталирати само четири светиљке, укупне снаге 180 W, на истом међусобном растојању као и код првог случаја (слика 3.28, случај Б). У овом случају (четири линијске светиљке) потрошња енергије за осветљење, према познатим позицијама корисника, могла би бити и до 30% мања. Будући да су у простору дефинисане реално могуће позиције корисника, као коначно решење усвојен је систем од четири светиљке, које су зонирани у четири зоне, укупне инсталиране снаге од 180 W, за површину простора од 16,8 m², што резултује решење са инсталираном снагом од 10,7 W/m² (слика 3.27).

Контрола система електричног осветљења. За потребе компаративне анализе потрошње електричне енергије, у моделованом простору индивидуалне канцеларије усвојен је модел аутоматизоване контроле електричног осветљења, како би се из анализе искључили сви непредвидиви модели понашања. Усвојени систем електричног осветљења функционише је по принципу регулације јачине осветљености (димовање) и констатно је укључен током периода коришћења простора. Систем је подељен у четири зоне, у којима ниво осветљености на радној површини контролише само једна светиљка. Интензитет осветљености електричним светлом подешава се према нивоу осветљености дневном светлости у осам контролних сензора позиционираних у нивоу радне површине. Уколико се ниво осветљености у контролном сензору спусти испод прага осветљености од 500 lx, аутоматски се подешава јачина електричног осветљења, како би се на нивоу радне површине увек одржавао минилани праг осветљености. Код минималног напонског стања електричног система од 1% систем троши 15% пуне електричне снаге.

У реалном окружењу, административни простори су ретко опремљени аутоматизованим системом код којег постоје сензори за детекцију присуства корисника и сензори за контролу осветљености радне површине концептом димовања. У просторима индивидуалних канцеларија, које одликују мање димензије, светлосни систем се ретко зонира. Најчешће су сва светла повезана преко једног прекидача, тзв опште осветљење. Овакви констатно активни системи електричног осветљења не могу остварити најмању потрошњу енергије, нити

аутоматизовани распоред коришћења може представљати модел реалног коришћења електричног осветљења у административним просторима. Усвојени концепт аутоматизованог система осветљења је погодан за потребе компаративне анализе.

3.8 Контрола симулације

3.8.1 Параметри за подешавање симулације перформанси дневне светлости

У циљу контроле симулације осветљености ентеријера неопходно је дефинисати улазне параметре *Radiance* симулације. Овим параметрима контролишу се резултати: прецизност и ниво осветљености. Параметри *Radiance* симулације контролишу комплетну расподелу осветљења у ентеријеру. Најважнији параметри за подешавање су:

-ab (скраћено од енгл. *Ambient bounces*)

Параметар *-ab* означава број одбијања зрака у простору сцене. Вредност од 4 означава висок ниво тачности (Mardaljevic 1995). За потребе симулације фасадних застакљења код којих су интегрисани спољни венеијански застор, са великим бројем ламала као ситним детаљима модела, неопходно је повећати параметар барем на 5, или према препорукама Рајнхарта, за симулације са венецијанским засторима користити вредност *-ab* параметра 7 (Reinhart et al. 2013).

-ad (скр. од енгл. *Ambient division*)

Параметар *-ad* представља број зрака који се прате после рефлексije зрака од неке површине. Може се назвати амбијентална расподела зрака (после одбијања у правцу извора светлости). Користи се за прорачун индиректног зрачења. Што је број већи, мања је грешка у предвиђању индиректног соларног зрачења.

-aa (скр. од енгл. *Ambient Accuracy*)

Параметар *-aa* представља грешку амбијенталне интерполације, изражену у процентима. Вредност од 0,1 представља 10% разлике између суседних амбијенталних расподела. Уколико је грешка у граници од 10% програм неће вршити даљу интерполацију зрака. Алгоритам *Radiance* програма врши

интерполацију (не прорачунава зраке, већ претпоставља вредности) како се не би повећавала амбијентална расподела зрака и тако продужило време симулације. Тамо где се очекују велике варијације, на пример на ситним детаљима као што су ламеле спољног застора, радијус сфере на којој се појављује грешка треба поставити на свој минимум према следећој формули:

$$R_{min} = (\max \text{ величина сцене}) * \frac{aa}{ar}$$

-as скр. од енгл. *Ambient Supersamples*

Параметар **-as** представља број зрака који се додатно стварају када између два суседна зрака постоји значајна разлика (поготово када је изнад 10% што представља почетну вредност за параметар **-aa**).

-ar скр. од енгл. *Ambient Resolution*

Параметар **-ar** означава амбијенталну резолуцију којом се контролише густина амбијенталних вредности које се користе у интерполацији. Уколико је вредност 0 - нема интерполације. Грешка ће почети да се повећава на површинама које су размакнуте мање од вредности која се добија дељењем максималне величине сцене са параметром **-ar**.

У табели 3.13 дате су усвојене вредности улазних параметара *Radiance* симулације. Вредности су подешене да се грешке у осветљености могу јављати само на детаљима модела који су мањи од 3 см. Усвојено је 7 одбијања зрака како би се што боље приказао продор дифузне светлости у задњем делу простора. Дозвољена грешка између два суседна зрака, без даље интерполације зрака, усвојена је на 5%.

ТАБЕЛА 3.13: Параметри *Radiance* симулације коришћени за прорачун перформанси дневне светлости у ентеријеру усвојеног светлосног модела

параметар:	- ab	-ad	-as	-ar	-aa
вредност параметра	7	1500	20	300	0,05

3.8.2 Параметри за подешавање симулације енергетских перформанси простора

Параметри за подешавање симулације енергетских перформанси сумирани су у табели 3.14.

ТАБЕЛА 3.14: Параметри за симулацију енергетских перформанси

назив параметра	јединица	вредност
коэффициент ефикасности система за грејање		0,8
коэффициент ефикасности система за хлађење		3,0
унутрашња пројектна температура за загревање ($\theta_{i,H}$)	[°C]	22
унутрашња пројектна температура за загревање када се простор не користи	[°C]	15
унутрашња пројектна температура за хлађење ($\theta_{i,C}$)	[°C]	26
унутрашња пројектна температура за хлађење када се простор не користи	[°C]	32

Према правилнику о Енергетској ефикасности зграда (рефренца) у Србији је прописана унутрашња пројектна температура за загревање од 20°C. У овом истраживању, унутрашња пројектна температура за загревање усвојена је на 22°C, као средња температура препорученог пројектног температурног распона од 20°C до 24°C, за II категорију протора, према стандарду EN 15251. Унутрашња пројектна температура за хлађење усвојена је према захтевима поменутог Правилника. Сви унутрашњи топлотни добици у простору сведени су на занемарљиви минимум, како би резултати симулације доминантно одражавали утицај топлотних протока преко фасаде. Симулација је изведена за једног корисника у простору (1 корисник на 16,8 m²), а унутрашњи добици од опреме у простору рачунати су на минималних 0,001 W/m². Вентилациони проток усвојен је на 0,3 l/s m².

Симулација енергетских перформанси изведена је за просторе са и без природне вентилације. У *DIVA* програму, за потребе прорачуна енергетских перформанси простора са природном вентилацијом, отварање прозора се дешава: (1) када је температура ваздуха у простору изнад пројектне температуре за хлађење, само у случају када је температура ваздуха у простору већа од спољне температуре и (2) када претходни услов постоји у току времена коришћења простора.

3.9 Резиме параметара и контроле симулације

ТАБЕЛА 3.15: Усвојени поставке, параметри и контрола симулације (променљиви параметри анализе приказани су црвеном бојом)

ПРЕДМЕТ АНАЛИЗЕ:

- индивидуални канцеларијски простор, са високим степеном застакљења фасаде (WWR > 50%)

КЛИМАТСКИ КОНТЕКСТ И ПОДАЦИ:

- **место:** Београд, Србија
- **класа климе:** Cfa класа (по Кепену) - умерено континентална влажна клима
- **климатски подаци:** IWEC2 климатски подаци за Београд, мерна станица Сурчин, са сатним распоном климатских података

ГЕОМЕТРИЈА И МАТРИЈАЛИЗАЦИЈА ПРОСТОРА

Карактеристике индивидуалне канцеларије и спољне средине:

Димензије простора индивидуалне канцеларије:

- | | |
|-------|--|
| слика | • чиста висина простора: $H = 2,8$ m |
| | • чиста ширина простора (фасадног зида): $B = 3,0$ m |
| | • чиста дубина простора: $L = 5,6$ m |

Комплексност ентеријера:

- моделовани само радни столови и позиције монитора
- позија радне површине и мреже сензора на 80 cm од пода

Комплексност екстеријера:

- моделована само спољна површина тла, димензија 50 m x 38 m

Материјализација унутрашњих површина простора:

- рефлективност непровидних површина моделованог простора:

зидови	50%
таваница	80%
под	20%
намештај и врата	50%
спољна површина тла	20%

Оријентација фасадних отвора:

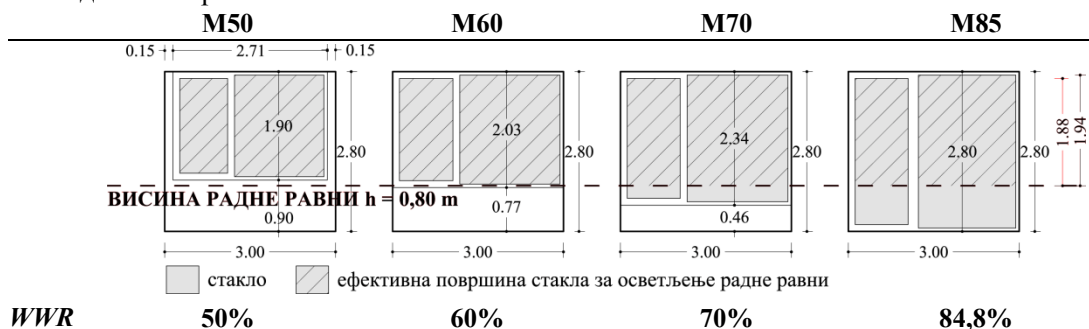
- четири ротације геометрије према четири основне стране света: ИСТОК, ЈУГ, ЗАПАД и СЕВЕР

Карактеристике фасадног зида:

Модел фасадних отвора:

- хоризонтални развој облика - отвори се латерално прижају укупном ширином фасадног зида
- позиција горње ивице отвора фиксирана на висину плафона (2,8 m)
- 1/3 стакла је уграђена у покретне сегменте застакљења

- модели отвора:



Материјализација фасадног зида:

- пуни сегмент фасадног зида изведен од блока са испуном од термоизолационог материјала, дебљине 38 см, и омалтерисан са спољне и унутрашње стране малтером у дебљини од 3 см
- укупни коефицијент топлотног пролаза: $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Карактеристике фасадног застакљења:

Модели застакљења:

- без застора
- са интегрисаним засторима

Модели стакла:

- према светлосној пропустљивости стакла (4 групе) и селективности стакла (2 варијанте у оквиру сваке групе)
- карактеристике селектованих модела стакла:

група	варијанта	модел	τ_v	g	U_g	S
		G0X_τ.g.U	[%]	[%]	[W/m ² K]	
1	v.1	G01_80.73.1,3	80,2	73,0	1,3	1,1
	v.2	G02_80.60.1,1	76,7	60,5	1,1	1,3
2	v.1	G03_72.62.0,7	71,8	61,5	0,7	1,2
	v.2	G04_72.52.0,7	68,0	52,0	0,7	1,3
3	v.1	G05_62.50.0,7	62,4	49,4	0,7	1,3
	v.2	G06_62.37.0,7	61,5	37,3	0,7	1,6
4	v.1	G07_54.48.0,7	54,3	47,9	0,7	1,1
	v.2	G08_54.31.0,7	55,3	31,1	0,7	1,8

- у симулацији светлосних перформаси укључена само варијанта v.1

Модели застора:

- спољни: венецијанске ролетне са хоризонталним ламелама
- унутрашњи: текстилне ролетне

Спољни застори:

- моделовани само за оријентације: ИСТОК, ЈУГ и ЗАПАД
- угао закошености ламела - према карактеристикама климатских услова за сваку оријентацију посебно:

оријентација:	исток	југ	запад	север
угао закошености ламела	60°	5°	45°	-

- **материјализација** - оптичке карактеристике венецијанских ролетни:

огледалска рефлексија светлосног зрачења (ρ_v)	15%
дифузна рефлексија светлосног зрачења ($\rho_{v,dif}$)	44%
боја (средња RGB вредност)	0,52

Унутрашњи застори:

- моделовани код све четири оријентације
- **материјализација** - оптичке карактеристике унутрашњих застора:

огледалска рефлексија светлосног зрачења (ρ_v)	0%
дифузна рефлексија светлосног зрачења ($\rho_{v,dif}$)	46%
дифузна пропустљивост светлосног зрачења ($\tau_{v,n-h,dif}$)	22%
директна пропустљивост светлосног зрачења ($\tau_{v,n-n}$)	4%
укупна светлосна пропустљивост (τ_v)	26%
боја (средња RGB вредност)	0,52

Контрола застора:

- аутоматизована контрола са две групе застора (спољни и унутрашњи застори) - аутоматизованом контролом застора се одржава ниво осветљености радне површине у распону од 500 lx до 1800 lx

МОДЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ ОСВЕТЉЕЊА

Систем електричног осветљења:

- четири LED светиљке од 45 W
- четири зоне

Контрола електричног осветљења:

- аутоматизована контрола четири зоне којима се преко контролних сензора у нивоу радне површине регулише јачина светла у циљу одржања минималног прага осветљености од 500 lx у нивоу радне површине
- систем је констатно укључен у периоду коришћења простора

КОНТРОЛА СИМУЛАЦИЈЕ

Параметри за подешавање симулације перформанси дневне светлости:

параметар:	- ab	-ad	-as	-ar	-aa
вредност параметра	7	1500	20	300	0,05

Параметри за подешавање симулације енергетских перформанси:

назив параметра	јединица	вредност
кофицијент ефикасности система за грејање		0,8
кофицијент ефикасности система за хлађење		3,0
унутрашња пројектна температура за загревање ($\theta_{i,H}$)	[°C]	22
унутрашња пројектна температура за загревање када се простор не користи	[°C]	15
унутрашња пројектна температура за хлађење ($\theta_{i,C}$)	[°C]	26
унутрашња пројектна температура за хлађење када се простор не користи	[°C]	32

Варијабилни параметри у симулацији су оријентација и модели фасаде, стакла и застора. Варијабилни параметри ове симулације сумирани су у табели 3.16.

ТАБЕЛА 3.16: Варијабилни параметри симулације

оријентација	модел фасаде	модел стакла	модел застакљења
исток	M50	G01 (80.73.1,3)	v.0 (без застора)
југ	M60	G02 (80.60.1,1)	v.1 (са засторима)
запад	M70	G03 (72.62.0,7)	
север	M85	G04 (72.52.0,7)	
		G05 (62.50.0,7)	
		G06 (62.37.0,7)	
		G07 (54.48.0,7)	
		G08 (54.31.0,7)	

4 РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

У овом поглављу приказани су резултати прорачуна, поређење и анализа резултата за перформансе дневне светлости и енергетске перформансе модела индивидуалног канцеларијског простора.

Перформансе дневне светлости анализирани су преко нумеричких вредности метрике дневне светлости и преко просторне дистрибуције поменуте метрике. Анализа је изведена коришћењем резултата просторне аутономије дневне светлости ($DA_{500lx}[50\%]$), просечне стандардне (временске) (DA), максималне (DA_{max}) и континуалне (DA_{con}) аутономије дневне светлости и преко резултата доступности дневне светлости.

Енергетске перформансе анализирани су за просторе са и без интегрисаних застора. Код обе групе простора изведени су прорачуни за два модалитета вентилације простора - природна и принудна (механичка) вентилација. Енергетске перформансе модела анализирани су поређењем топлотних добитака и губитака преко стакла и потреба простора за енергијом за осветљење, загревање и хлађење. Потребе простора за енергијом за загревање и хлађење добијене су једноставном конверзијом топлотног оптерећења простора са усвојеним коефицијентима ефикасности система за загревање и хлађење простора. Резултати су ранжирани и анализирани са аспекта уштеда у потрошњи енергије. Уколико постоје, уштеде у потрошњи енергије анализирани су у односу на минимални степен застакљења који се користи у анализи: степен застакљења од 50%.

Основни предмет овог истраживања су светлосне и енергетске перформансе индивидуалних канцеларијских простора, код којих су првенствено задовољени услови визуелног и светлосног комфора. У просторима код којих нису интегрисани застори у фасадном зиду, наведени услови комфора не могу бити задовољени (осим при северној оријентацији простора). Резултати симулације код простора без застора анализирани су у циљу приказа промена које настају са применом застора и задовољењем услова комфора у простору, према усвојеним улазним параметрима модела и параметрима за контролу симулационог процеса. Резултати анализе простора без интегрисаних застора значајни су за приказ потенцијала моделованог простора за искоришћење дневне светлости и соларног зрачења.

У симулационом процесу варирани су степен застакљења фасаде, врста стакла и оријентација простора. Резултати анализе изложени су у функцији сваког варијабилног параметра посебно, са нагласком, наравно, на предмету анализе – степену застакљења фасаде.

Прикази са упоредним анализама дати на сликама и у табелама у оквиру овог поглавља, док су добијене нумеричке вредности симулације детаљно приказане у Прилогу 4.

4.1 Анализа резултата светлосних перформанси простора

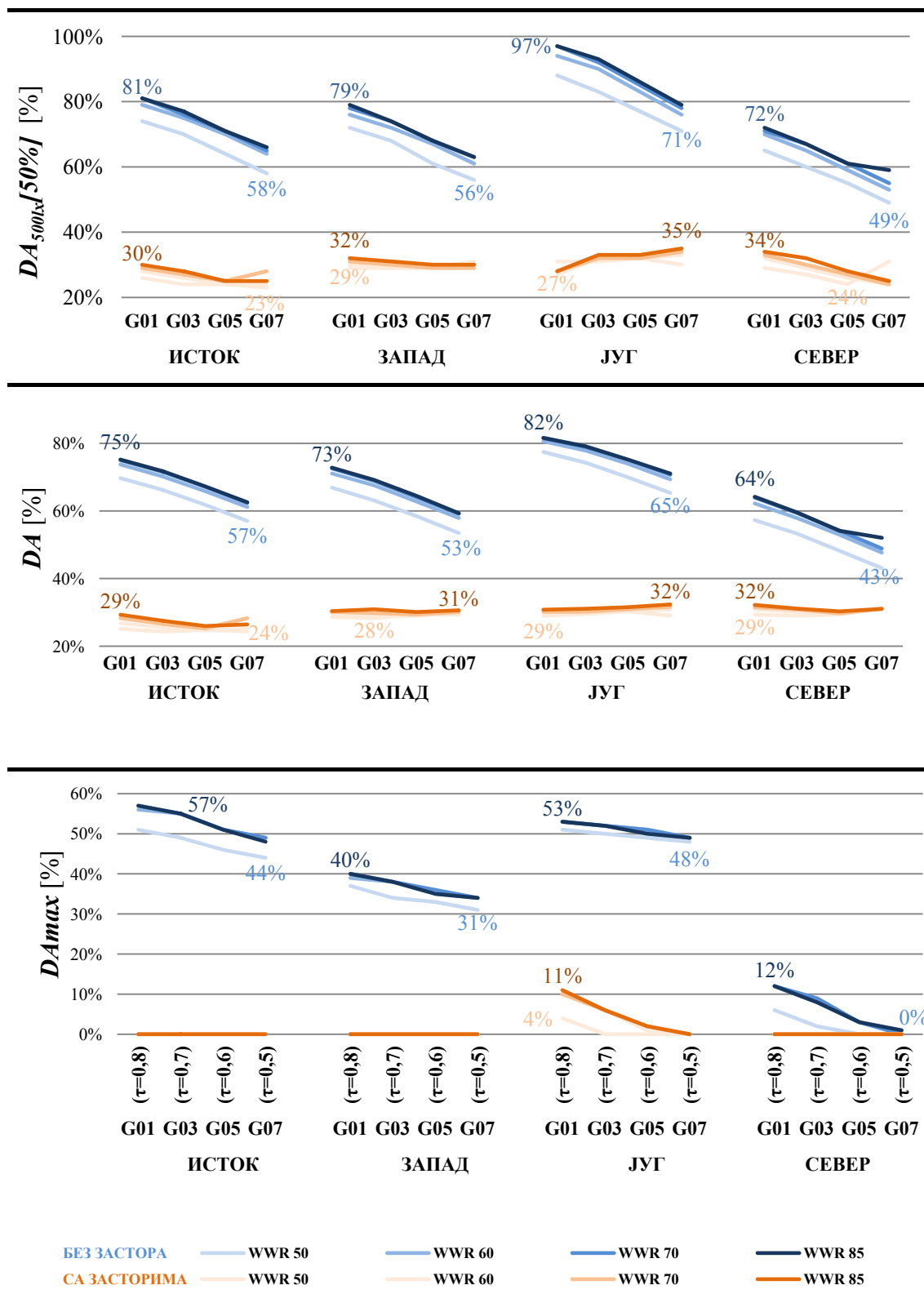
Просторна зона осветљена дневном светлости распростире се непосредно уз фасадни зид. Са повећањем растојања од фасадног зида, наравно, опада интензитет дневне светлости у нивоу радне површине. Зона простора која се сматра да је адекватно/аутономно осветљена дневним светлом, изражена у просторним димензијама, представља зону у којој је вредност осветљености у нивоу дефинисане радне површине, једнака или већа од половине максималне вредности одговарајуће метрике (максимална вредност у контролном сензору у простору) (деталније објашњење је дато у Прилогу 4.1).

Модели простора без застора. Код простора без примењених застора, при свим оријентацијама простора, површина зоне аутономно осветљене дневним светлом, **повећава се са повећањем степена застакљења** (табела 4.1, стр.103 - дијаграм $DA_{500lx}[50\%]$) **и са повећањем светлосне пропустљивости стакла** (у оквиру истог степена застакљења) (табела 4.3, стр.111).

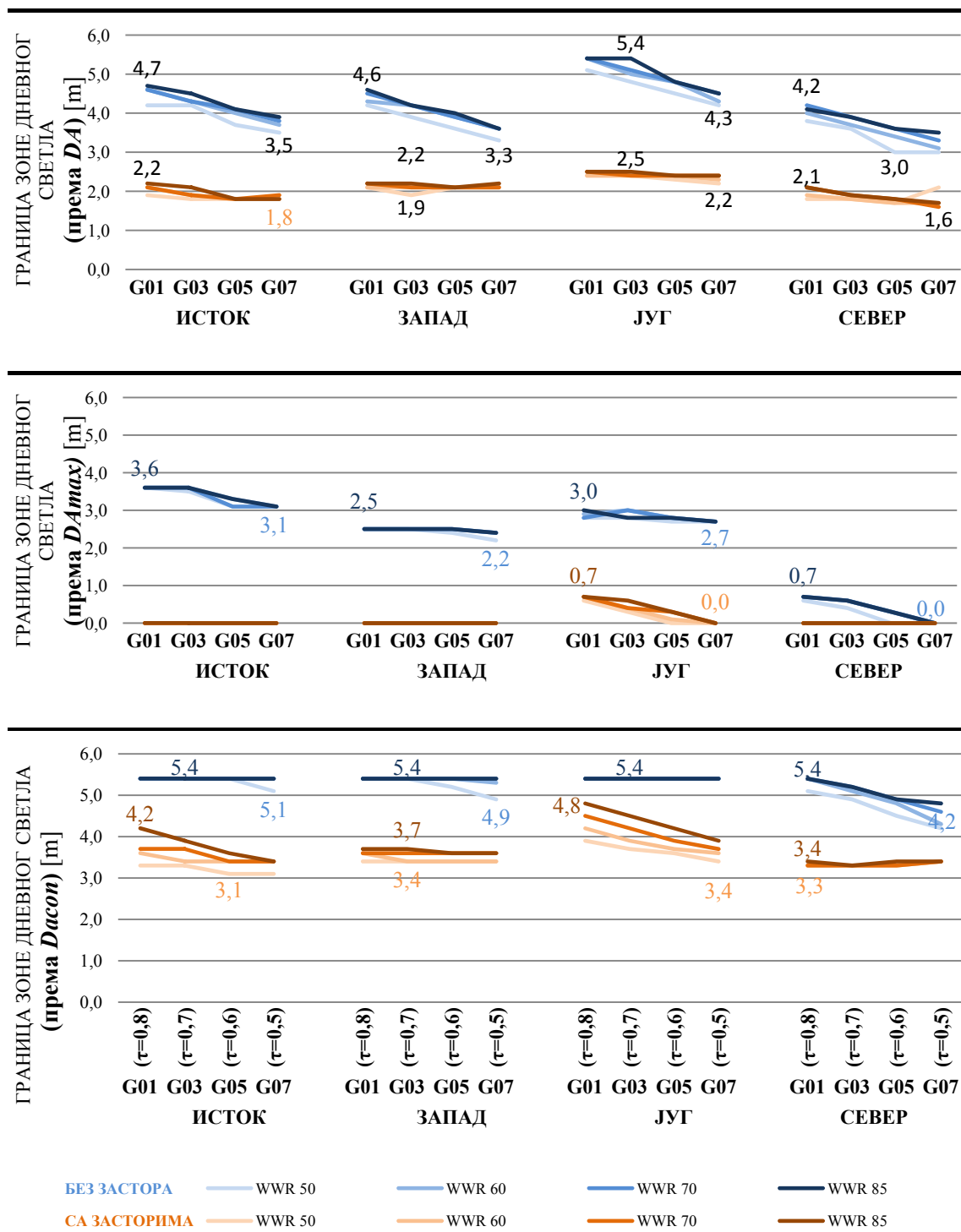
При свим оријентацијама, повећање степена застакљења са 50% на 60% остварује приметну разлику у површини осветљеној дневним светлом (5% до 6%). Разлика се смањује са повећањем степена застакљења, тако да са повећањем степена застакљења са 60% на 70%, разлика у површини осветљеној дневним светлом је изузетно мала и износи око 1% до 2%. Са повећањем степена застакљења са 70% на 85% разлика је толико минимална да износи испод 1% или је уопште нема. Према томе, за усвојене димензије простора, са ширином фасадног зида од 3,0 m и чистом висином од 2,8 m, на којој је позиционирана и горња ивица отвора, и фасадно застакљење без застора, после степена застакљења од 70%, при свим оријентацијама простора и код свих модела застакљења без застора, уштеде у потрошњи енергије за осветљење су минималне или уопште не постоје.

Када се примене застори, ситуација се мења. Минималне потребе за енергијом за осветљење остварују се код степена застакљења од 85%, за све оријентације осим северне. Са применом застора редукује се интензитет осветљености на радној површини, тако да код степена застакљења од 85% потенцијали за искоришћење дневне светлости још увек нису достигнути.

ТАБЕЛА 4.1: Упоредни графички приказ метрике дневне светлости: ПРОСТОРНЕ ($DA_{500lx}[50\%]$), СТАНДАРДНЕ/ВРЕМЕНСКЕ (DA) и МАКСИМАЛНЕ (D_{max}) аутономије дневне светлости, за све оријентације простора (са и без застора)



ТАБЕЛА 4.2: Упоредни графички приказ границе зоне осветљене дневним светлом према различитој метрици перформанси дневног светла: стандардна (DA), континуална (DAcon) и максимална (DAmax) аутономија дневне светлости

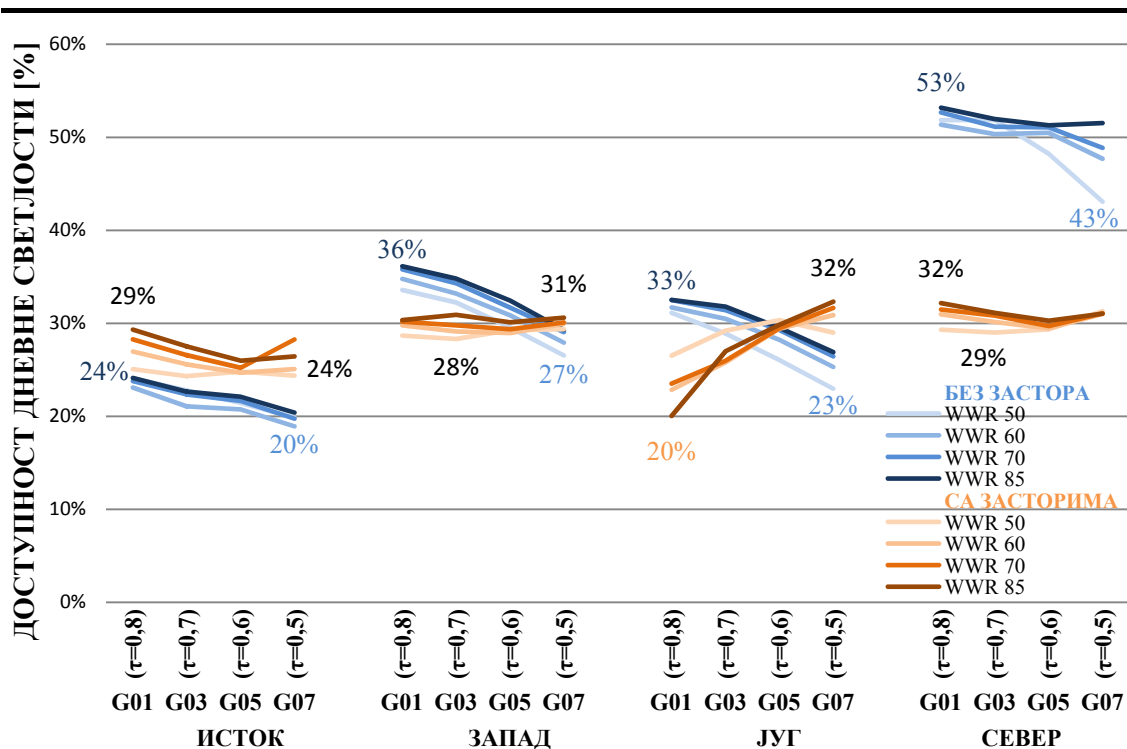


Источно и западно оријентисани простори показују велике сличности у светлосним и енергетским перформансама. Код обе оријентације, фасаде су изложене инсолацији у периоду од око пола радног времена. Западно оријентисана страна је краће изложена инсолацији из разлога употребе ограниченог времена коришћења простора и из разлога што се у Србији примењује летње рачунање времена. Са померањем једног сата унапред током летњег рачунања времена, позиција Сунца на почетку радног времена (7:00 сати) у летњем периоду, у ствари представља позицију Сунца за 6:00 сати (код зимског рачунања времена), па је источна страна, током летњег периода, осунчана један сат дуже у периоду радног времена. Ситуација са ограничењем времена коришћења простора, скраћује период инсолације у току радног времена на западно оријентисаној страни. Ипак, иако је источна страна дуже осунчана, интензитет зрачења је слабији у јутарњим часовима, него у поподневним. Разлика у интензитету зрачења, али и у позицији Сунца, надокнађује разлику у периодима инсолације фасаде, тако да годишње светлосне и топлотне перформансе источно и западно оријентисане фасаде приказују скоро сличне резултате. Када не би постојало ограничење времена коришћења простора, западно оријентисани простори би имали дужи период интензивне инсолације и тиме другачије светлосне и енергетске перформансе.

Код источне и западне оријентације, површина зоне која је аутономно осветљена дневном светлости скоро је иста (за праг осветљености од 500 lx) (табела 4.1, стр.103 - дијаграм $DA_{500lx}[50\%]$). Просторна аутономија дневне светлости ($DA_{500lx}[50\%]$) код простора оријентисаних ка истоку, креће се у распону од 58% до 81%, док је при западној оријентацији простора резултат за $DA_{500lx}[50\%]$ веома сличан и креће се у распону од 56% до 79%. Такође, и временски период у којем је ниво радне површине аутономно осветљен дневном светлости је сличан. Код источно оријентисаних простора просечна аутономија дневне светлости (DA) износи од 57% до 75% времена коришћења простора, а код западно оријентисаних простора износи од 53% до 73% времена коришћења простора (табела 4.1, стр.103 - дијаграм DA). Временски и просторно, аутономна осветљеност дневном светлости је за неколико процента већа при источној оријентацији (у односу на западну). Мало веће и дуже искоришћење дневне светлости у источно

оријентисаним просторима јасно се одсликава и у потребама простора за енергијом за осветљење, где су потребе за енергијом источно оријентисаних простора просечно ниже у односу на западно оријентисане просторе (слика 4.2, стр.108).

Озбиљнија разлика у потребама простора за енергијом за осветљење између источно и западно оријентисаних простора појављује се када су у фасадном застакљењу примењени застори, јер се са интеграцијом застора мењају услови осветљења у простору (у циљу одржања светлосног и визуелног комфора). Временска и просторна аутономност осветљености дневним светлом у великој мери зависе од интензитета осветљености радне површине и присутности директног зрачења у простору. Па тако, иако имају сличну просторно и временски изражену аутономију дневне светлости, разлика која се појављује између источно и западно оријентисаних простора (без примењених застора) видљива је у присуству високог интензитета осветљености у нивоу радне површине (*DAm_{ax}*). Из овог разлога, значајно се разликује и потенцијал за искоришћење дневне светлости. Присуство максималне аутономије светлости обично представља индицију да је у контролним сензорима, који је региструју, присутно директно зрачење. Присуство максималне аутономије је значајно временски заступљеније код источно оријентисаног простора (од 44% до 57% времена коришћења простора) (табела 4.1, стр.103 - дијаграм *DAm_{ax}*) и просторно значајно дубље продире (од 3,1 m до 3,6 m) (табела 4.2, стр.104 - дијаграм према *DAm_{ax}* и (ПРИЛОГ 4.1) табела 1.1). Источно оријентисани простори осунчани су од јутарњих часова до поднева (у летњем периоду инсолација траје пет до шест сати), када је Сунце релативно ниско, тако да директно зрачење продире дубоко у простор. Код западно оријентисаног простора, током времена коришћења простора, осунчаност траје краћи период (три до четири сата у поподневним часовима), а позиције Сунца су током времена инсолације више. Стога је присуство максималне аутономије дневне светлости (*DAm_{ax}*) временски краће код западно оријентисаних простора (од 31% до 40% времена коришћења простора) и заузима мању површину, пружајући се у дубину простора од 2,2 m до 2,5 m.



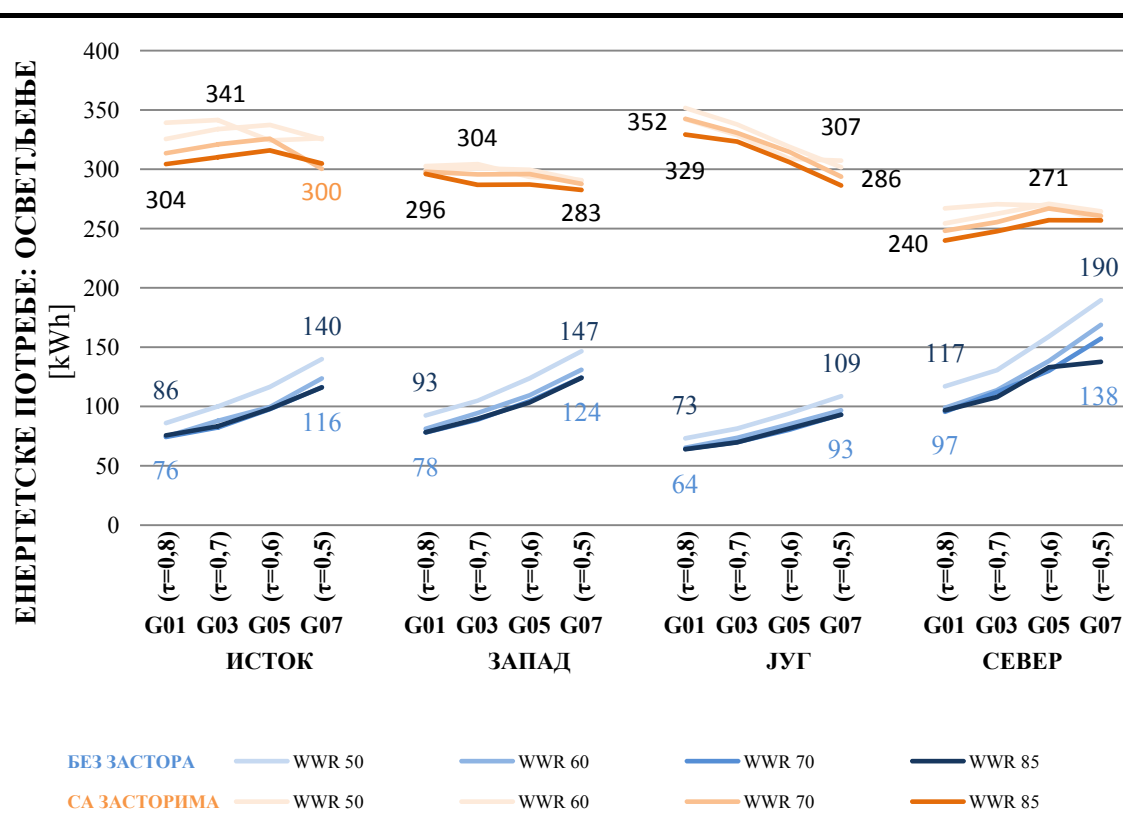
СЛИКА 4.1: Упоредни графички приказ ДОСТУПНОСТИ ДНЕВНЕ СВЕТЛОСТИ за све комбинације степена застакљења и светлосне пропустљивост стакла, са и без примењених застора, према све четири оријентације

Потенцијал искоришћења дневне светлости, који се изражава параметром доступности дневне светлости, релевантан је за процену простора када се примене застори. Као што параметар аутономије дневне светлости (DA) указује на временски потенцијал простора у којем није потребно користити електрично осветљење, параметар доступности дневне светлости указује на временски потенцијал у којем у простору није потребно користити електрично осветљење, али укључује само оне сегменте простора у којем није присутна максимална аутономија дневне светлости (DA_{max}), односно, сегменте простора у којем није регистрован изузетно висок ниво осветљености у више од 5% времена коришћења простора. У овом случају, региструје се ниво осветљености изнад 5000 lx (као десетострука вредност дефинисаног прага осветљености од 500 lx).

Постојање разлике у интензитету осветљености радне површине проузрокује да је потенцијал за искоришћење дневне светлости при источно оријентисаним

просторима мањи - доступност дневне светлости се креће у распону од 20% до 24% времена коришћења простора (слика 4.1, стр.107). Потенцијал за искоришћење дневне светлости, код западно оријентисаног простора, већи је и износи од 27% до 36% времена коришћења простора.

Са примењеним засторима, као што указује вредност доступности дневне светлости у просторима без застора, потребе за енергијом за осветљење у западно оријентисаним просторима су мање у односу на источно оријентисане просторе (слика 4.2).



СЛИКА 4.2: Упоредни графички приказ потребе простора за ЕНЕРГИЈОМ ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ, за све комбинације степена застакљења и светлосне пропустљивости стакла, са и без примењених застора, према све четири оријентације

Јужно оријентисани простори су осунчани скоро током укупног времена коришћења простора. Из овог разлога, у зависности од степена застакљења и светлосне пропустљивости стакла, простор је аутономно осветљен дневном светлости у распону од 65% до 82% времена коришћења простора. Просторно изражена, аутономија дневне светлости заступљена је у 71% до 97% површине

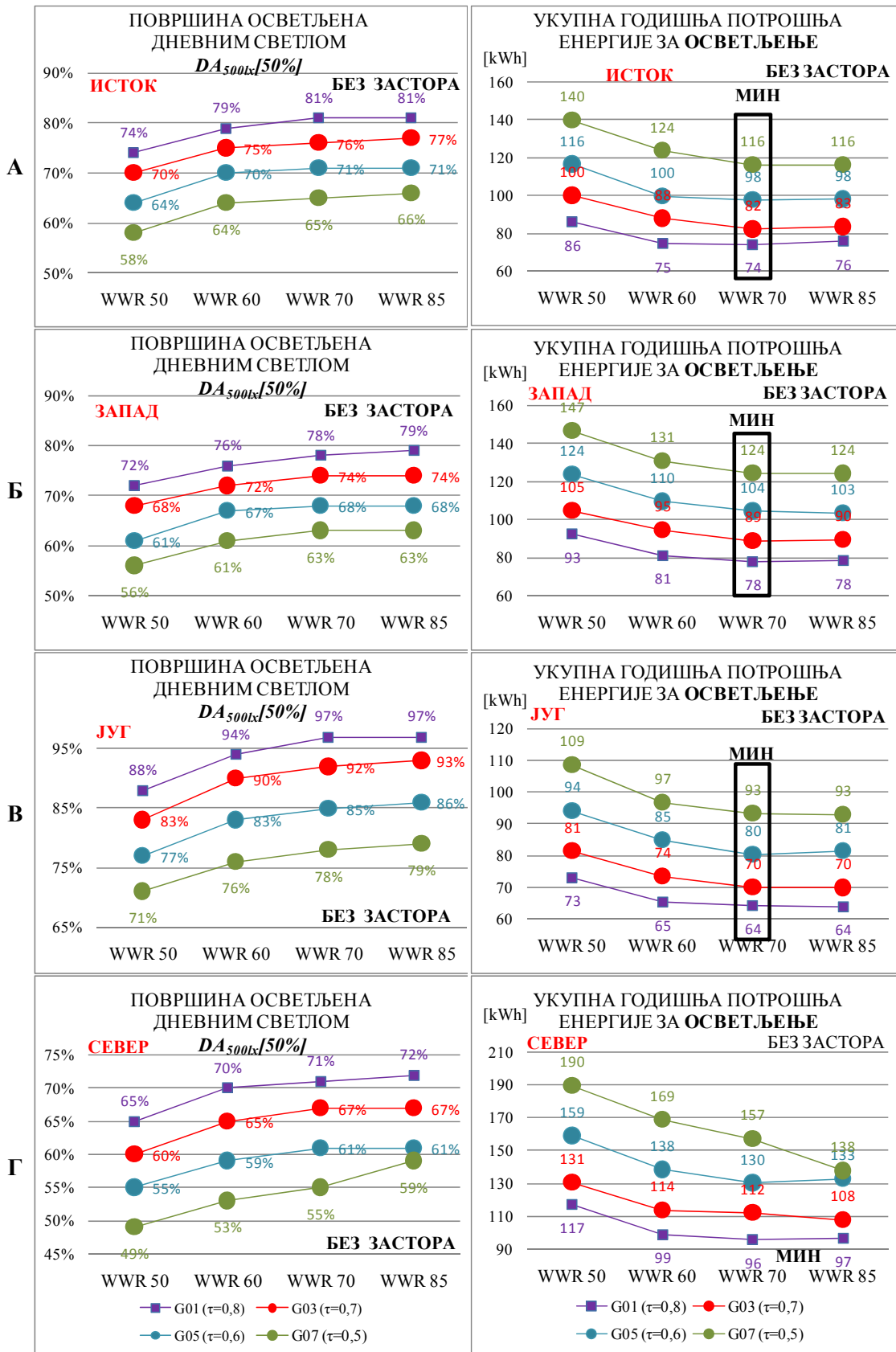
простора. У зимском периоду, јужно оријентисани простори су изложени ниској позицији Сунца. Ниска позиција Сунца проузрокује продор директног зрачења дубоко у простор. Због тога је присуство високог интензитета осветљености (*D_{max}*) веома интензивно у нивоу радне површине. Висок ниво осветљености појављује се у распону од 48% до 53% времена коришћења и обухвата зону која продире од 2,7 m до 3,0 m дубине простора од фасаде.(слика 4.2 и (ПРИЛОГ 4.1) табела 1.3). Иако су, код јужно оријентисаних простора, просторна и временска аутономија дневне светлости изразито веће у односу на источно и западно оријентисане просторе, доступност корисне дневне светлости износи од 23% до 33% времена коришћења простора, што је релативно мање у односу на западну оријентацију (слика 4.1, стр.107). Дуги период изложености простора директном зрачењу управо је разлог што је доступност дневне светлости толико нижа у односу на временски и просторни потенцијал осветљености. Будући да доступност дневне светлости није параметар на основу којег се процењују потребе простора за енергијом за осветљење, потребе за енергијом за осветљење код јужно оријентисаних простора су најниже у односу на остале оријентације (слика4.2, стр.108). Мала доступност (тзв. "корисне") дневне светлости при јужно оријентисаним просторима, јасно је уочљива са применом застора, када су енергетске потребе за осветљењем просечно највеће у односу на све остале оријентације.

Потенцијали за искоришћење дневне светлости код северно оријентисаних простора су значајно другачији у односу на потенцијале поменутих оријентација. Северно оријентисани простори изложени су директном соларном зрачењу у изузетно кратком периоду. Због тога се максимална аутономија светлости (*D_{max}*) годишње појављује највише 12% времена коришћења простора, само код простора са стаклима чија је светлосна пропустљивост већа од 60% ((ПРИЛОГ 4.1) табела 1.4). При том, *D_{max}* заузима веома малу површину простора, непосредно уз фасаду, која се пружа у дубину простора до највише 0,7 m (табела 4.1, стр.103 - дијаграм *D_{max}*, табела 4.2, стр.104, дијаграм према *D_{max}*). У овом истраживању, прва позиција корисника, која је најближа фасади, лоцирана је на 1,0 m од фасаде, тако да се, код северно оријентисаних простора без примене застора, не региструје присуство бљештања у простору. Северно оријентисани

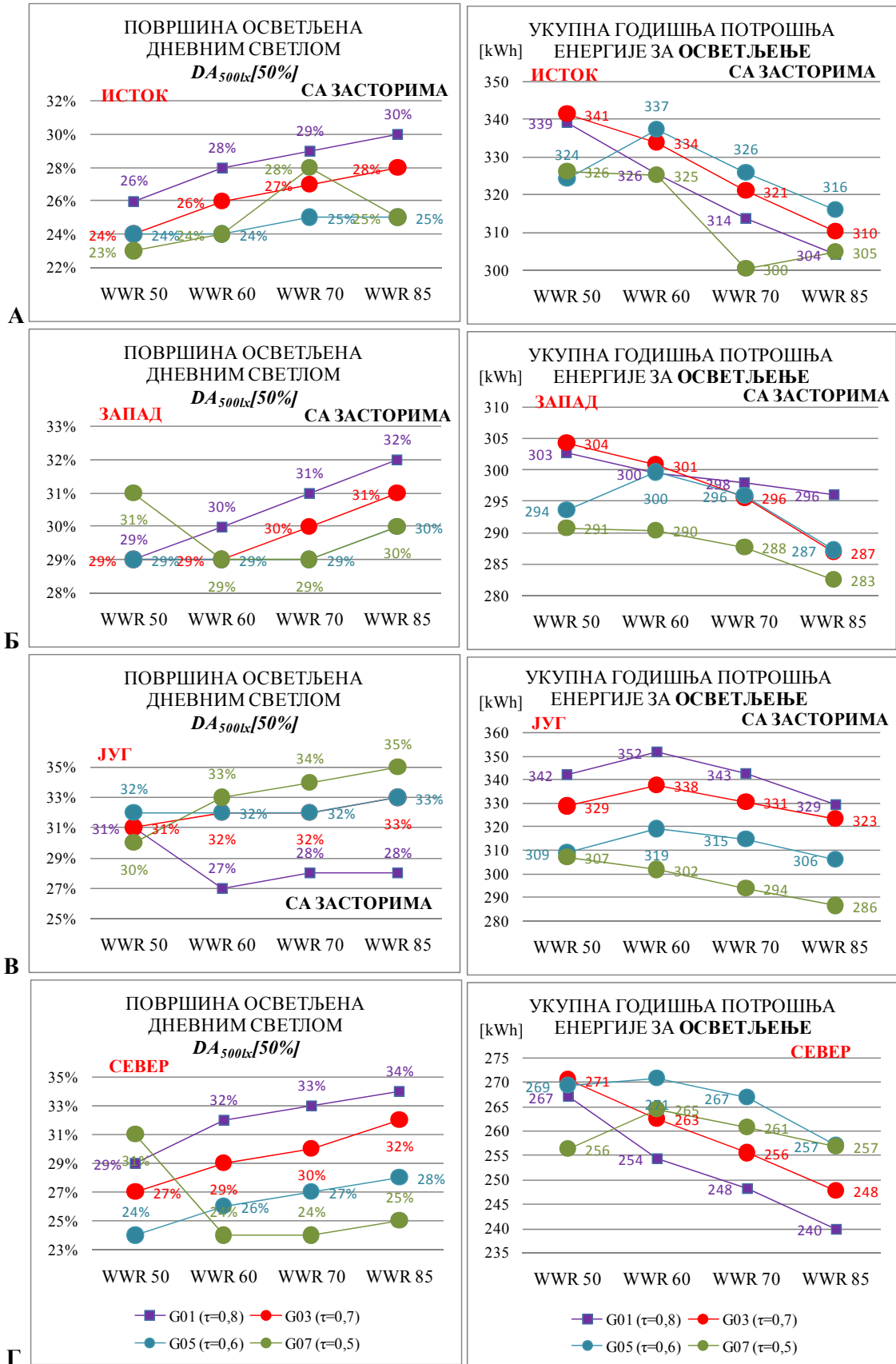
простори, без застора, аутономно су осветљени дневном светлости у распону од 43% до 64% времена коришћења простора, односно, у распону од 49% до 72% површине простора (табела 4.1, стр.103 - дијаграми за $DA_{500lx}[50\%]$ и DA). Просторна и временска аутономија дневне светлости остварују најнижи распон у односу на све друге оријентације простора. Стога, у категорији простора код којих нису примењени застори у систему застакљења, северно оријентисани простори показују највеће потребе за енергијом за осветљење (слика 4.2, стр.108), али им је, захваљујући изложености само дифузној дневној светлости, потенцијал за искоришћење дневне светлости изузетно висок у односу на све остале оријентације (износи од 43% до 53% времена коришћења простора) (слика 4.1, стр.107).

Код простора код којих нису примењени застори, са повећањем светлосне пропустљивости стакла, код сваке оријентације у оквиру истог степена застакљења, повећава се просторна и временска аутономија дневне светлости и тиме и искоришћење дневне светлости (табела 4.3, стр.111). При свим оријентацијама простора, највећа површина осветљена дневном светлости остварује се код стакла са максималном светлосном пропустљивости од 80%. Стога су потребе за енергијом за осветљење најмање код стакла са високом светлосном пропустљивости (модел стакла: G01 (80.73.1,3)). Као што је већ поменуто, после степена застакљења од 70% разлика у осветљености простора је минимална, тако да се минималне енергетске потребе за осветљењем остварују управо код степена застакљења од 70% и стакла са максималном светлосном пропустљивости од 80%. Са даљим повећањем степена застакљења не остварују се више уштеде у потребама за енергијом за осветљење. У категорији сваке групе стакла, у просторима без застора, најмање потребе за енергијом за осветљење остварују се код јужно оријентисаних простора (табела 4.3 - В, стр.111).

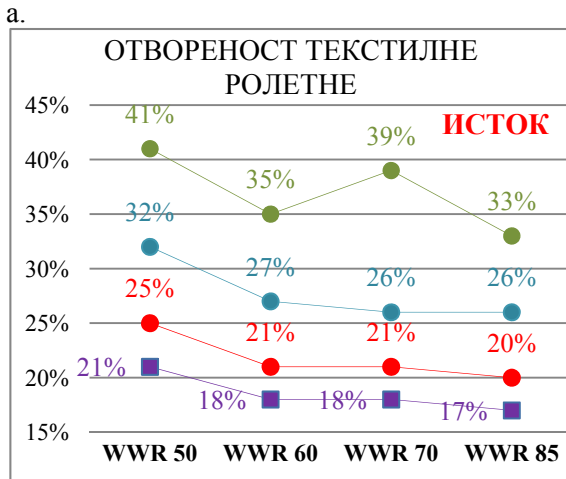
ТАБЕЛА 4.3: Осветљеност површине и ен. потребе за осветљење (без застора)



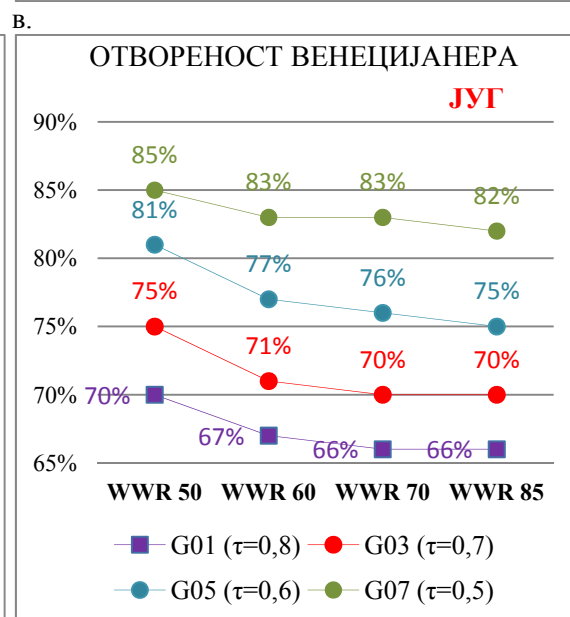
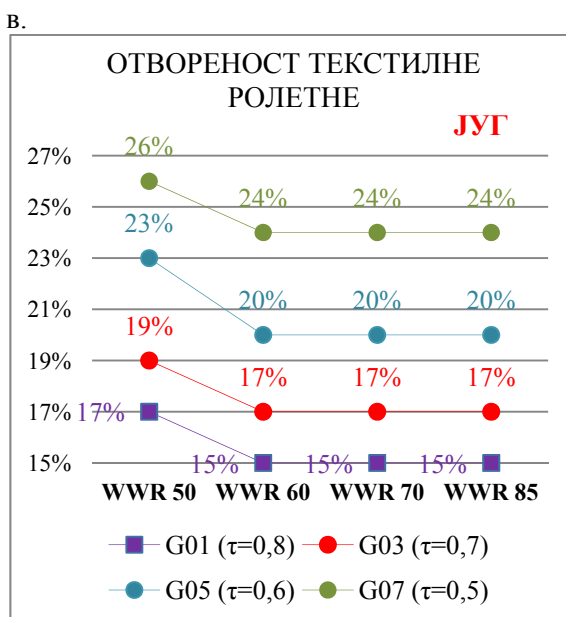
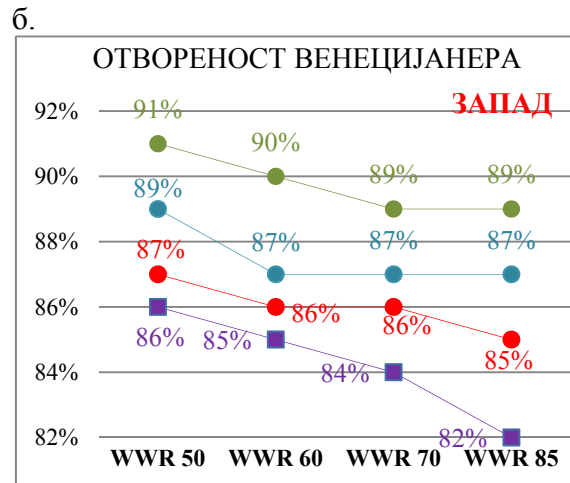
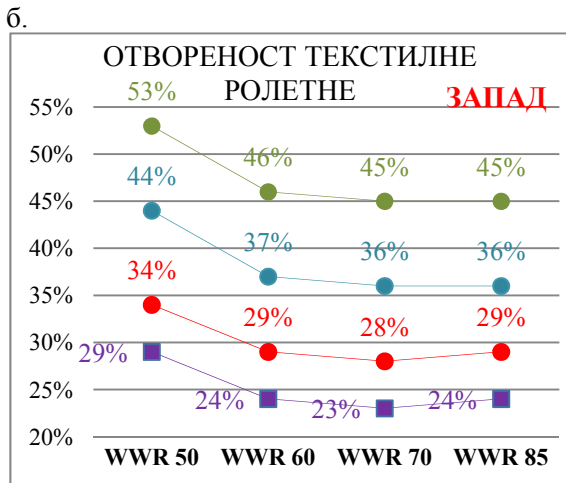
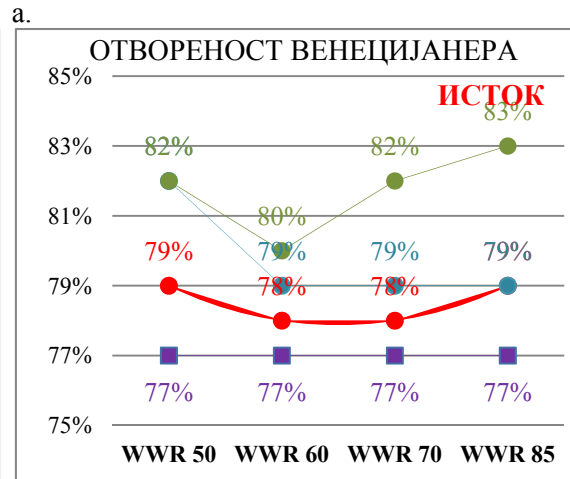
ТАБЕЛА 4.4: Осветљеност површине и годишње енергетске потребе за осветљењем



ТАБЕЛА 4.5: Отвореност текстилне ролетне при источној, западној и јужној оријентацији простора



ТАБЕЛА 4.6: Отвореност венецијански застора при источној, западној и јужној оријентацији (угао закошености ламела 50°, 45° и 5°, респективно)



Важно је још једном напоменути да наведене потребе за енергијом за осветљење у просторима без примењених застора, представљају минималне потребе за услов када у простору нису задовољени услови визуелног и светлосног комфора. Тек са применом одговарајућих застора, којима се врши контрола комфора у простору, можемо говорити о реалним могућностима за искоришћење дневне светлости и уштеде у потрошњи енергије за осветљење.

Са применом застора на истим горе анализираним моделима, ситуација постаје другачија. Јужна оријентација простора, код које су у просторима без примене застора, установљене најмање потребе за енергијом за осветљење, са успостављањем визуелног и светлосног комфора у простору, остварује највеће потребе за енергијом за осветљење у односу на све остале оријентације.

Модели простора са засторима. Са применом унутрашњих и спољних застора просторно распростирање дневне светлости се уједначава, а разлике у интензитету осветљености се свде на мале распоне за све комбинације степена застакљења, светлосне пропустљивости стакла и оријентације ((Прилог 4.1 - табела 1). И код модела са примењеним засторима површина зоне аутономно осветљене дневним светлом повећава се са повећањем степена застакљења (табела 4.1, стр.103 - дијаграм $DA_{500lx}[50\%]$) и са повећањем светлосне пропустљивости стакла (табела 4.4, стр.112). Изузетак је једино јужна оријентација простора код које се са повећањем светлосне пропустљивости стакла, због високог нивоа осветљености спољне средине, застори више спуштају, проузрокујући да се просторна аутономија дневне светлости редукује у оквиру истог степена застакљења.

Површина аутономно осветљена дневним светлом, при свим оријентацијама простора, значајно се смањује у односу на резултате код простора без застора. Са применом застора источна и северна оријентација остварују сличне просторне карактеристике. Код северно оријентисаног простора, дубина простора аутономно осветљена дневним светлом, за праг осветљености од 500 lx, креће се око 1,8 m (± 10 cm) (табела 4.2 стр.104 и (Прилог 4.1 табела 1). Иста дубина зоне осветљене

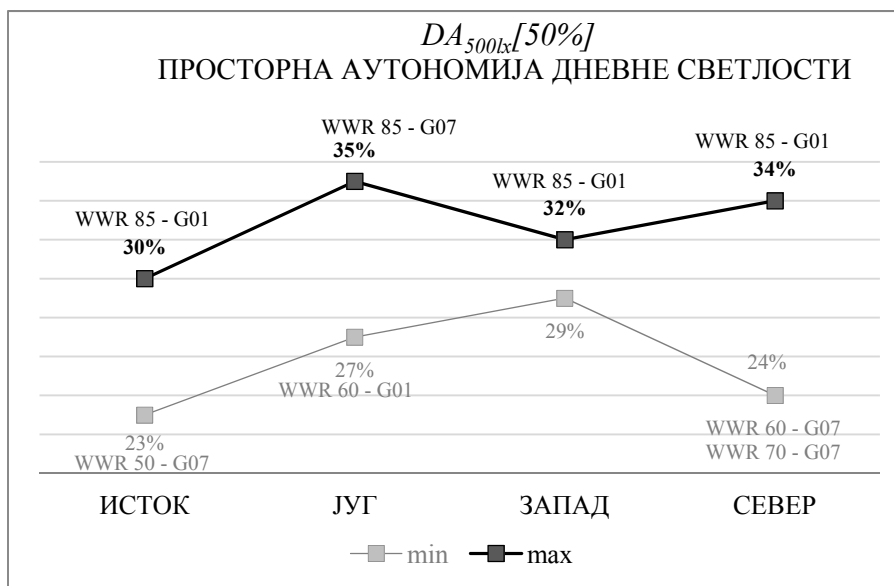
дневним светлом појављује се и код источно оријентисаних простора, код којих је специфично да се само при комбинацији високог степена застакљења и високе светлосне пропустљивости стакла, дубина простора повећава до 2,1 m. Просторна расподела аутономно осветљене зоне код источне и северне оријентације је скоро иста, али постоји разлика у интензитету осветљености: интензитет осветљености је већи код северно оријентисаних простора, будући да постоје само унутрашњи застори, који су у значајно дужем периоду отворени.

При западној оријентацији простора дубина простирања зоне аутономно осветљене дневном светлости је већа у односу на источну и северну и износи просечно око 2,1 m и 2,2 m. Код јужно оријентисаних простора појављују се највеће варијације у дубини простирања зоне аутономно осветљене дневном светлости. Просечно, дубина аутономно осветљеног простора креће се око 2,4 m до 2,5 m, а минимална износи 2,2 m.

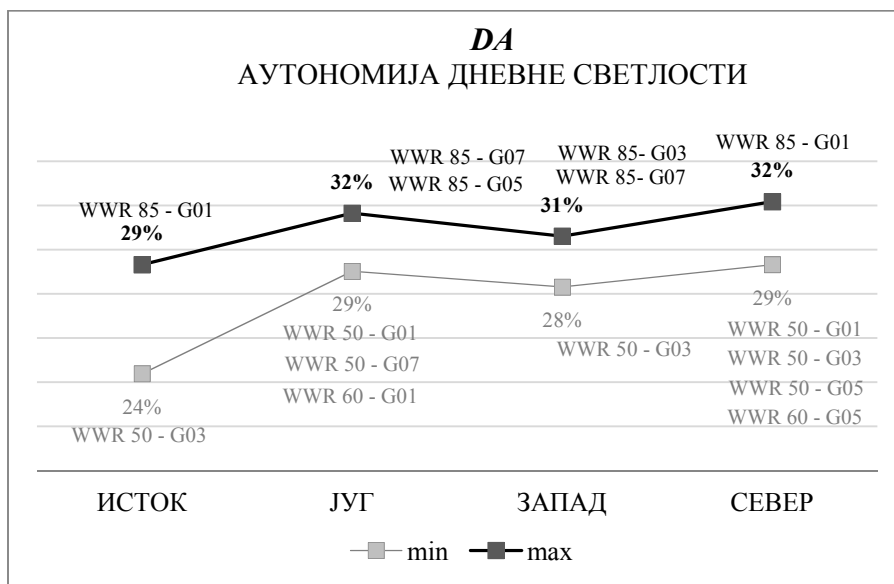
Висок интензитет осветљености на радној површини (DA_{max}) појављује се само код јужно оријентисаних простора (табела 4.1, стр.103 - дијаграм DA_{max} и (Прилог 4.1 - табела 1), у максималном трајању до 11% времена годишње (за период радног времена) и просторно је ограничена на уски појас непосредно уз фасадни зид, којим се не обухвата ниједна позиција корисника (односно, позиција контролних сензора). Висок ниво осветљености (DA_{max}) повећава се повећањем светлосне пропустљивости и степена застакљења, што је уједно и разлог за дуже коришћење застора и благи пад просторне аутономије дневне светлости ($DA_{500lx}[50\%]$) (са повећањем степена застакљења и светлосне пропустљивости стакла). При свим оријентацијама, услови визуелног комфора на свим позицијама корисника су задовољени, ни на једној од потенцијалних позиција корисника не појављује се узнемирујуће бљештање.

При свим оријентацијама, просторна аутономија дневне светлости ($DA_{500lx}[50\%]$) варира много мање (око 12%) у односу на ситуацију када у просторима нису примењени застори (варијабилност распона око 32%), а временски, простори су просечно аутономно осветљени дневним светлом од 29% до 32% времена коришћења (са изузетком источно оријентисаних простора) (табела 4.1, стр.103).

Мале варијације у резултатима зависе од комбинације варијабилних параметара, док веће разлике настају са променама динамике спуштања застора.



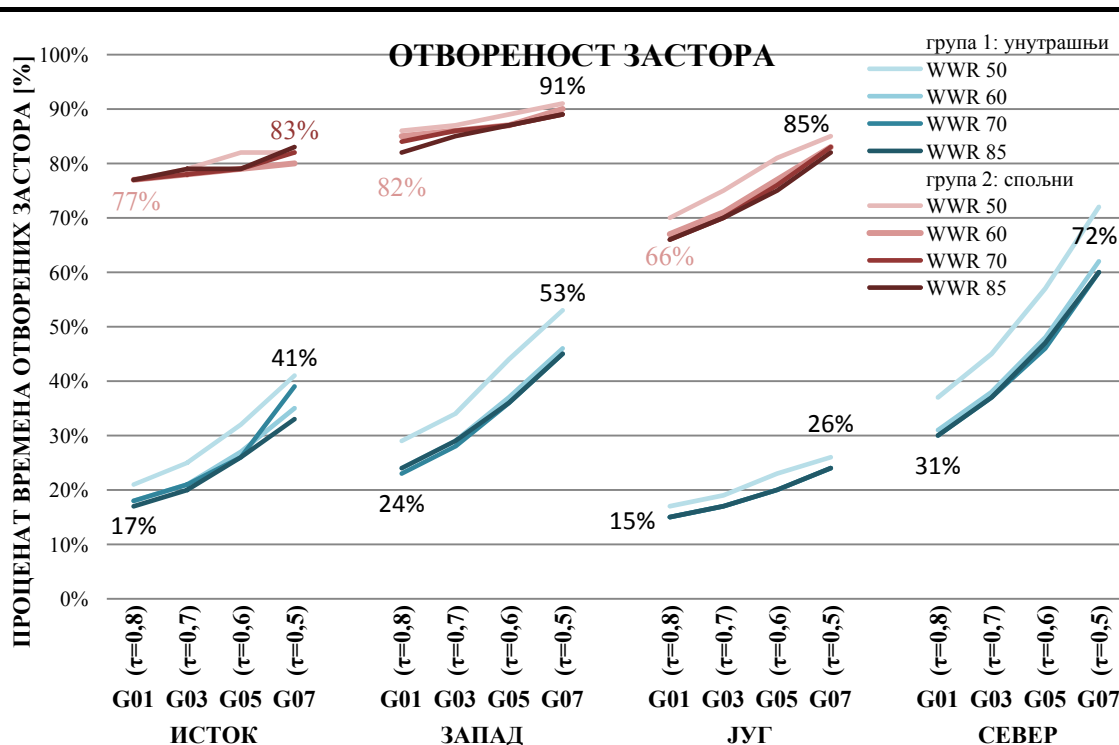
СЛИКА 4.3: Дијаграм минималних и максималних вредности просторне аутономије дневне светлости за све комбинације модела у функцији оријентације простора



СЛИКА 4.4: Дијаграм минималних и максималних вредности аутономије дневне светлости за све комбинације модела у функцији оријентације простора

Аутоматизована контрола динамике застора спушта засторе када ниво осветљености у контролним сензорима на радној површини достигне 1800 lx.

Када интензитет осветљености у свим контролним сензорима се спусти испод 1800 lx - застори се постепено отварају. Годишњи профил динамике спуштања застора код свих симулираних комбинација приказан је у Прилогу 4.1, табеле 3. Сумирани резултати приказани су у табелама 4.5 и 4.6 (стр.113) и на слици 4.5 (испод).



СЛИКА 4.5: Упоредни графички приказ времена ОТВОРЕНОСТИ СПОЉНИХ И УНУТРАШЊИХ ЗАСТОРА за све комбинације степена застакљења и светлосне пропустљивости стакла, према све четири оријентације простора

Функција унутрашњих застора је првенствено контрола дифузног зрачења на радној површини, с обзиром да укупна светлосна пропустљивост застора од 26% није у могућности да блокира присуство директног зрачења у простору, односно, вертикалну осветљеност, која утиче на појаву бљеска. Спољни застори су пројектовани да зауставе директно зрачење пре пристизања у простор и додатно контролишу појаву бљештања у простору.

Због своје функције, унутрашњи застори се током године, у периоду радног времена, веома мало отварају. Уколико се искључе утицаји интензитета

пристижућег светлосног зрачења у зависности од оријентације простора, на динамику спуштања унутрашњих застора утиче степен застакљења и светлосна пропустљивост стакла. У београдским климатским условима, промена степена застакљења са 50% на 60% значајно мења динамику спуштања унутрашњих застора. Са степеном застакљења од 50% кроз стакло се пропушта релативно мало светлости и застори остају дуже отворени. У београдским климатским условима, при свим комбинацијама стакла са степеном застакљења у распону од 60% до 85%, застори су мање времена отворени него код степена застакљења од 50% (табела 4.5 и 4.6, стр.113). Притом, разлика у динамици спуштања застора у оквиру степена застакљења од 60% до 85% је веома мала. Застори су годишње отворени у приближно истом проценту времена. Објашњење се налази у моделу фасадног зида М60, код којег је доња ивица стакла у нивоу радне површине за коју се ради анализа. Сво светлосно зрачење које продире у простор испод нивоа радне површине (на висини од 80 cm) не утиче значајно на осветљеност радне површине, те је промена динамике спуштања застора веома мала са повећањем степена застакљења после 60% .

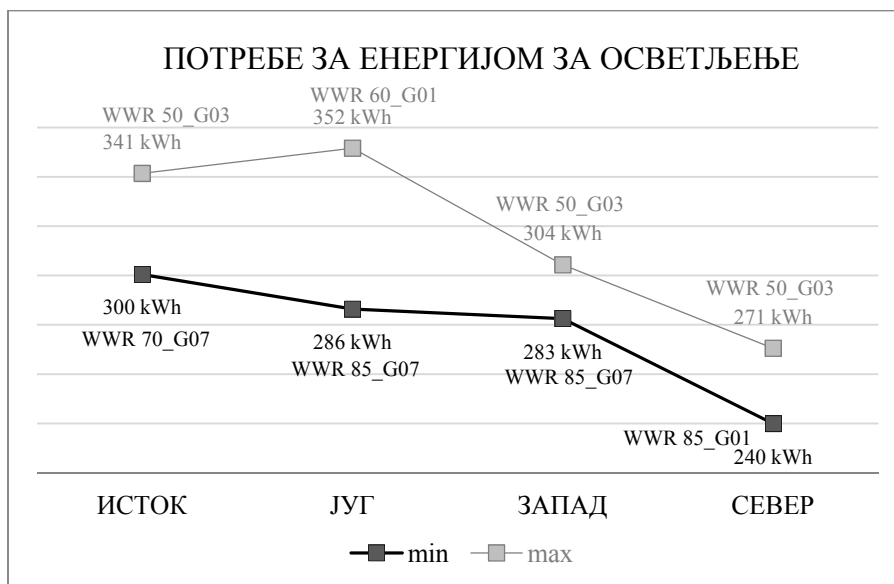
Светлосна пропустљивост стакла много више утиче на динамику спуштања застора. Са редукацијом светлосне пропустљивости стакла, у оквиру истог степена застакљења, стакла преузимају улогу застора, мање светлости се пропушта у простор и застори остају дуже отворени. Према томе, при комбинацији малог степена застакљења (М50) и мале светлосне пропустљивости стакла (G07, $\tau_v = 0,8$) проценат времена отворених застора би требало да је највећи. Међутим, описани принцип функционише само под условом да на фасади није присутно директно зрачење. Уколико је присутно директно зрачење, застори ће се спустити. Због овог услова, при западној и источној оријентацији модела М50 у комбинацији са стаклом мале светлосне пропустљивости (G07), настаје скок вредности просторне аутономије дневног светла ($DA_{500lx}[50\%]$). При северној оријентацији простор није уопште изложен директном зрачењу, а при западној оријентацији простор је у веома кратком периоду радног времена изложен директном зрачењу (табела 4.4, дијаграми Б и Г, страна 112).

На источној оријентацији директно зрачење је присутно на фасади око пет до шест сати у току преподнева. За модел са стаклом G07 ($\tau_v = 0,8$) у комбинацији са малим степеном застакљења (M50 и M60), због присутности директног зрачења у дужем периоду, застори остају спуштени. Озбиљније искоришћење дневне светлости може се десити само током поподневних часова радног времена. У комбинацији модела M70 са стаклом G07 ($\tau_v = 0,8$), велики део површине стакла појављује се испод нивоа радне површине, кроз коју продире у поподневним часовима додатно дифузно светлосно зрачење. Зрачење се рефлектује о површине простора стварајући светлији амбијент. У комбинацији модела M70 са стаклом мале светлосне пропустљивости G07 ($\tau_v = 0,8$), допринос додатне дифузне осветљености је толики да ниво осветљености на радној површини постаје уједначенији (нема наглих прелаза у осветљености), продире дубље у простор, што остварује скок вредности аутономије дневне светлости (просторно и временски) (дијаграми А, у табели 4.4 (стр.112) и табелама 4.5 и 4.6, (стр.113) и просторна расподела осветљености у табели (Прилог 4.1 - табела 1). Већ код степена застакљења од 85% (M85) рефлектовано зрачење у простору (пропуштено испод нивоа радне површине), доприноси да осветљеност радне површине прелази границу од 1800 lx, те су застори дуже спуштени. Због великог искоришћења рефлектованог светлосног зрачења, модел M70, у комбинацији са стаклом G07 ($\tau_v = 0,8$), остварује највеће искоришћење дневног светла код источно оријентисаних простора и остварује минималне потребе за енергијом за осветљење.

При свим оријентацијама код којих не доминира присуство директног зрачења на фасади са повећањем светлосне пропустљивости стакла благо се повећава просторна аутономија дневне светлости. Изузетке представљају горе наведени примери, када са редукцијом светлосне пропустљивости стакла, у периодима без присуства директног зрачења, застори остају отворени и комбинација остварује највеће искоришћење дневне светлости.

При јужној оријентацији директно соларно зрачење је интензивно присутно на фасади. Због тога се једино код јужно оријентисаних простора, са повећањем светлосне пропустљивости стакла, повећава проценат времена када су застори

спуштени и просторна аутономија дневне светлости опада. Код јужно оријентисаних простора, са променом светлосне пропустљивости стакла са G07 ($\tau_v = 0,5$) на G01 ($\tau_v = 0,8$), застори остају релативно дуже спуштени скоро 30% времена (дијаграм на слици 4.5, стр.117). Спољни застори при јужној оријентацији пројектовани су са углом закошености ламела од 5°, што значи да пропуштају висок ниво дифузне светлости и уједно, при високим позицијама Сунца, рефлектују директно зрачење према таваници у унутрашњости простора. Пропуштено директно зрачење кроз спољне засторе, при нижим позицијама Сунца, распршавају унутрашњи застори. Због тога су унутрашњи застори скоро константно спуштени - само у распону од 15% до 26% времена коришћења простора унутрашњи застори су отворени. Константно спуштени унутрашњи и спољни застори доприносе да је, при оријентацији са највишим нивоом пристижућег светлосног зрачења, у комбинацији са стаклом највеће светлосне пропустљивости, искоришћење дневне светлости најмање у односу на све остале оријентације простора и комбинације застакљења. Потребе за енергијом за осветљење код јужно оријентисаног простора, са високом светлосном пропустљивости стакла, просечно су највеће у односу на све остале оријентације простора.



СЛИКА 4.6: Минималне и максималне потребе моделованог простора за енергијом за осветљење у при различитим оријентацијама простора

Код северно оријентисане фасаде, са повећањем светлосне пропустљивости стакла, осветљеност се просторно повећава, што је логично, јер директно зрачење није присутно и нема спољних застора да додатно редукују пропустљивост светлости.

При свим оријентацијама моделованог простора, **са повећањем степена застакљења остварују се уштеде у потребној енергији за осветљење**. Уштеде су мале и у зависности од оријентације и светлосне пропустљивости стакла, не прелазе више од 10% (табела 4.7, стр.121). Највеће уштеде са променом степена застакљења настају код примене стакла са високом светлосном пропустљивости при оријентацији север и исток. Степен застакљења фасаде има велики утицај само у просторима код којих се промена степена застакљења дешава у површини стакла која је изнад равни за коју се ради анализа или при специфичним условима оријентације у комбинацији са стаклом са веома малом светлосном пропустљивости, као што је поменути случај источно оријентисаног модела са комбинацијом M70 - G07.

ТАБЕЛА 4.7: Уштеде у потребама енергије за осветљење са променом степена застакљења

УШТЕДЕ СА ПОВЕЋАЊЕМ СТЕПЕНА ЗАСТАКЉЕЊА					
оријентација	модел стакла	уштеде између модела:			
		M50 - M60	M60 - M70	M70 - M85	M50 - M85
ИСТОК	G01 ($\tau=0,8$)	-4%	-4%	-3%	-10%
	G03 ($\tau=0,7$)	-2%	-4%	-3%	-9%
	G05 ($\tau=0,6$)	4%	-3%	-3%	-3%
	G07 ($\tau=0,5$)	0%	-8%	1%	-8%
ЗАПАД	G01 ($\tau=0,8$)	-1%	-1%	-1%	-2%
	G03 ($\tau=0,7$)	-1%	-2%	-3%	-6%
	G05 ($\tau=0,6$)	2%	-1%	-3%	-2%
	G07 ($\tau=0,5$)	0%	-1%	-2%	-3%
ЈУГ	G01 ($\tau=0,8$)	3%	-3%	-4%	-4%
	G03 ($\tau=0,7$)	3%	-2%	-2%	-2%
	G05 ($\tau=0,6$)	3%	-1%	-3%	-1%
	G07 ($\tau=0,5$)	-2%	-3%	-3%	-7%
СЕВЕР	G01 ($\tau=0,8$)	-5%	-2%	-3%	-10%
	G03 ($\tau=0,7$)	-3%	-3%	-3%	-8%
	G05 ($\tau=0,6$)	1%	-1%	-4%	-5%
	G07 ($\tau=0,5$)	3%	-1%	-1%	0%

Искоришћење дневне светлости, зависи доминантно од контроле понашања застора у комбинацији са светлосном пропустљивости стакла и климатских карактеристика, према којима је простор оријентисан. Присуство или одсуство директног зрачења одлучује о нивоу искоришћења дневне светлости. Због тога, рангирање просечних енергетских потреба за осветљење према оријентацији простора одговара редоследу интензитета (спољне) осветљености фасаде (дијаграм на слици 4.6, стр.120). Будући да са повећањем степена застакљења, при свим оријентацијама, ипак остварују мале уштеде у енергетским потребама за осветљење, минималне енергетске потребе за осветљењем настају при највећем степену застакљења. За све оријентације изложене директном зрачењу, ниво минималних потреба за осветљењем је сличан и креће се у малом распону потребне енергије. Светлосна пропустљивост стакла је овде најмања како би се обезбедило што више времена са подигнутим засторима.

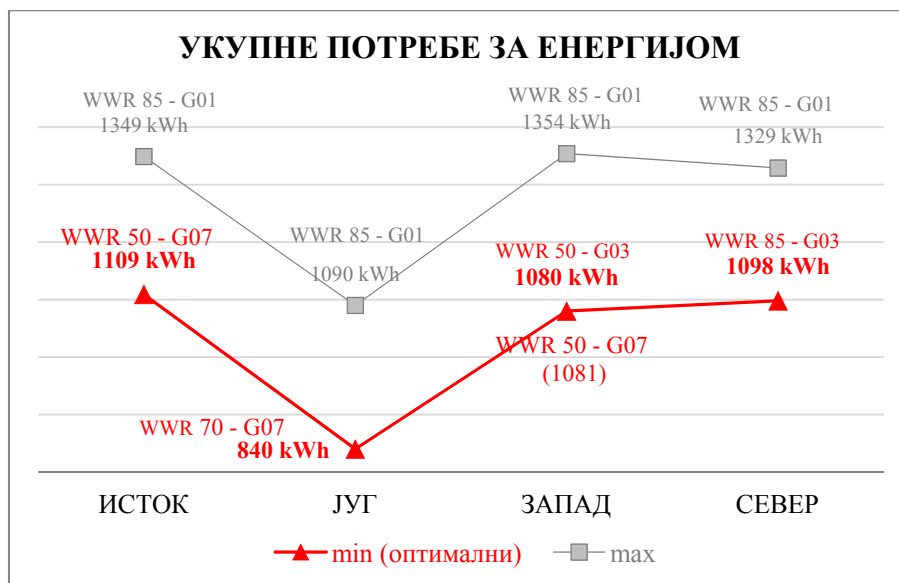
Према интензитету енергетских потреба за осветљење издваја се једино северна оријентација, код које није присутно директно зрачење на фасади, па је искоришћење дифузне дневне светлости највеће код стакла са високом светлосном пропустљивости при максималном степену застакљења.

ТАБЕЛА 4.8: Уштеде у потребама енергије за осветљење са променом светлосне пропустљивости стакла

оријентација		модел степена застакљења			
		промена	M50	M60	M70
ИСТОК	са G01 на G03	1%	3%	2%	2%
	са G03 на G05	-5%	1%	1%	2%
	са G05 на G07	1%	-4%	-8%	-4%
	са G01 на G07	-4%	0%	-4%	0%
ЗАПАД	са G01 на G03	1%	0%	-1%	-3%
	са G03 на G05	-4%	0%	0%	0%
	са G05 на G07	-1%	-3%	-3%	-2%
	са G01 на G07	-4%	-3%	-3%	-5%
ЈУГ	са G01 на G03	-4%	-4%	-3%	-2%
	са G03 на G05	-6%	-6%	-5%	-5%
	са G05 на G07	-1%	-5%	-7%	-6%
	са G01 на G07	-10%	-14%	-14%	-13%
СЕВЕР	са G01 на G03	1%	3%	3%	3%
	са G03 на G05	0%	3%	4%	4%
	са G05 на G07	-5%	-2%	-2%	0%
	са G07 на G01	4%	-4%	-5%	-7%

Са **редукцијом светлосне пропустљивости стакла у оквиру истог степена застакљења** приметне уштеде се остварују само при оријентацијама са присутним директним зрачењем, из разлога што потенцијал уштеда зависи од присутности директног зрачења. Јужна оријентација простора, стога, има највећи потенцијал уштеда, што се види у највећем распону између минималних и максималних енергетских потреба за осветљењем (слика 4.6, стр.120). При осталим оријентација распон између минималних и максималних потреба за осветљењем је мањи, тако да је и потенцијал уштеда мањи. Будући да код јужне оријентације простора постоји највећи потенцијал за уштеде у потребама за енергијом за осветљење, са редукцијом светлосне пропустљивости стакла са 50% (G07) на 80% (G01), уштеде се крећу и до 15% (табела 4.8, стр.122). При источној и западној оријентацији уштеде износе до 5%. При северној оријентацији уштеде се постижу не са смањењем, већ са **повећањем светлосне пропустљивости стакла**. Уштеде на северној оријентацији износе до 7%.

4.2 Анализа резултата енергетских перформанси простора



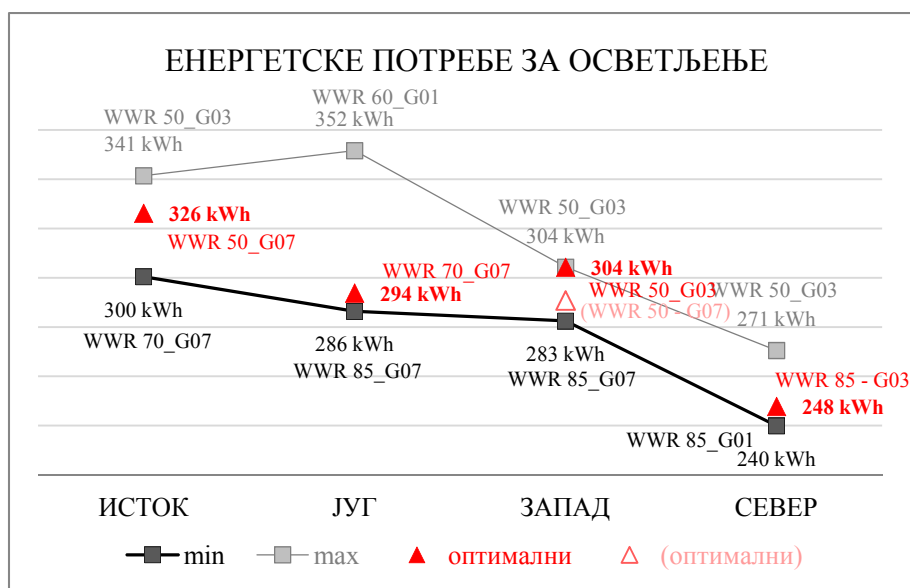
СЛИКА 4.7: Дијаграм минималних и максималних укупних потреба за енергијом (загревање, хлађење, осветљење) за различите оријентације простора у климатским условима Београда

У укупним потребама за енергијом (за сектор осветљења, загревања и хлађења простора) најмање потребе остварују се код простора који су оријентисани према југу. Простори оријентисани ка истоку, западу и северу остварују слични ниво потреба за енергијом. При томе, само код јужно и северно оријентисаних простора минималне потребе за енергијом настају код простора са високим степеном застакљења (слика 4.7):

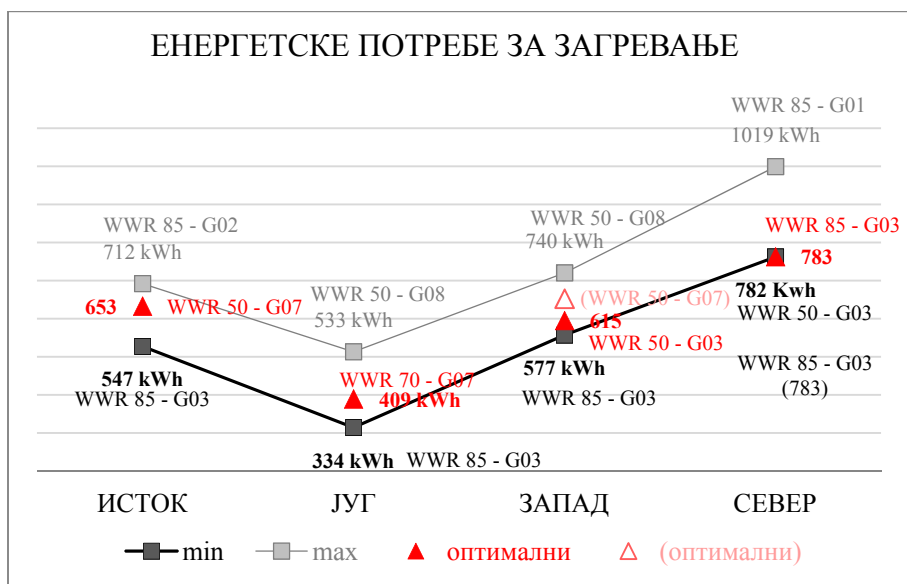
- код јужно оријентисаног простора при степену застакљења од 70% (модел М70) у комбинацији са стаклом G07 (54.48.0,7), мале светлосне и енергетске пропустљивости и добрих изолационих карактеристика;
- код северно оријентисаних простора при степену застакљења од 85% (модел М85) у комбинацији са стаклом G03 (72.62.0,7), високе светлосне и енергетске пропустљивости и добрих изолационих карактеристика.

При источно и западно оријентисаним просторима за климатске услове Београда, високи степен застакљења није адекватан, из разлога што се са високим степеном

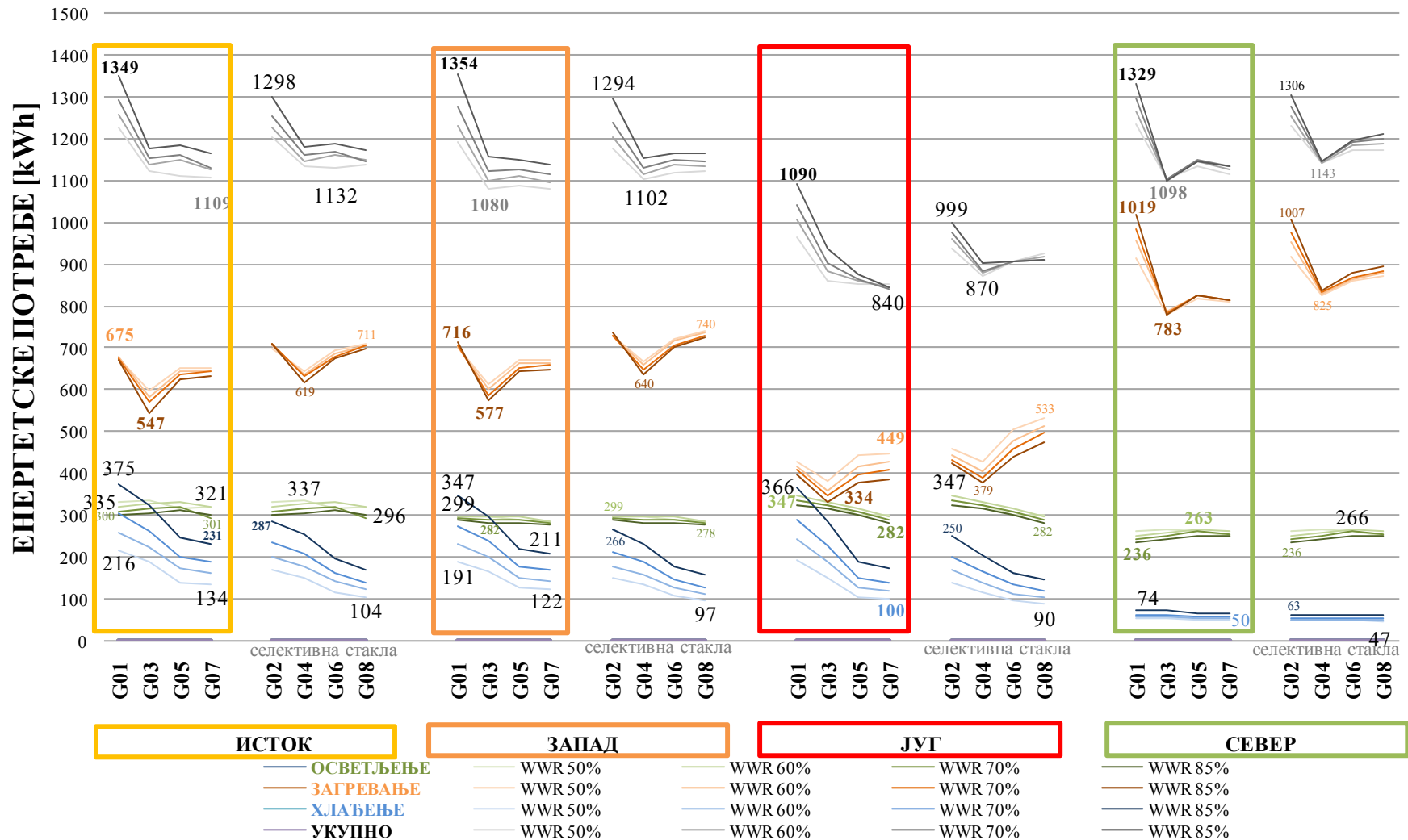
застакљења при овим оријентацијама не остварују минималне потребе простора за енергијом (слика 4.7).



СЛИКА 4.8: Дијаграм минималних и максималних потреба за енергијом за осветљење, при различитим оријентацијама простора у климатским условима Београда

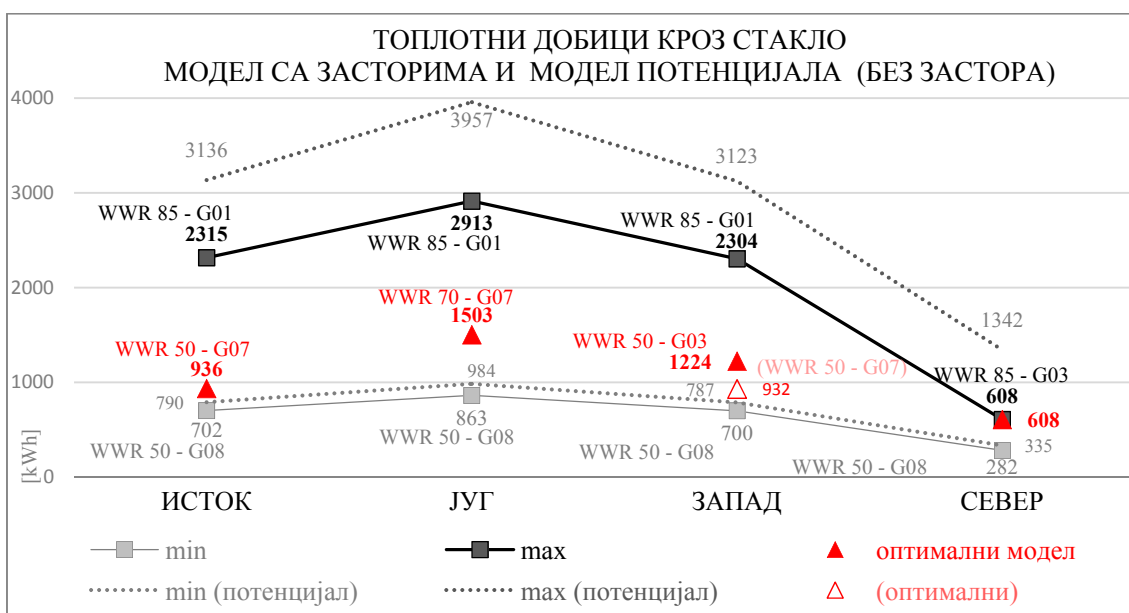


СЛИКА 4.9: Дијаграм минималних и максималних потреба за енергијом за загревање, при различитим оријентацијама простора у климатским условима Београда



СЛИКА 4.10: Потребности простора за енергијом осветљење, загревање и хлађење и укупне енергетске потребе простора за све комбинације модела простора са моделима стакла са интегрисаним засторима

Јужно оријентисани простори имају највећи распон енергетских потреба за осветљење (слика 4.8, стр.125). Модел простора који остварује оптимални биланс укупних потреба за енергијом има изузетно ниске енергетске потребе за осветљење. Ниске енергетске потребе за осветљење простора само доприносе редукацији укупних енергетских потреба. Главни разлог због чега су толико ниске укупне потребе за енергијом код јужно оријентисаних простора је изузетно велико искоришћење топлотних добитака у зимском периоду, а тиме и минималне потребе за енергијом за загревање (слике 4.9 (стр.125), 4.10 (стр.126) и 4.11 (стр.127)).



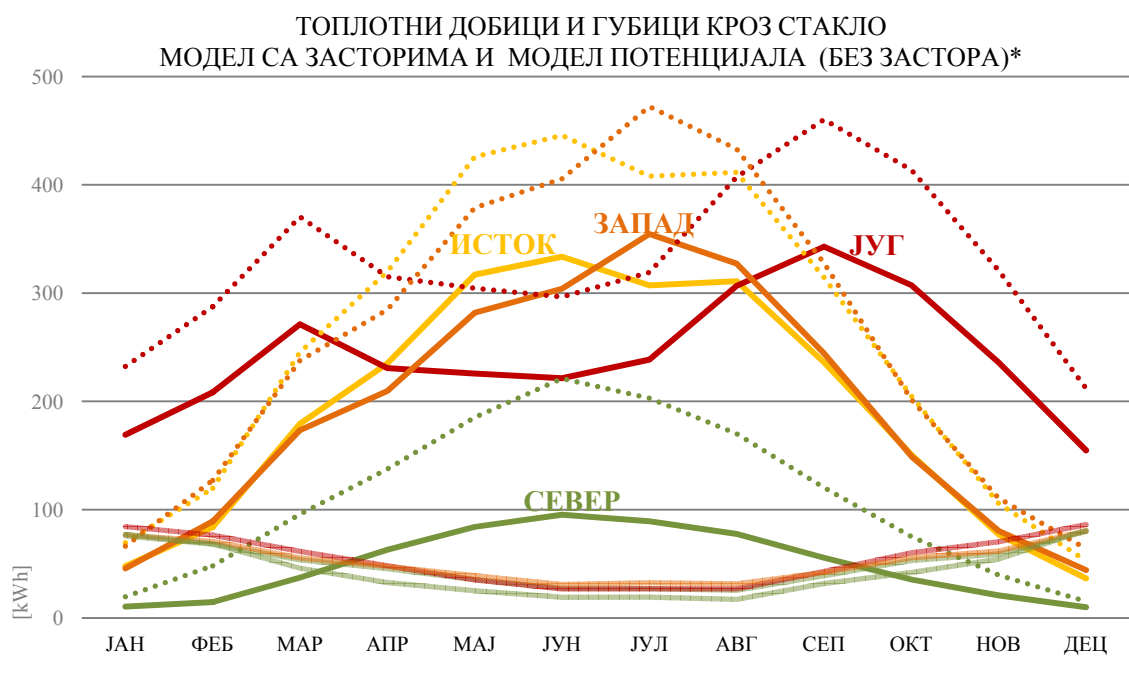
СЛИКА 4.11: ДИЈАГРАМ са минималним максималним топлотним добицима кроз стакло при различитим оријентацијама простора (упоредо су приказане вредности оптималних модела за сваку оријентацију - модели са минималним потребама за енергијом за загревање, хлађење и осветљење)

Модел стакла који код северно и јужно оријентисаног простора остварују минималне потребе за енергијом, дијаметрално су супротних карактеристика.

Код јужно оријентисаних простора, који су током године највише изложени директном зрачењу, стакла са најмањом светлосном пропустљивости (G07 ($\tau_v=50\%$)) редукују доступност светлости у нивоу радне површине и тиме остварују висок проценат времена када су спољни застори отворени, што омогућава максимално искоришћење дневне светлости и соларних топлотних добитака. При северно оријентисаним просторима, у току године није присутно

директно зрачење на фасади, па нису потребни ни спољни застори. Стакла са високом светлосном пропустљивости стога обезбеђују висок ниво искоришћења дневне дифузне светлости и топлотних добитака од дифузне светлости.

При јужној оријентацији, поред тога што је проценат времена подигнутих застора највећи са применом најтамнијих модела стакла, ламеле спољних застора пројектоване су у скоро хоризонталном положају, са углом закошености од 5°. Закошеност ламела је пројектовано према високим позицијама Сунца у периоду хлађења зграде, када је неопходно заштитити зграду од прегревања. У периоду загревања и ниских позиција Сунца, кроз простор између ламела омогућен је продор директног зрачења. Стога, при јужној оријентацији простора, чак и са константно спуштеним засторима, у зимском периоду остваривао би се висок ниво соларних топлотних добитака. При источној и западној оријентацији угао закошености ламела спољног застора пројектован је према нижим позицијама Сунца, тако да и у периоду загревања и у периоду хлађења простора, са спуштањем застора значајно се редукују соларни топлотни добици.



* анализа је изведена за степен застакљења од 85% (модел М85) и стакло Г01 () са светлосном пропустљивости од 80%

СЛИКА 4.12: Дијаграм топлотних добитака и губитака током године, за различите оријентације фасаде (пример модела са степеном застакљења 85% и светлосном пропустљивости стакла од 80%)

У периоду загревања простора, једино се код јужне оријентације појављује просечни месечни интензитет топлотних добитака који је већи у односу на просечне месечне топлотне губитке преко стакла. При свим осталим оријентацијама, топлотни добици у односу на топлотне губитке преко стакла на просечном месечном нивоу остварују негативни топлотни биланс (слика 4.12, стр.128 и дијаграми у табелама у Прилогу 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 и 4.2.4.- табеле 2).

Најоптималнији услови за искоришћење пристиглог соларног зрачења током периода загревања настају при ниској позицији Сунца. Ниска позиција Сунца обезбеђује најмањи упадни угао зрака на вертикалној фасади, што значи да се највећи део зрачења може директно пренети кроз стакло. Међутим, због удаљености Сунца, кратког периода трајања дана и присуства облачности током зимског периода у Београду, интензитет зрачења, а тиме и интензитет топлотних добитака у зимском периоду, значајно је мањи у односу на остале периоде године.

Код јужно оријентисаних простора, највећи интензитет топлотних добитака се повећава и достиже свој максимум током пролећа и јесени, када је Сунце у позицији солстиција, током марта и септембра (слика 4.12, стр128). Сунце је тада на средишњој висинској путањи, упадни угао зрака на вертикалном стаклу је испод 60° (после којег драстично опада пропустљивост зрачења кроз стакло), а интензитет зрачења је већи него у децембру. У летњим месецима, код јужно оријентисаног простора, соларни добици су значајно мањи него у пролеће и јесен, иако је интензитет зрачења највећи. Разлог лежи у томе што је Сунце на својој највишој висинској путањи, упадни угао зрака на стакло је веома велики. Наведени интензитет топлотних добитака дефинише јужну оријентацију простора као најоптималнију у односу на соларне топлотне добитке, будући да у зимском периоду однос интензитета добитака и губитака остварује позитивни енергетски биланс, док током најтоплијих летњих месеци интензитет добитака је мањи него у пролеће и јесен и око 30% мањи у односу на топлотне добитке источно и западно оријентисаних простора.

При источно и западно оријентисаним просторима, у периоду загревања остварују се мали топлотни добици преко стакла, а највећи соларни топлотни добици настају током периода хлађења, када је неопходно заштити зграду од прегревања.

Због тога се при овим оријентацијама појављују високе потребе за хлађењем зграде. Највећи добици источно оријентисаних простора настају у периоду јуна и месецима који су непосредно близу јуна (мај, јул, август), док при западној оријентацији највећи добици преко стакла настају у јулу и августу. Ипак, топлотни добици источне оријентације простора, дешавају се у преподневним часовима када зграда још увек није прегрејана, док су на западној страни добици још неповољнији из разлога што настају у поподневним часовима, при крају радног времена, када је простор већ озбиљно загрејан. Топлотни добици западно оријентисаног простора били би значајно већи током периода хлађења да не постоји ограничење у времену коришћења зграде (ограничено радно време) и померање времена ка летњем рачунању времена, које скраћује период инсолације западно оријентисаних простора у периоду коришћења простора. Због тога су укупне потребе за енергијом при источној и западној оријентацији простора скоро изједначене (дијаграм на слици 4.10, стр.126). Када не би постојало временско ограничење коришћења простора, западно оријентисани простори имали би значајно веће соларне топлотне добитке. У зимским месецима, при источној и западној оријентацији простора, просечни месечни топлотни добици су мањи од просечних месечних топлотних губитака. Разлог лежи у кратком периоду инсолације. У зимском периоду, Сунце излази на југоистоку и залази на југозападу, тако да је инсолација фасаде веома кратка у периоду када су соларни добици пожељни. Поред тога, ниска позиција Сунца, остварује изузетно високу вредност вертикалне осветљености у простору, што код корисника нарушава визуелни комфор. Са спуштањем застора значајно се редукују већ ионако мали топлотни добици.

Топлотни добици, при било којој оријентацији простора код које је присутно директно зрачење на фасади, значајно се разликују код простора са и без застора (слика 4.11, стр.128, Прилог 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 и 4.2.4.- табеле 2). Топлотни добици неког простора доминантно зависе од соларног фактора стакла. Са редукацијом соларног фактора редукују се и соларни топлотни добици. Када се примене застори, редукује се и соларни фактор застакљења, тако да се код простора са интегрисаним засторима остварују мањи топлотни добици. При источној и западној оријентацији, са усвојеном аутоматизованом применом застора,

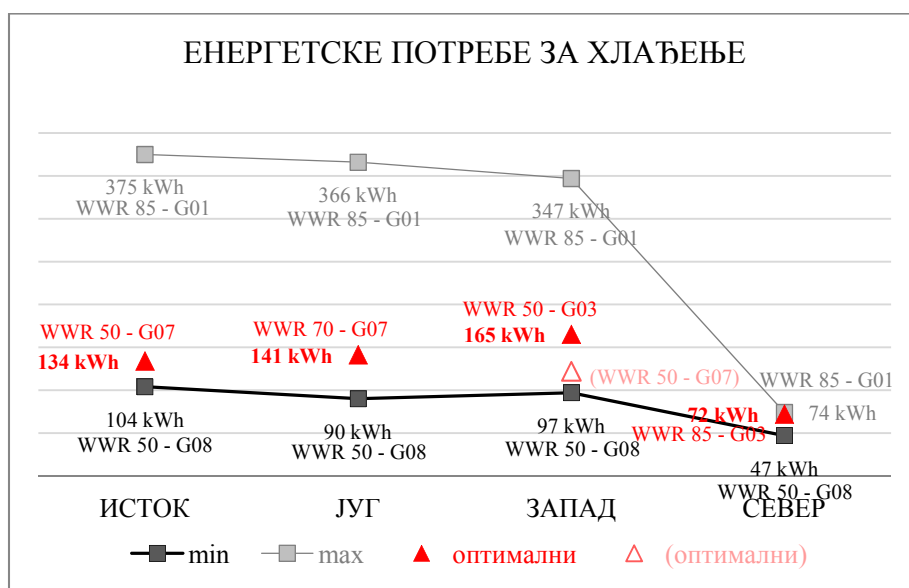
интензитет соларних добитака се редукује за око 10% код стакла са најнижим соларним фактором ($g = 0,31$) и око 25% за стакла са високим соларним фактором ($g = 0,73$). При јужној оријентацији, редукација соларних добитака код стакла са интегрисаним засторима, у односу на стакла без застора, износи око 20% до 25% за све моделе стакла осим за моделе стакла G01 (редукција добитака износи 28%), G06 (редукција око 15%) и G08 (редукција око 10%). Наравно, када стакла имају већу светлосну пропустљивост и већи соларни фактор, редукација топлотних добитака са применом застора је већа, док редукација опада са смањењем светлосне пропустљивости и соларног фактора.

Модел стакла који, код северно оријентисаног простора, остварује минималне укупне потребе за енергијом (модел стакла G03), је модел стакла са високом светлосном пропустљивости ($\tau = 72\%$), високим соларним фактором ($g = 62\%$) и веома добрим изолационим карактеристикама ($U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$). При северној оријентацији, директно соларно зрачење није заступљено током периода радног времена. Због тога су потребе за загревањем изузетно високе (слика 4.9, стр.125 и дијаграм на слици 4.10, стр.126). Стакла која обезбеђују добру изолацију и високо искоришћење топлотних добитака (од дифузне светлости), а тиме и минималне потребе за загревање, остварују најоптималније резултате у укупним енергетским потребама северно оријентисаних простора.

Као потпуна супротност јужно оријентисаном простору, оптимални модел при северној оријентацији остварује минималне потребе за енергијом захваљујући **минималним енергетским потребама за осветљењем и минималним енергетским потребама за хлађењем** у летњем периоду (слика 4.13, стр.132, и дијаграм на слици 4.10, стр.126) .

Потенцијал топлотних добитака преко стакла код северно оријентисаних простора вишеструко је мањи него код осталих оријентација. Соларни добици северно оријентисаног простора настају од енергетске компоненте дифузне дневне светлости и од трансмисије топлоте у летњем периоду. Интензитет топлотних добитака стога прати доступност дневне светлости на фасади и температурне

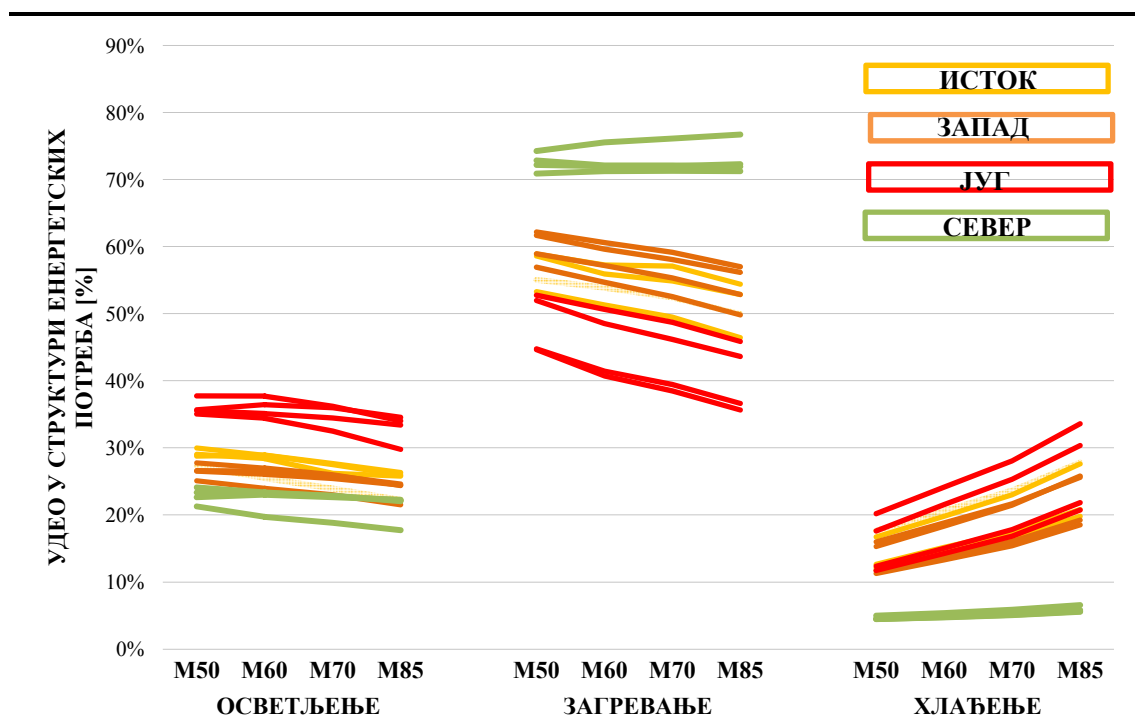
промене током године у климатским условима Београда (слика 4.12, стр.128). Код северно оријентисаних простора изолационе карактеристике стакла су стога значајније у односу на соларни фактор стакла. Код стакла са ниским изолационим вредностима просечни месечни топлотни губици превазилазе топлотне добитке чак шест месеци годишње (период загревања: октобар - март). Код стакла са бољим изолационим карактеристикама ($U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) топлотни губици превазилазе топлотне добитке само током четири месеца годишње (период најинтензивнијег грејања: новембар - фебруар) (дијаграми у Прилог 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 и 4.2.4.- табеле 2).



СЛИКА 4.13: Дијаграм минималних и максималних потреба за енергијом за хлађење, при различитим оријентацијама простора у климатским условима Београда

Иако топлотни добици и губици преко стакла расту са порастом степена застакљења стакла, раст интензитета добитака при северној оријентацији простора изузетно је мали у поређењу са осталим оријентацијама простора. То се јасно може закључити на основу дијаграма 4.10 (стр.126) и дијаграми у Прилог 4.3.2 - слика 4(A) (стр.261), где са порастом степена застакљења једино на северној страни не долази до редукције топлотног оптерећења за загревање. Изузетно мала редукција настаје код стакла G03, али ради се о разлици од (2 до 3)kWWh. Код стакла слабих изолационих карактеристика (моделу G01 и G02), иако је висок соларни фактор и светлосна пропустљивост стакла, са повећањем степена

застакљења долази до озбиљног раста оптерећења за загревање због трансмисионих губитака (дијаграми у Прилогу 4.2). С друге стране, са малим енергетским потенцијалом дифузног зрачења, оптерећење за хлађење простора при северној оријентацији вишеструко је мање у поређењу са осталим оријентацијама. Енергетске потребе за хлађење северно оријентисаних простора су тако мање у односу на остале оријентације простора за 70% до 80%. (слика 4.13 (стр.132)).



СЛИКА 4.14: Заступљеност енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење у укупним енергетским потребама, при различитим оријентацијама простора

У структури енергетских потреба при свим оријентацијама простора доминирају енергетске потребе за загревањем простора (слика 4.14). Енергетске потребе за осветљењем при свим оријентацијама простора заузимају већи удео у укупним енергетским потребама у односу на енергију за хлађење простора. Овако висок ниво употребе електричног осветљења у овом истраживању резултат је усвојеног начина контроле система електричног осветљења. У циљу успостављања истог критеријума, без непредвидивих компоненти у симулацији, усвојено је решење да се у нивоу радне површине аутоматизованим електричним системом осветљења, путем димовања осветљења, константно током радног времена одржава ниво

осветљености од 500 лукса. Овакав систем контроле осветљења сигурно не представља реалну употребу електричног осветљења, нити може остварити минималне потребе за енергијом за осветљење. Систем је усвојен у односу на компаративну сврху истраживања, где је прецизност добијених вредности подређена прецизности промене између добијених вредности. Другим речима, процентуална заступљеност различитих енергетских потреба у неком моделу је релевантна само у поређењу са другим моделима, али не представља реално очекивано стање.

У симулацији енергетских перформанси простора индивидуалне канцеларије, поред основног сета модела стакла, укључене се су и њихове варијанте - селективна стакла. Као што је већ поменуто, варијанте основног сета модела стакла имају исте оптичке карактеристике али редукован соларни фактор, а тиме и већи индекс селективности. У климатским условима Београда варијанта селективних стакла увек остварује веће енергетске потребе за загревање простора у односу на одговарајућу варијанту са мањим индексом селективности. Будући да у климатским условима доминира потрошња енергије за загревање простора, укупне енергетске потребе простора са стаклима са високим индексом селективности су увек веће. Стога, у условима умерено континенталне климе Београда, при свим оријентацијама простора, у просторима са високим степеном застакљења и интегрисаним засторима, препоручљиво је користити стакла са ниским индексом селективности.

5 ЗАКЉУЧАК

У савременој београдској пословној архитектури све више зграда се изводи са високим степеном застакљења фасаде. Власници и корисници оваквих административних простора веома често нису унапред упознати са проблемима који настају по питању комфора и енергетских потреба. Тек са активним коришћењем простора и у збиру рачуна потрошње енергије сви потенцијални проблеми постају сагледиви. Веома често, у циљу одржања визуелне презентације транспарентности, зграде са високим степеном застакљења се изводе без било каквих застора или сенила, што може озбиљно утицати на комфор у простору и потрошњу енергије.

У овом истраживању анализирани су модели стаклених фасада без застора и модели са засторима. Основни предмет истраживања су индивидуални административни простори код којих је успостављен услов визуелног и светлосног комфора, што може да се оствари само са применом застора. Модели без примењених застора, анализирани су са аспекта истраживања потенцијала простора за искоришћење дневне светлости и соларног зрачења у климатским условима Београда.

У истраживању је усвојен модел индивидуалне канцеларије нето ширине фасадног зида 3,0 m и чисте висине 2,8 m, са дужином од 9,8 m. Усвојена је нестандартна дужина простора (од 3,5 висине простора), како би се избегла рефлексија светлости задњег зида и како би се добили резултати осветљености у нивоу радне површине, који доминантно зависе од димензија и карактеристика фасадног отвора. Осветљеност радне површине анализирана је за дужину

простора од 5,6 m, која одговара стандардној дубини индивидуалног канцеларијског простора. Усвојена дубина простора одговара двострукој висини горње ивице фасадног отвора. У простору је анализирана осветљеност радне површине позициониране на висини од 0,8 m, за услов минималног прага осветљености од 500 lx и максималног прага од 1800 lx.

Варијабилни параметри у анализи су оријентација простора, степен застакљења фасаде и врста стакла. У анализи су варирани и положаји хоризонталних ламела спољног застора, како би угао закошености ламела одговарао специфичним условима оријентације у периодима хлађења зграде, у циљу блокирања продора директног зрачења према тачно одређеним позицијама Сунца.

Отвори на фасадном зиду су моделовани са доминантним хоризонталним развојем облика и обухватају пуну ширину фасадног зида. Изузетак је само модел М50, са степеном застакљења од 50%, код којег је висина парапета прилагођена стандардној висини, која се често сусреће у пракси, па је отвор сужен за по 15 cm са сваке стране. Будући да се истраживање бави анализом високог степена застакљења, усвојени су модели фасадних отвора са 50%, 60%, 70% и 85% површине стакла у застакљењу. У моделу је укључена опција природне вентилације простора, па је једна трећина површине стакла уграђена у сегменте застакљења који се могу отварати. За анализу светлосних перформанси усвојене су четири групе стакла чија се светлосна пропустљивост креће око 50%, 60%, 70% и 80%. Сва стакла су селектована као стакла са високом вредности соларног фактора, односно са малим индексом селективности. За потребе анализе енергетских перформанси укључене су још четири варијације првобитно усвојених стакла, стакла са истим светлосним карактеристикама, али са вишом вредности индекса селективности.

Усвојена је комбинација две групе застора: унутрашњих и спољних. Унутрашњи застори усвојени су као текстилне ролетне са укупном светлосном пропустљивости од 26%. Основна функција текстилних застора је регулација хоризонталне осветљености (радне површине). Када је потребно, текстилни застори се у комбинацији са спољним засторима укључују у контролу вертикалне осветљености у простору. Спољни застори усвојени су као венецијанске ролетне

са хоризонталним ламелама, чија је улога да блокирају продор директног зрачења у периодима хлађења простора и додатно регулишу ниво осветљености у простору.

У складу са компаративном сврхом истраживања, усвојена је потпуно аутоматизована контрола динамике застора и аутоматизована контрола система осветљења.

Резултати истраживања показују да у климатским условима Београда постоји велики потенцијал за искоришћење дневне светлости и соларног зрачења. Међутим, високи степен застакљења фасаде адекватан је за примену само при јужно и северно оријентисаним просторима. У климатским условима Београда, оптимални степен застакљења код јужно оријентисаних простора је 70%, док се при северним оријентацијама оптимални степен застакљења може извести као потпуно застакљен зид (у овом случају 85%). Примена високог степена застакљења може се остварити под условом да се при јужној оријентацији користе стакла мале светлосне пропустљивости, којима се остварује већи проценат времена када су застори отворени и тиме веће искоришћење дневне светлости и соларних топлотних добитака у периоду загревања. Примена високог степена застакљења код северно оријентисаних простора условљена је применом стакла са високом светлосном пропустљивости, високим соларним фактором и изузетно добрим изолационим карактеристикама стакла. Са високим степеном пропустљивости зрачења кроз стакло омогућава се максимално искоришћење дневне светлости и топлотних добитака дифузне дневне светлости, док са добрим изолационим карактеристикама обезбеђује се да се енергетске потребе за загревање сведу на минимално могуће, будући да су при северној оријентацији потребе за загревањем изузетно доминантне.

При источној и западној оријентацији простора оптимални степен застакљења фасаде, у оквиру високог степена застакљења, је код простора са најмањим степеном застакљења.

У просторима код којих су испуњени услови светлосног и визуелног комфора, потенцијал искоришћења дневне светлости зависи директно од времена у току године у којем је фасада изложена директном зрачењу. Присуство директног зрачења је кључно за динамику застора, од чије контроле доминантно зависи искоришћење дневне светлости и соларног зрачења. На динамику спуштања и подизања застора може се утицати са променом светлосне пропустљивости стакла. Са променом светлосне пропустљивости стакла са 80% на 50%, у оквиру истог степена застакљења, значајне редукције постижу се само при јужној оријентацији простора (до 14%).

Највећи потенцијал за искоришћење дневне светлости је при северној оријентацији простора. Разлог се налази у карактеристичним условима осветљености северно оријентисане фасаде, где током године, у периоду радног времена, апсолутно доминира присуство дифузног светлосног зрачења. Због тога је потенцијал за искоришћење дневне светлости највећи при северној оријентацији.

При осталим оријентацијама простора, током године, директно зрачење је заступљено у различитим периодима дана и са различитом дужином трајања. У просторима изложеним директном соларном зрачењу остварује се веома висок ниво осветљености, чиме се и на позицијама корисника нарушава стање комфора. Доступност дневне светлости, односно потенцијал за искоришћење дневне светлости се тиме редукује.

При јужној оријентацији простора искоришћење дневне светлости је најмање. Сходно томе, јужно оријентисани простори остварују највеће потребе за енергијом за осветљење. Константно присутно директно соларно зрачење утиче на спуштање застора у циљу контроле визуелног комфора у простору, због чега се редукује искоришћење дневне светлости. Западно оријентисани простори, слично као и код северно оријентисаних простора, остварује висок степен искоришћења дневне светлости, будући да је соларно зрачење присутно веома кратко, при крају радног времена. Знатно мање искоришћење дневне светлости настаје при источно оријентисаним просторима, који су током свих преподневних часова изложени директном зрачењу.

Са успостављањем стандардима прописаних минималних услова светлосног комфора и визуелног комфора, настаје значајно повећање потреба простора за енергијом за осветљење. У укупној структури енергетских потреба осветљење је заступљено у преко 20%. Са повећањем степена застакљења са 50% на 85%, остварује се додатно искоришћење дневне светлости, али је изнад степена застакљења од 60% редукција потреба простора за осветљење изузетно мала и не прелази 10% при свим оријентацијама простора., тако да у укупним енергетским потребама у простору не игра значајну улогу.

Значајну улогу у редукцији енергетских потреба остварује се искоришћењем соларних топлотних добитака, али само код јужно оријентисаних простора у периоду загревања. Једино код јужно оријентисаних простора топлотни добици превазилазе топлотне губитке у периоду загревања простора и остварују позитиван енергетски биланс топлотних добитака преко стакла фасаде. Као последица, при јужно оријентисаним просторима, потребе за енергијом за загревање су најниже у односу на све остале оријентације. Искоришћење соларних топлотних добитака је знатно мање при западној и источној оријентацији, где је искоришћење соларних топлотних добитака приближно исто. Парадоксално, источна оријентација која је скоро двоструко дуже изложена директном соларном зрачењу током године, остварује нешто мање искоришћење соларних топлотних добитака. Разлог за веће енергетске потребе за загревање при источно оријентисаним просторима су мали интензитет зрачења у раним јутарњим часовима и ниска позиција Сунца, која проузрокује спуштање спољних застора у дужем периоду током године у односу на западно оријентисане просторе. Најмање искоришћење соларних топлотних добитака је при западно оријентисаним просторима, код којих фасада у периоду загревања није уопште изложена директном соларном зрачењу. Због тога су потребе за загревањем код северно оријентисаних простора скоро двоструко веће у односу на потребе за загревање код јужно оријентисаних простора.

Искоришћење соларних топлотних добитака се повећава са степеном застакљења при свим оријентација осим при северној оријентацији, где је повећање изузетно мало или уопште није присутно. Са редукцијом соларног фактора стакла у оквиру

истог степена застакљења смањује се искоришћење соларних топлотних добитака и повећавају се енергетске потребе за загревање.

При северно оријентисаним просторима остварује се највеће искоришћење дневне светлости, и најмање потребе за енергијом за осветљење, али су укупне потребе за енергијом сличне као код простора који су источно и западно оријентисани и са нижим степеном застакљења. Током периода загревања северна фасада није изложена соларном зрачењу, нема значајних соларних топлотних добитака, тако да се са добрим изолационим карактеристикама и енергетском пропустљивости зрачења обезбеђује контрола изузетно високих енергетских потреба за загревање. У исто време, како простор није изложен директном зрачењу, застори се спуштању веома кратко током године, што обезбеђује висок ниво искоришћења доминантно дифузне светлости.

У климатским условима Београда, у радним просторима моделованим према захтевима индивидуалне канцеларије, код којих су задовољени услови визуелног комфора, са повећањем степена застакљења са 50% на 85%

- повећава се **искоришћење дневне светлости**, али је повећање релативно мало, остварују се веома мале редукције енергетских потреба за осветљење,
- повећава се **искоришћење соларних топлотних добитака**, чиме се постижу уштеде у потрошњи енергије за загревање код свих оријентација код којих је присутно директно соларно зрачење на фасади у периоду загревања простора (све осим северне).

Искоришћење соларних топлотних добитака у циљу компензације трансмисионих топлотних губитака у периоду загревања остварује позитиван енергетски биланс само код јужно оријентисаних простора.

Енергија потребна за електрично осветљење простора није доминантна у структури енергетских потреба и нема великог утицаја на остваривање минималних енергетских потреба простора. Простори који остварују минималне

потребе за енергијом за осветљење не остварују и најмање укупне енергетске потребе. У климатским условима Београда, у структури потрошње доминантно су заступљене енергетске потребе за загревање. Доминација потреба за загревање у структури енергетских потреба простора, упућује да је стратегија искоришћења соларног топлотног зрачења у периоду загревања најбоље решење за редукацију укупних енергетских потреба простора.

У истраживању, крајњи резултат нивоа искоришћености дневне светлости је веома низак. Минимални праг осветљености од 500 lx, који је примењен у овом истраживању препоручен је стандардом. Што је праг осветљености радне површине виши, теже је постићи уштеде енергије. Различита истраживања су показала да корисници радног простора заиста ретко подешавају ниво осветљености изнад 400 lx, чак и код послова као што су читање и писање. Идеалан опсег за обављање канцеларијског посла креће се у граници од 300 lx до 500 lx. Европски стандард који препоручује ниво осветљености радне површине од 500 lx односи се на препоруке осветљености под условима електричног осветљења. Дневно светло је другачије природе у односу на електрично, а и људи су пројектовани за услове дневне светлости. У америчком LEED систему оцењивања перформанси, који се односи на прорачун осветљености дневне светлости, сви прорачуни осветљености за различите намене простора, свде минимални праг осветљености на 300 лукса. Максимални ниво осветљености радне површине, коју корисници толеришу пре него што га назову бљеском, креће се у распону од 1800 lx до 2500lx. Чак је и корисна осветљеност дневним светлом (*UDI*) дефинисана за распон до и преко 2500 lx. Добијени резултати аутономије дневне светлости, на нивоу 30% простора у 30% времена, последица су усвојеног уског опсега минималне и максималне осветљености радне површине. Узак опсег осветљености радне површине у овом истраживању усвојен је као прва фаза истраживања, којом су испоштоване све препоруке различитих стандарда. Даљи правац истраживања, обухватио би нижу минималну границу осветљености радне површине, праг осветљености од 300 lx. Искоришћење дневне светлости би било значајније, а енергетске потребе за осветљењем би се редуковале. Истраживање

промена са променом горње границе осветљености на 2500 lx, проузроковало би мањи временски период спуштања застора, а тиме и веће искоришћење дневне светлости. Истраживање са променом обе границе осветљености радне површине сигурно би показало другачији ниво искоришћености дневне светлости и соларних добитака.

6 ЛИТЕРАТУРА

- Advanced Buildings, 2014. Daylighting Pattern Guide. *New Buildings Institute (NBI)*. Available at: <http://patternguide.advancedbuildings.net/home> [Приступљено: октобар, 2014].
- Alrubaih, M.S. et al., 2013. Research and development on aspects of daylighting fundamentals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, pp.494–505.
- Amaral, A.R. et al., 2015. A parametric study on window-to-floor ratio of double window glazing and its shadowing using dynamic simulation. In *3rd LAETA Young Researchers Meeting - 3EJIL*. Coimbra: eprint arXiv:1504.04174. Доступно на адреси: <http://search.ebscohost.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/login.aspx?direct=true&db=edsarx&AN=1504.04174&site=eds-live> [Приступљено: мај, 2012].
- Apian-Bennewitz, P., 2013. Review of simulating four classes of window materials for daylighting with non-standard BSDF using the simulation program Radiance. *ArXiv e-prints*. Доступно на адреси: <http://arxiv.org/pdf/1307.4214v1.pdf> [Приступљено: децембар, 2015].
- ASHRAE, 2004. *Advanced energy design guide for small office buildings*, Доступно на адреси: <http://aedg.ashrae.org/Publications.aspx?type=registrants&source=a266c1d1-c18f-4547-bd70-fefc0faa757f> [Приступљено: септембар, 2014].
- ASHRAE, 2011. IWEC2 - Beograd Surcin SRB WMO# 132720. Доступно на адреси: <http://ashrae.whiteboxtechnologies.com/IWEC2>.
- Autodesk Sustainability Workshop, Aperture Placement & Area. Доступно на адреси: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/aperture-placement-area> [Приступљено: новембар, 2015].
- Bourgeois, D., Reinhart, C. & Macdonald, I., 2006. Adding advanced behavioural models in whole building energy simulation: A study on the total energy impact of manual and automated lighting control. *Energy and Buildings*, 38(7), pp.814–823.
- Bourgeois, D., Reinhart, C.F. & Ward, G., 2008. Standard daylight coefficient model for dynamic daylighting simulations. *Building Research & Information*, 36(1), pp.68–82.
- Boyce, P.R. et al., 2006. Occupant use of switching and dimming controls in offices. *Lighting Research and Technology*, 38(4), pp.358–376.
- BPIE - Buildings Performance Institute Europe, 2011a. Europe's buildings under the microscope [online]. *BPIE - Buildings Performance Institute Europe*. Доступно на адреси: http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/20/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf [Приступљено: новембар, 2015].
- BPIE - Buildings Performance Institute Europe, 2011b. Europe's buildings under the microscope Executive Summary [online]. Доступно на адреси: http://www.bpie.eu/documents/BPIE/WEB_executive_summary.pdf [Приступљено:

ноембар, 2015].

- California Energy Commission & Heschong Mahone Group, I., 2012. *Daylight metrics: PIER Daylighting Plus Research Program final project report*, Sacramento, California. Доступно на адреси: [http://h-m-g.com/DaylightPlus/PIER Daylight Metrics Final Report.pdf](http://h-m-g.com/DaylightPlus/PIER%20Daylight%20Metrics%20Final%20Report.pdf). [Приступљено: ноембар, 2014].
- CEN, 2011. EN 12464-1:2011 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places.
- CEN, 2010. SRPS EN 15193:2012 Energetske performanse zgrada — Energetski zahtevi za osvetljenjem.
- Davidson, S., 2013. Grasshopper: Algorithmic Modelling for Rhino. Доступно на адреси: <http://www.grasshopper3d.com/> [Приступљено: септембар, 2015].
- Deru, M. & Torcellini, P., 2005. *Standard Definitions of Building Geometry for Energy Evaluation, Technical Report NREL/TP-550-38600*, Доступно на адреси: <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/38600.pdf> [Приступљено: мај, 2008].
- Dodd, N., Garbarino, E. & Wolf, O., 2014. *Green Public Procurement Criteria for the design, construction and management of Office buildings - (Draft) criteria proposal [online]*, Доступно на адреси: [http://susproc.jrc.ec.europa.eu/buildings/docs/141222 GPP Office Buildings_Criteria proposals_2014 Draft v1.pdf](http://susproc.jrc.ec.europa.eu/buildings/docs/141222_GPP_Office_Buildings_Criteria_proposals_2014_Draft_v1.pdf) [Приступљено: септембар, 2015].
- Doggett, S., 2014. Climate Data for Building Simulations (internet). Доступно на адреси: <https://builtenv.wordpress.com/2014/02/27/climate-data-for-building-simulations/> [Приступљено: октобар, 2015].
- Dubois, M.-C., 2003. Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. *Lighting Research and Technology*, 35(1), pp.61–74.
- Dubois, M.-C. & Blomsterberg, Å., 2011. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. *Energy and Buildings*, 43(10), pp.2572–2582.
- Dubois, M.-C. & Flodberg, K., 2013. Daylight utilisation in perimeter office rooms at high latitudes: Investigation by computer simulation. *Lighting Research and Technology*, 45(1), pp.52–75.
- Escuyer, S. & Fontoynt, M., 2001. Lighting controls: a field study of office workers' reactions. *Lighting Research and Technology*, 33(2), pp.77–94.
- Goia, F., Haase, M. & Perino, M., 2013. Optimizing the configuration of a façade module for office buildings by means of integrated thermal and lighting simulations in a total energy perspective. *Applied Energy*, 108, pp.515–527.
- González, J. & Fiorito, F., 2015. Daylight Design of Office Buildings: Optimisation of External Solar Shadings by Using Combined Simulation Methods. *Buildings*, 5(2), pp.560–580. Доступно на адреси: <http://www.mdpi.com/2075-5309/5/2/560/htm> [Приступљено: децембар, 2015].
- Grynning, S., Time, B. & Matusiak, B., 2014. Solar shading control strategies in cold climates – Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces. *Solar Energy*, 107, pp.182–194.

- Halonen, L., Tetri, E. & Bhusal, P. eds., 2010. Lighting energy in buildings [online]. In *Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings*. International Energy Agency - Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme: Annex 45 - Energy Efficient Electric Lighting for Buildings, pp. 19–36. Доступно на адреси: <http://lightinglab.fi/IEAAnnex45> [Приступљено: јун, 2012].
- Hegger, M. et al., 2008. *Energy Manual. Sustainable Architecture*, Berlin, Basel: Birkhäuser.
- Hu, J. & Olbina, S., 2013. An expert system based on openstudio platform for evaluation of daylighting system design. In *Computing in Civil Engineering - Proceedings of the 2013 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*. pp. 186–193. Доступно на адреси: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84887381318&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: новембар, 2014].
- Huang, Y.J. et al., 2014. Development of 3012 IWEC2 weather files for international locations (RP-1477). In *ASHRAE Transactions*. Amer. Soc. Heating, Ref. Air-Conditioning Eng. Inc., pp. 340–355. Доступно на адреси: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84904347127&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: новембар, 2015].
- Huizenga, C. et al., 2006. *Window Performance for Human Thermal Comfort*, Доступно на адреси: <http://repositories.cdlib.org/cedr/cbe/es/Huizenga2006>, NFRCCReport [Приступљено: јул, 2010].
- Hunt, D.R.G., 1979. The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy. *Building and Environment*, 14(1), pp.21–33.
- Jakubiec, J.A. & Reinhart, C.F., 2011. DIVA 2.0: Integrating Daylight and Thermal Simulations Using Rhinoceros 3D, DAYSIM and EnergyPlus. In *Presentation from Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*. Доступно на адреси: https://dl.dropboxusercontent.com/u/3175325/presentation_diva20_jakubiec%2Creinhart.pdf. [Приступљено: јул, 2014].
- Kleibrink, M., 2002. The changing world of office work. *Detail Konzept*, 42. Serie (9 Verwaltungsbau), pp.1055–1060.
- Kotey, N.A., Wright, J.L. & Collins, M.R., 2009. A detailed model to determine the effective solar optical properties of draperies. *ASHRAE Transactions VO - 115*, (1), p.130. Доступно на адреси: <http://search.ebscohost.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/login.aspx?direct=true&db=edsgao&AN=edsgcl.201591000&site=eds-live>. [Приступљено: јун, 2012].
- Krarti, M., Erickson, P.M. & Hillman, T.C., 2005. A simplified method to estimate energy savings of artificial lighting use from daylighting. *Building and Environment*, 40(6), pp.747–754.
- Lagios, K., 2013. Diva-for-Rhino demo. Доступно на адреси: http://www.radiance-online.org/community/workshops/2013-golden-co/klagios_DIVA_Demo.pdf. [Приступљено: јул, 2015].
- LBLN (Lawrence Berkeley National Laboratory) U:S.DOE, 2013. *Tips for daylighting with windows, 2nd edition*, Доступно на адреси: https://windows.lbl.gov/daylighting/designguide/LBNL_Tips_for_Daylighting.pdf [Приступљено: мај, 2014].

- LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) - Building Technologies Program, 2014. The RADIANCE 4.2 Synthetic Imaging System. *on line*. Доступно на адреси: <http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/ray.html#Materials> [Приступљено: мај, 2015].
- Lomanowski, B. & Wright, J.L., 2007. Heat transfer analysis of windows with venetian blinds: a comparative study. In *32nd Annual SESCI/2nd CSBC Conference*. Calgary (2007).
Доступно на адреси: http://www.solarme.uwaterloo.ca/DownloadPDFs/Lomanowski_SESCI_07.pdf
[Приступљено: јануар, 2016].
- Ma, P., Wang, L.-S. & Guo, N., 2015. Maximum window-to-wall ratio of a thermally autonomous building as a function of envelope U-value and ambient temperature amplitude. *Applied Energy*, 146, pp.84–91.
- Marceau, M. & Hoffman, S., 2012. Building Envelope Design Under The 2009 Codes: Glazing Ratio Requirements. In *Building envelope technology simposium*. pp. 21–28. Доступно на адреси: <https://www.rci-online.org/interface/2012-bes-marceau-hoffman.pdf>
[Приступљено: мај, 2012].
- Mardaljevic, J., 2006. Examples of Climate-Based Daylight Modelling [online]. In *CIBSE National Conference 2006: Engineering the Future 21-22 March 2006, Oval Cricket Ground, London, UK*. Доступно на адреси: http://climate-based-daylighting.com/lib/exe/fetch.php?media=academic:mardaljevic_cibse_paper.pdf
[Приступљено: новембар, 2012].
- Mardaljevic, J., 2000. Simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance. *Lighting Research and Technology*, 32(3), pp.111–118.
- Mardaljevic, J., 1995. Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. *Lighting Research and Technology*, 27 (4), pp.181–188.
- Mardaljevic, J., Hescong, L. & Lee, E., 2009. Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research and Technology*, 41(3), pp.261–283..
- van Meel, J., 2000. *The European office: Office design and national context*. Technische Universiteit Delft. Доступно на адреси: <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A8718d3a3-f679-4b4a-9e1a-40165c59ca4c/>.
[Приступљено: јул, 2015].
- Merriam-Webster Thesaurus - Synonyms and Antonyms, metric. Доступно на адреси: <http://www.merriam-webster.com/thesaurus/metric?show=0&t=1385359540>
[Приступљено: фебруар, 2015].
- Miguel, T., 2009. Sunrise, sunset and time of light - Hours for Belgrade [online]. *ptaff.ca*.
Доступно на адреси: http://ptaff.ca/soleil/?lang=en_CA [Приступљено: новембар, 2015].
- Moreci, E., Ciulla, G. & Lo Brano, V., 2016. Annual heating energy requirements of office buildings in a European climate. *Sustainable Cities and Society*, 20, pp.81–95.
- Nabil, A. & Mardaljevic, J., 2005. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research and Technology*, 37(1), pp.41–57.
- Newsham, G.R. & Veitch, J.A., 2001. Lighting quality recommendations for VDT offices: a new method of derivation. *Lighting Research and Technology*, 33(2), pp.97–113.

- Nielsen, M.V., Svendsen, S. & Jensen, L.B., 2011. Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight. *Solar Energy*, 85(5), pp.757–768.
- Poirazis, H., Blomsterberg, Å. & Wall, M., 2008. Energy simulations for glazed office buildings in Sweden. *Energy and Buildings*, 40(7), pp.1161–1170.
- Reinhart, C. et al., 2007. Daylight1-2-3 - a state-of-the-art daylighting/energy analysis software for initial design investigations. In *IBPSA 2007 - International Building Performance Simulation Association 2007*. pp. 1669–1676. Доступно на адреси: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84858180916&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: јул, 2010].
- Reinhart, C., 2013. Daysim. Доступно на адреси: <http://daysim.ning.com/> [Приступљено: децембар, 2015].
- Reinhart, C. et al., 2015. Diva for Rhino верзија 3. Доступно на адреси: <http://diva4rhino.com/> [Приступљено: септембар, 2015].
- Reinhart, C., 2004. Lightswitch-2002: a model for manual and automated control of electric lighting and blinds. *Solar Energy*, 77(1), pp.15–28.
- Reinhart, C. & LoVerso, V., 2010. A rules of thumb-based design sequence for diffuse daylight. *Lighting Research and Technology*, 42(1), pp.7–31.
- Reinhart, C.F., 2005. A simulation-based review of the ubiquitous window-headheight to daylit zone depth rule-of-thumb. In *IBPSA 2005 - International Building Performance Simulation Association 2005*. pp. 1011–1018. Доступно на адреси: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84869802664&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: јул, 2012].
- Reinhart, C.F., 2011. Daylight performance predictions. In J. L. M. Hensen & R. Lamberts, eds. *Building Performance Simulation for Design and Operation*. London, New York: Spon Press Taylor & Francis, pp. 235–276.
- Reinhart, C.F. & Andersen, M., 2006. Development and validation of a Radiance model for a translucent panel. *Energy and Buildings*, 38(7), pp.890–904.
- Reinhart, C.F., Jakubiec, J.A. & Ibarra, D., 2013. Definition of a reference office for standardized evaluations of dynamic façade and lighting technologies. In *Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association*. pp. 3645–3652. Доступно на адреси: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84886701395&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: јул, 2014].
- Reinhart, C.F., Mardaljevic, J. & Rogers, Z., 2006. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 3(1), pp.7–31. Доступно на адреси: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33947641632&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: јул, 2010].
- Reinhart, C.F. & Voss, K., 2003. Monitoring manual control of electric lighting and blinds. *Lighting Research and Technology*, 35(3), pp.243–258.
- Reinhart, C.F. & Walkenhorst, O., 2001. Validation of dynamic RADIANCE-based daylight

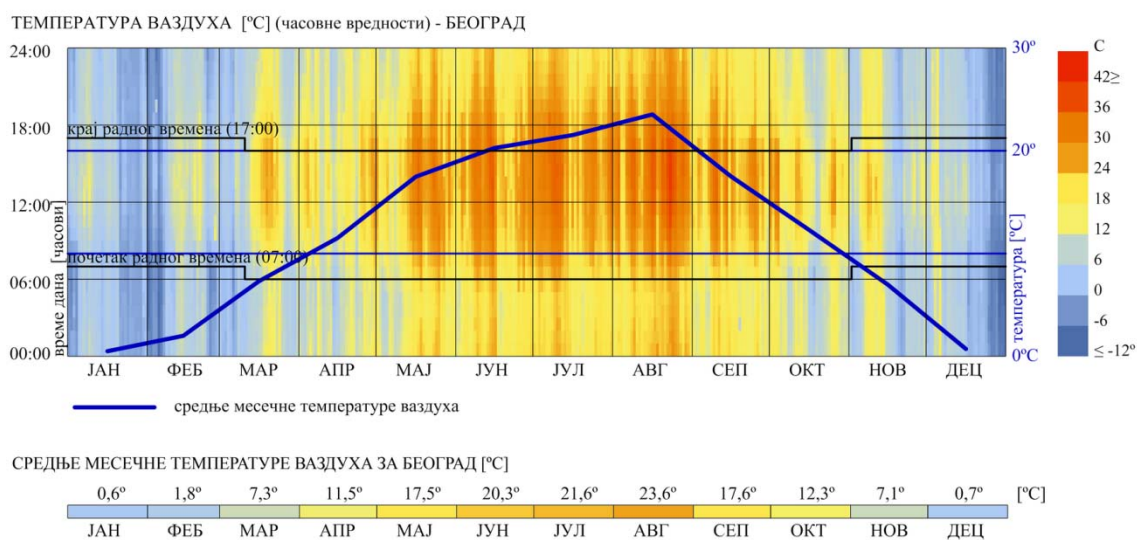
- simulations for a test office with external blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), pp.683–697.
- Reinhart, C.F. & Wienold, J., 2011. The daylighting dashboard – A simulation-based design analysis for daylit spaces. *Building and Environment*, 46(2), pp.386–396.
- Robert McNeel & Associates, 2015. Rhinoceros. Доступно на адреси: <http://www.rhino3d.com/> [Приступљено: септембар, 2015].
- Roche, L., 2002. Summertime performance of an automated lighting and blinds control system. *Lighting Research and Technology*, 34(1), pp.11–25.
- Rogers, Z., 2006. *Daylight Metric Development Using Daylight Autonomy Calculations in the Sensor Placement Optimization Tool*, Boulder, Colorado. Доступно на адреси: http://www.archenergy.com/SPOT/SPOT_Daylight_Autonomy_Report.pdf. [Приступљено: јул, 2010].
- Roudsari, M., 2015. Ladybug + Honeybee. Доступно на адреси: <http://www.food4rhino.com/project/ladybug-honeybee?ufh> [Приступљено: децембар, 2015].
- Saxena, M. et al., 2011. *Office Daylighting Potential - Task 3 of the PIER Daylighting Plus Research Program*, Доступно на адреси: http://h-m-g.com/DaylightPlus/PIER_Office_Daylighting_Potential_DRAFT_Report_-_060711.pdf [Приступљено: март, 2012].
- Saxena, M., 2014. The New IES-Approved Daylight Metrics - Presentation [online]. *A joint AIA San Francisco and IBPSA Webinar. October 2014*. Доступно на адреси: https://dl.dropboxusercontent.com/u/70792760/New_IES_Daylight_Metrics_-_AIA_IBPSA_-_Mudit_Saxena.pdf [Приступљено: септембар, 2015].
- Schlenger, J., 2009. *Climatic influences on the energy demand of European office buildings*. Dortmund, Germany. Доступно на адреси: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.428.4188&rep=rep1&type=pdf>. [Приступљено: јул, 2015].
- Shen, H. & Tzempelikos, A., 2012. Daylighting and energy analysis of private offices with automated interior roller shades. *Solar Energy*, 86(2), pp.681–704.
- da Silva, P.C., Leal, V. & Andersen, M., 2012. Influence of shading control patterns on the energy assessment of office spaces. *Energy and Buildings*, 50, pp.35–48.
- Singh, R., Lazarus, I.J. & Kishore, V.V.N., 2015. Effect of internal woven roller shade and glazing on the energy and daylighting performances of an office building in the cold climate of Shillong. *Applied Energy*, 159, pp.317–333. Доступно на адреси: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191501079X> [Приступљено: октобар, 2015].
- Staniek, B. & Staniek, C., 2013. A typology of office forms. In C. Schittich, ed. *Office - best of Detail*. München: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, pp. 32–41.
- Thalfeldt, M. et al., 2013. Facade design principles for nearly zero energy buildings in a cold climate. *Energy and Buildings*, 67, pp.309–321.
- Tzempelikos, A. & Athienitis, A.K., 2007. The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. *Solar Energy*, 81(3), pp.369–382.

- U.S. Department of Energy (DOE), 2014. EnergyPlus 8.2.0. [Приступљено: јул, 2014].
- Walkenhorst, O. et al., 2002. Dynamic annual daylight simulations based on one-hour and one-minute means of irradiance data. *Solar Energy*, 72(5), pp.385–395.
- Ward, G., Radiance програм. Доступно на адреси:
<http://radsite.lbl.gov/radiance/>. [Приступљено: јул, 2014].
- Ward, G. et al., 2011. Simulating the Daylight Performance of Complex Fenestration Systems Using Bidirectional Scattering Distribution Functions Within Radiance. *LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, January. Доступно на адреси: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/1012245>. [Приступљено: јул, 2014].
- Wienold, J., 2009. Dynamic daylight glare evaluation. In *IBPSA 2009 - International Building Performance Simulation Association 2009*. pp. 944–951. Доступно на адреси:
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870184440&partnerID=tZOtx3y1>. [Приступљено: мај, 2014].
- Wienold, J., 2004. Evalglare: a new RADIANCE-based tool to evaluate glare in office spaces. In *3rd Internatiol Radiance Workshop, Fribourg, Switzerland*. Доступно на адреси:
http://www.radiance-online.org/community/workshops/2004-fribourg/presentations/Wienold_extabs.pdf [Приступљено: мај, 2015].
- Wienold, J., 2013. Glare analysis and metrics. In *12th International Radiance Conference*. Golden, CO, USA. Доступно на адреси: http://www.radiance-online.org/community/workshops/2013-golden-co/wienold_glare_rad_ws2013.pdf [Приступљено: мај, 2014].
- Wienold, J. & Christoffersen, J., 2006. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), pp.743–757.
- WordNet 3.0 Farlex clipart collection. S.v., metric. Доступно на адреси:
<http://www.thefreedictionary.com/metric> [Приступљено: фебруар, 2015].
- Yu, X. & Su, Y., 2015. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation –A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, pp.494–503.
- MPE - Министарство рударства и енергетике, 2010. НАПЕЕ - Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године [online]. *MPE - Министарство рударства и енергетике*. Доступно на адреси:
http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/Prvi_akcioni_plan_za_energetsku_efikasnost.pdf?uri=CELEX:32009L0028 [Приступљено: новембар, 2015].
- Службени гласник РС бр. 22/2015, *Правилник о класификацији објеката*, Београд, ЈП „Службени гласник“.
- Службени гласник РС бр. 61/2011, *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Београд, ЈП „Службени гласник“.

ПРИЛОГ 1: АНАЛИЗА КЛИМАТСКИХ ПОДАТАКА ЗА БЕОГРАД

(према подацима из *IWEC2* климатске датотеке)

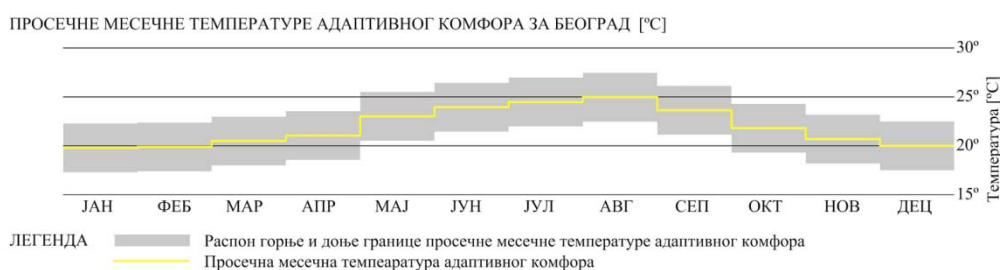
ПРИЛОГ 1.1: АНАЛИЗА ГОДИШЊЕ ПРОМЕНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА



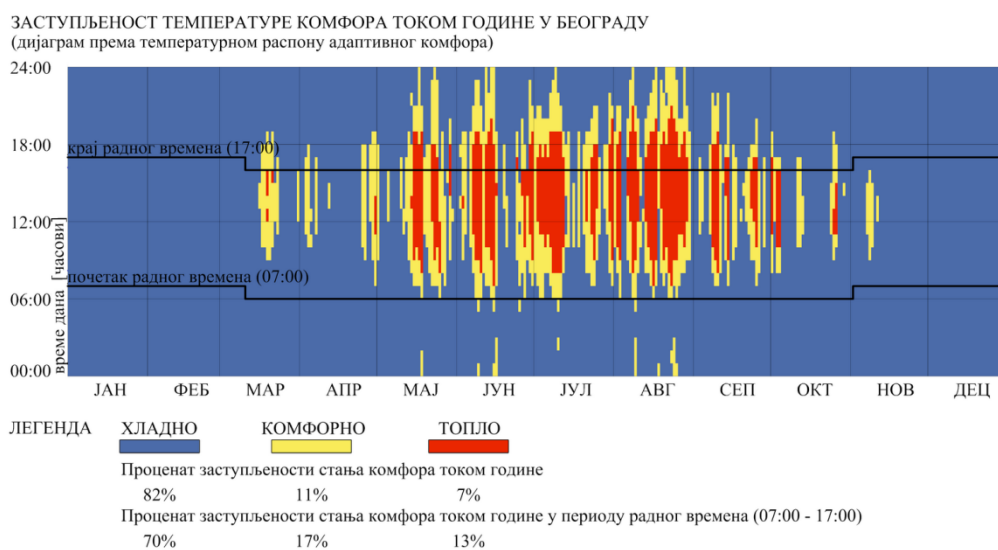
(ПРИЛОГ 1.1) СЛИКА 1: Годишњи профил температуре ваздуха и средње месечне температуре ваздуха за Београд

(ПРИЛОГ 1.1) ТАБЕЛА 1: Средње месечне температуре адаптивног комфора за Београд

СРЕДЊЕ МЕСЕЧНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ АДАПТИВНОГ КОМФОРА												
	ЈАН	ФЕБ	МАР	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ
горња граница средње месечне температуре комфора	22,3°	22,4°	23,0°	23,6°	25,5°	26,5°	27,0°	27,5°	26,2°	24,3°	23,2°	22,5°
средња месечна температура комфора	19,8°	19,9°	20,5°	21,1°	23,0°	24,0°	24,5°	25,0°	23,7°	21,8°	20,7°	20,0°
горња граница средње месечне температуре комфора	17,3°	17,4°	18,0°	18,6°	20,5°	21,5°	22,0°	22,5°	21,2°	19,3°	18,2°	17,5°



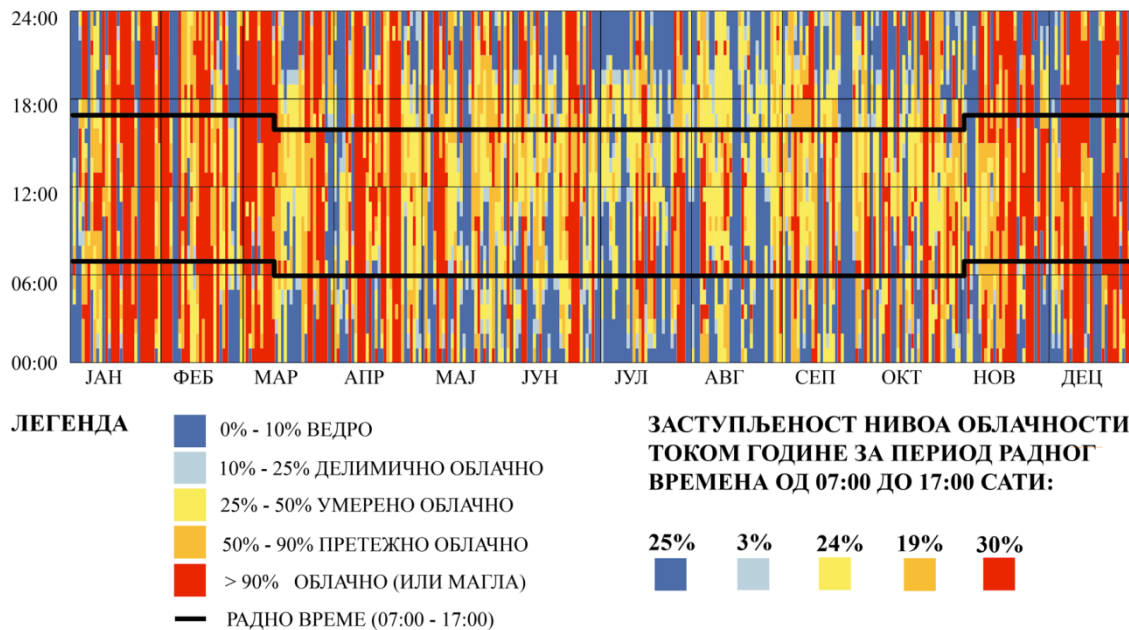
(ПРИЛОГ 1.1) СЛИКА 2: Дијаграм минималних, максималних и просечних месечних температура адаптивног комфора у Београду



(ПРИЛОГ 1.1) СЛИКА 3: Годишњи профил заступљености комфорних климатских услова према температурном распону адаптивног комфора за Београд

ПРИЛОГ 1.2: АНАЛИЗА ГОДИШЊЕ ПОКРИВЕНОСТИ ОБЛАЦИМА НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА

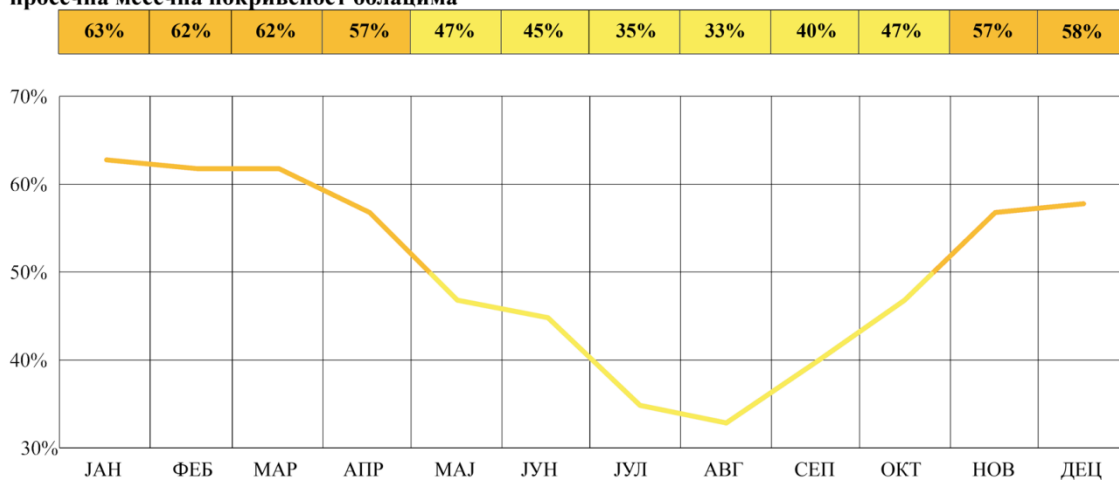
ПОКРИВЕНОСТ ОБЛАЦИМА (часовне вредности)



(ПРИЛОГ 1.2) СЛИКА 1: Годишњи профил покривености облацима и заступљеност облачности на територији Београда

ПОКРИВЕНОСТ ОБЛАЦИМА (просечне месечне вредности)

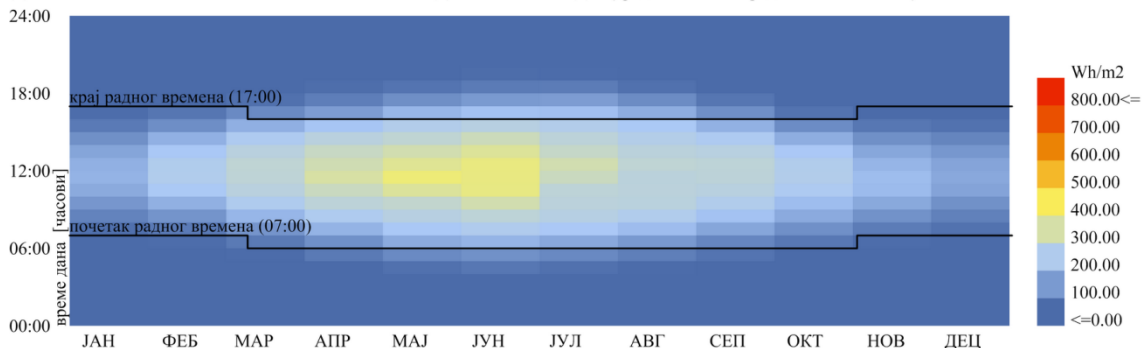
просечна месечна покривеност облацима



(ПРИЛОГ 1.2) СЛИКА 2: Средње месечне вредности покривености облацима на територији Београда

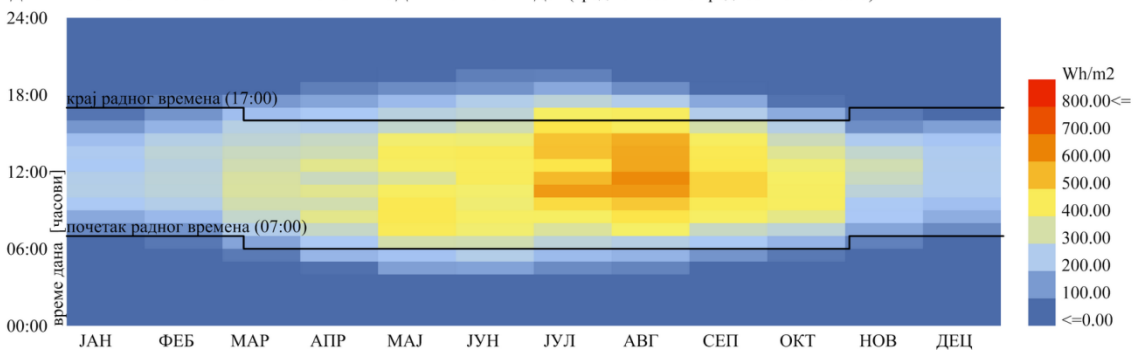
ПРИЛОГ 1.3: АНАЛИЗА ЗРАЧЕЊА У ТОКУ ГОДИНЕ НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА

ДИФУЗНО ХОРИЗОНТАЛНО ЗРАЧЕЊЕ ТОКОМ ГОДИНЕ У БЕОГРАДУ (средње месечне вредности сваког сата)



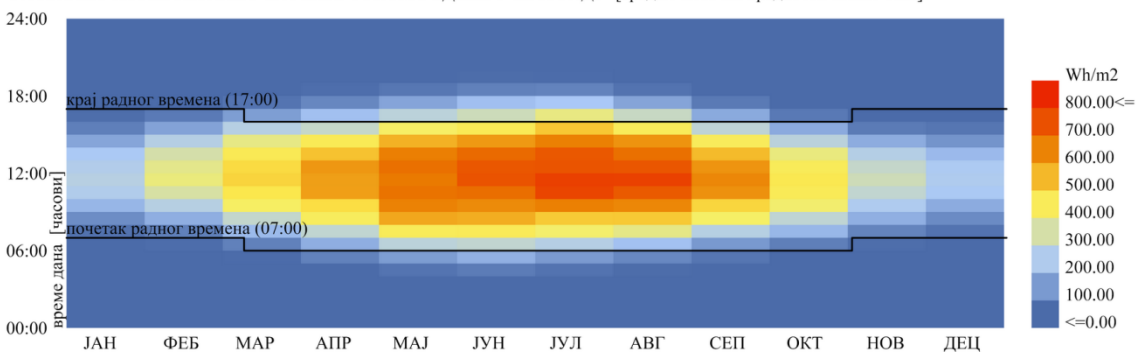
(ПРИЛОГ 1.3) СЛИКА 1: Средње месечне вредности часовних распона за дифузно хоризонтално зрачење на територији Београда

ДИРЕКТНО НОРМАЛНО ЗРАЧЕЊЕ ТОКОМ ГОДИНЕ У БЕОГРАДУ (средње месечне вредности сваког сата)



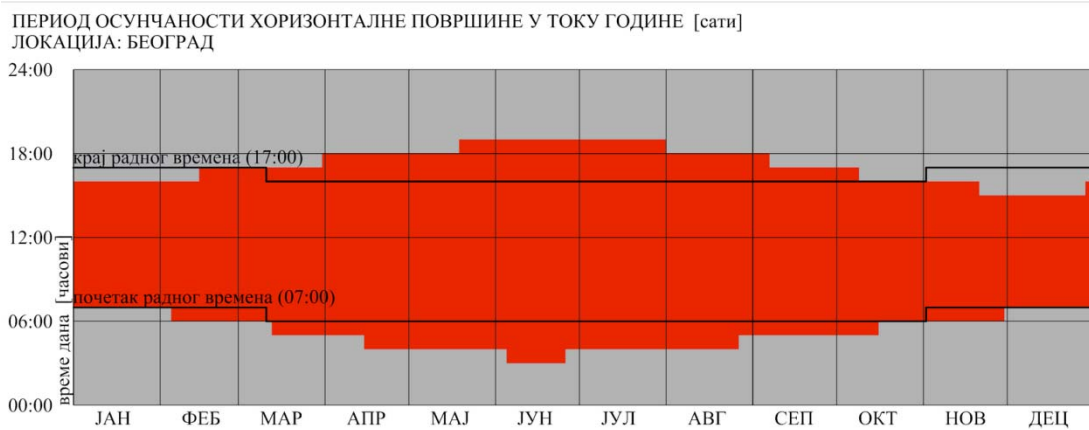
(ПРИЛОГ 1.3) СЛИКА 2: Средње месечне вредности часовних распона за директно зрачење на територији Београда

ГЛОБАЛНО ХОРИЗОНТАЛНО ЗРАЧЕЊЕ ТОКОМ ГОДИНЕ У БЕОГРАДУ [средње месечне вредности сваког сата]

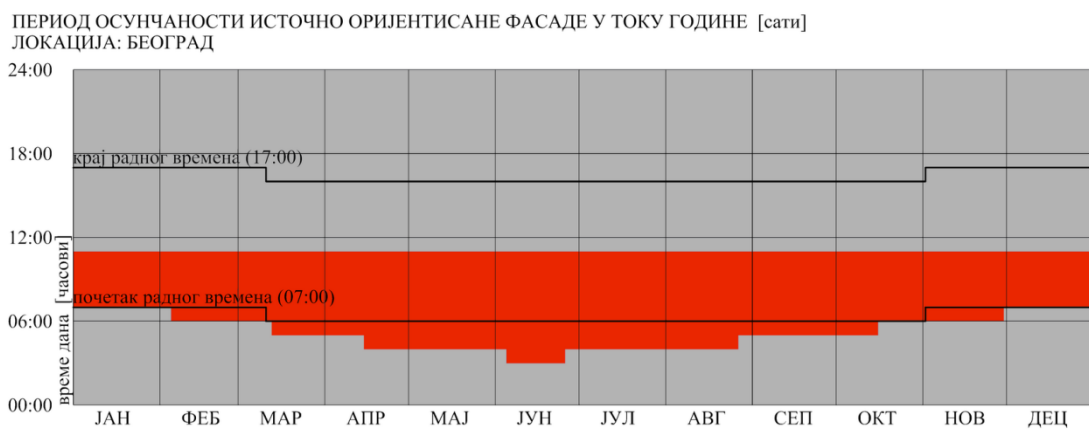


(ПРИЛОГ 1.3) СЛИКА 3: Средње месечне вредности часовних распона за глобално хоризонтално зрачење на територији Београда

ПРИЛОГ 1.4: АНАЛИЗА ПОТЕНЦИЈАЛА ОСУНЧАНОСТИ ФАСАДА НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА

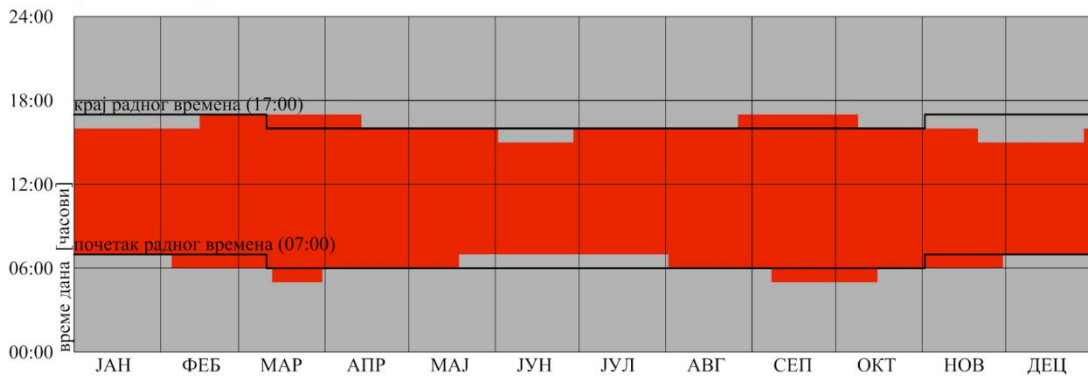


(ПРИЛОГ 1.4) СЛИКА 1: *Годишњи профил потенцијала осунчаности хоризонталне површине у климатским условима Београда*



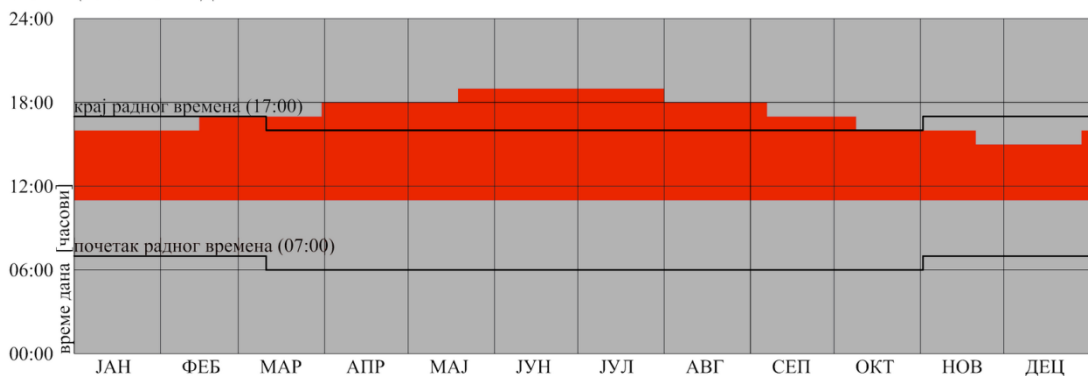
(ПРИЛОГ 1.4) СЛИКА 2: *Годишњи профил потенцијала осунчаности ИСТОЧНО оријентисане вертикалне фасаде у климатским условима Београда*

ПЕРИОД ОСУНЧАНОСТИ ЈУЖНО ОРИЈЕНТИСАНЕ ФАСАДЕ У ТОКУ ГОДИНЕ [сати]
 ЛОКАЦИЈА: БЕОГРАД



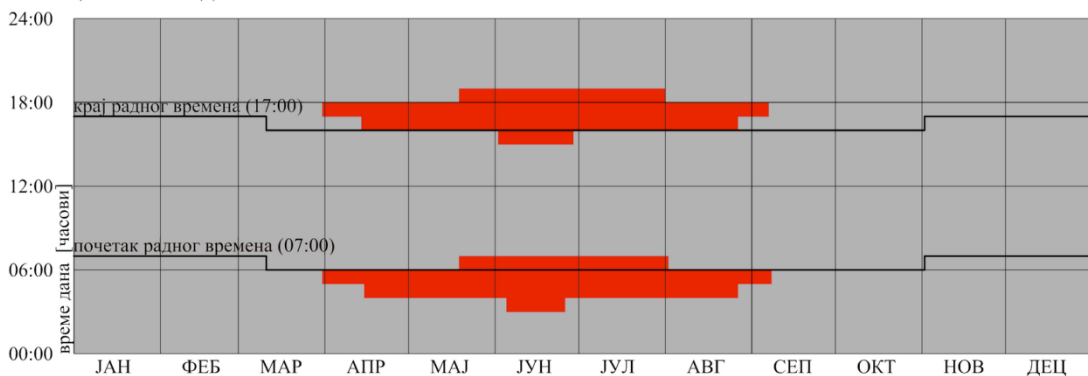
(ПРИЛОГ 1.4) СЛИКА 3: Годишњи профил потенцијала осунчаности ЈУЖНО оријентисане вертикалне фасаде у климатским условима Београда

ПЕРИОД ОСУНЧАНОСТИ ЗАПАДНО ОРИЈЕНТИСАНЕ ФАСАДЕ У ТОКУ ГОДИНЕ [сати]
 ЛОКАЦИЈА: БЕОГРАД



(ПРИЛОГ 1.4) СЛИКА 4: Годишњи профил потенцијала осунчаности ЗАПАДНО оријентисане вертикалне фасаде у климатским условима Београда

ПЕРИОД ОСУНЧАНОСТИ СЕВЕРНО ОРИЈЕНТИСАНЕ ФАСАДЕ У ТОКУ ГОДИНЕ [сати]
 ЛОКАЦИЈА: БЕОГРАД



(ПРИЛОГ 1.4) СЛИКА 5: Годишњи профил потенцијала осунчаности СЕВЕРНО оријентисане вертикалне фасаде у климатским условима Београда

ПРИЛОГ 2: АНАЛИЗА ОПТИЧКИХ ПЕРФОРМАНСИ ТЕКСТИЛНИХ ЗАСТОРА

(ПРИЛОГ 2) ТАБЕЛА 1: Оптичка својства анализираних модела унутрашњих текстилних застора (модел: T3, T9 и T26)

назив модела материјала	боја	OF ($\tau_{v,n-n}$)	τ_v	ρ_v	$\tau_{v,n-dif}$	$\tau_{v,n-h,dif}$	τ_{uv}	класа визуелног комфора према стандарду EN 14501*			
								искоришћење дневне светлости	контрола блеска	приватност (ноћни услови)	визуелни контакт са спољном средином
T3	сива	0,01	0,03	0,17	0,02	0,02	0,01	1	2	2	2
T9	сива	0,05	0,09	0,16	0,03	0,07	0,07	1	1	1	3
T26	беж	0,04	0,26	0,46	0,20	0,22	0,09	2	0	1	1

* скала за вредности класе визуелног комфора: 0 - веома мали ефекат, 1 - мали ефекат; 2 - умерени ефекат, 3 - добар ефекат; 4 - веома добар ефекат

(ПРИЛОГ 2) ТАБЕЛА 2: Топлотна својства анализираних модела унутрашњих текстилних застора (модел: T3, T9 и T26)

назив модела материјала	боја	материјал				материјал + стакло							
		OF ($\tau_{v,n-n}$)	τ_e	ρ_e	α_e	A*		B*		C*		D*	
						$g=0,85$	$g=0,76$	$g=0,76$	$g=0,59$	$g=0,59$	$g=0,32$		
g_{tot} унутрашњи застор													
T3	сива	0,01	1	6	93	0,66	0	0,64	0	0,53	0	0,3	2
T9	сива	0,05	13	19	68	0,62	0	0,6	0	0,51	0	0,29	2
T26	беж	0,04	29	46	25	0,48	1	0,48	1	0,42	1	0,27	2



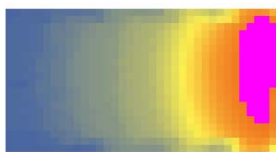
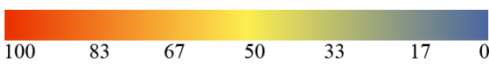




класа топлотног комфора према EN 14501 стандарду

скала за вредности класе топлотног комфора: 0 - веома мали ефекат, 1 - мали ефекат; 2 - умерени ефекат, 3 - добар ефекат; 4 - веома добар ефекат

* енергетска својства референтних стакла А, В, С и D (према EN 14501 стандарду)

врста стакла		U [W/m ² K]	g
A	чисто једнослојно стакло	5,8	0,85
B	чисто двослојно стакло	2,9	0,76
C	нискоемисионо двослојно стакло	1,2	0,59
D	рефлексивно нискоемисионо двослојно стакло	1,1	0,32





(ПРИЛОГ 2) ТАБЕЛА 3: Доступност дневне светлости у моделованом простору са применом различитих модела константно спуштених текстилних застора (модел: T3, T9 и T26). Пробне анализе извршене за модел простора оријентисан према истоку.

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ИСТОК			
модел застора			
	T3	T9	T26
перформансе дневне светлости			
годишњи профил доступности дневне светлости			
			
легенда:			
ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА		ПРЕОСВЕТЉЕНА ПОВРШИНА (потенцијал за појаву блеска)	
			
нумерички резултат метрике дневне светлости:			
$DA_{500lux}[50\%]$	0%	0%	30%
DA	2%	10%	34%
DA_{con}	13%	31%	59%
DA_{max}	0%	0	9%
UDI	10%	46%	88%
где је:			
$DA_{500lux}[50\%]$ – просторна аутономија дневне светлости			
DA – аутономија дневне светлости			
DA_{con} – континуална аутономија дневне светлости			
DA_{max} – максимална аутономија дневне светлости			
UDI – корисна осветљеност дневне светлости			
годишњи профил ефективног блештања у простору			
	0%	1,8%	9%
			
легенда:			
НЕПОДНОШЉИВО БЉЕШТАЊЕ $DGP \geq 0,45$		ПРИМЕТНО БЉЕШТАЊЕ $0,40 > DGP > 0,35$	
ОМЕТАЈУЋЕ БЉЕШТАЊЕ $0,45 > DGP > 0,40$		НЕОСЕТНО БЉЕШТАЊЕ $DGP < 0,35$	
за оптичке карактеристике стакла			
светлосна пропустљивост стакла (τ_v)		80%	
за оптичке карактеристике текстилних застора према табели 1 (прилог 2)			
ρ_v	0%	0%	0%
$\rho_{v,dif}$	17%	16%	46%
$\tau_{v,n-h,dif}$	2%	4%	22%
$\tau_{v,n-n}$	1%	5%	4%
τ_v	3%	9%	26%
где је:			
ρ_v - огледалска рефлексија светлосног зрачења			
$\rho_{v,dif}$ - дифузна рефлексија светлосног зрачења			
$\tau_{v,n-h,dif}$ – пропустљивост дифузне компоненте светлосног зрачења			
$\tau_{v,n-n}$ – пропустљивост директне компоненте светлосног			
τ_v – укупна светлосна пропустљивост			

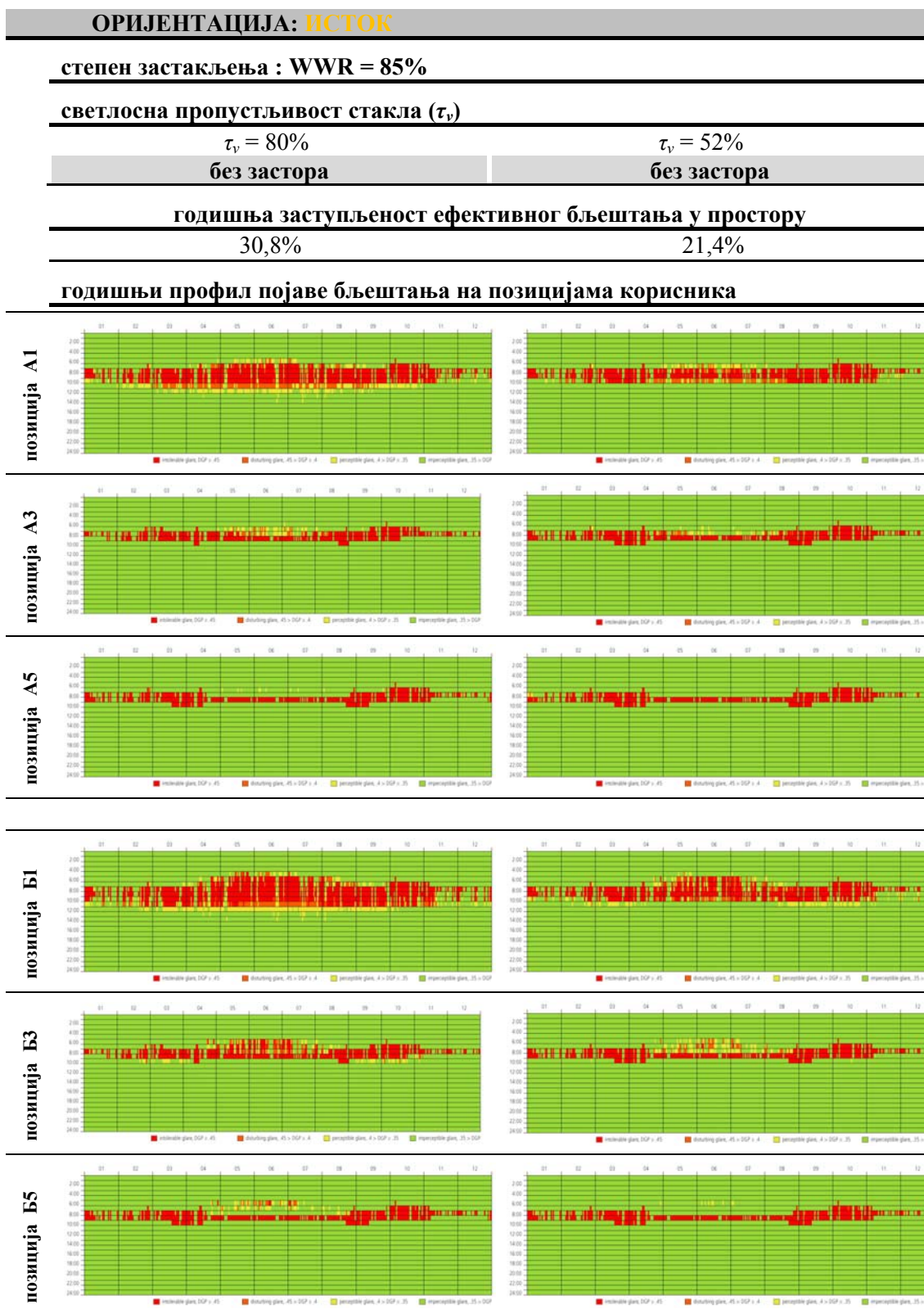
**ПРИЛОГ 3: АНАЛИЗА ВИЗУЕЛНОГ КОМФОРА У МОДЕЛОВАНОМ
ПРОСТОРУ ИНДИВИДУАЛНЕ ЛАНЦЕЛАРИЈЕ**

**ПРИЛОГ 3.1: АНАЛИЗА ПОЈАВЕ БЉЕШТАЊА ПРИ РАЗЛИЧИТИМ
ОРИЈЕНТАЦИЈАМА ПРОСТОРА**
Анализа простора без примењених застора

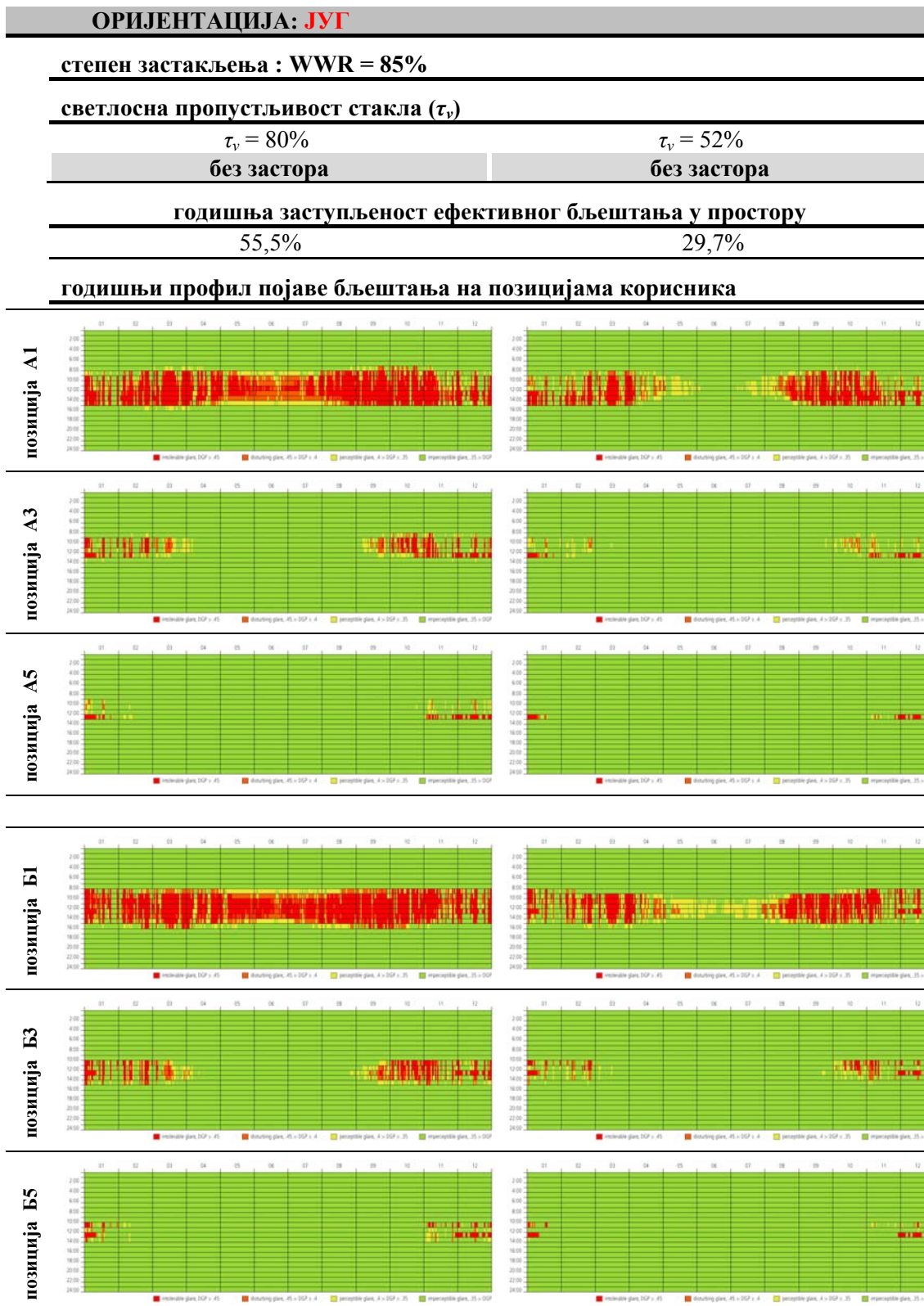
**ЛЕГЕНДА за годишњи профил појаве бљештања на
позицијама корисника:**

-  НЕПОДНОШЉИВО БЉЕШТАЊЕ $DGP \geq 0,45$
-  ОМЕТАЈУЋЕ БЉЕШТАЊЕ $0,45 > DGP > 0,40$
-  ПРИМЕТНО БЉЕШТАЊЕ $0,40 > DGP > 0,35$
-  НЕОСЕТНО БЉЕШТАЊЕ $DGP < 0,35$

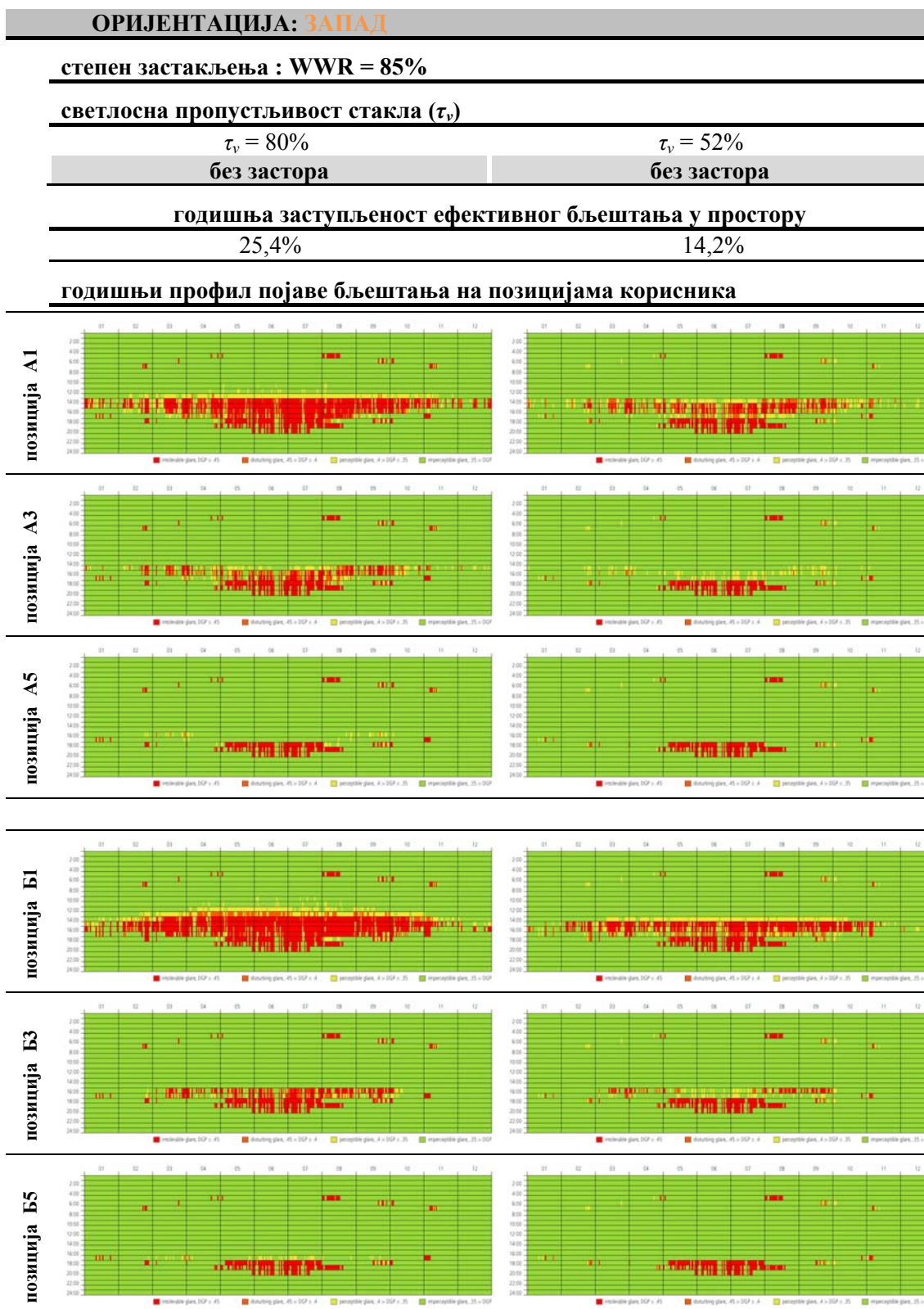
(ПРИЛОГ 3.1) ТАБЕЛА 1: Годишњи профил појаве бљештања у простору на потенцијалним позицијама корисника (позиције А1, А3, А5 и Б1, Б3, Б5). Оријентација: ИСТОК



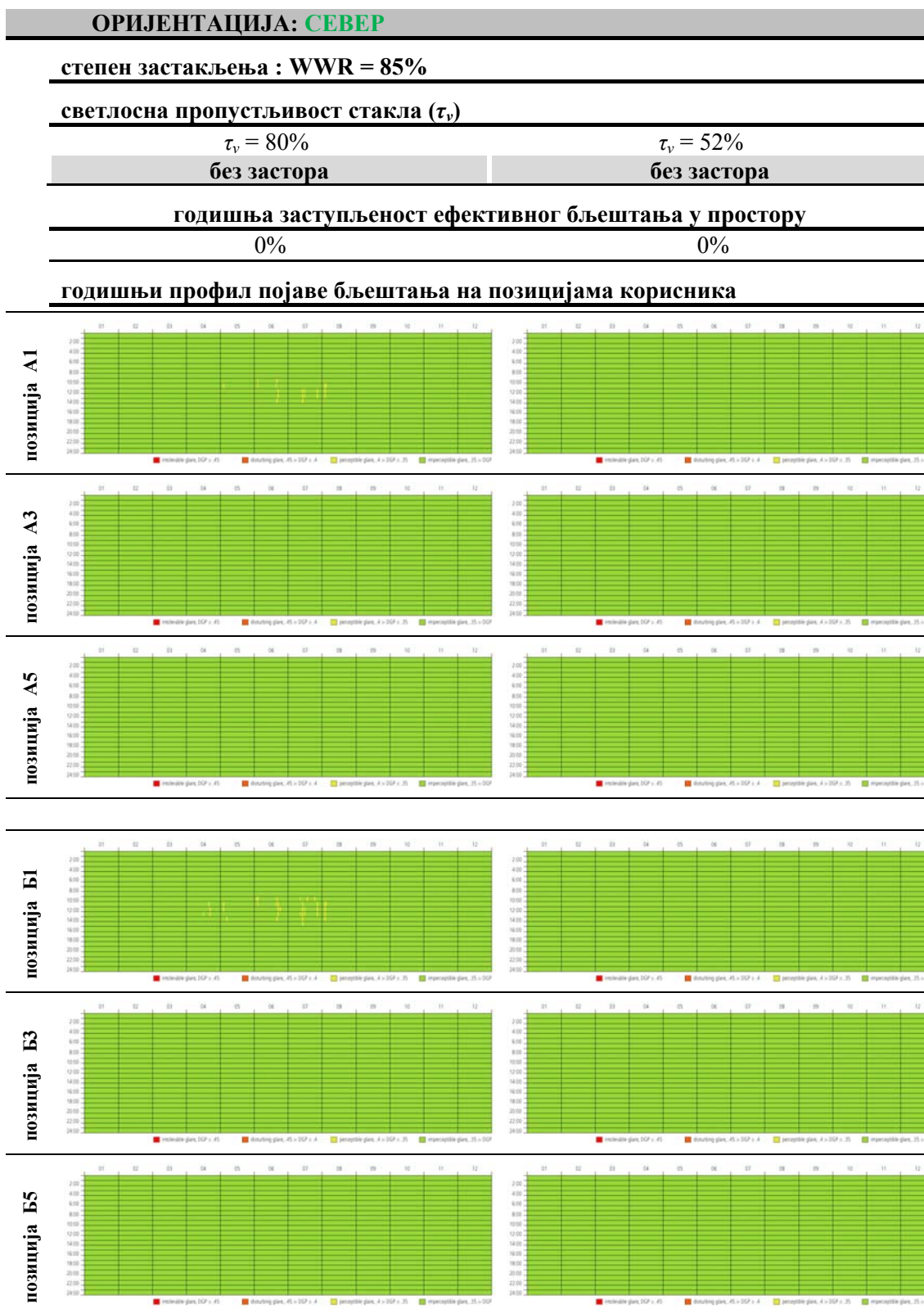
(ПРИЛОГ 3.1) ТАБЕЛА 2: Годишњи профил појаве бљештања у простору на потенцијалним позицијама корисника (позиције А1, А3, А5 и Б1, Б3, Б5). Оријентација: ЈУГ



(ПРИЛОГ 3.1) ТАБЕЛА 3: Годишњи профил појаве бљештања у простору на потенцијалним позицијама корисника (позиције А1, А3, А5 и Б1, Б3, Б5). Оријентација: ЗАПАД



(ПРИЛОГ 3.1) ТАБЕЛА 4: Годишњи профил појаве бљештања у простору на потенцијалним позицијама корисника (позиције А1, А3, А5 и Б1, Б3, Б5). Оријентација: СЕВЕР



ПРИЛОГ 3.2: АНАЛИЗА ВИЗУЕЛНОГ И СВЕТЛОСНОГ КОМФОРА У ПРОСТОРИМА ОРИЈЕНТИСАНИМ КА ИСТОКУ, ЈУГУ И ЗАПАДУ

Анализа са константно спуштеним засторима

Примери за просторе:

- (1) без застора,
- (2) са унутрашњим текстилним застором и
- (3) са спољним венецијанским застором са закошеним ламелама
према одговарајућој оријентацији

Све наредне анализе су изведене за модел са максималним степеном застакљења (M85), са стаклом G01, са највећом светлосном пропустљивости ($\tau_v = 80\%$), и са следећим карактеристикама застора:

оптичке карактеристике венецијанских ролетни:

огледалска рефлексија светлосног зрачења (ρ_v)	15%
дифузна рефлексија светлосног зрачења ($\rho_{v,dif}$)	44%
боја (средња RGB вредност)	0,52

оптичке карактеристике текстилне ролетне:

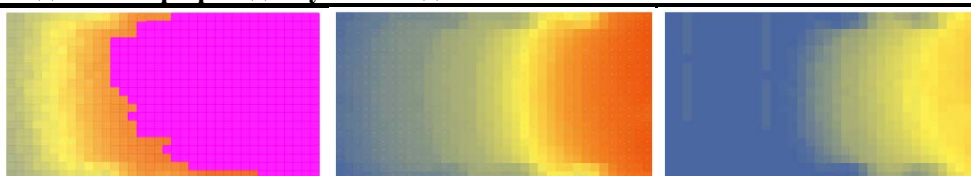
огледалска рефлексија светлосног зрачења (ρ_v)	0%
дифузна рефлексија светлосног зрачења ($\rho_{v,dif}$)	46%
дифузна пропустљивост светлосног зрачења ($\tau_{v,n-h,dif}$)	22%
директна пропустљивост светлосног зрачења ($\tau_{v,n-n}$)	4%
укупна светлосна пропустљивост (τ_v)	26%
боја (средња RGB вредност)	0,52

(ПРИЛОГ 3.2) ТАБЕЛА 2: Анализа осветљености у нивоу радне површине и у видном пољу корисника, у моделованом простору индивидуалне канцеларије, за случај када су застори константно подигнути и два случаја са константно спуштеним засторима (спољни и унутрашњи). Оријентација: ИСТОК

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ИСТОК			
степен застакљења : WWR = 85%			
светлосна пропусљивост стакла: $\tau_v = 80\%$			
без застора	са константно спуштеним засторима		
	унутрашњи текстилни застор	спољни венецијански застор угао ламела:	
	$\tau_v = 26\%$	50°	

перформансе дневне светлости

годишњи профил доступности дневне светлости



легенда:

ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА



ПРЕОСВЕТЉЕНА ПОВРШИНА
(потенцијал за појаву блеска)



нумерички резултат метрике дневне светлости:

$DA_{500lux}[50\%]$	79%	38%	15%
DA	73%	42%	19%
DA_{con}	87%	66%	48%
DA_{max}	40%	14%	0%
UDI	70%	100%	81%

где је:

$DA_{500lux}[50\%]$ – просторна аутономија дневне светлости

DA – аутономија дневне светлости

DA_{con} – континуална аутономија дневне светлости

DA_{max} – максимална аутономија дневне светлости

UDI – корисна осветљеност дневне светлости

годишњи профил ефективног блештања у простору*

30,8%

10,1%

0,5%



легенда:

- НЕПОДНОШЉИВО БЉЕШТАЊЕ $DGP \geq 0,45$
- ОМЕТАЈУЋЕ БЉЕШТАЊЕ $0,45 > DGP > 0,40$
- ПРИМЕТНО БЉЕШТАЊЕ $0,40 > DGP > 0,35$
- НЕОСЕТНО БЉЕШТАЊЕ $DGP < 0,35$

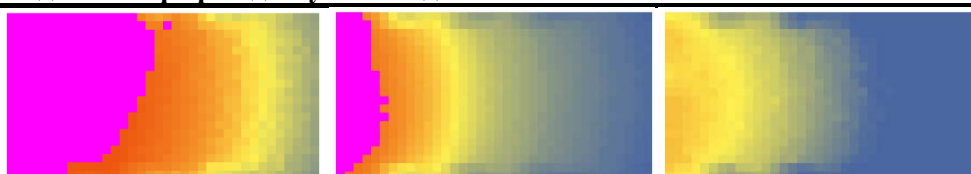
* за свих шест потенцијалних позиција корисника, на слици годишњи профил блеска на позицији Б1

(ПРИЛОГ 3.2) ТАБЕЛА 3: Анализа осветљености у нивоу радне површине и у видном пољу корисника, у моделованом простору индивидуалне канцеларије, за случај када су застори константно подигнути и два случаја са константно спуштеним засторима (спољни и унутрашњи). Оријентација: ЗАПАД

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ЗАПАД		
степен застакљења : WWR = 85%		
светлосна пропусљивост стакла: $\tau_v = 80\%$		
без застора	са константно спуштеним засторима	
	унутрашњи текстилни застор	спољни венецијански застор угао ламела:
	$\tau_v = 26\%$	45°

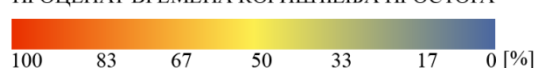
перформансе дневне светлости

годишњи профил доступности дневне светлости



легенда:

ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА



ПРЕОСВЕТЉЕНА ПОВРШИНА
(потенцијал за појаву блеска)



нумерички резултат метрике дневне светлости:

$DA_{500lux}[50\%]$	81%	35%	17%
DA	75%	35%	21%
DA_{con}	88%	63%	50%
DA_{max}	57%	12%	0%
UDI	68%	98%	85%

где је:

$DA_{500lux}[50\%]$ – просторна аутономија дневне светлости

DA – аутономија дневне светлости

DA_{con} – континуална аутономија дневне светлости

DA_{max} – максимална аутономија дневне светлости

UDI – корисна осветљеност дневне светлости

годишњи профил ефективног бљештања у простору*

25,4%

0,8%

0%



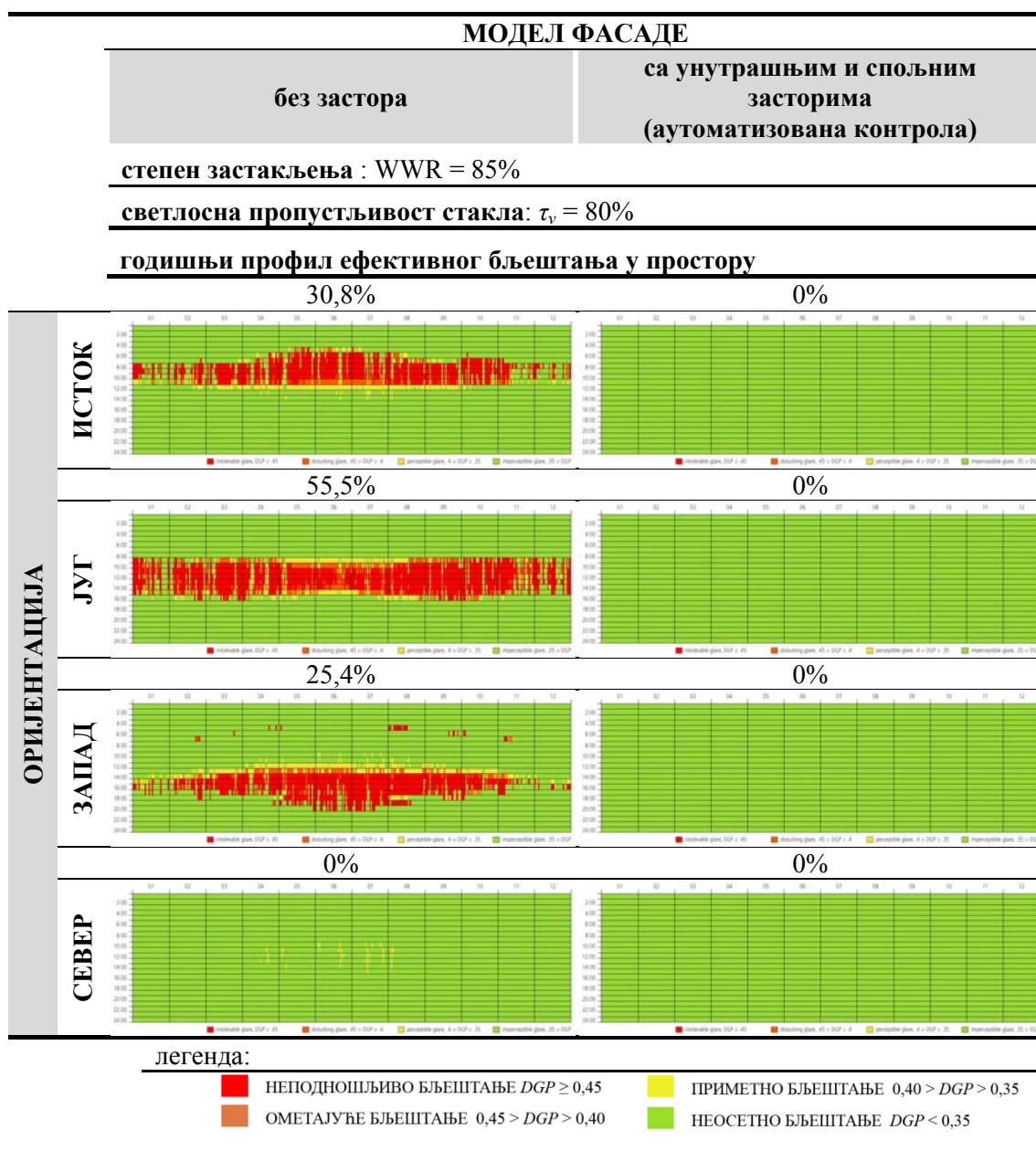
легенда:

- НЕПОДНОШЉИВО БЉЕШТАЊЕ $DGP \geq 0,45$
- ОМЕТАЈУЋЕ БЉЕШТАЊЕ $0,45 > DGP > 0,40$
- ПРИМЕТНО БЉЕШТАЊЕ $0,40 > DGP > 0,35$
- НЕОСЕТНО БЉЕШТАЊЕ $DGP < 0,35$

* за свих шест потенцијалних позиција корисника, на слици годишњи профил блеска на позицији Б1

ПРИЛОГ 3.3: АНАЛИЗА ВИЗУЕЛНОГ КОМФОРА ЗА УСВОЈЕНУ КОМБИНАЦИЈУ ЗАСТОРА
 Анализа за све оријентације простора

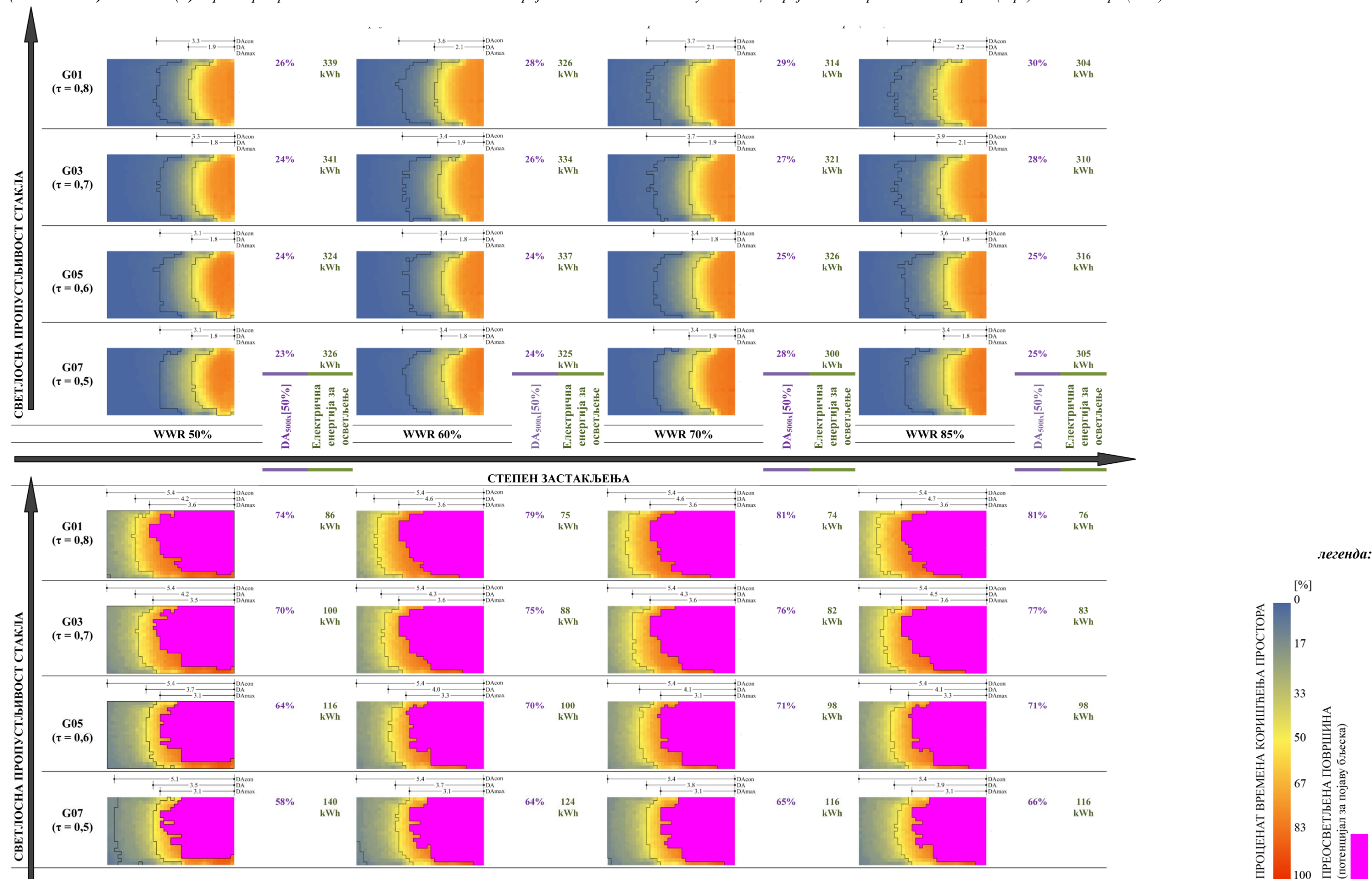
(ПРИЛОГ 3.3) ТАБЕЛА 1: Годишњи профил појаве ефективног бљештања (за све позиције корисника) у простору, при свим оријентацијама простора



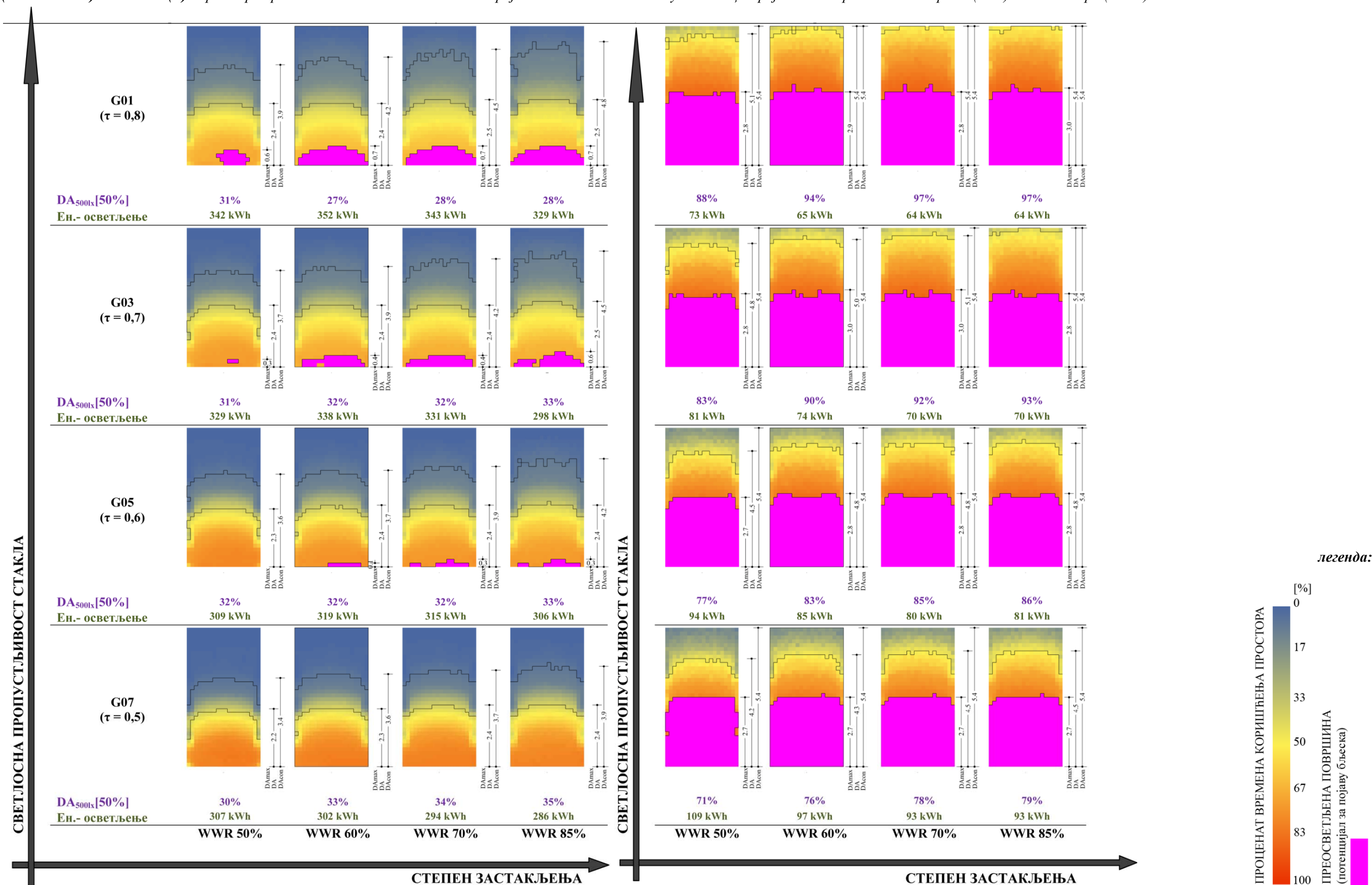
ПРИЛОГ 4: ДЕТАЉНИ ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА СИМУЛАЦИЈЕ

ПРИЛОГ 4.1: РЕУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ СВЕТЛОСНИХ ПЕРФОРМАНСИ ПРОСТОРА

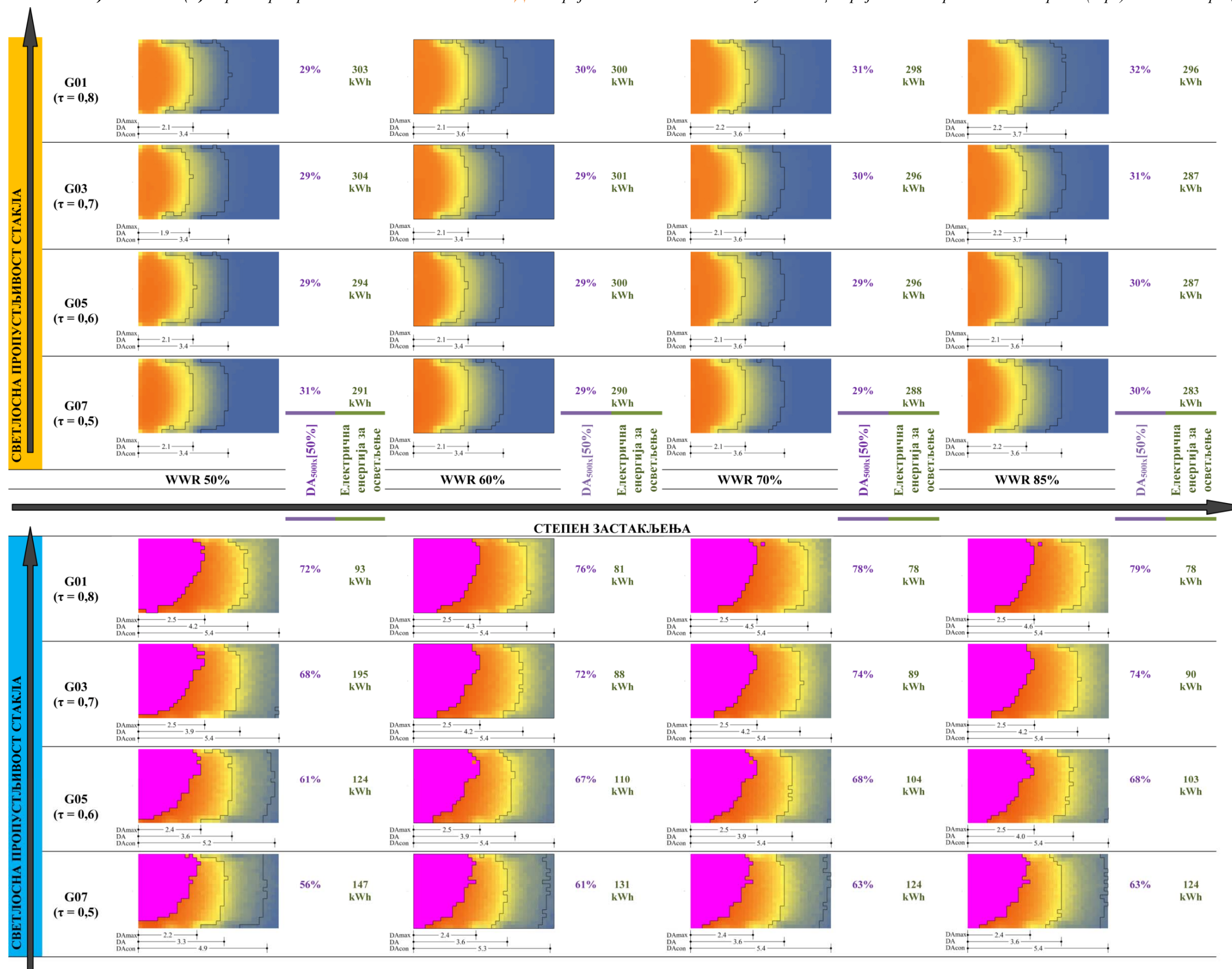
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 1(A): Просторна расподела осветљења за **ИСТОЧНО** оријентисани модел индивидуалне канцеларије са интегрисаним засторима (горе) и без застора (доле)



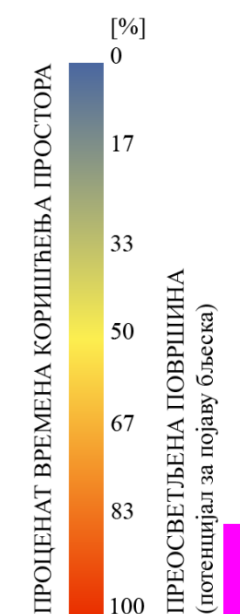
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 1(Б): Просторна расподела осветљења за **ЈУЖНО** оријентисани модел индивидуалне канцеларије са интегрисаним засторима (лево) и без застора (десно)



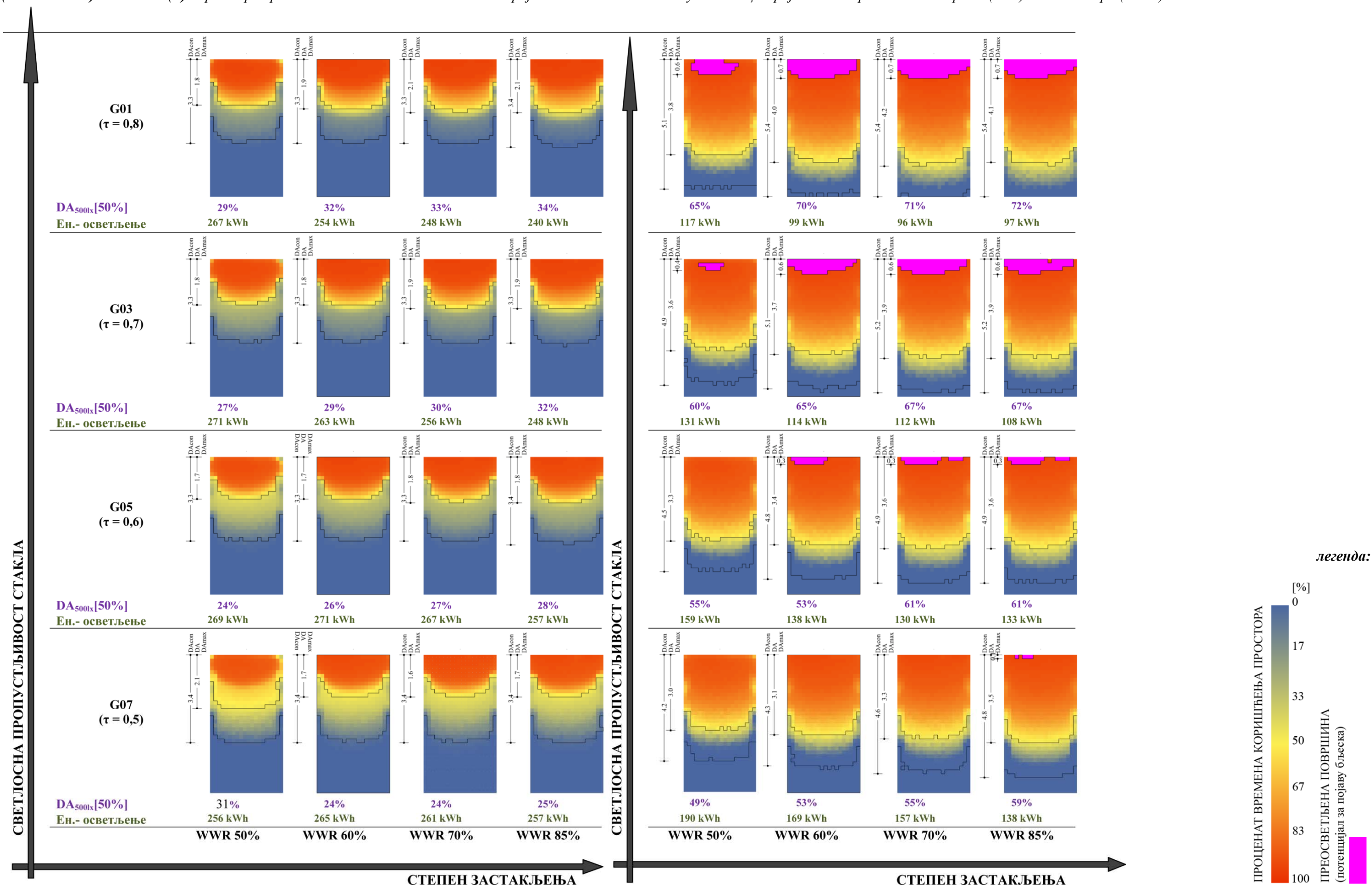
ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 1(В): Просторна расподела осветљења за **ЗАПАДНО** оријентисани модел индивидуалне канцеларије са интегрисаним засторима (горе) и без застора (доле)



легида:



(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 1(Г): Просторна расподела осветљења за **СЕВЕРНО** оријентисани модел индивидуалне канцеларије са интегрисаним засторима (лево) и без застора (десно)



легиенда:

0%
17%
33%
50%
67%
83%
100%

ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА

ПРОСВЕЋЕЊЕНА ПОВРШИНА (потенцијал за појаву блјеска)

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 2(A): Резултати симулације за светлосни модел индивидуалне канцеларије, **ИСТОЧНО** оријентисан, са интегрисаним засторима (горе) и без застора (доле)

	СА ЗАСТОРИМА				WWR 50% Г				WWR 60% Г				WWR 70% Г				WWR 85% Г			
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)	[%]	5.7%	5.0%	4.3%	3.6%	6.7%	5.9%	5.0%	4.2%	6.8%	6.0%	5.1%	4.3%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%			
DF ≥ 2%	[%]	65%	60%	56%	51%	68%	65%	60%	55%	70%	66%	61%	56%	71%	67%	61%	56%			
АУТОНОМИЈА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (D-A)	[%]	26%	24%	24%	23%	28%	26%	24%	24%	29%	27%	25%	28%	30%	28%	25%	25%			
D-A_{50%} [50%]	[%]	25%	24%	25%	24%	27%	26%	25%	25%	28%	27%	25%	28%	29%	28%	26%	26%			
D-A_{con}	[%]	50%	49%	51%	51%	51%	50%	50%	51%	53%	52%	51%	55%	55%	54%	52%	54%			
D-A_{max}	[%]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			
Mean Daylight Availability	[%]	25%	24%	25%	24%	27%	26%	25%	25%	28%	27%	25%	28%	29%	28%	26%	26%			
КОРИСНА ОСВЕЉЕНОСТ ДНЕВНИМ СВЕЛОМ (UDI)	[%]	85%	82%	82%	81%	90%	86%	84%	83%	94%	91%	87%	90%	99%	96%	92%	91%			
UDI_{1hr-200lux}	[%]																			
ПРОСТОРНА ДУБИНА ЗОНЕ ДНЕВНОГ СВЕТЛА	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
зона за D _{max}	[m]	1.9	1.8	1.8	1.8	2.1	1.9	1.8	1.8	2.1	1.9	1.8	1.9	2.2	2.1	1.8	1.8			
зона за D _{Acon}	[m]	3.3	3.3	3.1	3.1	3.6	3.4	3.4	3.4	3.7	3.7	3.4	3.4	4.2	3.9	3.6	3.4			
ЗАСТОРИ - ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА ОТВОРЕНИХ ЗАСТОРА	[%]	21%	25%	32%	41%	18%	21%	27%	35%	18%	21%	26%	39%	17%	20%	26%	33%			
група 1: унутрашњи (ролетна)	[%]	77%	79%	82%	82%	77%	78%	79%	80%	77%	78%	79%	82%	77%	79%	79%	83%			
група 2: спољашњи (лувери)	[%]																			
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕЉЕЊЕ	[kWh]	339	341	324	326	326	334	337	325	314	321	326	300	304	310	316	305			
укупна годишња потрошња	[kWh]																			
СВЕЛОСНА ПРОПУСТИВОСТ СТАКЛА		(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)			
ОЗНАКА СТАКЛА		G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07			

	БЕЗ ЗАСТОРА				WWR 50% Г				WWR 60% Г				WWR 70% Г				WWR 85% Г			
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)	[%]	5.7%	5.0%	4.3%	3.6%	6.7%	5.9%	5.0%	4.2%	6.8%	6.0%	5.1%	4.3%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%			
DF ≥ 2%	[%]	65%	61%	56%	51%	69%	65%	60%	55%	70%	66%	61%	56%	70%	67%	62%	56%			
АУТОНОМИЈА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (D-A)	[%]	74%	70%	64%	58%	79%	75%	70%	64%	81%	76%	71%	65%	81%	77%	71%	66%			
D-A_{50%} [50%]	[%]	70%	66%	62%	57%	74%	70%	66%	61%	75%	72%	67%	62%	75%	72%	67%	63%			
D-A_{con}	[%]	86%	84%	81%	78%	88%	86%	83%	81%	88%	87%	84%	81%	88%	87%	84%	81%			
D-A_{max}	[%]	51%	49%	46%	44%	56%	55%	51%	49%	57%	55%	51%	49%	57%	55%	51%	48%			
Mean Daylight Availability	[%]	24%	23%	21%	20%	23%	21%	21%	19%	24%	22%	22%	20%	24%	23%	22%	20%			
КОРИСНА ОСВЕЉЕНОСТ ДНЕВНИМ СВЕЛОМ (UDI)	[%]	73%	77%	82%	87%	68%	72%	77%	81%	67%	71%	76%	81%	68%	72%	76%	81%			
UDI_{1hr-200lux}	[%]																			
ПРОСТОРНА ДУБИНА ЗОНЕ ДНЕВНОГ СВЕТЛА	[m]	3.6	3.5	3.1	3.1	3.6	3.6	3.3	3.1	3.6	3.6	3.1	3.1	3.6	3.6	3.3	3.1			
зона за D _{max}	[m]	4.2	4.2	3.7	3.5	4.6	4.3	4.0	3.7	4.6	4.3	4.1	3.8	4.7	4.5	4.1	3.9			
зона за D _{Acon}	[m]	5.4	5.4	5.4	5.1	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4			
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕЉЕЊЕ	[kWh]	86	100	116	140	75	88	100	124	74	82	98	116	76	83	98	116			
укупна годишња потрошња	[kWh]																			
СВЕЛОСНА ПРОПУСТИВОСТ СТАКЛА		(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)			
ОЗНАКА СТАКЛА		G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07			

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 2(Б): Резултати симулације за светлосни модел индивидуалне канцеларије, **ЈУЖНО** оријентисан, са интегрисаним засторима (горе) и без застора (доле)

	СА ЗАСТОРИМА		WWR 50% _L		WWR 60% _L		WWR 70% _L		WWR 85% _L			
	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)												
DF ≥ 2%	65%	51%	55%	51%	68%	65%	60%	55%	69%	66%	62%	56%
АУТОНОМИЈА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DA)												
DA _{50mid/50%}	31%	30%	32%	30%	27%	32%	33%	33%	28%	33%	33%	35%
DA _{max}	29%	30%	30%	29%	29%	30%	31%	31%	31%	31%	32%	32%
DA _{min}	49%	51%	53%	53%	47%	49%	52%	54%	50%	52%	54%	56%
DA _{max}	4%	0%	0%	0%	10%	1%	0%	0%	11%	6%	2%	0%
DA _{min}	27%	29%	30%	33%	23%	26%	29%	31%	20%	27%	30%	32%
Корисна осветљеност дневним светлом (UDI)												
UDI _{(0-300)max}	82%	85%	89%	88%	73%	82%	85%	89%	85%	88%	91%	94%
ПРОСТОРНА ДУБИНА ЗОНЕ ДНЕВНОГ СВЕТЛА												
зона за D _{max}	0.6	0.3	0.0	0.0	0.7	0.4	0.1	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0
зона за DA	2.4	2.4	2.3	2.2	2.4	2.4	2.4	2.3	2.5	2.5	2.4	2.4
зона за D _{acon}	3.9	3.7	3.6	3.4	4.2	3.9	3.7	3.6	4.5	4.5	4.2	3.9
ЗАСТОРИ - ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА ОТВОРЕНИХ ЗАСТОРА												
група 1: унутрашњи (ролетна)	17%	19%	23%	26%	15%	17%	20%	24%	15%	17%	20%	24%
група 2: спољашњи (слувери)	70%	75%	81%	85%	67%	71%	77%	83%	66%	70%	75%	82%
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕЉЕЊЕ												
укупна годишња потрашња [kWh]	342	329	309	307	352	338	319	302	343	329	306	286
СВЕТЛОСНА ПРОПУСТЛИВОСТ СТАКЛА												
ОЗНАКА СТАКЛА	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07
	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)												
DF ≥ 2%	64%	61%	56%	51%	69%	65%	60%	54%	70%	66%	62%	56%
АУТОНОМИЈА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DA)												
DA _{50mid/50%}	88%	83%	77%	71%	94%	90%	83%	76%	97%	93%	86%	79%
DA _{max}	77%	74%	70%	65%	81%	78%	74%	69%	82%	79%	75%	71%
DA _{min}	89%	87%	85%	83%	90%	89%	87%	85%	90%	89%	88%	86%
DA _{max}	51%	50%	49%	48%	53%	52%	51%	49%	53%	52%	50%	49%
DA _{min}	31%	29%	26%	23%	32%	30%	28%	25%	33%	33%	30%	27%
Корисна осветљеност дневним светлом (UDI)												
UDI _{(0-300)max}	58%	62%	68%	72%	54%	58%	63%	68%	53%	57%	62%	68%
ПРОСТОРНА ДУБИНА ЗОНЕ ДНЕВНОГ СВЕТЛА												
зона за D _{max}	2.8	2.8	2.7	2.7	2.9	3.0	2.8	2.7	2.8	3.0	2.8	2.7
зона за DA	5.1	4.8	4.5	4.2	5.4	5.0	4.8	4.3	5.4	5.1	4.8	4.5
зона за D _{acon}	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕЉЕЊЕ												
укупна годишња потрашња [kWh]	73	81	94	109	65	74	85	97	64	70	81	93
СВЕТЛОСНА ПРОПУСТЛИВОСТ СТАКЛА												
ОЗНАКА СТАКЛА	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07
	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)	(τ = 0.8)	(τ = 0.7)	(τ = 0.6)	(τ = 0.5)

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 2(В): Резултати симулације за светлосни модел индивидуалне канцеларије, **ЗАПАДНО** оријентисан, са интегрисаним засторима (горе) и без застора (доле)

		СА ЗАСТОРИМА							WWR 50% Z							WWR 60% Z							WWR 70% Z							WWR 85% Z						
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)		DF		5.7%		5.0%		4.3%		3.6%		6.6%		5.9%		5.0%		4.2%		6.8%		6.0%		5.1%		4.3%		6.7%		5.9%		4.3%				
DF ≥ 2%		65%		61%		55%		51%		69%		65%		60%		55%		55%		70%		67%		61%		55%		70%		67%		56%				
АУТОНОМНА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DA)		DA _{50mid} (50%)		29%		29%		31%		30%		30%		29%		29%		29%		31%		30%		29%		29%		32%		30%		30%				
DA		53%		53%		54%		55%		53%		53%		53%		54%		54%		54%		54%		54%		54%		54%		55%		56%				
DA _{con}		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%				
DA _{max}		29%		28%		29%		29%		30%		29%		29%		29%		30%		30%		30%		29%		30%		30%		31%		31%				
Mean Daylight Availability		87%		86%		86%		89%		90%		88%		87%		87%		87%		93%		91%		90%		89%		95%		95%		93%				
КОРИСНА ОСВЕТЉЕНОСТ ДНЕВНИМ СВЕТЛОМ (UDI)		UDI _{100-3000h}		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0				
зона за D _{opt}		2.1		1.9		2.1		2.1		2.1		2.1		2.1		2.1		2.1		2.2		2.2		2.1		2.1		2.2		2.2		2.2				
зона за DA _{con}		3.4		3.4		3.4		3.4		3.4		3.4		3.4		3.4		3.4		3.6		3.6		3.6		3.6		3.7		3.7		3.6				
ЗАСТОРИ - ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА ОТВОРЕНИХ ЗАСТОРА		29%		34%		44%		53%		24%		29%		37%		46%		24%		23%		28%		36%		45%		24%		29%		36%				
група 1: унутрашњи (ролетна)		86%		87%		89%		91%		85%		86%		87%		87%		84%		84%		86%		87%		89%		82%		85%		87%				
група 2: спољашњи (лувери)		303		304		294		291		300		301		300		290		300		298		296		296		288		296		287		283				
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ		[kWh]		303		304		294		300		301		300		290		300		298		296		296		288		296		287		283				
СВЕТЛОСНА ПРОПУСЉИВОСТ СТАКЛА		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)		(τ = 0.5)		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)		(τ = 0.5)		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)		(τ = 0.5)		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)						
ОЗНАКА СТАКЛА		G01		G03		G05		G07		G01		G03		G05		G07		G01		G03		G05		G07		G01		G03		G05		G07				

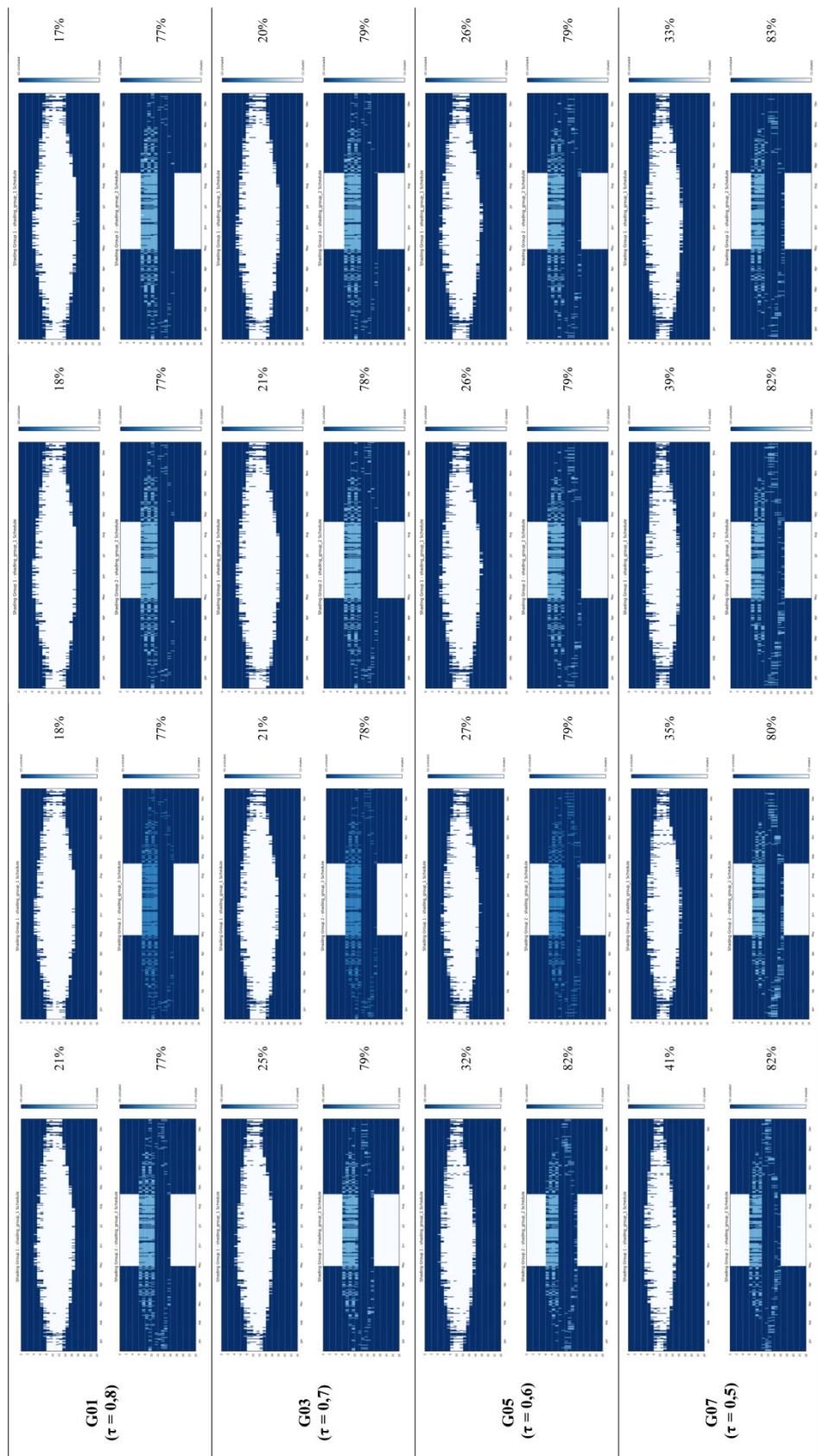
		БЕЗ ЗАСТОРА							WWR 50% Z							WWR 60% Z							WWR 70% Z							WWR 85% Z						
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)		DF		5.7%		5.0%		4.3%		3.6%		6.6%		5.9%		5.0%		4.2%		6.8%		6.0%		5.1%		4.3%		6.7%		5.9%		4.3%				
DF ≥ 2%		65%		61%		55%		51%		69%		65%		60%		55%		55%		70%		67%		61%		55%		71%		66%		62%		56%		
АУТОНОМНА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DA)		DA _{50mid} (50%)		72%		63%		56%		76%		72%		67%		63%		61%		78%		74%		68%		63%		79%		74%		68%				
DA		84%		82%		79%		76%		86%		85%		82%		79%		87%		83%		85%		80%		87%		85%		83%		80%				
DA _{con}		37%		34%		31%		31%		39%		38%		35%		34%		40%		38%		40%		35%		40%		38%		35%		34%				
DA _{max}		34%		32%		30%		27%		35%		33%		31%		28%		36%		36%		34%		32%		36%		35%		32%		29%				
Mean Daylight Availability		75%		79%		84%		90%		71%		74%		79%		83%		70%		74%		78%		78%		83%		70%		74%		78%				
КОРИСНА ОСВЕТЉЕНОСТ ДНЕВНИМ СВЕТЛОМ (UDI)		UDI _{100-3000h}		2.5		2.4		2.2		2.5		2.5		2.5		2.4		2.4		2.5		2.5		2.5		2.4		2.5		2.5		2.4				
зона за D _{opt}		4.2		3.9		3.6		3.3		4.3		4.2		3.9		3.6		4.6		4.5		4.2		3.9		4.6		4.2		4.0		3.6				
зона за DA _{con}		5.4		5.4		5.2		4.9		5.4		5.4		5.4		5.3		5.4		5.4		5.4		5.4		5.4		5.4		5.4		5.4				
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ		[kWh]		93		105		124		81		95		110		131		81		78		89		104		124		78		90		103				
СВЕТЛОСНА ПРОПУСЉИВОСТ СТАКЛА		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)		(τ = 0.5)		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)		(τ = 0.5)		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)		(τ = 0.5)		(τ = 0.8)		(τ = 0.7)		(τ = 0.6)						
ОЗНАКА СТАКЛА		G01		G03		G05		G07		G01		G03		G05		G07		G01		G03		G05		G07		G01		G03		G05		G07				

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 2(Г): Резултати симулације за светлосни модел индивидуалне канцеларије, **СЕВЕРНО** оријентисан, са интегрисаним засторима (лево) и без застора (десно)

		СА ЗАСТОРИМА					WWR 50% _L					WWR 60% _L					WWR 70% _L					WWR 85% _L				
		G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)	DF	5.7%	5.0%	4.3%	3.6%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%	6.8%	6.0%	5.1%	4.3%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%	6.8%	6.0%	5.1%	4.3%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%	
	DF ≥ 2%	65%	61%	56%	51%	69%	65%	60%	55%	70%	66%	62%	56%	70%	66%	62%	56%	70%	66%	62%	56%	70%	66%	62%	56%	
АУТОНОМИЈА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DA)	DA _{50mid/50%}	29%	27%	24%	31%	32%	29%	26%	24%	33%	30%	27%	24%	34%	30%	27%	24%	33%	30%	27%	24%	34%	30%	27%	24%	
	DA	29%	29%	29%	31%	31%	30%	29%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	
	DAcon	58%	57%	57%	59%	59%	59%	58%	59%	60%	60%	58%	59%	61%	61%	60%	59%	60%	60%	59%	61%	60%	60%	60%	60%	
	DAmax	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	Mean Daylight Availability	29%	29%	29%	31%	31%	30%	29%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	
КОРИСНА ОСВЕЉЕНОСТ ДНЕВНИМ СВЕТЛОМ (UDI)	UDI _{100-2000lux}	87%	83%	80%	90%	91%	88%	83%	79%	94%	91%	87%	81%	98%	95%	91%	85%	98%	95%	91%	87%	98%	95%	91%	85%	
ПРОСТОРНА ДУБИНА ЗОНЕ ДНЕВНОГ СВЕТЛА	зона за D _{max}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	зона за DA	1.8	1.8	1.7	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	2.1	1.9	1.8	1.6	2.1	1.9	1.8	1.7	2.1	1.9	1.8	1.6	2.1	1.9	1.8	1.7	
	зона за DAcon	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	
ЗАСТОРИ - ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНА ОТВОРЕНИХ ЗАСТОРА	группа 1: унутрашњи (ролетни)	37%	45%	57%	72%	31%	38%	48%	62%	30%	37%	46%	60%	30%	37%	46%	60%	30%	37%	46%	60%	30%	37%	46%	60%	
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕЉЕЊЕ	укупна годишња потрошња [kWh]	267	271	269	256	254	263	271	265	248	256	267	261	240	248	257	257	240	248	257	257	240	248	257	257	257
СВЕТЛОСНА ПРОПУСЛИВОСТ СТАКЛА		(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)					(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)					(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)					(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)									
ОЗНАКА СТАКЛА		G01 G03 G05 G07					G01 G03 G05 G07					G01 G03 G05 G07					G01 G03 G05 G07									

		БЕЗ ЗАСТОРА					WWR 50% _L					WWR 60% _L					WWR 70% _L					WWR 85% _L				
		G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	G01	G03	G05	G07	
ФАКТОР ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DF)	DF	5.7%	5.0%	4.3%	3.6%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%	6.8%	6.0%	5.1%	4.3%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%	6.8%	6.0%	5.1%	4.3%	6.7%	5.9%	5.0%	4.3%	
	DF ≥ 2%	65%	61%	56%	51%	69%	65%	60%	55%	70%	66%	62%	56%	70%	66%	62%	56%	70%	66%	62%	56%	70%	66%	62%	56%	
АУТОНОМИЈА ДНЕВНОГ СВЕТЛА (DA)	DA _{50mid/50%}	29%	27%	24%	31%	32%	29%	26%	24%	33%	30%	27%	24%	34%	30%	27%	24%	33%	30%	27%	24%	34%	30%	27%	24%	
	DA	29%	29%	29%	31%	31%	30%	29%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	
	DAcon	58%	57%	57%	59%	59%	59%	58%	59%	60%	60%	58%	59%	61%	61%	60%	59%	60%	60%	59%	61%	60%	60%	60%	60%	
	DAmax	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	Mean Daylight Availability	29%	29%	29%	31%	31%	30%	29%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	31%	31%	30%	31%	32%	31%	30%	31%	
КОРИСНА ОСВЕЉЕНОСТ ДНЕВНИМ СВЕТЛОМ (UDI)	UDI _{100-2000lux}	82%	87%	93%	98%	77%	80%	86%	90%	76%	80%	85%	90%	77%	81%	85%	87%	77%	81%	85%	90%	77%	81%	85%	87%	
ПРОСТОРНА ДУБИНА ЗОНЕ ДНЕВНОГ СВЕТЛА	зона за D _{max}	0.6	0.4	0.0	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0	
	зона за DA	3.8	3.6	3.0	3.0	4.0	3.7	3.4	3.1	4.2	3.9	3.6	3.3	4.1	3.9	3.6	3.3	4.1	3.9	3.6	3.3	4.1	3.9	3.6	3.3	
	зона за DAcon	5.1	4.9	4.5	4.2	5.4	5.1	4.8	4.3	5.4	5.2	4.9	4.6	5.4	5.2	4.9	4.6	5.4	5.2	4.9	4.6	5.4	5.2	4.9	4.8	
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ОСВЕЉЕЊЕ	укупна годишња потрошња [kWh]	117	131	159	190	99	114	138	169	96	112	130	157	97	108	133	138	97	108	133	138	97	108	133	138	
СВЕТЛОСНА ПРОПУСЛИВОСТ СТАКЛА		(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)					(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)					(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)					(τ = 0.8) (τ = 0.7) (τ = 0.6) (τ = 0.5)									
ОЗНАКА СТАКЛА		G01 G03 G05 G07					G01 G03 G05 G07					G01 G03 G05 G07					G01 G03 G05 G07									

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(А): Шеме спуштања и подизања застора за **ИСТОЧНО оријентисани модел индивидуалне канцеларије. Дијаграми су представљени посебно за текстилне засторе (горњи дијаграм) и за спољне венецијанске засторе (доњи дијаграм).**



СВЕТЛОСНА ПРОПУСЛИВИВОСТ СТАКЛА

СТЕПЕН ЗАСТАКЉЕЊА

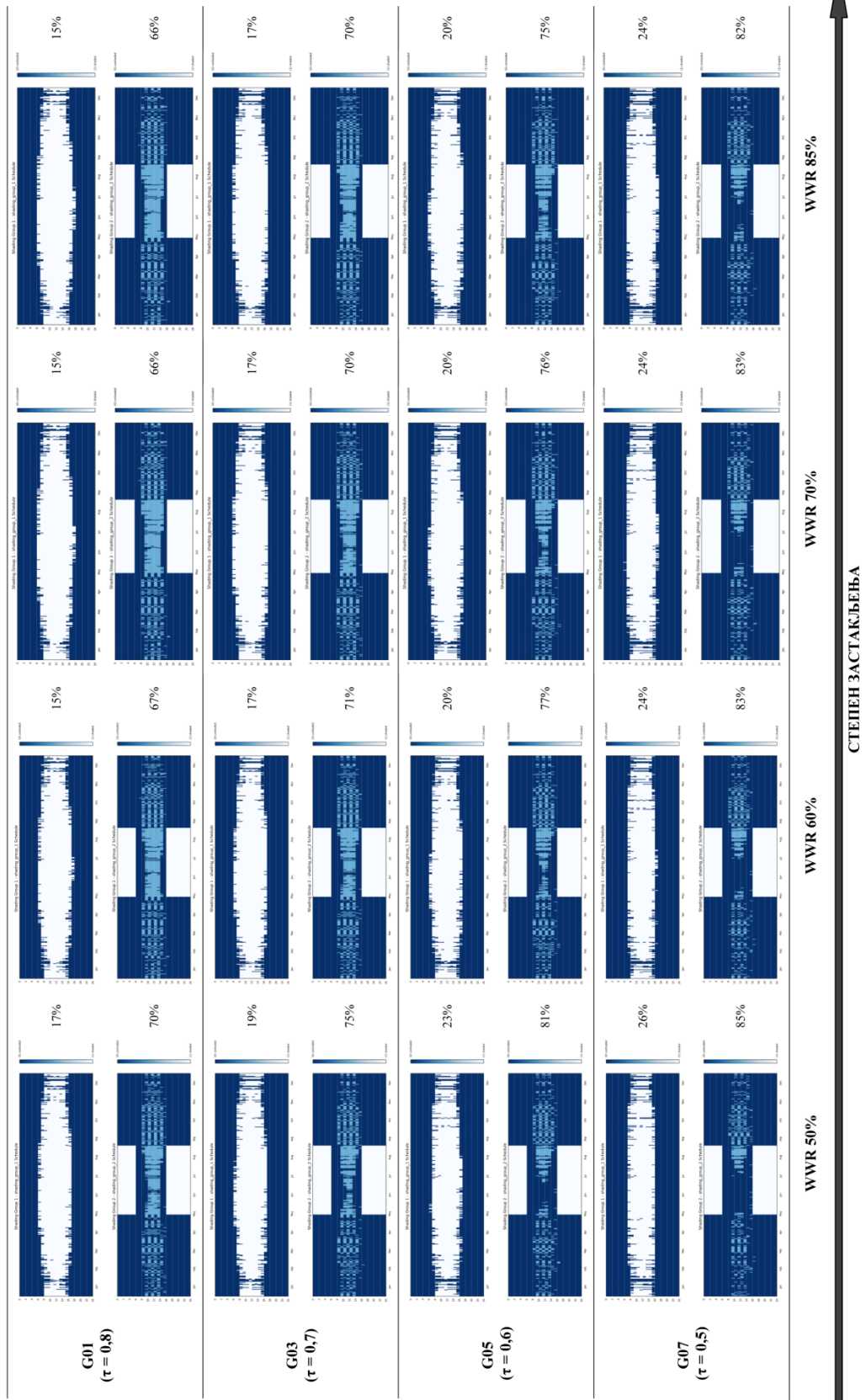
WWR 50%

WWR 60%

WWR 70%

WWR 85%

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(Б): Шеме слушатања и подизања застора за **ЈУЖНО оријентисани модел индивидуалне канцеларије. Дијаграми су представљени посебно за текстилне засторе (горњи дијаграм) и за спољне венецијанске засторе (доњи дијаграм). Непосредно поред**



СВЕТЛОСНА ПРОПУСКАЈЊИВОСТ СТАКЛА

СТЕПЕН ЗАСТАКЉЕЊА

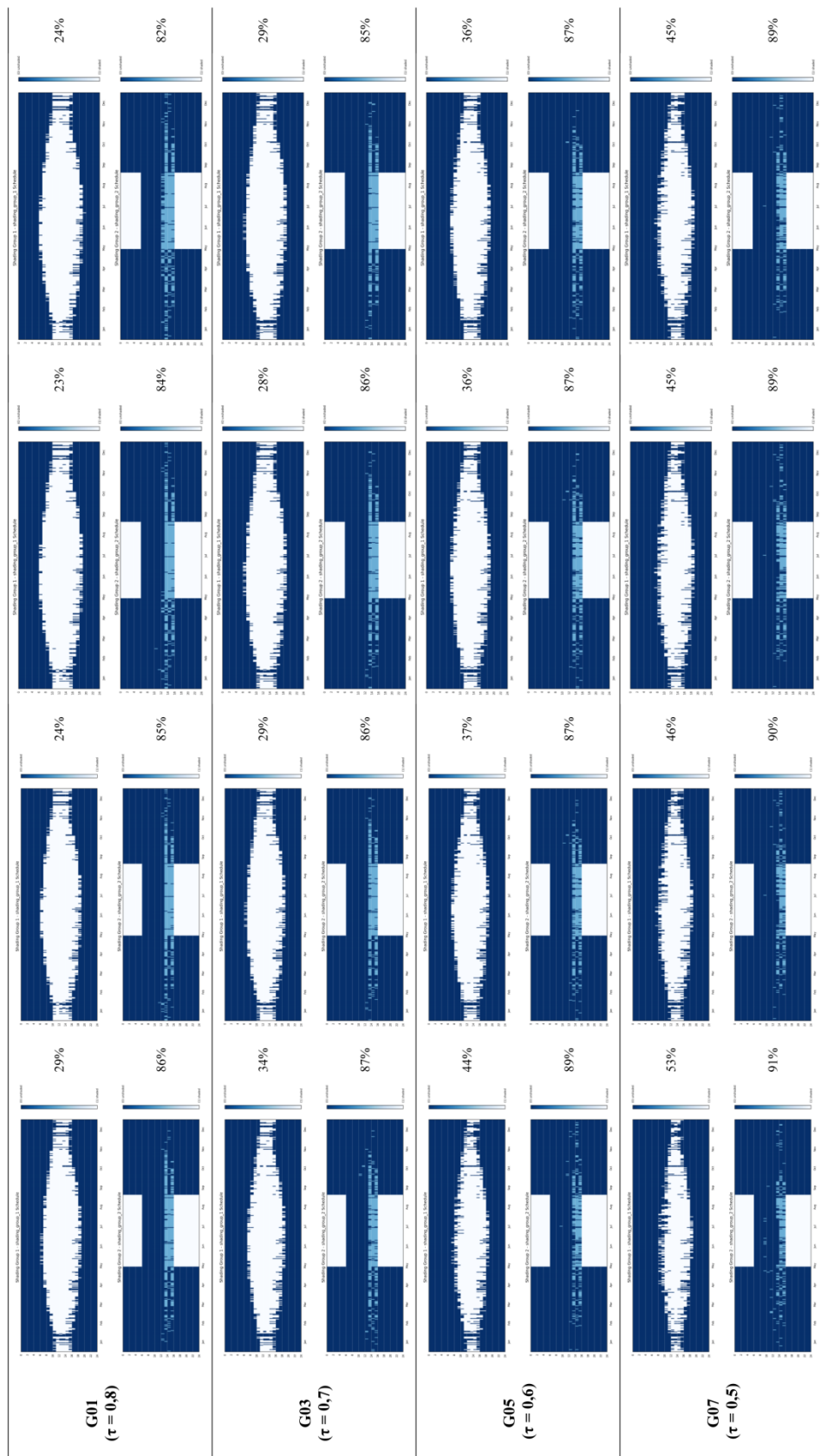
WWR 85%

WWR 70%

WWR 60%

WWR 50%

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(В): Шеме спуштања и подизања застора за **ЗАПАДНО оријентисани модел индивидуалне канцеларије. Дијаграми су представљени посебно за текстилне засторе (горњи дијаграм) и за спољне венецијанске засторе (доњи дијаграм).**



СВЕТЛОСНА ПРОПУСТЛИВОСТ СТАКЛА

WWR 85%

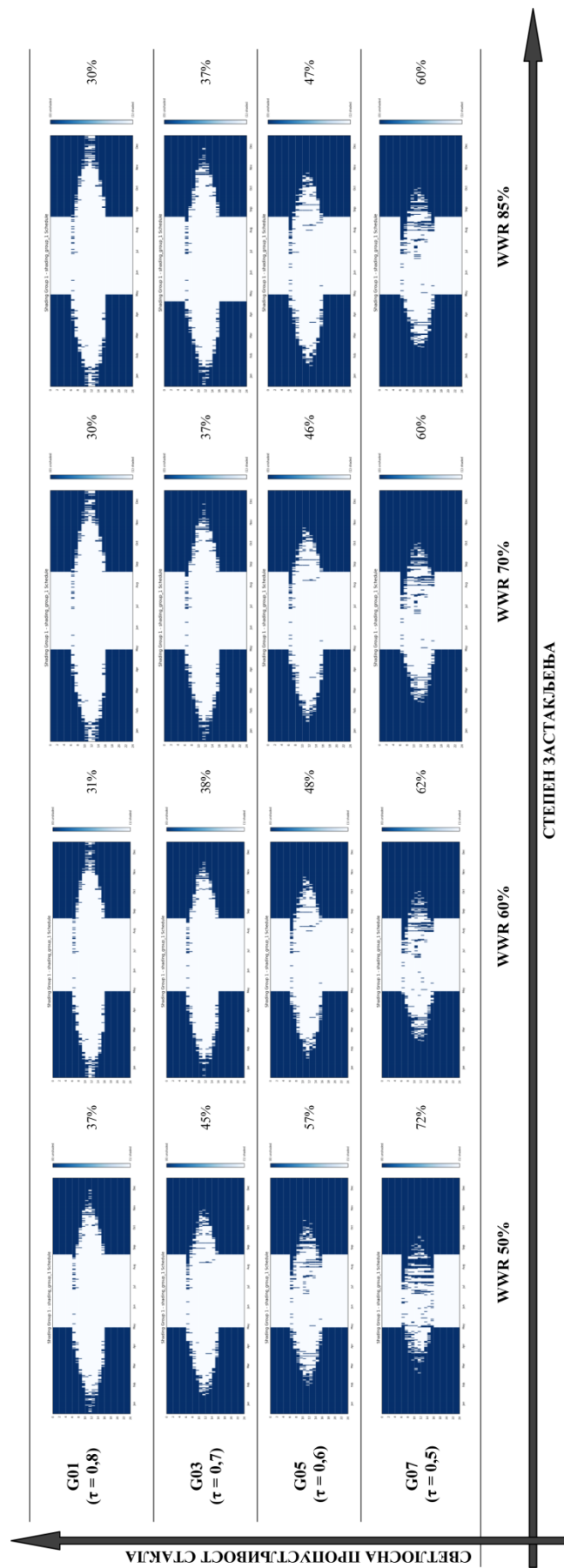
WWR 70%

WWR 60%

WWR 50%

СТЕПЕН ЗАСТАКЉЕЊА

(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(Г): Шеме спуштања и подизања застора за **СЕВЕРНО** оријентисани модел индивидуалне канцеларије. Дијаграми су представљени за текстилне засторе. Непосредно поред дијаграма дат је проценат корисног времена када су застори



**ПРИЛОГ 4.2: РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ
ПРОСТОРА**

ПРИЛОГ 4.2.1: Резултати енергетских перформанси - оријентација **ИСТОК**

(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 1(A): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за ИСТОЧНУ оријентацију: модел застакљења БЕЗ ЗАСТОРА, два модалитета вентилације простора: ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење и укупно), укупно годишње топлотно отпорење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

СТЕКЛО назив за карактеристике стакла	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА			ТОПЛОТНО ОТПЕРЕЊЕ ПРОСТОРА			ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО			
	ОСВЕЉЕЊЕ	ГРЕЈАЊЕ	УКУПНО	ЗАГРЕВАЊЕ	ХЛАЂЕЊЕ	УКУПНО	ДОБИЦИ	ГУБИЦИ	РАЗЛИКА	
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
WWR 50%										
G01 80.73.1.3	82	650	259	991	520	776	1296	1910	343	1567
G02 80.60.1.1	82	698	186	966	558	557	1115	1482	290	1192
G03 70.62.0.7	95	590	207	893	472	622	1095	1603	194	1409
G04 70.52.0.7	95	652	153	901	522	460	981	1272	191	1081
G05 60.50.0.7	112	654	145	911	523	435	958	1210	190	1020
G06 60.37.0.7	112	722	104	938	578	311	889	917	187	731
G07 50.48.0.7	135	653	138	926	523	413	935	1149	190	959
G08 50.31.0.7	135	741	89	966	593	268	861	790	186	604
WWR 60%										
G01 80.73.1.3	70	636	326	1031	509	977	1486	2277	419	1858
G02 80.60.1.1	70	692	233	995	554	699	1253	1768	354	1414
G03 70.62.0.7	83	567	262	912	454	785	1238	1915	238	1677
G04 70.52.0.7	83	639	193	914	511	578	1089	1519	233	1287
G05 60.50.0.7	95	645	181	921	516	544	1060	1446	232	1215
G06 60.37.0.7	95	713	127	936	571	382	953	1097	227	871
G07 50.48.0.7	119	645	171	935	516	514	1030	1373	231	1142
G08 50.31.0.7	119	734	108	961	587	325	912	946	225	720
WWR 70%										
G01 80.73.1.3	70	616	395	1081	493	1184	1677	2633	495	2138
G02 80.60.1.1	70	681	282	1033	545	846	1391	2045	417	1628
G03 70.62.0.7	77	538	318	934	431	955	1386	2219	282	1937
G04 70.52.0.7	77	624	234	935	499	701	1200	1761	275	1486
G05 60.50.0.7	93	630	220	943	504	660	1164	1676	274	1402
G06 60.37.0.7	93	701	153	947	561	460	1020	1273	267	1006
G07 50.48.0.7	112	634	207	952	507	621	1128	1591	273	1318
G08 50.31.0.7	112	725	129	965	580	386	966	1097	265	832
WWR 85%										
G01 80.73.1.3	71	577	502	1150	462	1505	1967	3136	608	2528
G02 80.60.1.1	71	637	360	1068	510	1079	1589	2438	513	1925
G03 70.62.0.7	79	477	409	964	381	1227	1609	2650	350	2300
G04 70.52.0.7	79	570	299	948	456	897	1354	2104	339	1765
G05 60.50.0.7	93	606	277	977	485	831	1316	1998	335	1662
G06 60.37.0.7	93	686	193	972	549	579	1128	1520	326	1194
G07 50.48.0.7	111	614	260	985	491	781	1272	1897	334	1563
G08 50.31.0.7	111	712	160	983	569	481	1050	1311	323	988

* топлотне и оптичке карактеристике стакла (τ, g, k, α) које финансијент топлотни пролаза (U)

Минимални ниво потрошне енергије у оквиру истог степена застакљења

Минимално топлотно отпорење у оквиру истог степена застакљења

Минимално ниво потрошне енергије у оквиру истог степена застакљења

Минимално топлотно отпорење у оквиру истог степена застакљења

Минимално ниво потрошне енергије за исту оријентацију

Минимално топлотно отпорење простора за исту оријентацију

Минимално топлотно отпорење простора за исту оријентацију

Минимално топлотно отпорење простора за исту оријентацију

Минимално топлотно отпорење простора за исту оријентацију

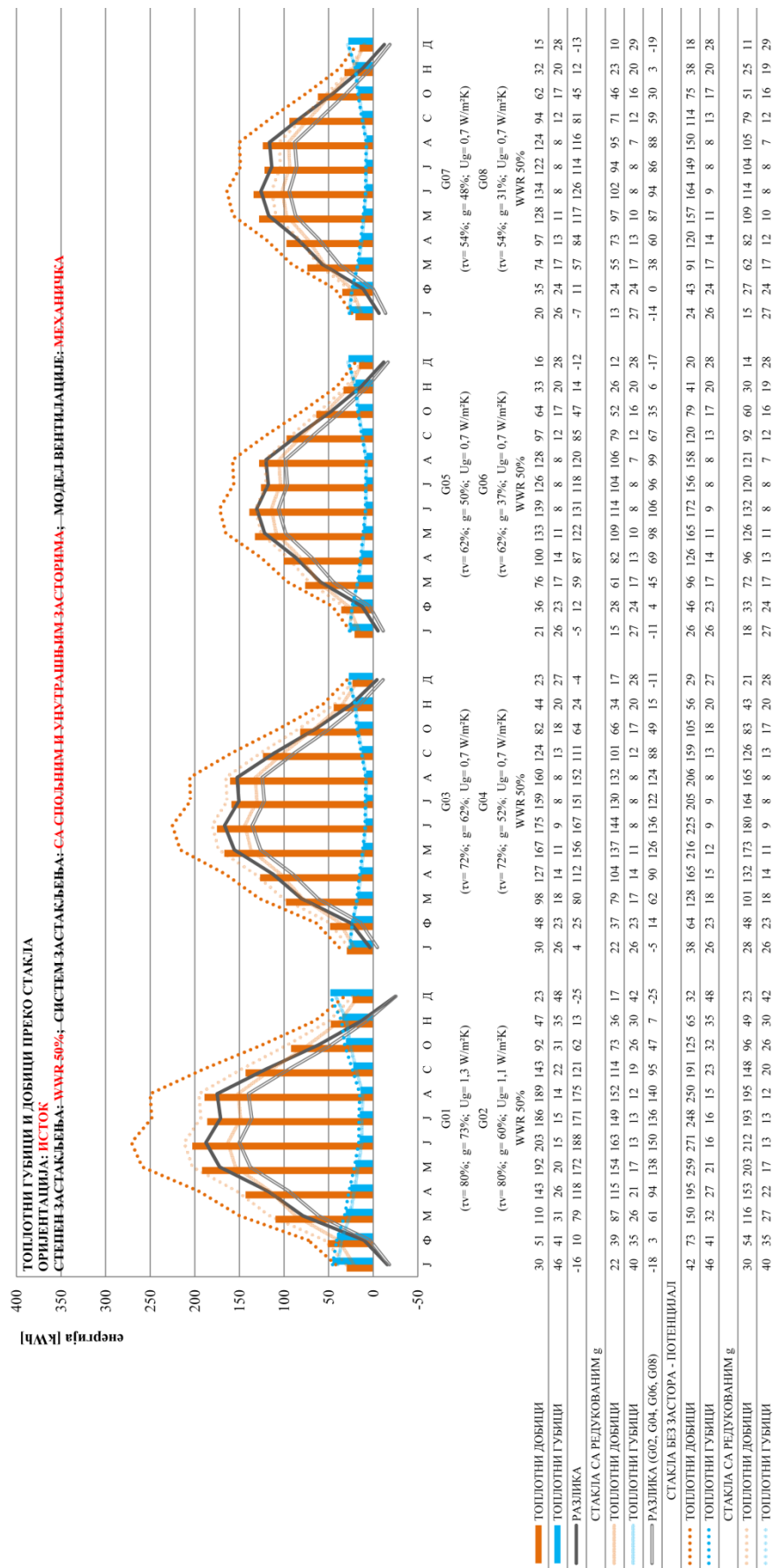
Минимално топлотно отпорење простора за исту оријентацију

(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 1(Б): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за **ИСТОЧНУ** оријентацију: модел застакљења **СА ЗАСТОРИМА**, два модалитета вентилације простора: **ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА**. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење, осветљење и укупно), укупно годишње топлотно отпорењење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

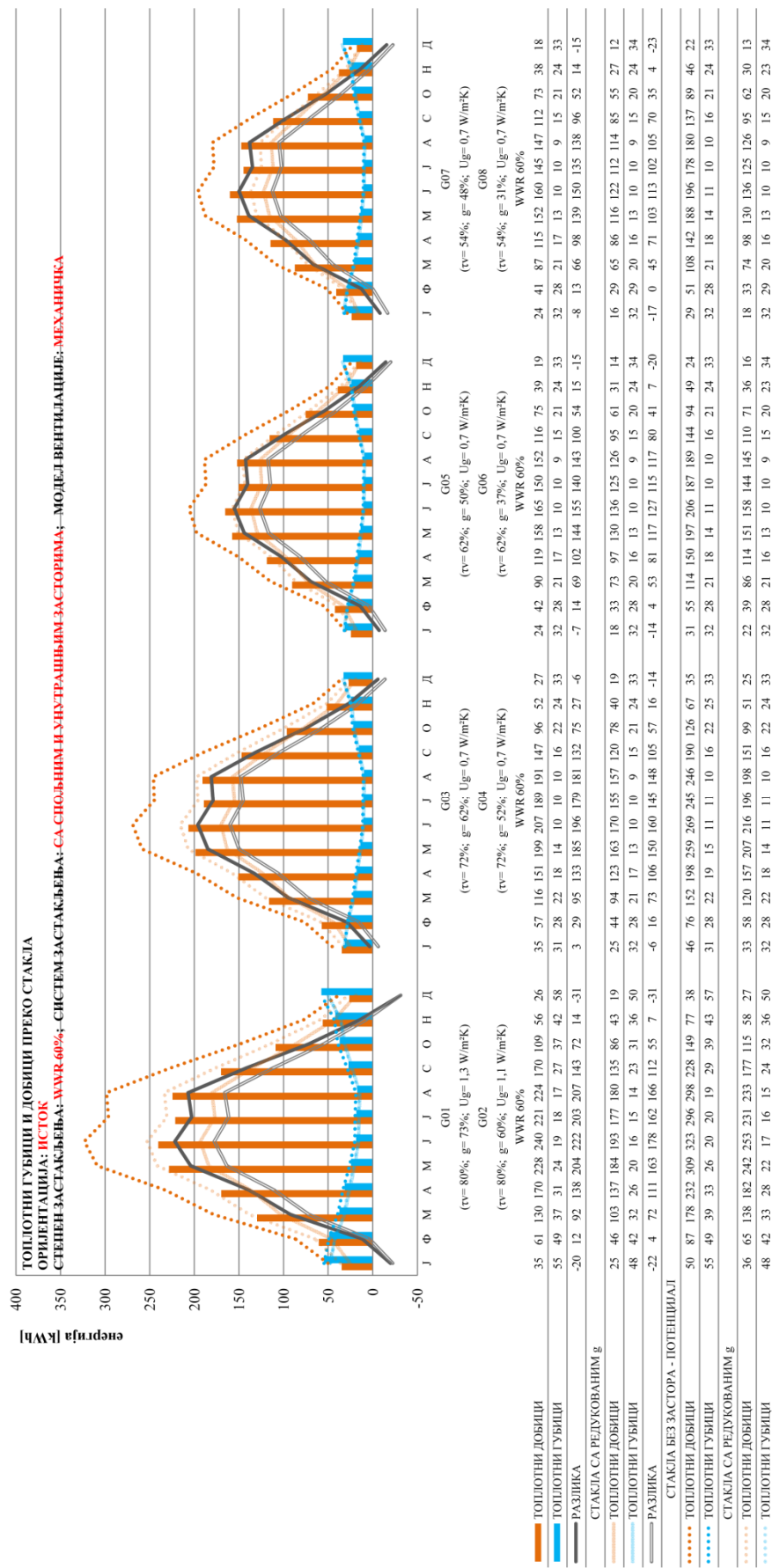
СТЕПЕН ЗАСТАКЉЕЊА	ОРИЕНТАЦИЈА: ИСТОК										ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО			
	ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: СПОЉНИ И УНУТРАШЊИ ЗАСТОРИ					ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: СПОЉНИ И УНУТРАШЊИ ЗАСТОРИ					ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО			
	МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА					МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА					ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО			
ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА	ОСВЕЉЕЊЕ		ГРЕЈАЊЕ		ХЛАЂЕЊЕ		УКУПНО		ТОПЛОТНО ОТПОРЕЊЕЊЕ ПРОСТОРА		ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО			
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	ЗА ГРЕЈАЊЕ	ХЛАЂЕЊЕ	УКУПНО	ДОБИЦИ	ГУБИЦИ	РАЗЛИКА
G01 80.73.1.3	335	675	216	1226	540	649	1190	1322	512	865	1377	1409	342	1066
G02 80.60.1.1	335	700	169	1203	560	507	1067	1263	537	673	1210	1120	292	828
G03 70.62.0.7	337	599	188	1124	479	565	1044	1156	451	766	1217	1237	195	1041
G04 70.52.0.7	337	646	151	1135	517	454	971	1158	495	609	1103	1002	193	810
G05 60.50.0.7	320	651	140	1112	521	421	942	1133	500	564	1064	968	192	776
G06 60.37.0.7	320	696	116	1132	556	348	905	1145	539	457	996	787	190	597
G07 50.48.0.7	322	653	134	1109	522	402	925	1128	501	539	1040	936	192	744
G08 50.31.0.7	322	711	104	1137	569	312	880	1146	552	403	955	702	190	513
G01 80.73.1.3	321	678	260	1259	543	779	1322	1478	513	1035	1548	1671	415	1256
G02 80.60.1.1	321	706	201	1228	564	603	1167	1341	539	802	1341	1329	354	976
G03 70.62.0.7	329	585	226	1140	468	677	1145	1243	437	923	1360	1466	237	1229
G04 70.52.0.7	329	638	180	1147	510	540	1050	1178	484	728	1213	1189	234	955
G05 60.50.0.7	333	644	174	1151	515	523	1039	1192	490	702	1179	1149	234	916
G06 60.37.0.7	333	686	143	1162	549	429	978	1182	528	568	1096	938	231	708
G07 50.48.0.7	321	647	162	1130	517	486	1003	1156	493	655	1149	1111	233	877
G08 50.31.0.7	321	707	123	1151	566	370	936	1166	546	487	1033	838	230	608
G01 80.73.1.3	309	677	305	1292	542	916	1458	1476	512	1213	1726	1937	487	1451
G02 80.60.1.1	309	710	235	1254	568	706	1274	1497	540	939	1479	1542	415	1127
G03 70.62.0.7	317	570	265	1151	456	795	1250	1437	425	1080	1505	1700	280	1421
G04 70.52.0.7	317	632	209	1158	506	628	1134	1268	477	849	1326	1379	275	1104
G05 60.50.0.7	321	637	203	1161	510	608	1118	1268	482	819	1302	1333	275	1058
G06 60.37.0.7	321	681	165	1167	545	494	1039	1268	522	658	1180	1089	271	818
G07 50.48.0.7	296	645	189	1130	516	566	1083	1268	489	764	1253	1295	275	1021
G08 50.31.0.7	296	708	141	1145	566	423	990	1268	545	560	1104	976	269	706
G01 80.73.1.3	300	674	375	1349	539	1125	1664	1753	511	1470	1981	2315	590	1726
G02 80.60.1.1	300	712	287	1298	569	860	1429	1365	540	1137	1677	1843	503	1340
G03 70.62.0.7	306	547	325	1178	437	976	1413	1713	408	1316	1724	2035	341	1694
G04 70.52.0.7	306	619	255	1180	495	766	1261	1334	466	1032	1498	1650	335	1315
G05 60.50.0.7	312	626	246	1184	501	739	1240	1277	471	995	1466	1594	335	1259
G06 60.37.0.7	312	678	198	1188	543	595	1138	1292	517	794	1311	1303	329	974
G07 50.48.0.7	301	634	231	1165	507	692	1199	1221	477	934	1411	1536	334	1202
G08 50.31.0.7	301	701	171	1173	561	513	1074	1221	537	682	1219	1163	327	835

* топлотне и оптичке карактеристике стакла (g) (соларни фактор (g)) (коэффициент топлотног пролаза (U)) светлости пропускости стакла: гд, U

(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 2(A): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добити и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M50**



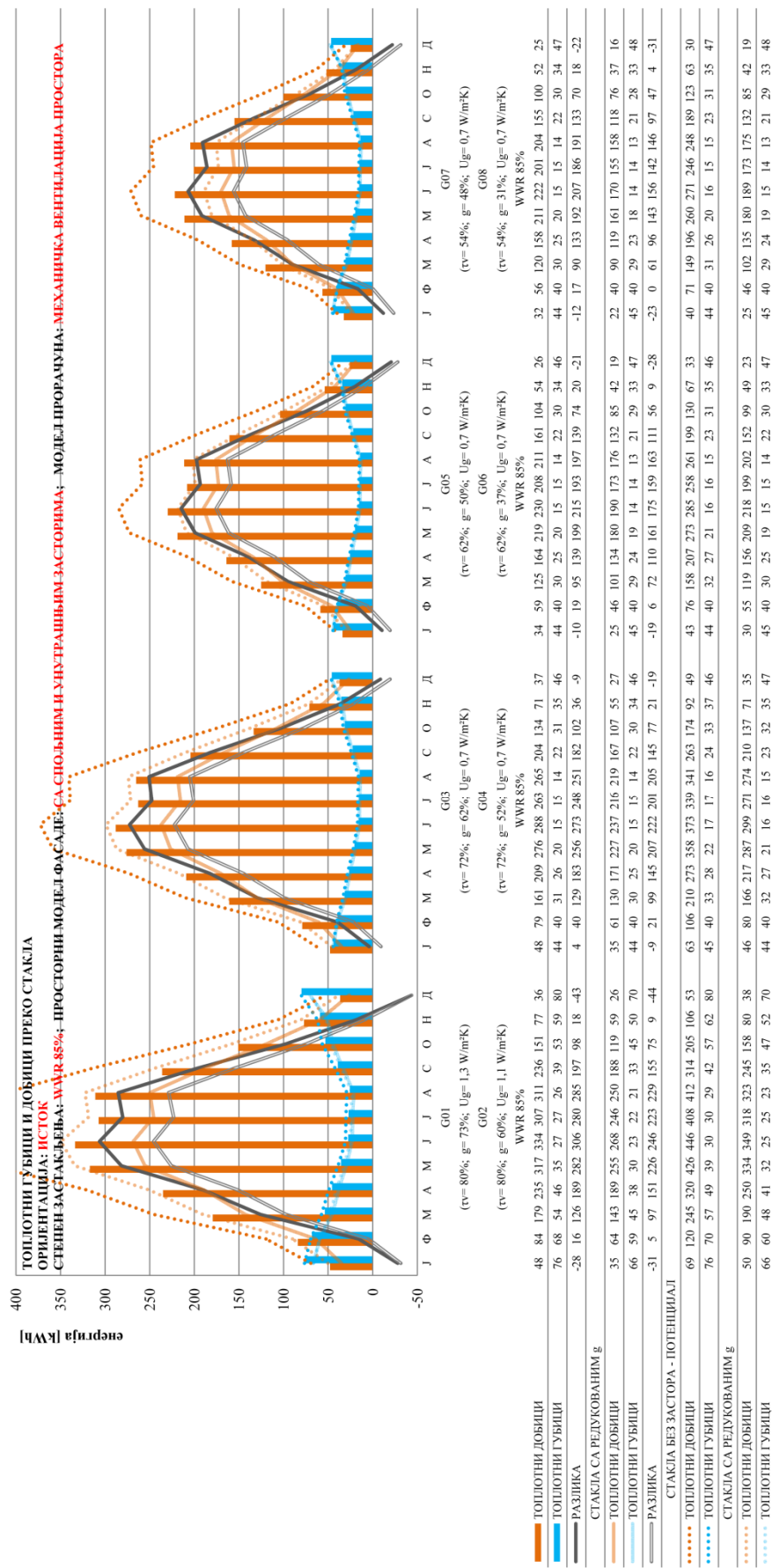
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 2(Б): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добити и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M60**



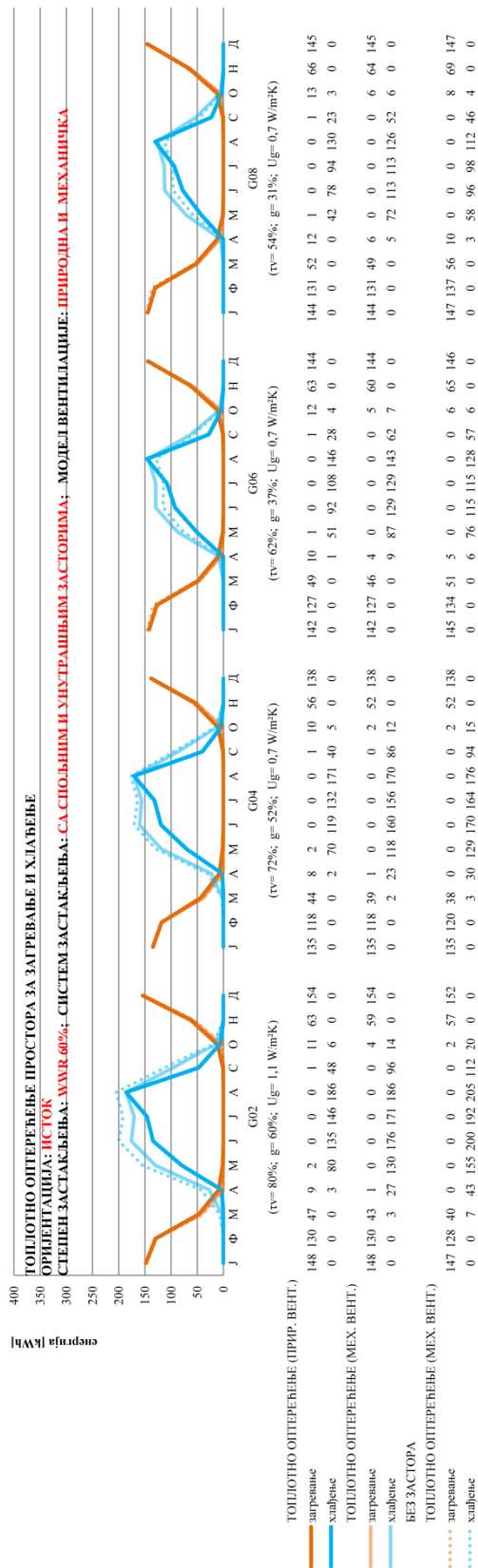
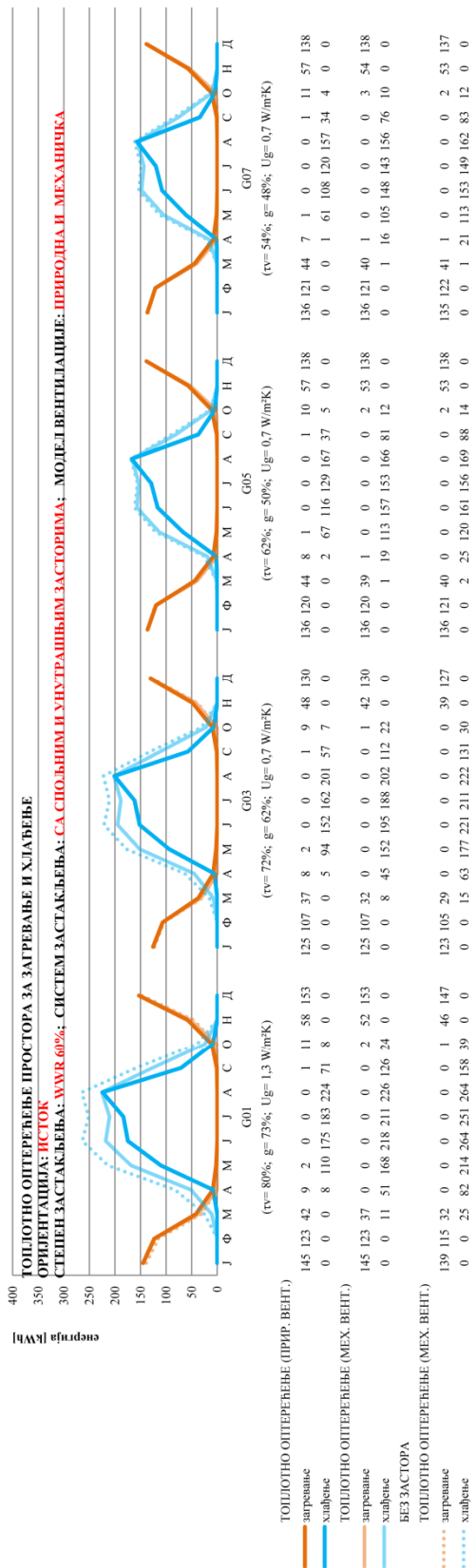
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 2(В): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добити и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M70**



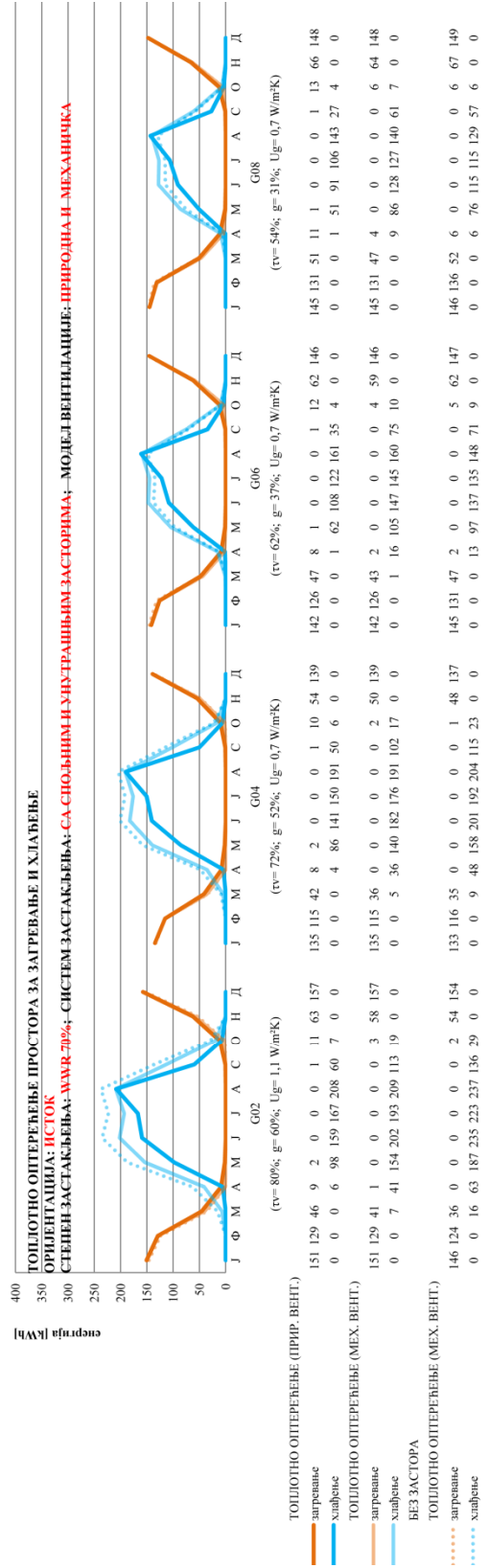
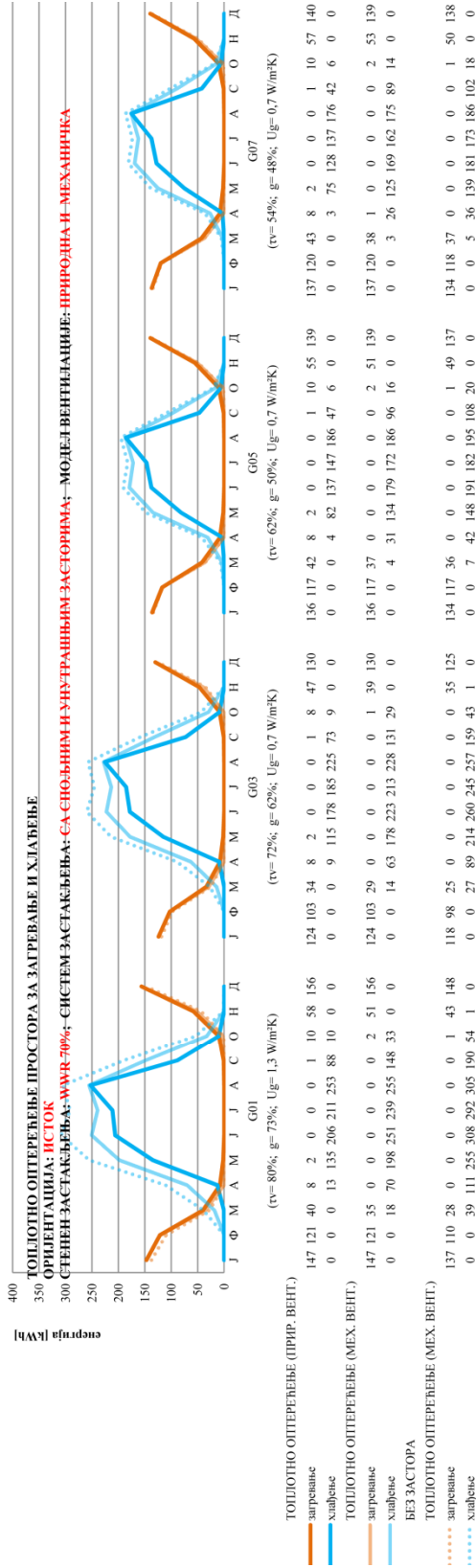
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 2(Г): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добити и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M85**



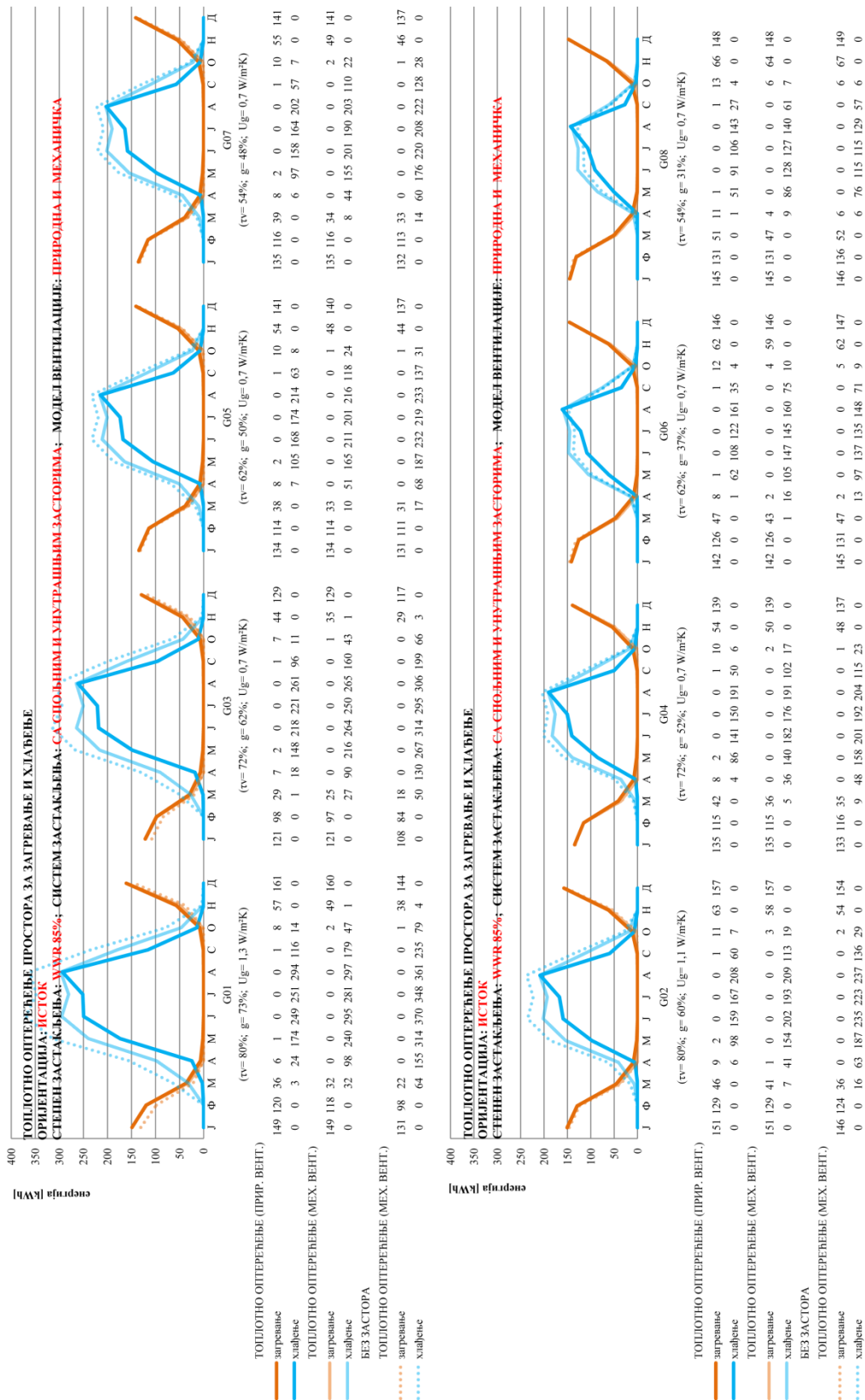
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 3(Б): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **М60**



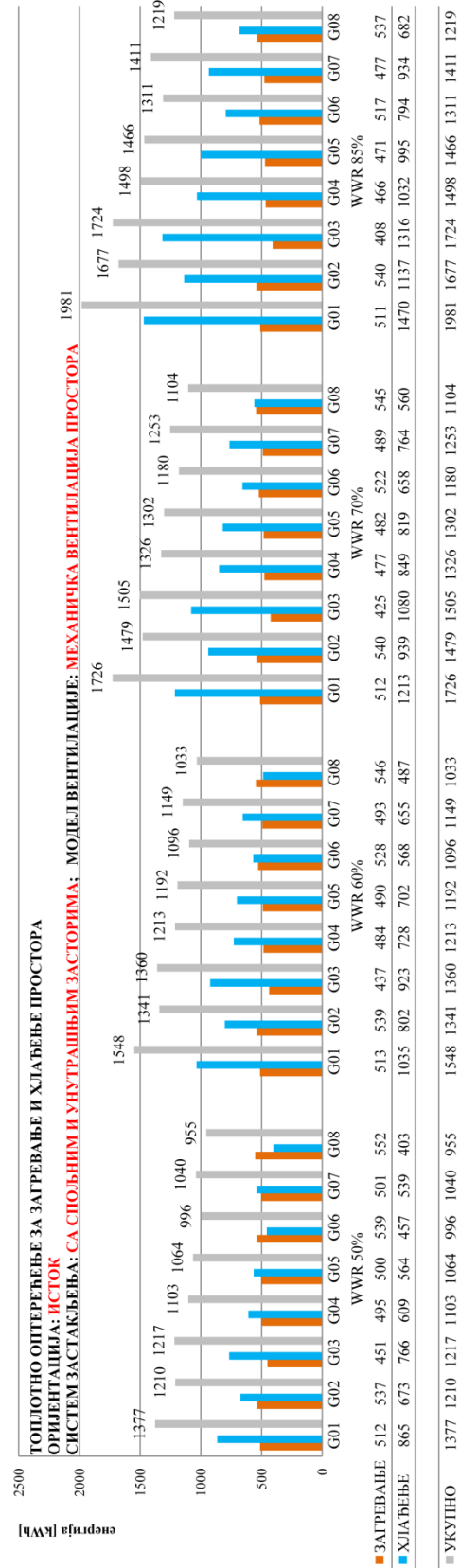
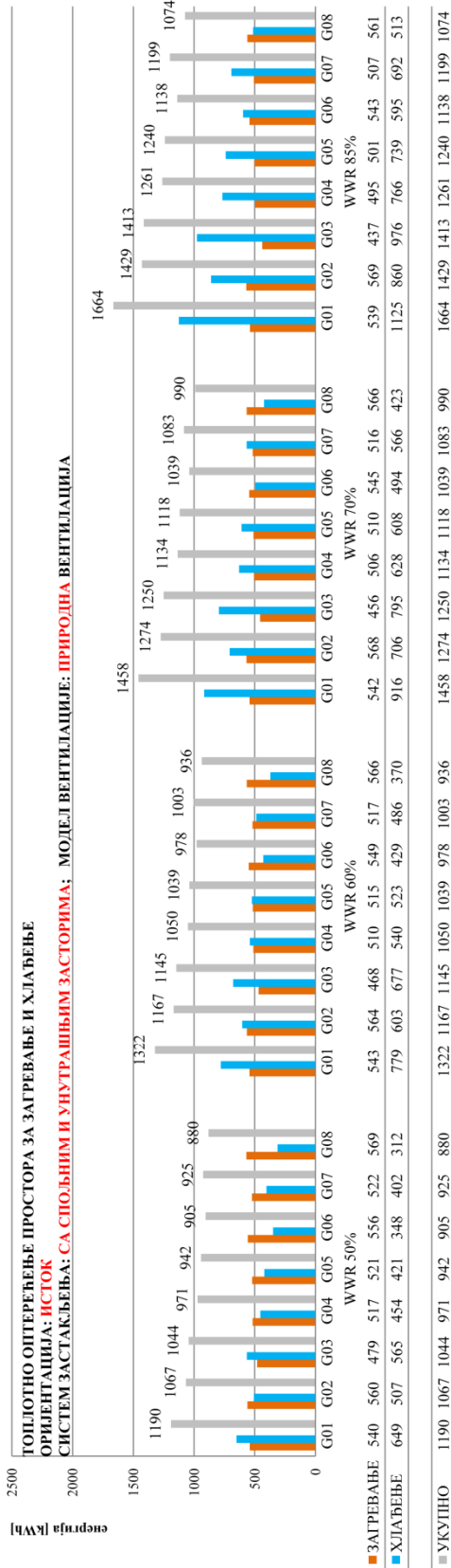
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 3(В): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: ИСТОК; Модел простора: M70



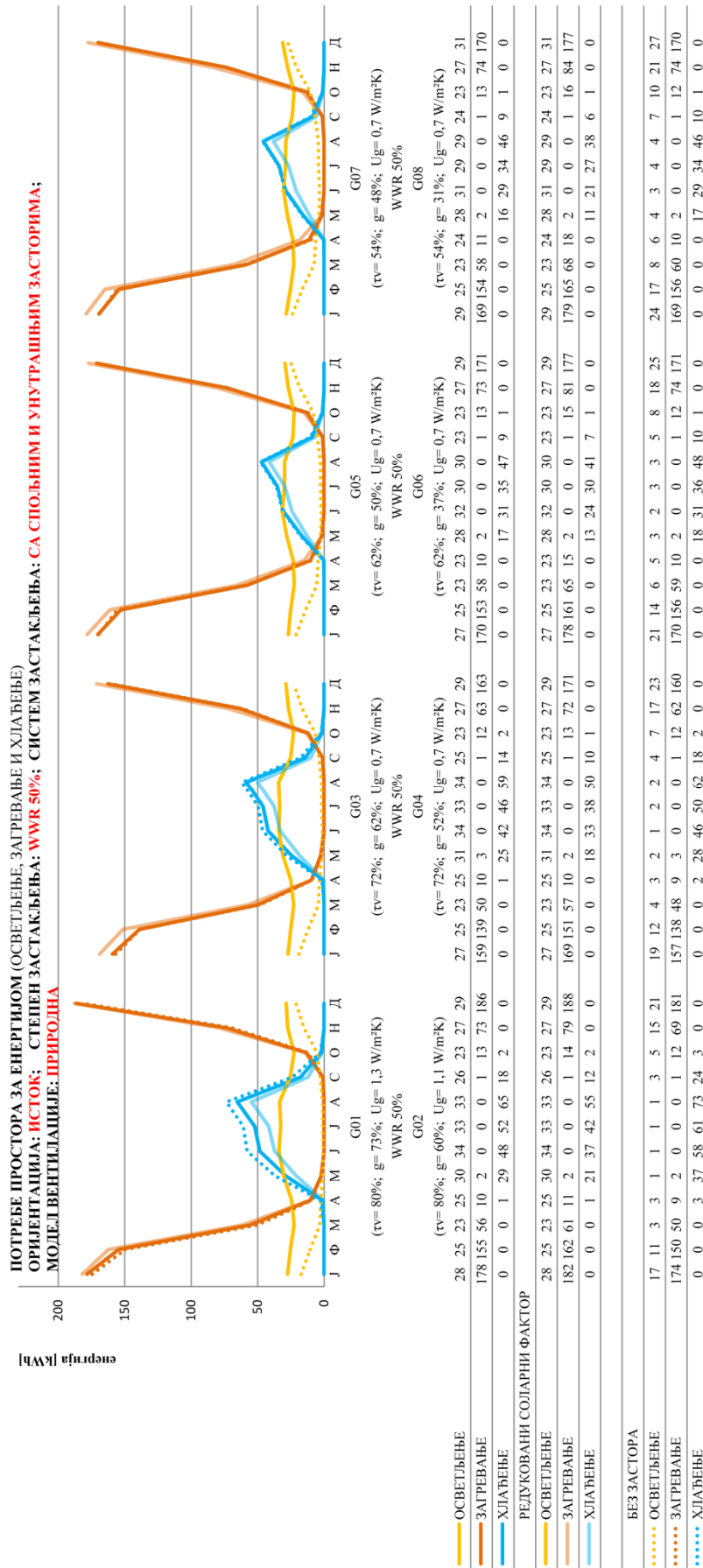
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 3(Г): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: ИСТОК; Модел простора: M85



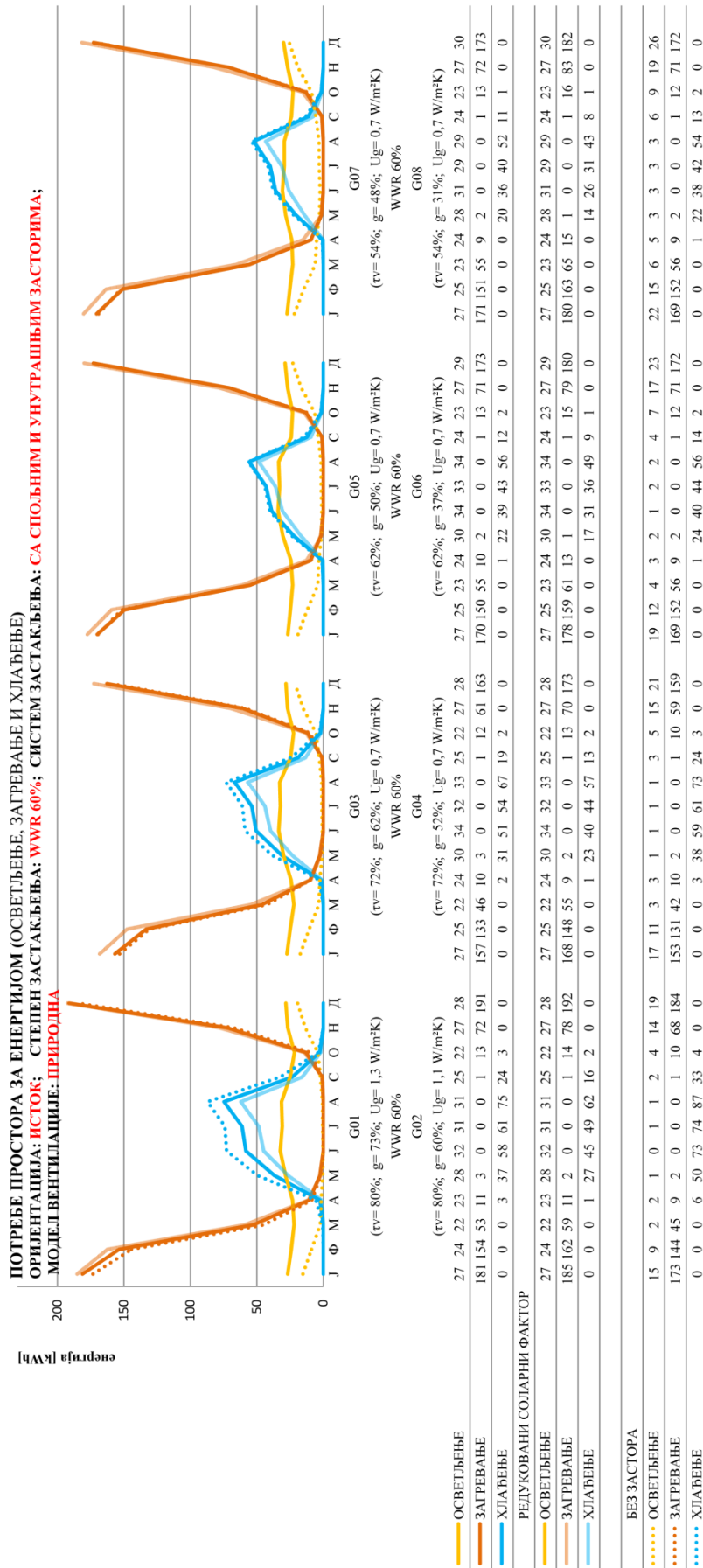
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 4: Дијаграм промене топлотног оптерећења за загревање и хлађење и њихов збир у зависности од степена застакљења. У горњем дијаграму приказано је топлотно оптерећење за просторе код којих постоји могућност природног проветравања. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **ИСТОК**



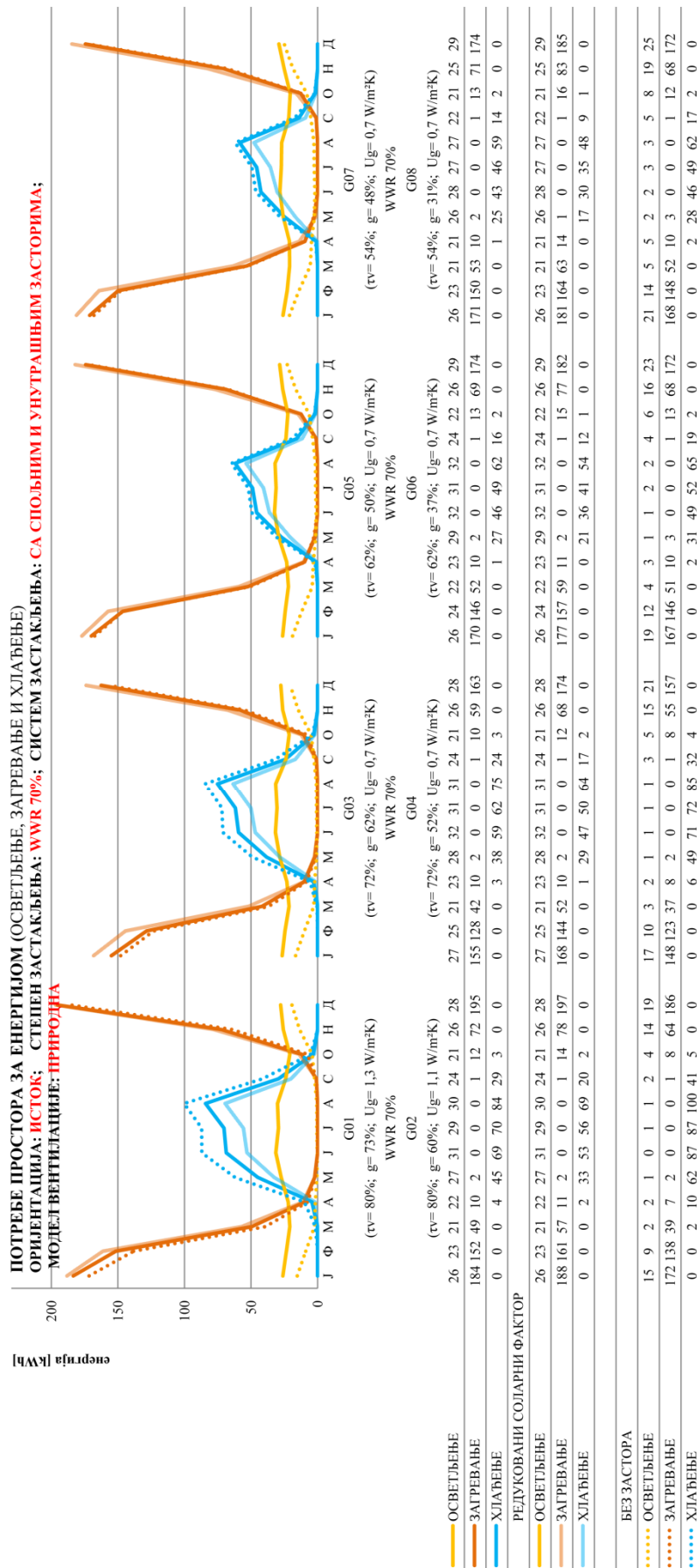
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 5(A): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора... Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M50**



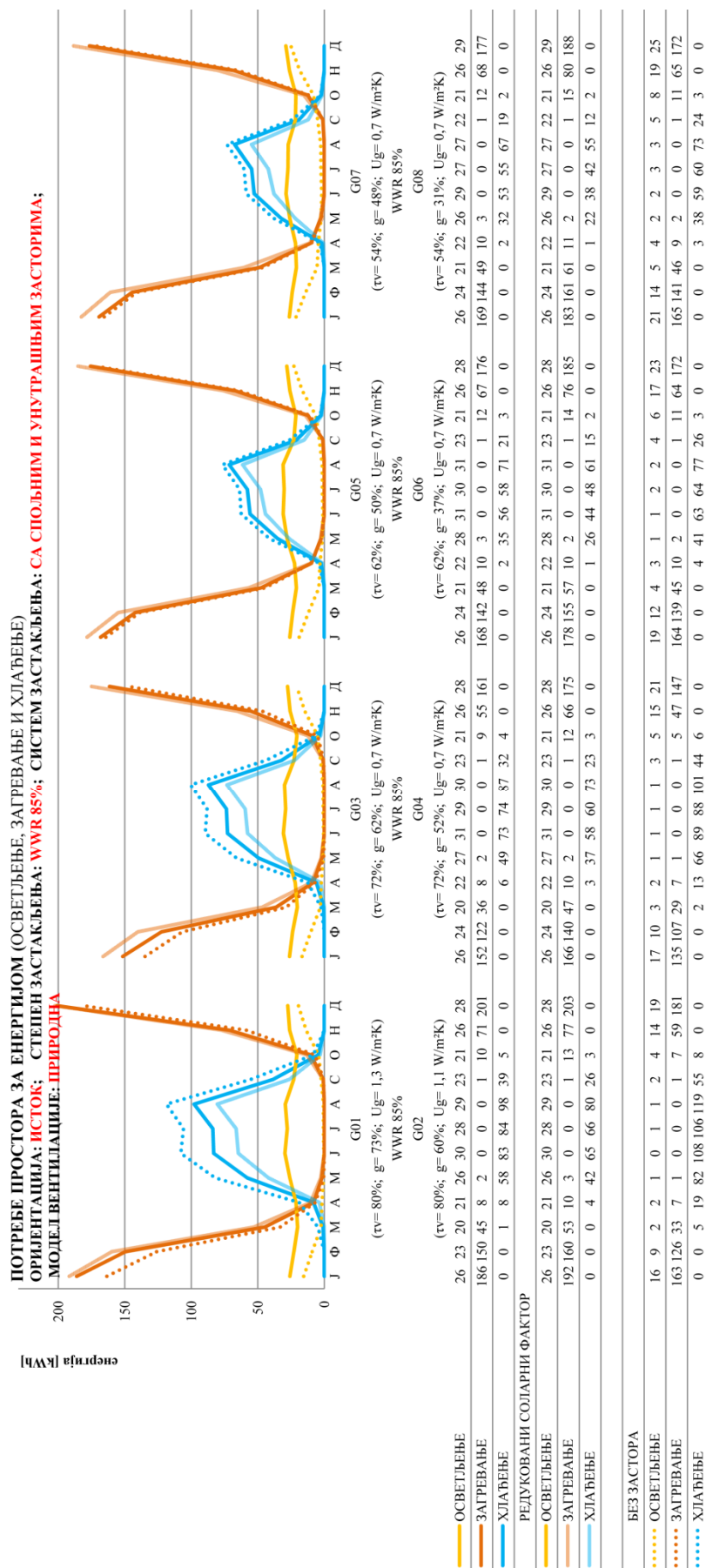
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 5(Б): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора... Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M60**



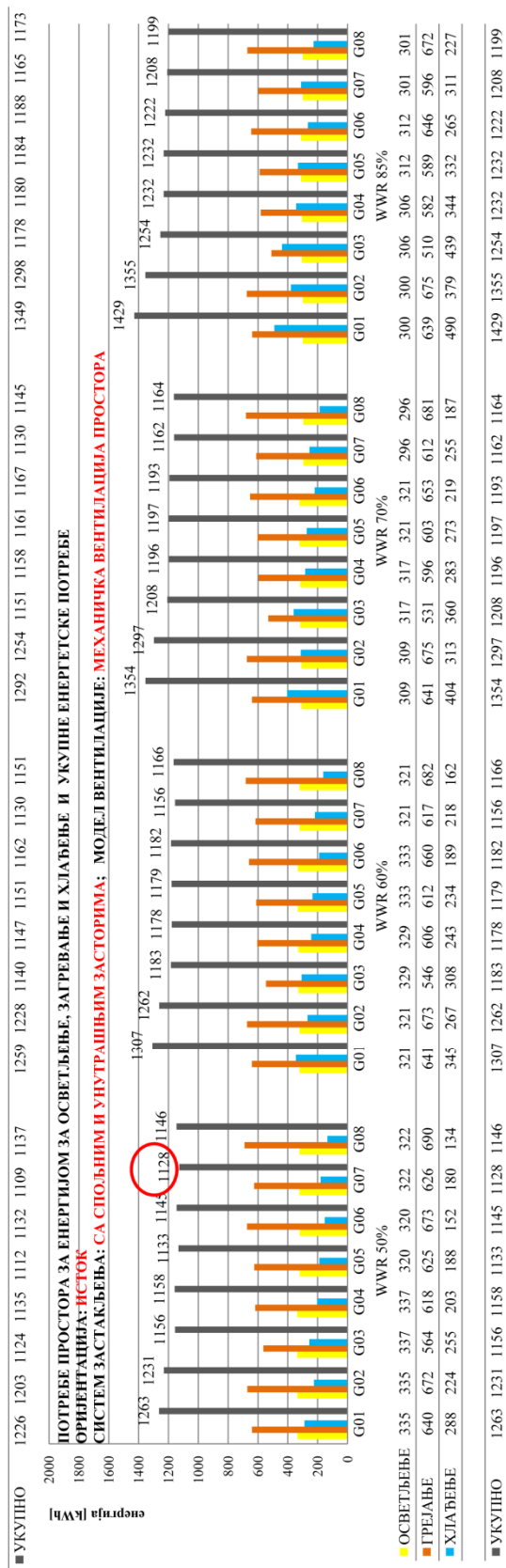
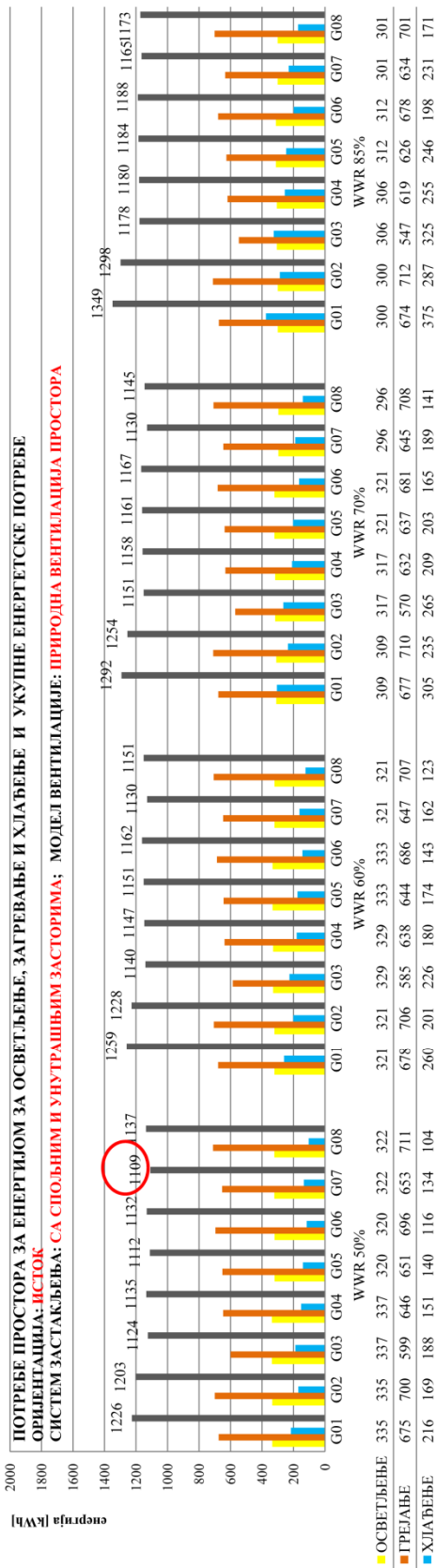
(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 5(В): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора... Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M70**



(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 5(Г): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности токама године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ИСТОК**; Модел простора: **M85**



(ПРИЛОГ 4.2.1) ТАБЕЛА 6: Дијаграм промене потребне енергије за осветљење, загревање и хлађење и њихов збир у зависности од степена застакљења. У горњем дијаграму приказане су енергетске потребе простора са могућношћу природне вентилације. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **ИСТОК**



ПРИЛОГ 4.2.2: Резултати енергетских перформанси - оријентација ЈУГ

(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 1(A): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за ЈУЖНУ оријентацију: модел застакљења БЕЗ ЗАСТОРА, два модалитета вентилације простора: ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење, осветљење и укупно), укупно годишње топлотно отпорење и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

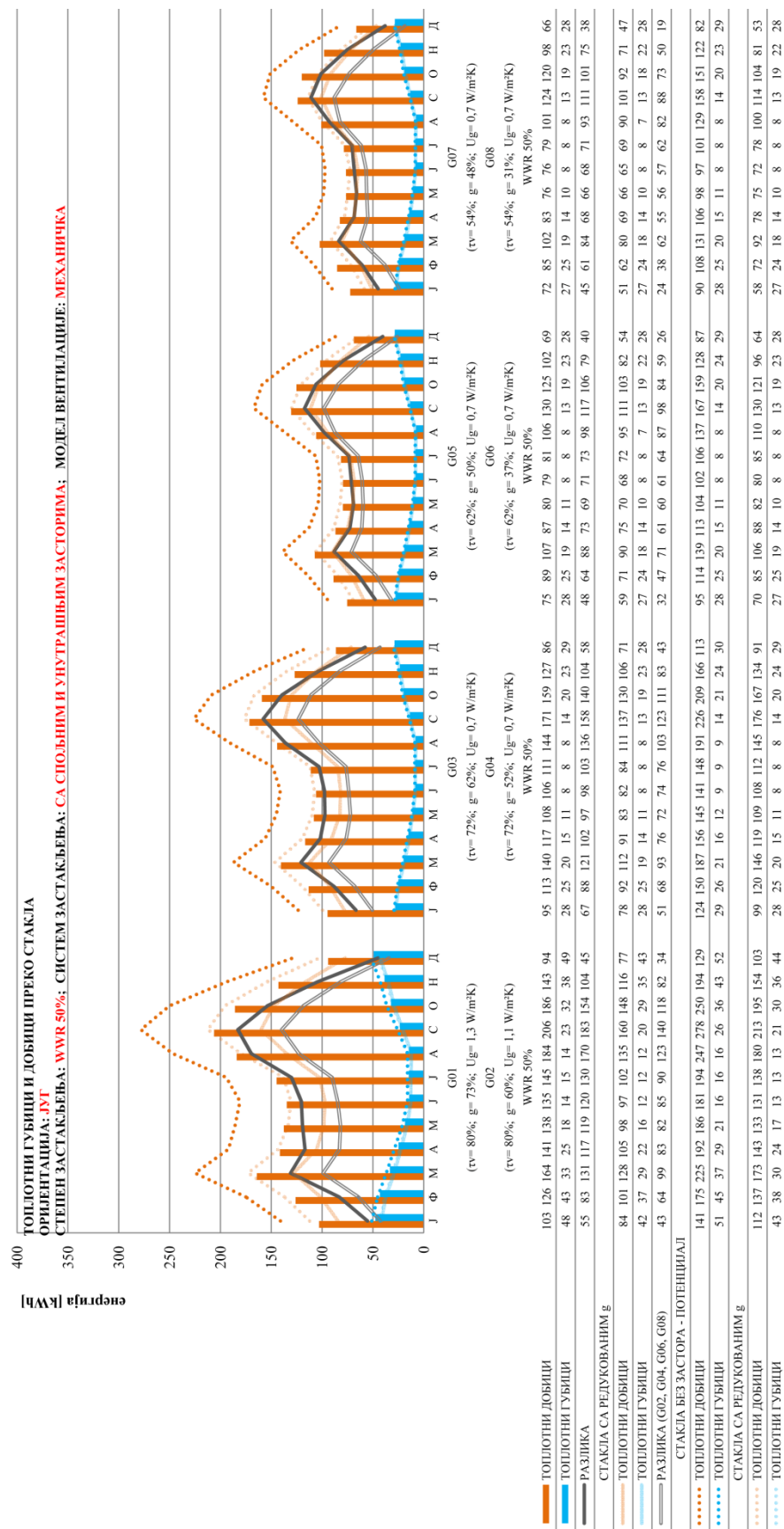
назив ставка	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА				ТОПЛОТНО ОТПОРЕЊЕ ПРОСТОРА				ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО					
	ОСВЕТЉЕЊЕ		ГРЕЈАЊЕ		ХЛАЂЕЊЕ		УКУПНО		ДОБИЦИ		ГУБИЦИ		РАЗЛИКА	
	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]
ОРИЕНТАЦИЈА: ЈУГ														
ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: БЕЗ ЗАСТОРА														
МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА														
WWR 50%														
G01	80.70.1.3	68	371	234	674	297	703	1000	2403	373	2030	2403	373	2030
G02	80.60.1.1	68	418	152	638	335	455	789	1823	311	1512	1823	311	1512
G03	70.60.0.7	77	344	173	593	275	518	793	1964	209	1755	1964	209	1755
G04	70.50.0.7	77	403	119	598	322	356	678	1535	203	1332	1535	203	1332
G05	60.50.0.7	89	411	111	611	328	332	661	1459	202	1257	1459	202	1257
G06	60.40.0.7	89	500	84	674	400	252	652	1123	195	928	1123	195	928
G07	50.50.0.7	104	420	104	628	336	311	647	1382	201	1182	1382	201	1182
G08	50.30.0.7	104	545	77	725	436	230	666	984	193	791	984	193	791
WWR 60%														
G01	80.70.1.3	60	360	303	723	288	910	1197	2868	459	2409	2868	459	2409
G02	80.60.1.1	60	399	194	654	319	582	901	2177	382	1795	2177	382	1795
G03	70.60.0.7	69	323	223	615	258	670	928	2348	258	2090	2348	258	2090
G04	70.50.0.7	69	375	151	594	300	453	753	1835	250	1585	1835	250	1585
G05	60.50.0.7	80	381	140	601	305	420	725	1744	248	1496	1744	248	1496
G06	60.40.0.7	80	467	103	650	374	308	682	1345	239	1106	1345	239	1106
G07	50.50.0.7	92	391	131	614	313	392	704	1653	247	1406	1653	247	1406
G08	50.30.0.7	92	512	92	696	410	275	685	1179	256	943	1179	256	943
WWR 70%														
G01	80.70.1.3	59	340	378	777	272	1134	1405	3320	548	2772	3320	548	2772
G02	80.60.1.1	59	379	240	679	303	721	1024	2521	455	2066	2521	455	2066
G03	70.60.0.7	65	306	279	650	245	856	1081	2723	309	2414	2723	309	2414
G04	70.50.0.7	65	351	186	602	281	557	838	2128	297	1831	2128	297	1831
G05	60.50.0.7	76	358	173	607	287	519	805	2022	296	1727	2022	296	1727
G06	60.40.0.7	76	442	124	642	354	372	726	1562	284	1278	1562	284	1278
G07	50.50.0.7	89	369	160	617	295	479	774	1917	293	1624	1917	293	1624
G08	50.30.0.7	89	485	109	683	388	327	715	1370	279	1091	1370	279	1091
WWR 85%														
G01	80.70.1.3	59	321	491	871	257	1474	1730	3957	676	3281	3957	676	3281
G02	80.60.1.1	59	364	312	735	291	937	1228	3006	562	2444	3006	562	2444
G03	70.60.0.7	65	276	367	708	221	1102	1323	3251	384	2867	3251	384	2867
G04	70.50.0.7	65	331	242	638	265	726	991	2541	368	2173	2541	368	2173
G05	60.50.0.7	77	338	224	638	270	671	941	2416	365	2050	2416	365	2050
G06	60.40.0.7	77	411	158	646	329	475	803	1870	350	1521	1870	350	1521
G07	50.50.0.7	88	344	207	639	275	620	895	2290	363	1927	2290	363	1927
G08	50.30.0.7	88	457	137	682	365	411	777	1641	343	1298	1641	343	1298

* топлотне и оптичке карактеристике стакла (g),коэффициент топлотног притока (U)

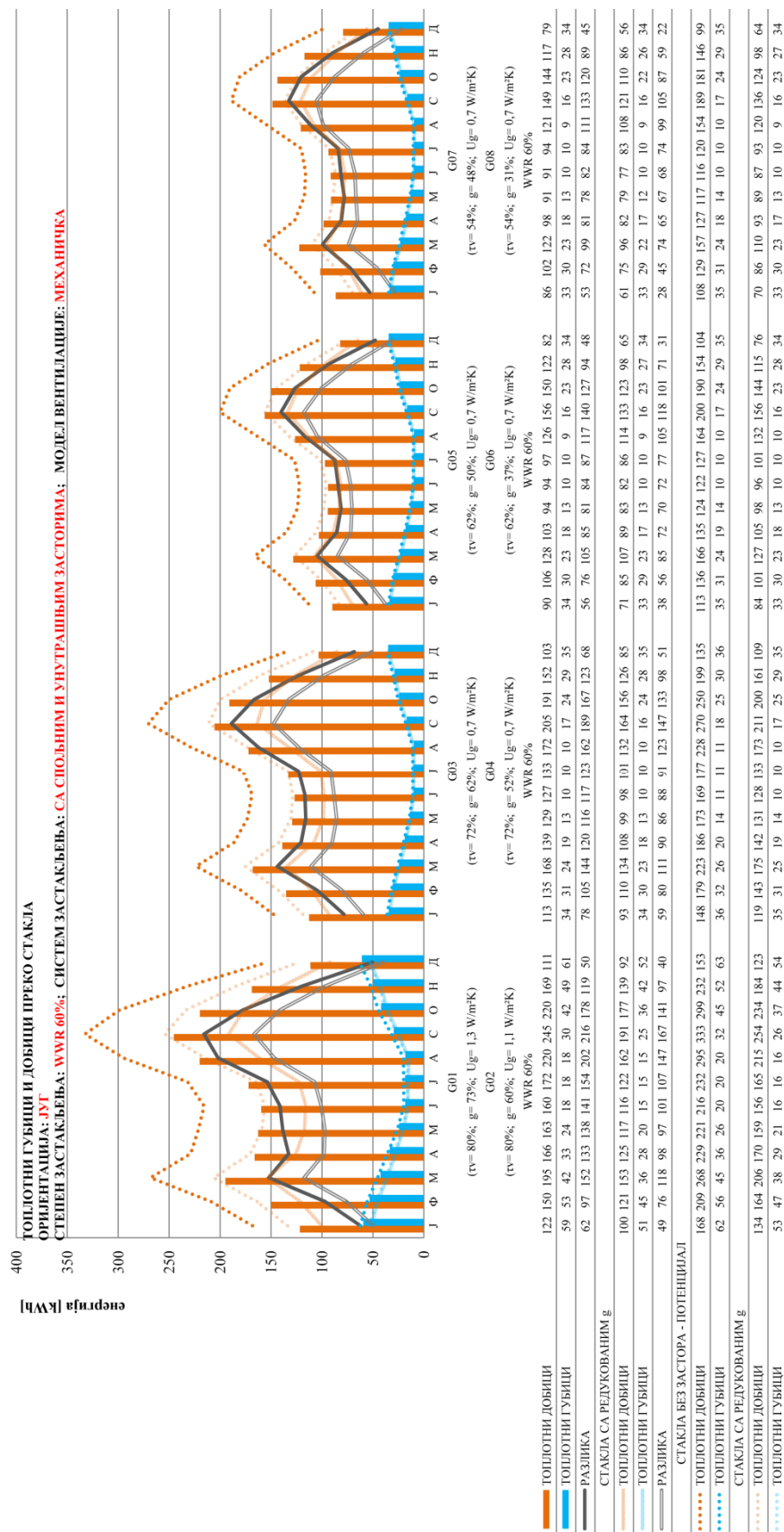
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 1(Б): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за **ЈУЖНУ** оријентацију: модел застакљена **СА ЗАСТОРИМА**, два модалитета вентилације простора: **ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА**. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење, осветљење и укупно), укупно годишње топлотно отпорење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

СТЕПЕН ЗАСТАКЉЕЊА	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА				ТОПЛОТНО ОТПОРЕЊЕЊЕ ПРОСТОРА				ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО							
	ОСВЕЉЕЊЕ	ГРЕЈАЊЕ	ХЛАЂЕЊЕ	УКУПНО	ЗАГРЕВАЊЕ	ХЛАЂЕЊЕ	УКУПНО	ЛОЊИЦИ	ГУБИЦИ	РАЗЛИКА	ЛОЊИЦИ	ГУБИЦИ	РАЗЛИКА			
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]			
ОРИЕНТАЦИЈА: ИСТОК																
ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: СПОЉНИ И УНУТРАШЊИ ЗАСТОРИ																
МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА																
G01 80.73.1.3	335	675	216	1226	540	649	1190	1419	333	1085	512	865	1377	1409	342	1066
G02 80.60.1.1	335	700	169	1203	560	507	1067	1128	285	843	537	673	1210	1120	292	828
G03 70.62.0.7	337	599	188	1124	479	565	1044	1243	190	1053	451	766	1217	1237	195	1041
G04 70.52.0.7	337	646	151	1135	517	454	971	1008	188	820	495	609	1103	1002	193	810
G05 60.50.0.7	320	651	140	1112	521	421	942	974	187	787	500	564	1064	968	192	776
G06 60.37.0.7	320	696	116	1132	556	348	905	793	186	607	539	457	996	787	190	597
G07 50.48.0.7	322	653	134	1109	522	402	925	942	187	755	501	539	1040	936	192	744
G08 50.31.0.7	322	711	104	1137	569	312	880	708	186	522	552	403	955	702	190	513
G01 80.73.1.3	321	678	260	1259	543	779	1322	1682	404	1278	513	1035	1548	1671	415	1256
G02 80.60.1.1	321	706	201	1228	564	603	1167	1340	345	995	539	802	1341	1329	354	976
G03 70.62.0.7	329	585	226	1140	468	677	1145	1473	231	1243	437	923	1360	1466	237	1229
G04 70.52.0.7	329	638	180	1147	510	540	1050	1196	228	968	484	728	1213	1189	234	955
G05 60.50.0.7	333	644	174	1151	515	523	1039	1157	228	929	490	702	1192	1149	234	916
G06 60.37.0.7	333	686	143	1162	549	429	978	945	225	720	528	568	1096	938	231	708
G07 50.48.0.7	321	647	162	1130	517	486	1003	1118	227	890	493	655	1149	1111	233	877
G08 50.31.0.7	321	707	123	1151	566	370	936	844	224	620	546	487	1033	838	230	608
G01 80.73.1.3	309	677	305	1292	542	916	1458	1950	474	1476	512	1213	1726	1937	487	1451
G02 80.60.1.1	309	710	235	1254	568	706	1274	1553	405	1149	540	939	1479	1542	415	1127
G03 70.62.0.7	317	570	265	1151	456	795	1250	1709	272	1437	425	1080	1505	1700	280	1421
G04 70.52.0.7	317	632	209	1158	506	628	1134	1388	268	1120	477	849	1326	1379	275	1104
G05 60.50.0.7	321	637	203	1161	510	608	1118	1341	268	1074	482	819	1302	1333	275	1058
G06 60.37.0.7	321	681	165	1167	545	494	1039	1097	264	833	522	658	1180	1089	271	818
G07 50.48.0.7	296	645	189	1130	516	566	1083	1304	268	1036	489	764	1253	1295	275	1021
G08 50.31.0.7	296	708	141	1145	566	423	990	984	263	720	545	560	1104	976	269	706
G01 80.73.1.3	300	674	375	1349	539	1125	1664	2330	576	1753	511	1470	1981	2315	590	1726
G02 80.60.1.1	300	712	287	1298	569	860	1429	1856	491	1365	540	1137	1677	1843	503	1340
G03 70.62.0.7	306	547	325	1178	437	976	1413	2045	332	1713	408	1316	1724	2035	341	1694
G04 70.52.0.7	306	619	255	1180	495	766	1261	1660	326	1334	466	1032	1498	1650	335	1315
G05 60.50.0.7	312	626	246	1184	501	739	1240	1604	326	1277	471	995	1466	1594	335	1259
G06 60.37.0.7	312	678	198	1188	543	595	1138	1313	321	992	517	794	1311	1303	329	974
G07 50.48.0.7	301	634	231	1165	507	692	1199	1546	326	1221	477	934	1411	1536	334	1202
G08 50.31.0.7	301	701	171	1173	561	513	1074	1172	319	853	537	682	1219	1163	327	835
ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: СПОЉНИ И УНУТРАШЊИ ЗАСТОРИ																
МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА																
G01 80.73.1.3	335	675	216	1226	540	649	1190	1419	333	1085	512	865	1377	1409	342	1066
G02 80.60.1.1	335	700	169	1203	560	507	1067	1128	285	843	537	673	1210	1120	292	828
G03 70.62.0.7	337	599	188	1124	479	565	1044	1243	190	1053	451	766	1217	1237	195	1041
G04 70.52.0.7	337	646	151	1135	517	454	971	1008	188	820	495	609	1103	1002	193	810
G05 60.50.0.7	320	651	140	1112	521	421	942	974	187	787	500	564	1064	968	192	776
G06 60.37.0.7	320	696	116	1132	556	348	905	793	186	607	539	457	996	787	190	597
G07 50.48.0.7	322	653	134	1109	522	402	925	942	187	755	501	539	1040	936	192	744
G08 50.31.0.7	322	711	104	1137	569	312	880	708	186	522	552	403	955	702	190	513
G01 80.73.1.3	321	678	260	1259	543	779	1322	1682	404	1278	513	1035	1548	1671	415	1256
G02 80.60.1.1	321	706	201	1228	564	603	1167	1340	345	995	539	802	1341	1329	354	976
G03 70.62.0.7	329	585	226	1140	468	677	1145	1473	231	1243	437	923	1360	1466	237	1229
G04 70.52.0.7	329	638	180	1147	510	540	1050	1196	228	968	484	728	1213	1189	234	955
G05 60.50.0.7	333	644	174	1151	515	523	1039	1157	228	929	490	702	1192	1149	234	916
G06 60.37.0.7	333	686	143	1162	549	429	978	945	225	720	528	568	1096	938	231	708
G07 50.48.0.7	321	647	162	1130	517	486	1003	1118	227	890	493	655	1149	1111	233	877
G08 50.31.0.7	321	707	123	1151	566	370	936	844	224	620	546	487	1033	838	230	608
G01 80.73.1.3	309	677	305	1292	542	916	1458	1950	474	1476	512	1213	1726	1937	487	1451
G02 80.60.1.1	309	710	235	1254	568	706	1274	1553	405	1149	540	939	1479	1542	415	1127
G03 70.62.0.7	317	570	265	1151	456	795	1250	1709	272	1437	425	1080	1505	1700	280	1421
G04 70.52.0.7	317	632	209	1158	506	628	1134	1388	268	1120	477	849	1326	1379	275	1104
G05 60.50.0.7	321	637	203	1161	510	608	1118	1341	268	1074	482	819	1302	1333	275	1058
G06 60.37.0.7	321	681	165	1167	545	494	1039	1097	264	833	522	658	1180	1089	271	818
G07 50.48.0.7	296	645	189	1130	516	566	1083	1304	268	1036	489	764	1253	1295	275	1021
G08 50.31.0.7	296	708	141	1145	566	423	990	984	263	720	545	560	1104	976	269	706
G01 80.73.1.3	300	674	375	1349	539	1125	1664	2330	576	1753	511	1470	1981	2315	590	1726
G02 80.60.1.1	300	712	287	1298	569	860	1429	1856	491	1365	540	1137	1677	1843	503	1340
G03 70.62.0.7	306	547	325	1178	437	976	1413	2045	332	1713	408	1316	1724	2035	341	1694
G04 70.52.0.7	306	619	255	1180	495	766	1261	1660	326	1334	466	1032	1498	1650	335	1315
G05 60.50.0.7	312	626	246	1184	501	739	1240	1604	326	1277	471	995	1466	1594	335	1259
G06 60.37.0.7	312	678	198	1188	543	595	1138	1313	321	992	517	794	1311	1303	329	974
G07 50.48.0.7	301	634	231	1165	507	692	1199	1546	326	1221	477	934	1411	1536	334	1202
G08 50.31.0.7	301	701	171	1173	561	513	1074	1172	319	853	537	682	1219	1163	327	835
ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: СПОЉНИ И УНУТРАШЊИ ЗАСТОРИ																
МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА																
G01 80.73.1.3	335	640	288	1263	335	672	224	1231	337	564	255	1156	320	625	188	1133
G02 80.60.1.1	335	672														

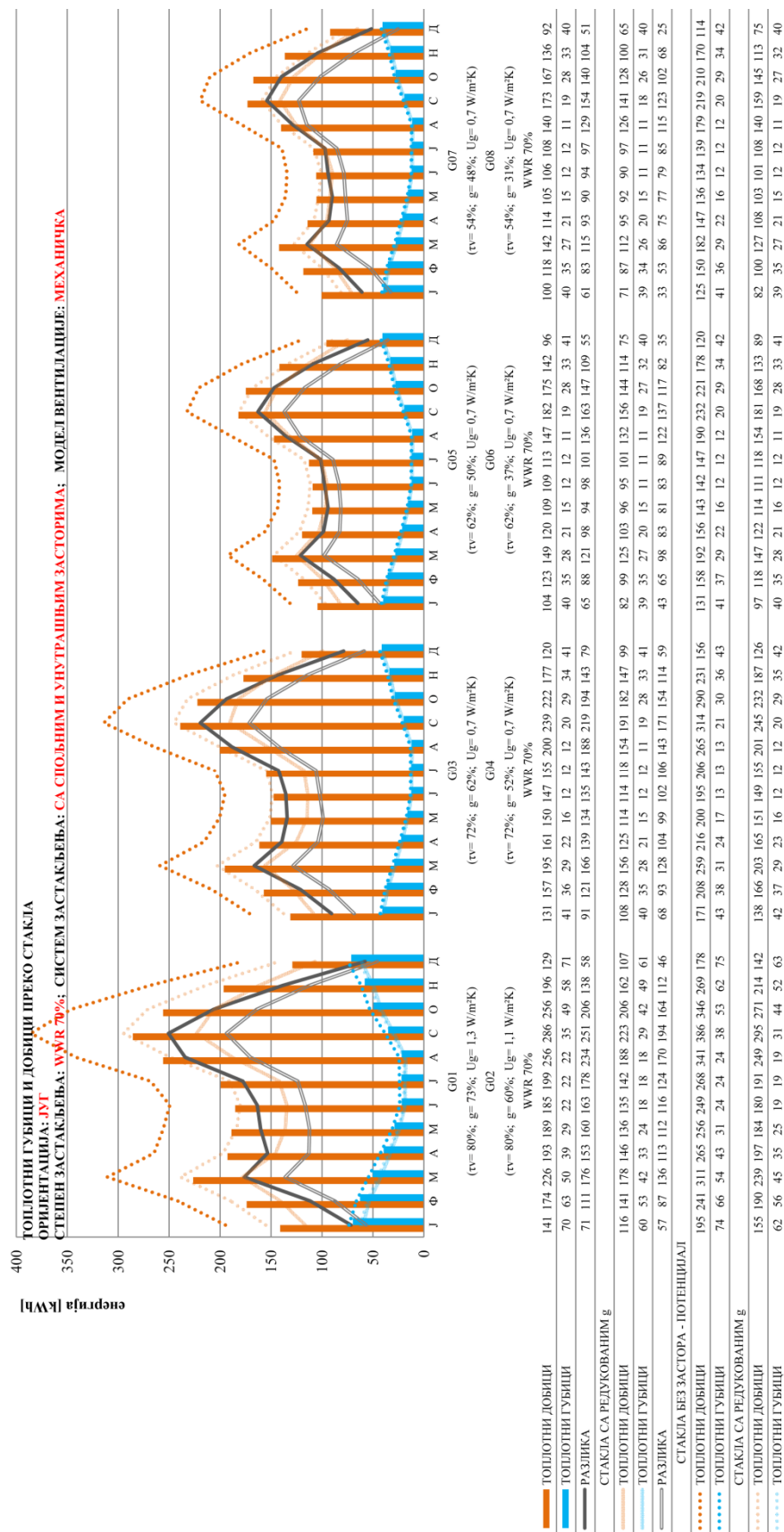
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 2(А): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добити и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M50**



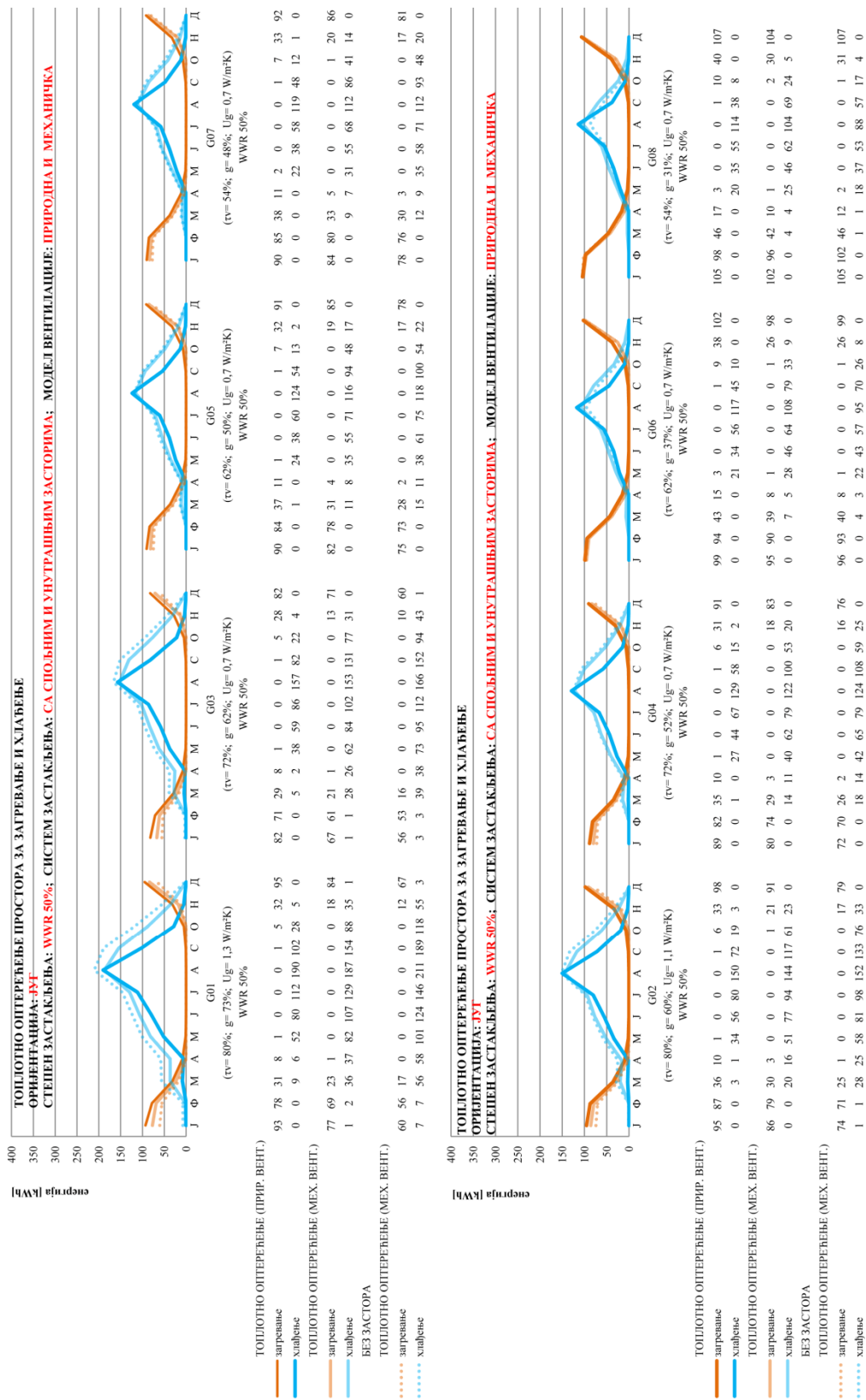
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 2(Б): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M60**



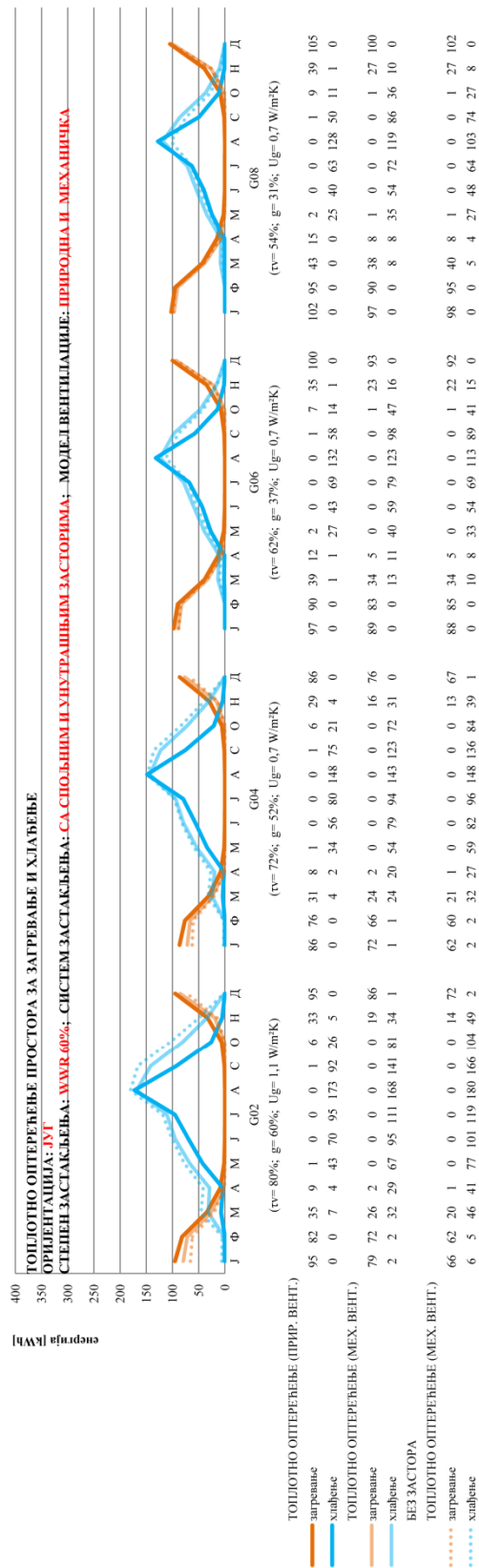
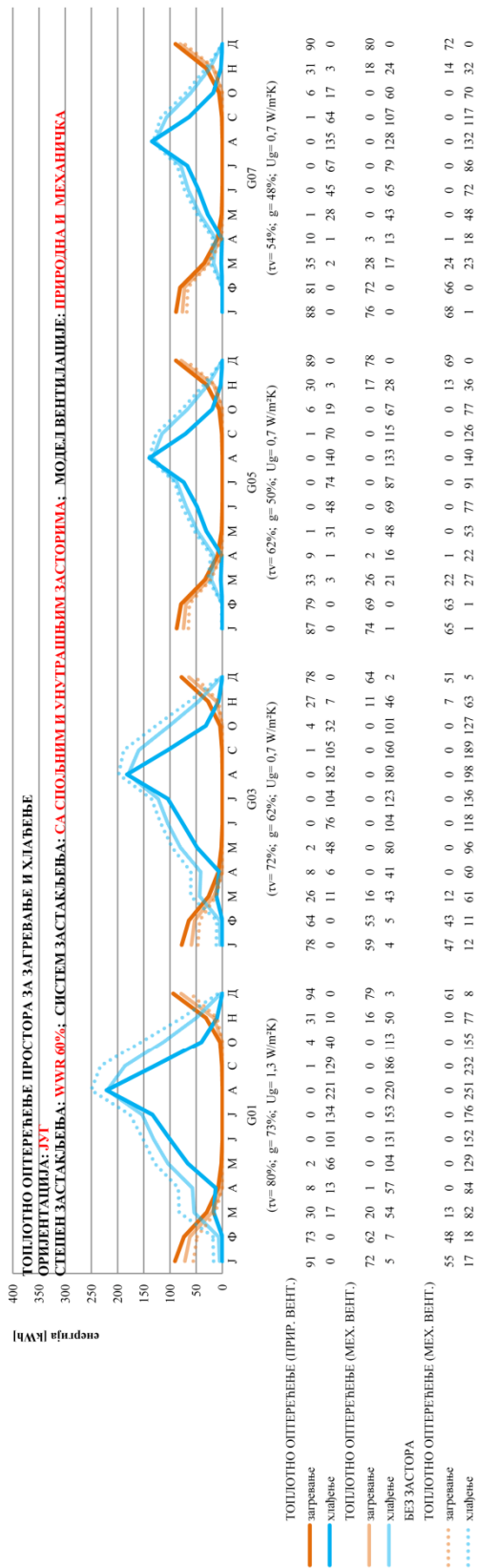
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 2(В): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M70**



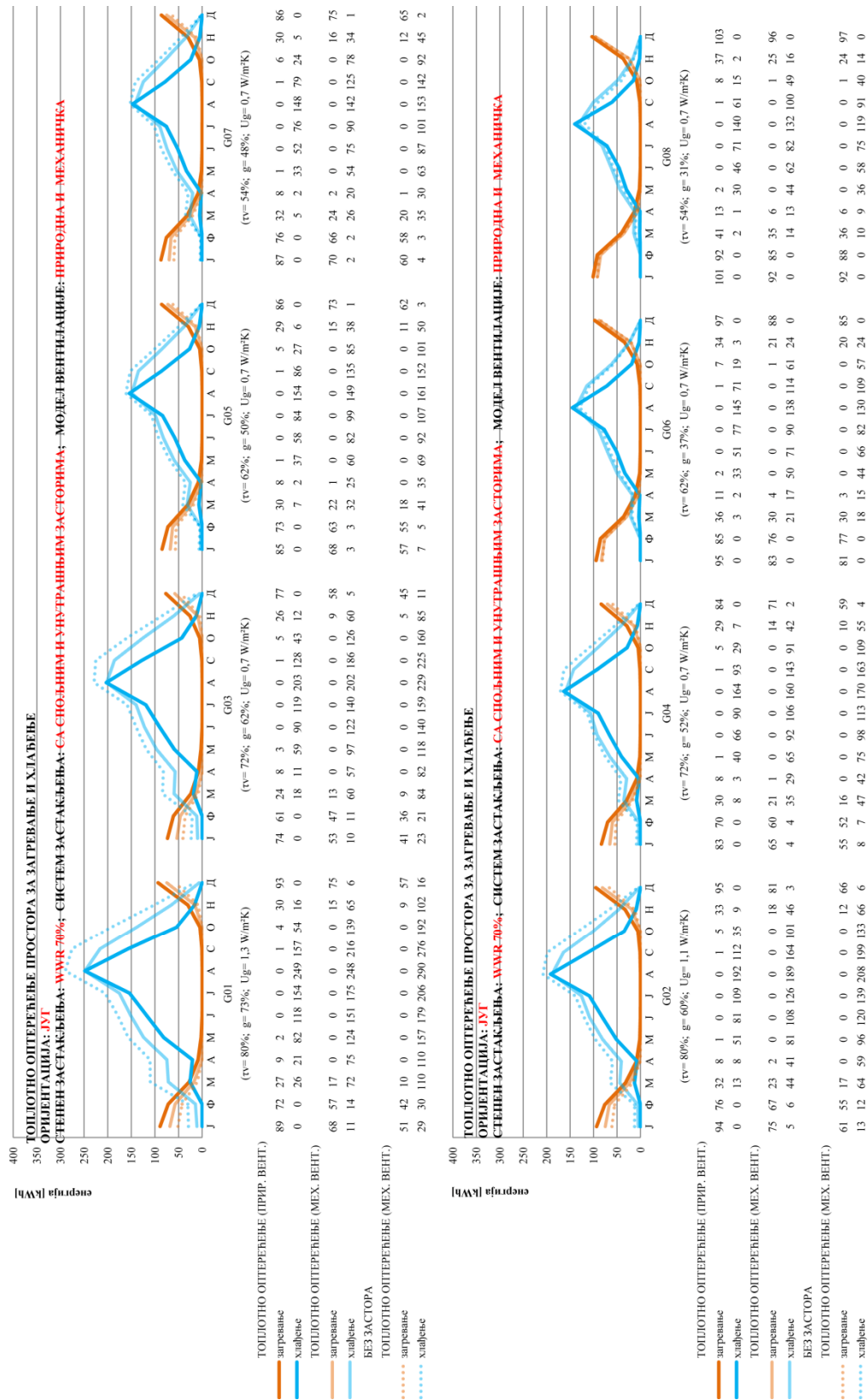
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 3(A): Дијаграм промене **топотног оптерећења простора за загревање и хлађење** са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M50**



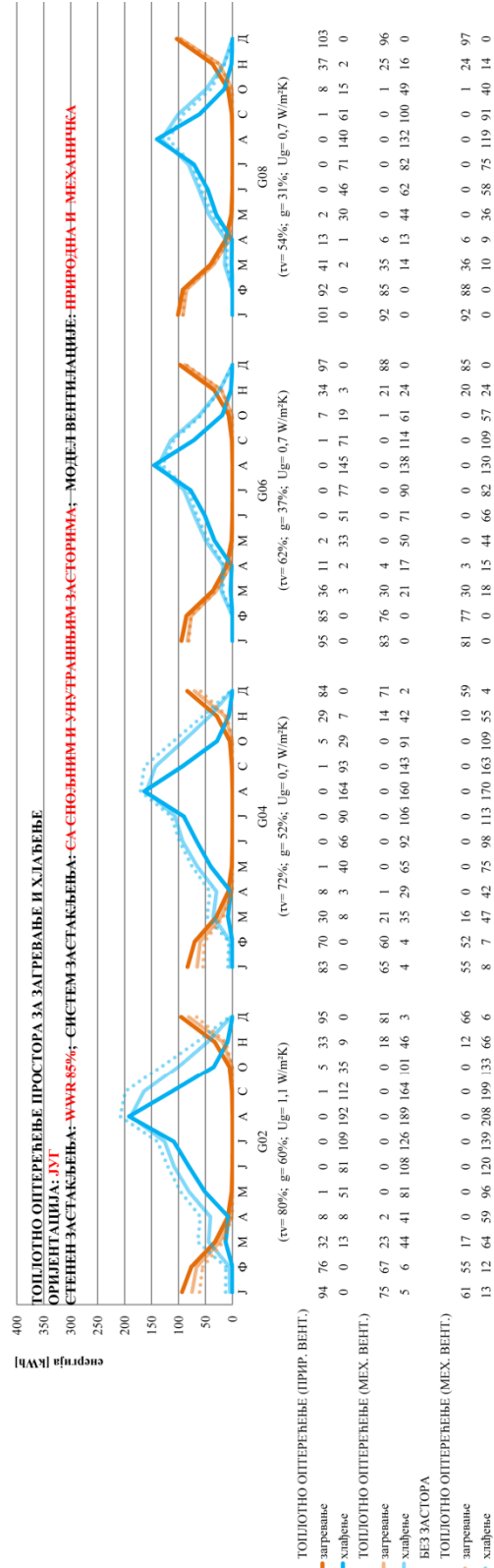
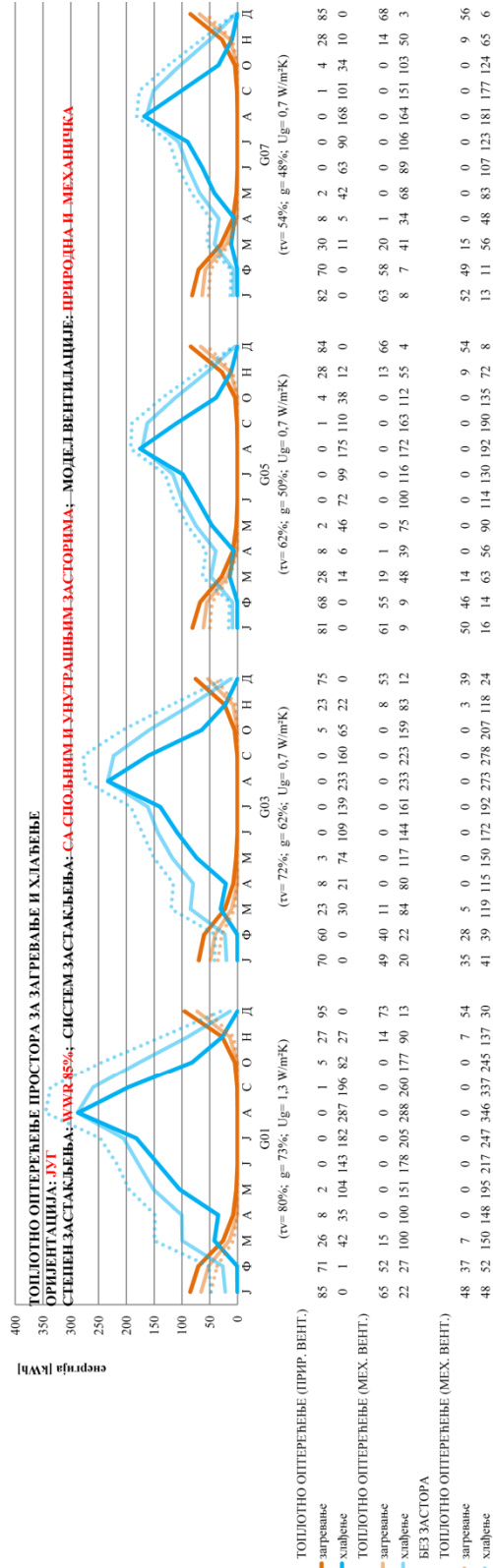
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 3(Б): Дијаграм промене **топлоготног оптерећења простора за загревање и хлађење** са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M60**



(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 3(В): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M70**



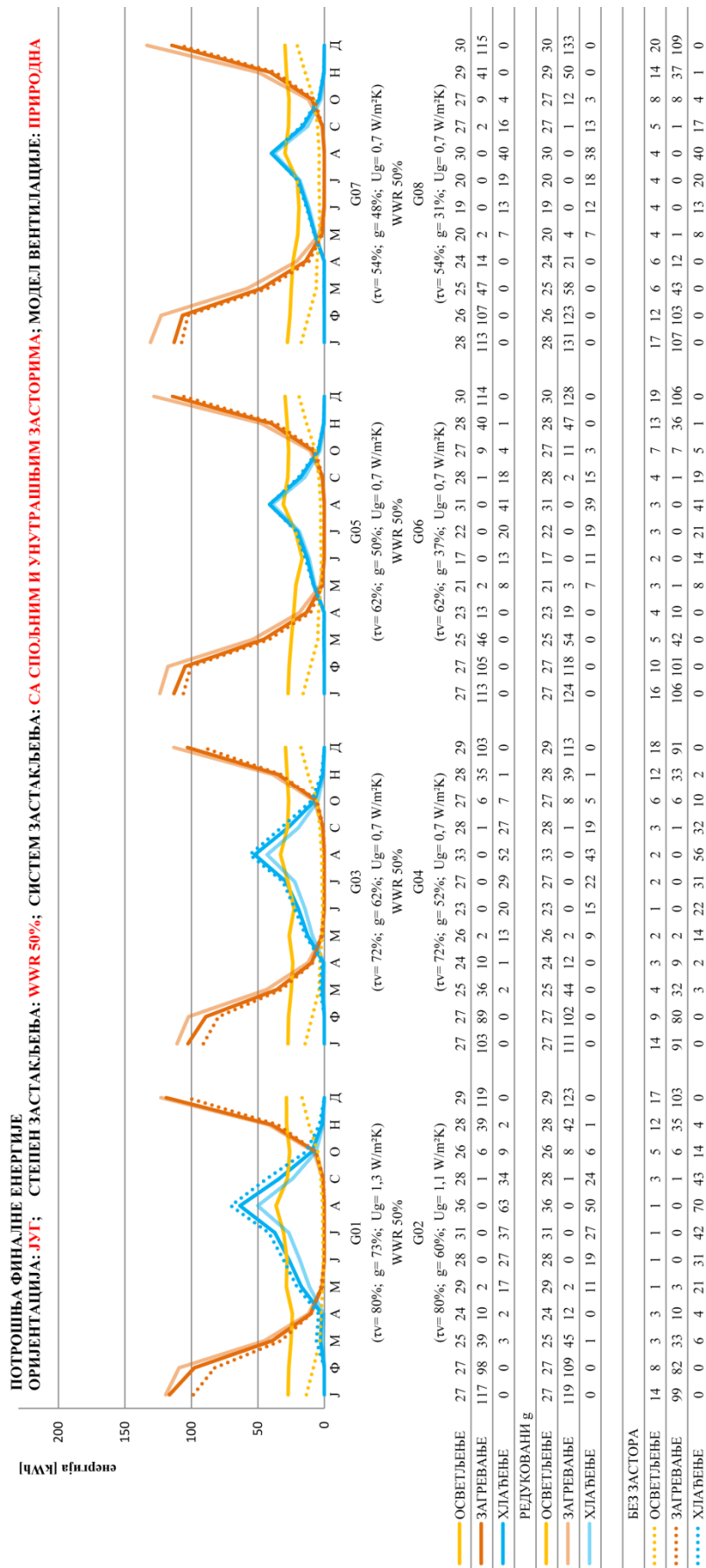
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 3(Г): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M85**



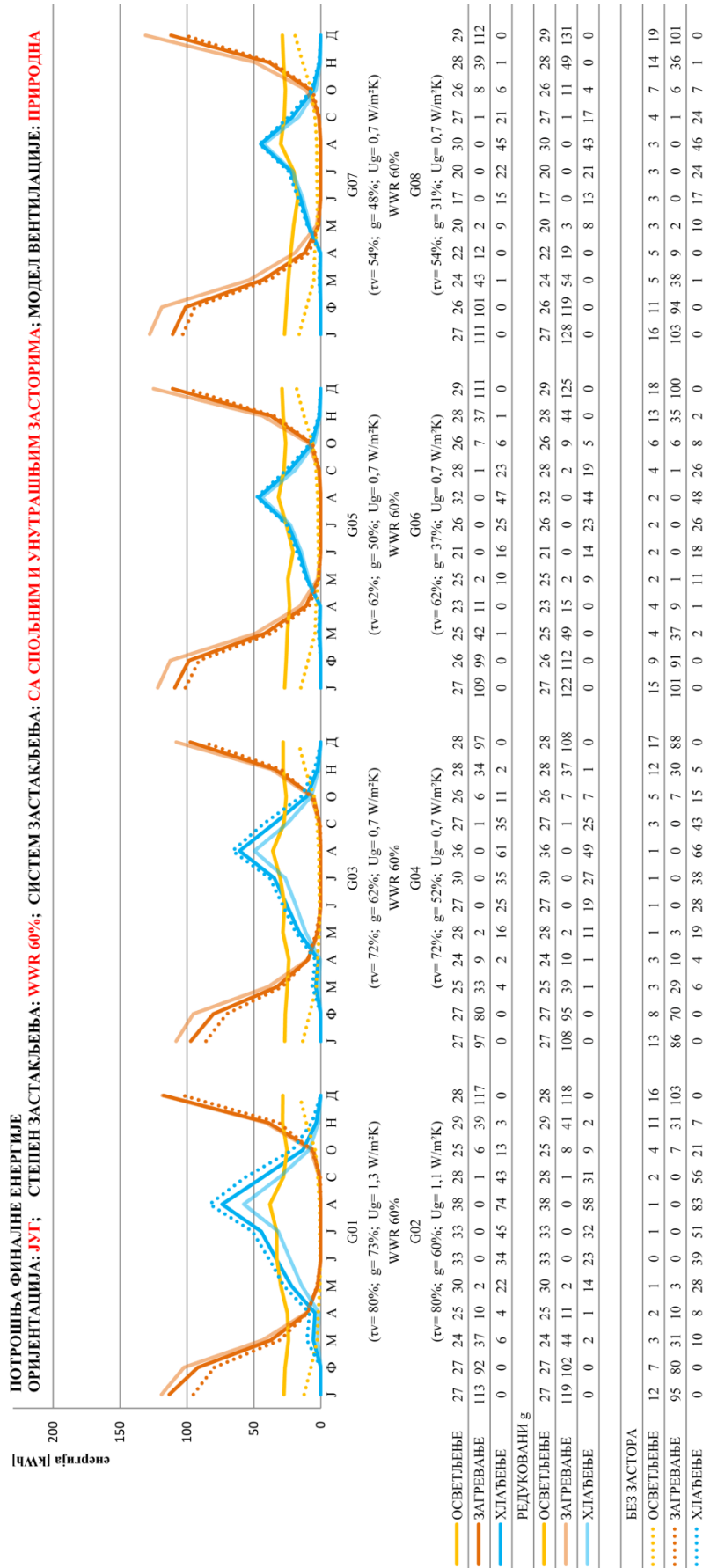
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 4: Дијаграм промене топлотног оптерећења за загревање и хлађење и њихов збир у зависности од степена застакљења. У горњем дијаграму приказано је топлотно оптерећење за просторе код којих постоји могућност природног проветравања. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: ЈУГ



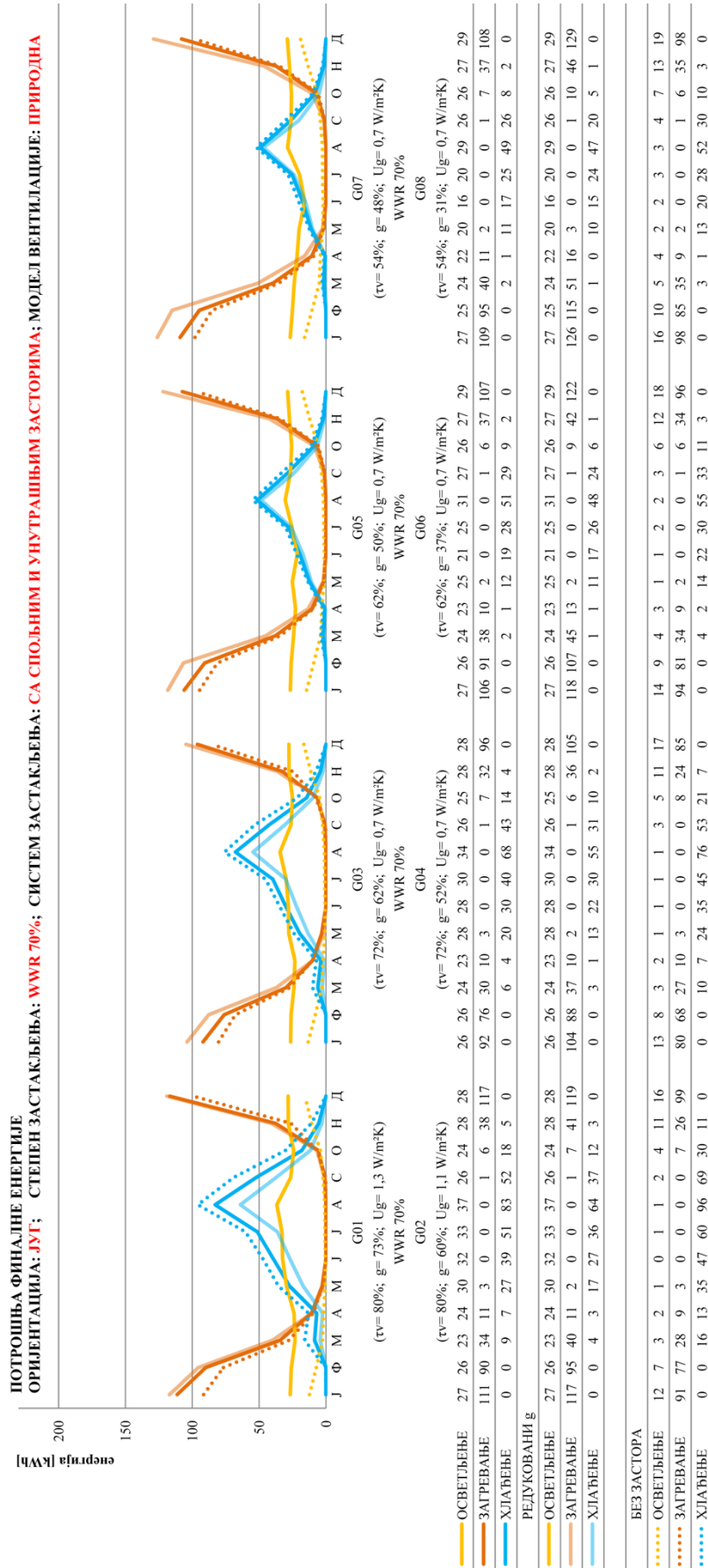
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 5(A): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M50**



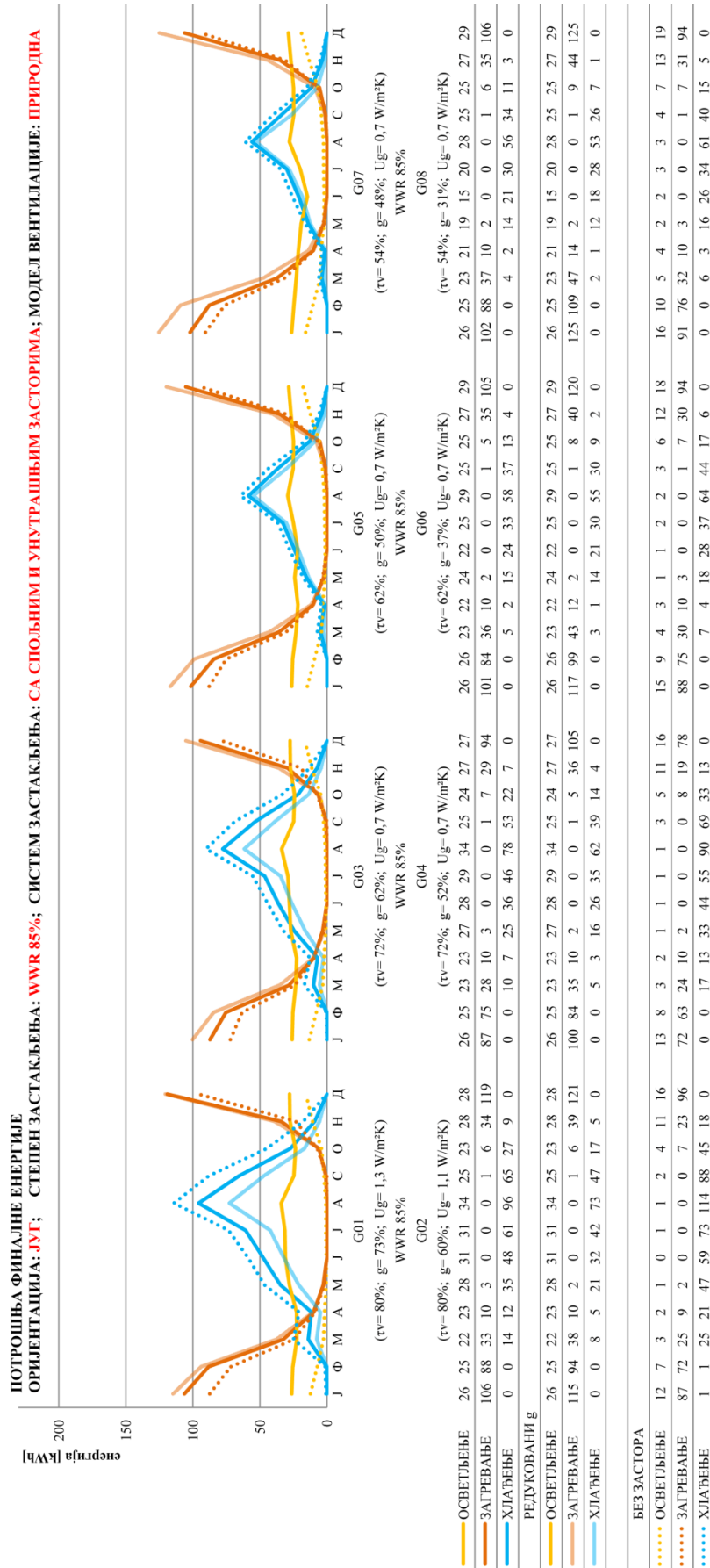
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 5(Б): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M60**



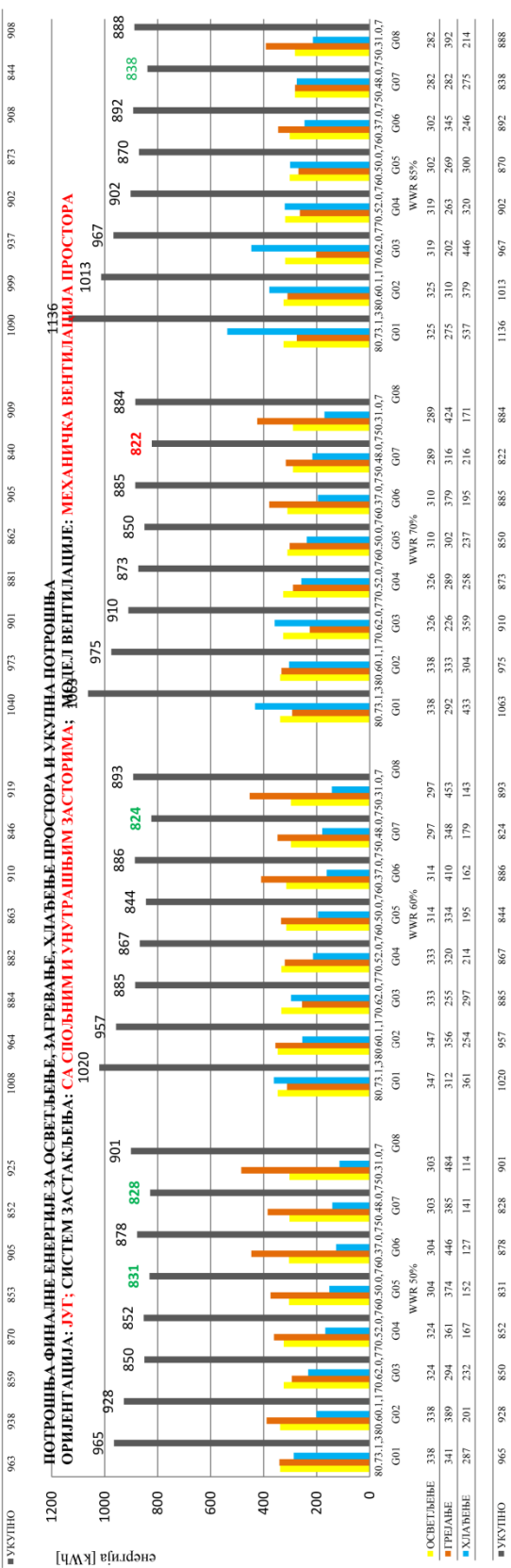
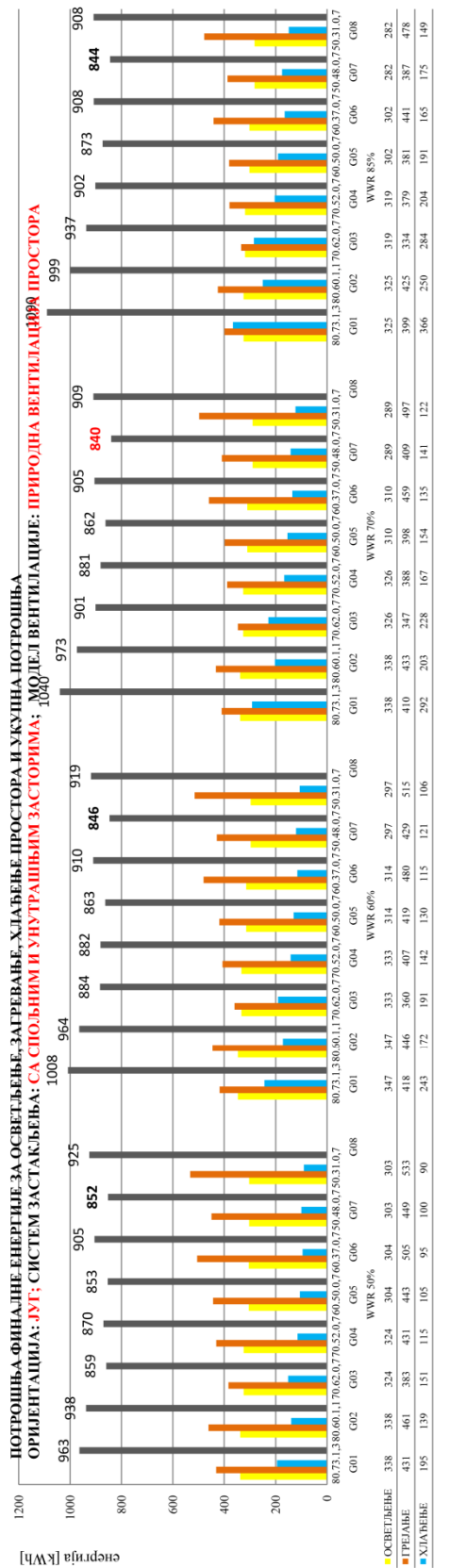
(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 5(В): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M70**



(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 5(Г): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **JUT**; Модел простора: **M85**



(ПРИЛОГ 4.2.2) ТАБЕЛА 6: Дијаграм промене потребне енергије за осветљење, загревање и хлађење и њихов збир у зависности од степена застакљења. У горњем дијаграму приказане су енергетске потребе простора са могућношћу природне вентилације. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **JUT**



ПРИЛОГ 4.2.3: Резултати енергетских перформанси - оријентација **ЗАПАД**

(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 1(A): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за ЗАПАДНУ оријентацију: модел застакљења БЕЗ ЗАСТОРА, два модалитета вентилације простора: ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење, осветљење и укупно), укупно годишње топлотно отпређење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

СТАКЛО НАЗИВ КАРАКТЕРИСТИКЕ СТАКЛА	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА				ТОПЛОТНО ОТПРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА				ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО					
	ОСВЕТЉЕЊЕ		ГРЕЈАЊЕ		ХЛАЂЕЊЕ		УКУПНО		ДОБИЦИ		ГУБИЦИ		РАЗЛИКА	
	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]	[кWh]
ОРИЕНТАЦИЈА: ЗАПАД														
ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: БЕЗ ЗАСТОРА														
МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА														
WWR 50%														
G01 80.73.1,3	88	667	234	989	534	701	1235	1904	365	1539	1895	373	1522	
G02 80.60.1,1	88	711	169	968	569	506	1075	1476	308	1168	1468	314	1154	
G03 70.62.0,7	100	599	189	887	479	566	1045	1595	205	1390	1589	210	1379	
G04 70.52.0,7	100	664	141	905	532	422	954	1265	201	1064	1259	205	1054	
G05 60.50.0,7	119	667	133	919	534	400	934	1204	200	1004	1199	204	994	
G06 60.37.0,7	119	736	97	952	589	292	881	913	195	718	908	199	709	
G07 50.48.0,7	142	668	127	937	535	380	915	1143	199	943	1138	204	934	
G08 50.31.0,7	142	760	85	987	608	255	863	787	194	594	783	198	585	
WWR 60%														
G01 80.73.1,3	76	659	296	1032	527	889	1417	2271	448	1823	2260	458	1803	
G02 80.60.1,1	76	704	212	993	563	636	1199	1761	377	1384	1752	386	1367	
G03 70.62.0,7	90	576	239	905	461	718	1178	1905	253	1653	1899	259	1640	
G04 70.52.0,7	90	648	176	913	518	527	1046	1511	246	1265	1505	252	1253	
G05 60.50.0,7	105	652	166	923	522	497	1019	1438	245	1193	1432	251	1181	
G06 60.37.0,7	105	728	118	951	582	353	936	1093	238	854	1087	243	843	
G07 50.48.0,7	126	657	156	939	525	469	995	1366	244	1121	1359	250	1109	
G08 50.31.0,7	126	755	101	982	604	303	907	943	236	707	937	241	696	
WWR 70%														
G01 80.73.1,3	73	653	362	1088	523	1085	1608	2626	531	2096	2615	542	2072	
G02 80.60.1,1	73	698	258	1029	538	773	1332	2038	447	1591	2028	457	1571	
G03 70.62.0,7	84	559	293	936	447	879	1326	2208	301	1907	2200	308	1891	
G04 70.52.0,7	84	632	214	930	506	642	1148	1751	293	1458	1744	300	1444	
G05 60.50.0,7	100	638	201	939	511	602	1113	1667	291	1376	1659	298	1361	
G06 60.37.0,7	100	717	141	957	574	422	995	1267	283	985	1261	288	972	
G07 50.48.0,7	120	642	189	951	514	566	1080	1583	290	1292	1575	297	1278	
G08 50.31.0,7	120	746	118	984	597	355	951	1094	279	815	1087	285	802	
WWR 85%														
G01 80.73.1,3	73	646	459	1178	517	1376	1893	3123	652	2471	3109	665	2444	
G02 80.60.1,1	73	688	327	1089	550	982	1533	2425	550	1875	2413	561	1851	
G03 70.62.0,7	85	532	375	991	426	1124	1549	2630	372	2258	2621	381	2241	
G04 70.52.0,7	85	611	272	968	488	816	1305	2087	361	1726	2078	370	1708	
G05 60.50.0,7	99	620	255	974	496	765	1261	1987	359	1628	1978	368	1610	
G06 60.37.0,7	99	701	175	975	561	526	1086	1513	347	1166	1505	354	1151	
G07 50.48.0,7	120	625	239	983	500	716	1216	1886	357	1529	1877	366	1512	
G08 50.31.0,7	120	732	146	998	586	437	1023	1306	342	964	1298	349	949	

* топлотне и оптичке карактеристике стакла (τ), соларни фактор (g), коефицијент топлотног проласка (U) светлосна пропусљивост стакла (τ_gU)

(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 1(Б): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за **ЗАПАДНУ** оријентацију: модел застакљења **СА ЗАСТОРИМА**, два модалитета вентилације простора: **ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА**. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење и укупно), укупно годишње топлотно отпорењење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

ОРИЕНТАЦИЈА: ЗАПАД

ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: СПОЉНИ И УНУТРАШЊИ ЗАСТОРИ
МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА

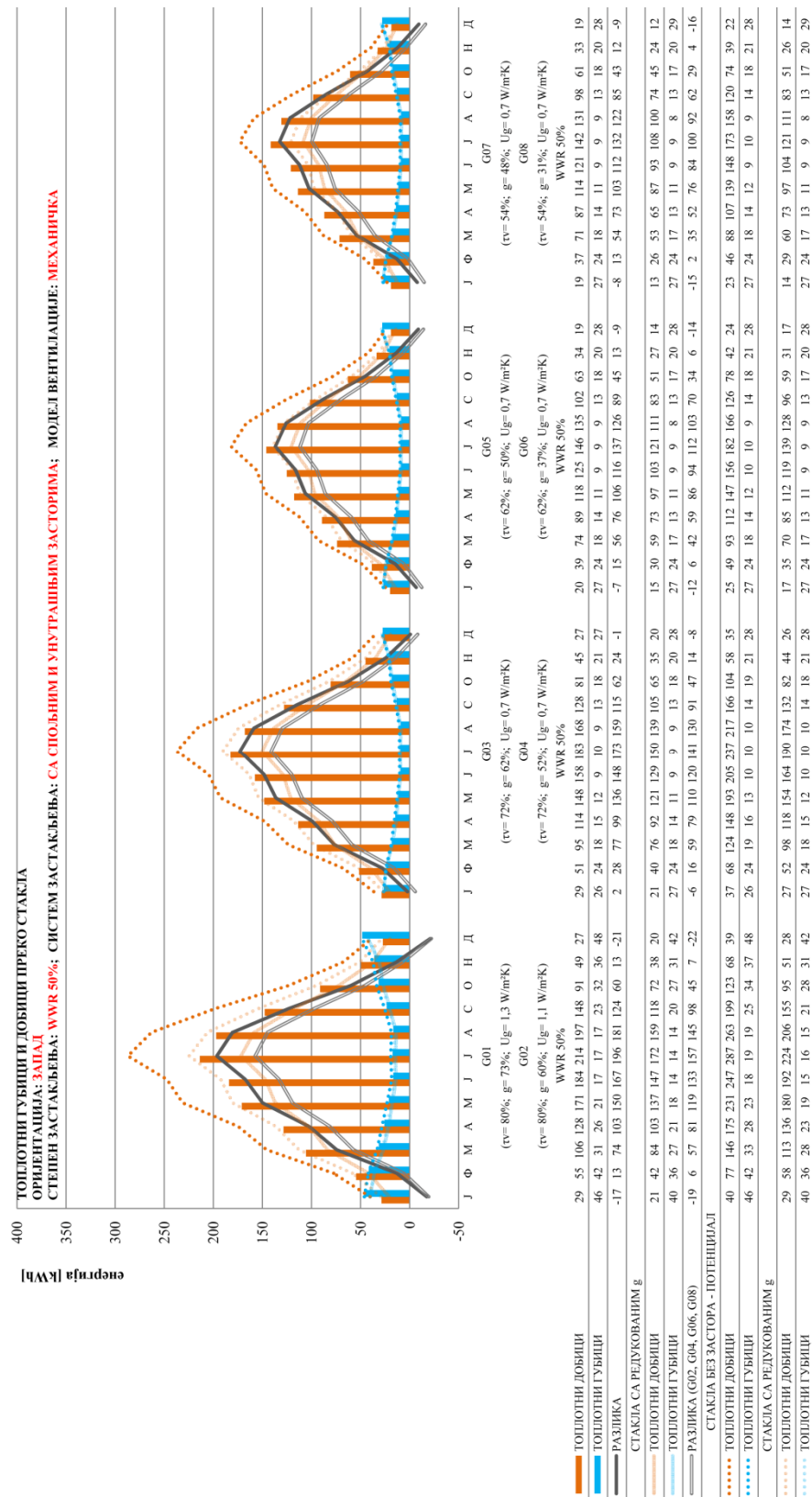
	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА				ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЊЕЊЕ ПРОСТОРА				ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО				
	ОСВЕЉЕЊЕ [кWh]	ЗАГРЕВАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	УКУПНО [кWh]	ЗАГРЕВАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	УКУПНО [кWh]	ДОБИТ [кWh]	ГУБИЦИ [кWh]	РАЗЛИКА [кWh]	ДОБИТ [кWh]	ГУБИЦИ [кWh]	РАЗЛИКА [кWh]
WWR 50%													
G01 80.73.1.3	299	702	191	1192	562	572	1133	1407	348	1058.71	1399	356	1043
G02 80.60.1.1	299	729	150	1178	583	449	1032	1118	297	820.83	1111	304	807
G03 70.62.0.7	300	615	165	1080	492	496	988	1230	197	1032.65	1224	202	1022
G04 70.52.0.7	300	669	133	1102	535	400	935	997	195	802.23	992	199	793
G05 60.50.0.7	289	671	128	1088	537	383	919	968	195	772.56	962	199	763
G06 60.37.0.7	289	722	107	1119	578	322	900	788	192	596.01	783	197	587
G07 50.48.0.7	287	672	122	1081	538	366	904	937	195	741.77	932	199	732
G08 50.31.0.7	287	740	97	1123	592	290	882	705	192	512.90	700	196	504
WWR 60%													
G01 80.73.1.3	295	705	232	1232	564	696	1260	1672	424	1247.78	1662	434	1228
G02 80.60.1.1	295	730	180	1206	584	539	1124	1330	362	968.43	1322	369	952
G03 70.62.0.7	297	603	202	1103	482	606	1089	1462	241	1221.31	1456	247	1209
G04 70.52.0.7	297	659	160	1117	527	481	1009	1187	238	949.02	1180	243	937
G05 60.50.0.7	295	664	154	1113	531	462	993	1147	238	909.49	1141	243	898
G06 60.37.0.7	295	717	127	1139	573	382	956	939	234	704.98	933	239	694
G07 50.48.0.7	286	665	146	1098	532	439	971	1110	238	871.98	1103	243	861
G08 50.31.0.7	286	736	113	1136	589	340	929	840	233	607.20	834	238	596
WWR 70%													
G01 80.73.1.3	293	706	276	1276	565	829	1394	1939	501	1438.53	1927	512	1416
G02 80.60.1.1	293	731	213	1238	585	639	1224	1543	427	1116.31	1533	436	1097
G03 70.62.0.7	291	589	240	1120	471	721	1192	1698	286	1411.68	1689	293	1397
G04 70.52.0.7	291	650	189	1130	520	566	1086	1377	281	1096.39	1370	288	1082
G05 60.50.0.7	291	654	181	1126	523	542	1065	1330	281	1049.43	1323	287	1036
G06 60.37.0.7	291	708	148	1147	566	443	1009	1090	276	813.83	1083	282	801
G07 50.48.0.7	283	659	172	1114	527	515	1042	1286	280	1005.81	1279	287	992
G08 50.31.0.7	283	732	131	1146	585	392	977	975	274	700.84	968	280	688
WWR 85%													
G01 80.73.1.3	292	716	347	1354	572	1040	1613	2318	611	1706.54	2304	624	1680
G02 80.60.1.1	292	737	266	1294	590	797	1386	1844	521	1323.00	1832	532	1300
G03 70.62.0.7	282	577	299	1158	461	896	1357	2031	351	1680.12	2022	359	1662
G04 70.52.0.7	282	640	232	1154	512	696	1208	1648	344	1303.36	1639	352	1286
G05 60.50.0.7	283	646	221	1150	517	664	1181	1590	344	1246.48	1581	352	1229
G06 60.37.0.7	283	704	178	1165	563	535	1098	1304	337	967.20	1295	344	951
G07 50.48.0.7	278	648	211	1137	519	632	1151	1537	343	1193.67	1528	351	1177
G08 50.31.0.7	278	728	157	1163	583	471	1054	1167	334	832.23	1158	341	817

* **топлотне и оптичке карактеристике стакла (г):** коэффицијент топлотног протокла (U) **минимално топлотно отпорењење у оквиру истога степена застакљења** **минимално топлотно отпорењење у оквиру истога степена застакљења** **минимално топлотно отпорењење простора за исту оријентацију** **минимално топлотно отпорењење простора за исту оријентацију**

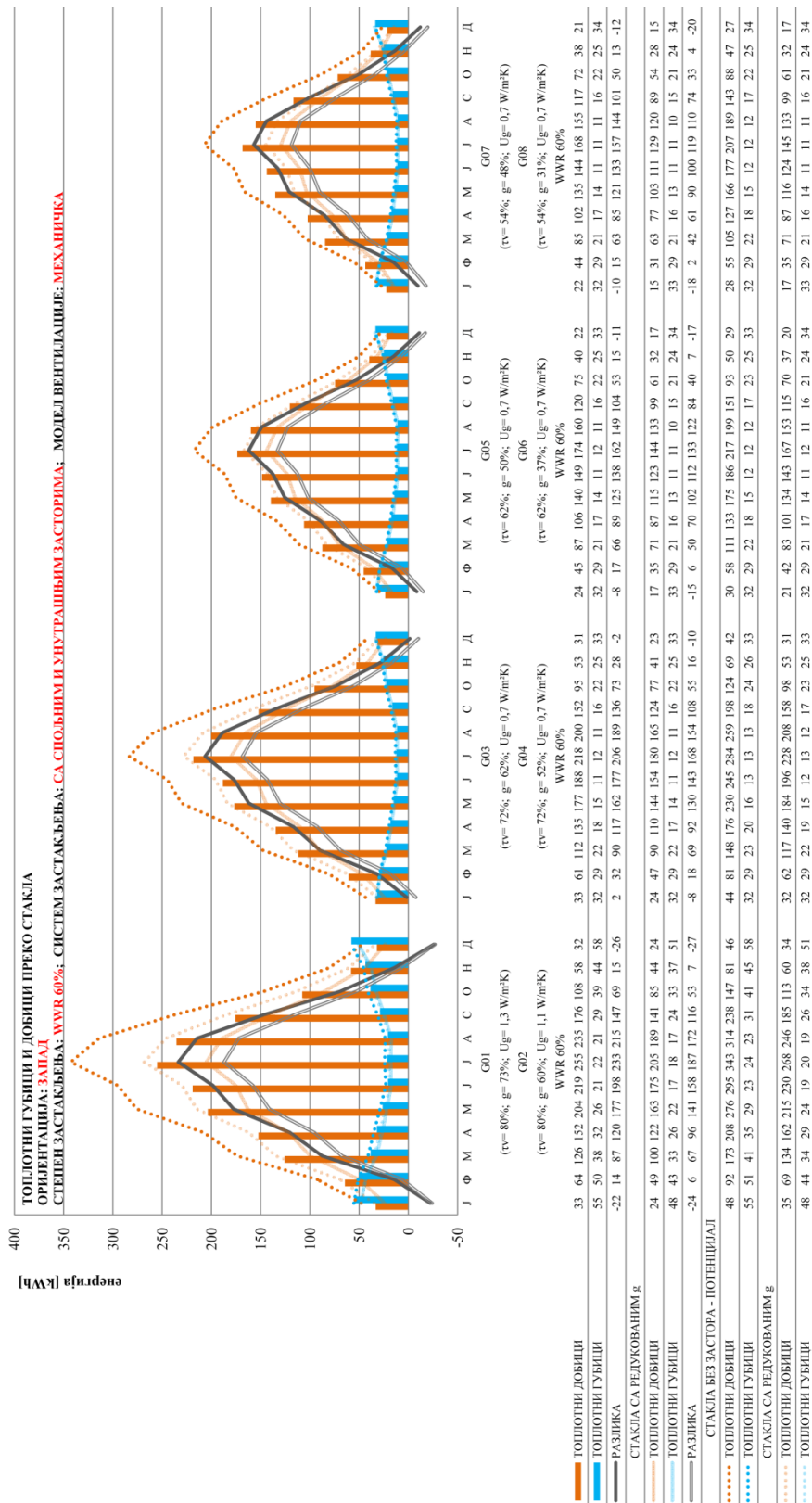
минимални ниво годишње енергије за исту оријентацију **минимални ниво годишње енергије за исту оријентацију** **минимални ниво годишње енергије за исту оријентацију** **минимално топлотно отпорењење простора за исту оријентацију**

минимални ниво годишње енергије за исту оријентацију **минимални ниво годишње енергије за исту оријентацију** **минимално топлотно отпорењење простора за исту оријентацију** **минимално топлотно отпорењење простора за исту оријентацију**

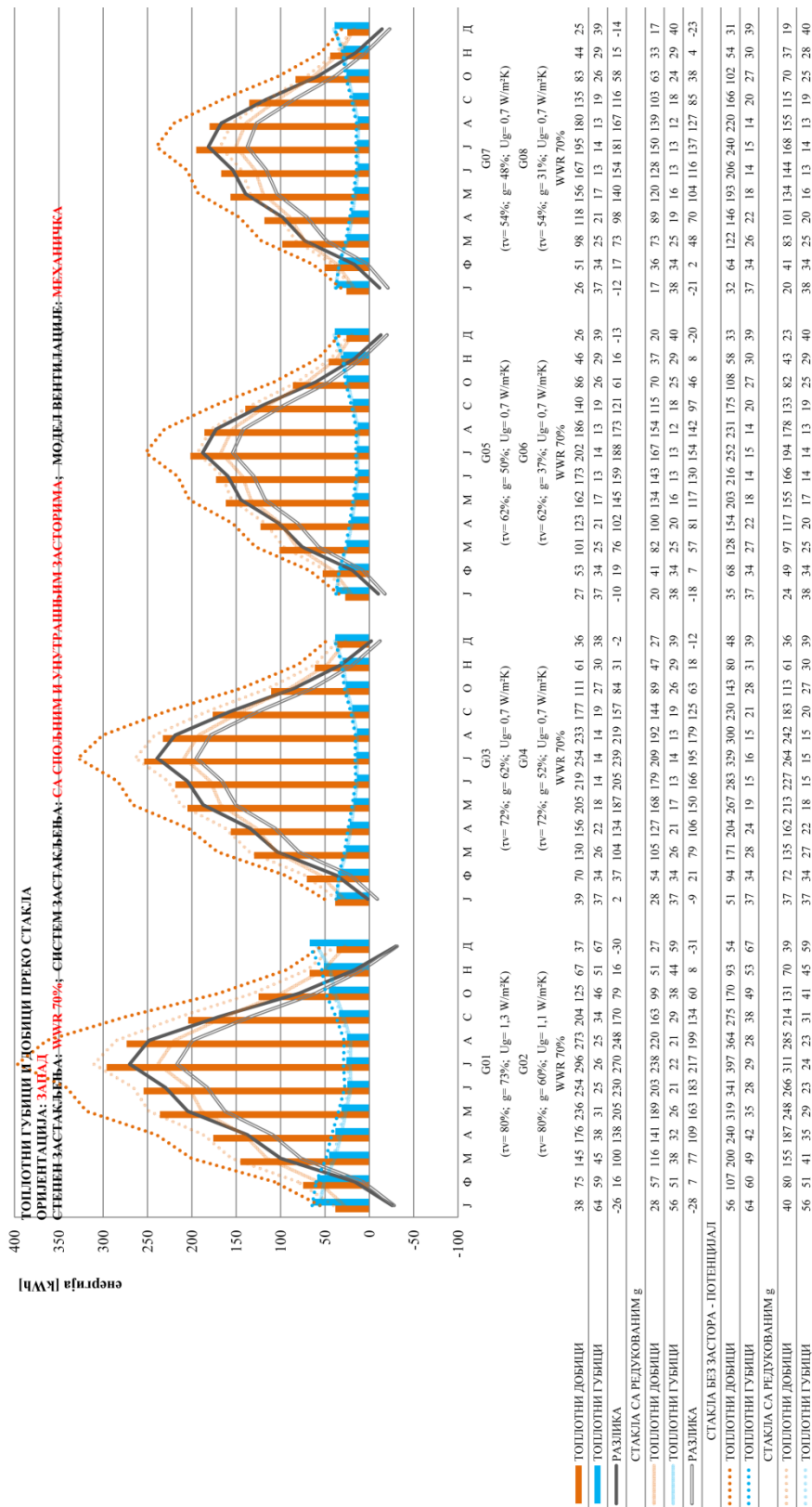
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 2(А): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M50**



(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 2(Б): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M60**



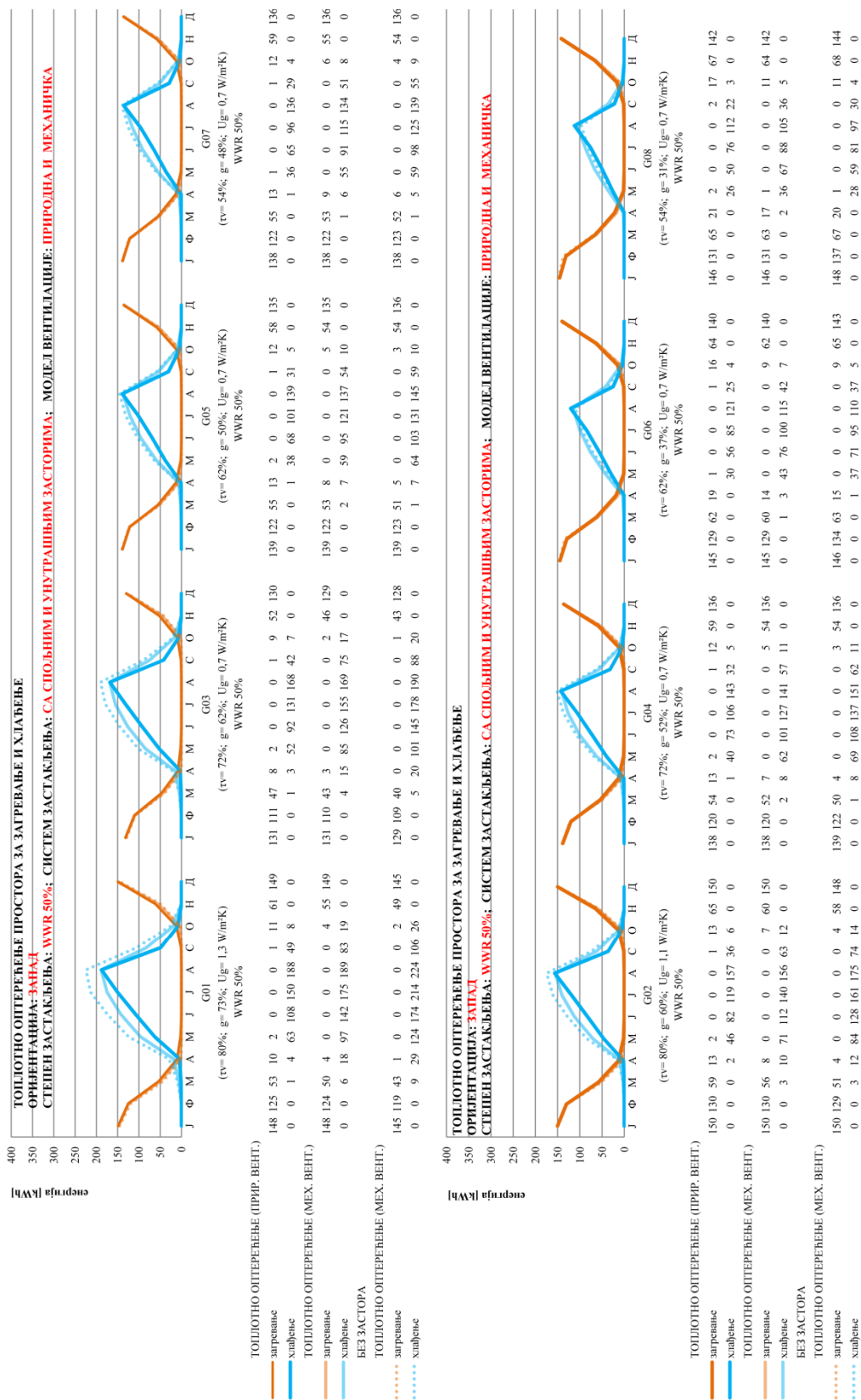
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 2(В): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M70**



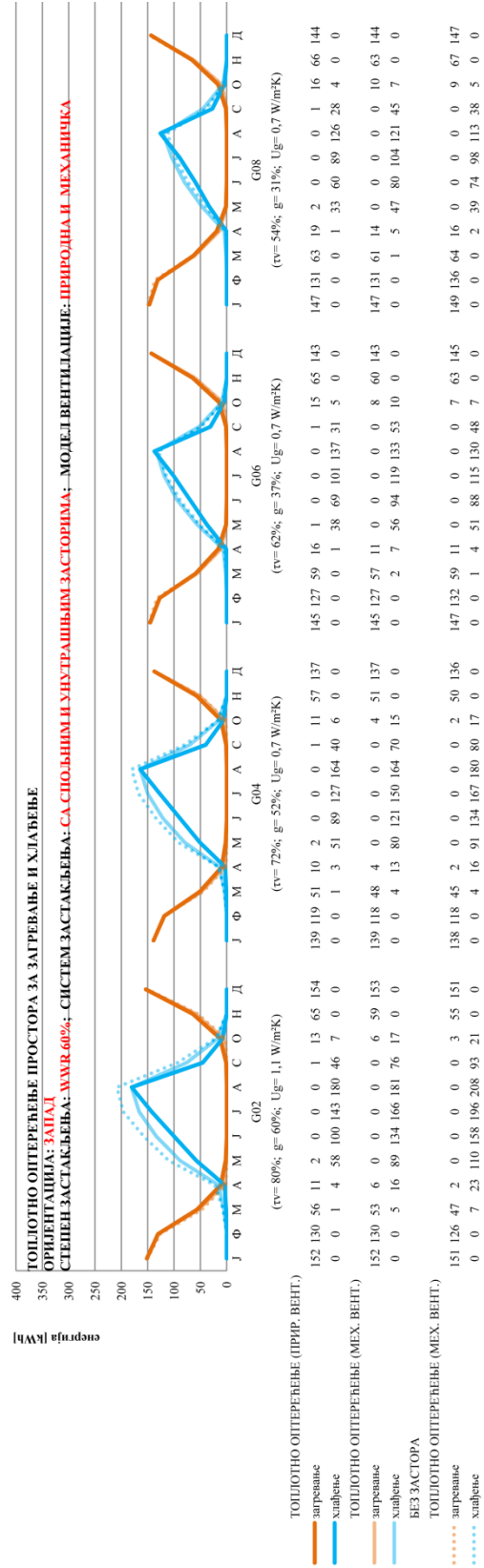
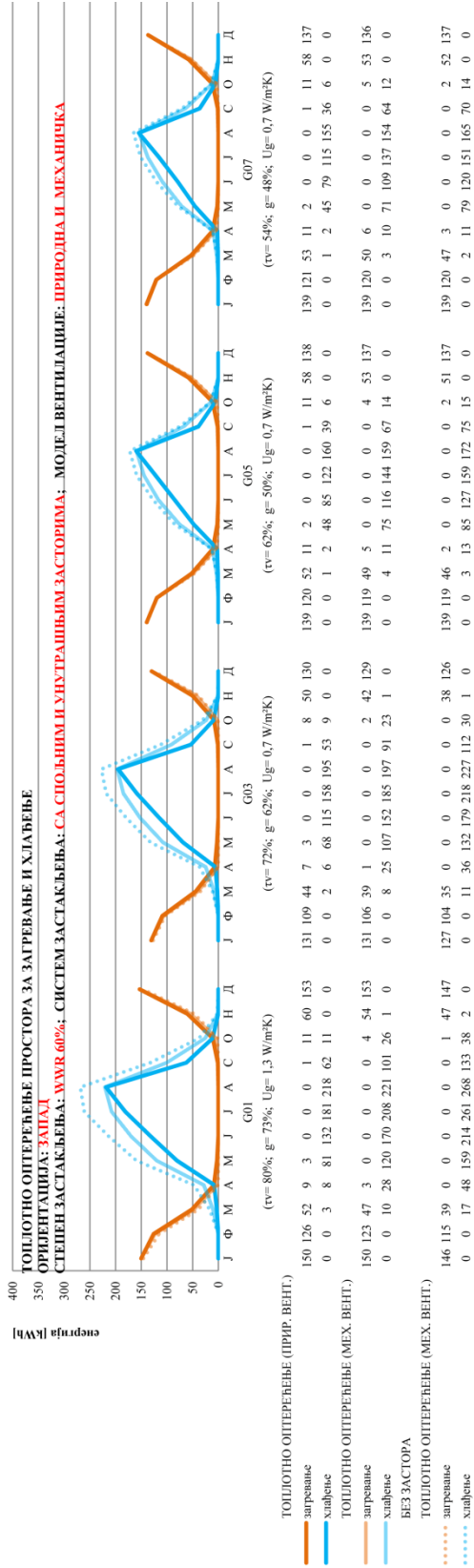
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 2(Г): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добити и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M85**



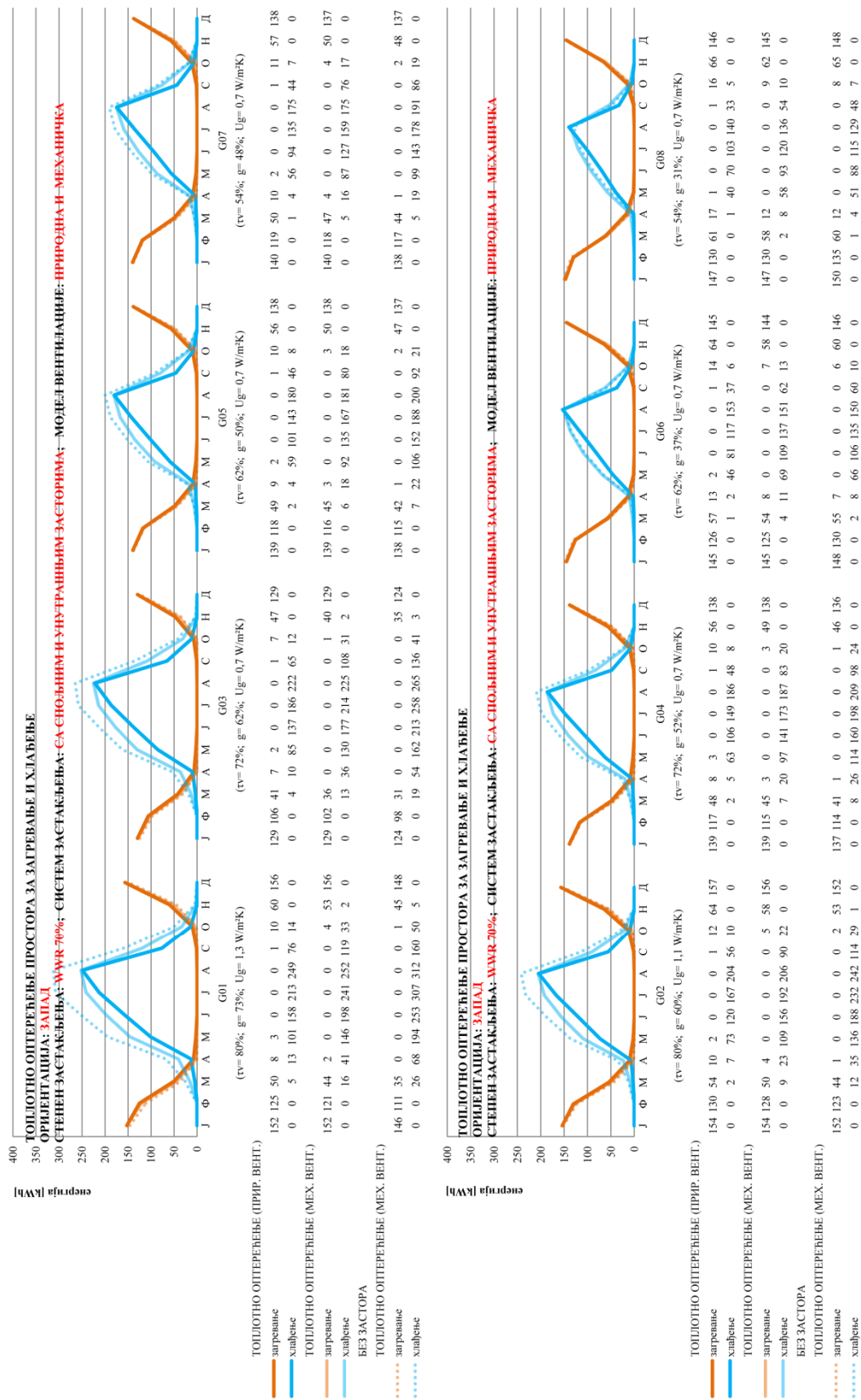
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 3(A): Дијаграм промене **топотног оптерећења простора за загревање и хлађење** са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M50**



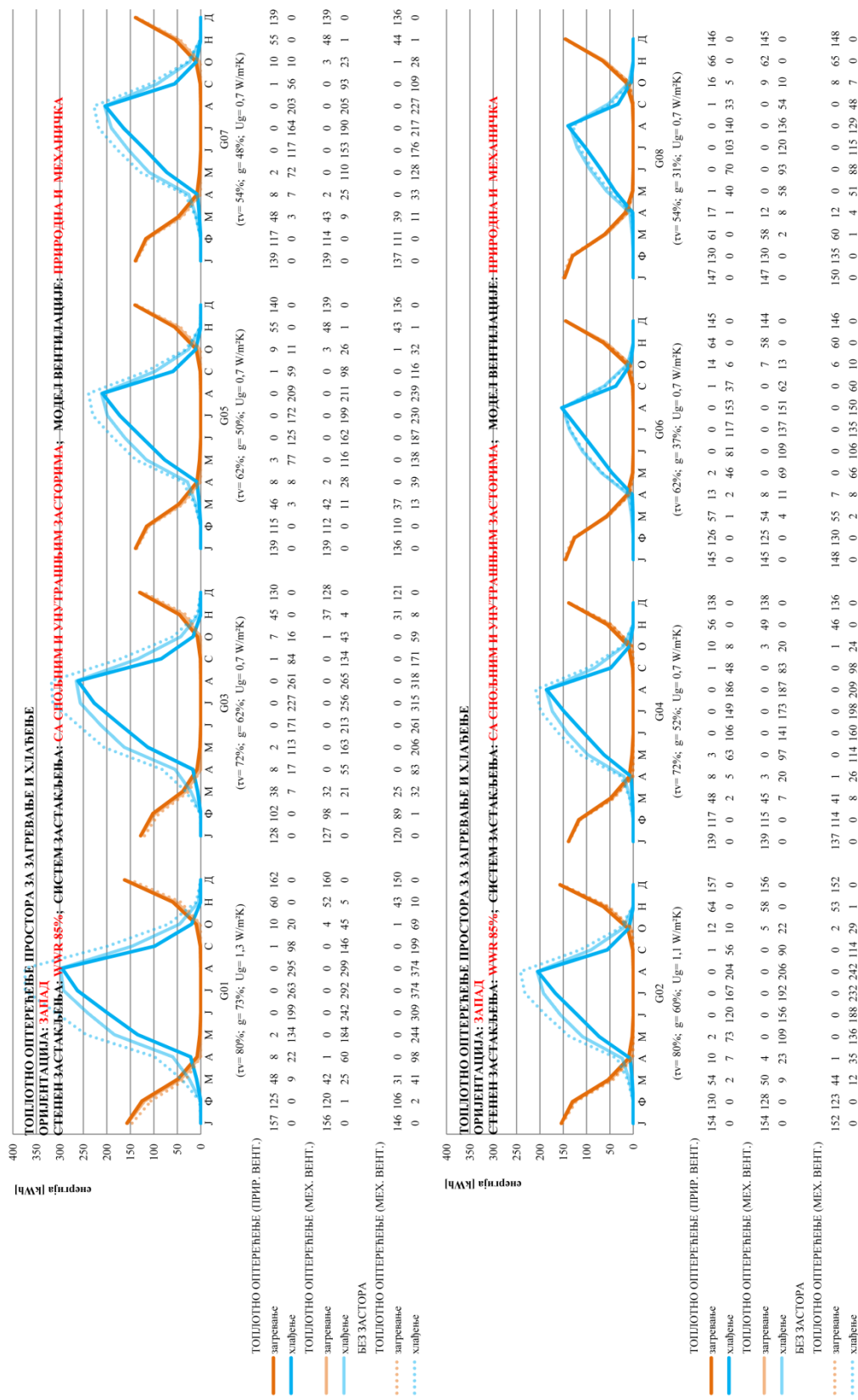
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 3(Б): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M60**



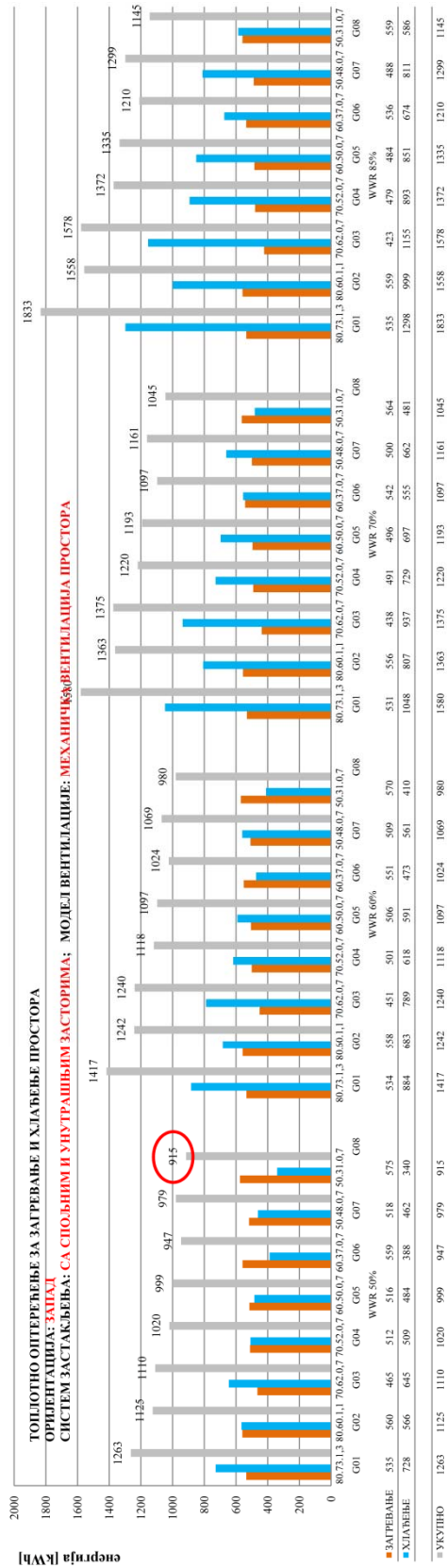
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 3(В): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M70**



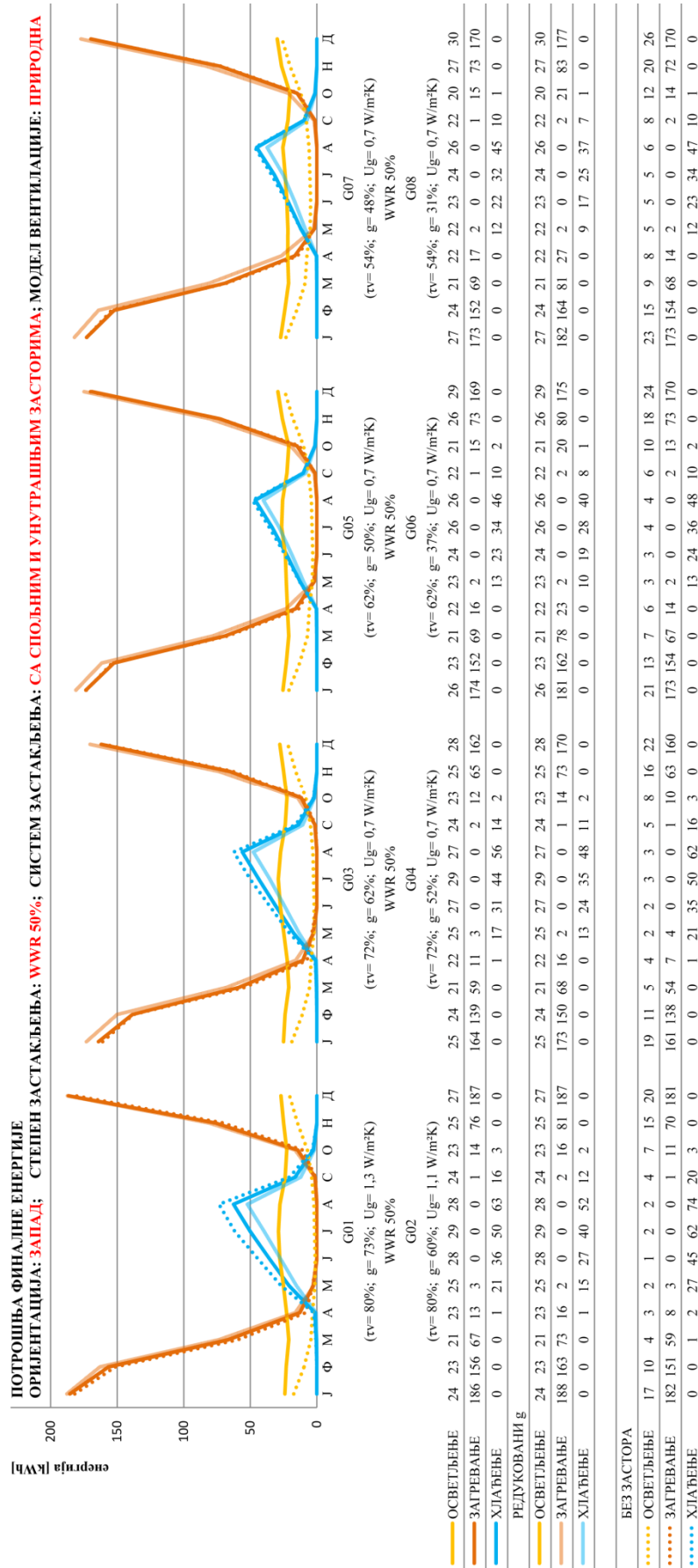
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 3(Г): Дијаграм промене **топлог оптерећења простора за загревање и хлађење** са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M85**



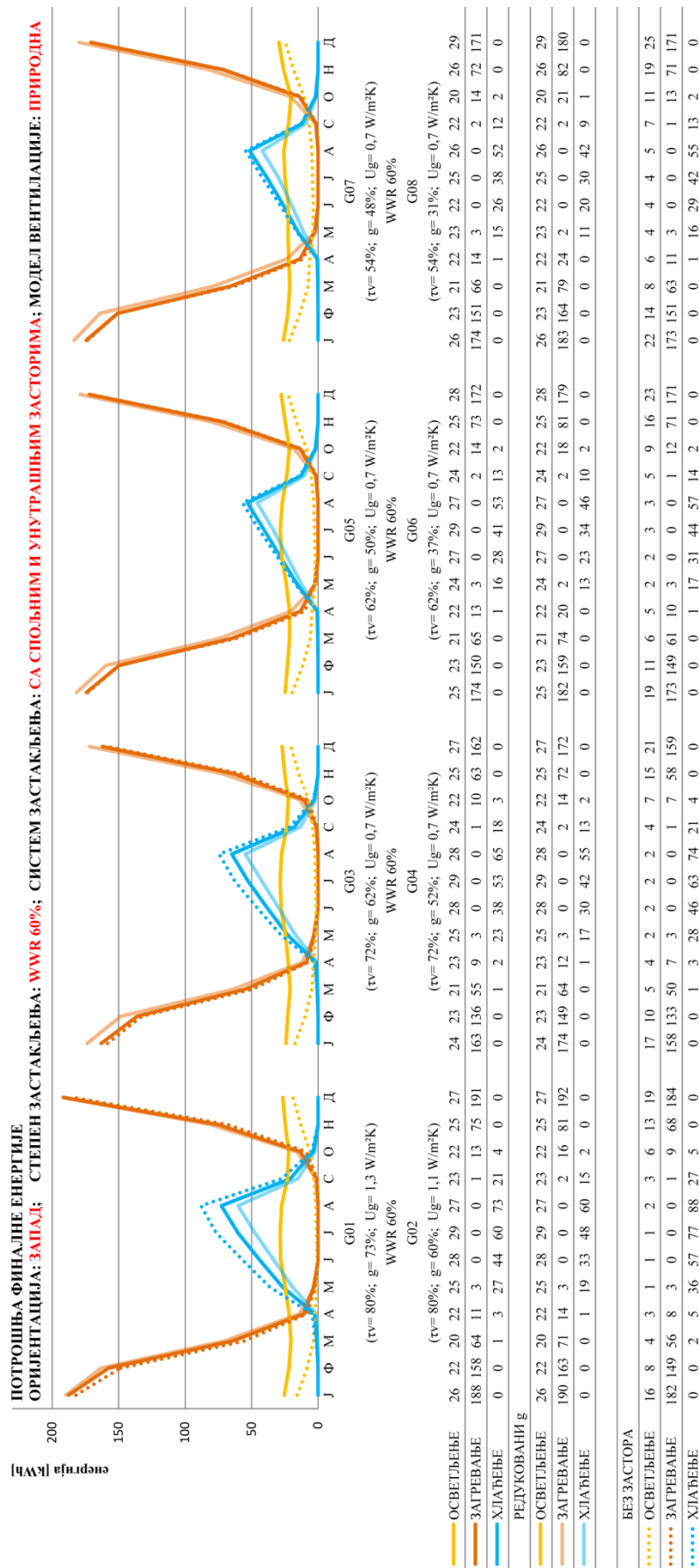
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 4: Дијаграм промене топлотног оптерећења за загревање и хлађење и њихов збир у зависности од степена застакљености. У горњем дијаграму приказано је топлотно оптерећење за просторе код којих постоји могућност природног проветравања. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **ЗАПАД**



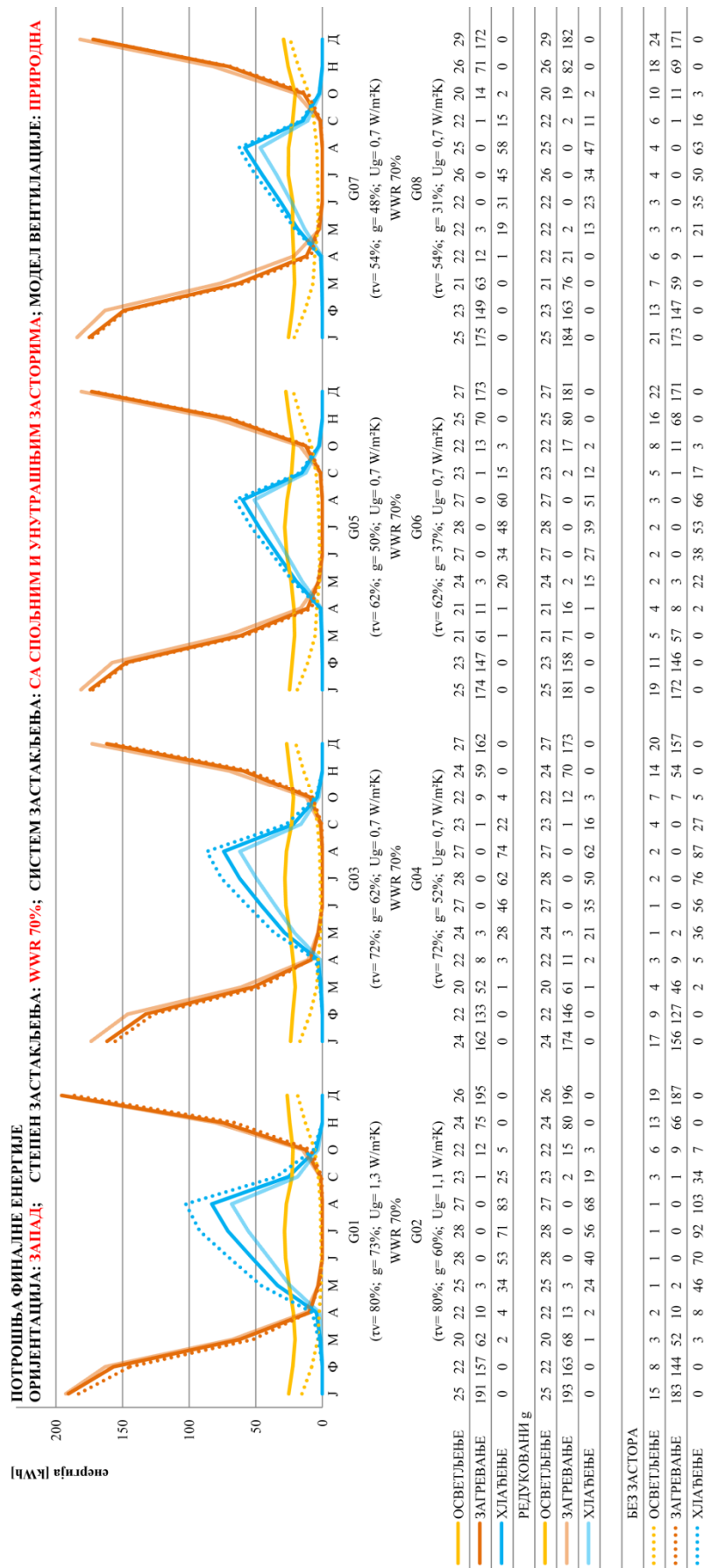
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 5(A): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M50**



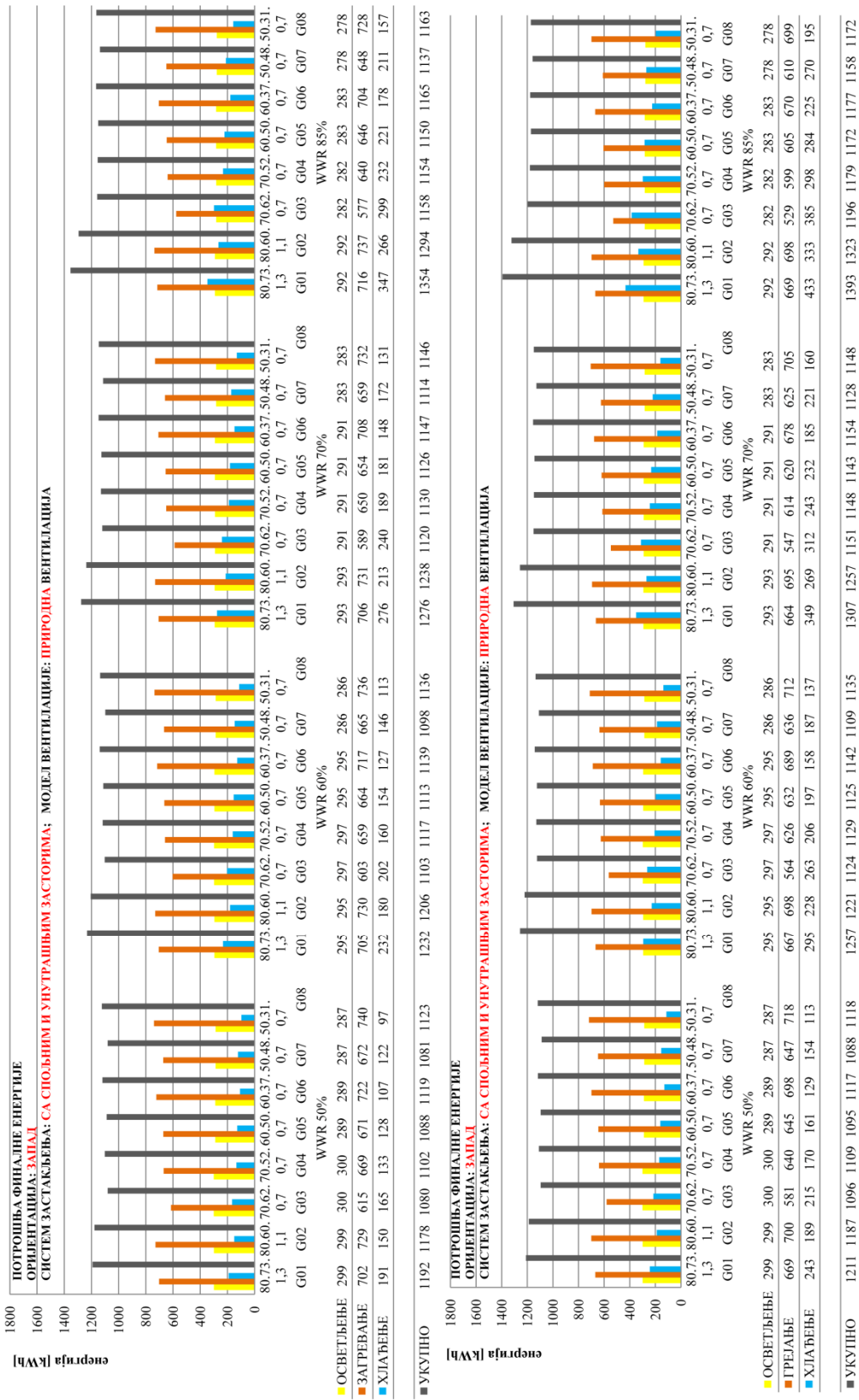
(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 5(Б): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M60**



(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 5(В): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **ЗАПАД**; Модел простора: **M70**



(ПРИЛОГ 4.2.3) ТАБЕЛА 6: Дијаграм промене потребне енергије за осветљење, загревање и њихов збир у зависности од степена застакљења. У горњем дијаграму приказане су енергетске потребе простора са могућношћу природне вентилације. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **ЗАПАД**



ПРИЛОГ 4.2.4: Резултати енергетских перформанси - оријентација СЕВЕР

(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 1(A): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за СЕВЕРНУ оријентацију: модел застакљења БЕЗ ЗАСТОРА, два модалитета вентилације простора: ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење и укупно), укупно годишње топлотно отпорењење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

ОРИЕНТАЦИЈА: СЕВЕР
ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: БЕЗ ЗАСТОРА

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА

назив карактеристике стакла	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА			ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА			ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО		
	ОСВЕЉЕЊЕ [кWh]	ГРЕЈАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	ЗАГРЕВАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	УКУПНО [кWh]	ДОБИЦИ [кWh]	ГУБИЦИ [кWh]	РАЗЛИКА [кWh]
G01 80.73.1.3	112	866	88	693	264	957	839	323	516
G02 80.60.1.1	112	895	66	716	199	914	636	277	359
G03 70.62.0.7	126	762	74	610	223	833	715	184	532
G04 70.52.0.7	126	821	58	657	175	832	554	182	372
G05 60.50.0.7	154	815	58	652	173	824	525	182	343
G06 60.37.0.7	154	871	46	697	139	836	391	182	209
G07 50.48.0.7	185	806	57	645	170	815	496	183	313
G08 50.31.0.7	185	876	44	700	131	831	335	183	152
G01 80.73.1.3	94	879	106	703	317	1020	998	391	606
G02 80.60.1.1	94	908	78	726	234	960	757	335	422
G03 70.62.0.7	109	754	89	604	267	870	853	223	630
G04 70.52.0.7	109	819	68	655	205	860	661	221	440
G05 60.50.0.7	134	814	66	652	198	850	626	221	405
G06 60.37.0.7	134	878	52	703	155	858	467	220	247
G07 50.48.0.7	164	808	65	647	194	840	592	221	370
G08 50.31.0.7	164	888	48	710	144	854	400	221	179
G01 80.73.1.3	91	887	124	709	371	1081	1144	459	685
G02 80.60.1.1	91	915	90	732	270	1002	869	392	476
G03 70.62.0.7	107	739	104	591	312	903	980	263	717
G04 70.52.0.7	107	809	79	648	236	883	759	259	500
G05 60.50.0.7	125	811	75	649	225	874	720	259	460
G06 60.37.0.7	125	881	58	705	173	878	537	258	279
G07 50.48.0.7	153	809	73	647	218	865	680	259	421
G08 50.31.0.7	153	896	52	717	157	874	460	258	202
G01 80.73.1.3	92	900	150	720	450	1169	1342	557	786
G02 80.60.1.1	92	924	108	739	324	1063	1020	476	544
G03 70.62.0.7	103	729	126	583	378	961	1154	321	834
G04 70.52.0.7	103	803	94	643	281	923	894	316	579
G05 60.50.0.7	129	802	90	642	269	910	847	315	532
G06 60.37.0.7	129	879	67	704	202	905	633	312	321
G07 50.48.0.7	133	815	85	652	254	906	801	315	486
G08 50.31.0.7	133	914	59	731	177	908	543	312	231

ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: БЕЗ ЗАСТОРА

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА

назив карактеристике стакла	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА			ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА			ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО		
	ОСВЕЉЕЊЕ [кWh]	ГРЕЈАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	ЗАГРЕВАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	УКУПНО [кWh]	ДОБИЦИ [кWh]	ГУБИЦИ [кWh]	РАЗЛИКА [кWh]
G01 80.73.1.3	112	856	106	685	318	1002	832	328	503
G02 80.60.1.1	112	888	73	710	218	928	630	281	349
G03 70.62.0.7	126	751	88	601	265	866	711	187	524
G04 70.52.0.7	126	814	62	651	186	837	550	185	364
G05 60.50.0.7	154	807	60	646	181	827	521	186	335
G06 60.37.0.7	154	866	41	692	122	815	386	185	201
G07 50.48.0.7	185	799	59	639	176	815	491	186	306
G08 50.31.0.7	185	870	36	696	108	804	330	186	144
G01 80.73.1.3	94	866	131	693	393	1086	989	398	592
G02 80.60.1.1	94	899	90	719	271	990	750	340	410
G03 70.62.0.7	109	741	110	593	331	924	847	227	620
G04 70.52.0.7	109	809	77	647	232	880	655	224	431
G05 60.50.0.7	134	806	74	644	222	866	621	225	396
G06 60.37.0.7	134	873	50	698	149	847	461	223	238
G07 50.48.0.7	164	799	72	640	215	854	586	225	361
G08 50.31.0.7	164	882	43	706	129	834	395	224	170
G01 80.73.1.3	91	871	156	697	467	1164	1134	467	667
G02 80.60.1.1	91	904	108	724	324	1047	860	399	462
G03 70.62.0.7	107	724	133	579	398	977	974	268	706
G04 70.52.0.7	107	799	93	639	280	919	753	264	489
G05 60.50.0.7	125	801	88	640	264	905	713	264	450
G06 60.37.0.7	125	875	59	700	177	877	531	262	269
G07 50.48.0.7	153	798	84	639	253	892	674	264	410
G08 50.31.0.7	153	891	50	713	151	863	454	262	192
G01 80.73.1.3	92	880	190	704	570	1274	1331	566	765
G02 80.60.1.1	92	912	133	730	398	1128	1010	483	527
G03 70.62.0.7	103	708	164	566	492	1058	1146	327	820
G04 70.52.0.7	103	790	116	632	347	980	887	321	566
G05 60.50.0.7	129	789	110	631	329	961	840	321	519
G06 60.37.0.7	129	872	74	698	221	919	626	317	309
G07 50.48.0.7	133	803	102	643	306	949	793	320	473
G08 50.31.0.7	133	908	60	726	181	907	536	317	219

ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: БЕЗ ЗАСТОРА

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА

назив карактеристике стакла	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА			ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА			ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО		
	ОСВЕЉЕЊЕ [кWh]	ГРЕЈАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	ЗАГРЕВАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	УКУПНО [кWh]	ДОБИЦИ [кWh]	ГУБИЦИ [кWh]	РАЗЛИКА [кWh]
G01 80.73.1.3	112	856	106	685	318	1002	832	328	503
G02 80.60.1.1	112	888	73	710	218	928	630	281	349
G03 70.62.0.7	126	751	88	601	265	866	711	187	524
G04 70.52.0.7	126	814	62	651	186	837	550	185	364
G05 60.50.0.7	154	807	60	646	181	827	521	186	335
G06 60.37.0.7	154	866	41	692	122	815	386	185	201
G07 50.48.0.7	185	799	59	639	176	815	491	186	306
G08 50.31.0.7	185	870	36	696	108	804	330	186	144
G01 80.73.1.3	94	866	131	693	393	1086	989	398	592
G02 80.60.1.1	94	899	90	719	271	990	750	340	410
G03 70.62.0.7	109	741	110	593	331	924	847	227	620
G04 70.52.0.7	109	809	77	647	232	880	655	224	431
G05 60.50.0.7	134	806	74	644	222	866	621	225	396
G06 60.37.0.7	134	873	50	698	149	847	461	223	238
G07 50.48.0.7	164	799	72	640	215	854	586	225	361
G08 50.31.0.7	164	882	43	706	129	834	395	224	170
G01 80.73.1.3	91	871	156	697	467	1164	1134	467	667
G02 80.60.1.1	91	904	108	724	324	1047	860	399	462
G03 70.62.0.7	107	724	133	579	398	977	974	268	706
G04 70.52.0.7	107	799	93	639	280	919	753	264	489
G05 60.50.0.7	125	801	88	640	264	905	713	264	450
G06 60.37.0.7	125	875	59	700	177	877	531	262	269
G07 50.48.0.7	153	798	84	639	253	892	674	264	410
G08 50.31.0.7	153	891	50	713	151	863	454	262	192
G01 80.73.1.3	92	880	190	704	570	1274	1331	566	765
G02 80.60.1.1	92	912	133	730	398	1128	1010	483	527
G03 70.62.0.7	103	708	164	566	492	1058	1146	327	820
G04 70.52.0.7	103	790	116	632	347	980	887	321	566
G05 60.50.0.7	129	789	110	631	329	961	840	321	519
G06 60.37.0.7	129	872	74	698	221	919	626	317	309
G07 50.48.0.7	133	803	102	643	306	949	793	320	473
G08 50.31.0.7	133	908	60	726	181	907	536	317	219

ПРОСТОРНИ МОДЕЛ: БЕЗ ЗАСТОРА

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА: МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА ПРОСТОРА

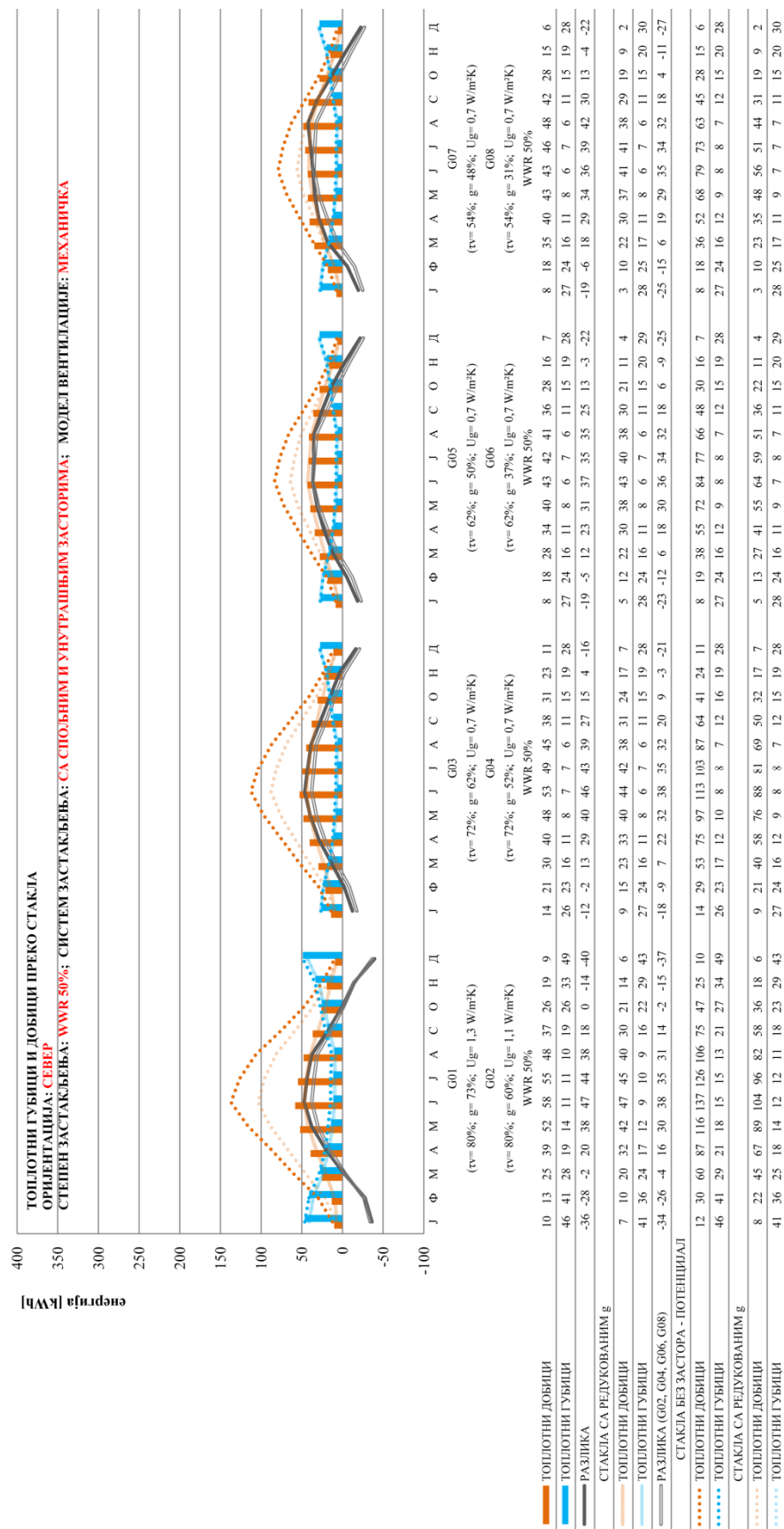
назив карактеристике стакла	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА			ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА			ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО		
	ОСВЕЉЕЊЕ [кWh]	ГРЕЈАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	ЗАГРЕВАЊЕ [кWh]	ХЛАЂЕЊЕ [кWh]	УКУПНО [кWh]	ДОБИЦИ [кWh]	ГУБИЦИ [кWh]	РАЗЛИКА [кWh]
G01 80.73.1.3	112	856	106	685	318	1002	832	328	503
G02 80.60.1.1	112	888	73	710	218	928	630	281	349
G03 70.62.0.7	126	751	88	601	265	866	711	187	524
G04 70.52.0.7	126	814	62	651	186	837	550	185	364
G05 60.50.0.7	154	807	60	646	181	827	521	186	335
G06 60.37.0.7	154	866	41	692	122	815	386	185	201
G07 50.48.0.7	185	799	59	639	176	815	491	186	306
G08 50.31.0.7	185	870	36	696	108	804	330	186	144
G01 80.73.1.3	94	866	131	693	393	1086	989	398	592
G02 80.60.1.1	94	899	90	719	271	990	750	340	410
G03 70.62.0.7	109	741	110	593	331	924	847	227	620
G04 70.52.0.7	109	809	77	647	232	880	655	224	431
G05 60.50.0.7	134	806	74	644	222	866	621	225	396
G06 60.37.0.7	134	873	50	698	149	847	461	223	238
G07 50.48.0.7	164	799	72	640	215	854	586	225	361
G08 50.31.0.7	164	882	43	706	129	834	395	224	170
G01 80.73.1.3	91	871	156	697	467	1164			

(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 1(Б): Упоредни приказ резултата енергетске анализе за **СЕВЕРНУ** оријентацију: модел застакљења **СА ЗАСТОРИМА**, два модалитета вентилације простора: **ПРИРОДНА И МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА**. У табели је дат упоредни приказ годишњих потреба за енергијом (за загревање, хлађење, осветљење и укупно), укупно годишње топлотно отпређење за загревање и хлађење простора и годишњи топлотни добити и губици кроз стакло. Подаци су прорачунати за моделе простора М50, М60, М70 и М85 у комбинацији са свих осам усвојених модела стакла.

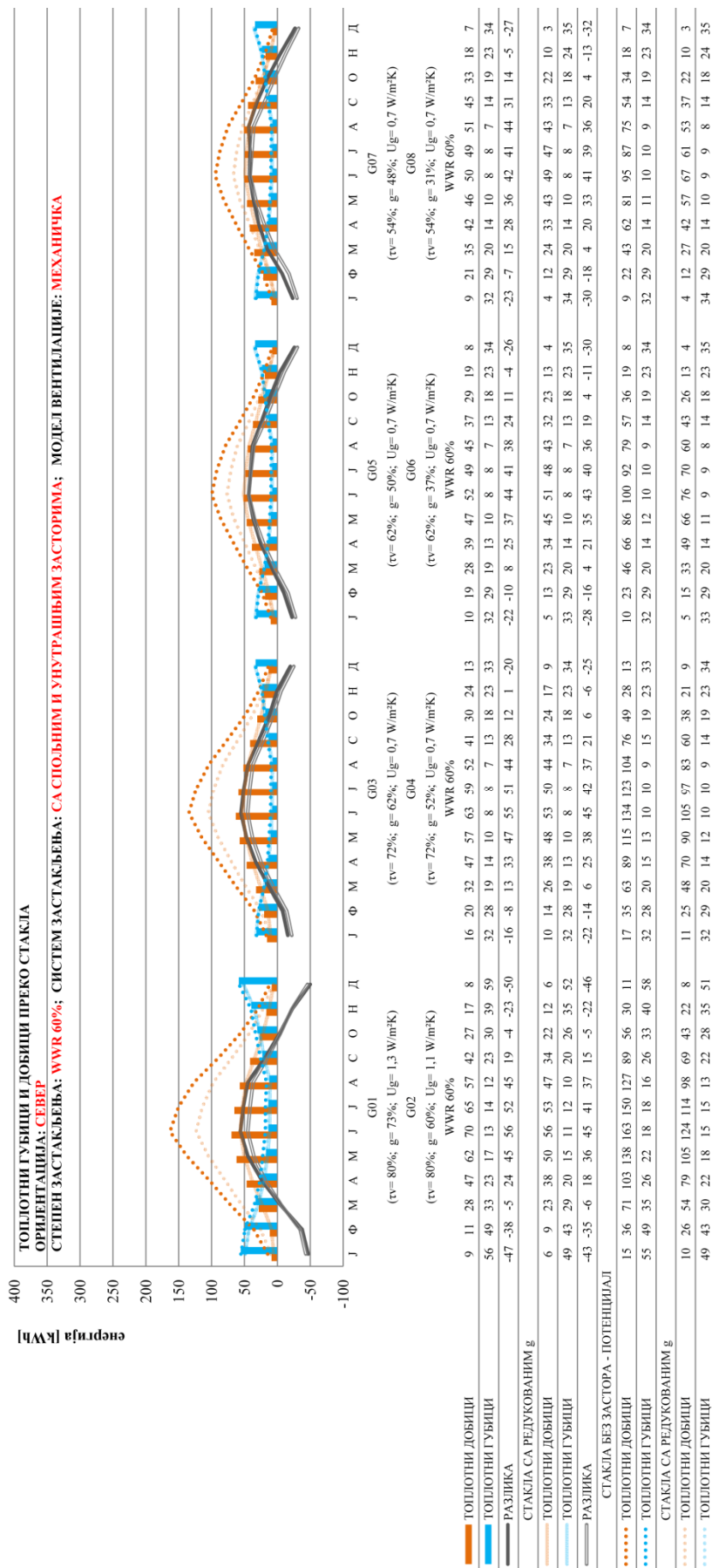
СТЕПЕН ЗАСТАКЉЕЊА	ОРИЕНТАЦИЈА: СЕВЕР	ФИНАЛНА ЕНЕРГИЈА				ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА				ТОПЛОТНИ ПРОТОК КРОЗ СТАКЛО							
		ОСВЕЉЕЊЕ		ГРЕЈАЊЕ		ЗАГРЕВАЊЕ		ХЛАЂЕЊЕ		ДОЊИЦИ		ГУБИЦИ		РАЗЛИКА			
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
WWR 50%	G01 80.73.1,3	263	917	55	1235	733	166	899	400	302	97,48	400	302	97,48	392	307	85
	G02 80.60.1,1	263	919	49	1231	735	148	884	320	263	57,02	320	263	57,02	314	268	46
	G03 70.62.0,7	266	782	55	1103	626	165	791	408	175	233,22	408	175	233,22	403	178	225
	G04 70.52.0,7	266	825	50	1141	660	150	810	329	175	153,85	329	175	153,85	324	178	146
	G05 60.50.0,7	265	819	51	1134	655	152	807	346	176	169,92	346	176	169,92	341	180	162
	G06 60.37.0,7	265	860	49	1174	688	148	836	296	178	118,37	296	178	118,37	292	181	111
	G07 50.48.0,7	252	811	50	1114	649	151	800	376	178	198,19	376	178	198,19	371	181	190
	G08 50.31.0,7	252	872	47	1171	698	140	838	286	180	106,41	286	180	106,41	282	183	99
WWR 60%	G01 80.73.1,3	250	957	60	1268	766	180	946	452	363	89,09	452	363	89,09	443	368	74
	G02 80.60.1,1	250	952	53	1254	761	158	919	365	316	48,56	365	316	48,56	357	321	36
	G03 70.62.0,7	258	787	59	1104	630	178	808	461	210	250,93	461	210	250,93	455	214	241
	G04 70.52.0,7	258	832	53	1143	666	160	825	374	210	163,46	374	210	163,46	368	214	154
	G05 60.50.0,7	266	825	55	1146	660	164	824	385	212	172,97	385	212	172,97	379	216	164
	G06 60.37.0,7	266	865	54	1186	692	162	854	339	214	125,29	339	214	125,29	334	218	116
	G07 50.48.0,7	260	815	55	1130	652	166	817	413	214	198,94	413	214	198,94	407	218	189
	G08 50.31.0,7	260	879	52	1191	703	157	860	328	216	111,61	328	216	111,61	322	220	103
WWR 70%	G01 80.73.1,3	244	986	66	1295	789	197	985	513	422	91,18	513	422	91,18	503	429	74
	G02 80.60.1,1	244	976	57	1277	781	170	951	415	368	47,00	415	368	47,00	406	374	32
	G03 70.62.0,7	251	785	65	1100	628	194	822	527	245	282,10	527	245	282,10	520	250	270
	G04 70.52.0,7	251	836	57	1144	669	172	840	428	246	182,66	428	246	182,66	422	250	172
	G05 60.50.0,7	263	826	59	1147	661	176	836	439	247	191,47	439	247	191,47	432	252	180
	G06 60.37.0,7	263	870	58	1191	696	174	871	389	250	138,96	389	250	138,96	382	254	128
	G07 50.48.0,7	256	816	60	1132	653	179	831	468	250	218,24	468	250	218,24	461	254	207
	G08 50.31.0,7	256	886	56	1199	709	169	879	375	252	122,87	375	252	122,87	369	256	112
WWR 85%	G01 80.73.1,3	236	1019	74	1329	816	222	1037	606	506	99,71	606	506	99,71	594	514	80
	G02 80.60.1,1	236	1007	63	1306	806	189	994	490	442	47,97	490	442	47,97	480	449	31
	G03 70.62.0,7	244	783	72	1098	626	217	843	617	296	321,32	617	296	321,32	608	301	307
	G04 70.52.0,7	244	840	63	1147	672	189	861	501	296	205,42	501	296	205,42	493	301	192
	G05 60.50.0,7	253	828	65	1146	663	194	857	520	299	221,19	520	299	221,19	512	304	208
	G06 60.37.0,7	253	880	64	1196	704	191	895	460	301	159,37	460	301	159,37	453	306	147
	G07 50.48.0,7	253	816	66	1135	653	198	851	551	302	249,43	551	302	249,43	543	307	235
	G08 50.31.0,7	253	895	62	1210	716	187	903	443	304	138,67	443	304	138,67	435	309	126

* топлотне и оптичке карактеристике стакла (g)коэффициент топлотног пролаза (U)

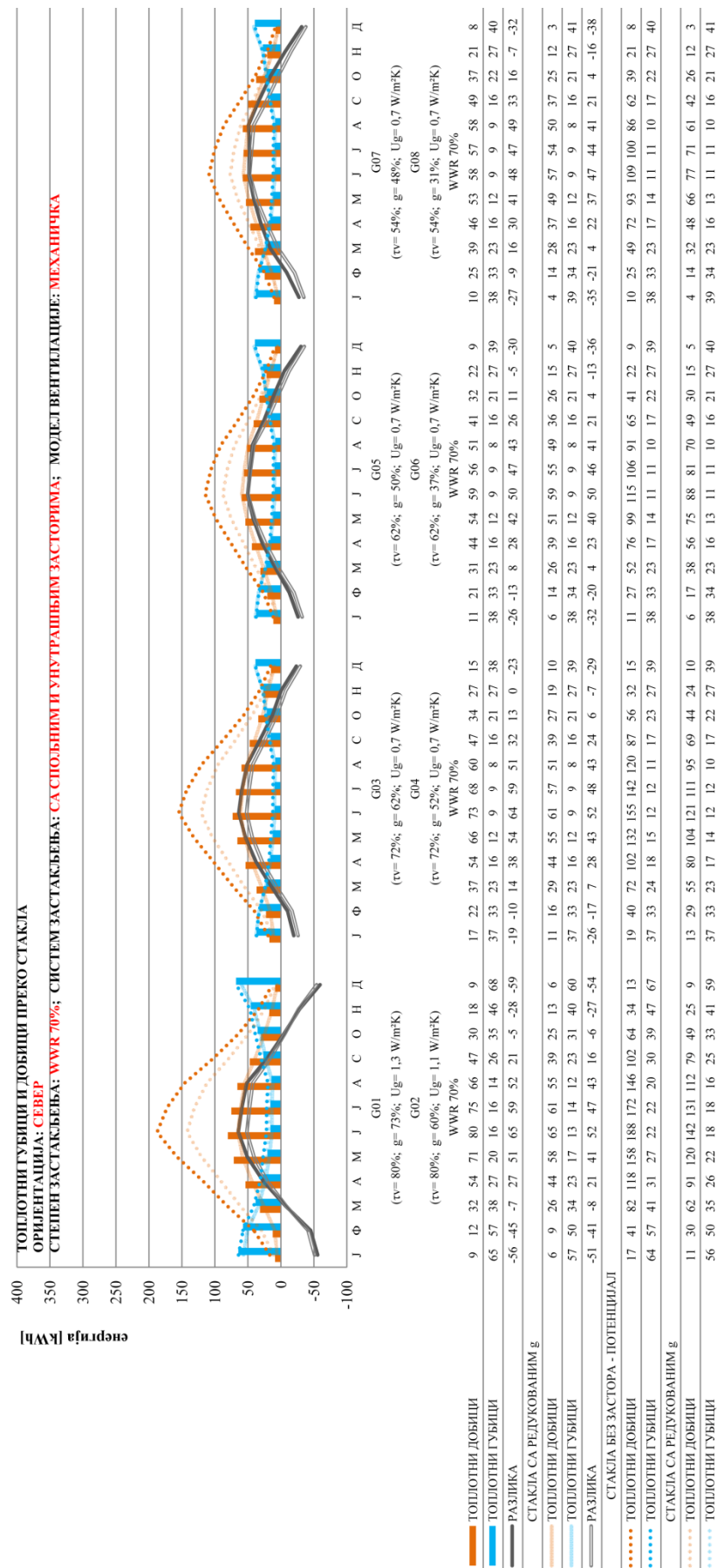
(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 2(А): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M50**



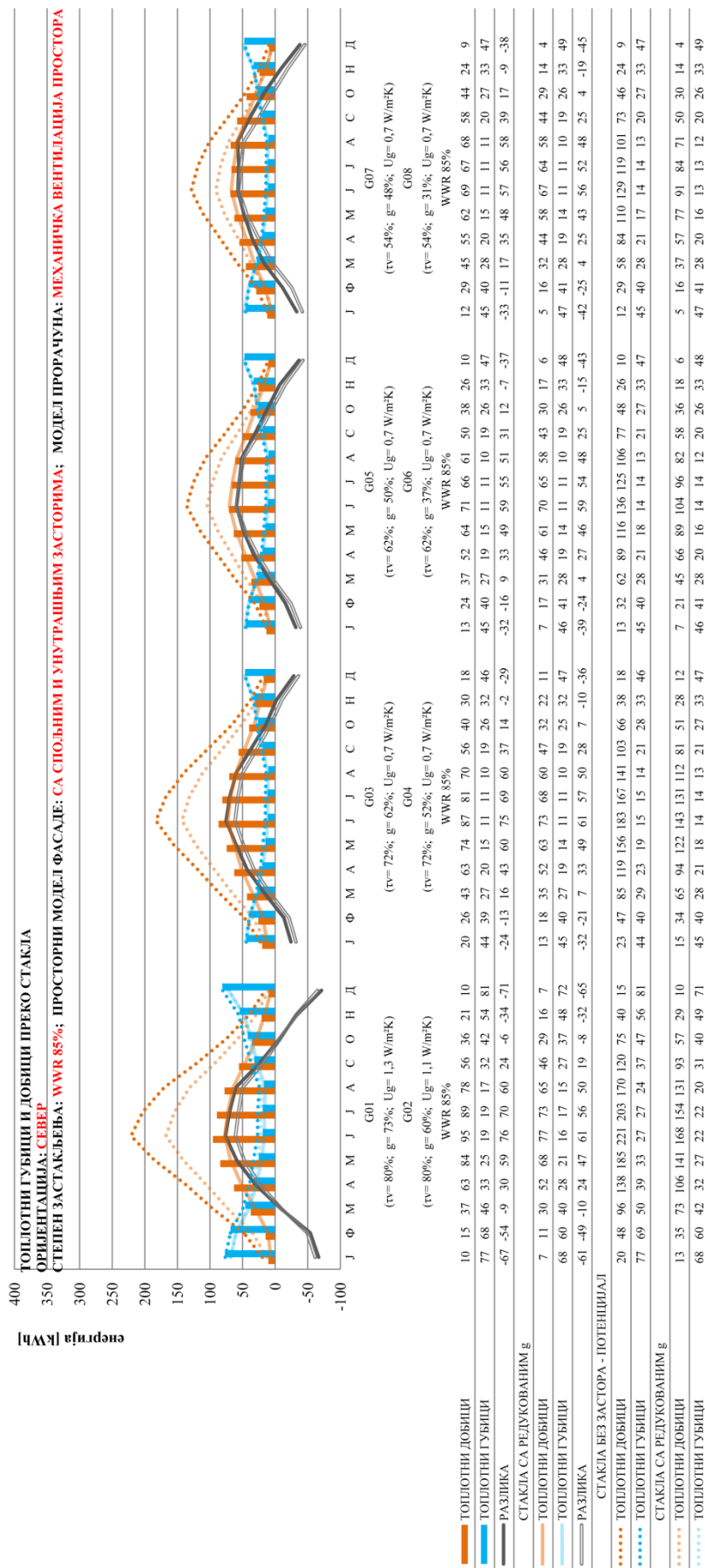
(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 2(Б): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M60**



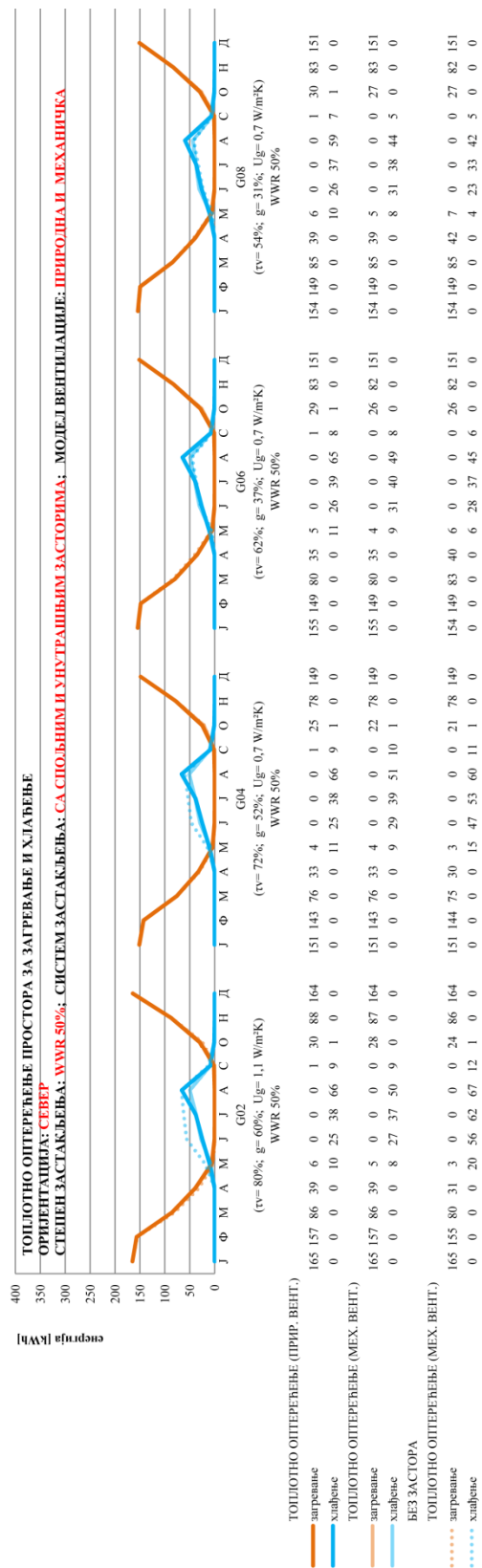
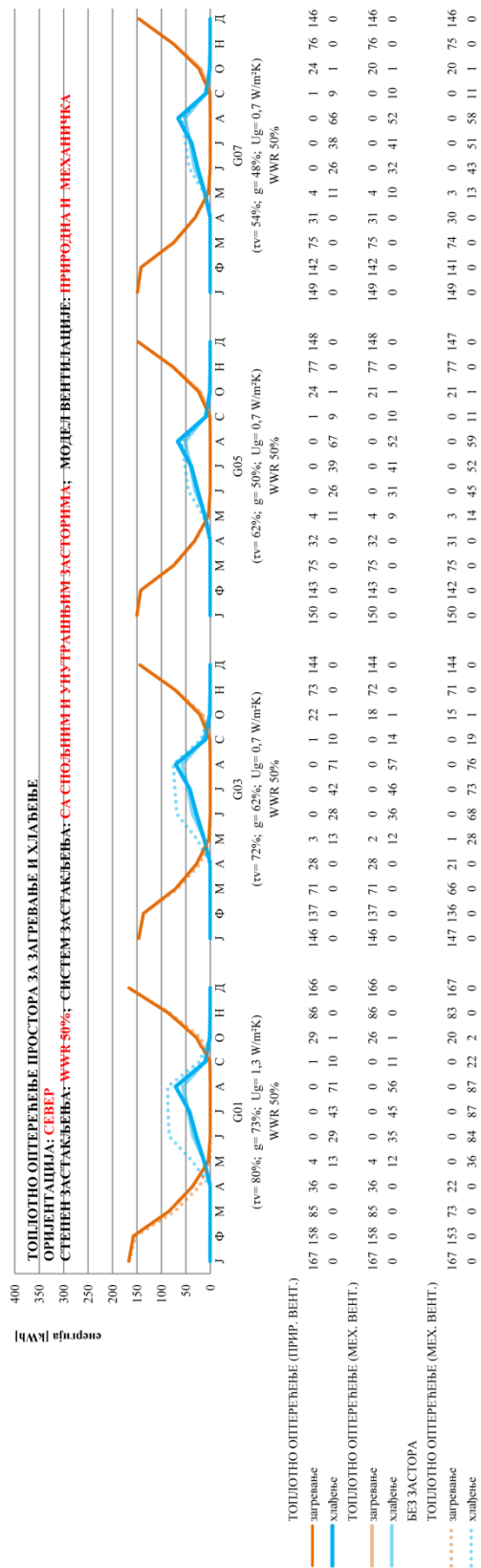
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 2(В): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M70**



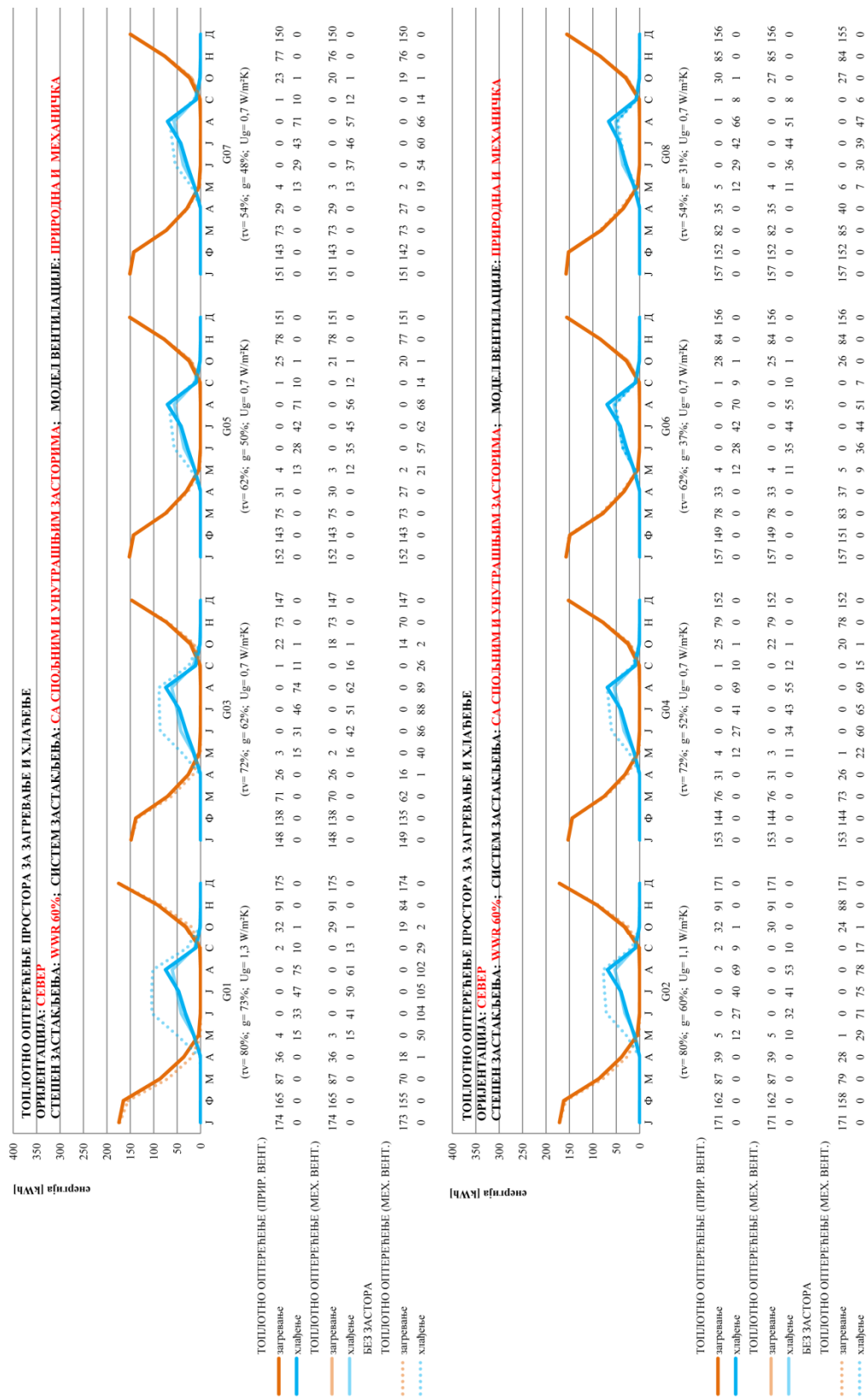
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 2(Г): Дијаграм промене топлотног протока кроз стакло са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечни месечни добици и губици током године. На истом дијаграму је приказана промена код основне групе стакла (G01, G03, G05 и G07) и варијанта селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M85**



(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(А): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M50**



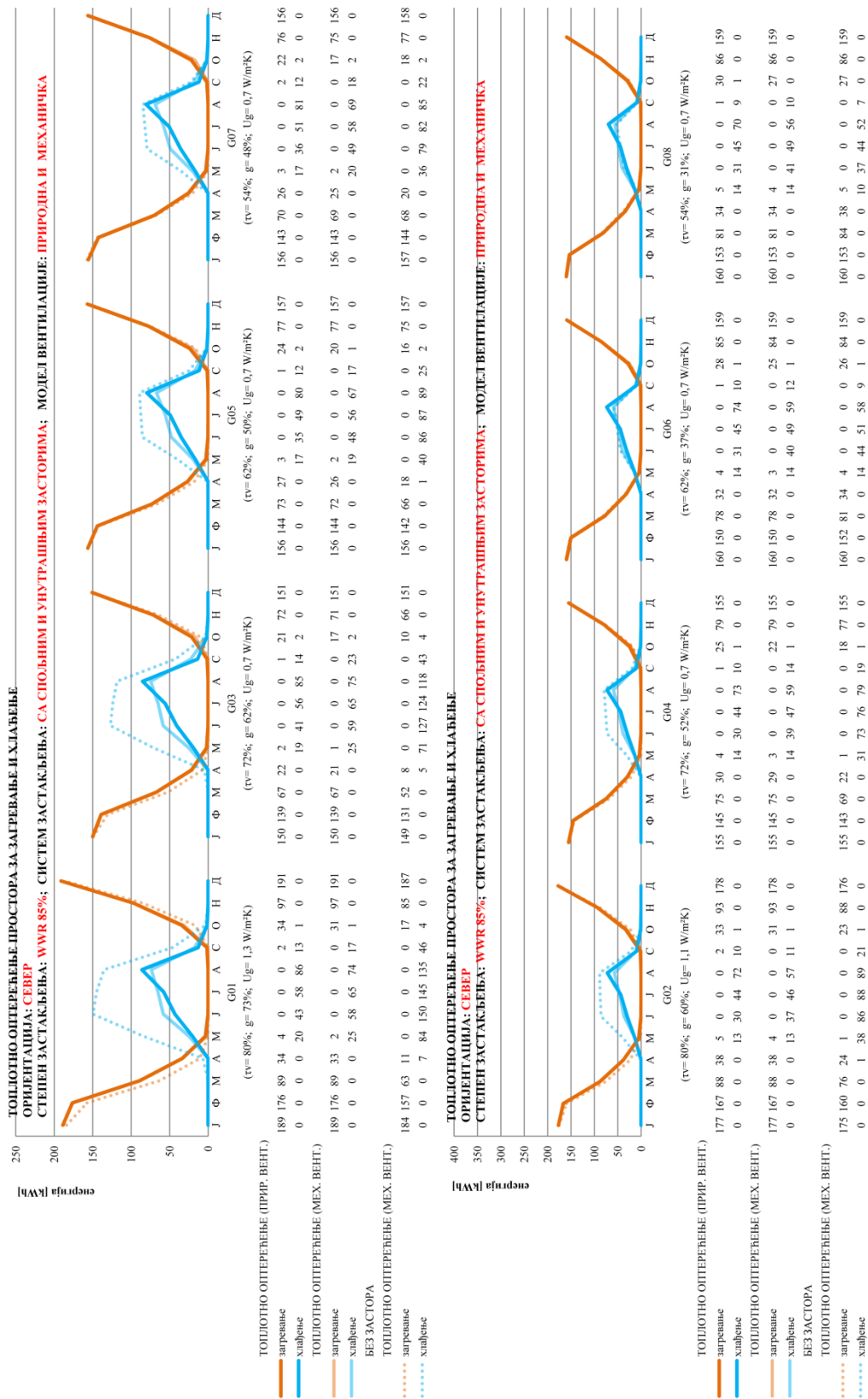
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(Б): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M60**



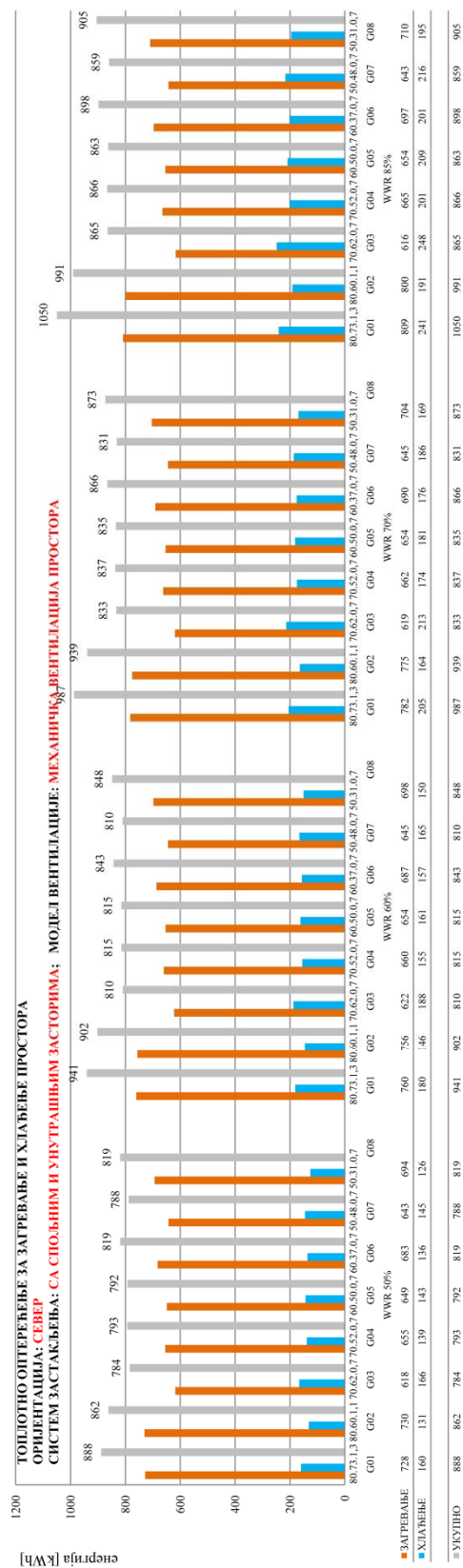
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(В): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M70**



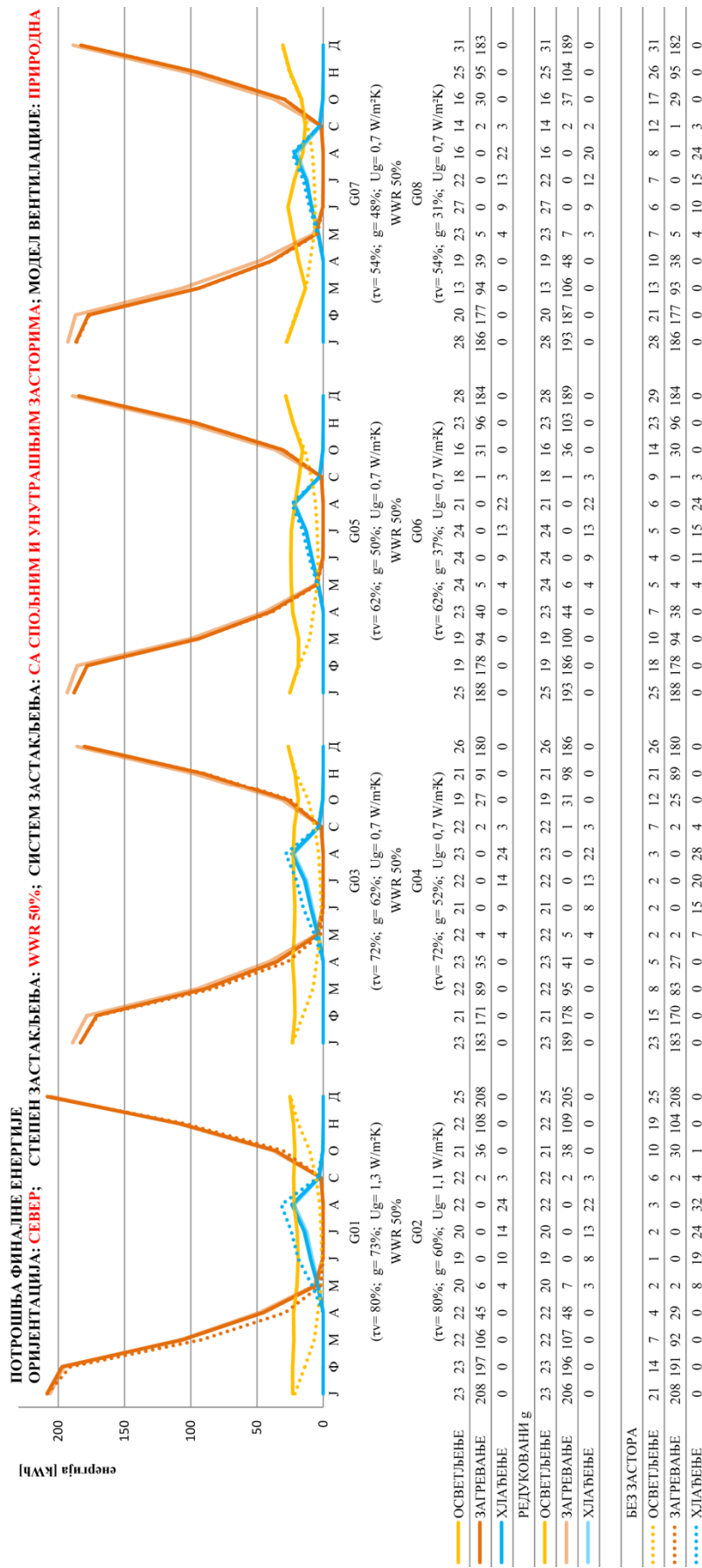
(ПРИЛОГ 4.1) ТАБЕЛА 3(Г): Дијаграм промене топлотног оптерећења простора за загревање и хлађење са променом оптичких и енергетских карактеристика стакла. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M85**



(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 4: Дијаграм промене топлотног оптерећења за загревање и хлађење и њихов збир у зависности од степена застакљења. У горњем дијаграму приказано је топлотно оптерећење за просторе код којих постоји могућност природног проветравања. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **СЕВЕР**



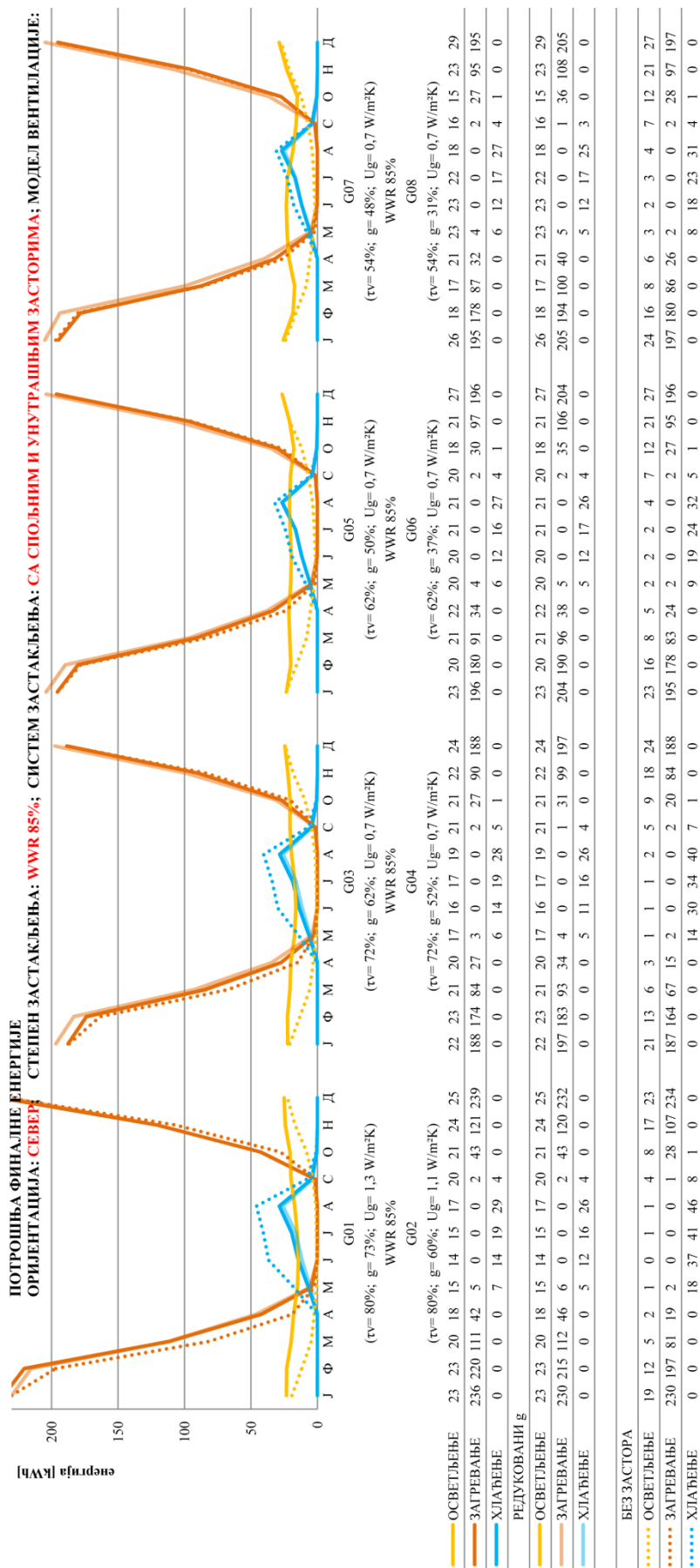
(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 5(A): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M50**



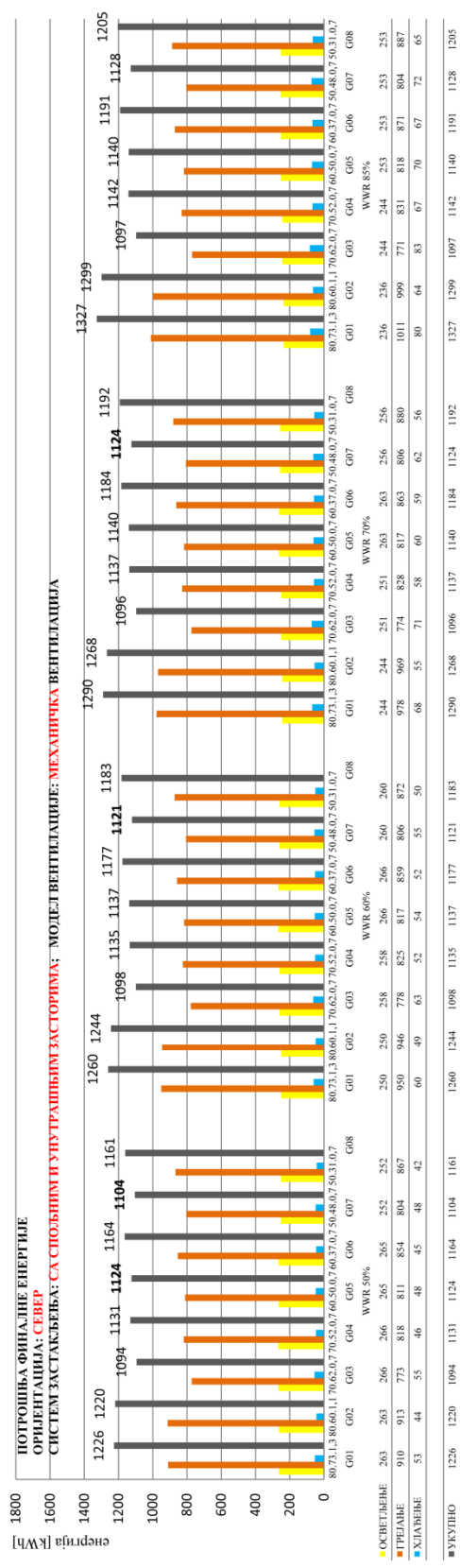
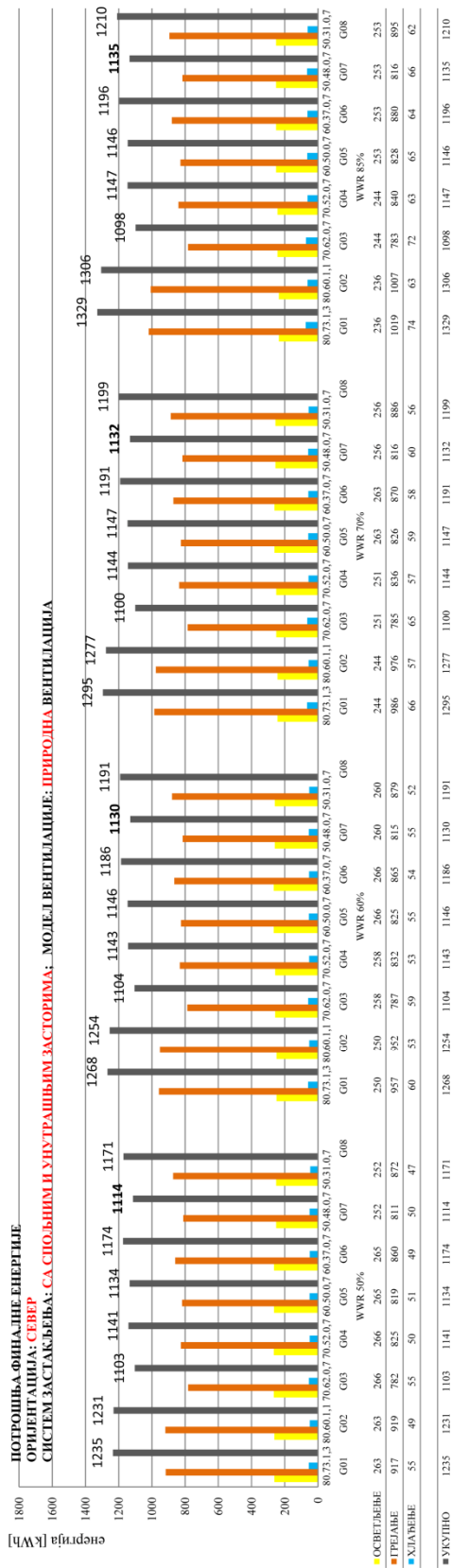
(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 5(В): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M70**



(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 5(Г): Дијаграм енергетских потреба за осветљење, загревање и хлађење простора.. Промене су приказане као просечне месечне вредности током године. У горњем дијаграму приказане су промене са основном групом стакла (G01, G03, G05 и G07), у доњем дијаграму промене са варијантама селективних стакла (G02, G04, G06 и G08). Оријентација: **СЕВЕР**; Модел простора: **M85**



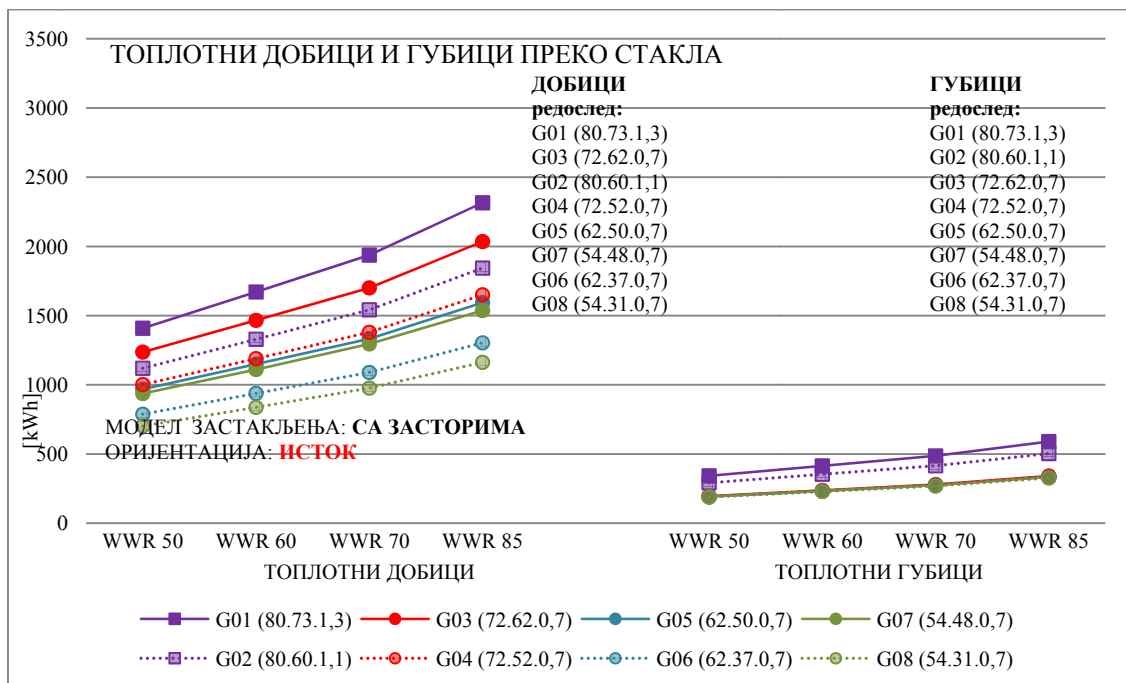
(ПРИЛОГ 4.2) ТАБЕЛА 6: Дијаграм промене потребне енергије за осветљење, загревање и њихов збир у зависности од степена застакљености. У горњем дијаграму приказане су енергетске потребе простора са могућношћу природне вентилације. Доњи дијаграм представља резултате за просторе код којих постоји само механичка вентилација. Резултати у дијаграмима односе се само на просторе са интегрисаним засторима, код којих је успостављен визуелни и светлосни комфор. Оријентација: **СЕВЕР**



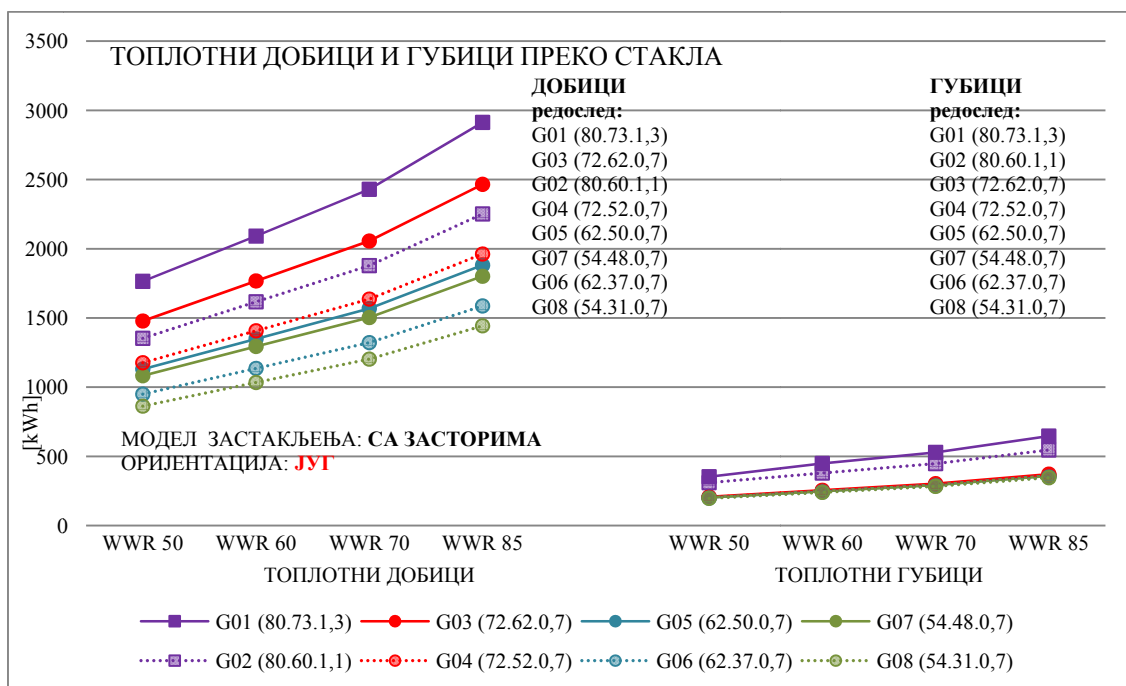
ПРИЛОГ 4.3: АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ

ПРИЛОГ 4.3.1: Анализа топлотних добитака и губитака преко стакла

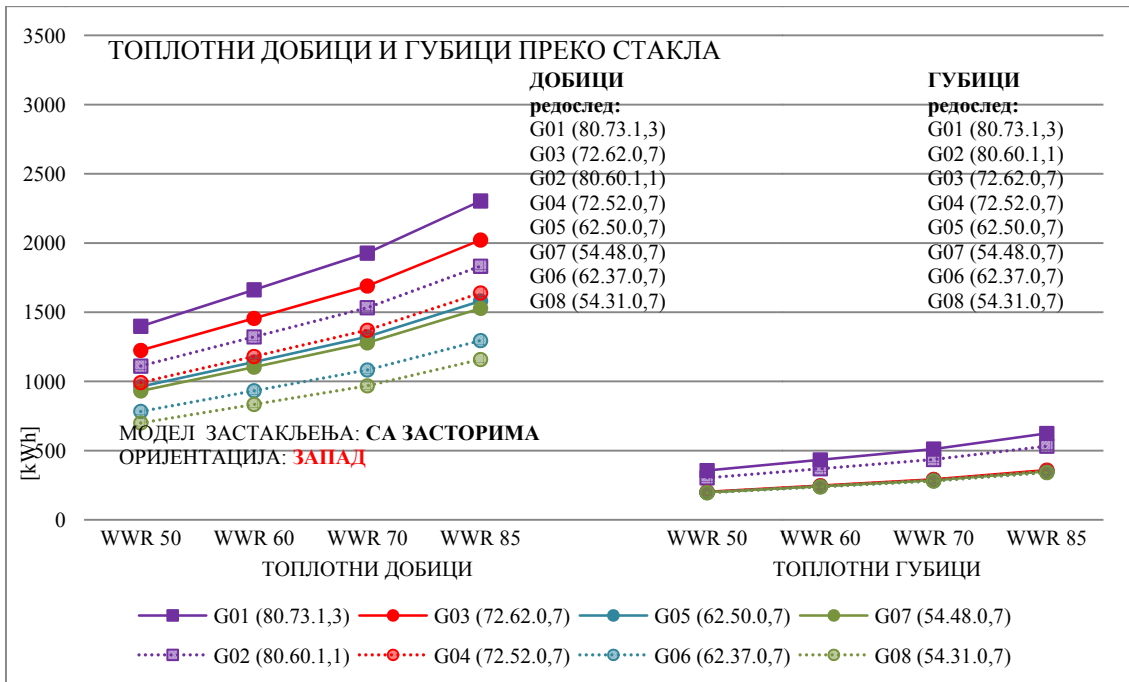
Топлотни добици и губици преко стакла приказани у функцији промене степена застакљења



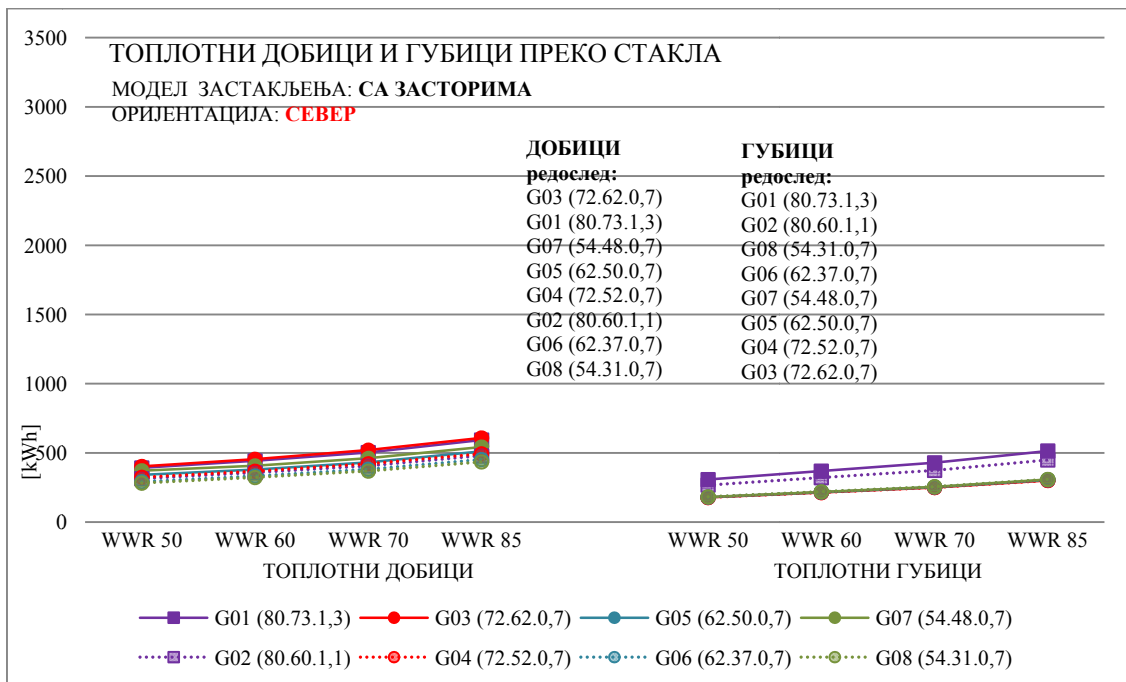
(ПРИЛОГ 4.3.1) СЛИКА 1(А): ДИЈАГРАМ - Топлотни добици и губици преко стаклене површине са интегрисаним засторима за ИСТОЧНО оријентисан простор



(ПРИЛОГ 4.3.1) СЛИКА 1(Б): ДИЈАГРАМ - Топлотни добици и губици преко стаклене површине са интегрисаним засторима за ЈУЖНО оријентисан простор



(ПРИЛОГ 4.3.1) СЛИКА 1(В): ДИЈАГРАМ - *Топлотни добици и губици преко стаклене површине са интегрисаним засторима за ЗАПАДНО оријентисан простор*



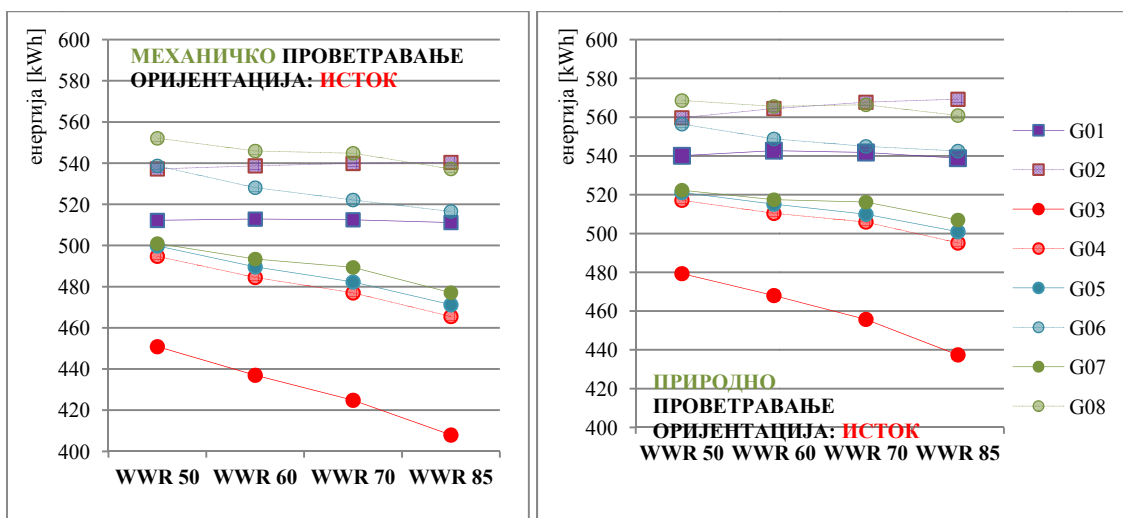
(ПРИЛОГ 4.3.1) СЛИКА 1(Г): ДИЈАГРАМ - *Топлотни добици и губици преко стаклене површине са интегрисаним засторима за СЕВЕРНО оријентисан простор*

ПРИЛОГ 4.3.2: Анализа топлотног оптерећења простора

ОРИЈЕНТАЦИЈА: **ИСТОК**

ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ У ФУНКЦИЈИ ПРОМЕНЕ СТЕПЕНА ЗАСТАКЉЕЊА

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 1(А): ДИЈАГРАМ - Топлотно оптерећење за загревање простора, оријентација ИСТОК, (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)

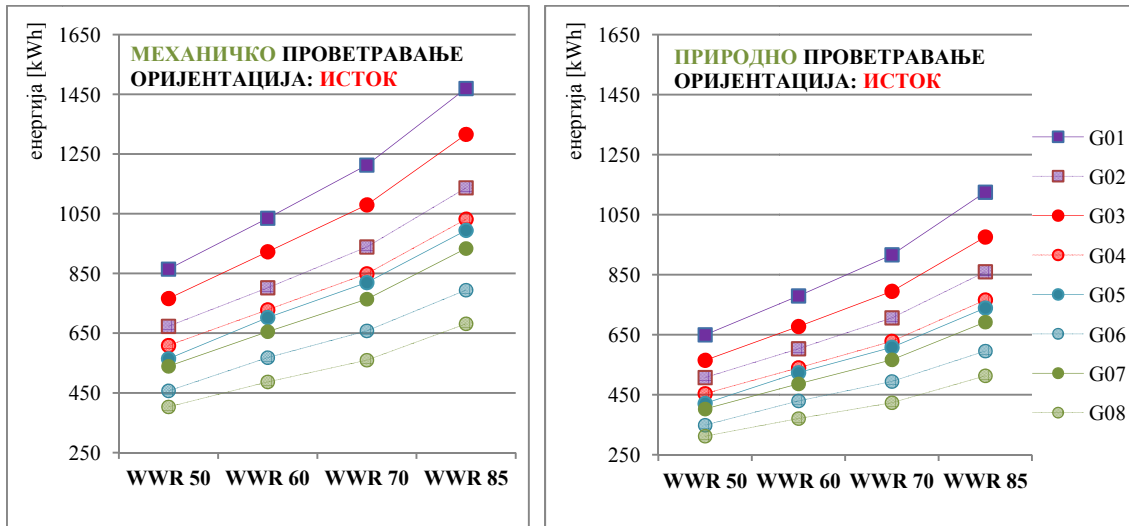


(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 1(А): Топлотно оптерећење за загревање простора, оријентација ИСТОК (редослед типова стакла је од највећег до најмањег топлотног оптерећења), табела према горњем дијаграму

ИСТОК: ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ ПРОСТОРА

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА				
	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	
	50	60	70	85	50	60	70	85	
G08	50.31.0,7	552	G08	546	545	G02	540	G08	569
G06	60.37.0,7	539	G02	539	540	G08	537	G02	566
G02	80.60.1,1	537	G06	528	522	G06	517	G06	545
G01	80.73.1,3	512	G01	513	512	G01	511	G01	542
G07	50.48.0,7	501	G07	493	489	G07	477	G07	516
G05	60.50.0,7	500	G05	490	482	G05	471	G05	510
G04	70.52.0,7	495	G04	484	477	G04	466	G04	506
G03	70.62.0,7	451	G03	437	425	G03	408	G03	456

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 1(Б): Топотно оптерећење за хлађење простора, оријентација ИСТОК (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)

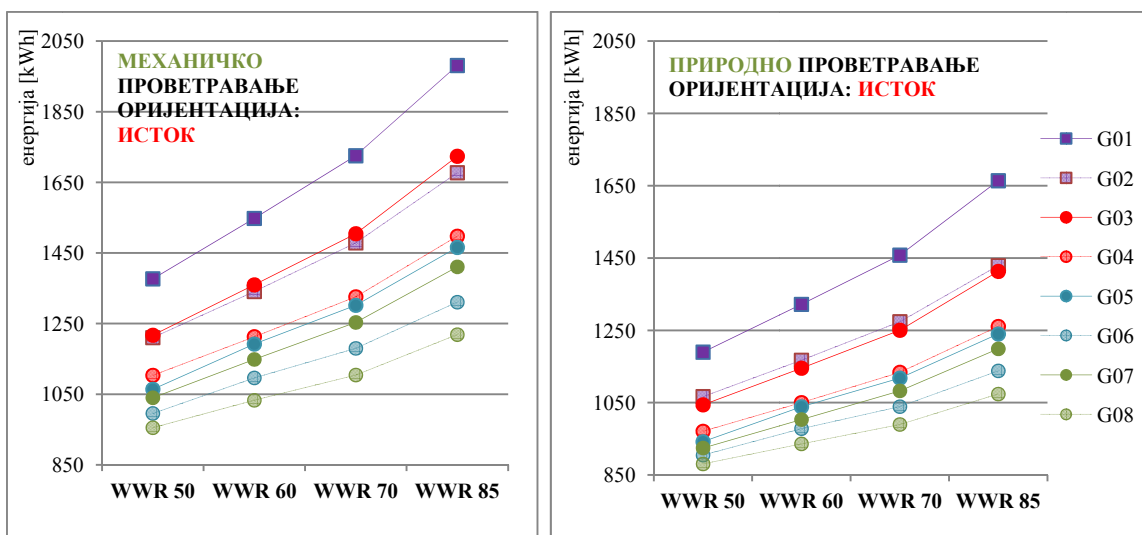


(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 1(А): Топотно оптерећење за хлађење простора, оријентација исток (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

ИСТОК. ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ХЛАЂЕЊЕ ПРОСТОРА

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА					ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА				
		WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85
G01	80.73.1,3	865	1035	1213	1470	649	779	916	1125
G03	70.62.0,7	766	923	1080	1316	565	677	795	976
G02	80.60.1,1	673	802	939	1137	507	603	706	860
G04	70.52.0,7	609	728	849	1032	454	540	628	766
G05	60.50.0,7	564	702	819	995	421	523	608	739
G07	50.48.0,7	539	655	764	934	402	486	566	692
G06	60.37.0,7	457	568	658	794	348	429	494	595
G08	50.31.0,7	403	487	560	682	312	370	423	513

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 1(В): укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење) оријентација ИСТОК, модел простора са механичком вентилацијом (лево) и са природном вентилацијом (десно), модел простора са интегрисаним засторима



(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 1(В): Укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење), оријентација ЗАПАД (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

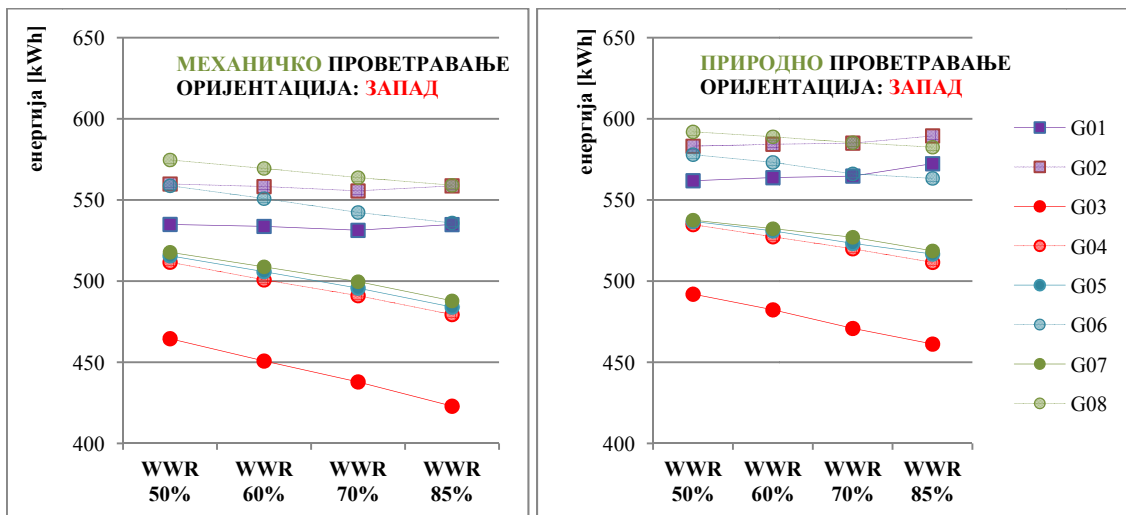
ИСТОК: УКУПНО ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА					
	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85		
G01	80.73.1,3	1377	1548	1726	1981	G01	1190	1322	1458	1664
G03	70.62.0,7	1217	1360	1505	1724	G02	1067	1167	1274	1429
G02	80.60.1,1	1210	1341	1479	1677	G03	1044	1145	1250	1413
G04	70.52.0,7	1103	1213	1326	1498	G04	971	1050	1134	1261
G05	60.50.0,7	1064	1192	1302	1466	G05	942	1039	1118	1240
G07	50.48.0,7	1040	1149	1253	1411	G07	925	1003	1083	1199
G06	60.37.0,7	996	1096	1180	1311	G06	905	978	1039	1138
G08	50.31.0,7	955	1033	1104	1219	G08	880	936	990	1074

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ЗАПАД

ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ У ФУНКЦИЈИ ПРОМЕНЕ СТЕПЕНА ЗАСТАКЉЕЊА

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 2(A): *Топлотно оптерећење за загревање простора, оријентација ЗАПАД, (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)*

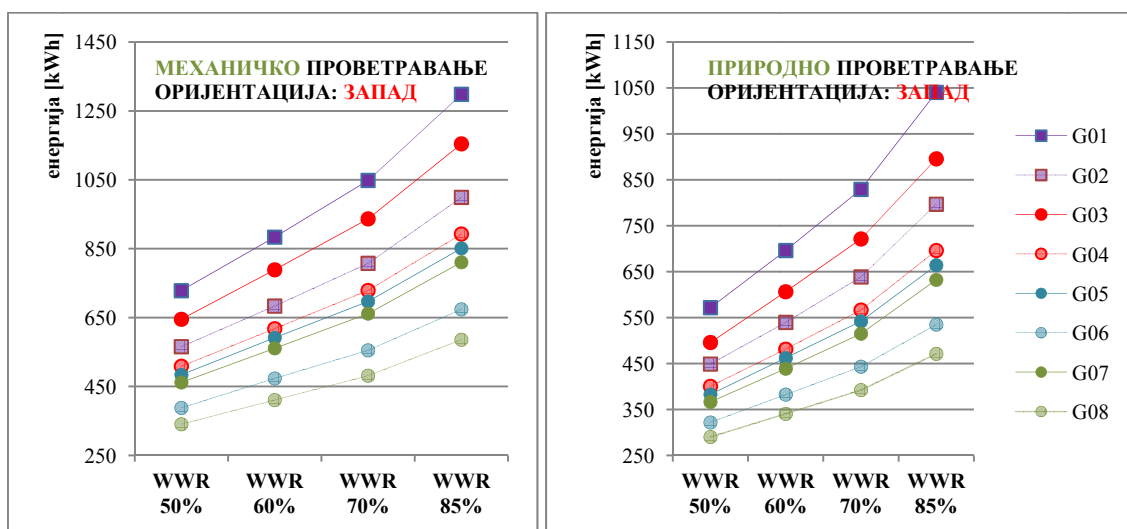


(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 2(A): *ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ ПРОСТОРА, оријентација ЗАПАД (редослед типова стакла је од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму*

ЗАПАД: ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ ПРОСТОРА

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА						
	WWR 50%	WWR 60%	WWR 70%	WWR 85%	WWR 50%	WWR 60%	WWR 70%	WWR 85%			
G08	50.31.0,7	575	570	564	559	592	589	585	590	80.60.1,1	G02
G02	80.60.1,1	560	558	556	559	583	584	585	583	50.31.0,7	G08
G06	60.37.0,7	559	551	542	536	578	573	566	572	80.73.1,3	G01
G01	80.73.1,3	535	534	531	535	562	564	565	563	60.37.0,7	G06
G07	50.48.0,7	518	509	500	488	538	532	527	519	50.48.0,7	G07
G05	60.50.0,7	516	506	496	484	537	531	523	517	60.50.0,7	G05
G04	70.52.0,7	512	501	491	479	535	527	520	512	70.52.0,7	G04
G03	70.62.0,7	465	451	438	423	492	482	471	461	70.62.0,7	G03

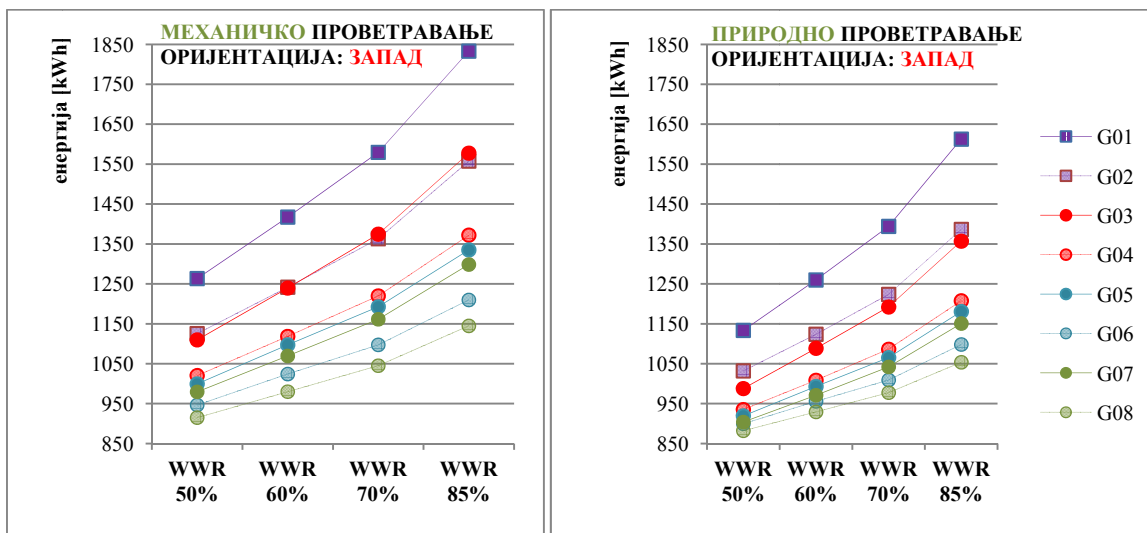
(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 2(Б): Топлотно оптерећење за хлађење простора, оријентација ЗАПАД (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)



(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 2(Б): Топлотно оптерећење за хлађење простора, оријентација ЗАПАД (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

ЗАПАД. ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ХЛАЂЕЊЕ ПРОСТОРА									
МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА					ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА				
		WWR 50%	WWR 60%	WWR 70%	WWR 85%	WWR 50%	WWR 60%	WWR 70%	WWR 85%
G01	80.73.1,3	728	884	1048	1298	572	696	829	1040
G03	70.62.0,7	645	789	937	1155	496	606	721	896
G02	80.60.1,1	566	683	807	999	449	539	639	797
G04	70.52.0,7	509	618	729	893	400	481	566	696
G05	60.50.0,7	484	591	697	851	383	462	542	664
G07	50.48.0,7	462	561	662	811	366	439	515	632
G06	60.37.0,7	388	473	555	674	322	382	443	535
G08	50.31.0,7	340	410	481	586	290	340	392	471

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 2(В): укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење) оријентација ЗАПАД, модел простора са механичком вентилацијом (лево) и са природном вентилацијом (десно), модел простора са интегрисаним засторима



(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 2(В): Укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење), оријентација ЗАПАД (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

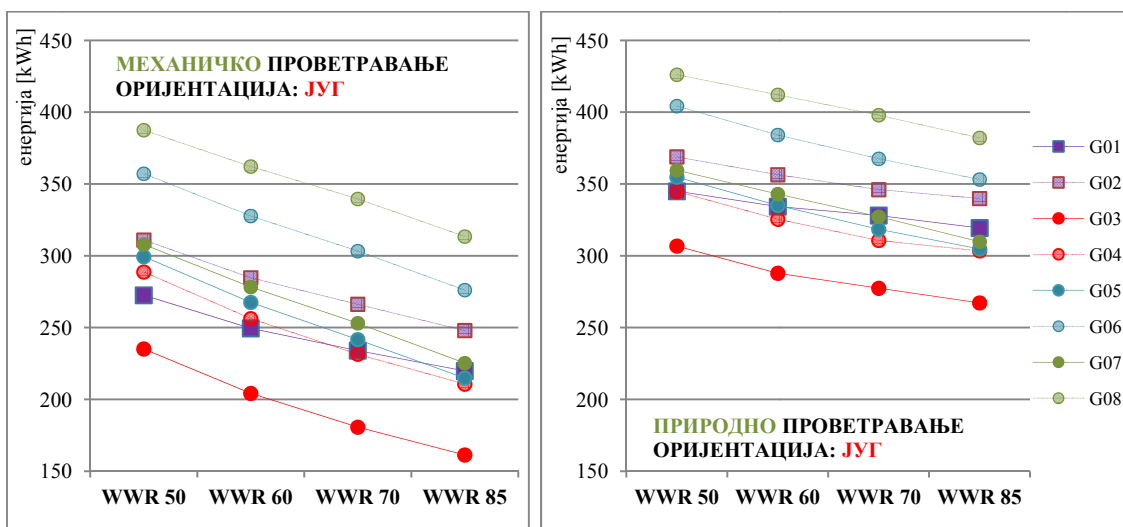
ЗАПАД: УКУПНО ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА			
	WWR 50%	WWR 60%	WWR 70%	WWR 85%	WWR 50%	WWR 60%	WWR 70%	WWR 85%
G01 80.73.1,3	1263	1417	1580	1833	1133	1260	1394	1613
G02 80.60.1,1	1125	1242	G03 1375	1578	1032	1124	1224	1386
G03 70.62.0,7	1110	1240	G02 1363	1558	988	1089	1192	1357
G04 70.52.0,7	1020	1118	1220	1372	935	1009	1086	1208
G05 60.50.0,7	999	1097	1193	1335	919	993	1065	1181
G07 50.48.0,7	979	1069	1161	1299	904	971	1042	1151
G06 60.37.0,7	947	1024	1097	1210	900	956	1009	1098
G08 50.31.0,7	915	980	1045	1145	882	929	977	1054

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ЈУГ

ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ У ФУНКЦИЈИ ПРОМЕНЕ СТЕПЕНА ЗАСТАКЉЕЊА

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 3(А): Топлотно оптерећење за загревање простора, оријентација ЈУГ, (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)

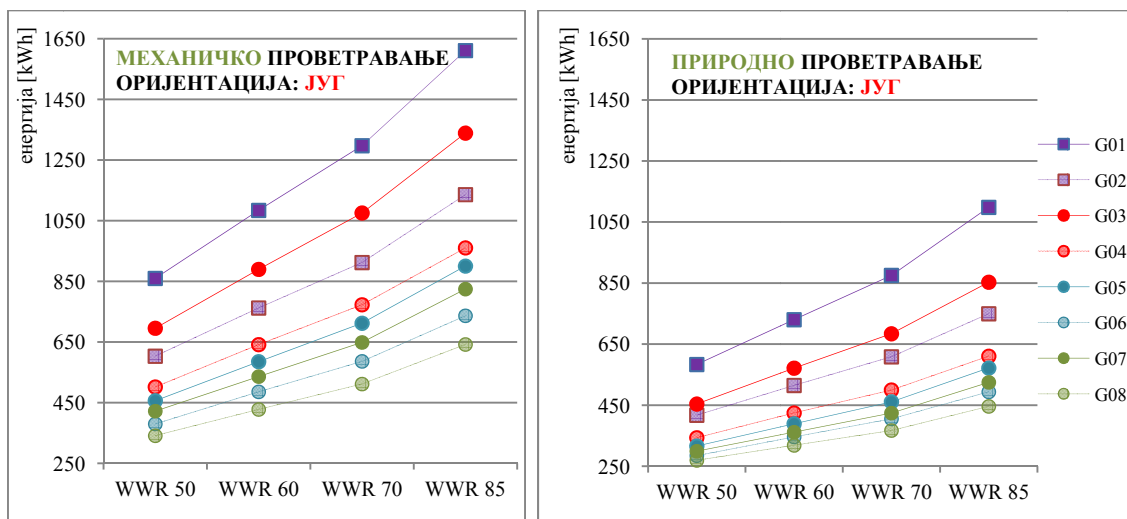


(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 3(А): ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ ПРОСТОРА, оријентација ЈУГ (редослед типова стакла је од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

ЈУГ: ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА						ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА							
	WW R	WWR		WWR		WWR	WWR	WWR		WWR			
		50	60	70	85			50	60	70	85		
G08	50.31.0,7	387	362	G08	340	G08	313	G08	426	412	G08	398	382
G06	60.37.0,7	357	328	G06	303	G06	276	G06	404	384	G06	368	353
G02	80.60.1,1	311	285	G02	266	G02	248	G02	369	356	G02	346	340
G07	50.48.0,7	308	278	G07	253	G07	225	G07	360	343	G01	328	319
G05	60.50.0,7	299	268	G05	242	G01	220	G05	355	335	G07	327	310
G04	70.52.0,7	289	256	G01	234	G05	215	G01	345	334	G05	318	305
G01	80.73.1,3	273	250	G04	231	G04	211	G04	345	325	G04	311	303
G03	70.62.0,7	235	204	G03	181	G03	161	G03	307	288	G03	277	267

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 3(Б): Топотно оптерећење за хлађење простора, оријентација ЈУГ (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)

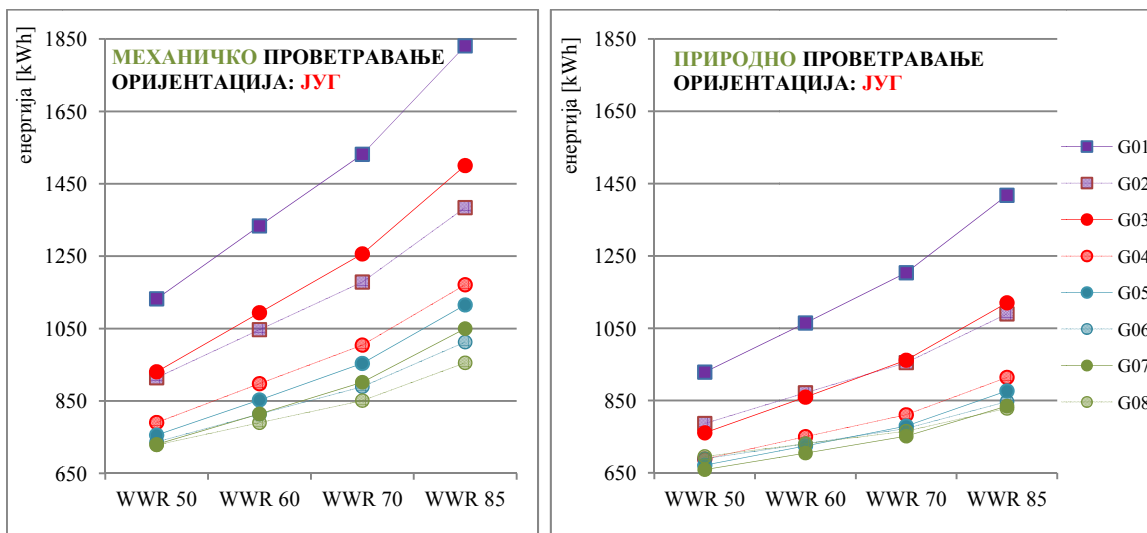


(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 3(Б): Топотно оптерећење за хлађење простора, оријентација ЈУГ (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

ЈУГ: ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ХЛАЂЕЊЕ ПРОСТОРА

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА			
	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85
G01 80.73.1,3	860	1084	1298	1611	584	730	875	1098
G03 70.62.0,7	696	890	1076	1339	454	572	684	853
G02 80.60.1,1	603	762	912	1136	417	515	609	750
G04 70.52.0,7	502	642	773	960	344	425	500	611
G05 60.50.0,7	457	585	712	901	316	389	461	572
G07 50.48.0,7	422	536	649	825	299	362	424	525
G06 60.37.0,7	380	486	586	737	285	346	405	494
G08 50.31.0,7	341	428	512	642	269	319	367	446

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 3(В): укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење) оријентација ЈУГ, модел простора са механичком вентилацијом (лево) и са природном вентилацијом (десно), модел простора са интегрисаним засторима



(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 3(В): Укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење), оријентација ЈУГ (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

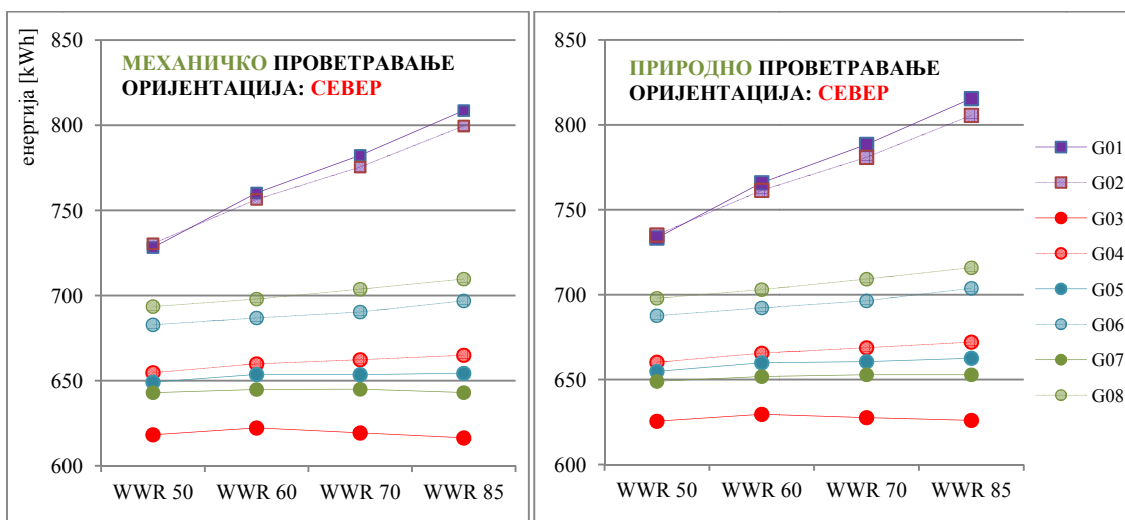
ЈУГ. УКУПНО ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА				
	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	
	50	60	70	50	60	70	85	
G01	80.73.1,3	1132	G01	1334	1532	1831	G01	1418
G03	70.62.0,7	931	G03	1094	1256	1500	G02	1120
G02	80.60.1,1	914	G02	1047	1179	1384	G03	1090
G04	70.52.0,7	791	G04	898	1004	1171	G08	914
G05	60.50.0,7	756	G05	853	954	1115	G06	877
G06	60.37.0,7	737	G07	814	902	1050	G04	847
G07	50.48.0,7	730	G06	814	890	1013	G05	835
G08	50.31.0,7	729	G08	790	851	955	G07	828

ОРИЈЕНТАЦИЈА: СЕВЕР

ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ У ФУНКЦИЈИ ПРОМЕНЕ СТЕПЕНА ЗАСТАКЉЕЊА

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 4(A): Топлотно оптерећење за загревање простора, оријентација СЕВЕР, (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)

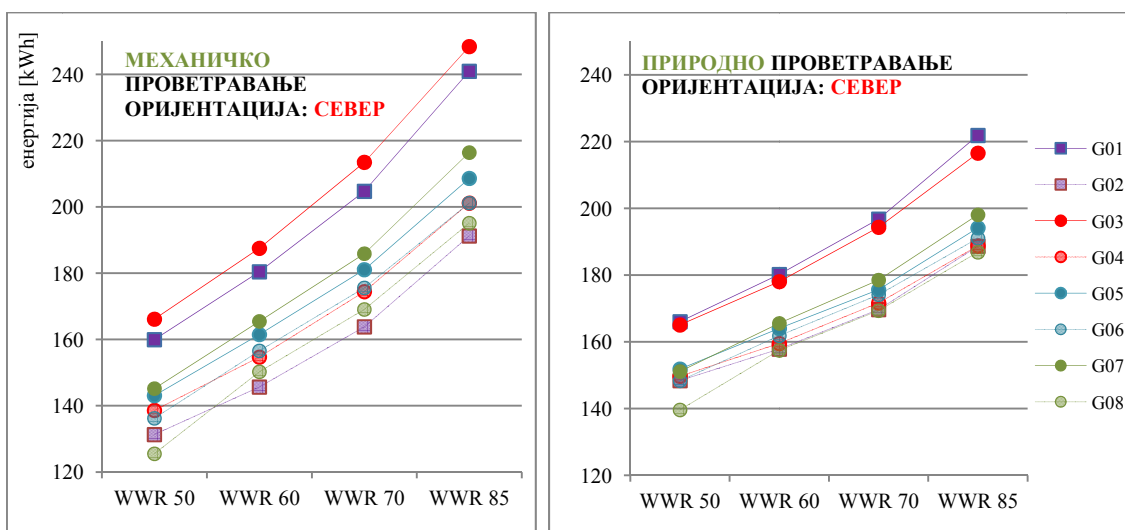


(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 4(A): Топлотно оптерећење за загревање простора, оријентација СЕВЕР (редослед типова стакла је од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

СЕВЕР: ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА			
	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR
	50	60	70	85	50	60	70	85
G02 80.60.1,1	730	G01 760	782	809	G02 735	G01 766	789	816
G01 80.73.1,3	728	G02 756	775	800	G01 733	G02 761	781	806
G08 50.31.0,7	694	G08 698	704	710	G08 698	G08 703	709	716
G06 60.37.0,7	683	G06 687	690	697	G06 688	G06 692	696	704
G04 70.52.0,7	655	G04 660	662	665	G04 660	G04 666	669	672
G05 60.50.0,7	649	G05 654	654	654	G05 655	G05 660	661	663
G07 50.48.0,7	643	G07 645	645	643	G07 649	G07 652	653	653
G03 70.62.0,7	618	G03 622	619	616	G03 626	G03 630	628	626

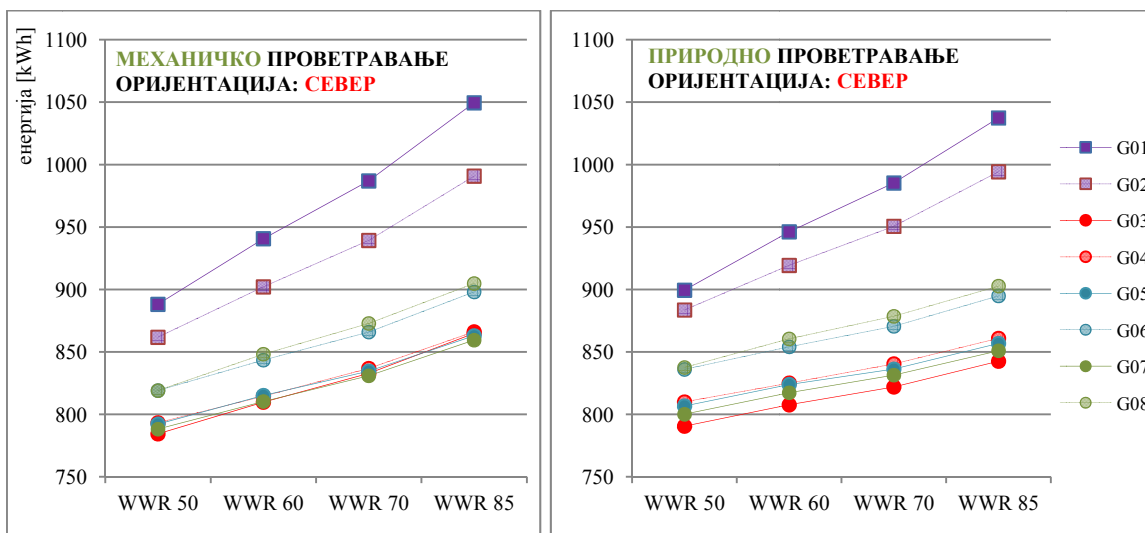
(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 4(Б): Топлотно оптерећење за хлађење простора, оријентација СЕВЕР (механичка и природна вентилација) (модел простора са интегрисаним засторима)



(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 4(Б): Топлотно оптерећење за хлађење простора, оријентација СЕВЕР (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

СЕВЕР: ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЗА ХЛАЂЕЊЕ												
МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА					ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА							
	WWR		WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR			
	50		60	70	85	50	60	70	85			
G03	70.62.0,7	166	G03	188	213	248	G01	166	G01	180	197	222
G01	80.73.1,3	160	G01	180	205	241	G03	165	G03	178	194	217
G07	50.48.0,7	145	G07	165	186	216	G05	152	G07	166	179	198
G05	60.50.0,7	143	G05	161	181	209	G07	151	G05	164	176	194
G04	70.52.0,7	139	G06	157	176	201	G04	150	G06	162	174	191
G06	60.37.0,7	136	G04	155	174	201	G02	148	G04	160	172	189
G02	80.60.1,1	131	G08	150	169	195	G06	148	G02	158	170	189
G08	50.31.0,7	126	G02	146	164	191	G08	140	G08	157	169	187

(ПРИЛОГ 4.3.2) СЛИКА 4(В): укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење) оријентација СЕВЕР, модел простора са механичком вентилацијом (лево) и са природном вентилацијом (десно), модел простора са интегрисаним засторима



(ПРИЛОГ 4.3.2) ТАБЕЛА 4(В): Укупно топлотно оптерећење простора (загревање и хлађење), оријентација СЕВЕР (редослед типова стакла поређан од највећег до најмањег топлотног оптерећења), подаци из табеле према горњем дијаграму

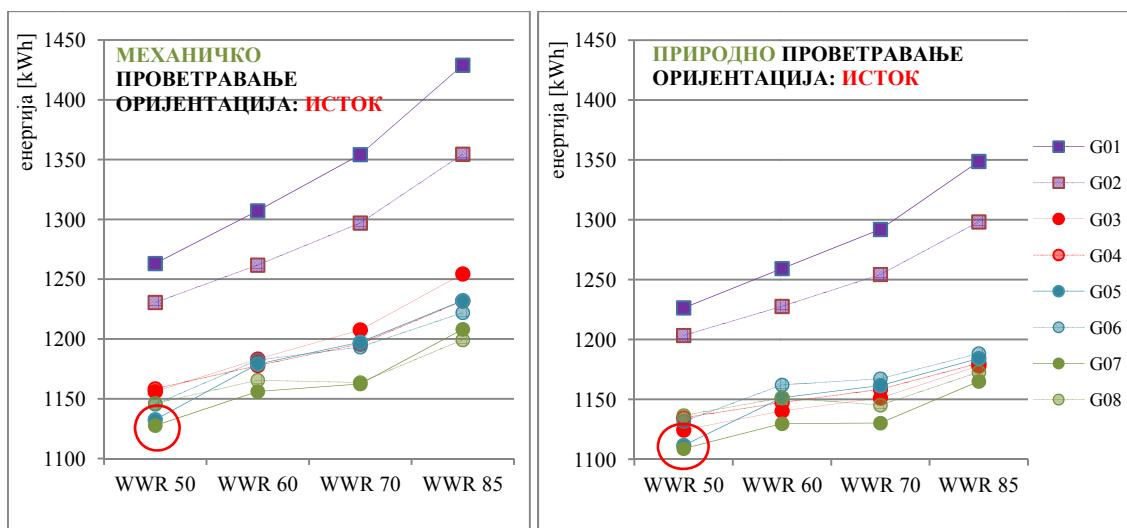
СЕВЕР: УКУПНО ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

	МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА				ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА			
	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR	WWR
	50	60	70	85	50	60	70	85
G01 80.73.1,3	888	G01 941	G01 987	1050	G01 899	946	985	1037
G02 80.60.1,1	862	G02 902	G02 939	991	G02 884	919	951	994
G08 50.31.0,7	819	G08 848	G08 873	905	G08 838	860	879	903
G06 60.37.0,7	819	G06 843	G06 866	898	G06 836	854	871	895
G04 70.52.0,7	793	G05 815	G04 837	866	G04 810	825	840	861
G05 60.50.0,7	792	G04 815	G05 835	865	G05 807	824	836	857
G07 50.48.0,7	788	G07 810	G03 833	863	G07 800	817	831	851
G03 70.62.0,7	784	G03 810	G07 831	859	G03 791	808	822	843

ПРИЛОГ 4.3.3: Анализа укупних енергетских потреба простора
УКУПНЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ПОТРЕБЕ ПРОСТОРА У ФУНКЦИЈИ
ПРОМЕНЕ СТЕПЕНА ЗАСТАКЉЕЊА

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ИСТОК

(ПРИЛОГ 4.3.3) СЛИКА 1(А): Дијаграми укупне годишње потрошње финалне енергије, оријентација ИСТОК



(ПРИЛОГ 4.3.3) ТАБЕЛА 1(А): Укупна потрошња финалне енергије за модел простора са различитом комбинацијом степена застакљења и типова стакла за режим природне и механичке вентилације; оријентација ИСТОК. у табелама су дате вредности од највеће до најмање укупне потрошње

ИСТОК: УКУПНА ПОТРОШЊА ФИНАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА

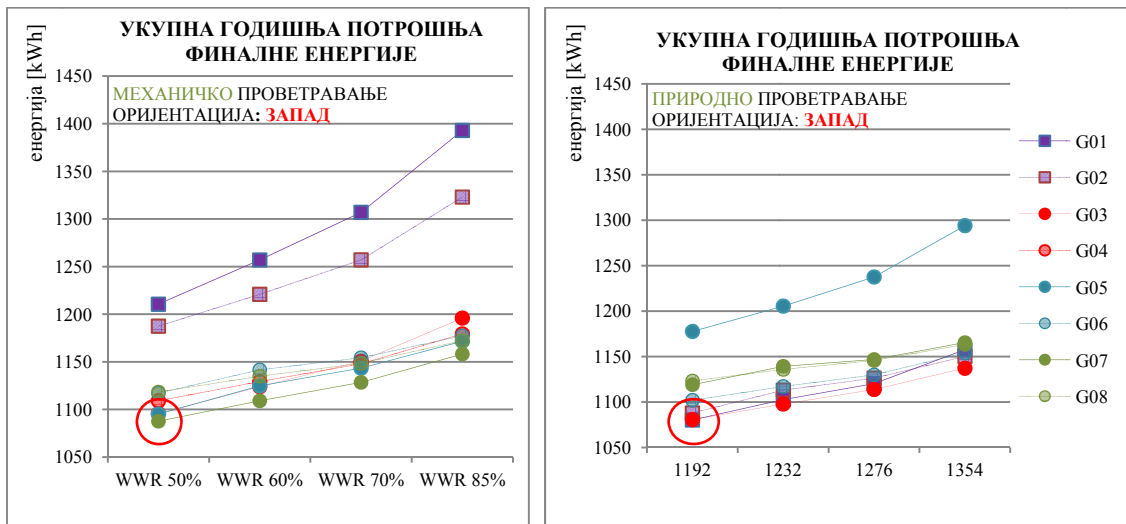
		WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85			
G01	80.73.1,3	1226	G01	1259	G01	1292	G01	1349
G02	80.60.1,1	1203	G02	1228	G02	1254	G02	1298
G08	50.31.0,7	1137	G06	1162	G06	1167	G06	1188
G04	70.52.0,7	1135	G05	1151	G05	1161	G05	1184
G06	60.37.0,7	1132	G08	1151	G04	1158	G04	1180
G03	70.62.0,7	1124	G04	1147	G03	1151	G03	1178
G05	60.50.0,7	1112	G03	1140	G08	1145	G08	1173
G07	50.48.0,7	1109	G07	1130	G07	1130	G07	1165

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА

		WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85			
G01	80.73.1,3	1263	G01	1307	G01	1354	G01	1429
G02	80.60.1,1	1231	G02	1262	G02	1297	G02	1355
G04	70.52.0,7	1158	G03	1183	G03	1208	G03	1254
G03	70.62.0,7	1156	G06	1182	G05	1197	G05	1232
G08	50.31.0,7	1146	G05	1179	G04	1196	G04	1232
G06	60.37.0,7	1145	G04	1178	G06	1193	G06	1222
G05	60.50.0,7	1133	G08	1166	G08	1164	G07	1208
G07	50.48.0,7	1128	G07	1156	G07	1162	G08	1199

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ЗАПАД

(ПРИЛОГ 4.3.3) СЛИКА 1(Б): Дијаграми укупне годишње потрошње финалне енергије, оријентација ЗАПАД



(ПРИЛОГ 4.3.3) ТАБЕЛА 1(Б): Укупна потрошња финалне енергије за модел простора са различитом комбинацијом степена застакљења и типова стакла за режим природне и механичке вентилације; оријентација ЗАПАД. у табелама су дате вредности од највеће до најмање укупне потрошње

ЗАПАД: УКУПНА ПОТРОШЊА ФИНАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА

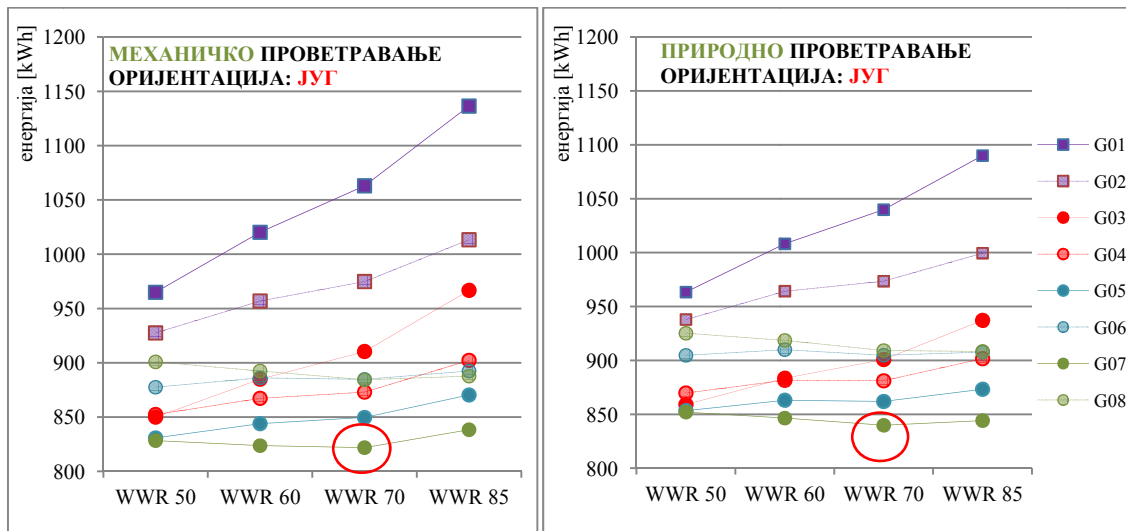
	WWR 50%		WWR 60%		WWR 70%		WWR 85%	
G01	80.73.1,3	1192	G01	1232	G01	1276	G01	1354
G02	80.60.1,1	1178	G02	1206	G02	1238	G02	1294
G08	50.31.0,7	1123	G06	1139	G06	1147	G06	1165
G06	60.37.0,7	1119	G08	1136	G08	1146	G08	1163
G04	70.52.0,7	1102	G04	1117	G04	1130	G03	1158
G05	60.50.0,7	1088	G05	1113	G05	1126	G04	1154
G07	50.48.0,7	1081	G03	1103	G03	1120	G05	1150
G03	70.62.0,7	1080	G07	1098	G07	1114	G07	1137

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА

	WWR 50%		WWR 60%		WWR 70%		WWR 85%	
G01	80.73.1,3	1211	G01	1257	G01	1307	G01	1393
G02	80.60.1,1	1187	G02	1221	G02	1257	G02	1323
G08	50.31.0,7	1118	G06	1142	G06	1154	G03	1196
G06	60.37.0,7	1117	G08	1135	G03	1151	G04	1179
G04	70.52.0,7	1109	G04	1129	G08	1148	G06	1177
G03	70.62.0,7	1096	G05	1125	G04	1148	G08	1172
G05	60.50.0,7	1095	G03	1124	G05	1143	G05	1172
G07	50.48.0,7	1088	G07	1109	G07	1128	G07	1158

ОРИЈЕНТАЦИЈА: ЈУГ

(ПРИЛОГ 4.3.3) СЛИКА 1(В): Дијаграми укупних годишњих енергетских потреба простора, оријентација ЈУГ



(ПРИЛОГ 4.3.3) ТАБЕЛА 1(В): Редослед модела стакла према дијаграмима укупних енергетских потреба простора у функцији степена застакљења; оријентација ЈУГ

ЈУГ: УКУПНА ПОТРОШЊА ФИНАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА

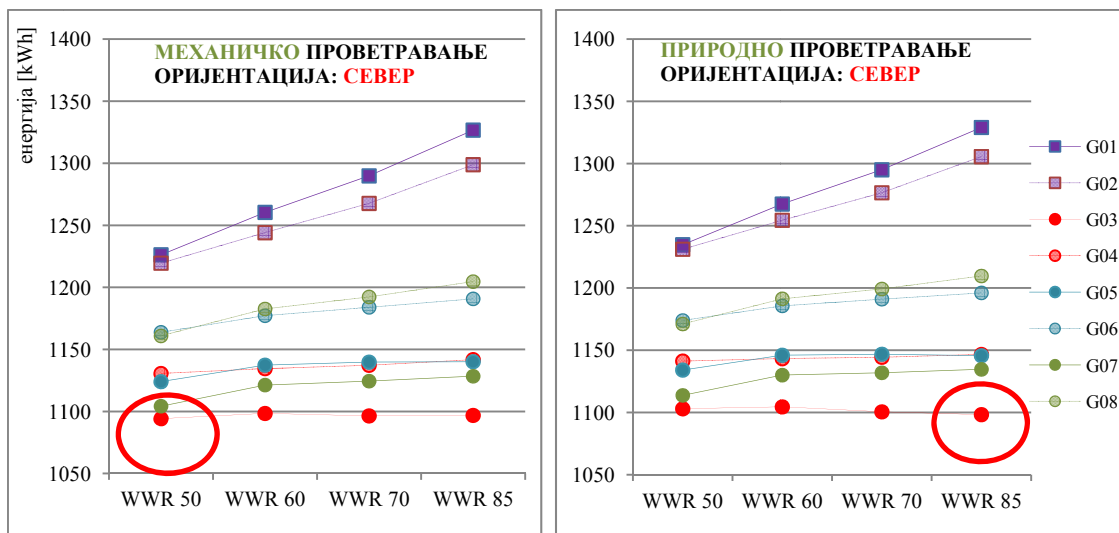
	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85
G01 80.73.1,3	963	G01 1008	G01 1040	G01 1090
G02 80.60.1,1	938	G02 964	G02 973	G02 999
G08 50.31.0,7	925	G08 919	G08 909	G03 937
G06 60.37.0,7	905	G06 910	G06 905	G08 908
G04 70.52.0,7	870	G03 884	G03 901	G06 908
G03 70.62.0,7	859	G04 882	G04 881	G04 902
G05 60.50.0,7	853	G05 863	G05 862	G05 873
G07 50.48.0,7	852	G07 846	G07 840	G07 844

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА

	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85
G01 80.73.1,3	965	G01 1020	G01 1063	G01 1136
G02 80.60.1,1	928	G02 957	G02 975	G02 1013
G08 50.31.0,7	901	G08 893	G03 910	G03 967
G06 60.37.0,7	878	G06 886	G06 885	G04 902
G04 70.52.0,7	852	G03 885	G08 884	G06 892
G03 70.62.0,7	850	G04 867	G04 873	G08 888
G05 60.50.0,7	831	G05 844	G05 850	G05 870
G07 50.48.0,7	828	G07 824	G07 822	G07 838

ОРИЈЕНТАЦИЈА: СЕВЕР

(ПРИЛОГ 4.3.3) СЛИКА 1(Г): Дијаграми укупних годишњих енергетских потреба простора, оријентација СЕВЕР



(ПРИЛОГ 4.3.3) ТАБЕЛА 1(Г): Редослед модела стакла према дијаграмима укупних енергетских потреба простора у функцији степена застакљења; оријентација СЕВЕР

СЕВЕР: УКУПНА ПОТРОШЊА ФИНАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ПРИРОДНА ВЕНТИЛАЦИЈА

	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85
G01	80.73.1,3 1235	G01 1268	G01 1295	G01 1329
G02	80.60.1,1 1231	G02 1254	G02 1277	G02 1306
G06	60.37.0,7 1174	G08 1191	G08 1199	G08 1210
G08	50.31.0,7 1171	G06 1186	G06 1191	G06 1196
G04	70.52.0,7 1141	G05 1146	G05 1147	G04 1147
G05	60.50.0,7 1134	G04 1143	G04 1144	G05 1146
G07	50.48.0,7 1114	G07 1130	G07 1132	G07 1135
G03	70.62.0,7 1103	G03 1104	G03 1100	G03 1098

МЕХАНИЧКА ВЕНТИЛАЦИЈА

	WWR 50	WWR 60	WWR 70	WWR 85
G01	80.73.1,3 1226	G01 1260	G01 1290	G01 1327
G02	80.60.1,1 1220	G02 1244	G02 1268	G02 1299
G06	60.37.0,7 1164	G08 1183	G08 1192	G08 1205
G08	50.31.0,7 1161	G06 1177	G06 1184	G06 1191
G04	70.52.0,7 1131	G05 1137	G05 1140	G04 1142
G05	60.50.0,7 1124	G04 1135	G04 1137	G05 1140
G07	50.48.0,7 1104	G07 1121	G07 1124	G07 1128
G03	70.62.0,7 1094	G03 1098	G03 1096	G03 1097

БИОГРАФИЈА

Марија Грујић рођена је 1971. године у Зрењанину. Дипломирала је на Архитектонском факултету Универзитета у Београду 2001. године код ментора Проф. Бранислава Стојановића, са темом „Центар за уметност и медијску технологију“. Магистрирала је на Архитектонском факултету Универзитета у Београду 2012. године, код ментора Проф. др Милице Јовановић-Поповић, из области архитектонске физике, са темом “Архитектонски параметри релевантни за енергетске перформансе пословних објеката са великим процентом застакљења на фасади у условима умерене континенталне климе“. Добитник је Годишње награде Привредне коморе Београда за најбољу магистарску тезу за 2011/2012. годину.

Стручни испит положила је 2005. године, а од 2006. године носилац је пројектантске лиценце Инжењерске коморе Србије. 2011. године постала је стални судски вештак у Београду за област архитектуре са стручним квалификацијама за процену вредности некретнина.

Од октобра 2001. године до фебруара 2003. године запослена је као хонорарни сарадник у настави на Архитектонском факултету у Београду и као сарадник у Истраживачко пословном центру на Архитектонском факултету. Од 2003. године до 2013. године запослена је на Грађевинском факултету Универзитета у Београду као Асистент приправник за ужу научну област Зградарство на Катедри за материјале и конструкције. Тренутно је запослена на истом предмету на Грађевинском факултету у звању Асистента.

Учествовала је на научним конференцијама од локалног и међународног значаја, научно - истраживачким пројектима Министарства за науку Републике Србије и стручним пројектима из области енергетске ефикасности и економске оправданости енергетске ефикасности. Као коаутор и као члан ауторског тима публиковала је поглавља у више монографских издања и објавила научне радове на конференцијама у земљи и свету.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Марија Д. Грујић

број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ

АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 5. август 2016. године

Марија Грујић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора **Марија Грујић**

Број индекса

Студијски програм

Наслов рада **ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ
ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ
ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА**

Ментор **Проф. др Милица Јовановић Поповић**

Потписани/а _____

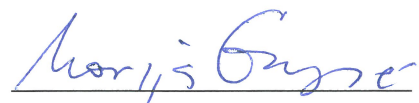
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 5. август 2016. године



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ
АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

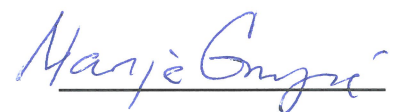
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 5. август 2016. године



1. Ауторство - Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.