

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Grašič, M., 2014. Vpliv osončenosti na energetski potencial stavbe in kvaliteto naravne osvetljenosti prostorov. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Kristl, Ž.): 124 str.

Datum arhiviranja: 16-12-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Grašič, M., 2014. Vpliv osončenosti na energetski potencial stavbe in kvaliteto naravne osvetljenosti prostorov. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kristl, Ž.): 124 pp.

Archiving Date: 16-12-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
STAVBARSTVO**

Kandidat:

MILAN GRAŠIČ

**VPLIV OSONČENOSTI NA ENERGETSKI POTENCIAL
STAVBE IN KVALITETO NARAVNE OSVETLJENOSTI
PROSTOROV**

Magistrsko delo št.: 2/II.ST.

**IMPACT OF SOLAR RADIATION ON THE ENERGY
POTENTIAL OF RESIDENTAL BUILDINGS AND ON
THE QUALITY OF DAYLIGHT ILLUMINANCE IN
INTERIOR SPACES**

Graduation – Master Thesis No.: 2/II.ST.

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentorica:

dr. Živa Kristl

Ljubljana, 26. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Milan Grašič izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom »**Vpliv osončenosti na energetski potencial stavbe in kvaliteto naravne osvetljenosti prostorov**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 5. 9. 2014

Milan Grašič

BIBLIOGRAFSKA-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	621.8.035:(043.3)
Avtor:	Milan Grašič
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	dr. Živa Kristl
Naslov:	Vpliv osončenosti na energetski potencial stavbe in kvaliteto naravne osvetljenosti prostorov
Tip dokumenta:	Magistrsko delo
Obseg in oprema:	124 str., 51 pregl., 19 graf., 45 sl., 1 pril.
Ključne besede:	Osončenost, geometrija in zasnova stavbnega ovoja, energetski potencial stavbnega ovoja, kurilna sezona, Ljubljana, dnevna osvetljenost notranjih prostorov

Izvilleček:

V magistrskem delu je obravnavan vpliv osončenosti na energetski potencial stavbe in kvaliteto naravne osvetljenosti prostorov. V prvem delu magistrskega dela je analiziranih in primerjanih šest različno zasnovanih stavb s podobno kvadraturu uporabnih in balkonskih površin. Na lokaciji Ljubljane je preučen vpliv geometrijske zasnove in orientacije stavb na osončenost in energetski potencial stavbnega ovoja. Pregledane so tudi zahteve slovenske zakonodaje glede osončenosti stavbnega ovoja. Izkaže se, da po osončenosti izstopata samo stavbi brez balkonskih površin, ki ustrezata tudi zahtevam slovenske zakonodaje. Nivoji osončenosti ostalih stavb so med seboj podobni, pri čemer ne ustrezajo zahtevam osončenosti po slovenski zakonodaji. Energetski potencial stavbnih ovojev je izračunan na celoletni ravni in v obdobju kurilne sezone v Ljubljani. Energetski potenciali stavbnih ovojev so med seboj primerjani in komentirani. Ugotovitve kažejo, da ima arhitekturno bolj razgibana stavba najmanjši relativni energetski potencial stavbnega ovoja. Velike razlike v energetskem potencialu stavbnega ovoja so bile prisotne tudi med bolj konvencionalno zasnovanimi stavbami. V drugem delu magistrskega dela je analizirana osvetljenost dveh stanovanj iz najbolj razgibane stavbe, ki naj bi bili na podlagi rezultatov osončenosti najbolj oziroma najslabše osvetljeno stanovanje v stavbi. Osvetljenost stanovanj je analizirana na delovni ravnini 0,85 m. Rezultati osvetljenosti obeh stanovanj so primerjani s predhodno določenimi vrednostmi osvetljenosti. Ugotovitve kažejo, da orientacija in lokacija stanovanja v stavbi zelo vplivata na dnevno osvetljenost prostorov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 621.8.035:(043.3)
- Author:** Milan Grašič
- Supervisor:** Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.
- Cosupervisor:** Živa Kristl, Ph.D.
- Title:** Impact of solar radiation on the energy potential of residential buildings and on the quality of daylight illuminance in interior spaces
- Document type:** M. Sc. Thesis
- Scope and tools:** 124 p., 51 tab., 19 graph., 45 fig., 1 ann.
- Key words:** Insolation, geometric design of a building envelope, energy potential of a building envelope, heating season, Ljubljana, daylight illuminance in interior spaces

Abstract:

In the master thesis, I analysed the impact of solar radiation on the energy potential of residential buildings and on the quality of daylight illuminance in interior spaces. In the first part of the thesis six different buildings that have a similar floor and balcony area were analysed and compared. The influence of geometric design and orientation of buildings on the insolation and energy potential of the building envelope in Ljubljana was studied. The Slovenian legislation requirements in regard to the insolation of the building envelope were examined. The results of the thesis showed that only two buildings met the requirements of the Slovenian legislation as for the insolation of the building envelope. Both of these two buildings do not have any balconies. The rest of the buildings have an interacting, similar insolation of the building envelope, however they do not meet the insolation requirements of the Slovenian legislation. The energy potential of building envelopes on an annual period and during the heating season in Ljubljana was calculated. The energy potential of different, interacting building envelopes other was also compared. I have found out that the more diverse building envelope has the lowest relative energy potential. Some differences in the energy potential of building envelopes amongst the more conventionally designed buildings were noted. In the second part of the thesis the illuminance of two apartments in the more diverse building was analysed. Based on the insolation results I assumed the chosen apartments are the best and worst daylit apartments in the building. The illumination levels on a horizontal working plane of 0.85 m was analysed and later the illumination results of the two apartments with the predefined illumination requirements were compared. The results showed that the orientation and location of the apartments in a building have a major impact on the illuminance levels.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju in somentorici dr. Živi Kristl za pomoč, potrpežljivost in koristne nasvete pri pisanju magistrskega dela.

Hvala tudi vsem sošolcem in sošolkam ter drugim prijateljem za pomoč in nepozabna študentska leta.

Posebna zahvala gre moji družini in puncu, ki so me tekom izdelave magistrskega dela vzpodbujali in me spravljali v dobro voljo, v času ko sem to najbolj potreboval.

Magistrsko delo posvečam mami Viktoriji in pokojnemu očetu Milanu. Hvala vama, predraga starša.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKA-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 NAMEN MAGISTRSKEGA DELA	1
1.2 CILJI MAGISTRSKEGA DELA	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
1.4 PREGLED LITERATURE.....	2
2 OPIS STAVB	4
2.1 PRIMARNA STAVBA »NAVPIČNI VRTOVI«	4
2.2 SEKUNDARNE (REFERENČNE) STAVBE.....	7
2.2.1 Lamela brez balkonov.....	9
2.2.2 Lamela z balkoni.....	9
2.2.3 Lamela s cikcak balkoni.....	10
2.2.4 Stolpnica brez balkonov.....	10
2.2.5 Stolpnica z balkoni.....	11
3 KLIMATSKE ZNAČILNOSTI LJUBLJANE	12
4 METODA IN ZASNOVA ŠTUDIJE OSONČENOSTI IN ENERGETSKEGA POTENCIALA	15
4.1 RAZDELITEV PRIMARNE STAVBE S POMOČJO KONSTRUKCIJSKE MREŽE.....	15
4.2 METODA IZRAČUNA OSONČENOSTI IN ENERGETSKEGA POTENCIALA STAVBNEGA OVOJA	17
4.3 ZAKONSKE ZAHTEVE GLEDE OSONČENOSTI STAVB	23
5 OSONČENOST PRIMARNE STAVBE	26
5.1 ANALIZA OSONČENOSTI STAVBNEGA OVOJA PRIMARNE STAVBE	26
5.1.1 Osončenost stavbnega ovoja primarne stavbe na celoletni ravni	26
5.1.2 Osončenost stavbnega ovoja primarne stavbe na mesečni ravni	27
5.2 ANALIZA OSONČENOSTI POSAMEZNIH POVRŠIN PRIMARNE STAVBE NA MESEČNI RAVNI	29
5.2.1 Osončenost balkonskih in strešnih površin primarne stavbe na mesečni ravni	29
5.2.2 Osončenost južnih površin primarne stavbe na mesečni ravni	33
5.2.3 Osončenost severnih površin primarne stavbe na mesečni ravni	38
5.2.4 Osončenost vzhodnih površin primarne stavbe na mesečni ravni	41
5.2.5 Osončenost zahodnih površin primarne stavbe na mesečni ravni	45
5.3 PRIMERJAVA OSONČENOSTI PRIMARNE STAVBE Z ZAKONSKIMI ZAHTEVAMI.....	49
5.3.1 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 12.	49
5.3.2 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 3.	52
5.3.3 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 6.	54
5.3.4 Primerjava osončenosti primarne stavbe na dan 21. 12., na dan 21.3. in na dan 21. 6.	58
5.4 PRIMERJAVA OSONČENOSTI SEKUNDARNIH STAVB Z ZAHTEVAMI TEHNIČNE SMERNICE NA DAN 21. 12., NA DAN 21. 3. IN NA DAN 21.6.	59

5.5	PRIMERJAVA OSONČENOSTI PRIMARNE STAVBE IN SEKUNDARNIH STAVB NA CELOLETNI RAVNI.....	62
5.6	PRIMERJAVA OSONČENOSTI POSAMEZNIH POVRŠIN PRIMARNE STAVBE, STOLPNICE BREZ BALKONOV IN LAMELE S CIKCAK BALKONI NA CELOLETNI RAVNI	65
6	ENERGETSKI POTENCIAL STAVBNEGA OVOJA PRIMARNE IN SEKUNDARNIH STAVB	69
6.1	ENERGETSKI POTENCIAL STAVBNIH OVOJEV NA CELOLETNI RAVNI (Z UPOŠTEVANJEM BALKONSKIH POVRŠIN)	71
6.2	ENERGETSKI POTENCIAL STAVBNIH OVOJEV NA CELOLETNI RAVNI (BREZ UPOŠTEVANJA BALKONSKIH POVRŠIN)	72
6.3	ENERGETSKI POTENCIAL STAVBNIH OVOJEV NA MESEČNI RAVNI (Z UPOŠTEVANJEM BALKONSKIH POVRŠIN)	74
6.4	ENERGETSKI POTENCIAL STAVBNIH OVOJEV NA MESEČNI RAVNI (BREZ UPOŠTEVANJA BALKONSKIH POVRŠIN)	76
6.5	KUMULATIVNI ENERGETSKI POTENCIAL STAVBNIH OVOJEV V KURILNI SEZONI (BREZ BALKONSKIH POVRŠIN)	80
7	DNEVNA OSVETLJENOST STANOVANJ V PRIMARNI STAVBI.....	85
7.1	POMEN USTREZNE DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV NA ZDRAVJE IN DELOVNE SPOSOBNOSTI LJUDI	85
7.2	VPLIV USTREZNE DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV NA ENERGETSKO PORABO STAVB	86
7.3	ANALIZA PROSTOROV PRIMARNE STAVBE	86
7.4	ZAKONSKE ZAHTEVE IN STANDARDI GLEDE DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV	91
7.5	METODA ANALIZE DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV	92
7.6	REZULTATI ANALIZE DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTORA STANOVANJA V PRITLIČJU	96
7.7	REZULTATI ANALIZE DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTORA STANOVANJA V 9. NADSTROPJU.....	102
7.8	UGOTOVITVE NA PODLAGI ANALIZE DNEVNE OSVETLJENOSTI STANOVANJ	111
8	ZAKLJUČEK.....	113
VIRI.....	118

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kvadratura uporabnih in balkonskih površin stanovanj primarne stavbe po nadstropjih.....	6
Preglednica 2: Dimenzije stavb v obliki lamele.....	9
Preglednica 3: Kvadratura uporabnih površin stavb v obliki lamele	9
Preglednica 4: Dimenzije balkonskih površin pri lameli z balkoni	9
Preglednica 5: Dimenzije balkonskih površin pri lameli s cik-cak balkoni	10
Preglednica 6: Dimenzije stavb v obliki stolpnice	10
Preglednica 7: Kvadratura uporabnih površin stavb v obliki stolpnice.....	10
Preglednica 8: Dimenzije balkonskih površin pri stolpnici z balkoni.....	11
Preglednica 9: Splošni podatki o Ljubljani	12
Preglednica 10: Parametri, vstavljeni v program SHADING Tools Plugin v 1.0 [29]	17
Preglednica 11: Dejanska in povprečna dolžina dneva po simulacijskem programu	21
Preglednica 12: (Časovna) osončenost površin primarne stavbe na povprečen dan v letu ..26	
Preglednica 13: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri balkonskih/strešnih površinah.....	32
Preglednica 14: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri južnih površinah.	37
Preglednica 15: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri severnih površinah..	41
Preglednica 16: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri vzhodnih površinah.....	44
Preglednica 17: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri zahodnih površinah.	48
Preglednica 18: Ustreznost primarne stavbe glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 12. 51	
Preglednica 19: Ustreznost primarne stavbe glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 3..54	
Preglednica 20: Ustreznost primarne stavbe glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 6..57	
Preglednica 21: Osončenost površin primarne stavbe na dan 21.3. in 21.6. od 16:00 do 18:00.	59
Preglednica 22: Časovna osončenost primarne stavbe in sekundarnih stavb na podlagi zahtev iz tehnične smernice TSG4 [31]	60
Preglednica 23: Časovna osončenost nekaterih sekundarnih stavb na podlagi zahtev iz tehnične smernice TSG4 [31] brez upoštevanja balkonskih površin	60
Preglednica 24: Časovna in odstotkovna osončenost stavb na povprečen dan v letu.	62
Preglednica 25: Obrazložitev časovne in odstotkovne razlike v osončenosti med primarno stavbo in stolpnico z balkoni	64
Preglednica 26: Obrazložitev časovne in odstotkovne razlike v osončenosti med primarno stavbo in stolpnico z balkoni	65
Preglednica 27: Mesečni faktorji osončenosti stavb	65
Preglednica 28: (Časovna) osončenost površin primarne stavbe na povprečen dan v letu ..67	

Preglednica 29: (Časovna) osončenost površin stolpnice brez balkonov na povprečen dan v letu	67
Preglednica 30: (Časovna) osončenost površin lamele s cikcak balkoni na povprečen dan v letu	67
Preglednica 31: Razlika med dejanskim in celoletnim faktorjem osončenosti, izračunanim na vsak 21. dan v mesecu, pri primarni stavbi	68
Preglednica 32: Razlika med dejanskim in celoletnim faktorjem osončenosti, izračunanim na vsak 21. dan v mesecu, pri stolpnici brez balkonov	68
Preglednica 33: Razlika med dejanskim in celoletnim faktorjem osončenosti, izračunanim na vsak 21. dan v mesecu, pri stolpnici brez balkonov	68
Preglednica 34: Energetski potencial posamezne ploskve po podatkih spletne aplikacije PV Watts [34]	70
Preglednica 35: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na povprečen dan v letu	71
Preglednica 36: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na povprečen dan v letu brez upoštevanja balkonskih površin.....	72
Preglednica 37: Medsebojna razmerja stavb glede na površino stavbnih ovojev (brez upoštevanja balkonskih površin).....	82
Preglednica 38: Medsebojna razmerja stavb glede na kumulativni energetski potencial	82
Preglednica 39: Relativni energetski potencial stavbnih ovojev v kurilni sezoni na lokaciji Ljubljane brez upoštevanja balkonskih površin.....	84
Preglednica 40: Uporabljene vrednosti refleksivnosti materialov v programu DVIZ [58]	93
Preglednica 41: Postavljene zahteve ob CIE jasnem in delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m	94
Preglednica 42: Postavljene zahteve ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m	94
Preglednica 43: Rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE jasnem nebu na ravnini 0,85 m.....	97
Preglednica 44: Rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja ob delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.....	97
Preglednica 45: Rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.....	97
Preglednica 46: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob CIE jasnem nebu na ravnini 0,85 m.....	103
Preglednica 47: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.....	103
Preglednica 48: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.....	103
Preglednica 49: Rezultati osvetljenosti dnevnega prostora ob CIE jasnem nebu na ravnini 0,85 m.....	109
Preglednica 50: Rezultati osvetljenosti dnevnega prostora ob delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.....	109
Preglednica 51: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.....	109

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Graf povprečnih temperatur in padavin v Ljubljani	13
Grafikon 2: Graf jasnih in oblačnih dni v Ljubljani.....	13
Grafikon 3: Globalno in difuzno sončno sevanje na povprečen dan v mesecu na lokaciji Ljubljane	14
Grafikon 4: Trajanje sončnega obsevanja na mesec v Ljubljani	14
Grafikon 5: Osončenost posameznih fasad primarne stavbe.	27
Grafikon 6: Osončenost balkonskih in strešnih površin	30
Grafikon 7: Časovna osončenost balkonskih in strešnih površin	30
Grafikon 8: Osončenost južnih površin.....	34
Grafikon 9: Časovna osončenost južnih površin.....	34
Grafikon 10: Osončenost severnih površin.....	39
Grafikon 11: Časovna osončenost severnih površin.....	39
Grafikon 12: Osončenost vzhodnih površin.....	42
Grafikon 13: Časovna osončenost vzhodnih površin.....	42
Grafikon 14: Osončenost zahodnih površin.....	46
Grafikon 15: Časovna osončenost zahodnih površin.....	46
Grafikon 16: Osončenost primarne stavbe na dan 21. 12., na dan 21. 3. in na dan 21. 6.	58
Grafikon 17: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni.	75
Grafikon 18: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni brez upoštevanja balkonskih površin.	79
Grafikon 19: Kumulativni energetski potencial stavbnih ovojev brez upoštevanja balkonskih površin	80

KAZALO SLIK

Slika 1: Maketa primarne stavbe. Pogled iz SV strani (Bernik [18], 2010/2011)	5
Slika 2: Maketa primarne stavbe. Pogled iz SZ strani (Bernik [18], 2010/2011).....	5
Slika 3: Sekundarne (referenčne) stavbe	8
Slika 4: Pogled na 3D model primarne stavbe iz JZ smeri	16
Slika 5: Pogled na 3D model primarne stavbe iz SV smeri.....	16
Slika 6: Balkonske in strešne površine primarne stavbe.....	29
Slika 7: Prikaz učinka samosenčenja na površinah G[0] in G[IX]	31
Slika 8: Prikaz učinka samosenčenja na površinah G[II]	31
Slika 9: Južne površine primarne stavbe.....	33
Slika 10: Prikaz učinka samosenčenja stavbe pri površinah J[10], J[11] in J[12].....	35
Slika 11: Severne površine primarne stavbe.	38
Slika 12: Severne površine v poletnih mesecih	38
Slika 13: Vzhodne površine primarne stavbe.	41
Slika 14: Učinek samosenčenja stavbe pri vzhodnih površinah.....	43
Slika 15: Zahodne površine primarne stavbe.	45
Slika 16: Učinek samosenčenja stavbe pri zahodnih površinah	47
Slika 17: Vzhodne površine primarne stavbe.	49
Slika 18: Zahodne površine primarne stavbe.	49
Slika 19: Pogled na primarno stavbo ob 10:00 (iz JV smeri) in ob 14:00 (iz JZ smeri) na dan 21. 12. (iz smeri sonca)	51
Slika 20: Balkonske in južne površine primarne stavbe.....	52
Slika 21: Pogled na primarno stavbo ob 8:30 (iz JV smeri) in ob 15:30 (iz JZ smeri) na dan 21. 3. (iz smeri sonca)	53
Slika 22: Prikaz učinka samosenčenja stavbe (iz smeri sonca) na dan 21. 6., na dan 21. 3. in na dan 21. 12.....	56
Slika 23: Pogled na primarno stavbo (iz smeri sonca) ob 6:00 (iz JV smeri) in ob 18:30 (iz JZ smeri) na dan 21. 6.....	56
Slika 24: Pogled na zahodne površine (iz smeri sonca) primarne stavbe na dan 21. 3. in na dan 21. 6. ob 18:00	59
Slika 25: Poraba energije v gospodinjstvih po namenih v Sloveniji (Rutar, SURS. 2011: str. 36) [12])	69
Slika 26: Pogled na južno površino stolpnice z balkoni na dan 21. 12. ob 12:00	74
Slika 27: Tloris pritličnega stanovanja primarne stavbe.....	87
Slika 28: Prikaz pozicije pritličnega stanovanja v primarni stavbi	87

Slika 29: 3D model pritličnega stanovanja.....	88
Slika 30: 3D model pritličnega stanovanja.....	88
Slika 31: Tloris stanovanja iz devetega nadstropja.....	89
Slika 32: Prikaz pozicije stanovanja iz devetega nadstropja v primarni stavbi	89
Slika 33: 3D model stanovanja iz devetega nadstropja. Pogled na kuhinjski in jedilni prostor.....	90
Slika 34: 3D model stanovanja iz devetega nadstropja. Pogled na dnevni prostor	90
Slika 35: Pogled na primarno stavbo na dan 21. 12. iz smeri sonca ob izbranih urah	95
Slika 36: Pogled na primarno stavbo na dan 21. 3. iz smeri sonca ob izbranih urah	95
Slika 37: Pogled na primarno stavbo na dan 21. 6. iz smeri sonca ob izbranih urah	95
Slika 38: Svetlobne izohipse	97
Slika 39: Prikaz osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE jasnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m.....	99
Slika 40: Prikaz osvetljenosti pritličnega stanovanja ob delno oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m.....	100
Slika 41: Prikaz osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m.....	101
Slika 42: Svetlobne izohipse	103
Slika 43: Prikaz osvetljenosti kuhinjskega, jedilnega in dnevnega prostora ob CIE jasnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m	105
Slika 44: Prikaz osvetljenosti kuhinjskega, jedilnega in dnevnega prostora ob delno oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m.....	106
Slika 45: Prikaz osvetljenosti kuhinjskega, jedilnega in dnevnega prostora ob CIE oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m	107

1 Uvod

Gradbeništvo je velik potrošnik naravnih virov. Za gradnjo stavb in drugih objektov (vključno s predelovalnimi dejavnostmi) v Evropski uniji (EU) potrošijo 40 % vseh porabljenih materialov na leto [1]. Tudi v porabi primarne energije je glavni potrošnik gradbeni sektor, saj letno predstavlja kar 40-odstotni delež porabe v EU [2]. Poleg tega gradbeni sektor proizvede tudi 40-odstotni delež vseh odpadkov, ki nastanejo v EU na leto [1].

Z večanjem stavbnega fonda in prebivalstva po svetu in Sloveniji se povečujeta poraba energije in onesnaževanje okolja. Zaradi tega in zaradi zviševanja cen energentov na svetovnem trgu članice Evropske unije stremijo k manjši porabi in obnovljivim virom energije. Prenovljena Direktiva o energetski učinkovitosti stavb (EPBDr) 2010/31/EU [3] določa omejevanje rabe energije na ravni celotne stavbe. Po tej direktivi bodo morale biti po letu 2018 vse nove stavbe, ki jih uporabljajo javni organi kot lastniki, skoraj ničenergijske stavbe (nZEB). Po letu 2020 pa bodo morale biti vse nove stavbe skoraj ničenergijske stavbe.

Energetsko učinkovitost stavbe je treba zagotoviti že v sami idejni zasnovi s celostnim pristopom zasnove stavbe. Energetska učinkovitost stavbe je odvisna od njene oblike, orientacije, pasivnih načinov ogrevanja in hlajenja, zasnove stavbnega ovoja ter od izbire strojne opreme v stavbi. Strojna oprema bi praviloma morala le dopolniti že energetsko učinkovito in ljudem prijazno zasnovo stavbe in ne obratno, da se slaba arhitekturna zasnova stavbe rešuje z uporabo moderne strojne opreme.

1.1 Namen magistrskega dela

Namen magistrskega dela je analizirati vpliv različnih zasnov stavb na osončenost in energetski potencial stavbnega ovoja. Za izhodiščno stavbo (v nadaljevanju: primarna stavba) sem izbral sodobno, razgibano stavbo in jo primerjal s stavbami klasične gradnje. V primarni stavbi sem preveril osvetljenost dveh stanovanj, za kateri sem predvideval, da sta najboljše in najslabše osvetljeno stanovanje.

1.2 Cilji magistrskega dela

Cilji magistrskega dela so:

- analizirati osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev konvencionalno zasnovanih stavb in izhodiščne razgibane zasnovane stavbe,
- analizirati vpliv geometrije, orientacije in lokacije stavb na dejanski energetski potencial stavbnega ovoja,
- opazovati parametre, kot so osvetljenost prostora ter prostorska in časovna distribucija dnevne svetlobe, v prostorih izhodiščne stavbe.

1.3 Delovne hipoteze

Na podlagi omenjenega sem v magistrskem delu preverjal naslednje hipoteze:

1. Konvencionalno oblikovane stavbe bodo zadoščale pogojem osončenosti stavbnega ovoja po obstoječi slovenski zakonodaji. Primarna stavba tej zakonodaji ne bo ustrezala.
2. Zakonodaja v Republiki Sloveniji, ki obravnava področje učinkovite rabe energije in osončenosti stavbnega ovoja, je neprimerna in pomanjkljiva.
3. Mesečni faktor osončenosti, izračunan na podlagi vseh dni v mesecu, in mesečni faktor osončenosti, izračunan le na 21. dan v mesecu, se ne bosta bistveno razlikovala.
4. Geometrija in orientacija stavbe bistveno vplivata na osončenost in energetski potencial stavbnega ovoja.
5. Primarna stavba bo imela najslabšo osončenost in najslabši energetski potencial stavbnega ovoja.
6. Analizirani stanovanji v primarni stavbi ne bosta ustrezno osvetljeni z dnevno svetlobo z gledišča vizualnih kriterijev.

1.4 Pregled literature

Geometrijska zasnova stavbnega ovoja zelo vpliva na energetsko učinkovitost stavb. To so pokazale študije [4], [5], [6], [7]. Učinkovita zasnova stavbnega ovoja je pogojena z lokacijo objekta. Zasnova stavbnega ovoja, ki velja za energetsko učinkovito v subtropskem podnebjju, ni energetsko učinkovita v zmerno toplem podnebjju, saj v enem podnebjju želimo zmanjšati zajem sončnega sevanja, medtem ko ga v drugem podnebjju želimo povečati. Študija Aksoy [8] je pokazala, da z optimizacijo oblike in orientacije stavbe lahko zmanjšamo energetsko porabo stavbe za 36 %. Ta študija [8] je bila izvedena v mestu Elazig (Turčija), ki ima po Köppen-Geigerjevi klasifikaciji podnebje tipa Dsa (zmerno podnebje) [9]. Takšen tip podnebja ima vroča poletja in mrzle zime. Podobno podnebje ima tudi Ljubljana, vendar poletne temperature niso tako visoke in zimske ne tako nizke kot v mestu Elazig.

Tudi urbana zasnova okolja ima velik vpliv na energetsko učinkovitost posamezne stavbe, kar sta dokazali študiji Strømman-Andersen [10] in Košir [11]. V študiji Strømman-Andersen [10] so pokazali, da geometrija urbanega kanjona pomembno vpliva na energetsko učinkovitost stavb. Pri nekaterih urbanih zasnovah so ugotovili do 30-odstotno (za pisarniške stavbe) in do 19-odstotno (za stanovanjske objekte) znižanje porabe energije.

Zanima me, kako različna oblika in orientacija stavb vplivata na zajem osončenosti na lokaciji Ljubljane, kjer je zaradi zniževanja potrebe po ogrevanju pomemben predvsem zajem sončnega sevanja v obdobju kurilne sezone. V tipičnem gospodinjstvu v Sloveniji porabimo kar 61,8 % celotne energije za ogrevanje prostorov [12]. Oblika in orientacija vplivata na energetski potencial stavbnega ovoja. Kljub temu nisem želel le preveriti zajema sončnega sevanja nekaterih klasičnih oblik stavb (stavbe v obliki lamele, kvadra in kocke), ampak sem želel preveriti tudi, kakšen potencialni zajem sončnega sevanja ima bolj razgibana stavba. Po pridobljenih rezultatih sem nato izbrane stavbe med seboj primerjal glede na zajem sončnega

sevanja in energetski potencial stavbnega ovoja. Zanimalo me je tudi, v kolikšni meri slovenska zakonodaja posega v samo arhitekturno zasnovo stavb.

Oblika in orientacija nimata le velikega vpliva na energetski potencial stavbnega ovoja, ampak ti dve lastnosti stavb tudi pomembno vplivata na kvaliteto dnevne osvetljenosti prostorov. Dnevna svetloba vpliva na našo učinkovitost, razpoloženje, pozornost, budnost, kakovost spanca in sinhronizacijo posameznikove biološke ure. Današnje smernice gradnje zanemarjajo vpliv ustrezne dnevne osvetljenosti prostorov na zdravje in učinkovitost uporabnikov. Trenutne študije ([13], [14], [15]) kažejo, da je potreben večji poudarek na zagotavljanju ugodne (dnevne) svetlobe v prostorih. Dnevna svetloba pomembno vpliva na fiziološke pojave pri ljudeh. Svetloba, ki prehaja skozi oko, sproži regulacijo sproščanja hormona melatonina in kortizola. Pomanjkanje hormona melatonina pa so znanstveniki že povezali z višjo incidenco rakavih obolenj dojk in debelega črevesa. Pomanjkanje hormona kortizola pa je povezano s pretirano zaspanostjo in utrujenostjo. Ustrezna in časovno pogojena osvetljenost regulira cirkadiani ritem človeka. Zadostna osvetljenost prostorov pripomore ne le k boljšemu zdravju uporabnikov, ampak tudi k njihovi večji učinkovitosti [13], [14], [15], [16], [17]. Vizualni (nebiološki) učinek dnevne svetlobe pa vpliva na našo zaznavo okolja (izmenjava informacij: človek - okolje) ter vpliva na kakšen način vidimo stvari (npr. na barvo in intenziteto osvetljenosti predmetov) [16]. S stališča vizualnega učinka je dnevna svetloba za posameznika torej pomembna pri zaznavi okolja.

2 Opis stavb

V magistrskem delu sem analiziral šest tipov stavb. Primarna stavba je stavba »Navpični vrtovi« [18]. Poleg primarne stavbe sem v magistrskem delu samostojno zasnoval pet (sekundarnih) po volumnu in uporabni površini primerljivih teoretičnih stavb. S pomočjo teh stavb sem nato lahko kritično ocenil in primerjal rezultate, ki sem jih pridobil pri analizi osončenosti primarne stavbe. Sekundarne stavbe so primerljive s primarno stavbo, saj sem jih zasnoval tako, da se njihove uporabne in balkonske površine ujemajo v kvadraturi. To pomeni, da sem uporabne in balkonske površine sekundarnih stavb prilagodil tako, da se približno ujemajo z uporabnimi in balkonskimi površinami primarne stavbe. Omeniti je treba, da lamela brez balkonov in stolpnica brez balkonov nimata balkonskih površin. Podrobnejša razlaga stavb sledi v naslednjih podpoglavjih magistrskega dela. Analizirane stavbe so:

1. primarna stavba »Navpični vrtovi«
2. lamela brez balkonov
3. lamela z balkoni
4. lamela s cikcak balkoni
5. stolpnica z balkoni
6. stolpnica brez balkonov

Glej slike 1 in 2.

2.1 Primarna stavba »Navpični vrtovi«

Po predlogu mentorjev sem za primarno stavbo izbral stavbo, ki jo je asist. dr. Špela Hudnik (Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani) predstavila na delovnem srečanju v sklopu projektov na Zavodu za trajnostno in inovativno gradbeništvo (v nadaljevanju: ZTIGR) [19].

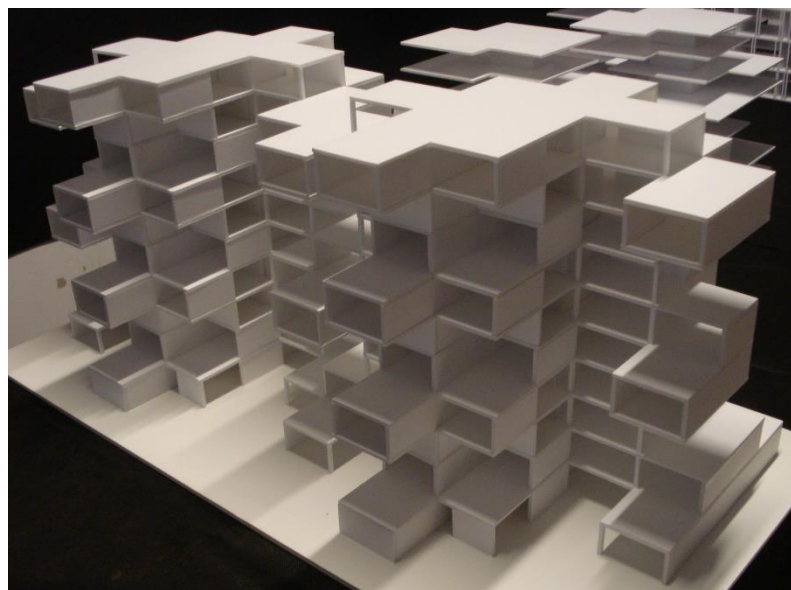
Zasnovo primarne stavbe je v okviru seminarske naloge pri predmetu »Projektiranje in kompozicija« na Fakulteti za arhitekturo, Univerza v Ljubljani, v šolskem letu 2010/2011 sprojehtiral študent Borut Bernik [18]. Čeprav je stavba študentski izdelek in zato neke vrste vaja iz arhitekturnega projektiranja, je zelo zanimiva, saj se ujema s trenutnimi smernicami sodobne arhitekture. Borut Bernik je to stavbo poimenoval »Vertical gardens«, torej »Navpični vrtovi«.

V kontekstu izvedenih stavb je obravnavana stavba primerljiva s stavbami, ki so jih sprojehtirali nekateri veliki arhitekturni biroji na Danskem (npr. Bjarke Ingels Group [20] in 3XN [21]). Kolikor mi je znano, v Sloveniji trenutno ni nobene primerljive izvedene stavbe. Delno bi lahko to stavbo primerjal s stavbo »Bjerget« v Kopenhagnu, ki jo je sprojehtiral »Bjarke Ingels Group« leta 2008 [20]. Stavba je tudi podobna idejni zasnovi »Dancing Apartments«, ki so jo sprojehtirali »UNSANGDONG architects group« [22], in stavbi »TORRE CUAJIMALPA«, ki trenutno pridobiva dokumentacijo za gradnjo [23].

Na delovnem srečanju v okviru ZTIGR [19] je asist. Špela Hudnik predstavila primarno stavbo kot stavbo z zelo dobrim zajemom sončne energije oz. dobro osončenostjo. Na prvi pogled se nam je stavba zdela arhitekturno zanimiva in vredna podrobnejše inženirske analize z vidika osončenosti in dnevne osvetljenosti prostorov, saj je stavba kompleksna, s tem da je volumen

močno artikuliran. Vse potrebne načrte za izdelavo 3D modela v programu SketchUp [24] mi je velikodušno odstopil Borut Bernik [18].

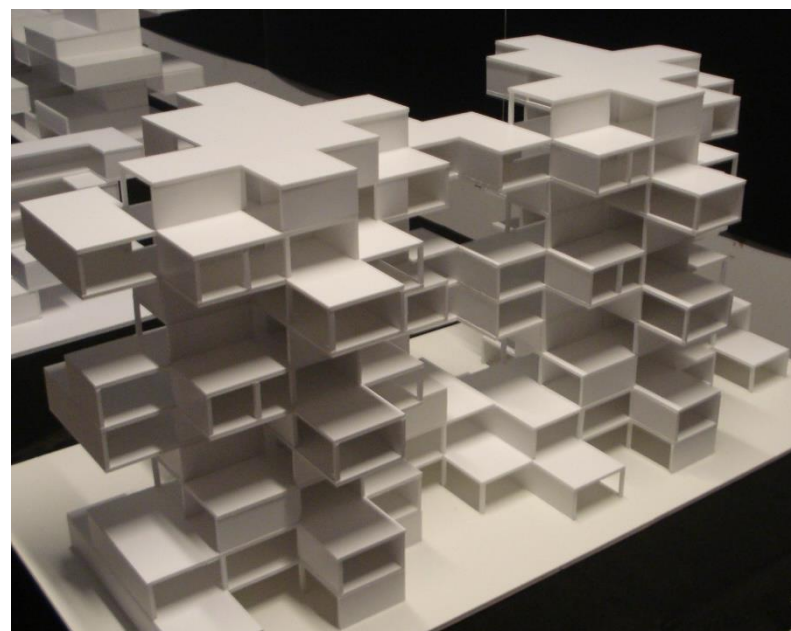
Izhodiščna stavba ima 48 stanovanj. Prvi dve nadstropji imata 16 stanovanj (8 stanovanj na nadstropje). Nadaljnja nadstropja imajo vsaka po 4 stanovanja. V prvih dveh nadstropjih stanovanja mejijo na vzhodno ali zahodno stran, medtem ko v ostalih nadstropjih stanovanja mejijo na vzhodno in zahodno stran. Uporabna površina stanovanj je od 97,17 do 197,07 m². Vsako nadstropje ima svoj tip stanovanj, vendar nikoli več kot 2 (3.–10. nad.) oz. 4 (1.–2. nad.) tipe stanovanj. Primer: v



Slika 1: Maketa primarne stavbe. Pogled iz SV strani (Bernik [18], 2010/2011)

4. nadstropju so štiri stanovanja, vendar sta prisotna samo dva tipa stanovanj. Nekatera nadstropja, kot so tretje, šesto in deveto nadstropje, pa imajo enake tipe stanovanj, vendar pa imajo stanovanja različno kvadraturu zelenih površin. [18]

Čeprav se oblike posameznih nadstropij med seboj razlikujejo, ima stavba dve stopnišči skozi celotno višino stavbe. Kvadratura uporabnih in balkonskih površin po nadstropjih je razvidna iz preglednice 1. Te kvadrature so predstavljale izhodišče pri projektiranju sekundarnih stavb. Na prvi pogled stavba spominja na nekakšno zloženko enako velikih kvadrov. V vsakem nadstropju so kvadri drugače razporejeni, kar naredi stavbo na pogled razgibano. Vsak tip stanovanja iz preglednice 1 se



Slika 2: Maketa primarne stavbe. Pogled iz SZ strani (Bernik [18], 2010/2011)

v stavbi pojavi dvakrat. Podčrtane vrednosti v preglednici 1 so seštevki uporabnih površin vseh stanovanj v posameznem nadstropju.

Preglednica 1: Kvadratura uporabnih in balkonskih površin stanovanj primarne stavbe po nadstropjih.

NADSTROPJE	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
<u>Pritličje</u>	<u>1143,84</u>	
Tip A (*2)	136,28	<u>281,55</u>
Tip B (*2)	173,79	
Tip C (*2)	127,21	
Tip D (*2)	134,72	
<u>1. nadstropje</u>	<u>881,12</u>	
Tip E (*2)	106,66	<u>389,40</u>
Tip F (*2)	118,61	
Tip G (*2)	118,10	
Tip H (*2)	97,17	
<u>2. nadstropje</u>	<u>535,24</u>	
Tip I (*2)	138,93	<u>384,67</u>
Tip J (*2)	128,69	
<u>3. nadstropje</u>	<u>516,28</u>	
Tip K (*2)	134,24	<u>147,37</u>
Tip L (*2)	123,90	
<u>4. nadstropje</u>	<u>744,68</u>	
Tip M (*2)	191,42	<u>128,74</u>
Tip N (*2)	180,91	
<u>5. nadstropje</u>	<u>648,18</u>	
Tip O (*2)	167,39	<u>259,10</u>
Tip P (*2)	156,70	
<u>6. nadstropje</u>	<u>516,28</u>	
Tip K (*2)	134,24	<u>279,49</u>
Tip L (*2)	123,90	
<u>7. nadstropje</u>	<u>517,56</u>	
Tip R (*2)	134,88	<u>128,74</u>
Tip S (*2)	123,90	
<u>8. nadstropje</u>	<u>766,86</u>	
Tip Š (*2)	197,07	<u>128,74</u>
Tip T (*2)	186,35	
<u>9. nadstropje</u>	<u>516,28</u>	
Tip K (*2)	134,24	<u>409,90</u>
Tip L (*2)	123,90	
Streha		680,80
SKUPAJ (brez strehe)	<u>6786,72</u>	<u>2537,80</u>
Stopnišče (vsako nadstropje):	30,81	

2.2 Sekundarne (referenčne) stavbe

Zasnoval sem pet sekundarnih konvencionalno zasnovanih stavb, in sicer tri v obliki lamele in dve v obliki stolpnice. Želel sem preveriti, ali je primarna stavba boljše osončena v primerjavi s sekundarnimi stavbami. V detajlno zasnovi arhitekture in stavbnega ovoja se nisem poglobljal, saj to ni relevantno z vidika teme magistrskega dela. Zato sem zasnoval samo stavbni ovoj vseh petih sekundarnih stavb. Tako sem lahko rezultate osončenosti primarne stavbe primerjal z rezultati osončenosti sekundarnih stavb. To mi je omogočilo objektivno presojo dejanske osončenosti primarne stavbe.

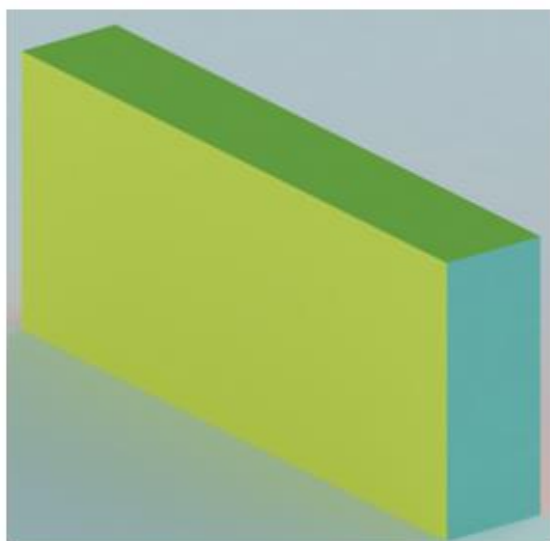
Izhodišče za konceptualno zasnovi sekundarnih stavb je kvadratura uporabnih in balkonskih površin primarne stavbe, ki je razvidna iz preglednice 1. Uporabljene so bile posamezne skupne površine uporabnih površin (6786,72 m²) in balkonskih površin (2537,80 m²) primarne stavbe. Kvadratura uporabnih površin ne upošteva površine nosilnih konstrukcijskih sklopov, zato sem po pravilu prsta ocenil, da uporabna površina primarne stavbe predstavlja 85 % celotne tlorisne kvadrature [25]. Po enačbi (1) sem izračunal novo bruto uporabno površino primarne stavbe $A = 7984,37 \text{ m}^2$. A_n predstavlja neto uporabno površino, torej 6786,72 m² v tem primeru.

$$A = \frac{A_n}{85} * 100 \quad (1)$$

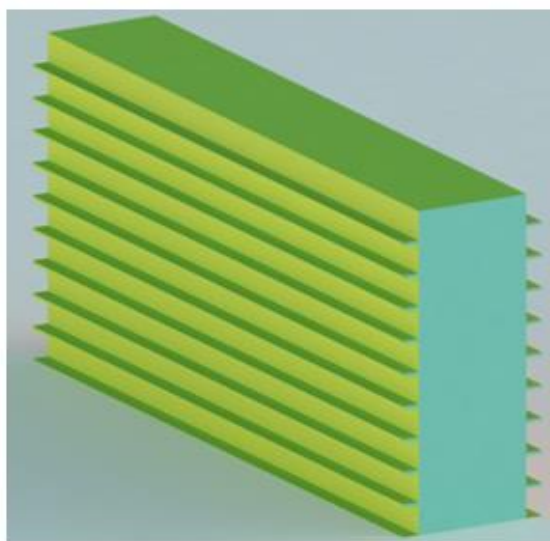
Pridobljeno bruto uporabno površino sem nato uporabil pri konceptualni zasnovi sekundarnih stavb. Kvadraturu balkonskih površin sem uporabil pri zasnovi balkonov sekundarnih stavb (če je sekundarna stavba zasnovana z balkoni). Izračunal sem tudi kvadraturu bruto stopnišča po enačbi (1) $A = 36,24 \text{ m}^2$, kjer A_n predstavlja neto kvadraturu stopnišča (30,81 m²). Pri sekundarnih stavbah v obliki lamele sem upošteval, da ima stavba dve stopnišči z dvigali. Pri sekundarni stavbi v obliki stolpnice sem upošteval, da ima stavba eno stopnišče z dvigali.

V primeru sekundarne stavbe v obliki lamele sem upošteval, da ima tak tip stavbe 10 nadstropij, pri sekundarni stavbi v obliki stolpnice pa sem upošteval, da ima tak tip stavbe 12 nadstropij z enako bruto uporabno površino, kot jo ima primarna stavba. Naredil sem tri tipe stavb v obliki lamele (dve stavbi z balkoni in ena brez balkonov) in dva tipa stavb v obliki stolpnice (ena z balkoni in ena brez balkonov).

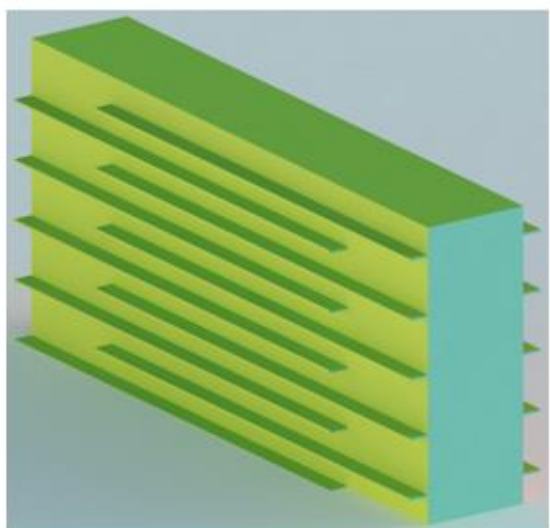
Ker se pri nekaterih stavbah pojavljajo balkoni, pri drugih pa ne, sem dodatno raziskal, v kolikšni meri balkoni dejansko senčijo stavbo in kako se osončenost stavb razlikuje pri stavbah z balkoni in brez njih.



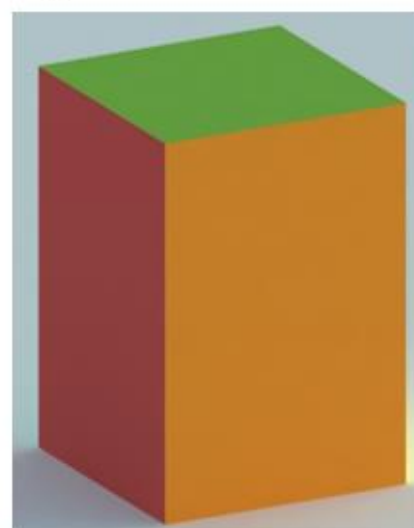
a.) Lamela brez balkonov



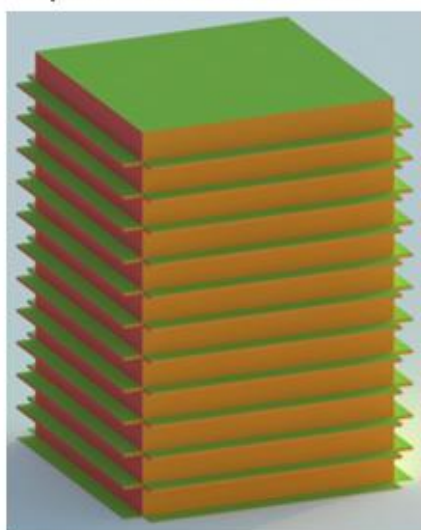
b.) Lamela z balkoni



c.) Lamela s »cikcak« balkoni



d.) Stolpnica brez balkonov



e.) Stolpnica z balkoni

Slika 3: Sekundarne (referenčne) stavbe

2.2.1 Lamela brez balkonov

Za prvi primer sekundarne stavbe sem določil stavbo v obliki lamele brez balkonov. To pomeni, da pri tej stavbi nisem upošteval balkonskih površin primarne stavbe. Lamelo sem razdelil na 10 nadstropij. Pri določitvi dimenzij za stavbo v obliki lamele sem izhajal iz podatkov v preglednici 3, ki je bila narejena na podlagi preglednice 1. Ti podatki so bili dobljeni na podlagi bruto uporabne površine primarne stavbe. Glede na te podatke sem nato določil, da bodo vse stavbe v obliki lamele imele enako dolžino stranice kot primarna stavba. Izhajajoč iz tega sem nato izračunal širino stavbe (upoštevajoč podatke iz preglednice 3). Višina stavb v obliki lamele je enaka višini primarne stavbe. Dimenzije stavbe so razvidne iz preglednice 2. Glede na izbrane dimenzije sem nato zmodeliral stavbo v programu SketchUp [24]. 3D model stavbe je prikazan na sliki 3.

Preglednica 2: Dimenzije stavb v obliki lamele

	Dimenzije [m]
Širina stavbe	12,03
Dolžina stavbe	72,4
Višina stavbe	33

Preglednica 3: Kvadratura uporabnih površin stavb v obliki lamele

	Površina [m ²]
Bruto uporabna površina na nadstropje	798,43
Neto uporabna površina na nadstropje	678,67
Bruto stopnišče	72,49
Neto stopnišče	61,62
SKUPNA bruto površina nadstropja	870,92
SKUPNA neto površina nadstropja	740,28

2.2.2 Lamela z balkoni

Za drugi primer sekundarne stavbe sem določil stavbo v obliki lamele z balkoni. Balkoni so na vzhodni in zahodni strani. 3D model stavbe je prikazan na sliki 3. Dimenzije balkonov sem določil glede na celotno balkonsko površino primarne stavbe. V vsakem nadstropju je bilo treba zagotoviti 253,78 m² balkonskih površin.

Preglednica 4: Dimenzije balkonskih površin pri lameli z balkoni

	Dimenzije [m]
Širina balkona	1,75
Dolžina balkona	72,4
Debelina balkona	0,3

Glede na to sem določil dimenzije balkonov v vsakem nadstropju na zahodni in vzhodni strani. Dimenzije balkonov so prikazane v preglednici 4. Dimenzije stavbe so enake kot pri lameli brez balkonov in so prikazane v preglednici 2.

2.2.3 Lamela s cikcak balkoni

Za tretji primer sekundarne stavbe sem določil stavbo v obliki lamele s cikcak balkoni. Balkoni so na vzhodni in zahodni strani stavbe. 3D model stavbe je prikazan na sliki 3. Za takšno razporeditev balkonov sem se odločil na podlagi vprašanja, ali je na osončenost stavbe mogoče vplivati z drugačnimi tipi balkonov pri isti kvadraturi balkonov (253,78 m² na nadstropje).

Odločil sem se, da bom pri tem primeru stavbe uporabil širino balkona 2,2 m. Tako sem izračunal še ostale dimenzije balkonov, ki so prikazane v preglednici 5.

Preglednica 5: Dimenzije balkonskih površin pri lameli s cikcak balkoni

	Dimenzije [m]
Širina balkona	2,2
Dolžina balkona	57,67
Debelina balkona	0,3

Dimenzije stavbe so enake kot pri lameli brez balkonov in so prikazane v preglednici 2.

2.2.4 Stolpnica brez balkonov

Za četrti primer sekundarne stavbe sem določil stavbo v obliki stolpnice brez balkonov. To pomeni, da pri tej stavbi nisem upošteval balkonskih površin primarne stavbe. Stolpnico sem razdelil na 12 nadstropij. Pri določitvi dimenzij za stavbo v obliki stolpnice sem izhajal iz preglednice 7, ki je bila narejena na podlagi preglednice 1. Dimenzije stolpnice brez balkonov prikazujem v preglednici 6. Upošteval sem, da ima stolpnica samo eno stopnišče. Ti podatki so bili dobljeni na podlagi bruto uporabne površine primarne stavbe. Ker je stavba v obliki stolpnice, sem določil, da bosta širina in dolžina stavbe enaki. Glede na izbrane dimenzije sem nato tudi zmodeliral stavbo v programu SketchUp [24]. 3D model stavbe je prikazan na sliki 3.

Preglednica 6: Dimenzije stavb v obliki stolpnice

	Dimenzije [m]
Širina stavbe	26,48
Dolžina stavbe	26,48
Višina stavbe	39,6

Preglednica 7: Kvadratura uporabnih površin stavb v obliki stolpnice

	Površina [m ²]
Bruto uporabna površina na nadstropje	665,36
Neto uporabna površina na nadstropje	565,56
Bruto stopnišče	36,24
Neto stopnišče	30,81
SKUPNA bruto površina nadstropja	701,60
SKUPNA neto površina nadstropja	596,36

2.2.5 Stolpnica z balkoni

Za peti primer sekundarne stavbe sem določil stavbo v obliki stolpnice z balkoni. Balkoni so na vzhodni, južni, zahodni in severni strani stavbe. 3D model stavbe je prikazan na sliki 3.

Dimenzije balkonov sem določil glede na celotno balkonsko površino primarne stavbe. V vsakem nadstropju je bilo treba zagotoviti 211,48 m² balkonskih površin. Glede na to sem določil dimenzije balkonov v vsakem nadstropju na vzhodni, južni, zahodni in severni strani. Dimenzije balkonov so prikazane v preglednici 8.

Preglednica 8: Dimenzije balkonskih površin pri stolpnici z balkoni

	Dimenzije [m]
Širina balkona	2,00
Dolžina balkona	26,48
Debelina balkona	0,3

Dimenzije stavbe so enake kot pri stolpnici brez balkonov in so prikazane v preglednici 6.

3 Klimatske značilnosti Ljubljane

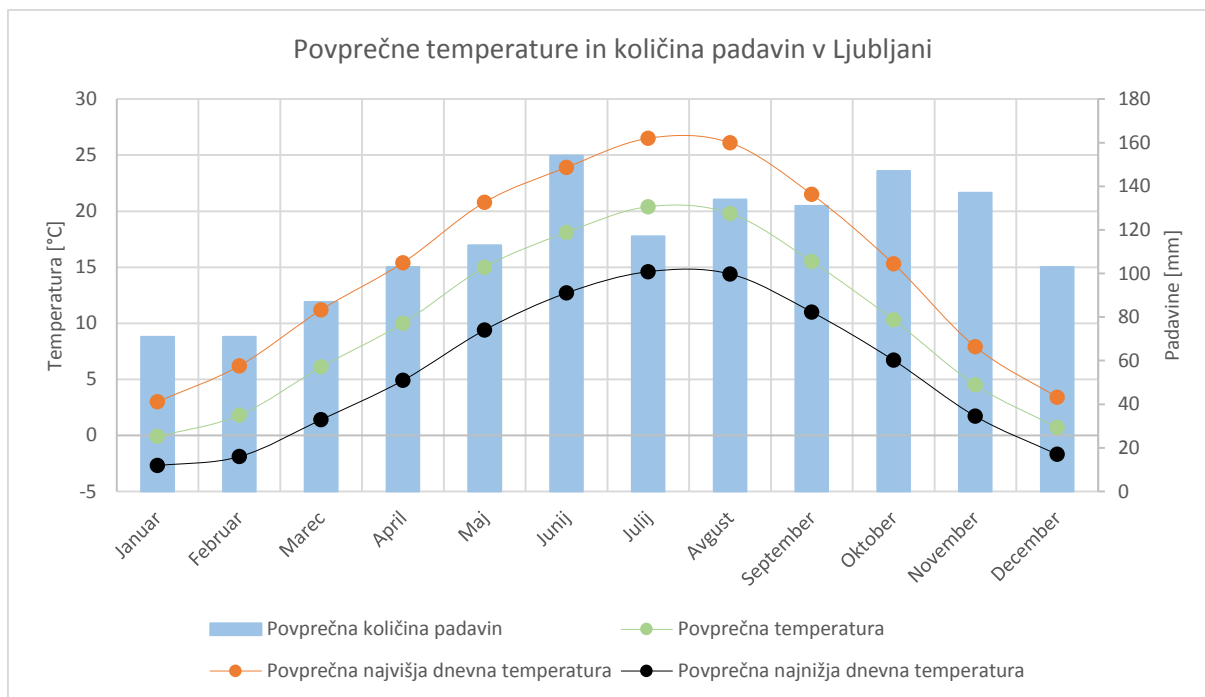
Obravnavane stavbe sem analiziral na lokaciji Ljubljane. Klimatske in geografske podatke o Ljubljani sem dobil preko SURS [26], ARSO [27] in EPESS [28]. Ljubljana leži na severni polobli. V preglednici 9 so razvidni nekateri splošni geografski podatki o Ljubljani. Iz preglednice 9 je razvidno, da so za Ljubljano značilna topla poletja in hladne zime [27].

Preglednica 9: Splošni podatki o Ljubljani

Država	Slovenija
Mesto	Ljubljana
Površina	163,8 km ²
Nadmorska višina	295 m
Koordinate	46,22° sever, 14,48° vzhod
Število prebivalcev	274.826
Gostota	1677,81 preb./km ²
Časovni pas	CET (UTC+1)
<u>Klimatska klasifikacija</u>	
Po Köppen-Geigerjevi klasifikaciji	"Dfb"
	Topla poletja, hladne zime. Zrak je vlažen vse leto.
Po klasifikaciji ASHRAE	"5A"
	Topla poletja, hladne zime. Zrak je vlažen vse leto. (GŠ ¹ : 30–60° sever)

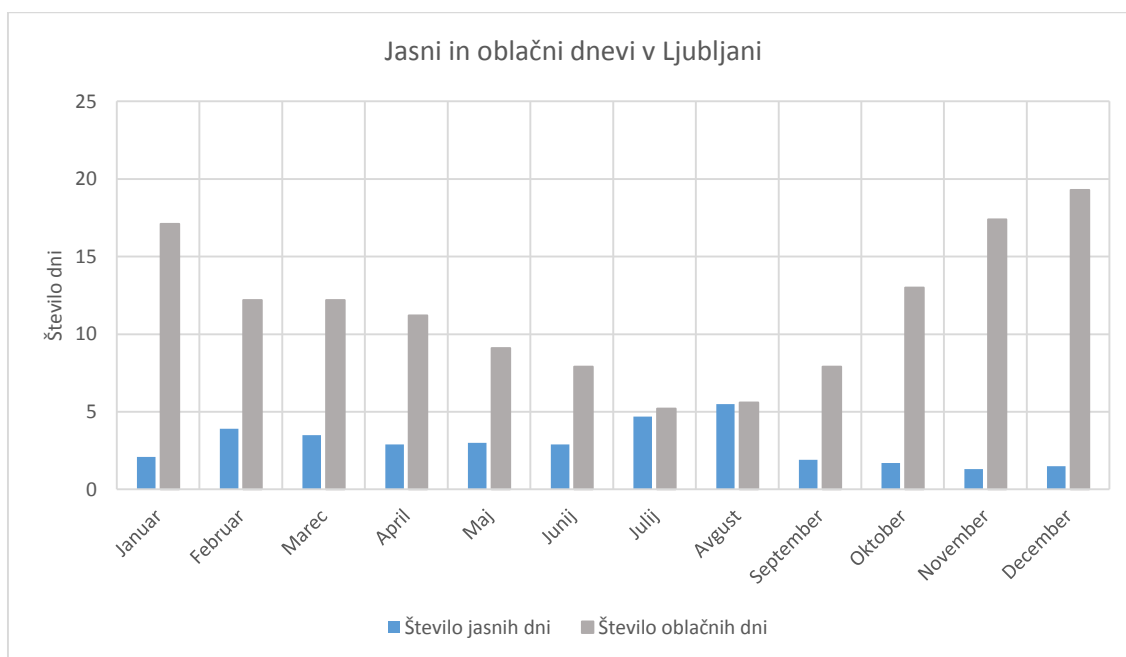
V grafikonih 1, 2 in 4 so prikazane klimatske značilnosti Ljubljane, ki temeljijo na meritvah od leta 1974 do leta 2000 [27]. Iz grafikona 1 je razvidno, da je najhladnejši mesec v Ljubljani januar s povprečno temperaturo –0,1 °C. Najtoplejši mesec je julij s povprečno temperaturo 20,4 °C. Povprečna letna temperatura je 10,2 °C. V poletnih mesecih so prisotna tudi višja nihanja v temperaturi kot pa v zimskih mesecih. Največja dnevna nihanja v temperaturi so prisotna v juliju. V juliju je razlika med povprečno najvišjo in najnižjo temperaturo 11,9 °C. Najmanjša dnevna nihanja v temperaturi so prisotna v decembru. V decembru je razlika med povprečno najvišjo in najnižjo temperaturo 5,7 °C. Največ padavin je v Ljubljani junija, ko pade 154 mm padavin. Veliko padavin ima Ljubljana tudi oktobra (147 mm). Najmanj padavin ima Ljubljana januarja in februarja, ko pade 71 mm padavin [26], [27].

¹ GŠ označuje geografsko širino.



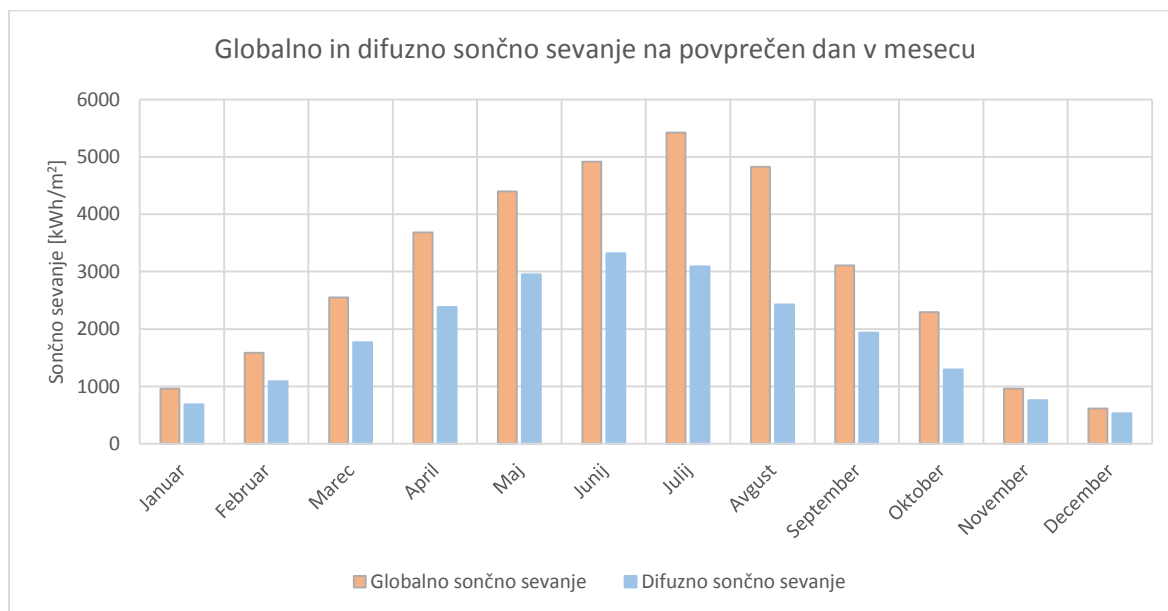
Grafikon 1: Grafikon povprečnih temperatur in padavin v Ljubljani

Grafikon 2 prikazuje število jasnih in oblačnih dni po posameznih mesecih [26], [27]. Za oblačno obdobje se upošteva čas, ko je več kot 8/10 neba prekritih z oblaki. Za jasno obdobje se upošteva čas, ko sta manj kot 2/10 neba prekrite z oblaki. Iz grafikona 2 je razvidno, da je največ oblačnih dni v decembru (19,3 dneva). Najmanj oblačnih dni je v juliju (5,2 dneva). Največ jasnih dni je v avgustu (5,5 dneva). Najmanj jasnih dni je v novembru (1,3 dneva). Skupaj v letu ima Ljubljana oblačnih povprečno 138,1 dneva in jasnih 35,1 dneva. Iz tega sklepam, da ima Ljubljana v letu povprečno 191,8 dneva delno oblačnih dni.



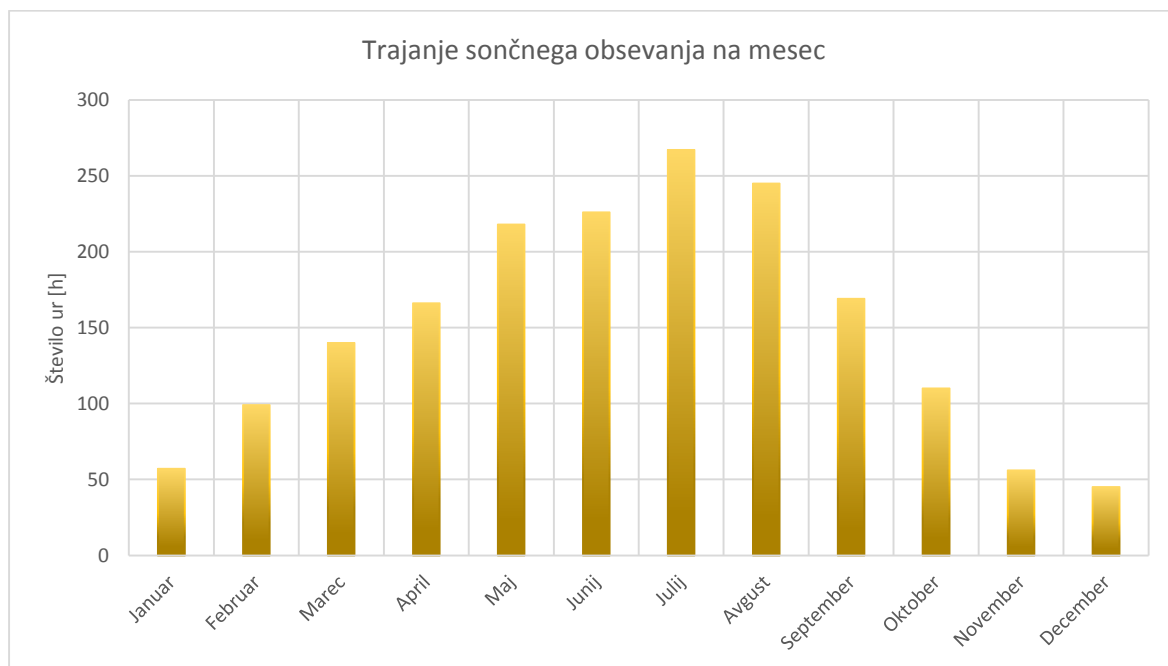
Grafikon 2: Grafikon jasnih in oblačnih dni v Ljubljani

Grafikon 3 prikazuje globalno in difuzno sončno sevanje na povprečen dan v mesecu v Ljubljani [28]. Največ globalnega sevanja na dan v Ljubljani je julija (5425 kWh/m^2). Najmanj globalnega sevanja na dan v Ljubljani je decembra (615 kWh/m^2). Največ difuznega sevanja na dan v Ljubljani je junija (3323 kWh/m^2). Najmanj difuznega sevanja na dan v Ljubljani je decembra (533 kWh/m^2). Intenzivnost globalnega sončnega sevanja je sorazmerna s številom oblačnih in jasnih dni v mesecu, razvidnih iz grafikona 2.



Grafikon 3: Globalno in difuzno sončno sevanje na povprečen dan v mesecu na lokaciji Ljubljane

Grafikon 4 prikazuje mesečno trajanje sončnega obsevanja v Ljubljani [26], [27]. Na leto ima Ljubljana povprečno 1798 sončnih ur. Najmanj sončnih ur je v Ljubljani decembra (45 ur). Največ sončnih ur je v Ljubljani julija (267 ur).



Grafikon 4: Trajanje sončnega obsevanja na mesec v Ljubljani

4 Metoda in zasnova študije osončenosti in energetskega potenciala

4.1 Razdelitev primarne stavbe s pomočjo konstrukcijske mreže

V tem poglavju bom razložil, na kakšen način sem primarno stavbo razdelil s pomočjo 3D konstrukcijske mreže. Uporaba 3D konstrukcijske mreže je bila nujna zaradi preglednosti rezultatov pri osončenosti stavbe. Skupek kvadrov pri primarni stavbi v vsakem nadstropju tvori več stanovanj. Za namene magistrskega dela sem to stavbo razdelil s pomočjo konstrukcijske mreže. V smeri zahod-vzhod je stavba razdeljena s konstrukcijskimi osmi od A do G. Razmik med posameznimi osmi (npr. A–B) je 5,5 m. Skupni razmik med osmi A–G tvori skupno širino stavbe, ki je 33 m. V smeri sever-jug je stavba razdeljena s konstrukcijskimi osmi od 1 do 13. Razmik med temi posameznimi osmi (npr. 1–2) je 5,7 m. Izjema so razdalje med konstrukcijskimi osmi: 2–3, 5–6, 8–9 in 11–12, med katerimi je razdalja 6,7 m. Skupni razmik med osmi 1–13 tvori skupno dolžino stavbe, ki je 72,4 m. Stavbo sem razdelil tudi na konstrukcijske osi po višini. Od pritličja do devetega nadstropja je stavba razdeljena s konstrukcijskimi osmi od 0 do X (rimske številke). Razmik med temi konstrukcijskimi osmi je 3,3 m. Svetla višina vsakega nadstropja je 3 m. Če upoštevamo tudi debelino nadstropne plošče, meri konstrukcijska višina enega nadstropja 3,3 m. Skupna višina stavbe je torej 33 m. Načrti stavbe so priloženi v prilogi A. Iz načrtov in prereza stavbe je tudi boljše razviden način razdelitve stavbe s konstrukcijsko mrežo. Omeniti je treba, da se širina stavbe razlikuje na različnih predelih stavbe. To je razvidno s slik 4 in 5. Pred začetkom analize osončenosti sem primarno stavbo modeliral v programu SketchUp [24]. Pred začetkom simulacij sem model stavbe poenostavil v smislu, da sem določene površine združil v eno entiteto (npr. združitev sosednjih zahodnih površin v različnih nadstropjih). Stavbo sem razdelil na šest vrst površin: severne, južne, vzhodne, zahodne, balkonske in strešne. Zaradi kompleksnosti stavbe sem preko zasnovane 3D konstrukcijske mreže lahko po določenem sistemu označil vsako analizirano površino. Razvil sem tri poimenovanja površin, ki so odvisna od tega, v katero smer je površina obrnjena. Za poimenovanje zahodno in vzhodno obrnjenih površin sem uporabil naslednjo vrsto poimenovanja:

Primer poimenovanja: V[G], [10-11][3 nad.]. V označuje površino, ki je obrnjena proti vzhodu. [G] označuje površino, ki leži na konstrukcijski osi G. [10-11] označuje površino, ki leži med konstrukcijskima osema 10 in 11. [3 nad.] označuje, da se površina nahaja v 3 nadstropju. Omenjeno površino sem označil na sliki 5 z vijoličnim kvadratom.

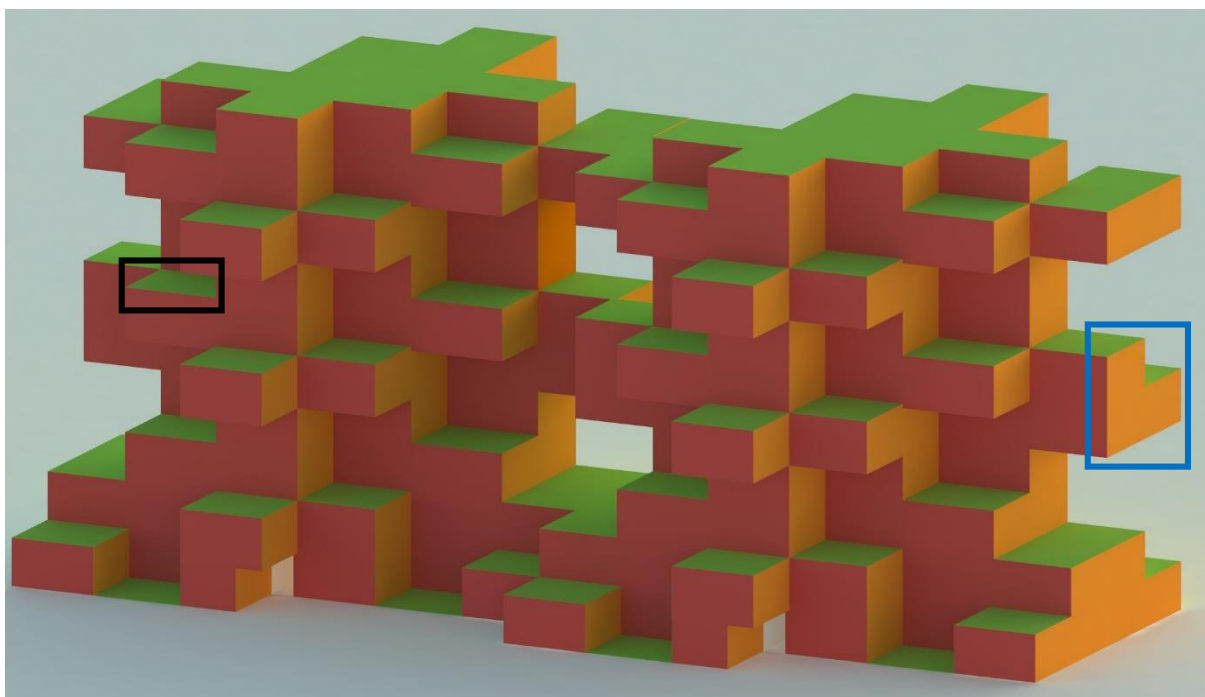
Za poimenovanje južno in severno obrnjenih površin sem uporabil naslednjo vrsto poimenovanja:

Primer poimenovanja: J[13], [D-F][4-5 nad.]. J označuje površino, ki je obrnjena proti jugu. [13] označuje površino, ki leži na konstrukcijski osi 13. [D-F] označuje površino, ki leži med konstrukcijskima osema D in F. [4-5 nad.] označuje, da se površina nahaja med 4 in 5 nadstropjem. Omenjeno površino sem označil na sliki 4 z modrim kvadratom.

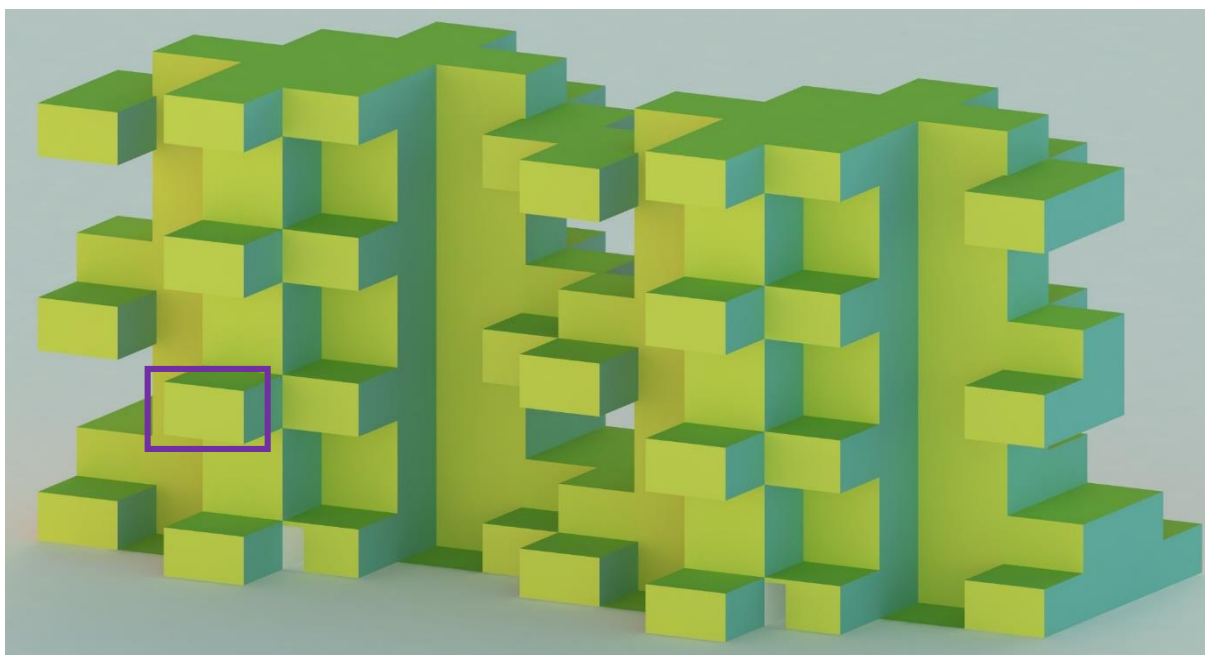
Za poimenovanje balkonskih in strešnih površin sem uporabil naslednjo vrsto poimenovanja:

Primer poimenovanja: G[VI], [2-3][B-C]. G označuje balkonsko oz. strešno površino. [VI] označuje površino, ki leži na šesti višinski konstrukcijski osi. [2-3] označuje površino, ki leži med konstrukcijskima osema 2 in 3. [B-C] označuje, da se površina nahaja med konstrukcijskima osema B in C. Omenjeno površino sem označil na sliki 4 s črnim kvadratom.

Le s takim načinom poimenovanja površin sem lahko smiselno uredil rezultate, dobljene z računalniško simulacijo. Med drugim pa se na ta način tudi lahko hitro razbere, kolikšna je osončenost določene površine. Na sliki 4 in 5 so z **rdečo barvo** označene zahodne površine, z **oranžno barvo** južne površine, z **zeleno barvo** terasne (vključno s streho) površine, z **rumeno barvo** vzhodne površine in z **modro barvo** severne površine.



Slika 4: Pogled na 3D model primarne stavbe iz JZ smeri



Slika 5: Pogled na 3D model primarne stavbe iz SV smeri

4.2 Metoda izračuna osončenosti in energetskega potenciala stavbnega ovoja

Za izračun osončenosti stavb sem uporabil računalniški program SHADING Tools Plugin v1.0 [29], ki ga je mogoče dodati kot brezplačen dodatek programu SketchUp [24]. Dodatek omogoča detajlno analizo osončenosti izbranih površin, predhodno zmodeliranih v programu SketchUp [24]. Tako je mogoče analizo osončenosti predstaviti kvantitativno in vizualno (3D slike). Namen programa oz. dodatka je omogočiti arhitektom in inženirjem vpogled v dejansko osončenost stavb že v fazi idejne zasnove stavb. Preko poskusov in analiz je tako mogoče priti do zasnove stavbe, ki bo kar najboljše izkoristila pozitivni vpliv sončnega sevanja na stavbo pri minimalnih negativnih vplivih le-tega. Poleg tega je ta programska oprema zelo uporabna tudi pri projektiranju stacionarnih in aktivnih sončnih celic, saj lahko s tako izvedeno analizo v fazi izvedbe postavimo sončne celice tako, da bodo imele največji možni zajem sončnega sevanja glede na dane zmožnosti lokacije oz. stavbe. Stacionarne sončne celice so celice, ki so fiksirane na določenem položaju vse leto. Aktivne sončne celice so celice, ki so fiksirane na premikajočem se držalu, ki se prilagaja navidezni poti sonca. Kot dodatno lahko z uporabo te programske opreme tudi določimo, kako uspešna so različna senčila pri senčenju transparentnih površin stavbe. Ta programska oprema pa se ne uporablja le na ravni posameznih stavb, ampak se lahko uporabi tudi v sklopu urbanističnega planiranja, kjer je v širšem okolju zajem sončnega sevanja izjemno pomemben dejavnik načrtovanja.

Analizo osončenosti sem pri vseh stavbah izvedel za primer brez okoliških ovir. Tako sem lahko primerjal, kako sama zasnova posamezne stavbe vpliva na zajem sončnega sevanja. Če bi stavbe locirali v neko urbano okolje, kjer so prisotne okoliške stavbe, bi seveda morali upoštevati tudi njihov vpliv. V mojem primeru, kjer sta me zanimala sama zasnova stavbe in njen vpliv na njen potencial osončenosti, pa to ni bilo potrebno.

Zaradi programske omejitve sem moral združiti več enako orientiranih fasadnih površin kompleksne zasnove primarne stavbe, kjer se je le dalo. Program namreč vedno deluje po svojih omejitvah in ne po največjih sposobnostih računalniških komponent. Tako tudi pri zelo dobrem računalniku program še vedno porabi veliko časa za izračun osončenosti ploskve na celoletni ravni. Pri enostavnih stavbnih zasnovah (sekundarne stavbe) to ni bilo

Preglednica 10: Parametri, vstavljeni v program SHADING Tools Plugin v 1.0 [29]

Lokacija objekta	Ljubljana
Geografska širina	46,05° N
Geografska dolžina	14,50° V
Stopnja vzorca	30
Interval simulacije	30 minut
Začetek simulacije	1. 1. 2014
Konec simulacije	31. 12. 2014

potrebno. Parametri, ki sem jih določil v omenjenem programu [29], so razvidni iz preglednice 10. Omeniti je treba, da višja stopnja vzorca poda natančnejše rezultate. V osnovi je program zasnovan tako, da računa s stopnjo vzorca 15. Za večjo natančnost rezultatov sem stopnjo vzorca povečal na 30. Program je izračunal osončenost fasade na vsakih 30 minut v dnevu. Omeniti je treba, da program računa osončenost izbrane ploskve samo od sončnega vzhoda do sončnega zahoda. Simulacija osončenosti stavbe je bila izvedena za vsak dan v letu 2014. Po opravljenih simulacijah program poda rezultate v preglednici, ki jo je treba dodatno urediti.

Ploskve, za katere program izračuna osončenost, so v preglednici označene z identifikacijskimi številkami in kvadraturami (npr. »Surface 18991, Area = 199«). V nekaterih primerih sem istočasno simuliral izračun osončenosti za več izbranih ploskev, vendar iz rezultatov ni bilo razvidno, katera ploskev je predstavljena pod posamezno identifikacijsko številko. Zato sem uporabil lažji način povezovanja identifikacijskih številk ploskev in ploskev na fasadi. Znotraj programa SketchUp [24] sem za določitev ploskve na modelu uporabil funkcijo »Ruby Console«, ki omogoča pisanje programske kode. Za prepoznavanje posamezne ploskve sem v »Ruby Console« napisal naslednjo kodo:

```
i=18991;m=Sketchup.active_model;s=m.selection;s.clear;m.active_entities.grep(Sketchup::Face).each{|f|if f.entityID==i;s.add(f);break;end} [30]
```

Po potrditvi kode v funkciji »Ruby Console« je program SketchUp [24] samodejno poiskal ploskev na stavbi, kar je omogočilo lažjo in hitrejšo urejanje rezultatov analize. Vsako identifikacijsko številko sem nato zamenjal z že omenjenim poimenovanjem ploskev v poglavju 4.1 (primarna stavba). Pri sekundarnih stavbah takšno določevanje ploskev ni bilo potrebno, ker so stavbe precej enostavne zasnove.

Rezultati simulacije, podani ob svoji časovni enoti na vsake pol ure (... , 8:00, 8:30, ...), predstavljajo faktor osončenosti stavbe² in so podani kot odstotek dela osončenosti fasade v nekem trenutku (npr. v nekem trenutku je osončenih 85,30 % celotne fasade/ploskve). Višji kot je odstotek faktorja osončenosti, večji delež izbrane ploskve/fasade je osončen. Torej se vrednost giblje med 0 in 100 %, kjer 100 % pomeni, da je izbrana ploskev/fasada popolnoma osončena v nekem trenutku. Rezultati simulacije so bili podani po naslednjem načinu izračuna:

$$A_p = \frac{A_o}{A_f} * 100 \quad (2)$$

A_pdelež izbrane ploskve/fasade, ki je v nekem trenutku osončena [%]

A_okvadratura osončenega dela izbrane ploskve/fasade v nekem trenutku [m²]

A_fkvadratura izbrane ploskve/fasade [m²]

Ker program izračuna faktorje osončenosti ob določenih trenutkih, je z nadaljnjo obdelavo podatkov mogoče preveriti tudi zahteve, ki se pojavljajo v TSG-01-004_2010 (v nadaljevanju: TSG4) [31]. Več o zahtevah TSG4 [31] sledi v nadaljevanju. S pridobljenimi faktorji osončenosti v nekem trenutku sem nato lahko za vsako simulirano ploskev/fasado izračunal še glavne faktorje osončenosti, ki predstavljajo povprečja osončenosti fasade po posameznih mesecih. Tako sem za izbrano ploskev/fasado izračunal 12 mesečnih faktorjev osončenosti za vsak mesec posebej. Pri računanju mesečnega faktorja ($F_{ob,m}$) osončenosti je bilo treba najprej izračunati povprečne dnevne faktorje osončenosti ($F_{ob,d+n}$) izbrane ploskve/fasade in iz dnevnik faktorjev osončenosti v mesecu nato izračunati povprečni mesečni faktor osončenosti izbrane ploskve/fasade. Mesečni faktor osončenosti predstavlja delež osončenosti izbrane

² Faktor osončenosti je vrednost, ki se giblje med 0 in 1. Zaradi razumljivosti magistrskega dela sem nadalje za vrednost faktorja osončenosti uporabil vrednost med 0 in 100 %, torej sem faktor osončenosti pomnožil s 100 ter tako dobil odstotek osončenosti fasade.

ploskve/fasade na neki »povprečen dan« v izbranem mesecu. Izračun mesečnega faktorja osončenosti predstavlja formula (3).

$$F_{ob,m} = \frac{(F_{ob,d} + F_{ob,d+1} + F_{ob,d+2} + \dots + F_{ob,dn})}{D_n} \quad (3)$$

$F_{ob,m}$mesečni faktor osončenosti izbrane ploskve/fasade v izbranem mesecu [%]

$F_{ob,d}$faktor osončenosti za prvi dan v izbranem mesecu [%]

D_nštevilo dni v izbranem mesecu

Mesečni faktor osončenosti kaže, kolikšen delež površine je osončen na povprečen dan v mesecu (npr. na povprečen dan v mesecu je neka površina osončena 55-odstotno (torej 55 % celotne površine) v celotnem svetlem delu dneva). Izračunani mesečni faktorji osončenosti ($F_{ob,m}$) posameznih fasad (vzhodna, zahodna, severna in južna fasada, vključno s horizontalnimi površinami) se nato uporabijo pri izračunu energetske bilance stavbe ali energetske izkaznice stavbe, ki je listina s podatki o energetski učinkovitosti stavbe. Izkaznica energetske bilance je potrebna skladno z zakonom EZ-1 [32]. Mesečni faktorji osončenosti ($F_{ob,m}$) se uporabijo v kvazidinamičnih metodah/programih, ki so potrebni za izračun zahtevane energetske bilance stavbe po navodilih v TSG4 [31]. Omeniti je treba, da TSG4 [31] predpostavlja, da solarni dobitki niso mogoči skozi netransparentni konstrukcijski ovoj, ampak samo skozi transparentni del stavbnega ovoja. Nekateri pa računajo mesečne faktorje osončenosti ($F_{ob,m}$) samo na 21. dan vsakega meseca, ki v stroki velja kot nekakšen dober približek pravemu mesečnemu faktorju osončenosti, kjer se upošteva vsak dan v mesecu oz. letu. To sicer ne velja povsem za 21. december in 21. junij, ko so pogoji v mesecu najbolj ekstremni (najkrajši in najdaljši dan v letu).

Po izračunanih mesečnih faktorjih osončenosti sem nadalje izračunal še celoletni faktor osončenosti stavbe ($F_{ob,l}$). $F_{ob,l}$ predstavlja delež osončenosti izbrane ploskve/fasade ali kar celotne stavbe na neki »povprečen dan« v letu. Ta faktor se ne uporablja v izračunih energetske bilance, ampak sem ga izračunal za primerjavo primarne in sekundarnih stavb tudi na celoletni ravni osončenosti posameznih stavb. Celoletni faktor osončenosti stavbe je dober pokazatelj potenciala zajema sončnega sevanja posamezne stavbe. $F_{ob,l}$ izbrane ploskve/fasade ali stavbe sem izračunal na podoben način kot v enačbi (3). Uporabil sem tudi enačbo (4).

Pri primarni stavbi sem izračunal osončenost posameznih balkonskih, strešnih, vzhodnih, zahodnih, južnih in severnih ploskev. S temi rezultati sem nato izračunal osončenost celotne balkonske, strešne, vzhodne, zahodne, južne in severne površine. Celotno osončenost površine sem izračunal z upoštevanjem rezultatov osončenosti in kvadrature posameznih ploskev. Na ta način sem izračunal skupni mesečni faktor vseh balkonskih, strešnih, vzhodnih, zahodnih, južnih in severnih površin. Primer, ki je naveden pod tem odstavkom, ni neposredno povezan z rezultati primarne stavbe, ampak služi samo kot pomagalo k tej razlagi. Primer:

Na zahodni strani imamo tri enako orientirane ploskve z različno kvadraturjo in različnimi mesečnimi faktorji osončenosti ($F_{ob,m}$) v poljubnem mesecu:

Zahodna ploskev 1, $F_{ob,m1} = 50$ [%], $A_1 = 100$ m²

Zahodna ploskev 2, $F_{ob,m2} = 75$ [%], $A_2 = 250$ m²

Zahodna ploskev 3, $F_{ob,m3} = 100$ [%], $A_3 = 350$ m²

Skupni mesečni faktor osončenosti za poljubni mesec izračunamo po enačbi (4). V tem primeru je skupni mesečni faktor za poljubni mesec $F_{ob,m} = 83,92$ [%].

$$F_{ob,m} = \frac{(F_{ob,m1} * A_1 + F_{ob,m j2} * A_2 + F_{ob,m j3} * A_3 + \dots + F_{ob,m jn} * A_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (4)$$

Z enačbama (3) in (4) tako ustrezno upoštevamo število dni v mescu in vpliv različnih kvadratur površin na skupni mesečni ali celoletni faktor osončenosti stavbe. Uporaba teh dveh enačb je bila pri primarni stavbi uporabljena pri vseh nadaljnjih izračunih, saj ima primarna stavba veliko število ploskev. Pri nadaljnjih izračunih za sekundarne stavbe pa je bila enačba (4) uporabljena pri izračunu celoletnega faktorja osončenosti za celotno posamezno stavbo ali njene ploskve/fasade.

Določil sem, da je program izvedel simulacije v 30-minutnih intervalih. Zato prihaja do manjše napake pri izračunih osončenosti. Iz preglednice 11 je razvidno, da so dejanski povprečni dnevi [33] v vseh 12 mesecih na lokaciji Ljubljane časovno daljši od povprečne dolžine dneva po programu SHADING Tools Plugin v1.0 [29]. Program izračuna osončenost izbrane ploskve/fasade na vsakih 30 minut (... , 8:00, 8:30, 9:00, ...). Ker pa so sončni vzhodi in zahodi redkokdaj točno ob teh urah, prihaja do razlike v časovni dolžini dneva. Primer: 26. 1. 2014 je bil sončni vzhod v Ljubljani ob 7:31, a ker program računa faktor osončenosti izbrane ploskve/fasade v 30-minutnih intervalih, izračuna prvi faktor osončenosti komaj ob 8:00. Ker pa program računa faktor osončenosti na diskreten način, ta faktor dejansko pomeni, da velja za časovno obdobje od 7:45 do 8:15. Istega dne je bil sončni zahod v Ljubljani ob 16:58, a ker program računa faktor osončenosti izbrane ploskve/fasade v 30- minutnih intervalih, izračuna zadnji faktor osončenosti že ob 16:30, kar pomeni, da je dne 26. 1. 2014 razlika med dejanskim in izračunanim časovnim intervalom 27 minut. Če primerjamo povprečno celomesečno razliko med dejansko in izračunano časovno dolžino dneva v januarju, je ta precej manjša (0:15:37) kot na dan 26. 1. 2014. To pomeni, da imajo zahodne in vzhodne površine po rezultatih iz računalniškega programa nekoliko manjšo odstotkovno in časovno osončenost, kot pa bi jo imele v realnosti, saj do te napake prihaja na začetku in koncu dneva. Ta razlika pa nekoliko vpliva tudi na severno orientirane površine, ki so osončene od sredine marca pa do sredine septembra. To pomeni, da so v realnosti tudi severne površine stavb odstotkovno in časovno gledano bolj osončene, kot pa kažejo rezultati programskega orodja. V določenem obsegu to vpliva tudi na odstotkovno in časovno osončenost južnih ploskev od sredine septembra do sredine marca, ki bi v realnosti imele nekoliko višjo odstotkovno in časovno osončenost. V mesecih od sredine marca pa do sredine septembra bi v realnosti južne ploskve imele nekoliko nižji faktor osončenosti, z izjemo, da bi časovna komponenta ostala enaka, saj sonce vzide in zaide izven »pogleda« južne fasade. Razlika med dejansko in izračunano povprečno dolžino dneva je najočitnejša v juniju, avgustu in oktobru. V drugih mesecih pa ta napaka odstotkovno gledano ni tako očitna. Na hipoteze, predpostavljene na začetku magistrskega dela, ta »napaka« po mojem mnenju pri interpretaciji samih rezultatov ne vpliva bistveno, saj ta »napaka« vpliva na primarno in sekundarne stavbe. To pomeni, da so vse stavbe izpostavljene tej »napaki«, kar posledično ne vpliva veliko na samo medsebojno primerjavo stavb. »Napaka«

je do določene meje porazdeljena med fasadami, zato je odstopanje dejanskih in izračunanih faktorjev osončenosti po mojem mnenju majhno. Programsko orodje privzame idealno situacijo topografije, kar pomeni, da je stavba locirana na neskončno ravni ploskvi. Pogled proti horizontu je neoviran. Pri večini realnih lokacijah stavb temu ni tako, saj se na horizontu pojavljajo ovire (hrubi, drevesa, druge stavbe itd.), ki ovirajo sončne žarke ravno takrat, ko se pojavlja ta »napaka«. Vpliv topografije na zajem sončnega sevanja so opisali tudi v študiji Košir [11]. Pomembno je tudi vedeti, da so vrednosti sončnega sevanja zaradi nizkih vpadnih kotov ob sončnem vzhodu in zahodu zelo nizke. Zato je ta »napaka« zanemarljiva [25].

Preglednica 11: Dejanska in povprečna dolžina dneva po simulacijskem programu

	Dejanska povprečna dolžina dneva [t]	Povprečna dolžina dneva po simulacijskem programu [t]	Razlika
Januar	9:06:55	8:51:17	0:15:37
Februar	10:21:43	9:55:43	0:26:01
Marec	11:55:33	11:30:00	0:25:33
April	13:33:37	13:06:00	0:27:37
Maj	14:57:57	14:38:43	0:19:14
Junij	15:41:39	15:00:00	0:41:39
Julij	15:20:14	14:58:04	0:22:10
Avgust	14:06:16	13:35:48	0:30:28
September	12:32:19	12:16:00	0:16:19
Oktober	10:56:30	10:25:10	0:31:20
November	9:28:30	8:59:00	0:29:30
December	8:42:35	8:30:00	0:12:35

Pomembno je ločiti med odstotkovno in časovno osončenostjo. Odstotkovna osončenost pove, koliko odstotkov fasade je (povprečno) v določenem trenutku, dnevu ali mesecu osončenih. Časovno osončenost sem izračunal na podlagi odstotkovne osončenosti fasade. Po izračunu odstotkovne osončenosti površin v določenih trenutkih (8:00, 8:30 ...) sem te odstotke pretvoril na časovno komponento. Izračunal sem, koliko minut so površine osončene od 7:45 do 8:15, od 8:15 do 8:30 itd. Izračunano dolžino trajanja osončenosti v teh trenutkih sem nato seštel za vsak dan ter tako dobil dnevno časovno komponento. Iz dnevniških časovnih komponent sem nato dobil tudi mesečne in letne časovne komponente. Mesečna faktorja osončenosti dveh različnih mesecev z enako vrednostjo imata različno časovno komponento, saj se dolžina dneva med letom spreminja.

Za izračun energetskega potenciala stavbnega ovoja sem uporabil podatke, pridobljene iz spletne aplikacije PV Watts [34], to je celomesečna povprečja (na povprečen dan v mesecu) sončnega obsevanja na izbrane površine. Pridobil sem podatke o povprečnih mesečnih sončnih obsevanjih za južno, severno, vzhodno in zahodno orientirane površine. Podatki PV Watts [34] zajemajo direktno in difuzno komponento sončnega obsevanja. Difuzno sončno sevanje je posledica razpršitve svetlobe v molekulah in delcih v atmosferi. Kljub temu taki svetlobi uspe priti do zemljinega površja. Medtem ko ima direktno sončno sevanje natanko določeno smer, je difuzno sončno sevanje nima. Difuzno sončno sevanje je prisotno praktično v vseh smereh. V primeru direktnega sončnega sevanja je mogoče takšno sevanje blokirati,

tako nastanejo sence. Ker pa je difuzno sončno sevanje prisotno v vseh smereh, takšen tip sevanja (difuzno sončno sevanje) posledično ne generira senc [16]. Program SHADING Tools Plugin v1.0 [29] v svojih izračunih ne upošteva osončenosti fasade zaradi difuznega sončnega sevanja, ampak upošteva in generira sence na podlagi direktne poti sonca in direktnega sončnega sevanja. Pri navedbi energetskega potenciala stavbnega ovoja je tako treba v razmislek vzeti tudi dejstvo, da so tudi osenčene površine v določenem deležu difuznega sončnega obsevanja. Komponenta difuznega sončnega obsevanja je enaka pri vseh stavbah, medtem ko imajo stavbe drugačen energetski potencial izkoristka direktnega sončnega obsevanja. Omeniti je potrebno, da lahko tudi difuzna sončna komponenta na nekaterih predelih stavbe variira zaradi same oblike stavbe. Na primer, difuzna komponenta je lahko manjša na izbrani točki na fasadi, če je nad to točko narejen nadstrešek (nadstrešek blokira difuzno sončno sevanje tudi iz smeri neba) ali kakršnakoli druga ovira okoli izbrane točke na fasadi.

S pomočjo mesečnih faktorjev osončenosti ($F_{ob,m}$) posameznih ploskev stavbnega ovoja sem izračunal energetski potencial stavbnega ovoja. Upoštevati je bilo treba tudi orientacijo analiziranih ploskev, saj imajo različno orientirane površine drugačen največji energetski potencial na povprečen dan v izbranem mesecu. Energetski potencial posameznih ploskev stavbnega ovoja na povprečen dan v izbranem mesecu sem dobil po formuli (5).

$$E_{pot,m} = \frac{F_{ob,m}}{100} * W_{PV,m,o} \quad (5)$$

$E_{pot,m}$energetski potencial izbrane ploskve na povprečen dan v izbranem mesecu [kWh/m²]

$F_{ob,m}$mesečni faktor osončenosti izbrane ploskve/fasade v izbranem mesecu [%]

$W_{PV,m,o}$...energetski potencial 1 m² površine, orientirane v smeri jug, sever, vzhod, zahod ali proti nebu, na povprečen dan v izbranem mesecu po podatkih spletne aplikacije PV Watts [34] [kWh/m²]

Energetski potencial stavbnega ovoja oz. izbrane ploskve na povprečen dan v letu sem dobil po formuli (6).

$$E_{pot,l} = \frac{(E_{pot,m1} * D_n + E_{pot,m2} * D_{n+1} + \dots + E_{pot,m12} * D_{n+11})}{D_l} \quad (6)$$

$E_{pot,l}$energetski potencial stavbnega ovoja oz. izbrane ploskve na povprečen dan v letu [kWh/m²]

$E_{pot,m}$energetski potencial stavbnega ovoja oz. izbrane ploskve na povprečen dan v izbranem mesecu [kWh/m²]

D_nštevilo dni v izbranem mesecu

D_lštevilo dni na leto

Energetski potencial stavbnega ovoja na povprečen dan v mesecu pri več različno orientiranih ploskvah sem izračunal po formuli (7). Indeksi j, s, v, z in g označujejo površine, ki so orientirane proti jugu, severu, vzhodu, zahodu in proti nebu.

$$E_{pot,st.ovej,m} = \frac{(E_{pot,j,m} * A_j + E_{pot,s,m} * A_s + E_{pot,v,m} * A_v + E_{pot,z,m} * A_z + E_{pot,g,m} * A_g)}{(A_j + A_s + A_v + A_z + A_g)} \quad (7)$$

$E_{pot,st.ovej,m}$energetski potencial stavbnega ovoja na povprečen dan v mesecu [kWh/m²]

$E_{pot,(j,s,v,z,g),m}$energetski potencial izbranih ploskev na povprečen dan v mesecu [kWh/m²]

$A_{j,s,v,z,g}$kvadratura izbrane ploskve/fasade [m²]

Omeniti je treba, da sem kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja na stanovanje v kurilni sezoni dobil po formuli (8). Število 48 predstavlja število stanovanj v posamezni stavbi. Na ta način sem kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja izračunal na povprečno stanovanje v stavbi.

$$E_{pot,ks} = \frac{E_{rel,ks} * A_{st.ovej}}{48} \quad (8)$$

$E_{pot,ks}$kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja v kurilni sezoni na stanovanje [kWh/na stanovanje]

$E_{rel,ks}$relativni energetski potencial stavbnega ovoja v obdobju kurilne sezone [kWh/m²]

$A_{st.ovej}$kvadratura stavbnega ovoja [m²]

4.3 Zakonske zahteve glede osončenosti stavb

Podlaga za izdelavo Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [35] je bila Direktiva EPBD-r [3]. Pravilnik je bil sprejet 22. 6. 2010, objavljen 30. 6. 2010 in je začel veljati s 1. 7. 2010. Po polletnem prehodnem obdobju je 1. 1. 2011 stopil v polno veljavo. Skladno s tem pravilnikom je bila narejena tudi Tehnična smernica za graditev TSG-01-004_2010 [31] Učinkovita raba energije. Po 5. členu Pravilnika o učinkoviti rabi energije [35] je TSG4 [31] definirana kot:

»Tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije (v nadaljnjem besedilu: tehnična smernica) določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna.«

(Pravilnik o učinkoviti rabi energije [35], 2010, str. 3)

Za magistrsko delo so relevantne zahteve, ki se nanašajo na arhitekturno zasnovo stavbe, ki izhajajo iz 8. člena Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah [35] in so definirane na str. 15 tehnične smernice TSG4 [31].

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbi [35] v 8. členu pravi:

»Stavbo je treba zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito upravljanje z energijskimi tokovi.«

(Pravilnik o učinkoviti rabi energije [35], 2010, str. 4)

Zahteva iz TSG4 [31], ki je relevantna za magistrsko delo, se nahaja v poglavju 2.2.(1) na str.15. V nadaljevanju je povzet samo del te zahteve, ki veleva:

»sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanjega ovoja stavbe (zbiralna površina), ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom navzgor, v času:

1. zimskega solsticija (21. 12.) najmanj 2 uri, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 30^\circ$ odstopanja od smeri jug,
2. ekvinokcija (21. 3. in 23. 9.) najmanj 4 ure, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 60^\circ$ odstopanja od smeri jug,
3. poletnega solsticija (21. 6.) najmanj 6 ur, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 110^\circ$ odstopanja od smeri jug.«

(TSG-1-004:2010 [31], 2010, str. 15)

Pred preverjanjem, ali izbrana primarna stavba ustreza navedeni zahtevi, je bilo treba poiskati, v katerih urah horizontalna projekcija vpadnega kota sonca (azimut) ustreza zahtevam. Te podatke sem pridobil s spletno aplikacijo »Solar position calculator« [36]. Podobne vrednosti so uporabili tudi v študiji Košir [11].

Ugotovil sem, da se:

1. 21. 12. sonce v horizontalni projekciji vpadnega kota od 150° do 210° nahaja približno med urama 9:56 in 14:10. Elevacija sonca ob 9:56 je $14,85^\circ$ in ob 14:10 je $14,78^\circ$. Potencialno trajanje osončenosti ploskve med tema urama je 254 minut. Zahtevano trajanje osončenosti je najmanj 120 minut.
2. 21. 3. sonce v horizontalni projekciji vpadnega kota od 120° do 240° nahaja približno med urama 8:45 in 15:38. Elevacija sonca ob 8:45 je $25,32^\circ$ in ob 15:38 je $25,28^\circ$. Potencialno trajanje osončenosti ploskve med tema urama je 412 minut. Zahtevano trajanje osončenosti je najmanj 240 minut.
3. 21. 6. sonce v horizontalni projekciji vpadnega kota od 70° do 290° nahaja približno med urama 5:46 in 18:25. Elevacija sonca ob 5:46 je $13,43^\circ$ in ob 18:25 je $13,41^\circ$. Potencialno trajanje osončenosti ploskve med tema urama je 759 minut. Zahtevano trajanje osončenosti je najmanj 360 minut.

Omeniti je treba, da so določene ure izbranih azimutov navedene v sončnih urah. To pomeni, da se sončne ure na dan 21. 12. in na dan 21. 3. ujemajo z našim lokalnim časom, medtem ko

do manjše razlike prihaja na dan 21. 6. zaradi prestavitve ure (po lokalnem času) naprej od 30. 3. 2014 do 26. 10. 2014. To pomeni, da se navedeni časovni azimuti dne 21.6. ob 5:46 in 18:25 po našem lokalnem času dejansko zgodijo ob 6:46 in 19:25. V nadaljevanju sem vse rezultate prikazoval skladno s sončnimi urami.

Glede na dobljene ure, v katerih se sonce nahaja po zakonsko določenih azimutih, sem določil še, katera časovna obdobja bom upošteval glede na rezultate simulacij po programu SHADING Tools Plugin v1.0 [29]. Kot sem že omenil, je program izvedel simulacije v 30-minutnih intervalih. Glede na to sem določil, da bom upošteval naslednje časovno pogojene rezultate simulacij:

1. 21.12. sem upošteval rezultate simulacij od 10:00 do 14:00,
2. 21.3. sem upošteval rezultate simulacij od 8:30 do 15:30,
3. 21.6. sem upošteval rezultate simulacij od 6:00 do 18:30.

Ker rezultati simulacij ob polnih urah veljajo za časovno obdobje ± 15 minut od navedene ure (npr. rezultat simulacij, podan ob 10:00, velja za obdobje od 9:45 do 10:15), sem moral začetni in zadnji upoštevani rezultat razpoloviti. To sem storil za vse tri izbrane datume. Na primer, rezultata simulacij dne 21. 12. ob 10:00 in 14:00 sem delil z 2, da sem dobil časovno obdobje ki velja od 10:00 do 10:15 oz. od 13:45 do 14:00. Na ta način sem pravilno upošteval rezultate simulacij glede na zahtevane azimute sonca. Do majhnih razlik med potencialnimi in dejansko upoštevanimi trajanji osončenosti med izbranimi azimuti sicer še vedno prihaja, vendar je to razlika nekaj minut, ki bistveno ne vpliva na končne rezultate.

Zahteva iz TSG4 [31] veleva, da mora biti določeni časovni dobi osončenosti izpostavljen samo tisti zunanji ovoj stavbe, ki opravlja toplotno energijsko funkcijo. Pri taki interpretaciji zahteve TSG4 [31] sem se odločil, da severnih površin stavbe ne štejem za zunanji ovoj stavbe, ki opravlja toplotno energijsko funkcijo. Severna fasada je namreč zelo malo izpostavljena sončnemu sevanju, pa še to samo od sredine marca do sredine septembra. Poleg rezultatov primarne stavbe sem navedel tudi rezultate simulacij severnih površin, vendar jih v končnih rezultatih in primerjavi z zahtevami iz TSG4 [31] nisem upošteval.

5 Osončenost primarne stavbe

5.1 Analiza osončenosti stavbnega ovoja primarne stavbe

5.1.1 Osončenost stavbnega ovoja primarne stavbe na celoletni ravni

Preglednica 12: (Časovna) osončenost površin primarne stavbe na povprečen dan v letu

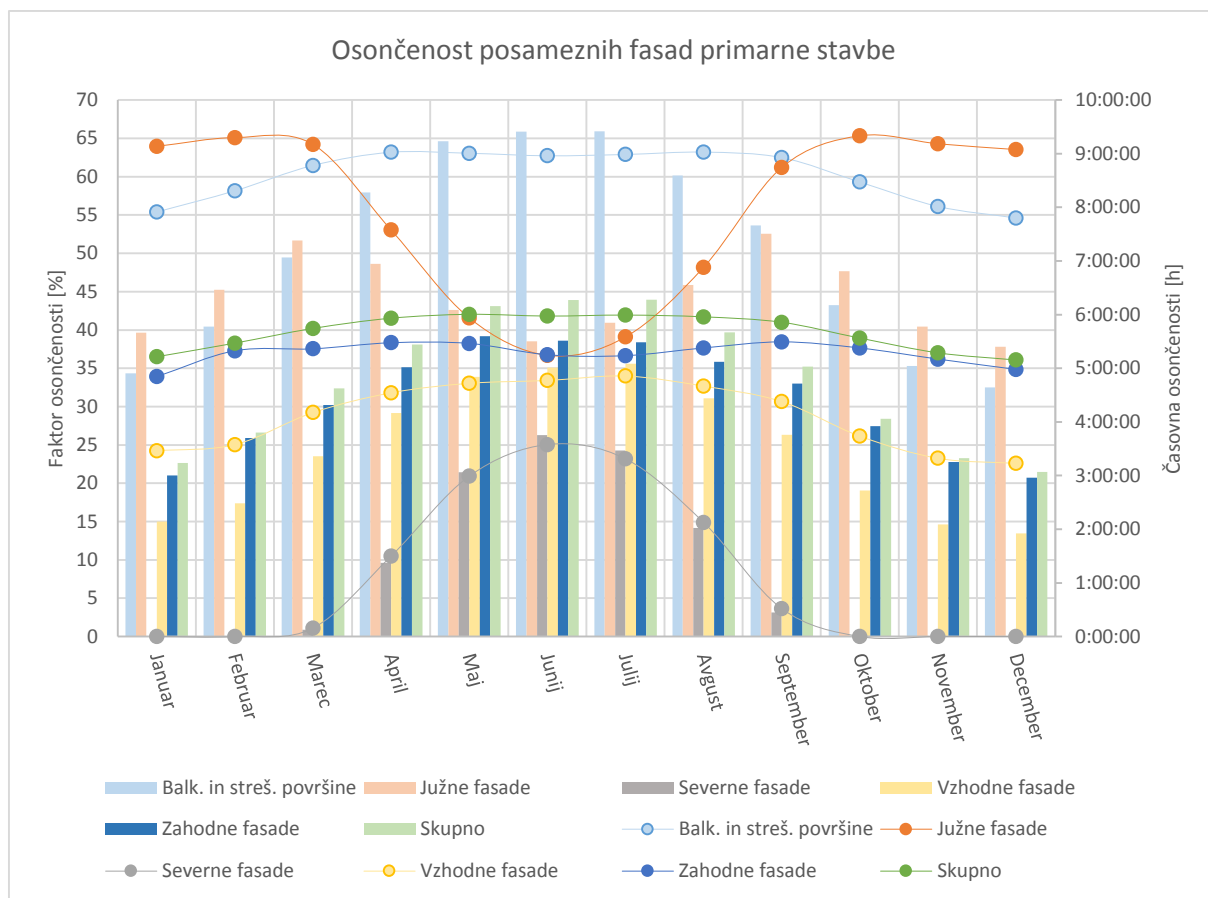
Ime ploskve	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [t]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [t]
Balk. in streš. površine	3218,6	60,22	60,21	7:11:27	7:08:33
Južne površine	1467,7	55,46	56,31	6:19:35	6:23:50
Severne površine	1948,2	8,33	7,63	1:11:47	1:05:56
Vzhodne površine	2016,8	28,86	28,48	3:30:30	3:26:42
Zahodne površine	2016,8	36,95	37,31	4:23:17	4:23:42
Primarna stavba	10668,1	39,76	39,74	4:45:04	4:43:04

V preglednici 12 je prikazana osončenost posameznih ploskev primarne stavbe na povprečen dan v letu. Prikazana je tudi osončenost ploskev na povprečen dan v letu, izračunana na podlagi vsakega 21. dneva v mesecu.

Najbolj so osončene balkonske in strešne površine, saj imajo zaradi svoje orientacije potencial, da so osončene ves dan. Sledijo jim južne, zahodne, vzhodne in severne površine.

Na splošno gledano imajo vzhodne in zahodne površine potencial, da so osončene vsaj polovico dneva. Vzhodne površine imajo potencial osončenosti od sončnega vzhoda do 12:00, medtem ko imajo zahodne površine potencial, da so osončene, od 12:00 do sončnega zahoda. Zanimivo je, da so vzhodne površine na celoletni ravni precej manj osončene kot pa zahodne površine. Iz tega sklepam, da so vzhodne površine precej bolj pod vplivom samosenčenja stavbe kot pa zahodne površine. Severne površine so v letu najmanj osončene, saj imajo potencial osončenosti samo od sredine marca do sredine septembra. V teh mesecih so nekoliko osončene le ob zgodnjih in poznih urah v dnevju. Južne površine imajo potencial, da so osončene, ves dan od sredine septembra do sredine marca. V ostalih mesecih pa imajo južne površine še vedno potencial, da so osončene, velik del dneva. Osončene niso le takrat, ko so osončene severne površine.

5.1.2 Osončenost stavbnega ovoja primarne stavbe na mesečni ravni



Grafikon 5: Osončenost posameznih fasad primarne stavbe. Stolpci na grafikonu predstavljajo časovno osončenost st. ovoja na povprečen dan v mesecu. Linije predstavljajo mesečne faktorje osončenosti

V grafikonu 5 so prikazani mesečni faktorji osončenosti ($F_{ob,m}$) (faktor osončenosti na povprečen dan v mesecu) in mesečna časovna osončenost (časovna osončenost na povprečen dan v mesecu) posameznih površin primarne stavbe. Stolpci na grafikonu 5 predstavljajo mesečno časovno osončenost, medtem ko točke na linijah prikazujejo mesečne faktorje osončenosti. Časovna osončenost je sorazmerna mesečnim faktorjem osončenosti.

Mesečni faktorji osončenosti balkonskih in strešnih površin nihajo od 54,61 % (december) do 63,21 % (avgust). Razlika med najnižjim in najvišjim mesečnim faktorjem osončenosti je torej le 8,6 odstotne točke. Iz grafikona 5 je mogoče razbrati, da se mesečni faktor osončenosti balkonskih in strešnih površin od januarja do aprila viša. Od aprila do septembra se mesečni faktor osončenost ustali pri približni vrednosti 63 %. Od septembra in do decembra pa se mesečni faktor osončenosti znižuje. Predvidevam, da do tega relativno majhnega nihanja prihaja zaradi navidezne poti sonca na nebu. V poletnih mesecih ima sonce višjo maksimalno elevacijo kot pa v zimskih mesecih. Zaradi višje poti sonca v poletnih mesecih so posledično balkonske in strešne površine bolj osončene, kot pa v zimskih mesecih. Zaradi oblike primarne stavbe je torej razvidno, da je osončenost balkonskih in strešnih površin večja v poletnih mesecih. Površina G[X] predstavlja tipično strešno površino lamele in stolpnice brez balkonov.

Mesečni faktorji osončenosti južnih površin nihajo od 65,34 % (oktober) do 36,69 % (junij). Razlika med najnižjim in najvišjim mesečnim faktorjem osončenosti je 28,65 odstotne točke. To je relativno velika razlika med mesečnimi faktorji osončenosti. Od oktobra do marca se mesečni faktor osončenosti ustali na približni vrednosti 64 %. Od marca do junija pa ta faktor strmo pada. Za tak strm padec mesečnega faktorja osončenosti je odgovorno predvsem dejstvo, da se dolžina dneva začne daljšati in z njim tudi navidezna pot sonca. 21. 3. je svetlo obdobje dneva dolgo približno 11 ur (glede na rezultate simulacije). 21. 6. je svetlo obdobje dneva dolgo približno 14 ur in pol (glede na rezultate simulacije). Južne fasade imajo na dan 21. 3. potencial, da so osončene, ves dan, na dan 21. 6. pa samo 8 ur. Zaradi manjšega potenciala v poletnih mesecih imajo južne površine posledično nižje mesečne faktorje osončenosti. Vse to pa se zgodi zaradi navidezne poti sonca, ki je na dan 21. 6. »najdaljša«, saj so deloma osončene tudi severne površine. Zanimivo je tudi, da se časovna osončenost južnih površin začne sorazmerno krajšati z mesečnimi faktorji osončenosti. Tako so npr. na dan 21. 3. južne površine dalj časa osončene kot na dan 21. 6. Ko se dolžina dneva začne od junija naprej zopet skrajševati, se mesečni faktor osončenosti južnih površin posledično začne zopet povečevati. Površina J[13] predstavlja tipično južno površino lamele in stolpnice brez balkonov.

Mesečni faktorji osončenosti severnih površin nihajo od 0,0 % (december) do 25,05 % (junij). Od oktobra do marca je mesečni faktor osončenosti severnih površin praktično nič. Nekaj malega so severne površine osončene le marca (mesečni faktor osončenosti marca je 1,1 %). Od marca do junija se mesečni faktor osončenosti začne zviševati. Od junija naprej pa se mesečni faktor osončenosti začne zopet zniževati. Razlog za to je podoben kot pri južnih površinah. Ker se dolžina dneva in navidezna pot sonca začne daljšati, posledično postanejo tudi severne površine vedno bolj osončene. Ko se dolžina dneva začne zopet skrajševati, se tudi mesečni faktor osončenosti severnih površin začne posledično zmanjševati. Površina S[1] predstavlja tipično severno površino lamele in stolpnice brez balkonov.

Mesečni faktorji osončenosti vzhodnih površin nihajo od 22,59 % (december) do 33,99 % (julij). Razlika med najnižjim in najvišjim mesečnim faktorjem osončenosti je 11,40 odstotne točke. Od maja do avgusta je mesečni faktor osončenosti ustaljen na približno 33 %. Od julija do decembra se začne mesečni faktor osončenosti zmanjševati, od decembra dalje pa se ponovno povečuje. Razlog za to je v dejstvu, da so v poletnih mesecih zaradi daljše in višje elevacije sonca vzhodne površine na notranji stranici V[D] precej bolj osončene kot pa v zimskih mesecih, ko je učinek samosenčenja stavbe precej večji na vzhodni strani stavbe. Glej sliko 13. Površina V[G] predstavlja tipično vzhodno površino lamele in stolpnice brez balkonov.

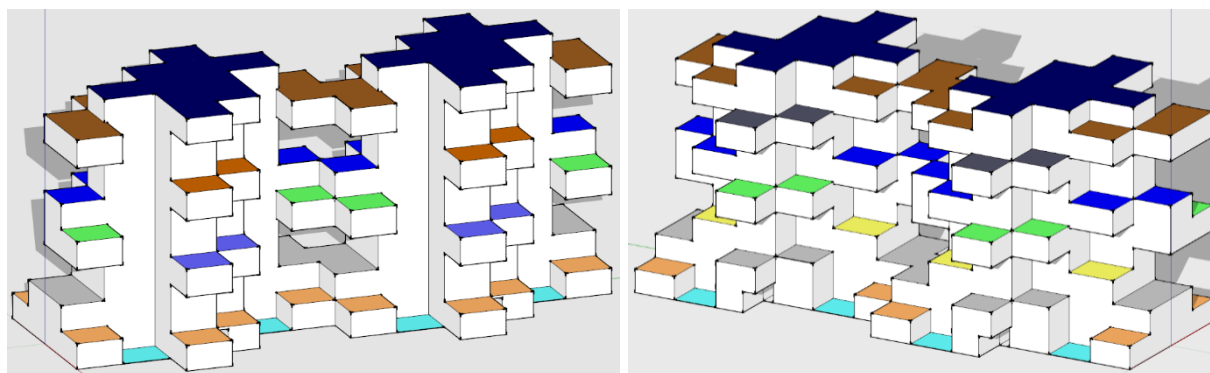
Mesečni faktorji osončenosti zahodnih površin nihajo od 33,91 % (januar) do 38,45 % (september). Razlika med najnižjim in najvišjim mesečnim faktorjem osončenosti je le 4,54 odstotne točke. Iz grafikona 5 je razvidno, da je mesečni faktor osončenosti zahodnih površin relativno konstanten vse leto. Razen mesečnih faktorjev osončenosti v decembru in januarju je zanimivo zaznati tudi manjši padec mesečnega faktorja osončenosti v juniju in juliju. V teh dveh mesecih se zgodi ravno obraten pojav kot pri vzhodnih površinah. Zaradi daljše poti in višje elevacije sonca v poletnih mesecih je učinek samosenčenja na stranico Z[D] večji, kar posledično zniža celoten mesečni faktor osončenosti zahodnim površinam. Glej sliko 15. Sicer je padec mesečnega faktorja osončenosti relativno majhen, vendar je zanimivo, da se v

poletnih mesecih mesečni faktor osončenosti vzhodnim površinam poveča, zahodnim površinam pa se malo zniža. Časovna osončenost zahodnih površin je sorazmerna mesečnim faktorjem osončenosti. Površina Z[A] predstavlja tipično zahodno površino lamele in stolpnice brez balkonov.

Mesečni faktorji osončenosti celotnega stavbnega ovoja nihajo od 36,08 % (december) do 42,04 % (maj). Razlika med najnižjim in najvišjim mesečnim faktorjem osončenosti je 5,96 odstotne točke. Iz grafikona 5 je razvidno, da se mesečni faktor osončenosti stavbnega ovoja več ali manj enakomerno zvišuje do julija, nato pa se začne zopet zmanjševati. To je precej zanimivo, saj ima stolpnica brez balkonov v vsem letu enak mesečni faktor osončenosti (57,21 %). Iz teh dveh podatkov je razvidno, da pri stavbi, pri kateri je prisoten učinek samosenčenja, mesečni faktor osončenosti med letom niha. To potrjujejo tudi mesečni faktorji osončenosti sekundarnih stavb, ki imajo balkone oziroma jih nimajo. Le-te sem podal v naslednjih poglavjih magistrskega dela.

5.2 Analiza osončenosti posameznih površin primarne stavbe na mesečni ravni

5.2.1 Osončenost balkonskih in strešnih površin primarne stavbe na mesečni ravni

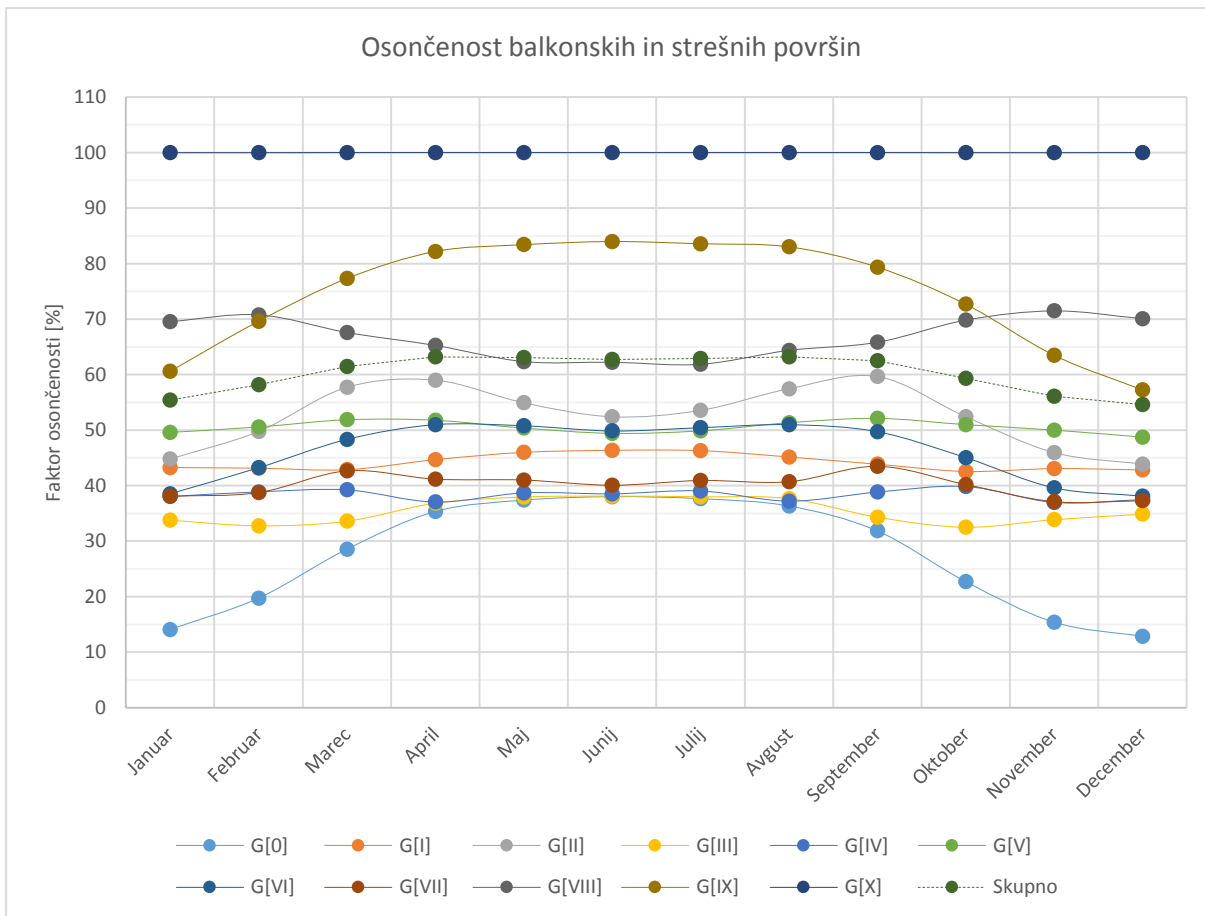


a) Primarna stavba iz JV smeri

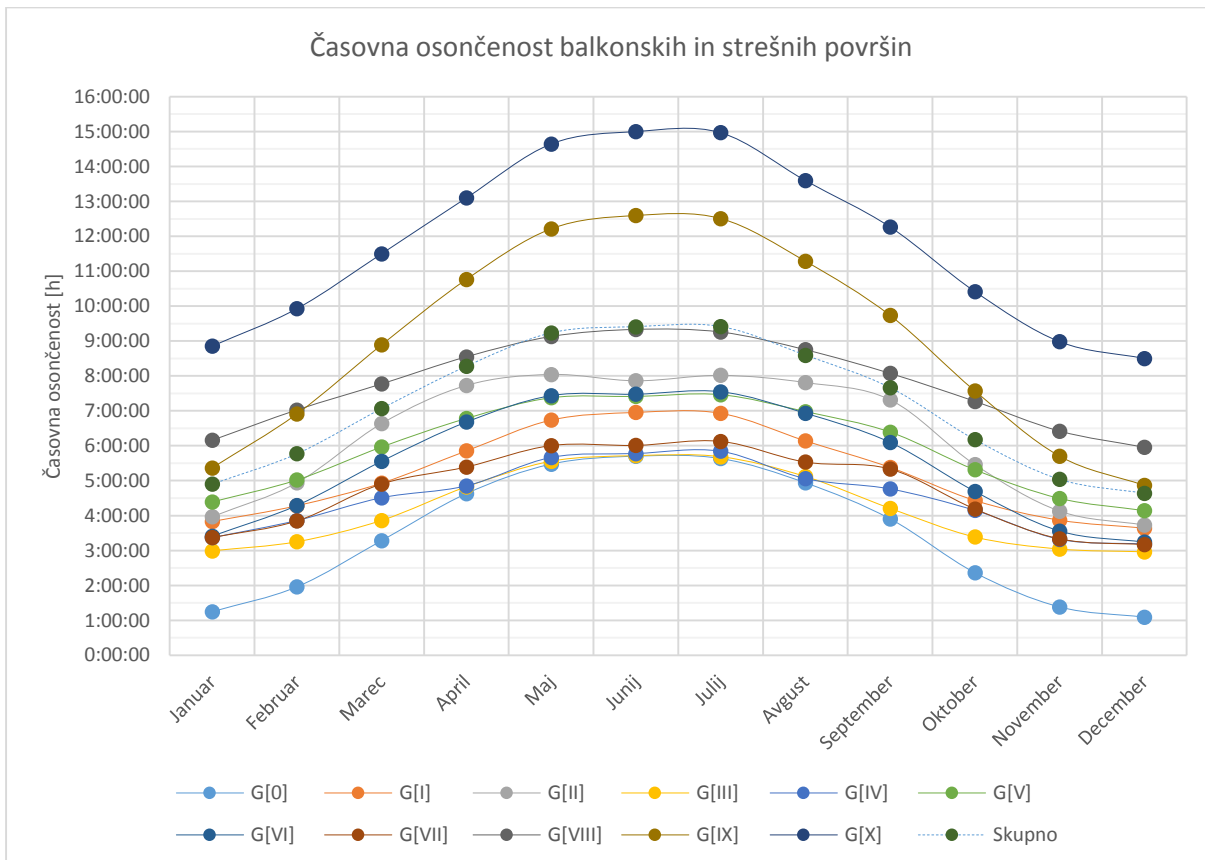
b) Primarna stavba iz JZ smeri

Slika 6: Balkonske in strešne površine primarne stavbe. Od spodaj navzgor si površine sledijo od G[0] do G[X]

Na grafikonu 6 je prikazana osončenost balkonskih in strešnih površin (mesečni faktorji osončenosti posameznih balkonskih in strešnih površin). Kot je bilo razvidno že iz grafikona 5, se skupna osončenost balkonskih in strešnih površin povečuje proti juniju, nato pa se začne ponovno zniževati. Mesečni faktor osončenosti površine G[X] (črna barva) predstavlja neko tipično osončenost strešne površine, ki je vsak mesec 100-odstotno osončena. To je povsem logično, saj takšna površina ni senčena pa tudi obrnjena je proti nebu, kar pomeni, da je stalno osončena. Mesečni faktor osončenosti površin G[I] (svetlo oranžna barva), G[IV] (srednje modra barva) in G[V] (zelena barva) je vse leto več ali manj enakomeren. Mesečni faktor osončenosti površine G[IV] se vse leto giblje okoli 38 % medtem ko se mesečni faktor osončenosti površine G[V] giblje okoli vrednosti 50 %. Mesečni faktor osončenosti površine G[I] se vse leto giblje okoli vrednosti 44 %.



Grafikon 6: Osončenost balkonskih in strešnih površin

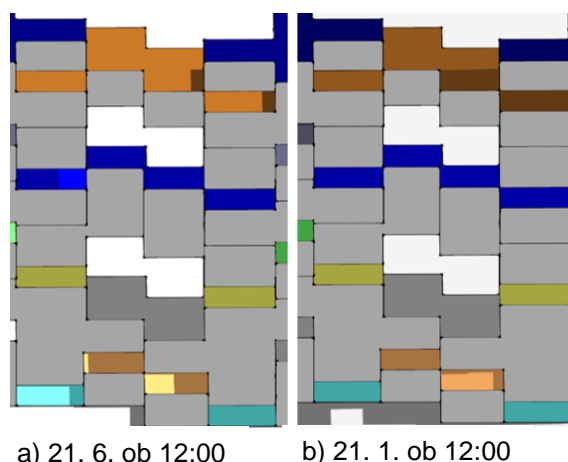


Grafikon 7: Časovna osonečnost balkonskih in strešnih površin

Površine G[VIII] (temno siva barva) so edine površine, ki beležijo enakomeren padec mesečnega faktorja osonečnosti od februarja do junija (nato pa zopet začne rasti). Te površine se nahajajo na zahodni strani stavbe. Po primerjavi rezultatov osonečnosti površin G[VIII] na dan 21. 3. in 21. 6. sem prišel do sklepa, da je padec faktorja osonečnosti v poletnih mesecih predvsem posledica različnih dolžin dneva. Na dan 21. 3. program opravi prvi izračun osonečnosti ob 7:00 in zadnjega ob 18:00. Na dan 21. 6. program opravi prvi izračun osonečnosti ob 5:00 in zadnjega ob 19:30.

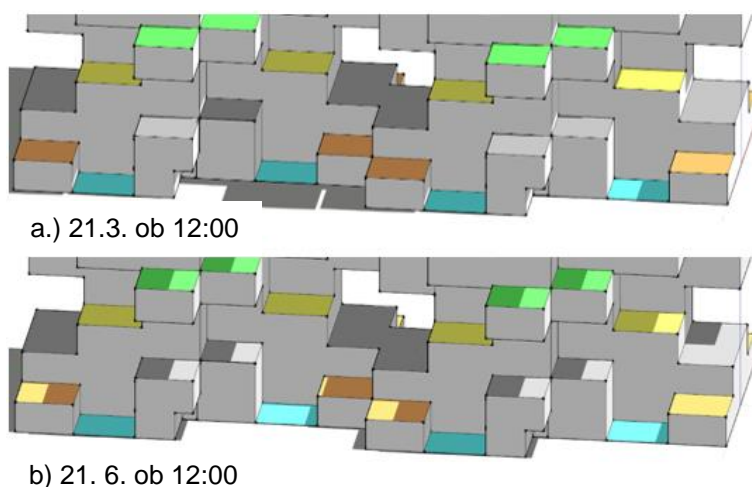
Na dan 21. 3. so površine G[VIII] osonečene od 9:00 do 18:00, na dan 21.6. pa od 8:30 do 19:30. To pomeni, da so na dan 21. 3. površine G[VIII] potencialno lahko časovno osonečene 78,18 % vsega dneva, medtem ko so na dan 21. 6. potencialno lahko časovno osonečene le 73,33 % vsega dneva. Zato je mesečni faktor osonečnosti površin G[VIII] v poletnih mesecih manjši. Ob tem je treba podati podatek, da je na omenjena datuma ob primerljivih urah faktor osonečnosti površin G[VIII] skoraj enak.

Mesečni faktor osonečnosti pri površinah G[0] (svetlo modra barva), G[III] (rumena barva), G[VI] (temno modra barva) in G[IX] (rjava barva) od januarja do junija več ali manj enakomerno raste (nato pa začne padati). Ta izrazit porast je predvsem očiten pri površinah G[0] in G[IX]. Takšen porast gre pripisati predvsem višji elevaciji sonca v poletnih mesecih, zaradi česar je na teh površinah prisotnega precej manj učinka samosenčenja stavbe. To je tudi razvidno s slike 7, ki prikazuje del površin G[0] in G[IX] na dan 21. 1. in 21. 6. ob 12:00. S te slike je razvidno, da so te površine precej bolj osonečene zaradi višje elevacije sonca. V manjšem obsegu pa se enako dogaja s površinami G[III] in G[VI].



Slika 7: Prikaz učinka samosenčenja na površinah G[0] in G[IX]

Zanimiv pojav pa se zgodi na površinah G[II] (svetlo siva barva) in G[VII] (temno oranžna barva). Mesečni faktor osonečnosti teh površin raste do marca/aprila in nato začne enakomerno padati do junija. Od junija do septembra se ponovno dviguje, od septembra naprej pa začne enakomerno padati. To je očitno predvsem pri površinah G[II], ki v večini ležijo na zahodni strani stavbe. Površine G[VII] pa ležijo na vzhodni strani stavbe. Na sliki



Slika 8: Prikaz učinka samosenčenja na površinah G[II]

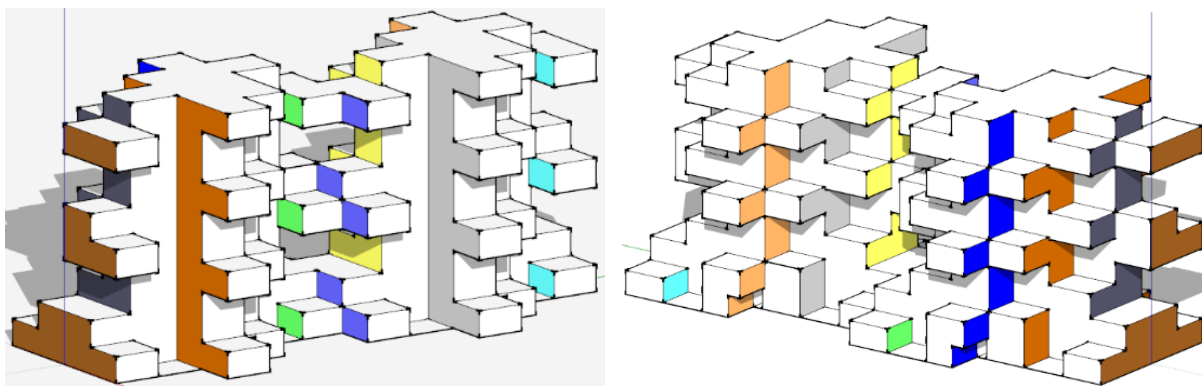
8 so prikazane površine G[II] na dan 21. 3. in 21. 6. ob 12:00. S te slike je razvidno, da so

nekatero površine G[II] precej bolj osončene na dan 21. 3. kot pa na dan 21. 6. To je predvsem zanimivo zato, ker gre za isti pojav kot pri površinah G[0], G[III], G[VI] in G[IX], le da višja elevacija sonca v poletnih mesecih negativno vpliva na osončenost površin G[II] in G[VII]. V poletnih mesecih je torej na površinah G[II] in G[VII] očitno precejšen učinek samosenčenja stavbe. Grafikon 7 prikazuje časovne komponente osončenosti balkonskih in strešnih površin. Pričakovano se časovna osončenost balkonskih in strešnih površin povečuje od januarja do junija. Od junija do decembra pa se časovna komponenta osončenosti začne zopet zmanjševati. Tudi površine, ki imajo nižji faktor osončenosti v juniju, imajo v večini najdaljšo časovno komponento osončenosti ravno v juniju. To ni nobeno presenečenje, saj je povprečen dan v juniju daljši od vseh povprečnih dni v drugih mesecih. V preglednici 13 je prikazana razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem in mesečnim faktorjem izračunanim na 21. dan v mesecu. Z rumeno in oranžno barvo so označena odstopanja, ki so večja od $\pm 1,5$ odstotne točke. Razvidno je, da pri strešni površini G[X], ki je tudi prisotna v drugih bolj enostavnih oblikah stavb (lamela brez balkonov, stolpnica brez balkonov ...), ne prihaja praktično do nobenih razlik v faktorjih osončenosti. Do večjih odstopanj pri drugih površinah sicer prihaja v marcu in septembru. Relativno gledano so te razlike precej majhne, vendar večja kot je kvadratura teh površin, bolj se ta napaka pozna pri izračunu energetske bilance. Pri stavbah z majhno kvadrato stavbnega ovoja pa je pri zgornjih površinah ta razlika skoraj irelevantna. Do neke meje pa je očitno, da so napake pri izračunu energetske bilance stavbe lahko manjše, saj je razlika v osončenosti enkrat negativnega in drugič pozitivnega predznaka. Negativni predznak razlike pomeni, da je mesečni faktor osončenosti večji na 21. dan v mesecu. Pozitivni predznak pomeni ravno obratno. Razvidno je, da se v poletnih in zimskih mesecih negativna oz. pozitivna razlika izmenjujeta, kar do določene mere lahko kompenzira oz. zmanjša odstopanja pri izračunu energetske bilance stavbe. Kljub temu pa še vedno prihaja do napake izračuna energetske bilance stavbe, če uporabimo mesečne faktorje osončenosti, izračunane na 21. dan v mesecih. Stavbe v Sloveniji so v večini pravilnih oblik, ki se ne samosenčijo. Po navadi imajo tudi samo eno strešno površino. Pri strešni površini G[X] pa sem ugotovil, da do razlik praktično ne prihaja.

Preglednica 13: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri balkonskih/strešnih površinah. Negativne razlike so v prid povprečni osončenosti, izračunani na 21. dan v mesecu.

	Razlika med mesečno povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan										
	G[0]	G[I]	G[II]	G[III]	G[IV]	G[V]	G[VI]	G[VII]	G[VIII]	G[IX]	G[X]
Januar	-0,52	0,13	-0,36	-0,29	0,67	-0,14	-0,39	0,32	-0,27	-1,12	-0,01
Februar	-2,10	0,36	-2,17	-0,46	-0,51	-0,16	-2,07	-0,50	0,36	-2,21	0,10
Marec	-1,06	0,52	-1,63	-1,95	3,15	-0,20	-1,16	1,43	-1,96	-1,87	0,00
April	-0,59	0,03	0,89	-0,88	1,19	0,10	0,10	1,42	-0,77	-1,00	0,00
Maj	-0,26	-0,31	1,10	0,65	-0,60	0,16	0,75	-0,39	0,34	-0,33	0,00
Junij	-0,10	-0,08	0,35	0,16	-0,02	0,09	0,21	-0,02	0,11	-0,06	0,00
Julij	0,10	0,09	-0,37	-0,11	0,10	-0,13	-0,29	-0,08	-0,03	0,17	0,00
Avgust	0,41	0,30	-0,43	0,49	0,81	-0,35	0,45	0,38	-1,12	-0,09	0,00
September	1,38	-0,23	0,69	2,39	-2,10	-0,04	1,59	-2,41	1,42	1,53	0,00
Oktober	1,06	-0,40	0,66	-0,59	0,47	0,30	-0,03	0,95	-0,50	1,15	0,11
November	1,41	0,90	1,16	-0,90	1,66	0,17	1,46	1,36	-1,66	1,96	-0,02
December	0,19	-0,12	0,10	0,11	-0,27	0,20	0,08	-0,45	0,54	0,71	0,00

5.2.2 Osončenost južnih površin primarne stavbe na mesečni ravni



a) Primarna stavba iz JV smeri

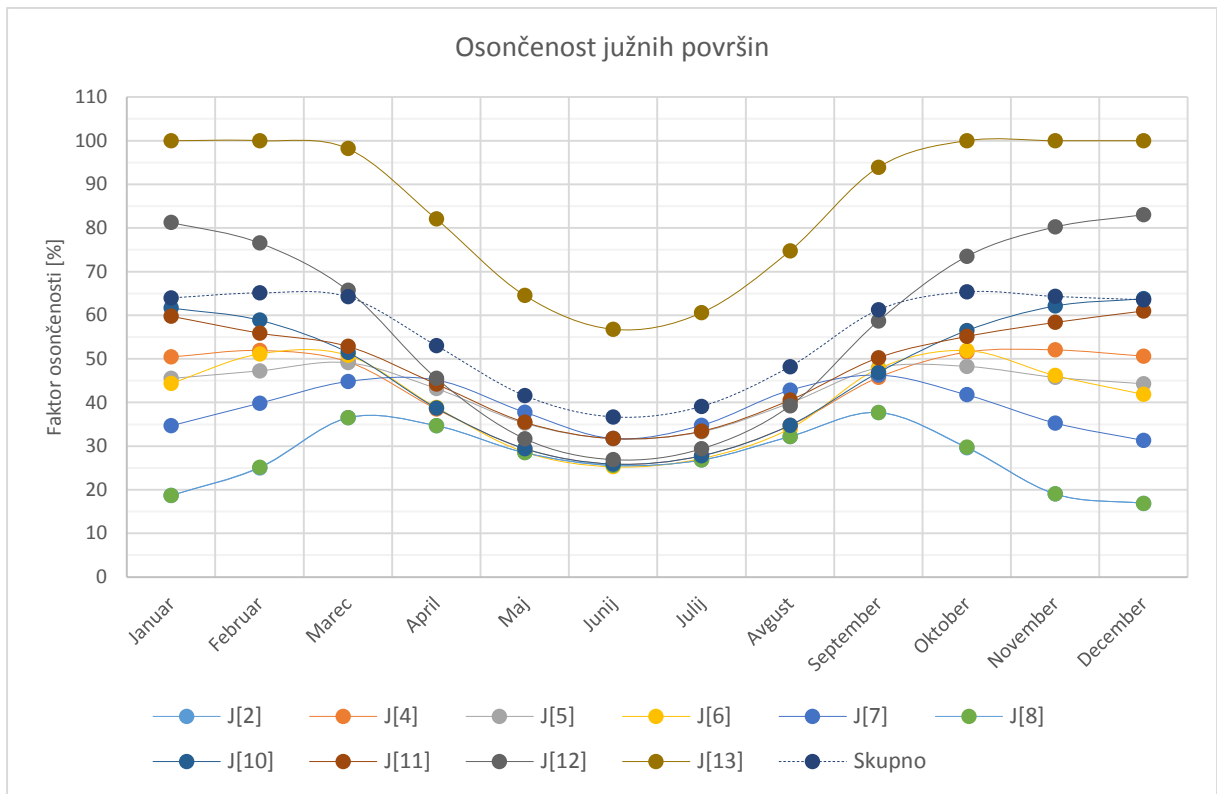
b) Primarna stavba iz JZ smeri

Slika 9: Južne površine primarne stavbe. a) Od leve proti desni si površine sledijo od J[13] do J[2], b) Od desne proti levi si površine sledijo od J[2] do J[13].

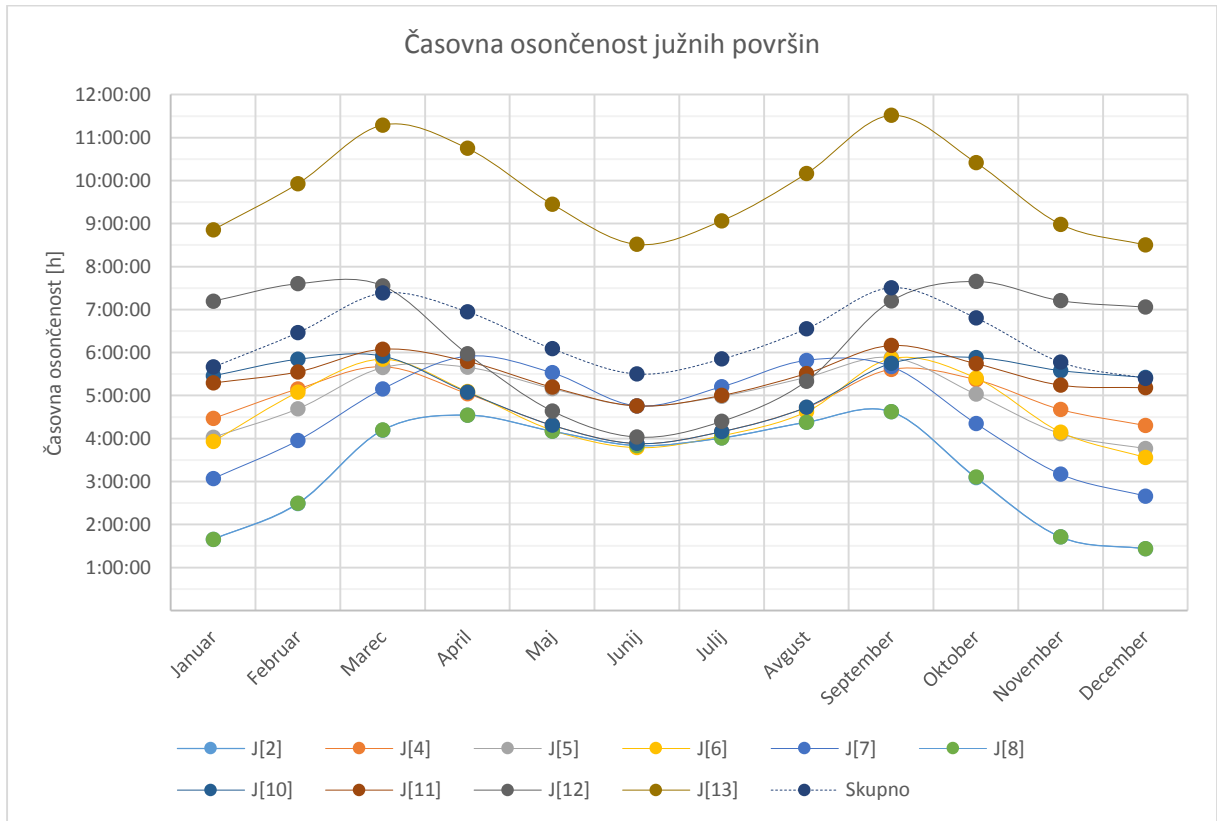
Kot je bilo razvidno že iz grafikona 5, je skupni mesečni faktor osončenosti južnih površin več ali manj enak od januarja do marca, od marca do junija pa ta faktor začne padati. Od junija naprej začne faktor zopet naraščati do oktobra, kjer se spet ustali do decembra. Omeniti je tudi treba, da so mesečni faktorji osončenosti površin J[2] (svetlo modra barva) in J[8] (zeleno barva) popolnoma enaki.

Najnižje faktorje osončenosti imajo južne površine, ki ležijo na sredini stavbe. J[13] (rjava barva) predstavlja neko tipično osončenost južne površine, ki je prisotna tudi pri drugih sekundarnih stavbah (razen pri stolpnici z balkoni). Od januarja do marca je mesečni faktor osončenosti površin J[13] približno 100 %. Od marca in do junija pa pade na nizkih 56,78 %. Nato se zopet začne zviševati proti 100-odstotni osončenosti. Površina J[13] ni pod učinkom samosenčenja stavbe. Padelec mesečnega faktorja osončenosti lahko pripišemo daljšim dnevom in daljši navidezni poti sonca na nebu v poletnih mesecih v primerjavi z zimskimi meseci, kjer so dnevi krajši in je navidezna pot sonca na nebu krajša.

Na dan 21. 3. je južna površina J[13] 100-odstotno osončena ves dan. Po programu je to od 7:00 in do 18:00. Na dan 21. 6. je južna površina J[13] po programu 100-odstotno osončena le od 8:00 in do 16:00. Program pa prvi izračun osončenosti na dan 21. 6. naredi ob 5:00 in zadnji izračun ob 19:30. Zato imajo vse južne površine nižjo osončenost v poletnih mesecih v primerjavi z zimskimi meseci, saj sonce ob zgodnjih jutranjih in pozno popoldanskih urah zaobide južne površine ter posledično osonči severne površine.

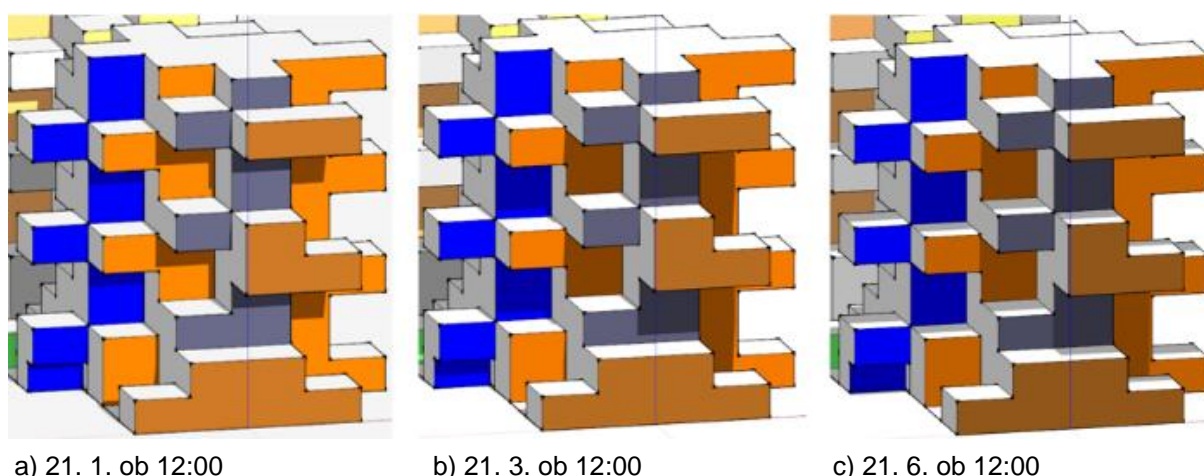


Grafikon 8: Osončenost južnih površin



Grafikon 9: Časovna osončenost južnih površin

Površine J[10] (temno modra barva), J[11] (temno oranžna barva) in J[12] (temno siva barva) imajo podoben trend poteka mesečnega faktorja osončenosti kot površine J[13]. Razlika je le v tem, da mesečni faktor osončenosti površin J[10], J[11] in J[12] začne padati že od januarja naprej. Te površine imajo januarja tudi najvišji mesečni faktor osončenosti, njihov najnižji mesečni faktor osončenosti pa je junija. Pri teh površinah je tudi učinek samosenčenja stavbe že očitnejši, saj začne mesečni faktor osončenosti padati že od januarja naprej, medtem ko pri površini J[13] začne padati šele od marca naprej. Na sliki 10 je ta učinek ob različnih dneh tudi razviden. Zaradi višje elevacije sonca na dan 21. 3. in 21. 6. v primerjavi z 21. 1. so te površine precej bolj osenčene. To je posledica višjega učinka samosenčenja stavbe v spomladnih in poletnih mesecih. Od junija naprej začne mesečni faktor osončenosti teh površin zopet naraščati zaradi nižje elevacije sonca in zaradi krajšanja poti sonca na nebu.



Slika 10: Prikaz učinka samosenčenja stavbe pri površinah J[10], J[11] in J[12]

Na površinah J[2], J[4] (svetlo oranžna barva), J[5] (svetlo siva barva), J[6] (rumena barva), J[7] (srednje modra barva) in J[8] se zgodi podoben pojav, kot se je že zgodil na površinah G[II] in G[VII]. Pojavi se trend hribaste razporeditve mesečnih faktorjev osončenosti. Od januarja do marca/aprila se mesečni faktor osončenosti viša pri površinah J[2], J[4], J[5], J[6], J[7] in J[8]. Od marca/aprila do junija pa ta faktor začne strmo padati, nato pa se od junija do septembra/oktobra zopet zvišuje. Od septembra/oktobra do decembra pa se ta faktor začne zopet zniževati. Zato dobimo trend hribaste razporeditve mesečnih faktorjev osončenosti, kot je razvidno iz grafikona 8. Zanimivo pa je, da se mesečni faktor osončenosti od januarja in do marca/aprila zvišuje predvsem na račun manjšega samosenčenja stavbe (pri teh površinah), medtem ko se od marca/aprila do junija mesečni faktor osončenosti znižuje predvsem zaradi daljše navidezne poti sonca na nebu in daljših dni. Na dan 21. 1. in 21. 3. imajo južne površine potencial, da so osenčene, ves dan, na dan 21. 6. pa potencial, da so časovno osenčene le del dneva. To sem že omenil pri razlagi osončenosti južne površine J[13]. Enaka razlaga o navidezni poti sonca in dolžini dneva velja tudi za površine J[2], J[4], J[5], J[6], J[7] in J[8] (za obdobje od marca/aprila do septembra/oktobra). Omeniti je treba, da če bi primerjali samo tiste ure, v katerih so južne površine osenčene na dan 21. 3. (po programu od 7:00 do 18:00) in 21. 6. (po programu od 8:00 do 16:00), bi bil faktor osončenosti rahlo večji ravno na dan 21. 6. To dejstvo samo še potrjuje, da sta glavna »krivca« za nižje mesečne faktorje osončenosti južnih površin v poletnih mesecih navidezna daljša pot sonca in daljši dan.

Grafikon 9 prikazuje časovne komponente osončenosti južnih površin. Pričakovano se časovna osončenost južnih površin povečuje od januarja do marca/aprila. Od marca/aprila in do junija se časovna komponenta osončenosti začne zmanjševati. To pomeni, da so južne površine časovno gledano najbolj osončene v marcu/aprilu in septembru/oktobru. Površina J[13] je na dan 21.3. časovno gledano osončena 11 ur in 30 minut, medtem ko je na dan 21.6. časovno gledano osončena le 8 ur in 30 minut. Mesečne časovne komponente osončenosti južnih površin so sorazmerne njihovim mesečnim faktorjem osončenosti.

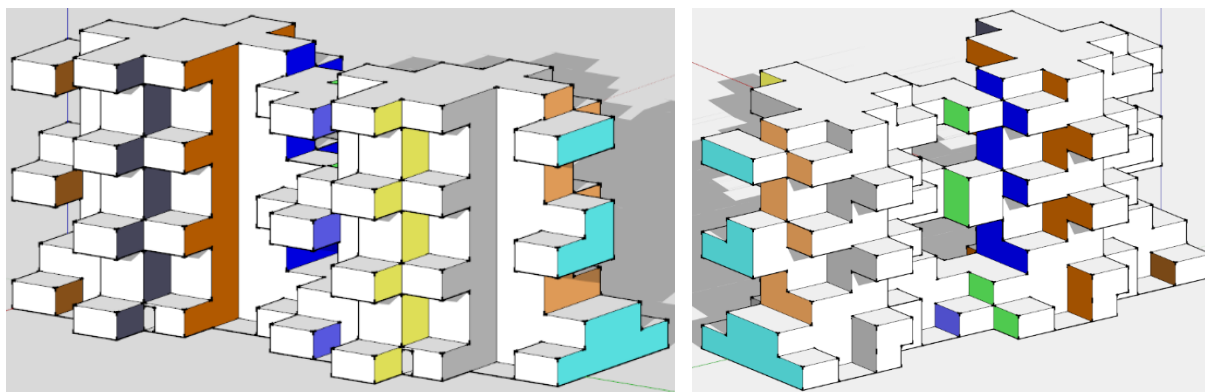
V preglednici 14 je prikazana razlika med dejanskim mesečnim faktorjem in mesečnim faktorjem izračunanim na 21. dan v mesecu. Z rumeno in oranžno barvo so označena odstopanja, ki so večja od $\pm 1,5$ odstotne točke. Razvidno je, da pri južni površini J[13], ki je tudi prisotna v drugih bolj enostavnih oblikah stavb (lamela brez balkonov, stolpnica brez balkonov ...), prihaja do nekaterih razlik v faktorjih osončenosti. Pri južni površini J[13] izstopa predvsem razlika v avgustu in septembru, kjer je razlika večja od 6 odstotnih točk. Takšno razliko je težko zanemariti, saj je relativno velika. To pomeni, da je faktor osončenosti na dan 21. 8. in na dan 21. 9. precej višji od mesečnega faktorja osončenosti avgusta in septembra in da bomo za avgust ob upoštevanju faktorja osončenosti na dan 21. 8. dobili pri izračunu energetske bilance stavbe večjo porabo energije za hlajenje, kot pa če bi upoštevali pravi mesečni faktor osončenosti za avgust. Podobno velja tudi za september, vendar se bo to poznalo v manjši meri, ker so tudi povprečne zunanje temperature v septembru nižje kot v poletnih mesecih. Do manjše razlike v faktorjih osončenosti za površino J[13] prihaja tudi v marcu, vendar je ta razlika majhna.

Pri ostalih južnih površinah prihaja do največje razlike v faktorjih osončenosti ravno v avgustu in septembru. Do relativno velikih razlik prihaja tudi februarja, marca, oktobra in novembra. V primerjavi z balkonskimi in strešnimi površinami te razlike pri južnih površinah niso tako zanemarljive, saj se pojavljajo kar pogosto. Predvsem pa do teh razlik prihaja v zimskih mesecih, medtem ko je v poletnih mesecih (maj, junij in julij) ta razlika skoraj zanemarljiva. Razlike so zanemarljive tudi v januarju in decembru. Kot sem že omenil, se bodo delno te napake pri nadaljnjih izračunih energetske bilance stavbe izničile z dejstvom, da imamo v nekaterih mesecih razliko v faktorju osončenosti negativnega predznaka in v drugih mesecih pozitivnega predznaka. Kljub temu pa je mogoče oceniti, da se bo ta napaka v izračunu energetske bilance stavbe bolj poznala pri južnih površinah, saj prihaja do precej večjih razlik, kot pa pri balkonskih in strešnih površinah. Zato menim, da bi morali za natančen izračun energetske bilance stavbe za mesece februar, marec, avgust, september, oktober in november izračunati prave mesečne faktorje osončenosti in jih uporabljati pri izračunu energetske bilance stavbe. Pri ostalih mesecih pa je mogoče uporabiti faktorje osončenosti, izračunane na 21. dan v mesecu. To se mi zdi smiselno, saj južne površine poleg balkonskih in strešnih površin predstavljajo največji potencial zajema sončnega sevanja.

Preglednica 14: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri južnih površinah. Negativne razlike so v prid povprečni osončenosti, izračunani na 21. dan v mesecu

	Razlika med mesečno povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan									
	J[2]	J[4]	J[5]	J[6]	J[7]	J[8]	J[10]	J[11]	J[12]	J[13]
Januar	-0,35	-0,68	-0,52	-0,87	-0,55	-0,35	0,17	0,80	0,59	0,00
Februar	-2,77	-0,43	-0,60	-2,16	-0,79	-2,84	0,79	0,92	0,91	0,00
Marec	-1,36	-2,67	-0,79	-1,26	0,34	-1,34	-2,18	0,24	0,08	-1,82
April	0,19	0,61	0,29	1,47	-0,39	0,19	0,84	0,52	2,14	1,29
Maj	-0,25	-0,80	-0,52	-1,05	-0,14	-0,25	-0,80	-0,46	-0,56	-0,98
Junij	-0,14	0,10	-0,01	0,04	0,05	-0,14	0,10	0,00	0,12	0,11
Julij	0,88	-0,37	0,54	0,02	0,59	0,88	-0,36	0,50	-0,14	0,56
Avgust	-2,70	-2,63	-3,07	-3,18	-3,24	-2,70	-2,58	-3,21	-3,91	-6,04
September	-3,34	-2,23	-2,98	-4,49	-2,83	-3,34	-2,65	-3,23	-6,39	-6,11
Oktober	2,02	-0,67	0,61	-1,39	1,10	1,96	-1,53	0,10	-2,27	0,00
November	2,76	-1,10	0,46	2,65	3,11	2,77	-2,14	-0,80	-1,00	0,00
December	-0,13	0,61	0,11	0,35	-0,07	-0,13	0,28	-0,20	-0,08	0,00

5.2.3 Osončenost severnih površin primarne stavbe na mesečni ravni



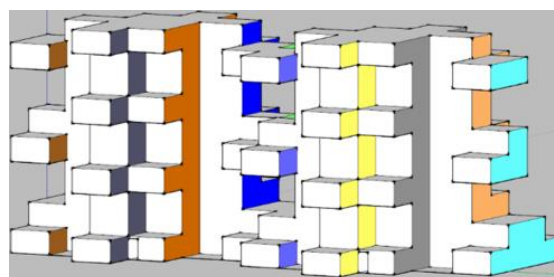
a) Primarna stavba iz SV smeri

b) Primarna stavba iz SZ smeri.

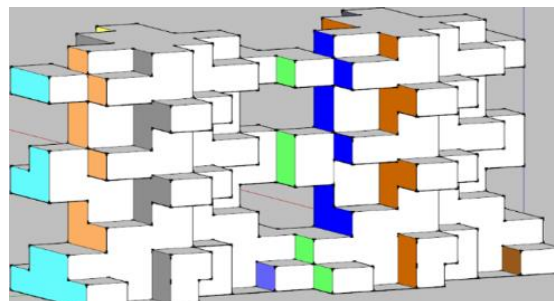
Slika 11: Severne površine primarne stavbe. a) Od desni proti levi si površine sledijo od S[1] do S[12], b) Od leve proti desni si površine sledijo od S[1] do S[12]

Skupni mesečni faktor osončenosti severnih površin se od januarja do marca giblje okoli vrednosti 0 %, nato pa začne od marca do junija rasti. V juniju imajo severne površine tudi največji mesečni faktor osončenosti. Od junija proti oktobru začne zopet strmo padati. Od oktobra do decembra se mesečni faktor osončenosti giblje okoli vrednosti 0 %. To je tudi razvidno iz grafikonov 5 in 10 na skupni linijski črti (skupni mesečni faktor vseh severnih površin). Severne površine so od konca marca in do sredine septembra osončene zaradi daljše poti sonca in daljše dolžine dneva v teh mesecih. Zaradi navidezne poti sonca imajo južne površine v poletnih mesecih najnižji mesečni faktor osončenosti in severne površine najvišji mesečni faktor osončenosti. Zaradi navidezno daljše poti sonca so tudi severne površine v zgodnjih jutranjih in pozno popoldanskih urah osončene.

S slike 12 je razvidno, da so severne površine osončene v poletnih mesecih.



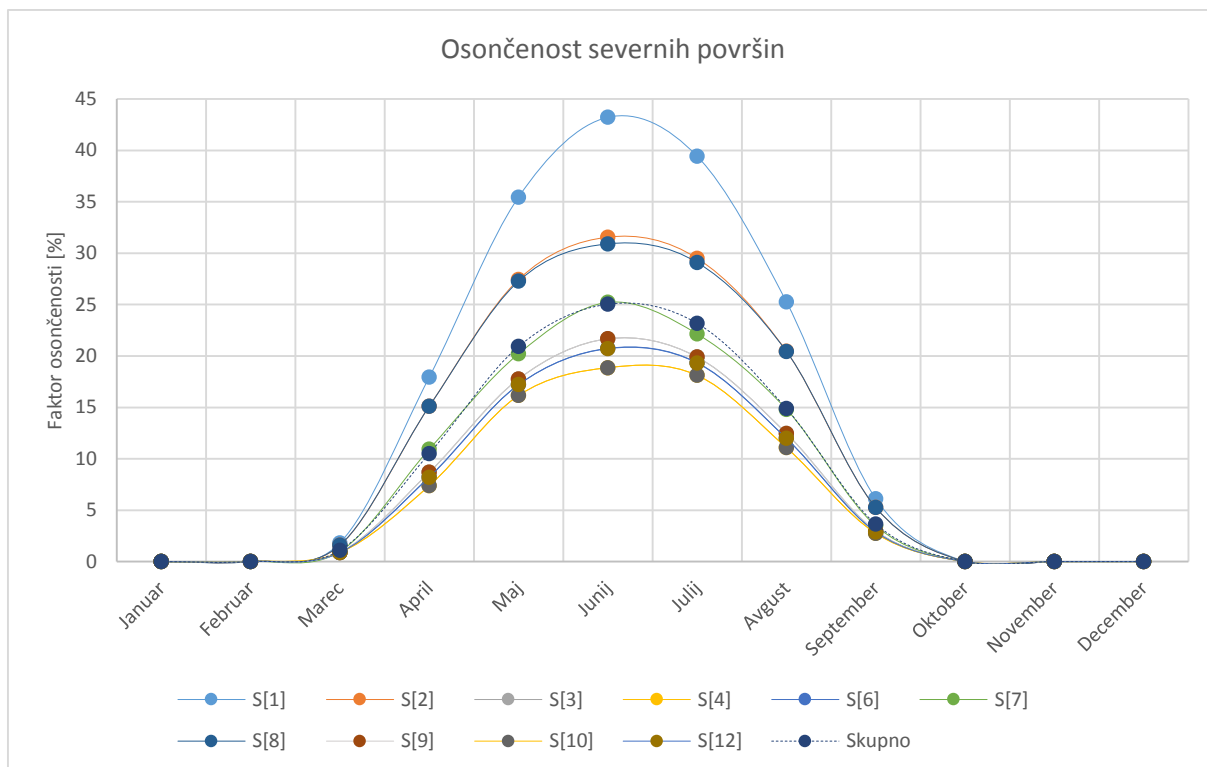
a) 21. 6. ob 5:00



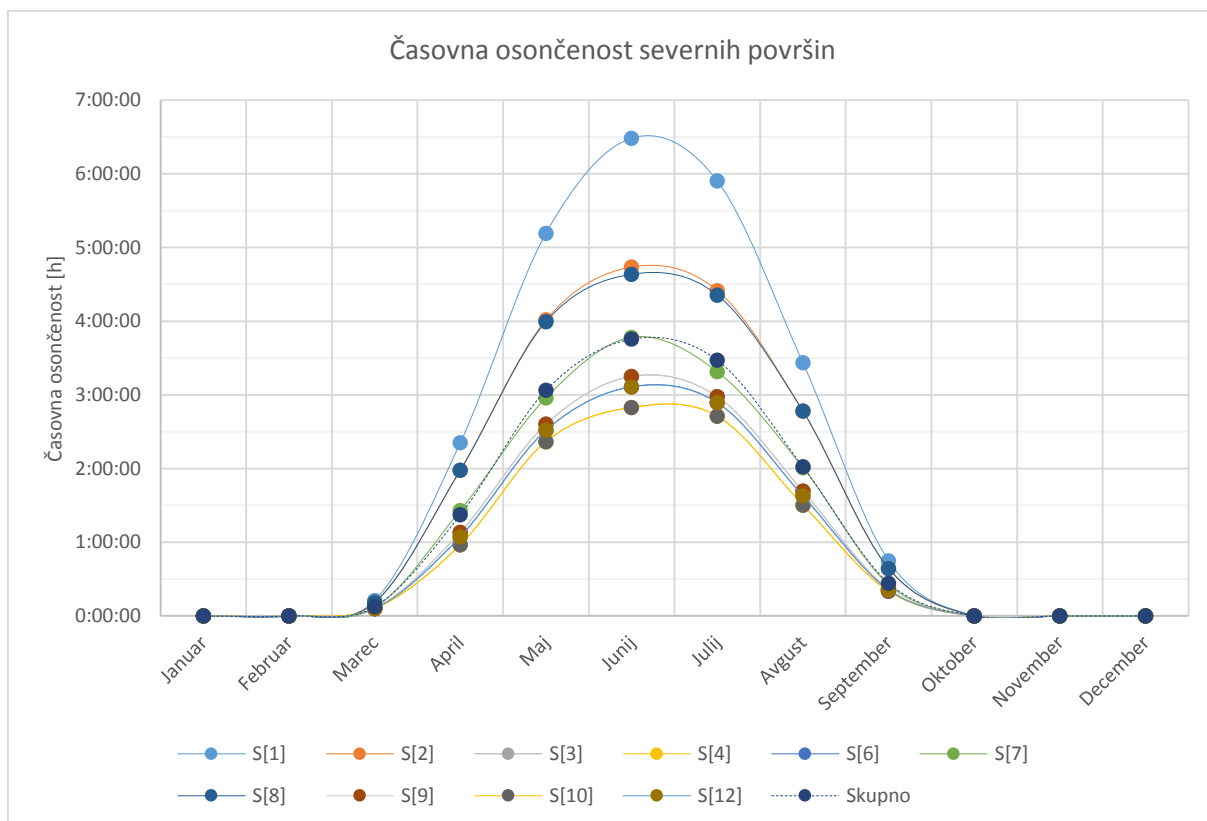
b) 21. 6. ob 9:00

Slika 12: Severne površine v poletnih mesecih. Pogled iz smeri sonca.

Rezultati površin S[1] (svetlo modra barva) predstavljajo vrednosti tipične severne površine, ki jo imajo tudi bolj enostavne stavbe (vse sekundarne stavbe razen stolpnice z balkoni). Površine S[1] so precej dobro osončene v poletnih mesecih. Mesečni faktor osončenosti površin S[1] junija znaša 43,22 %. Ostale severne površine so v istem mesecu precej manj osončene zaradi učinka samosenčenja stavbe. V juniju imajo severne površine tudi največji časovni potencial osončenosti. Glede na rezultate računalniškega programa so severne površine na dan 21. 6. lahko osončene od 5:00 do 7:30 in od 16:30 do 19:30 medtem ko so na dan 21. 4. osončene le od 6:00 do 6:30 in od 17:30 do 18:30. Zato imajo severne površine junija najvišji mesečni faktor osončenosti.



Grafikon 10: Osončenost severnih površin



Grafikon 11: Časovna osončenost severnih površin

Omeniti je treba, da so mesečni faktorji površin $S[4] = S[10]$, $S[3] = S[9]$ in $S[6] = S[12]$. Do tega prihaja zato, ker te površine ležijo na praktično enakih položajih, saj je stavba razdeljena na dva dela, ki sta popolnoma enaka (prezrcaljena dela), in je tudi učinek samosenčenja stavbe na teh površinah povsem enak. Iz grafikona 10 je razvidno, da so površine v sredini stavbe tudi najbolj osenčene površine.

Grafikon 11 prikazuje časovne komponente osončenosti severnih površin. Pričakovano se časovna osončenost severnih površin povečuje od marca do junija in zmanjšuje od junija do oktobra. To pomeni, da so severne površine časovno gledano najbolj osenčene v juniju. Površina $S[1]$ je na dan 21. 4. po programu časovno gledano potencialno osenčena 1 uro in 30 minut, medtem ko je na dan 21. 6. časovno osenčena 5 ur in 30 minut. Mesečne časovne komponente osončenosti severnih površin so sorazmerne njihovim mesečnim faktorjem osončenosti.

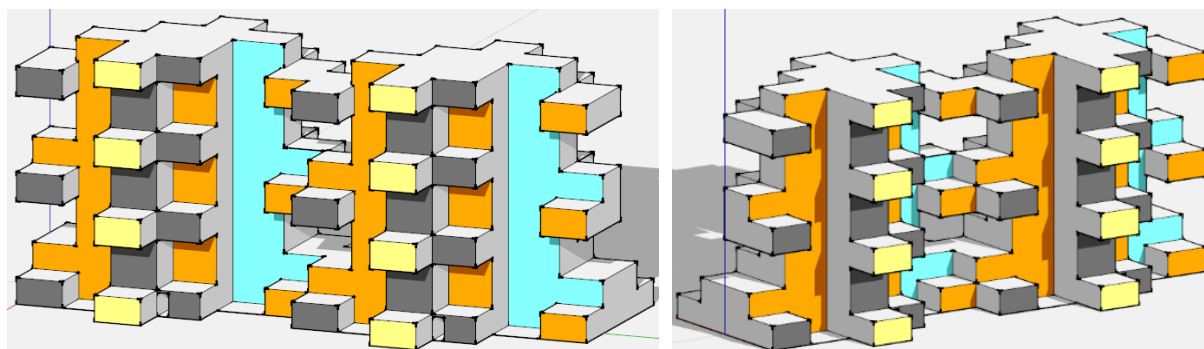
V preglednici 15 je prikazana razlika med dejanskim mesečnim faktorjem in mesečnim faktorjem izračunanim na 21. dan v mesecu. Z rumeno in oranžno barvo so označena odstopanja, ki so večja od $\pm 1,5$ odstotne točke. Razvidno je, da pri severni površini $S[1]$, ki je prisotna tudi v drugih bolj enostavnih oblikah stavb (lamela brez balkonov, stolpnica brez balkonov ...), prihaja do nekaterih razlik v faktorjih osončenosti. Pri severni površini $S[1]$ izstopa predvsem razlika v avgustu in septembru, ki je večja kot 6 odstotnih točk. Ta razlika je podobna kot pri površini $J[13]$. Ker so severne površine precej manj osenčene kot južne ali balkonske in strešne površine in imajo posledično nizek potencial zajema sončne energije, ta razlika pri izračunih energetske bilance stavbe nima tako velikega pomena kot pri južnih površinah. Med drugim pa na severnih površinah po navadi ni prisotno veliko transparentnih površin, preko katerih bi lahko zajeli ta potencial sončnega sevanja. Na južni površini imamo po navadi precej več transparentnega ovoja. Ker je razlika pozitivnega predznaka, to pomeni, da bi pri upoštevanju faktorja osončenosti, izračunanega na dan 21. 8. in na dan 21.9., prejeli manj sončnega sevanja v stavbo. Posledično to pomeni, da bi porabili manj energije za hlajenje objekta. Torej je to ravno obraten pojav kot pri izračunih za južno površino. Ker imajo severne površine po navadi precej manj transparentnega ovoja in so tudi odstotkovno slabo osenčene, ta napaka pri izračunih energetske bilance stavbe ne pride do takšnega izraza kot pri južnih površinah.

Tudi ostale severne površine poleg površine $S[1]$ imajo največjo razliko v osončenosti v avgustu in septembru. Vendar je ta razlika manjša kot pa pri površini $S[1]$. Pri nekaterih severnih površinah prihaja do malo večje razlike še v marcu in maju, vendar je ta razlika občutno manjša kot v avgustu in septembru. Zato menim, da bi pravi mesečni faktor osončenosti morali izračunati le za avgust in september, medtem ko bi lahko za ostale mesece uporabili kar mesečne faktorje osončenosti, izračunane na 21. dan v vsakem mesecu. Seveda pa je treba upoštevati, da večja kot je kvadratura stavbnega ovoja, večji bo tudi vpliv na napako pri izračunu energetske bilance stavbe, vendar bo pri severnih površinah verjetno tudi ta napaka dokaj majhna v primerjavi z razlikami pri drugih površinah. Na lokaciji Ljubljane mesečnih faktorjev osončenosti severnih površin za januar, februar, oktober, november in december niti ni treba izračunati, saj v teh mesecih sonce ne osenči severnih površin.

Preglednica 15: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri severnih površinah. Negativne razlike so v prid povprečni osončenosti, izračunani na 21. dan v mesecu.

	Razlika med mesečno povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan									
	S[1]	S[2]	S[3]	S[4]	S[6]	S[7]	S[8]	S[9]	S[10]	S[12]
Januar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marec	1,82	1,59	0,89	0,88	0,88	0,98	1,60	0,89	0,88	0,88
April	-1,29	-0,99	-0,56	-0,13	-0,37	-1,27	-0,99	-0,56	-0,13	-0,41
Maj	0,98	1,51	0,25	-0,38	-0,03	1,36	1,56	0,25	-0,38	-0,03
Junij	-0,11	0,05	-0,09	-0,10	-0,06	-0,01	0,10	-0,08	-0,10	-0,09
Julij	-0,56	-0,18	-0,45	-0,92	-0,65	0,36	-0,27	-0,45	-0,92	-0,67
Avgust	6,04	4,35	3,23	3,54	3,37	2,64	4,34	3,23	3,54	3,37
September	6,11	5,27	2,98	2,75	2,92	3,48	5,27	2,98	2,75	2,88
Oktober	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.2.4 Osončenost vzhodnih površin primarne stavbe na mesečni ravni



a) Primarna stavba iz SV smeri

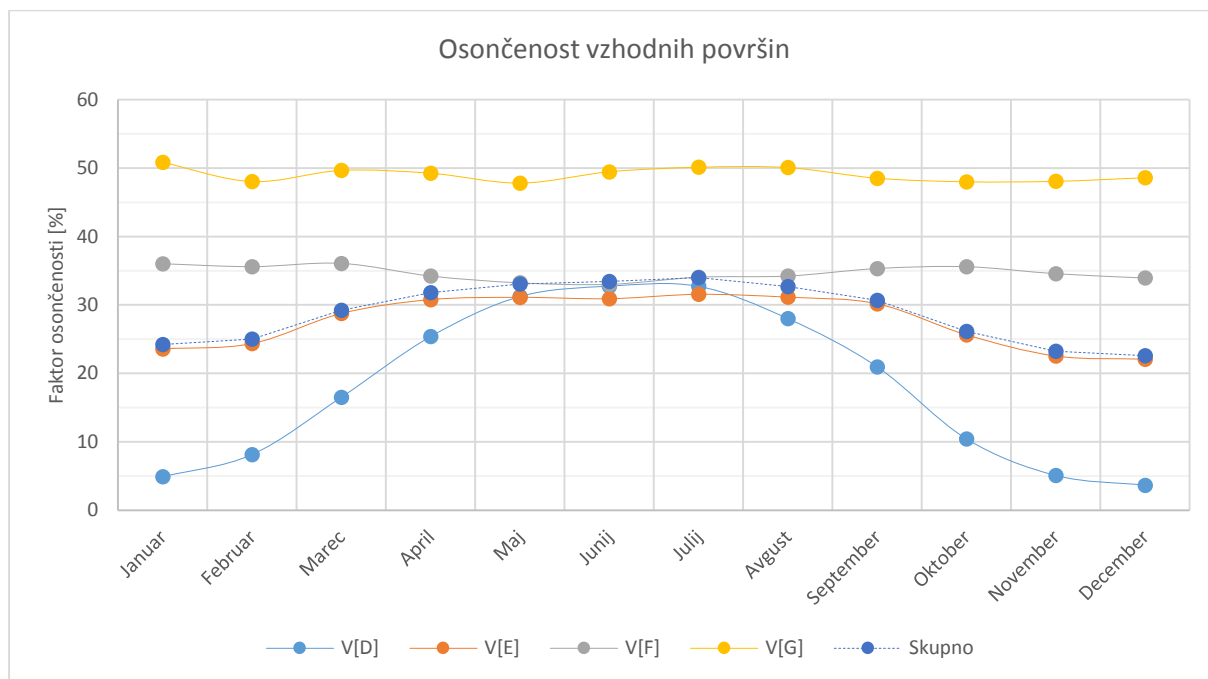
b) Primarna stavba iz JV smeri

Slika 13: Vzhodne površine primarne stavbe. a, b) Od zunanosti proti notranosti si površine sledijo od V[G] do V[D]

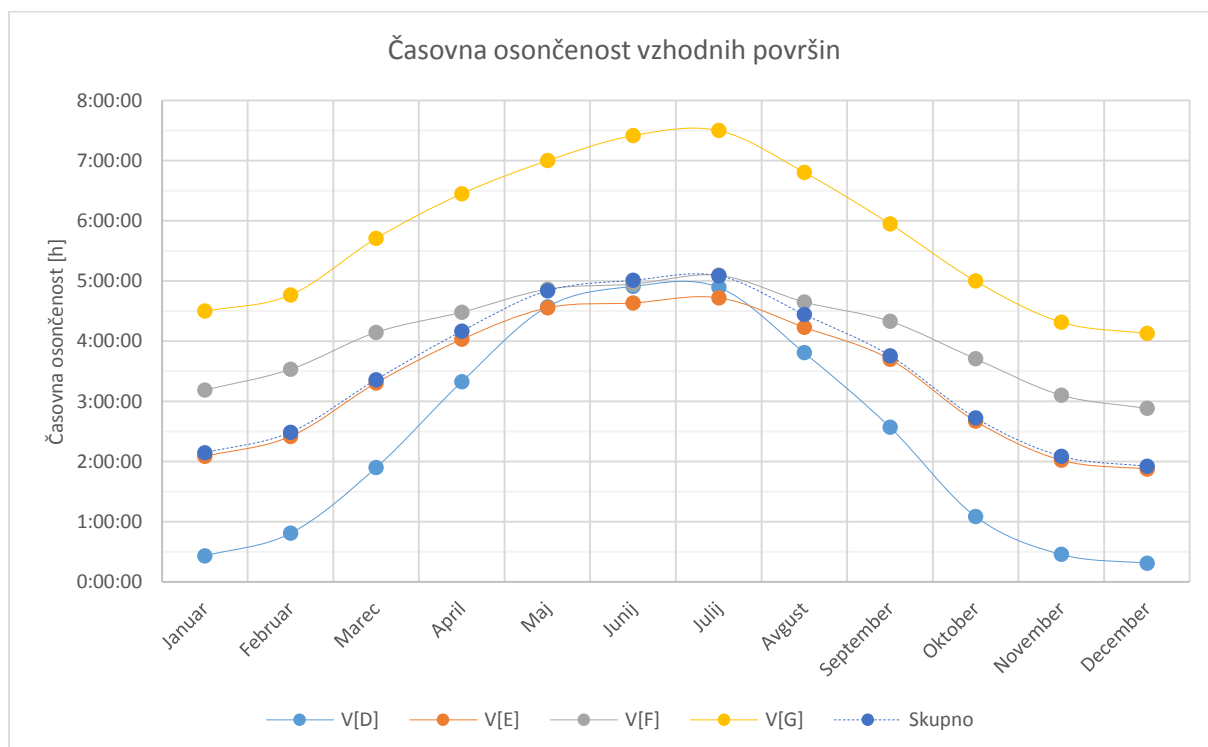
Kot je bilo razvidno že iz grafikona 5, se skupni mesečni faktor osončenosti vzhodnih površin zvišuje od januarja do julija. Od julija do decembra skupni mesečni faktor osončenosti začne zopet padati. Najnižji mesečni faktor osončenosti je decembra pri 22,59 %. Najvišji mesečni faktor osončenosti je julija pri 33,99 %. Iz grafikonov 5 in 12 (skupna linija osončenosti) je razvidno, da so vzhodne površine stavbe najbolj osončene v poletnih mesecih.

Rezultati površin V[G] (rumena barva) predstavljajo vrednosti tipične vzhodne površine, ki jih imajo tudi bolj enostavne stavbe (lamela brez balkonov in stolpnica brez balkonov). Iz grafikona 12 je razvidno, da se mesečni faktor osončenosti površine V[G] giblje okoli vrednosti 49 %. Nekoliko manj so te vzhodne površine osončene v zimskih mesecih, vendar je razlika zelo majhna. Iz tega sklepam, da navidezno daljša pot sonca in daljši dan v poletnih mesecih ne vplivata veliko na dejanski faktor osončenosti vzhodnih površin V[G]. To je nekako logično, saj se dnevi (čas, ko je svetlo) proti poletju enakomerno daljšajo v jutranjih in pozno popoldanskih

urah. V zimskih mesecih pa se dnevi zopet enakomerno krajšajo. Zato je bilo gibanje mesečnega faktorja osončenosti vzhodnih površin okoli vrednosti 49 % V[G] pričakovano.



Grafikon 12: Osončenost vzhodnih površin

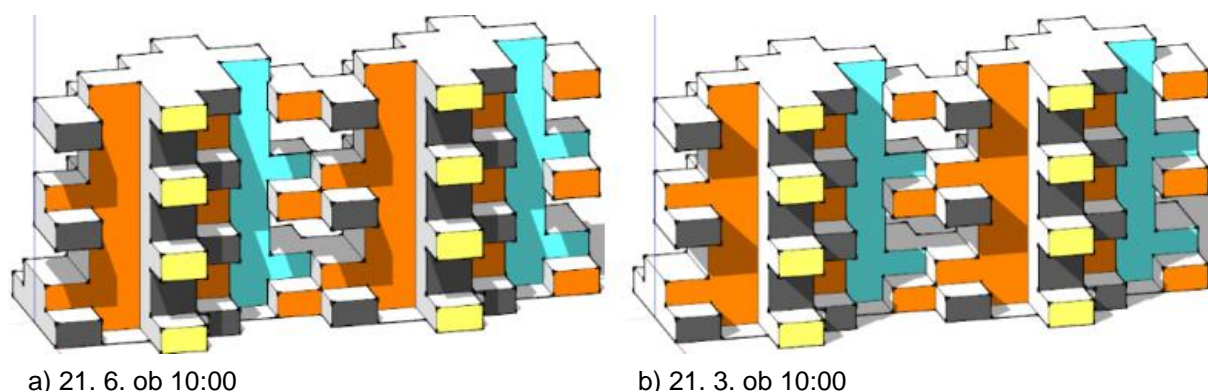


Grafikon 13: Časovna osončenost vzhodnih površin

Vzhodne površine V[F] (siva barva) so že nekoliko bolj potisnjene v samo notranjost stavbe. Iz grafikona 12 je razvidno, da so junija te površine najmanj osončene. Mesečni faktor osončenosti je najnižji junija (33,01 %), medtem ko je marca najvišji (36,07 %). Kljub tej razliki

je mesečni faktor osončenosti vzhodnih površin V[F] med letom precej enakomeren in se giblje okoli vrednosti 35 %. Iz primerjave med površinami V[G] in V[F] pa je že razviden učinek samosenčenja stavbe, saj je razlika med njunima letošnjima faktorjema osončenosti kar 14,38 odstotne točke ob dejstvu, da so mesečni faktorji osončenosti teh površin precej enakomerni vse leto.

V primerjavi s površinami V[G] in V[F] je potek mesečnih faktorjev osončenosti vzhodnih površin V[E] (oranžna barva) in V[D] (svetlo modra barva) že precej drugačen. To je še posebej opazno pri površinah V[D]. Mesečni faktor osončenosti površin V[D] se enakomerno zvišuje do junija. Od junija do decembra pa se zopet enakomerno znižuje. Najvišji mesečni faktor osončenosti teh površin je junija (32,74 %). Najnižji mesečni faktor osončenosti imajo te površine decembra (3,67 %). Takšen preskok v faktorju osončenosti se zgodi predvsem zaradi višje elevacije sonca v poletnih mesecih. Na sliki 14 je prikazana osončenost vzhodnih površin na dan 21. 3. in na dan 21. 6. ob 10:00. S te slike je še posebej pri površinah V[D] očitno, da se na teh površinah učinek samosenčenja stavbe bistveno zmanjša v poletnih mesecih v primerjavi z zimskimi meseci. Zanimivo je tudi, da je mesečni faktor osončenosti površin V[D] junija in julija celo višji od mesečnega faktorja osončenosti površin V[E], čeprav površine V[D] ležijo bolj v notranjosti stavbe kot pa površine V[E]. Mesečni faktor osončenosti površin V[E] se zvišuje in znižuje podobno kot mesečni faktor osončenosti površin V[D], vendar sta zviševanje in zniževanje prisotni v precej manjši meri kot pa pri površinah V[D]. Površine V[E] imajo najvišji mesečni faktor osončenosti julija (31,55 %) in najnižjega decembra (22,08 %).



Slika 14: Učinek samosenčenja stavbe pri vzhodnih površinah

Grafikon 13 prikazuje časovne komponente osončenosti vzhodnih površin. Zanimivo je, da je največja časovna komponenta osončenosti v juliju in ne v juniju. Razlika med časovno osončenostjo vzhodnih površin junija in julija je sicer minimalna, vendar je vseeno prisotna. Iz preglednice 11 je razvidno, da je po programu razlika med maksimalnima potencialoma osončenosti junija in julija le 1 minuto in 56 sekund. Ker je po programu ta razlika relativno majhna, je posledično tudi časovna osončenost površin v juliju rahlo večja. Dejanska razlika med maksimalnima potencialoma osončenosti junija in julija je 21 minut in 25 sekund. Predvidevam pa, da če bi lahko upoštevali dejansko časovno osončenosti, bi dobili največjo časovno komponento v juniju in ne v juliju. Kljub temu je to dejstvo relativno nepomembno in zanemarljivo.

V preglednici 16 je prikazana razlika med dejanskim mesečnim faktorjem in mesečnim faktorjem izračunanim na 21. dan v mesecu. Z rumeno in oranžno barvo so označena

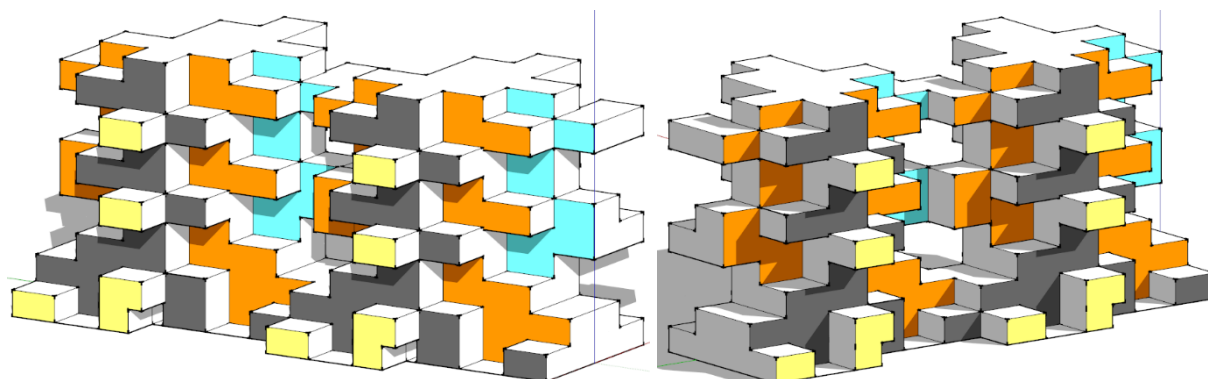
odstopanja, ki so večja od $\pm 1,5$ odstotne točke. Razvidno je, da pri vzhodni površini V[G], ki je prisotna tudi v drugih bolj enostavnih oblikah stavb (lamela brez balkonov, stolpnica brez balkonov ...), prihaja do nekaterih razlik v faktorjih osončenosti. Pri vzhodni površini V[G] prihaja do največje razlike v marcu, aprilu, septembru in decembru. Izstopa predvsem razlika v marcu, ki je 3,08 odstotne točke. Zanimivo je tudi, da so pravi mesečni faktorji osončenosti praktično vse leto višji od faktorjev osončenosti, izračunanih na 21. dan v mesecu. Izjema so le maj, junij in september. Maja in junija je ta razlika precej majhna, septembra pa je malo večja. To pomeni, da bi ob upoštevanju pravih mesečnih faktorjev osončenosti za površino V[G] dobili manjšo porabo energije za ogrevanje stavbe pri izračunih energetske bilance stavbe, kot pa če bi uporabili faktorje osončenosti, izračunane na 21. dan v mesecu.

Tudi pri ostalih vzhodnih površinah prihaja do razlik v faktorjih osončenosti. Do opaznejših razlik prihaja v februarju, marcu, aprilu, avgustu, septembru in novembru. Najočitnejše so razlike pri površini V[F], kjer so razlike v marcu, aprilu in septembru več kot 2 odstotni točki. Pri površinah V[D] in V[E] so te razlike manjše. V primerjavi z razlikami, ki se pojavljajo pri južnih in severnih površinah, so razlike pri faktorjih osončenosti vzhodnih površin precej manjše. Pri bolj enostavnih stavbah, ki imajo samo eno vzhodno površino (V[G]), sem mnenja, da bi pravi faktor osončenosti morali izračunati za marec, april, september in december, za druge mesece pa bi zadostovala že uporaba faktorjev osončenosti, izračunanih na 21. dan v mesecu. V primerjavi s severnimi površinami imajo vzhodne površine po navadi precej več transparentnih površin, preko katerih je mogoč zajem sončnega sevanja. Zato je vpliv razlike v faktorjih osončenosti pri vzhodnih površinah tudi precej večji kot pri severnih površinah.

Preglednica 16: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri vzhodnih površinah. Negativne razlike so v prid povprečni osončenosti, izračunani na 21. dan v mesecu.

Razlika med mesečno povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan				
	V[D]	V[E]	V[F]	V[G]
Januar	-0,23	0,23	0,38	0,82
Februar	-1,31	-0,45	0,11	0,40
Marec	1,10	1,74	2,29	1,82
April	-0,02	1,10	2,32	3,08
Maj	-0,90	-0,26	-0,01	-0,48
Junij	-0,33	-0,12	-0,21	-0,56
Julij	0,20	0,07	-0,10	0,11
Avgust	1,64	0,40	0,43	0,06
September	-0,06	-1,26	-2,00	-1,49
Oktober	0,89	0,66	0,02	0,37
November	1,87	1,66	1,57	0,99
December	-0,02	0,17	0,72	1,52

5.2.5 Osončenost zahodnih površin primarne stavbe na mesečni ravni



a) Primarna stavba iz JZ smeri

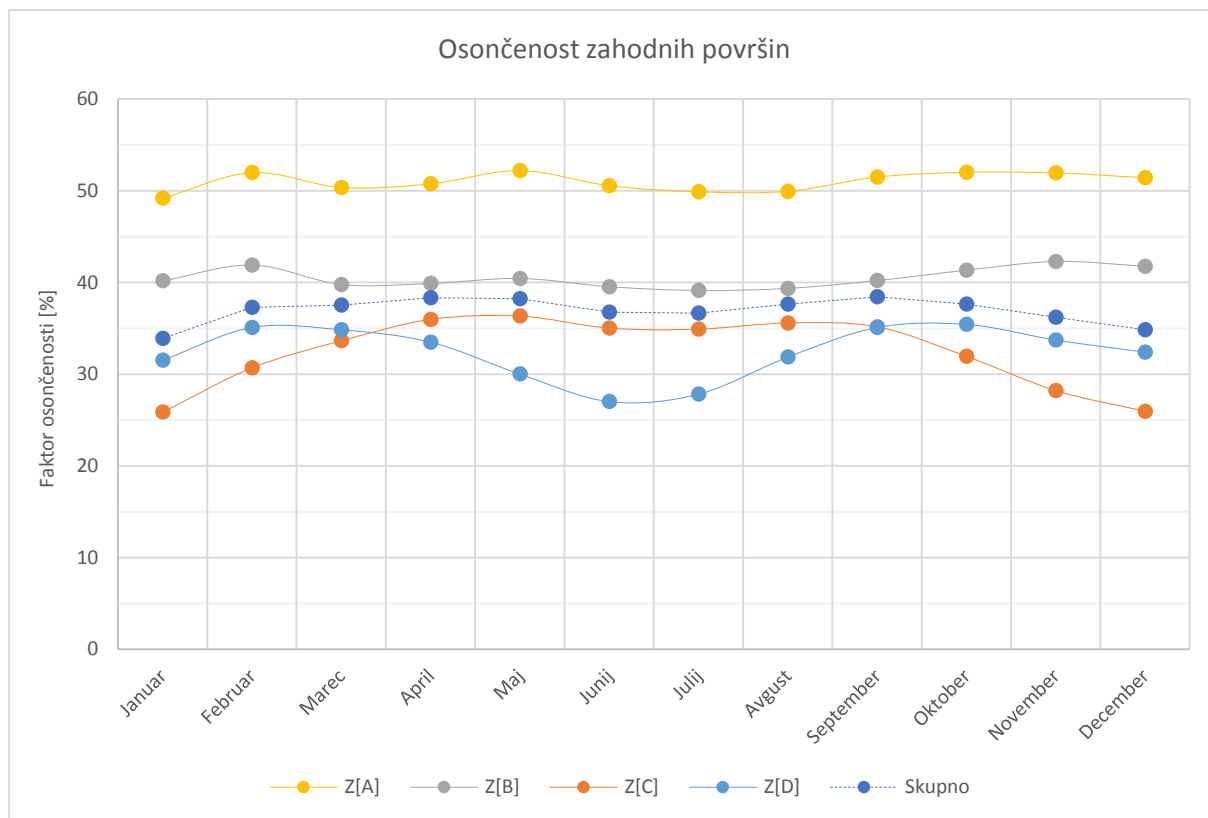
b) Primarna stavba iz SZ smeri

Slika 15: Zahodne površine primarne stavbe. a,b) Od zunanosti proti notranjosti si površine sledijo od Z[A] do Z[D]

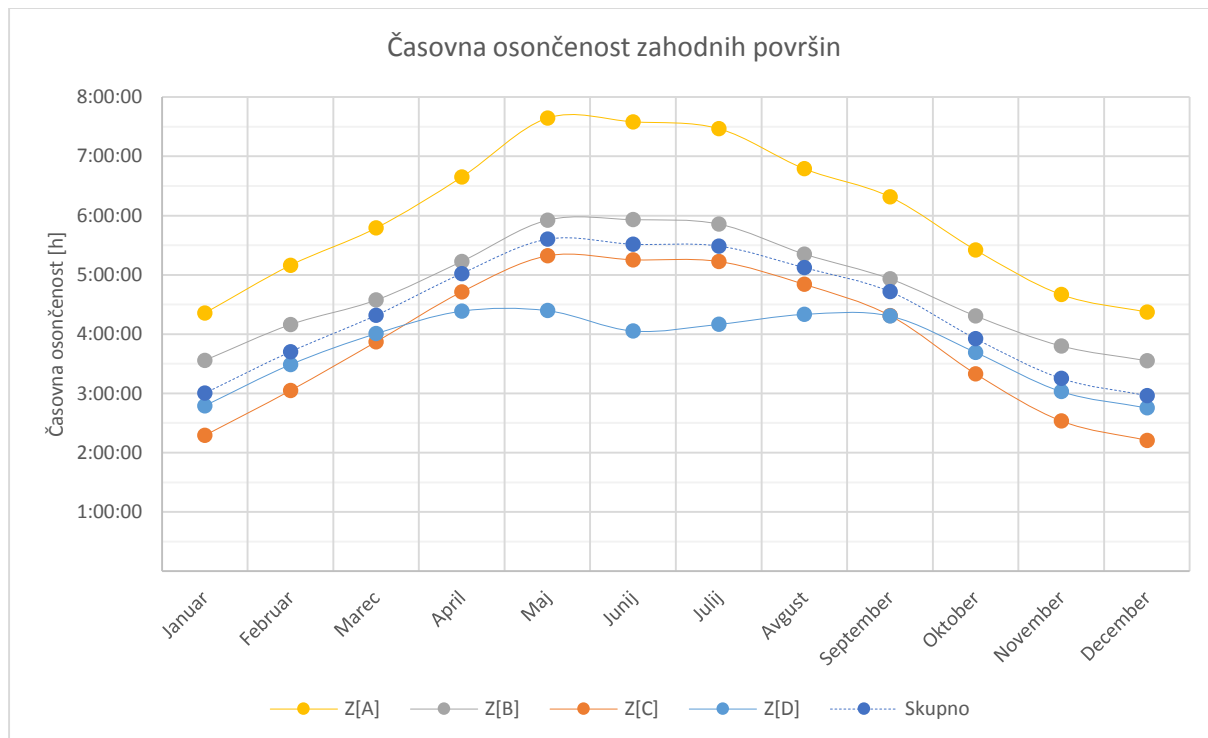
Kot je razvidno že iz grafikona 5, je skupni mesečni faktor osončenosti zahodnih površin vse leto precej enakomeren. Giblje se okoli vrednosti 37 %. V grobem lahko rečem, da skupni mesečni faktor osončenosti zahodnih površin raste do aprila/maja, nato v juniju in juliju malo pade, v avgustu in septembru se zopet malo zviša, nato pa začne zopet padati do decembra. Najvišji mesečni faktor osončenosti vseh zahodnih površin je v septembru (38,45 %), najnižji pa je v januarju (33,91 %).

Rezultati površin Z[A] (rumena barva) predstavljajo vrednosti tipične zahodne površine, ki jih imajo tudi bolj enostavne stavbe (lamela brez balkonov in stolpnica brez balkonov). Iz grafikona 14 je razvidno, da se mesečni faktor osončenosti površine Z[A] giblje okoli vrednosti 51 %. Nekoliko bolj so te površine osončene v februarju, maju, septembru, oktobru, novembru in decembru. Kljub temu je razlika v mesečnih faktorjih osončenosti površine Z[A] relativno majhna. Zato sklepam, da navidezno daljša pot sonca in daljši dan v poletnih mescih ne vplivata veliko na dejanski faktor osončenosti vzhodnih površin Z[A]. Podobno kot pri površinah V[G] je tudi pri površinah Z[A] dolžina dneva precej nepomembna za sam mesečni faktor osončenosti. Zato je gibanje mesečnega faktorja osončenosti okoli vrednosti 51 % pričakovano.

Tudi površine Z[B] (siva barva) imajo vse leto precej enakomeren mesečni faktor osončenosti. Iz grafikona 14 je razvidno, da se mesečni faktor osončenosti površine Z[B] giblje okoli vrednosti 40,5 %. Nekoliko bolj so te površine osončene v februarju, oktobru, novembru in decembru, vendar so te razlike zopet precej majhne. Razlika med celoletnima faktorjema osončenosti površin Z[A] in Z[B] je 10,49 odstotne točke. Iz tega je razvidno, da so površine Z[B] precej bolj pod vplivom učinka samosenčenja stavbe, medtem ko površine Z[A] sploh niso pod tem vplivom.



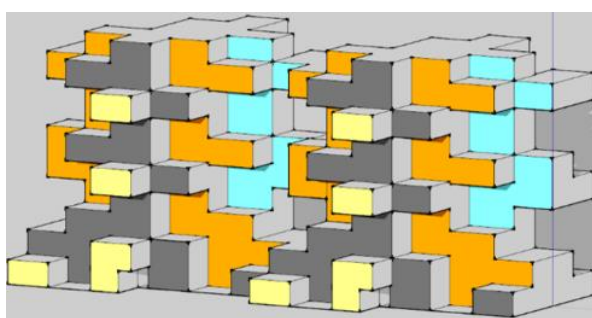
Grafikon 14: Osončenost zahodnih površin



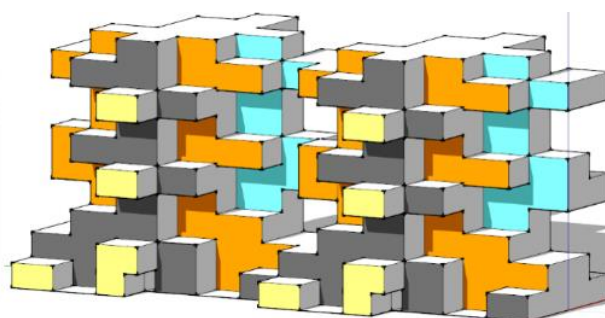
Grafikon 15: Časovna osončenost zahodnih površin

Posebej zanimive pa so zahodne površine Z[C] (oranžna barva) in Z[D] (svetlo modra barva). Mesečni faktor osončenosti zahodnih površin Z[C] se viša od januarja do aprila, nato je od aprila do septembra približno ustaljen na vrednosti 35 %. Od septembra do decembra pa začne

mesečni faktor osončenosti zahodnih površin Z[C] padati. Mesečni faktor osončenosti zahodnih površin Z[D] se od januarja do februarja viša, od februarja do junija pada, od junija do oktobra zopet narašča. Od oktobra do decembra pa začne mesečni faktor osončenosti zahodnih površin Z[D] zopet padati. To je precej zanimiv pojav, saj sem menil, da bo mesečni faktor osončenosti zahodnih površin Z[D] najvišji v poletnih mesecih kot pri površinah Z[C]. Razvidno je tudi, da gre pri površinah Z[D] za ravno obraten pojav kot pri površinah V[D], ki imajo najvišji mesečni faktor osončenosti ravno v poletnih mesecih. V poletnih mesecih so površine Z[D] pod velikim učinkom samosenčenja stavbe. To je razvidno tudi s slike 16. Nekoliko manj pod vplivom učinka samosenčenja stavbe so ravno v poletnih mesecih površine Z[C]. V zimskih mesecih (od oktobra do februarja) je učinek samosenčenja stavbe na teh površinah (Z[C]) precej očitnejši. Vzroki tega pojava so zopet oblika stavbe ter različna elevacija in navidezna pot sonca na nebu v različnih mesecih.



a) 21. 3. ob 17:00



b) 21. 6. ob 17:00

Slika 16: Učinek samosenčenja stavbe pri zahodnih površinah

Grafikon 15 prikazuje časovne komponente osončenosti zahodnih površin. Zanimivo je, da imajo vse zahodne površine največjo časovno komponento osončenosti v maju. To velja tudi za površini Z[B] in Z[D], ki največjega mesečnega faktorja osončenosti sploh nimata v maju, ampak ga imata v novembru (Z[B]) oz. oktobru (Z[D]). Vendar je treba vedeti, da so dnevi v maju daljši kot pa v novembru oz. oktobru in imajo zato te površine najdaljšo časovno komponento ravno v maju. Oblika časovne linije površin Z[A] v grafikonu 15 je bila pričakovana. Časovne komponente osončenosti so sorazmerne mesečnim faktorjem osončenosti.

V preglednici 17 je prikazana razlika med dejanskim mesečnim faktorjem in mesečnim faktorjem izračunanim na 21. dan v mesecu. Z rumeno in oranžno barvo so označena odstopanja, ki so večja od $\pm 1,5$ odstotne točke. Razvidno je, da pri zahodni površini Z[A], ki je prisotna tudi v drugih bolj enostavnih oblikah stavb (lamela brez balkonov, stolpnica brez balkonov ...), prihaja do nekaterih manjših razlik v faktorjih osončenosti. Pri zahodni površini Z[A] prihaja do največje razlike v marcu in septembru. Kljub temu ta razlika ni tako velika v primerjavi z razlikami pri južnih površinah. Zanimivo je tudi, da so razlike pri površini Z[A] v zimskih mesecih vedno negativnega predznaka, kar pomeni, da bomo ob upoštevanju faktorjev osončenosti, izračunanih na 21. dan v mesecu, pri izračunu energetske bilance stavbe dobili manjše potrebe po ogrevanju, kot pa bi dejansko morale biti. Tukaj gre zopet za obraten primer razlike kot pa pri vzhodni površini V[G]. Deloma se ta napaka lahko ravno zaradi obratnega pojava na vzhodni površini V[G] izniči. Kljub temu bo ob upoštevanju faktorjev osončenosti, izračunanih na 21. dan, še vedno prihajalo do napak pri izračunih energetske bilance stavbe.

Seveda pa je to odvisno tudi od količine transparentnih površin na vzhodni oz. zahodni strani stavbe. Do največje razlike v faktorjih površin Z[A] prihaja v aprilu (-3,08 odstotne točke). Tudi pri ostalih zahodnih površinah prihaja do razlik v faktorjih osončenosti. Do opaznejših razlik prihaja v februarju, marcu, aprilu, septembru in decembru. Najočitnejše so razlike pri površini Z[C], kjer so razlike v marcu in septembru več kot 2 %. Pri površinah Z[B] in Z[D] so te razlike manjše. V primerjavi z razlikami, ki se pojavljajo pri južnih in severnih površinah, so razlike pri faktorjih osončenosti zahodnih površin precej manjše. Pri bolj enostavnih stavbah, ki imajo samo eno zahodno površino (Z[A]), menim, da bi pravi faktor osončenosti morali izračunati za marec, april, september in december, za druge mesece pa bi zadostovala že uporaba faktorjev osončenosti, izračunanih na 21. dan v mesecu. V primerjavi s severnimi površinami imajo zahodne površine po navadi precej več transparentnih površin, preko katerih je mogoč zajem sončnega sevanja. Zato je vpliv razlike v faktorjih osončenosti pri zahodnih površinah tudi precej večji kot pri severnih površinah.

Preglednica 17: Razlika (v odstotnih točkah) med dejanskim mesečnim faktorjem osončenosti in mesečnim faktorjem osončenosti izračunanim na 21. dan v mesecu pri zahodnih površinah. Negativne razlike so v prid povprečni osončenosti, izračunani na 21. dan v mesecu

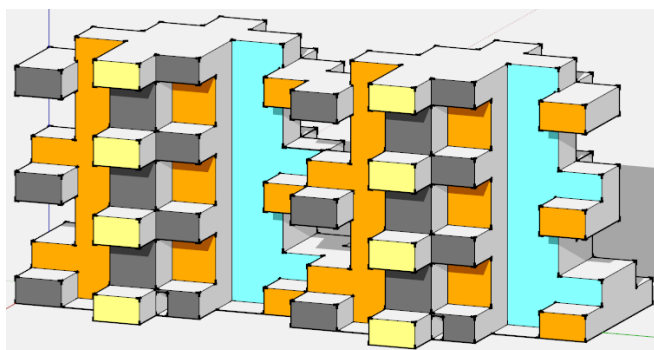
Razlika med mesečno povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan [%]				
	Z[A]	Z[B]	Z[C]	Z[D]
Januar	-0,82	-0,71	-0,81	-0,74
Februar	-0,40	-0,28	-1,51	-1,06
Marec	-1,82	-1,75	-2,28	-1,62
April	-3,08	-1,58	-1,53	-1,00
Maj	0,48	0,52	0,61	0,73
Junij	0,56	0,40	0,39	0,34
Julij	-0,11	-0,13	-0,19	-0,32
Avgust	-0,06	0,19	0,08	-0,84
September	1,49	1,60	2,06	1,30
Oktober	-0,37	-0,85	-0,18	-0,69
November	-0,99	-0,75	0,26	-0,10
December	-1,52	-0,92	-0,29	-0,63

5.3 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zakonskimi zahtevami

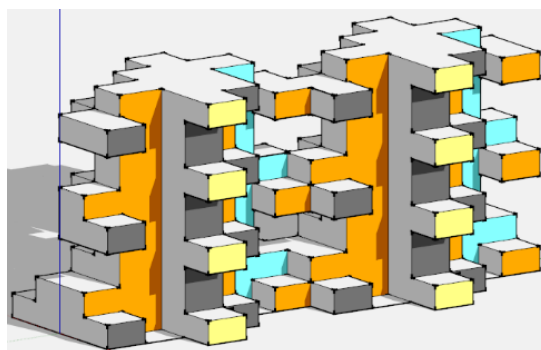
5.3.1 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 12.

Iz preglednice 18 je razvidno, da obravnavana stavba ne ustreza zahtevi TSG4 [31] na dan 21. 12. Balkonske/strešne in južne površine stavbe dosegajo in deloma tudi presegajo zahteve iz TSG4 [31], medtem ko vzhodne in zahodne površine stavbe ne zadostujejo zahtevam. Ker pa je treba upoštevati tudi vzhodne in zahodne površine, skupaj stavba (efektivne površine) dosega samo 1 uro 38 minut in 1 sekundo osončenosti, kar je 21 minut in 59 sekund premalo za zadostitev pogoja iz TSG4 [31]. Stavba dosega 81,67 % časovne zahtevane osončenosti po TSG4 [31], kar je premalo za zadostitev zahtev iz TSG4 [31]. Južne površine dosegajo 117,5 %, balkonske in strešne površine dosegajo 104,16 %, vzhodne površine dosegajo 33,5 % in zahodne površine dosegajo 67,5 % časovno zahtevane osončenosti po TSG4 [31]. Kot je bilo že omenjeno, je iz teh podatkov razvidno, da so kritične predvsem vzhodne površine in v nekoliko manjši meri tudi zahodne površine.

Pričakovano pa tudi severne površine na izbrani dan niso direktno osončene, saj sonce še ne vziđe/zaide pod takim kotom, da bi bile severne površine lahko osončene. Če bi v izračun upošteval tudi severne površine stavbe, bi stavba dosegala samo 66,68 % časovno zahtevane osončenosti po TSG4 [31], kar je še precej nižje od rezultata brez upoštevanja severnih površin v izračunu.

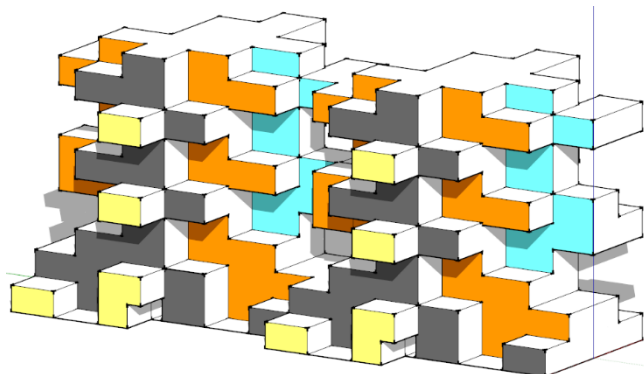


a) Primarna stavba iz SV smeri

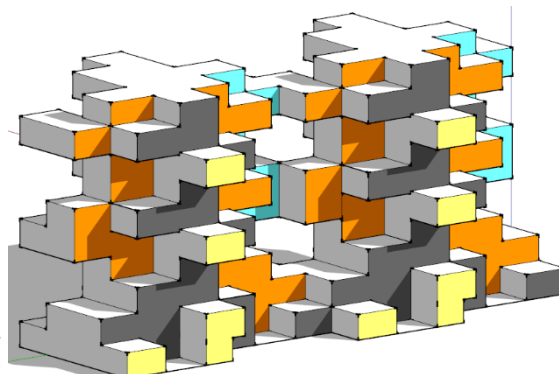


b) Primarna stavba iz JV smeri

Slika 17: Vzhodne površine primarne stavbe. a,b) Od zunanosti proti notranjosti si površine sledijo od V[G] do V[D]



a.) Primarna stavba iz JZ smeri.

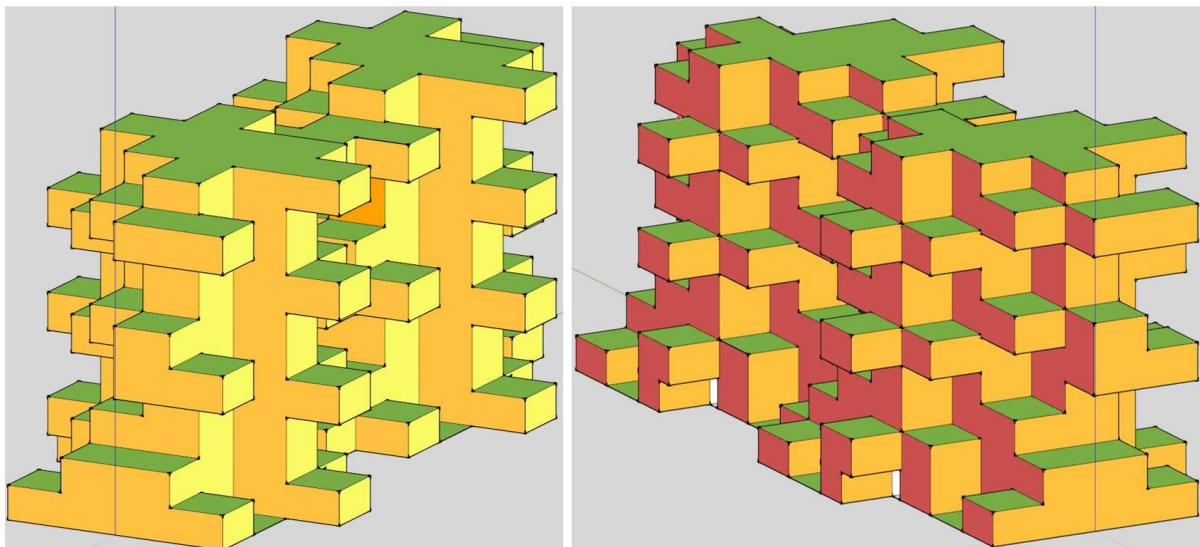


b.) Primarna stavba iz SZ smeri.

Slika 18: Zahodne površine primarne stavbe. a,b) Od zunanosti proti notranjosti si površine sledijo od Z[A] do Z[D]

Iz preglednice 18 je razvidno, da so kritične predvsem vzhodne površine, ki so osončene samo 40 minut in 19 sekund. K tako nizki osončenosti vzhodnih površin prispeva predvsem dejstvo, da so odstotkovno najbolj osončene vzhodne površine V[G] relativno majhne glede na ostale vzhodne površine V[D], V[E] in V[F], saj vzhodne površine V[G] predstavljajo le 8,2 % vseh vzhodnih površin, medtem ko V[D] predstavlja 25,04 %, V[E] predstavlja 41,90 % in V[F] predstavlja 24,83 % vseh vzhodnih površin. Vzhodne površine V[D], V[E] in V[F] so že veliko bolj osončene zaradi razgibanosti stavbe in zaradi dejstva, da so pomaknjene bolj proti notranjosti stavbe. To je razvidno s slike 19, iz katere je tudi razvidno, kako se stavba sama senči proti notranjosti. K nizki osončenosti vzhodnih površin prispeva tudi dejstvo, da se na dan 21. 12. začne meriti osončenost šele ob 10:00. Iz preglednice 18 je razvidno, da so vzhodne površine najbolj osončene v jutranjih urah (8:00–9:30), ki se po zahtevah TSG4 [31] ne upoštevajo.

Zahodne površine so nekoliko bolj osončene kot vzhodne površine, saj postanejo osončene že ob 12:00. Iz opazovanega domnevam, da drugačna sestava zahodne strani stavbnega ovoja precej vpliva na to razliko. Iz preglednice 18 je razvidno, da ima vzhodna površina že ob samem sončnem vzhodu nižjo časovno osončenost kot pa zahodna površina ob sončnem zahodu, kar nakazuje, da drugačna oblika vzhodne in zahodne strani stavbe zelo vpliva na sam potencial osončenosti. To postane še toliko zanimivejše ob dejstvu, da sta kvadraturi vzhodnih in zahodnih površin povsem enaki (2016,8 m²). Tako kot je bilo ugotovljeno pri vzhodnih površinah, so zahodne površine Z[A] odstotkovno najbolj osončene in predstavljajo majhen odstotek vseh zahodnih površin (9,61 %) medtem ko Z[B] predstavlja 34,18 %, Z[C] predstavlja 40,06 % in Z[D] predstavlja 16,14 % vseh zahodnih površin. Razvidno je, da se vzhodne površine V[D] in zahodne površine Z[D], ki so najbolj potisnjene v notranjost stavbe, razlikujejo po odstotkovnem deležu, ki ga predstavljajo v vseh vzhodnih oz. zahodnih površinah. Vzhodne površine V[D] imajo za 8,9 odstotne točke večji delež v vseh vzhodnih površinah kot pa zahodne površine Z[D] v vseh zahodnih površinah. Predvidevam, da imajo zahodne površine tudi zaradi tega dejstva boljšo osončenost v primerjavi z vzhodnimi površinami, saj se vpliv samosenčenja površin pri zahodnih površinah s tem zmanjša.



a) 21. 12. ob 10:00

b) 21. 12. ob 14:00

Slika 19: Pogled na primarno stavbo ob 10:00 (iz JV smeri) in ob 14:00 (iz JZ smeri) na dan 21. 12. (iz smeri sonca)

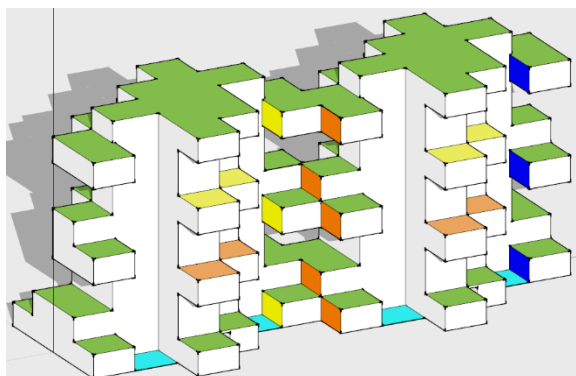
Preglednica 18: Ustreznost primarne stavbe glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 12.

Ime ploskve		Balk. in streš. površine	Južne površine	Vzhodne površine	Zahodne površine	Severne površine	Skupaj (efektivne površine)	Vse skupaj
Površina ploskve [m ²]		3218,6	1467,7	2016,8	2016,8	1948,2	8719,9	10668,1
21. 12. 2014	8:00	0:17:21	0:19:50	0:19:27	0:00:00	0:00:00	0:14:14	0:11:38
	8:30	0:16:47	0:19:22	0:17:14	0:00:00	0:00:00	0:13:26	0:10:59
	9:00	0:15:35	0:18:38	0:15:11	0:00:00	0:00:00	0:12:24	0:10:08
	9:30	0:15:33	0:18:28	0:14:23	0:00:00	0:00:00	0:12:11	0:09:57
	10:00	0:15:05	0:17:55	0:13:32	0:00:00	0:00:00	0:11:43	0:09:34
	10:30	0:15:00	0:17:24	0:12:36	0:00:00	0:00:00	0:11:23	0:09:18
	11:00	0:15:09	0:17:06	0:11:14	0:00:00	0:00:00	0:11:04	0:09:03
	11:30	0:15:26	0:16:46	0:09:43	0:00:00	0:00:00	0:10:46	0:08:48
	12:00	0:16:17	0:16:34	0:00:00	0:16:29	0:00:00	0:12:37	0:10:18
	12:30	0:15:48	0:17:02	0:00:00	0:16:59	0:00:00	0:12:38	0:10:19
	13:00	0:15:42	0:18:00	0:00:00	0:18:44	0:00:00	0:13:09	0:10:45
	13:30	0:16:01	0:18:58	0:00:00	0:19:13	0:00:00	0:13:33	0:11:05
	14:00	0:16:12	0:19:55	0:00:00	0:20:10	0:00:00	0:14:00	0:11:26
	14:30	0:16:41	0:20:34	0:00:00	0:21:00	0:00:00	0:14:29	0:11:50
15:00	0:17:30	0:21:23	0:00:00	0:21:51	0:00:00	0:15:07	0:12:21	
15:30	0:18:32	0:22:13	0:00:00	0:22:44	0:00:00	0:15:51	0:12:57	
16:00	0:19:13	0:23:14	0:00:00	0:24:01	0:00:00	0:16:34	0:13:32	
<u>Osončenost ploskev v kritičnih urah</u>		2:05:01	2:20:46	0:40:19	1:21:31	0:00:00	<u>1:38:01</u>	1:20:07
<u>Zadostitev pogoja osončenosti min. 2 uri?</u>		DA	DA	NE	NE	NE	NE	NE

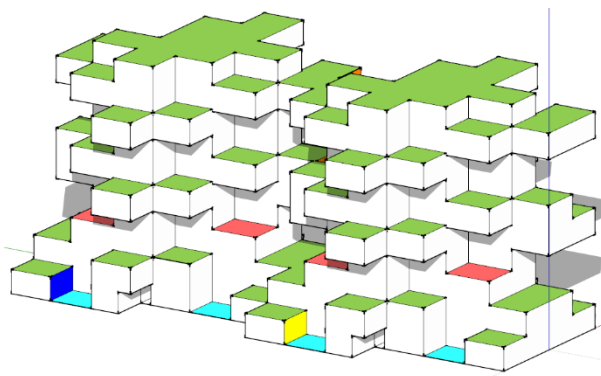
5.3.2 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 3.

Iz preglednice 19 je razvidno, da obravnavana stavba na dan 21. 3. ne ustreza zahtevi TSG4 [31]. Balkonske oz. strešne in južne površine stavbe dosegajo in deloma tudi presegajo zahtevo iz TSG4 [31], medtem ko vzhodne in zahodne površine stavbe zopet ne zadostujejo zahtevam. Skupaj stavba (efektivne površine) dosega samo 3 ure 7 minut in 1 sekundo osončenosti, kar je 52 minut in 59 sekund premalo za zadostitev pogoja iz TSG4 [31]. Stavba dosega 77,91 % časovno zahtevane osončenosti, kar je premalo za zadostitev zahtev iz TSG4 [31]. Južne površine dosegajo 108,75 %, balkonske in strešne površine dosegajo 101,25 %, vzhodne površine dosegajo 43,5 % in zahodne površine dosegajo 52,5 % časovno zahtevane osončenosti po TSG4 [31]. Podobno kot na dan 21. 12. so tudi tokrat kritične predvsem vzhodne in zahodne površine stavbe.

V primerjavi z rezultati na dan 21. 12. imajo tokrat vzhodne površine stavbe nekoliko večji odstotkovni delež dosega zahtev TSG4 [31], medtem ko imajo zahodne površine nekoliko manjši odstotkovni delež dosega kot na dan 21. 12. Prvi razlog za to je dejstvo, da se meritve osončenosti po TSG4 [31] na dan 21.3. začne že ob 8:30, ko so vzhodne površine relativno dobro osončene. Drugi razlog pa je v tem, da je vzhodna površina ob izračunu ob 12:00 še vedno nekoliko osončena, medtem ko na dan 21. 12. ob 12:00 ni več osončena. Dejansko gledano so vzhodne površine na dan 21. 12. do 11:58 še nekoliko osončene, ker pa program izračuna faktor osončenosti v 30-minutnih intervalih, ob 12:00 poda faktor osončenosti 0 %. Tudi če bi upoštevali to dejstvo, stavba ne bi dosegala zahtev TSG4 [31]. Nekoliko pa je mogoče to programsko »napako« v prihodnjih simulacijah omejiti z uporabo izračuna v 15-minutnih intervalih. Za manjši odstotkovni delež dosega zahtev TSG4 [31] vseh zahodnih površin stavbe je razlog podoben, kot sem ga že navedel v tem odstavku. Medtem ko se vzhodnim površinam poveča osončenost zaradi dejstva, da so ob 12:00 še nekoliko osončene, se zahodnim površinam zaradi tega zniža časovna osončenost, saj so po programskih izračunih prvič osončene šele ob 12:30, čeprav so dejansko osončene že ob 12:09. To je zopet posledica izbire izračunov v 30-minutnih intervalih. Kljub temu to bistveno ne vpliva na rezultate, saj stavba tudi ob upoštevanju tega dejstva ne dosega zahtev TSG4 [31].



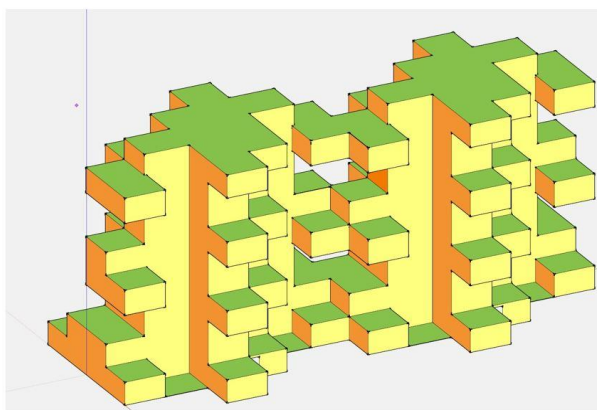
a) Primarna stavba iz JV smeri



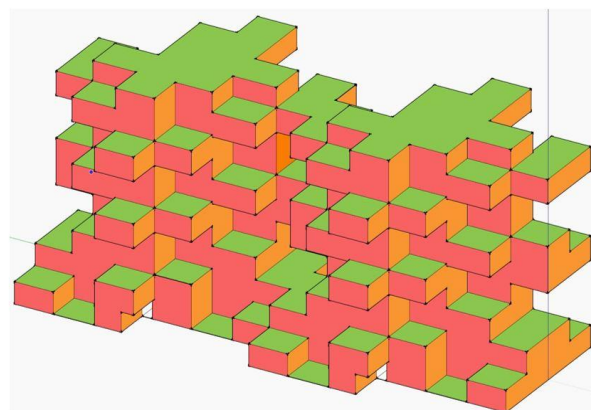
b) Primarna stavba iz JZ smeri

Slika 20: Balkonske in južne površine primarne stavbe. a) Od spodaj navzgor so prikazane površine G[0], G[IV] in G[VII]. Od leve proti desni s prikazane površine J[8], J[7] in J[2]. b) Od spodaj navzgor so prikazane površine G[0] in G[III]. Od leve proti desni so prikazane površine J[2] in J[8]

Zanimivo je tudi dejstvo, da so južne površine zopet bolj osončene od balkonskih in strešnih površin. Isti pojav se je zgodil tudi na dan 21. 12. Predvidevam, da do tega prihaja zato, ker balkonske in strešne površine v nekaterih nadstropjih ležijo izrazito na vzhodni oz. zahodni strani in so posledično lahko osončene le ob jutranjih oz. popoldanskih urah. To dejstvo je predvsem očitno pri površinah G[III], G[IV] in G[VII], ki ležijo samo na zahodni oz. vzhodni strani stavbe in so posledično zaradi samosenčenja stavbe manj osončene kot druge zgornje površine. Slabo osončene so tudi površine G[0], ki ležijo v pritličju stavbe in so posledično še najbolj izpostavljene učinku samosenčenja stavbe. Slabo osončene so tudi južne površine, ki ležijo na J[2], J[7] in J[8]. Površine J[7] in J[8] so slabo osončene, ker ležijo na sredini stavbe (gledano iz smeri jug-sever). Te površine posledično ležijo tudi bolj v notranjosti stavbe (gledano iz smeri vzhod-zahod). Zato je učinek samosenčenja stavbe na te površine relativno velik. Omeniti je treba, da površine na J[2] ne ležijo na sredini stavbe, ampak so slabo osončene, ker ležijo bolj v notranjosti stavbe, kjer učinek samosenčenja stavbe zopet izrazit.



a) 21. 3. ob 8:30



b) 21. 3. ob 15:30

Slika 21: Pogled na primarno stavbo ob 8:30 (iz JV smeri) in ob 15:30 (iz JZ smeri) na dan 21. 3. (iz smeri sonca)

Preglednica 19: Ustreznost primarne stavbe glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 3.

Ime ploskve	Balk. in streš. površine	Južne površine	Vzhodne površine	Zahodne površine	Severne površine	Skupaj (efektivne površine)	Vse skupaj	
Površina ploskve [m ²]	3218,6	1467,7	2016,8	2016,8	1948,2	8719,9	10668,1	
21. 3. 2014	7:00	0:19:21	0:19:50	0:27:04	0:00:00	0:00:00	0:16:45	0:13:41
	7:30	0:19:00	0:19:32	0:25:08	0:00:00	0:00:00	0:16:07	0:13:10
	8:00	0:18:40	0:18:59	0:22:58	0:00:00	0:00:00	0:15:24	0:12:35
	8:30	0:18:16	0:18:39	0:20:24	0:00:00	0:00:00	0:14:36	0:11:56
	9:00	0:17:47	0:18:33	0:18:03	0:00:00	0:00:00	0:13:52	0:11:20
	9:30	0:16:36	0:18:06	0:16:23	0:00:00	0:00:00	0:12:58	0:10:36
	10:00	0:15:33	0:17:51	0:14:55	0:00:00	0:00:00	0:12:12	0:09:58
	10:30	0:15:26	0:18:19	0:12:40	0:00:00	0:00:00	0:11:43	0:09:34
	11:00	0:15:56	0:17:59	0:11:14	0:00:00	0:00:00	0:11:30	0:09:24
	11:30	0:16:39	0:17:36	0:10:30	0:00:00	0:00:00	0:11:32	0:09:26
	12:00	0:17:28	0:17:51	0:10:27	0:00:00	0:00:00	0:11:52	0:09:42
	12:30	0:17:25	0:18:12	0:00:00	0:16:33	0:00:00	0:13:19	0:10:53
	13:00	0:17:20	0:18:30	0:00:00	0:17:22	0:00:00	0:13:32	0:11:04
	13:30	0:17:55	0:18:41	0:00:00	0:17:59	0:00:00	0:13:55	0:11:23
	14:00	0:18:21	0:18:58	0:00:00	0:19:36	0:00:00	0:14:30	0:11:51
	14:30	0:18:40	0:19:46	0:00:00	0:20:51	0:00:00	0:15:02	0:12:17
	15:00	0:19:07	0:20:31	0:00:00	0:22:08	0:00:00	0:15:38	0:12:46
	15:30	0:19:52	0:21:20	0:00:00	0:23:13	0:00:00	0:16:18	0:13:19
16:00	0:20:38	0:22:10	0:00:00	0:24:17	0:00:00	0:16:58	0:13:52	
16:30	0:21:20	0:22:23	0:00:00	0:25:28	0:00:00	0:17:32	0:14:20	
17:00	0:21:51	0:22:32	0:00:00	0:26:57	0:00:00	0:18:06	0:14:47	
17:30	0:22:15	0:22:42	0:00:00	0:28:14	0:00:00	0:18:34	0:15:11	
18:00	0:22:35	0:22:56	0:00:00	0:29:52	0:00:00	0:19:06	0:15:37	
<u>Osončenost ploskev v kritičnih urah</u>	4:03:17	4:20:53	1:44:24	2:06:06	0:00:00	<u>3:07:01</u>	2:32:52	
<u>Zadostitev pogoja osončenosti min. 4 ur?</u>	DA	DA	NE	NE	NE	NE	NE	

5.3.3 Primerjava osončenosti primarne stavbe z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 6.

Iz preglednice 20 je razvidno, da obravnavana stavba ne ustreza zahtevi TSG4 [31] na dan 21. 6. Balkonske in strešne površine stavbe dosegajo in tudi presegajo zahtevo TSG4 [31], medtem ko južne, vzhodne in zahodne površine stavbe ne zadostujejo zahtevam. Skupaj stavba (efektivne površine) dosega 5 ur 45 minut in 46 sekund osončenosti, kar je 14 minut in 14 sekund premalo za zadostitev pogoja iz TSG4 [31]. Stavba dosega 96,11 % časovno zahtevane osončenosti po TSG4 [31], kar je premalo za zadostitev zahtev iz TSG4 [31]. Južne površine dosegajo 91,66 %, balkonske in strešne površine dosegajo 129,72 %, vzhodne površine dosegajo 66,94 % in zahodne površine dosegajo 74,72 % časovno zahtevane osončenosti po TSG4 [31]. Podobno kot pri rezultatih na dan 21. 12. in na dan 21. 3. so tudi

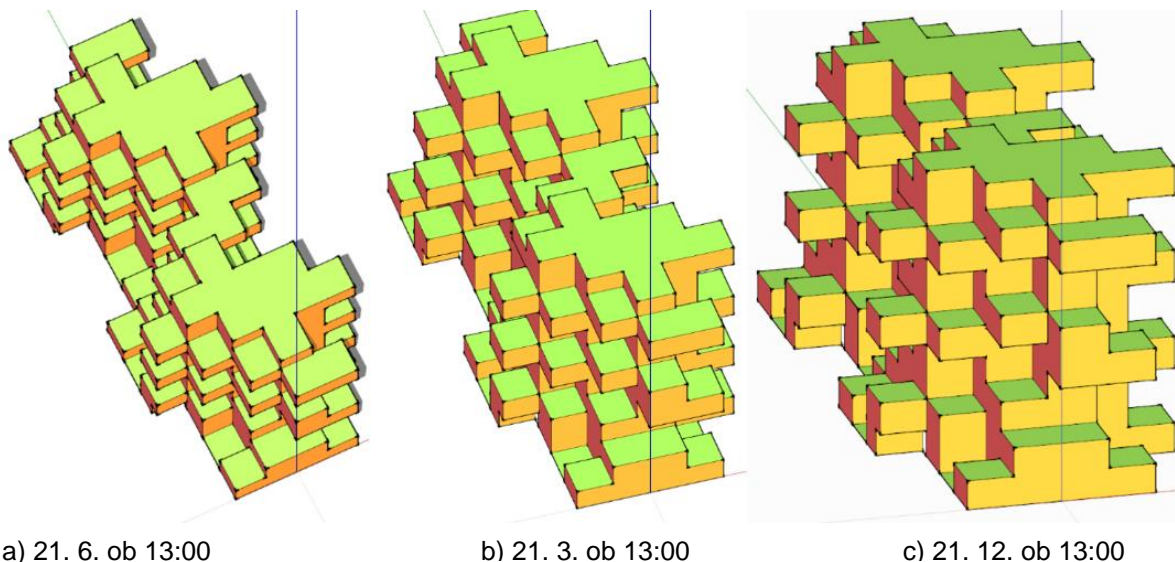
tokrat kritične predvsem vzhodne in zahodne površine stavbe. V primerjavi z osončenostjo stavbe na dan 21.12. in na dan 21.3. osončenost stavbe na dan 21. 6. skoraj zadostuje pogojem TSG4 [31].

Glede na rezultate osončenosti na dan 21.12. in na dan 21.3. imajo balkonske/strešne, vzhodne in zahodne površine največji odstotkovni delež osončenosti ravno na dan 21. 6. To je predvsem zanimivo ob dejstvu, da imajo južne površine najmanjši odstotkovni delež osončenosti glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 6. v primerjavi z rezultati osončenosti na dan 21.12. in na dan 21.3.. Predvidevam, da do tega prihaja zaradi navidezne poti sonca. V poletnih mesecih (na dan 21. 6.) sonce vzide pri azimutu $57,41^\circ$ (smer SV) in zaide pri azimutu $301,34^\circ$ (smer SZ). To pomeni, da južne površine ob zgodnjih jutranjih in poznih popoldanskih urah niso osončene, saj jih sonce v teh urah »obide«. V zimskih mesecih (21. 12.) sonce vzide pri azimutu $127,4^\circ$ (smer JV) in zaide pri azimutu $227,02^\circ$ (smer JZ). To pomeni, da so južne površine v zimskih mesecih osončene ob zgodnjih jutranjih urah in poznih popoldanskih urah. Zaradi tega pojava južne površine na dan 21. 6. dosegajo manjši odstotkovni delež osončenosti glede na zahteve iz TSG4 [31] kot pa na dan 21. 12. in na dan 21.3.. Kljub temu južne površine vseeno skoraj dosegajo zahteve iz TSG4 [31]. Časovna osončenost južnih površin pa je glede na zahteve iz TSG [31] logično še vedno najdaljša na dan 21. 6.

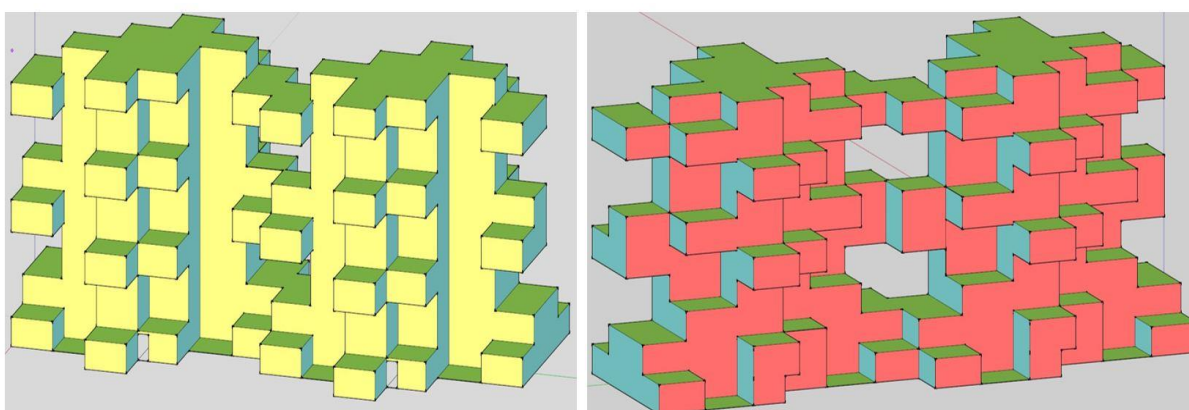
Balkonske/strešne ter vzhodne in zahodne površine imajo na dan 21. 6. večjo odstotkovno osončenost glede na zahteve TSG4 [31] tudi zaradi drugačne navidezne poti sonca kot pa na dan 21.12. in na dan 21.3.. Razlika prihaja predvsem iz drugačne maksimalne elevacije sonca v teh dnevih. Na dan 21. 6. je maksimalna elevacija sonca $67,39^\circ$, medtem ko je na dan 21. 12. maksimalna elevacija sonca $20,46^\circ$. Na dan 21. 3. je maksimalna elevacija sonca $43,65^\circ$. Zaradi višje pozicije sonca na dan 21. 6. predvidevam, da se učinek samosenčenja stavbe (na teh površinah) občutno zmanjša v primerjavi z dnevi 21. 12. in 21. 3. Posledično to pomeni, da so vzhodne, zahodne in balkonske/strešne površine na ta dan precej bolj osončene kot pa na ostala dva dneva. Na sliki 22 je prikazana pozicija sonca ob 13:00 na dan 21. 6., na dan 21. 3. in na dan 21. 12. Delno je s slike mogoče razbrati, da je ob 13:00 osončenih več površin na dan 21. 6. kot pa na dan 21. 3. in na dan 21. 12.

Pojav večje časovne osončenosti (balkonskih/strešnih, vzhodnih in zahodnih površin) glede na zahteve TSG4 [31] na dan 21. 6. bi potencialno lahko deloma pripisali tudi samim zahtevam TSG4, ki podajo točne horizontalne vpadne kote sonca. Zanimivo je dejstvo, da so si elevacije sonca (približno 14°) ob določenih horizontalnih vpadnih kotah sonca po TSG4 [31] na dan 21. 6. in na dan 21. 12. precej podobne. Elevacija sonca glede na določene horizontalne vpadne kote sonca na dan 21. 3. pa je približno 25° , kar je kar precejšnja razlika. Če bi upoštevali časovni zajem glede na usklajeno elevacijo sonca ob vseh dnevih, bi na dan 21. 3. imeli lahko precej boljše rezultate, kot pa so sedaj. Na dan 21. 3. se 14-stopinjska elevacija sonca pojavi približno ob urah 7:31 in 16:44. Azimuta sonca ob teh urah sta $105,55^\circ$ in $254,31^\circ$ (torej približno $\pm 75^\circ$ od horizontalne projekcije vpadnega kota sonca 180°). S tem bi se potencialno trajanje osončenosti stavbe povečalo s 412 minut na 538 minut, kar je več kot dvournno povečanje potenciala osončenosti glede na zahteve iz TSG4 [31]. S tem bi tudi objekti lažje dosegali zahtevano osončenost po TSG4 [31]. To so omenili in tudi predlagali v študiji Košir [11].

Po mojem mnenju bi takšna sprememba pravilnika lahko bila smiselna, saj je iz primera obravnavane primarne stavbe razvidno, da je ravno na dan 21. 3. dosežena najmanjša časovna osonečnost glede na zahtevo iz TSG4 [31]. Vendar bi bile za takšno spremembo potrebne nadaljnje analize različnih oblik stavb.



Slika 22: Prikaz učinka samosenčenja stavbe (iz smeri sonca) na dan 21. 6., na dan 21. 3. in na dan 21. 12.



Slika 23: Pogled na primarno stavbo (iz smeri sonca) ob 6:00 (iz JV smeri) in ob 18:30 (iz JZ smeri) na dan 21. 6.

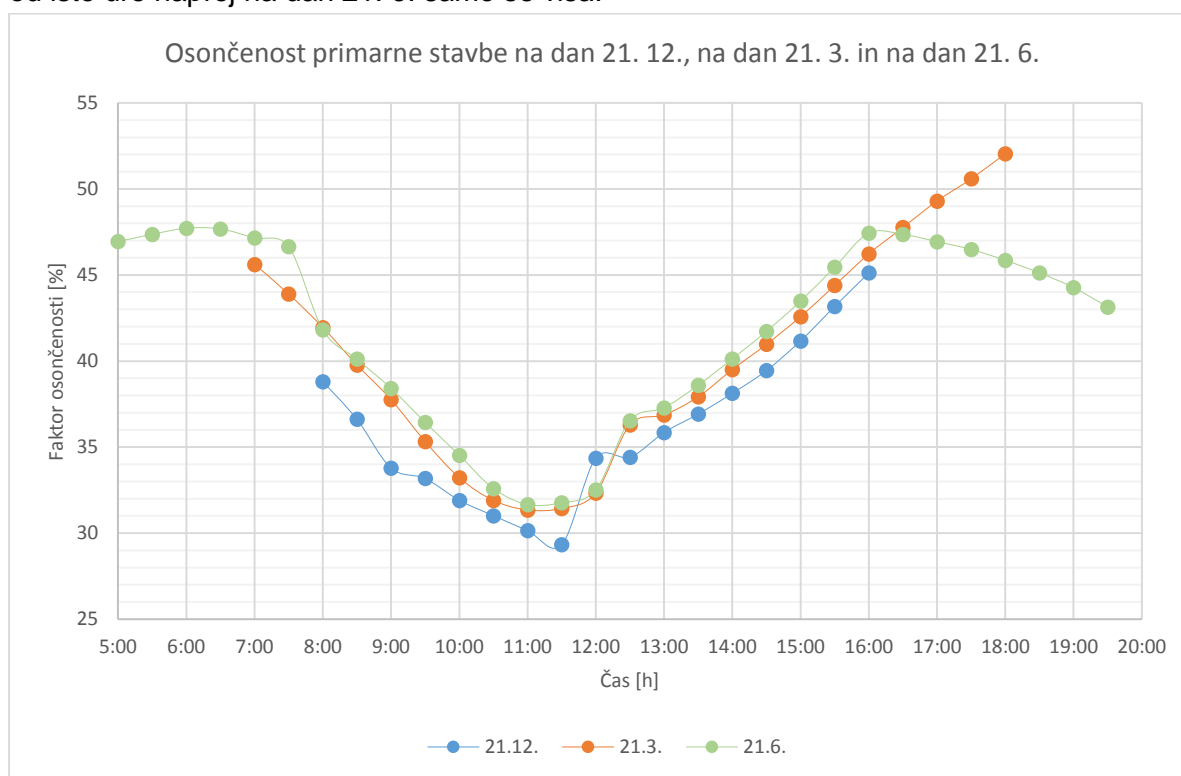
Preglednica 20: Ustreznost primarne stavbe glede na zahteve iz TSG4 [31] na dan 21. 6.

Ime ploskve		Balk. in streš. površine	Južne površine	Vzhodne površine	Zahodne površine	Severne površine	Skupaj (efektivne površine)	Vse skupaj
Površina ploskve [m ²]		3218,6	1467,7	2016,8	2016,8	1948,2	8719,9	10668,1
21. 6. 2014	5:00	0:18:29	0:00:00	0:24:20	0:00:00	0:21:22	0:12:27	0:14:05
	5:30	0:18:44	0:00:00	0:24:56	0:00:00	0:21:03	0:12:41	0:14:13
	6:00	0:18:56	0:00:00	0:25:26	0:00:00	0:20:47	0:12:52	0:14:19
	6:30	0:18:53	0:00:00	0:25:51	0:00:00	0:20:22	0:12:57	0:14:18
	7:00	0:18:35	0:00:00	0:26:03	0:00:00	0:19:49	0:12:53	0:14:09
	7:30	0:18:16	0:00:00	0:26:12	0:00:00	0:19:19	0:12:48	0:14:00
	8:00	0:17:41	0:17:56	0:25:06	0:00:00	0:00:00	0:15:21	0:12:33
	8:30	0:17:10	0:18:11	0:23:02	0:00:00	0:00:00	0:14:43	0:12:02
	9:00	0:16:39	0:18:38	0:20:49	0:00:00	0:00:00	0:14:06	0:11:31
	9:30	0:16:15	0:19:00	0:18:04	0:00:00	0:00:00	0:13:22	0:10:56
	10:00	0:16:03	0:19:05	0:15:18	0:00:00	0:00:00	0:12:40	0:10:22
	10:30	0:15:33	0:18:39	0:13:20	0:00:00	0:00:00	0:11:58	0:09:47
	11:00	0:15:16	0:19:14	0:11:52	0:00:00	0:00:00	0:11:37	0:09:30
	11:30	0:15:32	0:19:46	0:11:14	0:00:00	0:00:00	0:11:40	0:09:32
	12:00	0:16:15	0:19:52	0:11:13	0:00:00	0:00:00	0:11:56	0:09:45
	12:30	0:16:36	0:19:35	0:00:00	0:17:14	0:00:00	0:13:25	0:10:58
	13:00	0:17:21	0:19:25	0:00:00	0:17:21	0:00:00	0:13:41	0:11:11
	13:30	0:18:00	0:19:25	0:00:00	0:18:23	0:00:00	0:14:10	0:11:35
	14:00	0:18:50	0:19:33	0:00:00	0:19:24	0:00:00	0:14:44	0:12:02
	14:30	0:19:54	0:19:39	0:00:00	0:20:08	0:00:00	0:15:19	0:12:31
	15:00	0:21:18	0:19:58	0:00:00	0:20:29	0:00:00	0:15:58	0:13:03
	15:30	0:22:06	0:20:32	0:00:00	0:21:55	0:00:00	0:16:41	0:13:38
	16:00	0:22:51	0:21:20	0:00:00	0:23:18	0:00:00	0:17:25	0:14:14
	16:30	0:22:44	0:00:00	0:00:00	0:24:41	0:14:41	0:14:06	0:14:12
17:00	0:22:08	0:00:00	0:00:00	0:24:54	0:14:45	0:13:56	0:14:05	
17:30	0:21:39	0:00:00	0:00:00	0:24:54	0:14:49	0:13:45	0:13:57	
18:00	0:21:15	0:00:00	0:00:00	0:24:35	0:14:47	0:13:32	0:13:45	
18:30	0:20:53	0:00:00	0:00:00	0:24:01	0:14:46	0:13:16	0:13:32	
19:00	0:20:23	0:00:00	0:00:00	0:23:29	0:14:45	0:12:57	0:13:17	
19:30	0:19:51	0:00:00	0:00:00	0:22:32	0:14:45	0:12:32	0:12:57	
<u>Osončenost ploskev v kritičnih urah</u>		7:46:44	5:29:48	4:00:48	4:29:17	2:16:17	5:45:46	5:07:30
<u>Zadostitev pogoja osončenosti min. 6 ur?</u>		DA	NE	NE	NE	NE	NE	NE

5.3.4 Primerjava osončenosti primarne stavbe na dan 21. 12., na dan 21.3. in na dan 21. 6.

Grafikon 16 prikazuje osončenost primarne stavbe (vključno s severnimi površinami) na dan 21. 12., na dan 21. 3. in na dan 21. 6. Iz grafikona je razvidno, da je med urama 7:00 in 16:30 objekt najbolj osončen na dan 21. 6., vendar občutne razlike v primerjavi z dnem 21. 3. ni. Sklepam, da je to zaradi višje elevacije sonca na dan 21. 6. Nekoliko očitnejša razlika med osončenostjo objekta pa je na dan 21. 3. ali 21. 6. v primerjavi z dnem 21. 12. Med omenjenima urama v teh dnevih je videti tudi precej enak naklon krivulj osončenosti objekta. Do manjšega skoka osončenosti objekta na dan 21. 12. pride ob 12:00, ker se ob tej uri osončijo zahodne površine stavbe. Do tega skoka pride tudi pri ostalih dveh dneh, vendar šele ob 12:30. Kot je bilo že omenjeno v poglavju 4.2, je to deloma tudi posledica programske omejitve.

Zanimiva je predvsem razlika na dan 21. 3. in na dan 21. 6. med 16:30 in 18:00 uro. Na dan 21. 6. od 16:30 naprej južne površine stavbe niso več osončene, saj se sonce pomakne že proti severu, medtem ko so južne površine na 21. 3. osončene ves dan. Zanimivo je tudi dejstvo, da so zahodne površine na dan 21. 3. od 16:00 do 18:00 odstotkovno bolj osončene kot pa na dan 21. 6., ker je elevacija sonca na dan 21. 3. ob poznih popoldanskih urah precej nižja. Sončno sevanje je praktično pravokotno na zahodne površine. To je razvidno tudi s slike 24. Sicer so na dan 21. 6. od 16:30 naprej osončene tudi severne površine, vendar je zopet močno prisoten učinek samosenčenja stavbe, severne površine na vzhodni strani stavbe pa ob tej uri v večini niso osončene. Globalno gledano to sicer vseeno malo izboljša osončenost stavbe na dan 21. 6., vendar se le-ta od 16:30 naprej samo niža, medtem ko se osončenost od iste ure naprej na dan 21. 3. samo še viša.



Grafikon 16: Osončenost primarne stavbe na dan 21. 12., na dan 21. 3. in na dan 21. 6.



a) 21. 3. ob 18:00

b) 21. 3. ob 18:00

Slika 24: Pogled na zahodne površine (iz smeri sonca) primarne stavbe na dan 21. 3. in na dan 21. 6. ob 18:00

Preglednica 21: Osončenost površin primarne stavbe na dan 21.3. in 21.6. od 16:00 do 18:00.

Ime ploskve	Balk. in strešne površine	Južne površine	Vzhodne površine	Zahodne površine	Severne površine
Površina ploskve [m ²]	3218,6	1467,7	2016,8	2016,8	1948,2
21. 3.	72,45	75,15	0,00	89,86	0,00
21. 6.	73,75	14,22	0,00	81,58	39,35

Iz grafikona 16 je razvidno tudi, da je stavba na dan 21. 6. v jutranjih urah (5:00–7:30) relativno dobro osončena. V teh urah je stavba dobro osončena, ker so osončene tudi severne površine stavbe, ki predstavljajo velik odstotek celotnega stavbnega ovoja. Padec osončenosti stavbe po 7:30 uri gre pripisati dejstvu, da se osončijo južne površine, ki odstotkovno gledano ne predstavljajo tako velikega deleža celotnega stavbnega ovoja kot pa severne površine. Večji delež severnih površin je lociran na vzhodni strani stavbe kot pa na zahodni. Tudi zato osončenost primarne stavbe v jutranjih urah ne pada tako strmo kot pa v poznopopoludanskih urah na dan 21. 6.

Zanimivo je tudi, da se stavba od 7:30 naprej začne precej bolj samosenčiti (ugotovitev velja za vse izbrane dneve). Pred 7:30 uro učinek samosenčenja ni tako očiten. Malo pred 12:00 uro se stavba tudi najbolj samosenči. To je malenkostno kontraintuitivno, saj se po navadi pričakuje, da bo stavba najbolje osončena ravno sredi dneva. Razlog za takšen pojav leži v podolgovati in razgibani obliki stavbe. Po tej uri začne sonce prehajati na zahodno stran, posledično se učinek samosenčenja začne zmanjševati, kar začne dvigovati osončenost stavbe. Iz grafikona 16 je razvidno, da orientacija in razgibanost same stavbe kar precej vplivata na osončenost stavbe. V nadaljevanju magistrskega dela sledi tudi opis, kako se je primarna stavba glede osončenosti in energetskega potenciala stavbnega ovoja odrezala v primerjavi z nekaterimi bolj splošnimi oblikami stavb.

5.4 Primerjava osončenosti sekundarnih stavb z zahtevami Tehnične smernice na dan 21. 12., na dan 21. 3. in na dan 21.6.

V preglednici 22 je prikazana časovna osončenost sekundarnih stavb na podlagi zahtev TSG4 [31]. Upoštewane so balkonske površine pri lameli s cikcak balkoni, lameli z balkoni in stolpnici z balkoni. Iz te preglednice je razvidno, da samo lamela in stolpnica brez balkonov ustrezata

zahtevam TSG4 [31], lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica z balkoni pa ne izpolnjujejo zahtev TSG4 [31]. Stolpnica z balkoni izpolnjuje zahteve TSG4 [31] na dan 21. 12. Na dan 21. 3. od 8:30 do 15:30 in na dan 21. 6. od 6:00 do 18:30 je primarna stavba časovno gledano bolj osončena kot lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica z balkoni. Na dan 21. 12. od 10:00 do 14:00 je primarna stavba časovno gledano tudi bolj osončena od lamele s cikcak balkoni in lamele z balkoni. Zanimivo je razbrati, da tudi bolj realne zasnove stavb v večini ne dosegajo zahtev TSG4 [31]. Iz tega je mogoče sklepati, da smo pri upoštevanju TSG4 [31] na varni strani. Kljub temu se postavlja vprašanje, ali so te zahteve smiselne, saj niti bolj konvencionalne stavbe z balkoni ne izpolnjujejo teh zahtev. Na en način te zahteve zagotavljajo dobro osončenost stavbnih ovojev, po drugi strani pa precej omejujejo arhitekturno zasnovo objektov, saj sta pogoje osončenosti izpolnjevali samo stavbi brez balkonov.

Preglednica 22: Časovna osončenost primarne stavbe in sekundarnih stavb na podlagi zahtev iz tehnične smernice TSG4 [31]

		Zahtevana osončenost 2 uri	Zahtevana osončenost 4 ure	Zahtevana osončenost 6 ur
Ime ploskve	Površina ploskve [m ²]	21. 12. od 10:00 do 14:00	21. 3. od 8:30 do 15:30	21. 6. od 6:00 do 18:30
Primarna stavba	8719,9	1:38:01	3:07:01	5:45:46
Lamela brez balkonov	5999,4	2:25:17	4:14:16	7:18:18
Lamela s cikcak balkoni	8542,1	1:36:39	2:40:02	4:54:17
Lamela z balkoni	8542,8	1:33:18	2:37:58	4:50:55
Stolpnica z balkoni	6399,4	2:01:27	2:59:01	4:22:15
Stolpnica brez balkonov	3823,3	2:54:40	5:05:41	8:00:31

V preglednici 23 je ponovno prikazana časovna osončenost lamele s cikcak balkoni, lamele z balkoni in stolpnice z balkoni na podlagi zahtev TSG4 [31]. Pri teh rezultatih niso upoštevane balkonske površine, saj ne opravljajo toplotne energijske funkcije. Rezultati iz preglednice 23 so malce slabši (razen na dan 21. 12. pri stolpnici z balkoni) od rezultatov iz preglednice 22, vendar do velike razlike ne prihaja. Stolpnica z balkoni še vedno izpolnjuje zahteve TSG4 [31] na dan 21. 12. od 10:00 do 14:00.

Preglednica 23: Časovna osončenost nekaterih sekundarnih stavb na podlagi zahtev iz tehnične smernice TSG4 [31] brez upoštevanja balkonskih površin

		Zahtevana osončenost 2 uri	Zahtevana osončenost 4 ure	Zahtevana osončenost 6 ur
Ime ploskve	Površina ploskve [m ²]	21. 12. od 10:00 do 14:00	21. 3. od 8:30 do 15:30	21. 6. od 6:00 do 18:30
Lamela s cikcak balkoni	6004,7	1:33:33	2:34:51	4:45:41
Lamela z balkoni	6008,8	1:29:06	2:31:58	4:41:03
Stolpnica z balkoni	3862,6	2:03:18	2:50:43	4:09:54

Rezultati iz preglednic 22 in 23 so zelo zanimivi. Zahteve iz TSG4 [31] sta izpolnjevali samo stavbi brez balkonov. Zanimivo je, da niti bolj konvencionalno zasnovane stavbe z balkonskimi površinami niso izpolnjevale zahtev iz TSG4 [31]. Iz tega je mogoče sklepati, da smo pri upoštevanju TSG4 [31] na varni strani. Kljub temu se postavlja vprašanje, ali so te zahteve smiselne, saj niti bolj konvencionalne stavbe z balkoni ne izpolnjujejo teh zahtev. Pri upoštevanju zahtev iz TSG4 [31] so arhitekturne zasnove stavb precej omejene, saj je pri upoštevanju nadstreškov, balkonov, napuščev itd. te zahteve zelo težko doseči.

V TSG4 [31] ni zapisano, kako naj si projektanti te zahteve interpretirajo. Predvsem je pomembno, v kateri fazi projekta je treba zahteve iz TSG4 [31] upoštevati, saj nikjer ni omenjeno, ali se zahteve upoštevajo na ravni urbanističnega planiranja ali na ravni projektiranja stavbe. Po mojem mnenju so takšne zahteve na ravni urbanističnega projektiranja smiselne, medtem ko so na ravni projektiranja stavbe takšne zahteve prestroge. Pri urbanističnem planiranju so stavbe v grobem zasnovane na podlagi volumna le v obliki lamele, stolpnice ali kocke (brez nadstreškov, balkonov itd.). S tega gledišča so zahteve iz TSG4 [31] smiselne, saj tako na urbanistični ravni zagotovimo, da stavbe v veliki meri ne senčijo druge stavbe in okoliško zelenje. S tem zagotovimo, da ima stavba že od zgodnje faze projektiranja lahko dober potencial osončenosti. Na ravni projektiranja stavbe pa so zahteve iz TSG4 [31] prestroge, saj projektanta zelo omejijo pri zasnovi stavbnega ovoja. To je razvidno iz rezultatov iz preglednice 22, kjer stavbe z balkonskimi površinami zahtev iz TSG4 [31] niso zadovoljile. To ne pomeni, da zahteve glede osončenosti stavbe na ravni projektiranja stavbe niso potrebne, vendar so trenutne zahteve iz TSG4 [31] prestroge. Iz tega je razvidno, da je zelo pomembno, v kateri fazi se zahteve iz TSG4 [31] upoštevajo, saj nikjer v TSG4 [31] ni eksplicitno napisano, ali se zahteve upoštevata pri urbanističnem planiranju ali na ravni projektiranja stavbe.

Zahteve iz TSG4 [31] je po mojem mnenju treba še ustrezno in smiselno dopolniti. Predvsem je pomembno, da bi bile zahteve iz TSG4 [31] jasne in razumljive ter da jih ne bi bilo mogoče interpretirati na več načinov. Zato je relevantno, da se v prihodnosti v TSG4 [31] eksplicitno določijo zahteve o osončenosti stavb na ravni urbanističnega planiranja ter na ravni projektiranja stavbe. Predvsem bi zahteve iz TSG4 [31] na ravni projektiranja stavbe morale do neke stopnje omogočati večjo svobodo pri zasnovi stavbnega ovoja. Na ravni urbanističnega planiranja pa so trenutne zahteve iz TSG4 [31] smiselne.

5.5 Primerjava osončenosti primarne stavbe in sekundarnih stavb na celoletni ravni

Preglednica 24: Časovna in odstotkovna osončenost stavb na povprečen dan v letu.

Ime stavbe	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [t]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [t]
Primarna stavba	10668,1	39,76	39,74	4:45:04	4:43:04
Lamela brez balkonov	6392,8	56,81	56,81	6:43:02	6:40:32
Lamela s cikcak balkoni	8942,1	43,47	43,46	5:06:33	5:04:29
Lamela z balkoni	8945,6	42,45	42,39	4:59:30	4:57:06
Stolpnica z balkoni	7453,2	40,95	40,88	4:43:55	4:41:41
Stolpnica brez balkonov	4864	57,21	57,21	6:45:50	6:43:19

Pri preglednici 24 je treba najprej omeniti razlike v sami kvadraturi stavbnega ovoja posameznih stavb. Preglednica 24 prikazuje rezultate osončenosti za vse obravnavane stavbe. V rezultate osončenosti je pri vsaki stavbi zajeta vsa površina stavbnega ovoja razen spodnjih površin balkonov. Dejansko gledano je torej kvadratura stavbnega ovoja posamezne stavbe večja, kot je prikazana v preglednici 24. Spodnje površine stavb (npr. spodnja površina balkona) niso vključene v rezultate osončenosti, ker te površine niso nikoli direktno osončene.

Razlike v kvadraturi stavbnega ovoja med stavbami so precej velike. Največjo kvadraturu stavbnega ovoja ima primarna stavba. To je razumljivo, saj je stavba zelo plastično oblikovana. Bolj kot je stavba lomljena, večja je kvadratura stavbnega ovoja. Druge bolj enostavne sekundarne stavbe imajo precej manjšo kvadraturu stavbnega ovoja. Najmanjšo ima stolpnica brez balkonov. Stavbni ovoj stolpnice brez balkonov predstavlja le 45,59 % stavbnega ovoja primarne stavbe, medtem ko stavbni ovoj lamele brez balkonov predstavlja 59,92 % stavbnega ovoja primarne stavbe. Iz tega je mogoče razbrati, da oblika stavbe precej vpliva na kvadraturu stavbnega ovoja. Bolj kot je stavba »nepravilne« oblike, večja je kvadratura stavbnega ovoja. Omeniti je treba, da imajo stavbe primerljivo kvadraturu uporabnih in balkonskih površin. Večja kvadratura stavbnega ovoja za energetsko porabo načeloma pomeni večjo porabo energije za ogrevanje stavbe. Bolj kot je stavba lomljena, več (geometrijskih) toplotnih mostov ima. Večja kvadratura stavbnega ovoja lahko pomeni tudi več transparentnih površin, ki so bistvenega pomena pri zagotavljanju ugodnega fiziološkega počutja stanovalcev. Energetsko gledano pa transparentne površine po navadi predstavljajo šibek člen stavb, čeprav to ne drži vedno. Z gledišča transmisijских toplotnih izgub je zasteklitev šibek člen, vendar je njen vpliv vedno treba gledati v kontekstu uravnoteženja med solarnimi pritoki, transmisijскими izgubami in potrebo po hlajenju, tako kot v diplomu Gostiša [37].

Po celoletnem faktorju osončenosti stavbnega ovoja si stavbe sledijo v naslednjem zaporedju (od največje do najmanjše osončenosti):

1. stolpnica brez balkonov (57,21 %),
2. lamela brez balkonov (56,81 %)
3. lamela s cikcak balkoni (43,47 %)
4. lamela z balkoni (42,45 %)
5. primarna stavba (39,76 %)

Razvidno je, da je glede na celoletni faktor osončenosti primarna stavba najslabše osončena. Obe sekundarni stavbi brez balkonov imata pričakovano precej večji odstotek osončenosti glede na ostale stavbe. Razlika v celoletnem faktorju osončenosti med primarno stavbo in stolpnico brez balkonov je kar 17,45 odstotne točke. To je tudi logično, saj stavbi brez balkonov nimata nobenih ovir, ki bi ju senčile (balkonske površine). Manjša odstotkovna razlika obstaja tudi med stolpnico brez balkonov in lamelo brez balkonov. Do te majhne razlike prihaja zaradi različnih oblik stavb. Stolpnica brez balkonov ima glede na celotni stavbni ovoj večji odstotkovni delež južnih površin kot lamela brez balkonov. Južne površine pri stolpnici brez balkonov predstavljajo 21,40 % celotnega stavbnega ovoja, medtem ko južne površine pri lameli brez balkonov predstavljajo le 6,15 % celotnega stavbnega ovoja. Iz tega sledi, da južne površine pri stolpnici brez balkonov bolj vplivajo na odstotkovno in časovno osončenost kot pri lameli brez balkonov. Južne površine imajo skupaj z balkonskimi in strešnimi površinami največji potencial osončenosti.

Primarna stavba, lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica brez balkonov se glede na celoletni faktor osončenosti nahajajo v razponu od 39,76 % do 43,47 %. Torej se glede razlike v celoletnem faktorju osončenosti te stavbe nahajajo v razponu $\pm 3,71$ odstotne točke. Relativno gledano to niti ni tako velika razlika. Na začetku magistrskega dela sem pričakoval, da bodo tudi sekundarne stavbe (lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica z balkoni) imele precej večjo osončenost kot primarna stavba. Izkazalo pa se je, da večja razlika v celoletnem faktorju osončenosti obstaja samo med stavbama brez balkonov v primerjavi z vsemi ostalimi stavbami. Razvidno je, da se osončenost primarne stavbe v primerjavi z lamelo s cikcak balkoni, lamelo z balkoni in stolpnico z balkoni bistveno ne razlikuje. Zanimiva je tudi razlika v celoletnem faktorju osončenosti med lamelo s cikcak balkoni in lamelo z balkoni. Razlika v celoletnem faktorju osončenosti je 1,02 odstotne točke. Razlika je sicer relativno majhna, vendar je zanimivo, da drugačna oblika balkona ob enaki kvadraturi tudi vpliva na samo osončenost stavbe. Bolje osončena je stavba, ki ima balkone razporejene v cikcak formaciji. Ta stavba ima balkone, ki so krajši od stranice stavbe (so pa posledično širši). To je predvsem zanimivo, saj boljše osončenosti stavbe z drugačno obliko balkonov nisem pričakoval. To kaže na potrebo po smiselnem načrtovanju in oblikovanju senčil.

Gledano na celoletni ravni se dejanski celoletni faktor osončenosti stavb ne razlikuje bistveno od celoletnega faktorja, izračunanega na 21. dan v mesecu. Tudi časovno gledano je razlika v osončenosti minimalna.

Časovno gledano je razlika v osončenosti med primarno stavbo in stolpnico brez balkonov 2 uri in 46 sekund (2:00:46) na »povprečen« dan v letu. To je kar precejšnja časovna razlika v osončenosti stavbnega ovoja stavbe. Razlika med primarno stavbo in lamelo s cikcak balkoni pa je 21 minut in 29 sekund na »povprečen« dan. Relativno gledano je to majhna razlika, vendar je pomembna vsaka minuta potencialnega zajema sončnega sevanja. Zanimiva je predvsem razlika med primarno stavbo in stolpnico z balkoni. Odstotkovno gledano je stolpnica z balkoni bolj osončena kot primarna stavba. Časovno gledano pa je primarna stavba bolj osončena kot stolpnica z balkoni. Za obrazložitev tega pojava je treba pogledati osončenost teh dveh stavb na mesečni ravni. To je prikazano v preglednicah 25 in 26. Vzporedno je treba gledati tudi preglednico 27 (mesečne faktorje osončenosti). Z oranžno barvo so označeni časi, ko je razlika v prid stolpnice z balkoni, z modro barvo pa časi, ko je razlika v prid primarne

stavbe. Razvidno je, da je stolpnica z balkoni v zimskih mesecih bolj odstotkovno in časovno osončena kot primarna stavba, od aprila do septembra pa je odstotkovno in časovno bolj osončena primarna stavba kot stolpnica z balkoni. Iz preglednice 26 je razvidno, da je izračunana časovna razlika malenkostno v prid primarne stavbe. Kljub temu pa to ne pomeni, da je nujno tudi odstotkovna osončenost primarne stavbe boljša. Iz preglednice 27 je razvidno, da je stolpnica z balkoni bolj osončena v zimskih mesecih, ko so dnevi krajši kot pa v poletnih mesecih. Zaradi drugačne dolžine dneva med letom pa prihaja tudi do te anomalije, čeprav je odstotkovno gledano stolpnica z balkoni bolj osončena. Sploh pa je razlika relativno majhna in skoraj zanemarljiva.

Predvsem pa je zanimivo, da je stolpnica z balkoni v primerjavi s primarno stavbo bolj osončena ravno v zimskih mesecih, ki so kritični tako glede dnevne osvetljenosti prostorov kot tudi zajema sončnega sevanja. To je predvsem pomembno za zadoščanje ugodnih fizioloških pogojev stanovalcev v zimskih mesecih. V poletnih mesecih je sončno sevanje precej bolj intenzivno in ga za zadoščanje fizioloških pogojev ne potrebujemo toliko, kot ga je na voljo. Čeprav ima stolpnica z balkoni na celoletni ravni malo slabšo časovno osončenost kot primarna stavba, pa ima stolpnica z balkoni na mesečni ravni vsaj za nekatere stanovalce bolj ugodno osončenost kot primarna stavba. V razmislek je treba vzeti, da ima tipična stolpnica po navadi štiri stanovanja na nadstropje. To pomeni, da sta dve stanovanji v nadstropju izredno neugodno orientirani (smer SV in SZ). Dve stanovanji v stolpnici pa imata ugodni orientaciji (smer JV in JZ). V bolj razgibani stavbi pa je načeloma lažje zagotoviti, da je ugodno orientiranih (smer jug) večje število stanovanj, vendar ni nujno, da to vedno velja, saj je to zelo odvisno od arhitekturne zasnove.

Preglednica 25: Obrazložitev časovne in odstotkovne razlike v osončenosti med primarno stavbo in stolpnico z balkoni

	Povprečni čas osončenosti na dan [t]		Razlika [t]	Razlika [min]	Razlika, pomnožena z dnevi v vsakem mesecu [min]
	Primarna stavba	Stolpnica z balkoni			
Januar	3:13:57	4:09:39	0:55:42	55,70	1726,68
Februar	3:48:04	4:27:14	0:39:09	39,16	1096,41
Marec	4:37:24	4:48:46	0:11:23	11,38	352,72
April	5:26:29	4:54:16	0:32:13	32,22	966,62
Maj	6:09:25	5:13:44	0:55:40	55,67	1725,92
Junij	6:16:20	5:13:39	1:02:41	62,68	1880,50
Julij	6:16:40	5:18:12	0:58:29	58,48	1812,83
Avgust	5:40:18	4:56:31	0:43:47	43,79	1357,34
September	5:01:47	4:58:00	0:03:46	3,77	113,18
Oktober	4:03:26	4:33:42	0:30:16	30,27	938,22
November	3:19:31	4:09:15	0:49:44	49,73	1491,98
December	3:03:59	4:02:59	0:59:00	58,99	1828,76

Preglednica 26: Obrazložitev časovne in odstotkovne razlike v osončenosti med primarno stavbo in stolpnico z balkoni

Končne minute v prid stolpnice z balkoni	Končne minute v prid primarne stavbe	Razlika v končnih minutah osončenosti stavb [min]	Časovna razlika na dan med stolpnico z balkoni in primarno stavbo [t]
7434,77	7856,40	421,63	0:01:09

Preglednica 27: Mesečni faktorji osončenosti stavb

	Primarna stavba	Lamela brez balkonov	Lamela s cikcak balkoni	Lamela z balkoni	Stolpnica z balkoni	Stolpnica brez balkonov
Januar	36,51	56,81	45,52	44,28	46,99	57,21
Februar	38,29	56,81	44,08	43,13	44,86	57,21
Marec	40,20	56,81	43,31	42,29	41,85	57,21
April	41,54	56,81	42,49	41,56	37,44	57,21
Maj	42,04	56,81	42,30	41,34	35,70	57,21
Junij	41,81	56,81	41,78	40,93	34,85	57,21
Julij	41,94	56,81	42,13	41,27	35,43	57,21
Avgust	41,71	56,81	42,29	41,37	36,35	57,21
September	41,00	56,81	43,13	42,16	40,49	57,21
Oktober	38,94	56,81	43,76	42,71	43,78	57,21
November	37,02	56,81	44,87	43,72	46,24	57,21
December	36,08	56,81	46,00	44,72	47,64	57,21

5.6 Primerjava osončenosti posameznih površin primarne stavbe, stolpnice brez balkonov in lamele s cikcak balkoni na celoletni ravni

V preglednicah 28, 29 in 30 so prikazani rezultati osončenosti za primarno stavbo in sekundarni stavbi stolpnica brez balkonov in lamela s cikcak balkoni na povprečen dan v letu. Podani so tudi rezultati, dobljeni na 21. dan v mesecu. Za primerjavo primarne stavbe s stolpnico brez balkonov sem se odločil na podlagi dejstva, da je takšna oblika stavbe enostavna in tudi precej uporabljena v arhitekturnih zasnovah. Takšen tip stavbe, ki nima učinka samosenčenja, daje tudi objektivni podatek/primerjavo, v kolikšni meri se obravnavana primarna stavba dejansko senči. Za primerjavo so navedeni tudi rezultati osončenosti lamele s cikcak balkoni, ker ima enako površino balkonskih površin kot primarna stavba (do manjše razlike sicer prihaja pri kvadraturi streh).

Iz preglednic 28, 29 in 30 je razvidno, da je na celoletni ravni učinek samosenčenja precej očiten pri primarni stavbi v primerjavi s celoletno osončenostjo posameznih fasad stolpnice brez balkonov. Razvidno ni le, da je faktor osončenosti precej manjši pri primarni stavbi, ampak je posledično tudi časovna osončenost precej manjša kot pri stolpnici brez balkonov. Največja razlika v osončenosti je pri primerjavi balkonskih in strešnih površin primarne stavbe in strešnih površin stolpnice brez balkonov. Razlika je 39,78 odstotne točke. Ta razlika pa je načeloma opravičljiva, saj stolpnica brez balkonov nima zunanjih balkonskih površin, medtem ko ima primarna stavba kar precej balkonskih površin. S tega stališča ta primerjava po mojem mnenju ni ustrezna, saj strešne površine pri stolpnici brez balkonov po navadi niso v aktivni uporabi, medtem ko se balkonske površine pri primarni stavbi lahko aktivno uporabljajo (razen strešne

površine). Zanimivo pa je, da je osončenost balkonskih in strešnih površin pri primarni stavbi boljša kot pa pri lameli s cikcak balkoni. Razlika je sicer relativno majhna (1,5 odstotne točke), ampak pričakoval sem, da bo lamela s cikcak balkoni imela boljšo osončenost balkonskih in strešnih površin kot pa primarna stavba.

Do 30,35 odstotne točke razlike v osončenosti prihaja pri primerjavi južnih površin primarne stavbe in obeh sekundarnih stavb. Časovno gledano je razlika v osončenosti 3 ure 27 minut in 26 sekund (torej 3:27:26) na povprečen dan v letu. Ker je ravno na južni površini največji potencial zajema sončnega sevanja (brez upoštevanja balkonskih in strešnih površin, ki po navadi nimajo transparentnega ovoja), je to kar precejšnja razlika v osončenosti. Glede na to, da južna fasada pri stolpnici brez balkonov predstavlja 21,39 % vseh površin stavbe, predvidevam, da bo le-ta imela boljši energetski potencial kot primarna stavba, katere južne površine predstavljajo le 13,75 % vseh površin. Južne površine lamele s cikcak balkoni predstavljajo le 4,47 % vseh površin, zato bo energetski potencial precej okrnjen v primerjavi s stolpnico brez balkonov. Še vedno pa predvidevam, da bo le-ta višji kot pri primarni stavbi.

Pri primerjavi severnih površin stavb je razlika v osončenosti precej manjša kot pri ostalih površinah. Razlika med sekundarnima stavbama in primarno stavbo je le 5,89 odstotne točke, kar se pretvori v časovno razliko 50 minut in 36 sekund (0:50:36) na dan. Do te majhne razlike prihaja, ker so severne površine deloma osončene le od sredine marca pa do sredine septembra. To pomeni, da je zaradi na splošno kratkega potenciala osončenosti majhna razlika med temi stavbami. Manjšo osončenost severnih površin primarne stavbe lahko pripišemo učinku samosenčenja stavbe.

Do relativno velike razlike osončenosti prihaja pri primerjavi vzhodnih površin obravnavanih stavb. Razlika v osončenosti med vzhodno fasado stolpnice brez balkonov in vzhodnimi površinami primarne stavbe je 20,17 odstotne točke. Časovno gledano to pomeni, da je razlika v osončenosti 2 uri 17 minut in 35 sekund (2:17:35) na dan, kar je zopet kar precejšnja razlika pri potencialnem zajemu sončnega sevanja za energetske namene in sami kakovosti dnevne osvetljenosti prostorov. Zanimivo pa je, da je vzhodna fasada lamele s cikcak balkoni nekoliko bolj osončena kot pa vzhodne površine primarne stavbe. Ta razlika je sicer majhna (1,54 odstotne točke), ampak je zelo podobna razliki v osončenosti južnih površin teh dveh stavb, le da ima tokrat boljši potencial lamela s cikcak balkoni.

V primerjavi osončenosti zahodne fasade stolpnice brez balkonov in zahodnih površin primarne stavbe je razlika v osončenosti 14,02 odstotne točke, kar je manj kot razlika osončenosti vzhodnih površin. Časovno gledano to pomeni, da je razlika v osončenosti 1 ura 38 minut in 2 sekundi (1:38:02) na dan. Tudi tokrat ima primarna stavba manjši potencial zajema sončnega sevanja za energetske namene ter posledično slabšo kakovost dnevne osvetljenosti prostorov. Zanimivo pa je, da imajo zahodne površine primarne stavbe boljšo osončenost v primerjavi z zahodno fasado lamele s cikcak balkoni. Razlika v osončenosti znaša 4,54 odstotne točke.

Osončenost vzhodne in zahodne fasade stolpnice brez balkonov je precej podobna. Razlika je le 1,94 odstotne točke. Pri primarni stavbi pa je ta razlika precej večja (8,09 odstotne točke). Iz rezultatov celoletne osončenosti je razvidno, da je pri vzhodnih površinah primarne stavbe

prisotno večje samosenčenje stavbe kot pa na zahodni strani. Vzhodne površine so v večji meri locirane v sami notranjosti stavbe na stranici V[D] kot zahodne površine na stranici Z[D]. Glej sliki 13 in 15. Zato je posledično iz rezultatov razvidno, da se zahodna stran precej manj samosenči. Razlika med osončenostjo vzhodne in zahodne fasade lamele s cikcak balkoni je podobno kot pri stolpnici brez balkonov relativno majhna (2,01 odstotne točke).

Preglednica 28: (Časovna) osončenost površin primarne stavbe na povprečen dan v letu

Ime ploskve	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [t]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [t]
Balk. in streš. površine	3218,6	60,22	60,21	7:11:27	7:08:33
Južne površine	1467,7	55,46	56,31	6:19:35	6:23:50
Severne površine	1948,2	8,33	7,63	1:11:47	1:05:56
Vzhodne površine	2016,8	28,86	28,48	3:30:30	3:26:42
Zahodne površine	2016,8	36,95	37,31	4:23:17	4:23:42

Preglednica 29: (Časovna) osončenost površin stolpnice brez balkonov na povprečen dan v letu

Ime ploskve	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [t]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [t]
Streha	701,2	100,00	100,00	11:49:24	11:45:00
Južna fasada	1040,7	85,81	86,98	9:47:01	9:52:30
Severna fasada	1040,7	14,19	13,02	2:02:23	1:52:30
Vzhodna fasada	1040,7	49,03	48,47	5:48:05	5:42:30
Zahodna fasada	1040,7	50,97	51,53	6:01:19	6:02:30

Preglednica 30: (Časovna) osončenost površin lamele s cikcak balkoni na povprečen dan v letu

Ime ploskve	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [%]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [t]	Povprečna osončenost st. ovoja na 21. dan [t]
Balk. in streš. površine	3408,4	58,72	58,72	6:55:22	6:52:47
Južna fasada	398,7	85,81	86,98	9:47:01	9:52:30
Severna fasada	400	14,19	13,02	2:02:23	1:52:30
Vzhodna fasada	2367,5	30,40	30,10	3:33:09	3:29:52
Zahodna fasada	2367,5	32,41	32,68	3:47:13	3:47:07

Preglednice 31, 32 in 33 so bile narejene na podlagi rezultatov, predstavljenih v preglednicah 28, 29 in 30. Iz preglednic 31, 32 in 33 je razvidno, da razlika med osončenostjo na »povprečen« dan v letu in povprečno osončenostjo na »povprečen« 21. dan v letu različnih površin ni velika. Pri balkonskih in strešnih površinah odstotkovno gledano skoraj ni razlike. Časovno gledano prihaja do manjše razlike, vendar je ta popolnoma logična, saj dolžina dneva na 21. dan in dolžina povprečnega dneva v mesecu nista popolnoma enaki. Pri južnih in zahodnih površinah je odstotkovna osončenost na 21. dan malo boljše. Pri vzhodnih in severnih površinah pa je boljše odstotkovna osončenost pri upoštevanju povprečnega dneva

v mesecu. Nekoliko manjše razlike se pojavljajo pri primarni stavbi kot pa pri sekundarnih stavbah. Na splošno gledano sta dve površini, ki sta malo bolj osončeni na 21. dan, in dve površini, ki sta malo bolj osončeni na povprečen dan v mesecu. Iz tega izhaja, da pri obravnavi osončenosti stavb na celoletni ravni praktično ni pomembno, ali izvedemo simulacije osončenosti za vsak dan posebej ali samo na vsak 21. dan v mesecu.

Preglednica 31: Razlika med dejanskim in celoletnim faktorjem osončenosti, izračunanim na vsak 21. dan v mesecu, pri primarni stavbi

Ime površine	Razlika med povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan [%]
Balk. in streš. površine	0,02
Južne površine	-0,85
Severne površine	0,70
Vzhodne površine	0,38
Zahodne površine	-0,36

Preglednica 32: Razlika med dejanskim in celoletnim faktorjem osončenosti, izračunanim na vsak 21. dan v mesecu, pri stolpnici brez balkonov

Ime površine	Razlika med povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan [%]
Streha	0,00
Južna fasada	-1,17
Severna fasada	1,17
Vzhodna fasada	0,56
Zahodna fasada	-0,56

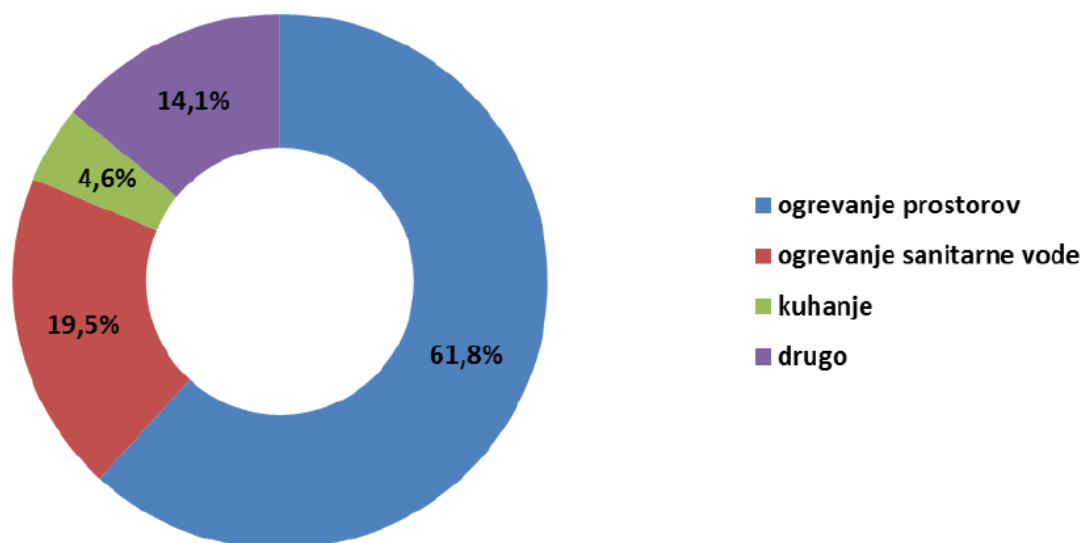
Preglednica 33: Razlika med dejanskim in celoletnim faktorjem osončenosti, izračunanim na vsak 21. dan v mesecu, pri stolpnici brez balkonov

Ime površine	Razlika med povprečno osončenostjo in povprečno osončenostjo na 21. dan [%]
Balk. in streš. površine	0,00
Južna fasada	-1,17
Severna fasada	1,17
Vzhodna fasada	0,30
Zahodna fasada	-0,27

6 Energetski potencial stavbnega ovoja primarne in sekundarnih stavb

V obdobju 1961–1990 je bilo zgrajenih 53 % vseh stanovanj v Sloveniji [12]. V tem obdobju so se najbolj intenzivno gradila stanovanja v večstanovanjskih stavbah. Za tako stare večstanovanjske stavbe pa je značilno, da so bile zgrajene brez toplotne izolacije ali z minimalno debelino izolacije. Zanimiva sta tudi podatka, da je bilo 1. januarja 2011 naseljenih 670.127 stanovanj v Sloveniji, kar 175.529 stanovanj pa je bilo v istem obdobju praznih. Predvideva se tudi, da je od 10.000 do 20.000 teh stanovanj v resnici naseljenih. 1. januarja 2011 je bila povprečna velikost naseljenega stanovanja 82 m² [12]. »Standardno« gospodinjstvo v Sloveniji samo za ogrevanje prostorov [12] nameni 61,8 % celotne porabe energije. To je razvidno s slike 25. Od 50.000 TJ energije se v slovenskih gospodinjstvih porabi približno 30.500 TJ energije za ogrevanje prostorov. Pri upoštevanju, da je v Sloveniji naseljenih približno 690.127 stanovanj in da je povprečna uporabna površina teh stanovanj 82 m², izračun kaže, da na m² stanovanja v Sloveniji porabimo 149,71 kWh energije za ogrevanje [12]. Po mojem mnenju je v uporabi še veliko več stanovanj, kot sem jih upošteval pri tem izračunu. Na spletni strani ODYSSEE-MURE [38] je navedeno, da je leta 2011 povprečna poraba energije za ogrevanje »standardnega« stanovanja v Sloveniji znašala 137,10 kWh/m². Z uporabo tega podatka sem izračunal, da povprečna poraba energije za ogrevanje »povprečnega« stanovanja v Sloveniji znaša 11.242,2 kWh. Povprečno stanovanje v Sloveniji se na podlagi tega podatka uvršča v energetski razred E. Za nadaljnje analize in primerjave sem uporabil kar podatek s spletne strani ODYSSEE-MURE [38].

Omeniti je treba, da kurilna sezona v Ljubljani traja 234 dni (od 1. oktobra do 22. maja) [39]. Pri izračunu energetskega potenciala stavbnih ovojev sem se osredotočil na mesece od oktobra do maja, ko je zajem sončnega sevanja pomemben dejavnik pri zmanjševanju porabe energije stavb. V zimskih in prehodnih mesecih sta oblika in orientacija stavb zelo pomembni, saj se ti lastnosti stavbe zelo težko spreminjata brez večjih gradbenih posegov. Najbolj ključni so prehodni meseci (marec, april, maj in oktober). Zimski meseci (november, december, januar in februar) so problematični zaradi slabega vremena, kar je razvidno iz grafikona 2. V zimskih mesecih je tudi intenziteta sončnega sevanja relativno nizka



Slika 25: Poraba energije v gospodinjstvih po namenih v Sloveniji (Rutar, SURS. 2011: str. 36) [12])

V poletnih mesecih zajem sončnega sevanja ni tako kritičnega pomena, saj je sončno sevanje zelo intenzivno in velikokrat nezaželeno. V teh mesecih namreč lahko nastopi problem pregrevanja, ki je povezan z orientacijo, površino transparentnih elementov in pa senčenjem le-teh. Prekomerno sončno sevanje je mogoče omejiti z uporabo zunanjih senčil. Zato je pomembno, da je stavba že v idejni fazi dobro zasnovana. Potrebne so tudi inženirske analize osončenosti stavbe in dnevne osvetljenosti prostorov. Posledično so v magistrskem delu predstavljeni rezultati energetskega potenciala stavbnega ovoja na kumulativni in relativni ravni.

Kot sem že omenil, sem pri izračunu energetskega potenciala stavbnih ovojev obravnavanih stavb uporabil podatke, pridobljene s pomočjo spletne aplikacije PV Watts [34]. Iz spletne aplikacije PV Watts [34] sem pridobil celomesečna povprečja sončnega obsevanja na izbrane površine. V mojem primeru sem pridobil podatke o povprečnih mesečnih sončnih obsevanjih za južno, severno, vzhodno in zahodno orientirane površine. Podatki veljajo za povprečen dan v izbranih mescih. Ti podatki so prikazani v preglednici 34. Podatki zajemajo direktno in difuzno sončno komponento. Pri nadaljnjih rezultatih je treba omeniti, da je v realnosti zajem sončnega sevanja posredno mogoč tudi na osenčenem delu stavbe preko difuznega sončnega sevanja, vendar tega med rezultati ne prikazujem, saj me v magistrskem delu zanima predvsem vpliv oblike stavbe na zajem direktnega sončnega sevanja.

Preglednica 34: Energetski potencial posamezne ploskve po podatkih spletne aplikacije PV Watts [34]

Energetski potencial posamezne ploskve po PV Watts [kWh/m ² na povprečen dan v mesecu]					
	Balk./strešna površina	Južna površina	Severna površina	Vzhodna površina	Zahodna površina
Januar	0,96	1,37	0,37	0,53	0,60
Februar	1,59	1,83	0,58	0,86	1,00
Marec	2,55	2,11	0,85	1,40	1,41
April	3,69	2,34	1,17	1,96	1,89
Maj	4,40	2,30	1,43	2,30	2,17
Junij	4,91	2,28	1,64	2,52	2,47
Julij	5,42	2,74	1,59	2,78	2,64
Avgust	4,82	2,98	1,29	2,53	2,47
September	3,10	2,58	1,03	1,68	1,72
Oktober	2,29	2,58	0,73	1,18	1,41
November	0,96	1,07	0,40	0,49	0,59
December	0,62	0,65	0,28	0,34	0,35

6.1 Energetski potencial stavbnih ovojev na celoletni ravni (z upoštevanjem balkonskih površin)

Preglednica 35: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na povprečen dan v letu

Stavba	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Energetski potencial st. ovoja na povprečen dan [kWh/m ²]
Primarna stavba	10668,1	39,76	0,93
Lamela brez balkonov	6392,8	56,81	1,10
Lamela s cikcak balkoni	8942,1	43,47	0,99
Lamela z balkoni	8945,6	42,45	0,98
Stolpnica z balkoni	7453,2	40,95	0,98
Stolpnica brez balkonov	4864	57,21	1,17

Iz preglednice 35 je razvidno, da je na celoletni ravni najbolj osončena stolpnica brez balkonov. V rezultate iz preglednice 35 sta vključena tudi osončenost in energetski potencial balkonskih površin stavb. Posledično ima relativno gledano stolpnica brez balkonov največji potencial zajema sončnega sevanja na celoletni ravni (kumulativno gledano to ne velja). Sledijo ji lamela brez balkonov, lamela s cikcak balkoni, stolpnica z balkoni, lamela z balkoni in šele na zadnjem mestu primarna stavba.

Primarna stavba ima v primerjavi s stolpnico brez balkonov relativno gledano kar 20,73 % manjši energetski potencial stavbnega ovoja na povprečen dan v letu. To je že precej občutna razlika v potencialu zajema sončnega sevanja. Če primerjamo primarno stavbo z lamelo s cikcak balkoni, ki imata enako kvadraturu uporabnih in balkonskih površin, je razlika v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja 6,57 %. To je manjša razlika kot pri primerjavi primarne stavbe s stolpnico brez balkonov.

Zanimivo je tudi, da imajo vse sekundarne stavbe z balkoni precej podoben potencial zajema sončnega sevanja (lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica z balkoni). Na celoletni ravni so te stavbe podobno osončene, zato je razumljivo, da imajo tudi podoben potencial zajema sončnega sevanja. Predvsem je zanimiva razlika med obema lamelama z balkoni v primerjavi s stolpnico z balkoni. Razlika pri energetskem potencialu stavbnega ovoja je precej manjša kot pa razlika med stolpnico brez balkonov in lamelo brez balkonov. Razlika v energetskem potencialu stavbnega ovoja med stolpnico brez balkonov in lamelo brez balkonov je 0,07 kWh/m² (6,19 %), medtem ko je razlika med lamelo s cikcak balkoni in stolpnico z balkoni le 0,015 kWh/m² (1,51 %). Do večje razlike pri stolpnici in lameli brez balkonov prihaja zaradi dejstva, da ima stolpnica brez balkonov večji odstotkovni delež južnih in strešnih površin kot lamela brez balkonov. Pri stavbah z balkoni se poveča osenčenost površin zaradi balkonskih površin, kar posledično privede do manjše razlike v energetskem potencialu.

Zanimivo je tudi, da je kljub temu, da je razlika v celoletni osončenosti med lamelo s cikcak balkoni in stolpnico z balkoni le 2,52 odstotne točke, razlika v energetskem potencialu stavbnih ovojev skoraj minimalna. To je zopet povezano z osončenostjo stavb v posameznih mesecih in odstotkovnim deležem južnih in strešnih površin glede na celotni stavbni ovoj stavb.

Stolpnica z balkoni ima v primerjavi z lamelama z balkoni večji mesečni faktor osončenosti v zimskih mesecih, medtem ko sta lameli z balkoni bolje osončeni v prehodnih in poletnih mesecih. Stolpnica z balkoni ima v primerjavi z lamelo brez balkonov večji odstotkovni delež južnih in strešnih površin glede na celotni stavbni ovoja. Ob upoštevanju teh dveh dejstev bi ta pojav lahko zopet matematično dokazal, kot sem dokazal podoben pojav že v poglavju 5.5. Moj sklep glede te razlike lahko nadalje utrdim s spodaj navedenimi karakteristikami stavb. Južne površine imajo poleg strešnih površin največji energetski potencial, kar je tudi razvidno iz preglednice 34. Poudariti je treba tudi dejstvo, da so razlike v energetskem potencialu med južno in vzhodno/zahodno površino v poletnih mesecih precej manjše kot v zimskih mesecih (preglednica 34). Zaradi istih razlogov prihaja do večje razlike v energetskem potencialu stavbnih ovojev (razlika je 6,19 %) med stolpnico brez balkonov in lamelo brez balkonov, čeprav je razlika v celoletnem faktorju osončenosti majhna (0,4 odstotne točke).

Južne površine pri obravnavanih stavbah zavzemajo naslednje deleže:

- pri lameli brez balkonov 6,15 % celotnega stavbnega ovoja,
- pri lameli s cikcak balkoni 4,46 % celotnega stavbnega ovoja,
- pri lameli z balkoni 4,50 % celotnega stavbnega ovoja,
- pri stolpnici z balkoni 14,14 % celotnega stavbnega ovoja,
- pri stolpnici brez balkonov 21,40 % celotnega stavbnega ovoja,
- pri primarni stavbi 13,76 % celotnega stavbnega ovoja.

Zanimivo je, da ima primarna stavba tretji največji odstotkovni delež južnih površin, vendar ima zaradi svoje oblike in učinka samosenčenja relativno gledano najslabši energetski potencial stavbnega ovoja na celoletni ravni pri upoštevanju balkonskih površin.

6.2 Energetski potencial stavbnih ovojev na celoletni ravni (brez upoštevanja balkonskih površin)

Preglednica 36: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na povprečen dan v letu brez upoštevanja balkonskih površin

Stavba	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Energetski potencial st. ovoja na povprečen dan [kWh/m ²]
Primarna stavba	8130,3	36,70	0,74
Lamela brez balkonov	6392,8	56,81	1,10
Lamela s cikcak balkoni	6404,7	43,05	0,87
Lamela z balkoni	6411,6	41,65	0,85
Stolpnica z balkoni	4916,4	38,07	0,80
Stolpnica brez balkonov	4864	57,21	1,17

V rezultate iz preglednice 36 nista vključena osončenost in energetski potencial balkonskih površin stavb. Upoštevan pa je vpliv strešnih površin. To je boljši pokazatelj energetskega potenciala stavbnega ovoja, saj je na balkonskih površinah težko zajeti sončno energijo. Trenutno so v razvoju prototipi sončnih celic, ki so odporne proti udarcem in drugim načinom obrabe, vendar so te celice še v zgodnjih povojih razvoja [40]. Take sončne celice bi se lahko uporabile tudi na balkonih stavb, vendar ker ta tehnologija trenutno ni na voljo, je realneje

pričakovati, da bo energetski potencial stavbnega ovoja izhajal iz zajema sončnega sevanja skozi transparentne površine in preko sončnih celic, vgrajenih na netransparentnem delu stavbnega ovoja.

Razumljivo je tudi, da imajo vse stavbe z balkoni nižji celoletni faktor osončenosti v primerjavi z rezultati iz preglednice 35. Padci celoletnega faktorja osončenosti znašajo od 0,43 do 3,06 odstotne točke. Iz preglednice 36 je razvidno, da sta tudi tokrat najbolj osončeni stolpnica in lamela brez balkonov. Pri teh dveh stavbah se vrednosti niso spremenile, saj nimata balkonskih površin. Sledita jima lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni, stolpnica z balkoni in primarna stavba. Največji padec v osončenosti je prisoten pri primarni stavbi in stolpnici z balkoni. Pri obeh padec v osončenosti znaša približno 3 odstotne točke. Padec v osončenosti pri obeh lamelah z balkoni je relativno majhen.

Vsem stavbam z balkonskimi površinami je tudi močno padel celoletni energetski potencial stavbnega ovoja. Pri teh stavbah padec v energetskem potencialu stavbnega ovoja variira od 12,12 % do 20,43 %. Največji padec – 0,19 kWh/m² – v energetskem potencialu stavbnega ovoja na celoletni ravni beleži primarna stavba. Velik padec energetskega potenciala stavbnega ovoja beleži tudi stolpnica z balkoni, in to 0,18 kWh/m². Manjši padec v energetskem potencialu stavbnega ovoja beležita tudi lamela s cikcak balkoni (0,12 kWh/m²) in lamela z balkoni (0,13 kWh/m²). Zanimivo je tudi, da po preglednici 36 stolpnica z balkoni nima več podobnega energetskega potenciala stavbnega ovoja kot lamela s cikcak balkoni in lamela z balkoni.

Primarna stavba ima v primerjavi s stolpnico brez balkonov relativno gledano kar 36,75 % (0,43 kWh/m²) nižji energetski potencial stavbnega ovoja na celoletni ravni. To je precej večja razlika kot pri rezultatih iz preglednice 35. Relativna razlika v energetskem potencialu stavbnega ovoja na celoletni ravni med primarno stavbo in lamelo s cikcak balkoni je 14,94 % (0,13 kWh/m²). Tudi ta razlika se je v primerjavi z rezultati iz preglednice 35 povečala. Primarna stavba ima v primerjavi z lamelo z balkoni relativno gledano za 12,94 % (0,11 kWh/m²) nižji energetski potencial stavbnega ovoja. Zanimivo je tudi, da stolpnica in lamela z balkoni nimata več podobnega energetskega potenciala stavbnega ovoja. Lamela z balkoni ima sedaj za 5,88 % (0,05 kWh/m²) večji energetski potencial stavbnega ovoja v primerjavi s stolpnico z balkoni.

Stolpnica z balkoni ima v primerjavi s stolpnico brez balkonov relativno gledano kar 31,62 % (0,27 kWh/m²) nižji energetski potencial stavbnega ovoja. V primerjavi z rezultati iz preglednice 35 je to precejšen padec v energetskem potencialu stavbnega ovoja. Kljub temu je tak padec razumljiv, saj imajo po navadi površine, orientirane proti nebu, največji energetski potencial. Le-te pa pri stolpnici z balkoni predstavljajo precejšen delež celotnega stavbnega ovoja. Razlika med lamelo s cikcak balkoni in stolpnico z balkoni pa znaša 0,07 kWh/m² (8,05%), kar je večja razlika kot pri rezultatih iz preglednice 35.

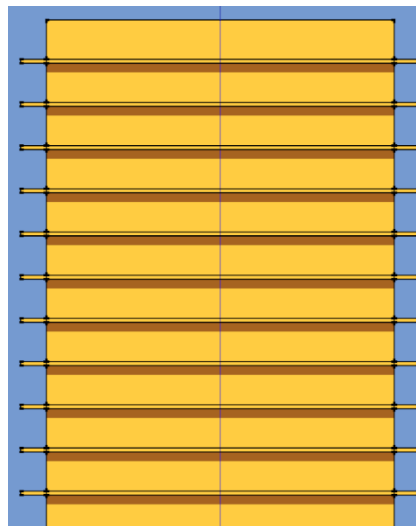
6.3 Energetski potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni (z upoštevanjem balkonskih površin)

Grafikon 17 prikazuje osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni. Stolpci označujejo mesečne faktorje osončenosti, linije pa mesečne energetske potenciale stavbnih ovojev. Iz grafikona 17 je razvidno, da ima na mesečni ravni v obdobju kurilne sezone (od oktobra do maja) najboljši relativni energetski potencial stavbnega ovoja stolpnica brez balkonov. Od maja do julija ima lamela brez balkonov malo večji energetski potencial stavbnega ovoja od stolpnice brez balkonov, vendar je v teh mesecih zajem sončnega sevanja v notranjost prostorov nezaželen zaradi pretiranega pregrevanja stavbe. V zimskih mesecih prihaja do precej večje razlike v energetskem potencialu stavbnega ovoja med tema stavbama (npr. januarja je razlika $0,13 \text{ kWh/m}^2$), medtem ko je v poletnih mesecih ta razlika precej manjša (junija je razlika $0,05 \text{ kWh/m}^2$).

Zanimivo je tudi, da ima stolpnica z balkoni od novembra do februarja boljši energetski potencial stavbnega ovoja kot lamela brez balkonov. Oktobra pa imata ti dve stavbi približno enak energetski potencial stavbnega ovoja. To je precej zanimivo, saj tak rezultat ni bil pričakovan. Na sliki 26 je prikazana osončenost južne površine na dan 21. 12. ob 12:00. S te slike je razvidno, da se stavba zaradi nizke maksimalne elevacije sonca v zimskih mesecih skoraj ne samosenči. Ob dejstvu, da imata tipa stavb v obliki stolpnic glede na celotni stavbni ovoj večji odstotkovni delež južnih in strešnih površin kot pa stavbe tip lamel, je ta pojav precej razumljiv.

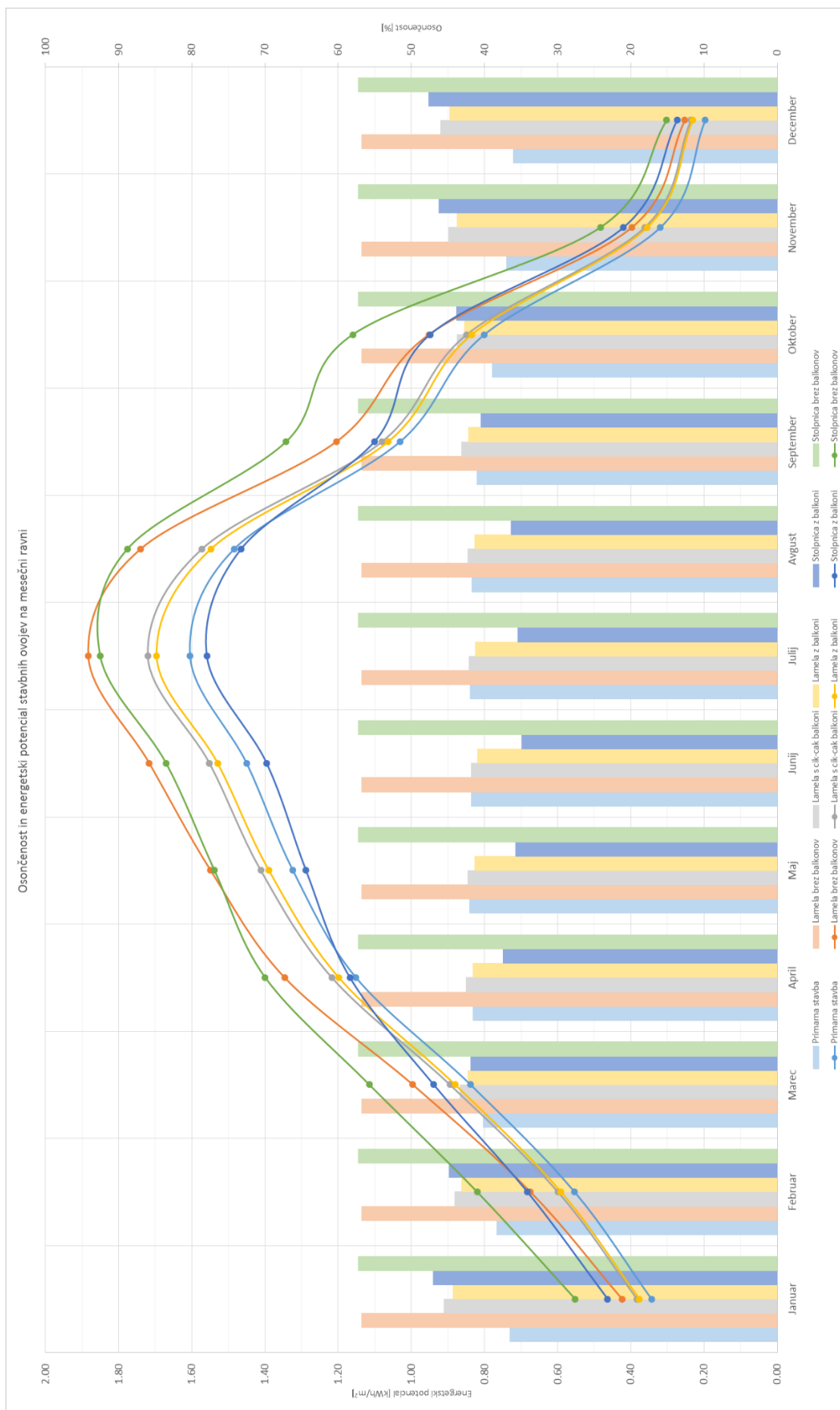
V mesecih od sredine septembra do sredine marca so južne površine osončene ves dan, medtem ko v ostalih mesecih temu ni tako in so bolj osončene severne, vzhodne in zahodne površine. Sekundarne stavbe v obliki lamel pa imajo glede na celotni stavbni ovoj velik odstotkovni delež vzhodnih in zahodnih površin.

Zato imajo sekundarne stavbe v obliki lamel »boljši/večji« energetski potencial stavbnega ovoja v poletnih mesecih kot drugi tipi stavb. Ker pa zajem energetskega potenciala stavbnega ovoja ni tako pomemben v poletnih mesecih, sta sekundarni stavbi v obliki stolpnic relativno gledano precej boljši od ostalih tipov stavb. Stolpnica z balkoni ima od septembra do marca boljši relativni energetski potencial stavbnega ovoja kot oba tipa stavb lamel z balkoni. Stolpnica z balkoni ima v primerjavi s primarno stavbo boljši energetski potencial stavbnega ovoja od septembra do aprila. Ravno ti meseci so ključni za ogrevanje in dnevno osvetljenost prostorov. V poletnih mesecih, ko ima sonce visoko elevacijo, pa se začne stolpnica z balkoni precej samosenčiti, vendar je to do neke mere celo dobrodošlo, saj to deloma preprečuje pretirano pregrevanje stavbe.



Slika 26: Pogled na južno površino stolpnice z balkoni na dan 21. 12. ob 12:00

Grafikon 17: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni



Lamela s cikcak balkoni ima vse leto boljši energetskega potencial stavbnega ovoja kot pa lamela z balkoni. V zimskih mesecih je ta razlika precej majhna, nekoliko se poveča v poletnih mesecih, vendar je še vedno relativno majhna.

Zanimiva je tudi razlika v padcu energetskega potenciala stavbnih ovojev s septembra na oktober. Iz grafikona 17 je razvidno, da je padec najmanjši pri obeh tipih stavb v obliki stolpnic. Padec relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja tipov stavb v obliki stolpnic od septembra do oktobra variira od 0,15 do 0,18 kWh/m². Pri drugih stavbah ta razlika variira od 0,23 do 0,25 kWh/m². Do tega pride zaradi dejstva, ker so južne površine v oktobru ponovno osončene ves dan ter ker ima sonce v zimskih mesecih nizko elevacijo.

Zanimivo je tudi dejstvo, da je največji energetskega potencial stavbnega ovoja v juliju in ne v juniju. Iz podatkov v preglednici 34 je mogoče sklepati, da prihaja do tega zaradi večjega energetskega potenciala po podatkih iz spletne aplikacije PV Watts [34]. To je precej zanimivo, saj naj bi bilo sončno sevanje po pričakovanjih intenzivnejše v juniju. V primerjavi z julijem imajo v juniju samo severne površine intenzivnejši energetskega potencial. Razlog za to je v vremenu. Vreme v Ljubljani je junija bolj oblačno kot julija, zato je tudi prejeta sončno sevanje manjše v juniju. Brez vpliva vremena bi največ sončnega sevanja prejeli v juniju, ko je sonce najvišje na nebu in so dnevi najdaljši [27]. V decembru so razlike med energetskimi potenciali stavbnih ovojev najmanjše. Razlika med energetskim potencialom stavbnega ovoja stolpnice brez balkonov in primarne stavbe v decembru npr. znaša 0,10 kWh/m², medtem ko julija ta razlika znaša 0,25 kWh/m² oz. v oktobru 0,36 kWh/m².

Lamela in stolpnica brez balkonov imata konstanten mesečni faktor osončenosti. Zanimivo je, da imajo lamela z balkoni, lamela s cikcak balkoni in stolpnica z balkoni v poletnih mesecih najnižji mesečni faktor osončenosti, medtem ko imajo v zimskih mesecih najvišji mesečni faktor osončenosti. To je razumljivo, saj je v poletnih mesecih maksimalna elevacija sonca precej višja kot v zimskih mesecih. Zato balkoni v poletnih mesecih precej bolj senčijo ostale površine stavb, medtem ko je to senčenje znatno manjše v zimskih mesecih. Pri primarni stavbi se zgodi ravno obratno. Primarna stavba je najboljše osončena v poletnih mesecih, v zimskih mesecih pa ima najnižji mesečni faktor osončenosti. Pojav takega poteka osončenosti pri primarni stavbi je razložen v poglavju 5.2. Najvišji in najnižji mesečni faktor osončenosti imajo:

- primarna stavba v maju (42,04 %) in decembru (36,08 %),
- lamela s cikcak balkoni v decembru (46,00 %) in juniju (41,78 %),
- lamela z balkoni v decembru (44,72 %) in juniju (40,93 %),
- stolpnica z balkoni v decembru (47,64 %) in juniju (34,85 %).

6.4 Energetskega potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni (brez upoštevanja balkonskih površin)

Grafikona 17 in 18 sta precej različna. Do razlike prihaja zaradi (ne)upoštevanja balkonskih površin stavb. Po grafikonu 18 ima stolpnica brez balkonov v obdobju kurilne sezone še vedno najboljši relativni energetskega potencial stavbnega ovoja. Ker se vrednosti osončenosti in energetskega potenciala stavbnih ovojev pri lameli in stolpnici brez balkonov niso spremenile, za ti dve stavbi obveljajo enaki komentarji in pomisleki kot pri poglavju 6.3.

Čeprav ima stolpnica z balkoni drugi najslabši relativni energetski potencial stavbnega ovoja na celoletni ravni, to ne velja za posamezne relativne mesečne energetske potenciale stavbnega ovoja. Od oktobra do februarja ima ta stavba boljši relativni energetski potencial stavbnega ovoja kot primarna stavba in obe lameli z balkoni. Ti meseci so tudi najbolj kritični za porabo toplote v stavbi. Po grafikonu 18 pa imata primarna stavba in stolpnica z balkoni tudi precej podoben relativni energetski potencial stavbnega ovoja v poletnih mesecih. Ta razlika je bila pri grafikonu 17 precej večja. Zanimivo je tudi, da ima stolpnica z balkoni večji relativni energetski potencial stavbnega ovoja kot lamela brez balkonov decembra in januarja. Novembra imata ti dve stavbi zelo podoben relativni energetski potencial stavbnega ovoja.

Iz grafikona 18 je razvidno, da ima primarna stavba najslabši relativni energetski potencial stavbnega ovoja praktično vsak mesec. Nekoliko boljši relativni energetski potencial stavbnega ovoja ima od stolpnice z balkoni le aprila, maja in avgusta. Kljub temu je ta razlika relativno majhna in skoraj zanemarljiva. Iz grafikona 18 je tudi mogoče razbrati, da predvsem v poletnih mesecih prihaja do večje razlike v energetskem potencialu stavbnega ovoja med lamelo s cikcak balkoni in lamelo z balkoni kot pa po rezultatih iz grafikona 17. Po grafikonu 18 znaša razlika v energetskem potencialu stavbnega ovoja julija med tema stavbama $0,04 \text{ kWh/m}^2$, medtem ko po grafikonu 17 ta razlika znaša $0,02 \text{ kWh/m}^2$. To so zelo majhne razlike, vendar se pri kumulativni vrednosti energetskega potenciala stavbnega ovoja lahko te razlike precej povečajo. V zimskih mesecih je razlika v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja med tema stavbama še vedno precej majhna.

Tudi pri grafikonu 18 je zanimiv preskok v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja s septembra na oktober. Oktobra se tako na primer relativni energetski potencial stavbnega ovoja stolpnici z balkoni minimalno zmanjša (za $0,01 \text{ kWh/m}^2$), medtem ko je padec relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja pri stolpnici brez balkonov še vedno $0,18 \text{ kWh/m}^2$. Tudi primarna stavba, lamela s cikcak balkoni in lamela z balkoni imajo majhen padec relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja v teh dveh mesecih (razlika variira od $0,14$ do $0,18 \text{ kWh/m}^2$). Pri lameli brez balkonov je padec v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja $0,25 \text{ kWh/m}^2$, kar precej izstopa v primerjavi z drugimi stavbami. Gre za malce drugačen pojav kot pri grafikonu 17, saj imajo tudi tokrat še tri stavbe nizek padec relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja v teh dveh mesecih. Podobno kot v poglavju 6.3 sta vzroka tega pojava spremenjena navidezna pot sonca in delež južnih površin glede na celotni stavbni ovoj.

Vse leto najbolj variira energetski potencial stavbnega ovoja lamele brez balkonov. Razlika med njenim največjim in najmanjšim energetskim potencialom znaša $1,63 \text{ kWh/m}^2$. Razlika med največjim in najmanjšim energetskim potencialom stolpnice brez balkonov znaša $1,55 \text{ kWh/m}^2$. Pri lameli s cikcak balkoni ta razlika znaša $1,26 \text{ kWh/m}^2$, pri lameli z balkoni pa $1,23 \text{ kWh/m}^2$. Pri primarni stavbi ta razlika znaša $1,03 \text{ kWh/m}^2$. Pri stolpnici z balkoni pa ta razlika znaša $0,96 \text{ kWh/m}^2$.

Kot pri grafikonu 17 so tudi pri grafikonu 18 razlike med energetskimi potenciali stavbnega ovoja v zimskih mesecih najmanjše, medtem ko so v poletnih mesecih te razlike največje. Na primer, razlika med energetskim potencialom stavbnega ovoja stolpnice brez balkonov in primarno stavbo decembra znaša $0,12 \text{ kWh/m}^2$, medtem ko julija ta razlika znaša $0,64 \text{ kWh/m}^2$.

V oktobru ta razlika znaša 0,46 kWh/m². Iz tega je mogoče sklepati, da pri rezultatih, kjer balkonske površine niso upoštevane, prihaja do večje razlike v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja v primerjavi z rezultati, kjer so te površine upoštevane.

Poleg zgoraj navedenih ugotovitev lahko iz grafikona 18 razberemo tudi precejšen padec v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja v primerjavi z rezultati iz grafikona 17. To je razumljivo, saj imajo površine, orientirane proti nebu, po podatkih spletne aplikacije PV Watts [34] tudi največji relativni energetski potencial. Poleg tega imajo površine, orientirane proti nebu, potencial, da so osončene ves dan na vsak dan v letu. Na celoletni ravni sem ugotovil, da je padec nivoja osončenosti odvisen od tipa stavbe. Najmanjši padec relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja (padec za 0,12 oz. 0,13 kWh/m²) imata stolpnica in lamela brez balkonov. Največji padec relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja (padec za 0,18 oz. 0,19 kWh/m²) imata stolpnica z balkoni in primarna stavba (glej poglavje 6.2). Omeniti je treba, da do večjih razlik v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja med grafikonom 17 in 18 prihaja predvsem v poletnih mesecih, ko imajo površine največji relativni energetski potencial stavbnega ovoja. To je razumljivo, saj se z večanjem energetskega potenciala stranic (poletni meseci) po podatkih na spletni aplikaciji PV Watts [34] posledično tudi večajo razlike v relativnem energetskem potencialu stavbnega ovoja pri (ne)upoštevanju balkonskih površin.

Kot iz grafikona 17 je tudi iz grafikona 18 razvidno, da se lameli z balkoni, lameli s cikcak balkoni in stolpnici z balkoni v poletnih mesecih zniža mesečni faktor osončenosti, v zimskih mesecih pa se jim spet poveča. Kot je bilo že omenjeno v poglavju 5, je za ta pojav kriv učinek samosenčenja stavb skladno s spremembo navidezne poti sonca med letom. Pri primarni stavbi se zgodi obraten pojav kot pri stavbah z balkoni. Primarna stavba je najboljše osončena v poletnih mesecih. V zimskih mesecih pa ima primarna stavba najnižji mesečni faktor osončenosti. Iz tega je mogoče sklepati, da je učinek samosenčenja pri tej stavbi najmanjši ravno v poletnih mesecih.

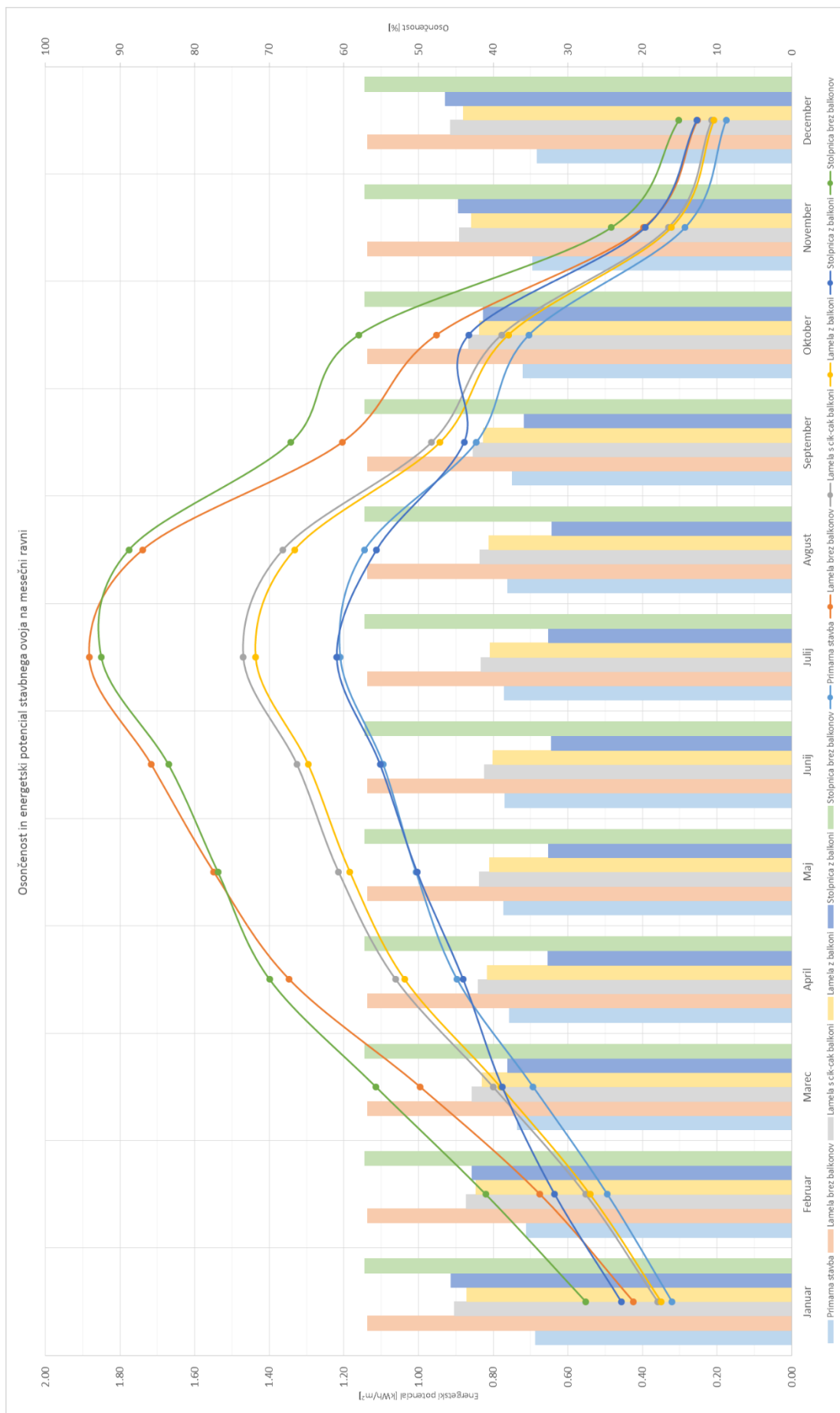
Najvišji in najnižji mesečni faktorji osončenosti se pri grafikonu 18 ne razlikujejo znatno v primerjavi z rezultati iz grafikona 17. Razlike pri posameznih stavbah med njihovimi najvišjimi in najnižjimi mesečnimi faktorji osončenosti so podobne rezultatom iz obeh grafikonov.

Najvišji in najnižji mesečni faktor osončenosti imajo po grafikonu 18:

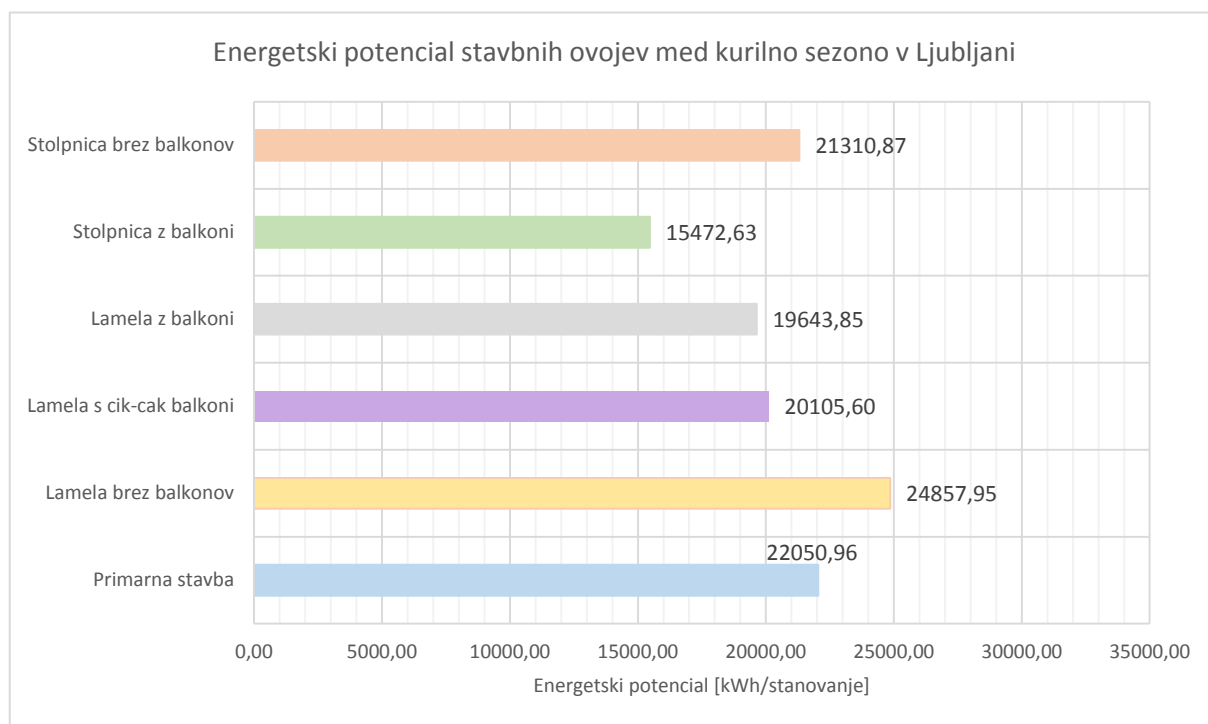
- primarna stavba v maju (38,57 %) in decembru (34,09 %),
- lamela s cikcak balkoni v decembru (45,75 %) in juniju (41,21 %),
- lamela z balkoni v decembru (43,98 %) in juniju (40,03 %),
- stolpnica z balkoni v decembru (32,22 %) in avgustu (32,10 %).

Stolpnica z balkoni ima po grafikonu 18 najnižji mesečni faktor osončenosti v avgustu. Po grafikonu 17 pa ima ta stavba najnižji mesečni faktor osončenosti v juniju.

Grafikon 18: Osončenost in energetski potencial stavbnih ovojev na mesečni ravni brez upoštevanja balkonskih površin



6.5 Kumulativni energetski potencial stavbnih ovojev v kurilni sezoni (brez balkonskih površin)



Grafikon 19: Kumulativni energetski potencial stavbnih ovojev brez upoštevanja balkonskih površin

Pritok sončnega sevanja se po navadi izkoristi preko transparentnih površin (direkten dobitok v prostor) in sončnih celic, vendar pa to nista edina načina izkoristka sončnega sevanja [25]. Pri direktnemu dobitku sončnega sevanja v prostor se po navadi uporabi princip koncentrirane mase, ki velja za najenostavnejši ukrep zajema sončnega sevanja. Ta princip je verjetno tudi nehote najbolj uporabljen princip v Sloveniji, saj je več ali manj posledica načina gradnje. Pri temu principu je pomembno, da je od 1/2 do 1/3 vseh notranjih površin izdelanih iz materialov z visoko sposobnostjo akumulacije toplote. Po navadi so to materiali težke narave (beton, opeka, kamen). Trenutno pa je popularna tudi uporaba fazno spremenljivih materialov (PCM, »Phase changing materials«) [25]. Zavedati pa se je treba, da zajem sončnega sevanja skozi okna omejujejo tudi same karakteristike oken. Vrednost g-faktorja dvoslojnega okna se po navadi giblje okoli vrednosti 0,55–0,68 [25]. To pomeni, da je sam zajem sončnega sevanja že zato delno omejen.

Obstaja še vrsta metod indirektnega zajema sončnega sevanja, ki so v Sloveniji redko uporabljene. Nekateri takšni sistemi so: Trombe-Michelova stena, vodna stena, steklenjak, strešni bazen in termosifon. Ti sistemi so primerni za podnebja, v katerih prevladuje potreba po ogrevanju (npr. Ljubljana) [25]. Nekatero obravnavane stavbe bi glede na okvirno zasnovo lahko uporabile takšen princip zajema sončnega sevanja. Lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica z balkoni imajo dober potencial za uporabo Trombe-Michelove stene.

Grafikon 19 predstavlja kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja primarne stavbe in sekundarnih stavb med kurilno sezono v Ljubljani. Pri rezultatih iz grafikona 19 niso upoštevane balkonske površine stavb, saj po navadi takšnih površin ni mogoče izkoristiti za

namene zajema sončnega sevanja. Če bi bili ti balkoni preoblikovani v steklenjake, bi posledično morali v energetskem potencialu stavbnega ovoja upoštevati tudi te površine. Uporabna površina »povprečnega« stanovanja primarne stavbe in sekundarnih stavb meri 141,39 m². Povprečna poraba energije za ogrevanje »standardnega« stanovanja v Sloveniji znaša 137,10 kWh/m². To vrednost sem pomnožil z uporabno površino povprečnega stanovanja v analiziranih stavbah (141,39 m²). Tako izračun kaže, da bi takšen tip stanovanja v Sloveniji porabil približno 19.384,57 kWh energije za ogrevanje. Potreba po energiji za ogrevanje bi bila znatno manjša, če bi bile stavbe ustrezno izolirane. Kot že omenjeno, je povprečno stanovanje v Sloveniji slabo izolirano.

Kurilna sezona v Ljubljani predvidoma traja od 1. oktobra do 22. maja [39]. V tem obdobju se lahko sončno sevanje zajame preko prej navedenih principov pasivno solarne arhitekture. Pri dobro zasnovani bio-klimatski stavbi se tako lahko v zimskem obdobju znatno zmanjša potreba po ogrevanju in umetni razsvetljavi. Pri zajemu sončnega sevanja preko transparentnih površin v prostor je bistvenega pomena oblika posamezne stavbe.

Razvidno je, da se kumulativni in relativni energetski potencial stavbnega ovoja med kurilno sezono medsebojno občutno razlikujeta. Od največjega do najmanjšega kumulativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja si stavbe sledijo v naslednjem zaporedju:

- lamela brez balkonov (24.857,95 kWh/stanovanje),
- primarna stavba (22.050,96 kWh/stanovanje),
- stolpnica brez balkonov (21.310,87 kWh/stanovanje),
- lamela s cikcak balkoni (20.105,60 kWh/stanovanje),
- lamela z balkoni (19.643,85 kWh/stanovanje),
- stolpnica z balkoni (15.472,63 kWh/stanovanje).

Razvidno je, da bi lahko ob popolnem zajemu sončnega sevanja (kar je nemogoče) vse stavbe razen stolpnice z balkoni zadovoljile svoje potrebe po ogrevanju. V razmislek je treba vzeti, da bodo stavbe z večjo površino imele tudi večje transmisijske izgube. Pri obravnavi rezultatov relativnega energetskega potenciala stavbnega ovoja sem sklepal, da bo stolpnica z balkoni v kurilni sezoni imela večji kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja kot pa nekatere druge stavbe. Iz grafikona 19 pa je razvidno, da ima ta stavba najmanjši kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja. Do neke mere je to logično, saj imata sekundarni stavbi v obliki stolpnice najmanjšo kvadraturu stavbnega ovoja. Kljub majhni kvadraturi ima stolpnica brez balkonov tretji največji kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja. Zanimivo je tudi videti, da ima lamela brez balkonov največji kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja kljub dejstvu, da ima manjšo kvadraturu stavbnega ovoja v primerjavi s primarno stavbo. Lamela z balkoni in lamela s cikcak balkoni imata podoben kumulativen energetski potencial stavbnega ovoja. Kljub temu ima lamela s cikcak balkoni nekoliko boljši kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja.

Da bi zares ugotovil in s stoddstotnim prepričanjem argumentiral, katera stavba je glede na kvadraturu stavbnega ovoja in kumulativni energetski potencial zares najboljše oblikovana, bi bilo treba izvesti natančne izračune energetske bilance stavb, kar pa presega zastavljene okvire magistrskega dela.

Zato sem v grobem primerjal kumulativno energetsko učinkovitost zajema sončnega sevanja stavb preko medsebojnih razmerij med površinami in kumulativnimi energetskimi potenciali stavbnih ovojev. Ta razmerja so prikazana v preglednicah 37 in 38. V preglednici 37 so prikazana razmerja kvadratur med stavbnimi ovoji. Na primer, celica v preglednici, ki se nahaja med navpičnim stolpcem »Primarna stavba« (8130,3 m²) in vodoravno vrstico »Lamela z balkoni« (6411,6 m²), prikazuje razmerje v kvadraturi stavbnega ovoja med tema stavbama (1,27). V preglednici 38 so prikazana razmerja kumulativnih energetskih potencialov med stavbnimi ovoji. Na primer, celica v preglednici, ki se nahaja med navpičnim stolpcem »Primarna stavba« (22050,96 kWh/stanovanje) in vodoravno vrstico »Lamela z balkoni« (19643,85 kWh/stanovanje), prikazuje razmerje v kumulativnem energetskem potencialu stavbnih ovojev med tema stavbama (1,12).

Preglednica 37: Medsebojna razmerja stavb glede na površino stavbnih ovojev (brez upoštevanja balkonskih površin)

	Primarna stavba	Lamela z balkoni	Lamela s cikcak balkoni	Lamela brez balkonov	Stolpnica z balkoni	Stolpnica brez balkonov
Primarna stavba	-	0,79	0,79	0,79	0,60	0,79
Lamela z balkoni	1,27	-	1,00	1,00	0,77	0,76
Lamela s cikcak balkoni	1,27	1,00	-	1,00	0,77	0,76
Lamela brez balkonov	1,27	1,00	1,00	-	0,77	0,76
Stolpnica z balkoni	1,65	1,30	1,30	1,30	-	0,99
Stolpnica brez balkonov	1,67	1,32	1,32	1,31	1,01	-

Preglednica 38: Medsebojna razmerja stavb glede na kumulativni energetski potencial

	Primarna stavba	Lamela z balkoni	Lamela s cikcak balkoni	Lamela brez balkonov	Stolpnica z balkoni	Stolpnica brez balkonov
Primarna stavba	-	0,89	0,91	1,13	0,70	0,97
Lamela z balkoni	1,12	-	1,02	1,27	0,79	1,08
Lamela s cikcak balkoni	1,10	0,98	-	1,24	0,77	1,06
Lamela brez balkonov	0,89	0,79	0,81	-	0,62	0,86
Stolpnica z balkoni	1,43	1,27	1,30	1,61	-	1,38
Stolpnica brez balkonov	1,03	0,92	0,94	1,17	0,73	-

Iz rezultatov v preglednicah 37 in 38 je razvidno, da ima stolpnica brez balkonov najboljši potencial zajema sončnega sevanja. Iz primerjave stolpnice brez balkonov in lamele brez balkonov je razvidno, da ima lamela brez balkonov za 1,31-krat večjo kvadraturu stavbnega ovoja, vendar samo za 1,17-krat večji kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja v

primerjavi s stolpnico brez balkonov. To nakazuje na možnost, da ima stolpnica brez balkonov v kurilni sezoni boljši potencial zajema sončnega sevanja kot lamela brez balkonov.

Primarna stavba ima v primerjavi z lamelo brez balkonov za 1,27-krat večjo kvadrato površin. Kljub temu pa ima primarna stavba 0,89-krat manjši kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja od lamele brez balkonov. Tako lahko domnevam, da ima lamela brez balkonov v kurilni sezoni drugi najboljši potencial zajema sončnega sevanja (tako j za stolpnico brez balkonov).

Zanimiva je primerjava primarne stavbe z ostalimi sekundarnimi stavbami. Pričakoval sem, da bom lahko tudi te stavbe z večjo gotovostjo razvrstil glede na potencial zajema sončnega sevanja, vendar temu ni tako. Primarna stavba ima v primerjavi z lamelo s cikcak balkoni za 1,27-krat večjo kvadrato površin. Glede na kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja pa ima primarna stavba v primerjavi z lamelo s cikcak balkoni za 1,10-krat višji faktor.

Primarna stavba ima v primerjavi z lamelo z balkoni za 1,27-krat večjo kvadrato površin. Glede na kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja pa ima primarna stavba v primerjavi z lamelo z balkoni za 1,12-krat višji faktor.

Primarna stavba ima v primerjavi s stolpnico z balkoni za 1,65-krat večjo kvadrato površin. Glede na kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja pa ima primarna stavba v primerjavi z lamelo z balkoni za 1,43-krat višji faktor.

Lamela z balkoni ima v primerjavi s stolpnico z balkoni za 1,30-krat večjo kvadrato površin. Glede na kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja pa ima lamela z balkoni v primerjavi s stolpnico z balkoni za 1,27-krat višji faktor.

Lamela s cikcak balkoni ima v primerjavi s stolpnico z balkoni za 1,30-krat večjo kvadrato površin. Glede na kumulativni energetski potencial stavbnega ovoja pa ima lamela s cikcak balkoni v primerjavi s stolpnico z balkoni za 1,30-krat višji faktor.

Glede na te rezultate domnevam, da imata lamela s cikcak balkoni in stolpnica z balkoni tretji najboljši potencial zajema sončnega sevanja. Četrty najboljši sončni zajem ima lamela z balkoni. Glede na primerjave domnevam, da ima primarna stavba najslabši zajem sončnega sevanja.

V grobem bi na podlagi teh primerjav lahko stavbe glede na potencialni zajem sončnega sevanja v kurilni sezoni na lokaciji Ljubljane razvrstil v naslednjem vrstnem redu:

1. stolpnica brez balkonov
2. lamela brez balkonov
3. lamela s cikcak balkoni
4. stolpnica z balkoni
5. lamela z balkoni
6. primarna stavba

Takšno razporeditev stavb glede na potencialni zajem sončnega sevanja je nadalje mogoče utrditi z izračunom relativnih energetskih potencialov stavbnega ovoja v kurilni sezoni. Relativni energetski potenciali stavbnega ovoja v kurilni sezoni na lokaciji Ljubljane so prikazani v preglednici 39.

Preglednica 39: Relativni energetski potencial stavbnih ovojev v kurilni sezoni na lokaciji Ljubljane brez upoštevanja balkonskih površin

Stavba	Površina stavbnega ovoja [m ²]	Povprečna osončenost st. ovoja na dan [%]	Energetski potencial st. ovoja na povprečen dan [kWh/m ²]
Primarna stavba	8130,3	35,90	0,56
Lamela brez balkonov	6392,8	56,81	0,80
Lamela s cikcak balkoni	6404,7	43,72	0,64
Lamela z balkoni	6411,6	42,24	0,63
Stolpnica z balkoni	4916,4	40,82	0,65
Stolpnica brez balkonov	4864	57,21	0,90

Izjemoma bi lahko na tretje mesto glede na zajem sončnega sevanja postavil tudi stolpnico z balkoni. To seveda ne pomeni, da bi v primeru izračuna energetske bilance stavb takšen vrstni red stavb glede na energetsko učinkovitost stavbnih ovojev obveljal. Primarna stavba je precej lomljena, kar posledično pomeni veliko geometrijskih toplotnih mostov. Vpliv toplotnih mostov na energetsko bilanco stavbe pa je predvsem odvisen od zasnove konstrukcijskih elementov. V večini primerov načeloma večja kvadratura stavbnega ovoja pomeni tudi več toplotnih izgub kljub potencialno večjemu zajemu sončnega sevanja. Poleg tega bi bil pomemben tudi podatek, kolikšen je dejanski delež transparentnih površin glede na celotni stavbni ovoj stavb. Glede na ta dejstva bi menil, da bo primarna stavba imela največjo porabo energije za toploto na kvadratni meter (kWh/m²).

Pri izdelavi in analizi rezultatov sem prišel do ugotovitve, da ni enostavno določiti, katera oblika stavbe je najbolj optimalna na izbrani lokaciji. Proces analize osončenosti in energetskega potenciala stavbnega ovoja je po mojem mnenju trenutno zahteven in časovno zamuden proces. Iz rezultatov v magistrskem delu je razvidno, da ima sama oblika stavba precej vpliva na osončenost in energetski potencial stavbnega ovoja. To pa vpliva na energetsko bilanco stavbe in počutje uporabnikov v stavbi. Takšno analizo je po mojem mnenju nujno treba izvesti že v sami idejni zasnovi projekta, saj je samo zasnovo stavbnega ovoja v poznejših fazah projekta težko spreminjati. Iz tega je razvidno, da trenutno obstaja potreba po hitrejši in natančnejši metodi analize osončenosti in energetskega potenciala stavbnega ovoja, ki jo bodo projektanti lahko uporabljali v idejni zasnovi projekta.

7 Dnevna osvetljenost stanovanj v primarni stavbi

7.1 Pomen ustrezne dnevne osvetljenosti prostorov na zdravje in delovne sposobnosti ljudi

Dandanes je znano in dokazano, da je vpliv dnevne svetlobe na vizualne in nevizualne biološke učinke pri ljudeh nezanemarljiv. Nevizualni učinek dnevne svetlobe vpliva na našo učinkovitost, razpoloženje, pozornost, budnost, kakovost spanca in sinhronizacijo posameznikove biološke ure [13–14]. Intenziteta, časovno obdobje in spektralna distribucija svetlobe, ki doseže naše oko, vplivajo na naš cirkadiani ritem [13–14], [17]. Posledično to vpliva tudi na zdravje posameznika. V grobem torej dnevna svetloba podpira človekovo zdravje in aktivnost ter zmanjša potrebe po energiji. Poleg tega 15-minutna izpostavljenost dnevni svetlobi koristi našemu telesu, saj tako lahko proizvede zdravo mero vitamina D. Vitamin D je pomemben pri ohranjanju zdravega skeleta telesa [15–16], [41].

Ustrezna vidnost v prostorih je pomembna, vendar je potreben tudi večji poudarek zagotavljanju ugodne (dnevne) svetlobe v prostorih, saj pomembno vpliva na fiziološke pojave v ljudeh [17], [42]. Prisotnost ustrezne notranje osvetlitve s pomočjo dnevne svetlobe je lahko preprosta oblika preventivne medicine [42]. To predstavlja tudi nov strokovni izziv. Ugotovljeno je bilo tudi, da ljudje raje sledijo naravnemu ciklu dnevne svetlobe, kot pa da so ves dan izpostavljeni konstantnemu nivoju osvetljenosti [42]. Že majhno povečanje osvetljenosti lahko poveča sposobnost umskega dela in dobrega zaznavanja [16–17], [42].

V študiji Noguchi [43] so ugotovili, da povečanje osvetljenosti s 750 lx na 2500 lx (v prvih dveh urah službe in eni uri po malici) izboljša budnost in koncentracijo delavcev. Izboljšalo se je tudi njihovo razpoloženje. Izboljšanje so zabeležili predvsem v popoldanskih urah. Vse te spremembe načeloma izboljšajo kakovost spanca v večernih urah. V študiji van Bommel [14] so ugotovili, da boljša osvetljenost prostorov, v katerih so delavci, pozitivno vpliva nanje. Dobra osvetljenost prostorov (kvantitativno in kvalitativno gledano) poveča delovno zmožnost, ki se odraža v hitrejšem delu, manj napakah, boljši varnosti in nižjemu odstotku bolnišničnih dni [14], [17]. V študiji Alimoglu [44] so ugotovili, da je izpostavljenost bolnišničnih sester dnevni svetlobi vsaj tri ure na dan pozitivno vplivala na njihovo počutje. Bolnišnične sestre so bile bolj zadovoljne z delom ter so bile pod manjšim stresom.

Ustrezna izpostavljenost človeka na cikel svetlobe in teme je povezana z boljšo učinkovitostjo pri delu in boljším zdravljenjem pacientov v bolnišnicah [45–49]. Z delom v notranjih prostorih v času svetlega dela dneva je delavec od 40 do 200-krat manj izpostavljen dnevni svetlobi v notranjih prostorih kot na prostem [14].

V zdravstveni stroki se vedno bolj zavedajo, da lahko motnje v cirkadianem ritmu povzročijo vrsto zdravstvenih težav. Pomemben odstotek populacije (20–30 %) trpi za težavami depresije, motnjami spanja, pomanjkanjem koncentracije, izgubo interesa, izgubo libida itd. [42]. Vsi ti pojavi so lahko posledica sindroma SBS (sindrom bolne stavbe) [42]. Vzpostavitev zdravega svetlega notranjega prostora se lahko izkaže za enostaven način preventivne medicine, ki predstavlja nov izziv projektantom stavb. Arhitektura je tako postala pomembna komponenta v razpravi glede osvetljenosti prostorov, saj sama oblika stavbe in njena okolica

po mojem mnenju izjemno vplivata na zajem sončnega sevanja in s tem zagotavljanja ustreznega cirkadianega ritma. To je še posebej kritično, če vemo, da ljudje v povprečju preživimo od 80 % do 90 % časa v notranjih prostorih [50].

7.2 Vpliv ustrezne dnevne osvetljenosti prostorov na energetsko porabo stavb

Poleg zdravstvenih učinkov ima lahko dobra zasnova zajema dnevne svetlobe ugoden učinek na porabo energije stavb. Energije ne prihranimo neposredno z zajemom dnevne svetlobe, ampak jo prihranimo zaradi manjše porabe umetne razsvetljave. V poletnih mesecih imamo tako lahko nižje potrebe po hlajenju prostorov tudi zaradi ugasnjenih luči, ki tako dodatno ne segrevajo prostorov. Ob tem pa je potrebna tudi namestitev ustreznih senčil, s katerimi preprečimo morebitno pregrevanje stavb. Kombiniran prihranek zaradi manjše potrebe po umetni razsvetljavi in hlajenju prostorov lahko znaša od 25 % do 40 % celotne porabe energije poslovne stavbe [51]. Zaradi tehnologije svetil pa je sedaj dosežen tudi potencialen prihranek energije na račun umetne razsvetljave v primerjavi z obdobjem, ko so bile v uporabi stare in energijsko neučinkovite žarnice. Poleg tega lahko ustrezna dnevna osvetljenost prostorov ugoden vpliva na prodajo artiklov v trgovini. V študiji Hescong [52] je predstavljena korelacija med strešnimi okni in prodajo artiklov, ki se zaključijo z ugotovitvijo, da se je trgovini z vgraditvijo strešnih oken prodaja artiklov povečala za 40 %. Najbolj kritične odločitve za dobro osvetljeno stavbo nastanejo v idejni zasnovi projekta, ko se določijo oblika stavbe, pozicija transparentnih površin in tip umetne razsvetljave. S pravilno zasnovo stavbe lahko zmanjšamo porabo končne energije in tako posredno znižamo okoljske emisije stavbe [51].

7.3 Analiza prostorov primarne stavbe

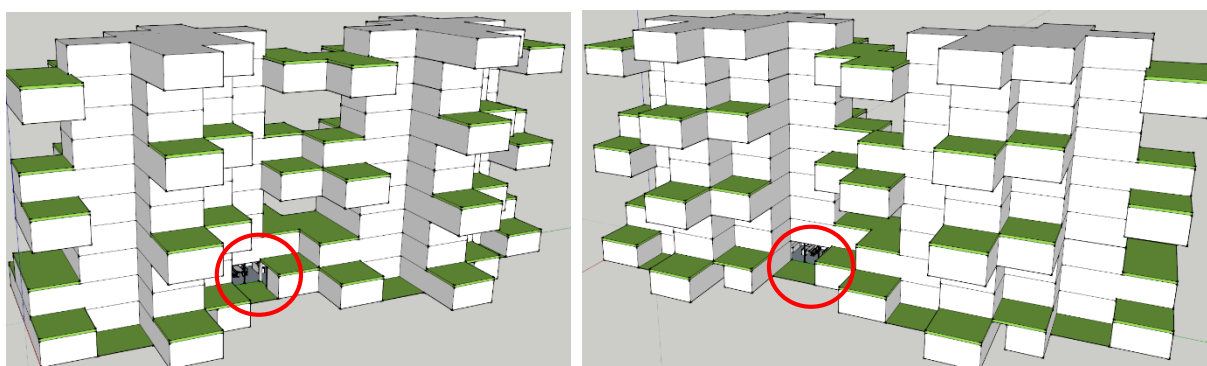
Za analizo dnevne osvetljenosti prostorov sem določil dve stanovanji, za kateri menim, da imata najboljšo in najslabšo dnevno osvetljenost prostorov. Pomagal sem si z rezultati analize osončenosti primarne stavbe. Na podlagi rezultatov osončenosti sem izbral eno stanovanje v pritličju in eno stanovanje v devetem nadstropju. Predvideval sem, da je izbrano stanovanje v pritličju glede na vsa stanovanja primarne stavbe najslabše dnevno osvetljeno. Za stanovanje v devetem nadstropju pa sem predvideval, da je v stavbi najboljše dnevno osvetljeno. Znotraj vsakega stanovanja sem izbral en večji prostor, ki sem ga nato analiziral na podlagi dnevne osvetljenosti. Izbrana prostora v vsakem stanovanju združujeta funkcije kuhinje, jedilnice in dnevne sobe.

Izbrano stanovanje v prvem nadstropju je prikazano na slikah 27, 28, 29 in 30. Za lažje razumevanje je na sliki 27 označena lega stanovanja. Stanovanje v pritličju ima uporabno površino 134,72 m². Analizirani prostor v tem stanovanju meri 73,72 m², kar je 54,72 % celotnega stanovanja.

Izbrano stanovanje v devetem nadstropju je prikazano na slikah 31, 32, 33 in 34. Tudi lega tega stanovanja je za lažje razumevanje označena na sliki 31. Stanovanje v devetem nadstropju ima uporabno površino 134,24 m². Analizirani prostor v tem stanovanju meri 70,68 m², kar je 52,65 % celotnega stanovanja.



Slika 27: Tloris pritličnega stanovanja primarne stavbe



a) Pogled na stanovanje iz JV smeri

b) Pogled na stanovanje iz SV strani

Slika 28: Prikaz pozicije pritličnega stanovanja v primarni stavbi



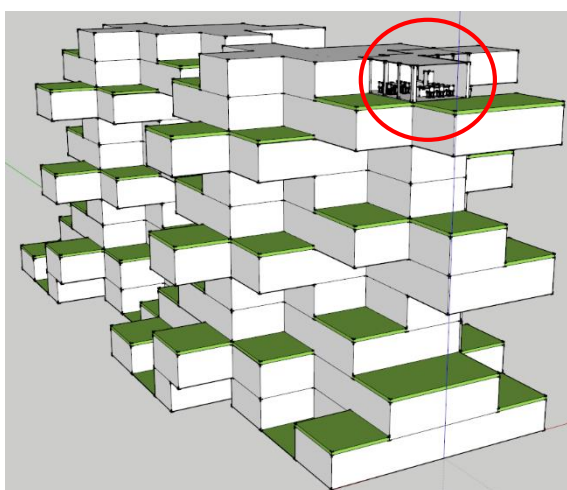
Slika 29: 3D model pritličnega stanovanja



Slika 30: 3D model pritličnega stanovanja



Slika 31: Tloris stanovanja iz devetega nadstropja



a) Pogled na stanovanje iz JZ smeri



b) Pogled na stanovanje iz JV strani

Slika 32: Prikaz pozicije stanovanja iz devetega nadstropja v primarni stavbi



Slika 33: 3D model stanovanja iz devetega nadstropja. Pogled na kuhinjski in jedilni prostor



Slika 34: 3D model stanovanja iz devetega nadstropja. Pogled na dnevni prostor

7.4 Zakonske zahteve in standardi glede dnevne osvetljenosti prostorov

V Sloveniji je področje dnevne osvetljenosti zelo slabo zakonsko opredeljeno. Zahteve glede dnevne osvetljenosti prostorov se pojavljajo samo v treh pravilnikih, ki so:

- Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj [53],
- Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih [54],
- Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [55].

V Pravilniku o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj [53] je dnevna osvetljenost prostorov opredeljena v 14. členu. Pomembna sta zlasti (1) in (2) odstavka tega člena.

Prvi odstavek tega člena pravi:

»Prostori ali deli prostorov, namenjeni uživanju in pripravi hrane, spanju in bivanju, morajo biti naravno osvetljeni. Naravna osvetlitev je lahko neposredna ali posredna.«

(Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj [53], 2011, str. 5)

Drugi odstavek tega člena pravi:

»Neposredna osvetlitev je dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtih (pri tem se upošteva samo tisti del odprtine, ki je več kakor 0,50 m nad gotovim podom), namenjenih osvetlitvi, dosega najmanj 20 odstotkov neto tlorisne površine teh delov stanovanja.«

(Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj [53], 2011, str. 5)

Glede na zahteve iz drugega odstavka 14. člena lahko sklepam, da oba izbrana prostora zadostujeta temu pogoju. Prostor v pritličju ima po upoštevanju zahtev iz drugega odstavka 14. člena 21,6 m² transparentnih površin. To predstavlja 29,30 % neto tlorisne površine analiziranega prostora v pritličju. Analiziran prostor v devetem nadstropju ima po upoštevanju zahtev iz drugega odstavka 14. člena 42 m² transparentnih površin. To predstavlja 59,42 % neto tlorisne površine analiziranega prostora v devetem nadstropju.

V Pravilniku o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih [54] se na dnevno osvetljenost prostorov nanaša 29. člen. V tem členu so do neke meje določene velikosti in pozicije transparentnih površin na delovnem mestu. Ker pa so obravnavani prostori stanovanjskega namena, ta pravilnik ni relevanten.

V Pravilniku o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [55] se na dnevno osvetljenost prostorov nanaša 49. člen. V tem členu so do neke meje določene

velikosti in pozicije transparentnih površin v vrtcih. V tem členu so tudi napisane mejne vrednosti osvetljenosti prostorov vrtca, ki pa so lahko dosežene tudi z umetno razsvetljavo. Ker pa so naši prostori stanovanjskega namena, ta pravilnik ni relevanten.

V vseh omenjenih pravilnikih se ne pojavlja zahteva po mejni vrednosti osvetljenosti, ki bi bila dosežena samo z dnevno svetlobo. V prvih dveh pravilnikih pa ni omenjena niti mejna vrednost osvetljenosti, ki bi jo morali dosegati z umetno razsvetljavo. To je zelo slabo, saj je iz poglavja 7.1 in 7.2 razvidno, kako pomembna je dnevna svetloba za zdravje ljudi.

Nekatere mejne vrednosti so zapisane v evropskem standardu, ki je bil preveden tudi v slovenščino: SIST EN 12464-1:2004, Svetloba in razsvetljava – Razsvetljava na delovnem mestu – 1.del: Notranji delovni prostori [56]. Izšel pa je tudi nov standard EN 12464-1:2011 [57], ki pa še ni preveden v slovenščino. V novem standardu so zapisane priporočene vrednosti osvetljenosti na različnih delovnih mestih. Opozoriti je treba, da standard ne zahteva, da so priporočene vrednosti osvetljenosti dosežene le z dnevno svetlobo. Omenjene so tudi priporočene vrednosti reflektivnosti notranjih materialov. Sicer se omenjeni standard navezuje le na delovna mesta, vendar lahko nekatere priporočene mejne vrednosti osvetljenosti uporabim tudi pri analizi dnevne osvetljenosti izbranih prostorov. V magistrskem delu sem za analizo dnevne osvetljenosti izbral prostore, ki imajo združeno funkcijo kuhinje, jedilnice in dnevne sobe. EN 12464-1:2011 [57] za te prostore priporoča naslednje mejne vrednosti osvetljenosti:

- kuhinja: 500 lx,
- jedilnica: 300 lx,
- dnevna soba, kjer se bere in gleda televizijo: 500 lx.

Te vrednosti sem uporabil pri analizi dnevne osvetljenosti prostorov. Glej poglavje 7.5 za podrobnejšo obrazložitev uporabljenih vrednosti.

7.5 Metoda analize dnevne osvetljenosti prostorov

Za analizo dnevne osvetljenosti prostorov sem se odločil uporabiti program Velux Daylight Visualizer v2.6.7 (DVIZ) [58]. Program DVIZ [58] je simulacijski program, ki omogoča analizo dnevne osvetljenosti prostorov pri različnih vremenskih pogojih ter ob različnih dnevih in urah. Analizo dnevne osvetljenosti prostorov omogoča v treh vremenskih pogojih: CIE jasno nebo, delno oblačno nebo in CIE oblačno nebo. Analizo dnevne osvetljenosti prostorov je po programu mogoče izvesti le na vsak 21. dan v izbranem mesecu. Omeniti je treba, da program DVIZ [58] omogoča izvedbo analize dnevne osvetljenosti prostorov na poljubni lokaciji po svetu z vnosom geografskih koordinat. Program omogoča izračun dnevne osvetljenosti prostorov (lx) in količnika dnevne svetlobe (KDS). Izračun dnevne osvetljenosti prostorov je mogoč le na vodoravni ravnini in iz perspektive. Izračun dnevne osvetljenosti prostorov na navpični ravni ni omogočen.

Analizirana prostora in okolico (ostali del primarne stavbe) sem najprej zmodeliral v programu SketchUp [24]. 3D modela sem nato uvozil v program DVIZ [58]. V programu DVIZ [58] sem notranjim in zunanjim površinam določil lastnosti reflektivnosti. Pri določanju reflektivnosti materialov sem upošteval priporočila iz standarda EN 12464-1:2011 [57]. Upošteval sem tudi

študijo Strømmandersen [10], kjer so zunanjim tlem določili reflektivno vrednost 0,2, zunanjim stenam pa 0,45. Refleksivnosti materialov je prikazana v preglednici 40. Za transparentne površine sem se odločil uporabiti dvojno zasteklitev s 78-odstotno transmisivnostjo dnevne svetlobe.

V študiji Kristl [59] so pri analizi dnevne osvetljenosti prostora analizirali obravnavani prostor na dan 21. 12., na dan 21. 3. in na dan 21. 6. ob dveh različnih tipih neba (CIE oblačno nebo in CIE jasno nebo). Višina 1,3 m ustreza položaju oči osebe, ki opravlja pisarniško delo. Analizirana je bila vertikalna ravnina, ki je odražala osvetljenost v območju ravnine očesa sedeče osebe, ki gleda proti oknu. Analizirana je bila tudi osvetljenost na horizontalni ravnini 0,76 m. Rezultate dnevne osvetljenosti prostora na vodoravni ravnini 0,76 m so nato primerjali s priporočili iz standarda SIST EN 12464-1:2004 [56], rezultate dnevne osvetljenosti prostora na vertikalni ravnini (1,3 m) pa so primerjali z referenčno vrednostjo 1000 lx. Vrednost 1000 lx predstavlja najmanjšo vrednost za aktivacijo cirkadianega ritma pri ljudeh. Vrednosti, manjše od 1000 lx, veljajo za »biološko temo« [42], [59].

Preglednica 40: Uporabljene vrednosti reflektivnosti materialov v programu DVIZ [58]

Ime površine	Refleksivnost materialov
Zunanja tla	0,20
Trava	0,10
Zunanje stene	0,45
Parquet	0,29
Notranje stene	0,84
Strop	0,84
Miza	0,65
Stol	0,65
Omara	0,84
Kavč	0,66
Kuhinjski pult	0,84
Hladilnik	0,94

Na podlagi študije Kristl [59] sem se odločil, da bom izbrana prostora analiziral na dan 21. 12., na dan 21. 3. in na dan 21. 6. ob treh različnih tipih neba (CIE jasno nebo, delno oblačno nebo in CIE oblačno nebo). Na vsak izbrani dan sem dnevno osvetljenost prostorov izračunal ob urah 9:00, 12:00 in 15:00. Analizo dnevne osvetljenosti sem v obeh prostorih opravil na ravnini 0,85 m. Pozicija sonca ob izbranih dnevih in urah je prikazana na slikah 35, 36 in 37.

Rezultate dnevne osvetljenosti na vodoravni ravnini 0,85 m sem primerjal z izbrano vrednostjo 400 lx. To vrednost sem izbral na podlagi priporočenih vrednosti iz standarda EN 12464-1:2011 [57], ki za kuhinjo in prostor, kjer se bere in gleda televizijo, priporoča vrednost 500 lx. Za jedilni prostor pa priporoča vrednost 300 lx. Na podlagi tega sem izbral vrednost 400 lx kot referenčno vrednost na vodoravni ravnini 0,85 m.

Rezultate osvetljenosti ob CIE jasnem nebu in delno oblačnem nebu sem podal v luksih [lx]. Rezultate osvetljenosti ob CIE oblačnem nebu sem podal v luksih [lx] in količniku dnevne

svetlobe (KDS) [%]. Pri rezultatih osvetljenosti ob CIE oblačnem nebu sem v luksih podal samo povprečno osvetljenost prostorov. KDS je definiran kot razmerje dveh točk na vodoravni ravnini. Prva meritev je opravljena na vodoravni ravnini v prostoru, medtem ko je druga meritev izmerjena na neovirani vodoravni ravnini zunaj. Ker se KDS uporablja pri CIE oblačnem nebu, to pomeni, da se direktna sončna svetloba ne upošteva. [16]

V obeh prostorih sem izračunal povprečno ter največjo in najmanjšo vrednost osvetljenosti. Poleg tega sem podal tudi razmerje med povprečno in najmanjšo vrednostjo osvetljenosti (E_{pov}/E_{min}). Rezultat razmerja E_{pov}/E_{min} in KDS_{pov}/KDS_{min} sem primerjal z vrednostjo, ki smo jo kot referenčno vrednost uporabili na vajah pri predmetu »Dnevna svetloba«. [16]

Referenčne vrednosti E_{pov}/E_{min} in KDS_{pov}/KDS_{min} so pomembne pri zagotavljanju ustrezne enakomernosti osvetljenosti v prostoru. Ta razmerja so neke vrste pokazatelji, ki nakazujejo večjo ali manjšo možnost za pojav bleščanja. Omeniti je tudi treba, da bo bleščanje prisotno, če bodo vrednosti osvetljenosti (E) zelo visoke oz. če bo oseba usmerila pogled v zelo svetlo nebo ali sonce oz. če bodo razmerja v osvetljenosti zelo izrazita (po navadi nad 1/10). Predvsem je vizualno neugodje oz. pojav bleščanja v prostoru odvisno tudi od pozicije in smeri gledanja uporabnika v prostoru.

Izbrane referenčne vrednosti so predstavljene v preglednicah 41 in 42. V preglednicah 41 in 42 so prikazane referenčne vrednosti za delovno ravnino na vodoravni višini 0,85 m.

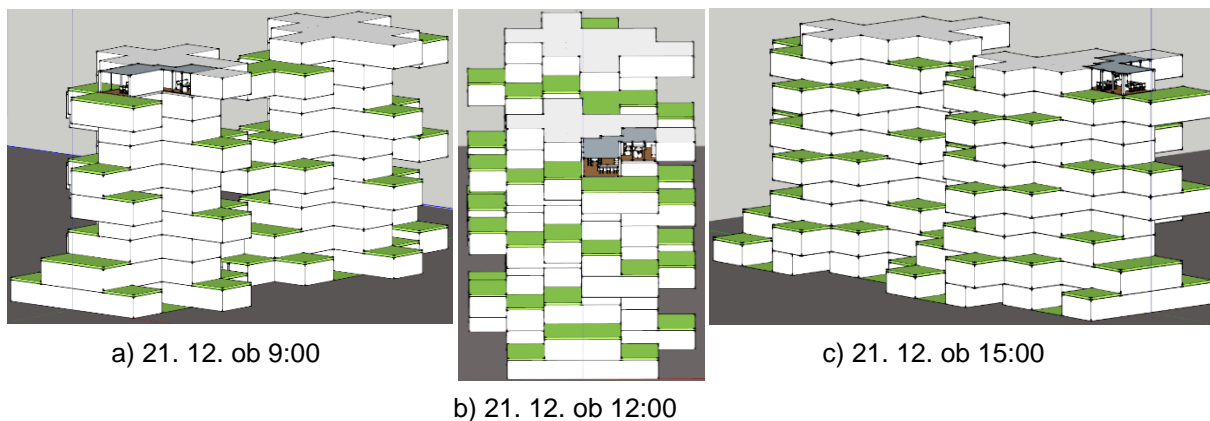
Referenčne vrednosti na delovni ravnini 0,85 m:

Preglednica 41: Postavljene zahteve ob CIE jasnem in delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

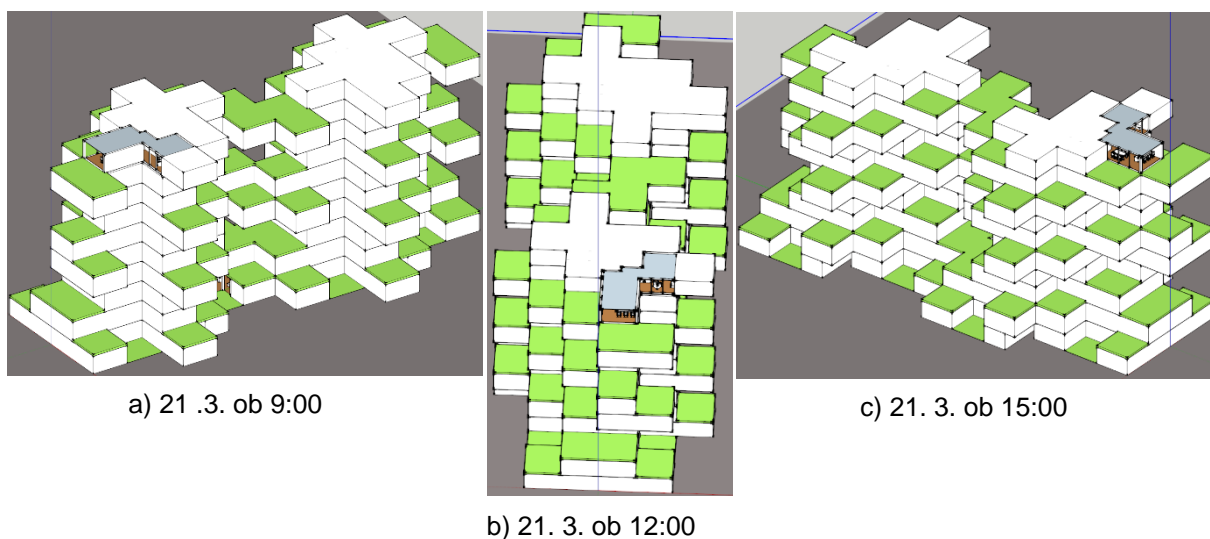
	CIE jasno nebo in delno oblačno nebo
E_{pov}	>400 lx
E_{pov}/E_{min}	<3/1

Preglednica 42: Postavljene zahteve ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

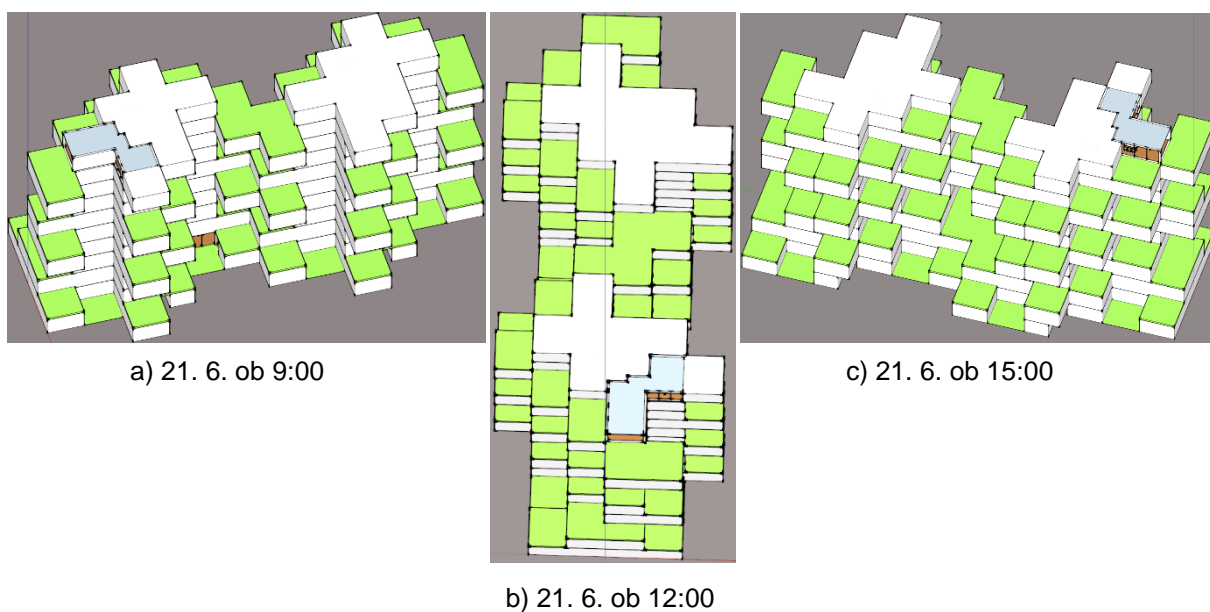
	CIE oblačno nebo
E_{pov}	>400 lx
KDS_{pov}	>5,0 %
KDS_{min}	>2,0 %
KDS_{pov}/KDS_{min}	<3/1



Slika 35: Pogled na primarno stavbo na dan 21. 12. iz smeri sonca ob izbranih urah



Slika 36: Pogled na primarno stavbo na dan 21. 3. iz smeri sonca ob izbranih urah



Slika 37: Pogled na primarno stavbo na dan 21. 6. iz smeri sonca ob izbranih urah

7.6 Rezultati analize dnevne osvetljenosti prostora stanovanja v pritličju

V preglednicah 43, 44 in 45 so prikazani rezultati dnevne osvetljenosti analiziranega prostora v stanovanju iz pritličja na delovni ravnini 0,85 m. Že iz slik 35, 36 in 37 sem pričakoval, da bo nivo osvetljenosti ob izbranih dnevih in urah precej nizek. Kljub temu pa nisem pričakoval, da bo referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx na ravnini 0,85 m dosežena in presežena samo enkrat (na dan 21. 6. ob 9:00 pri CIE jasnem nebu).

Preglednica 43 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri CIE jasnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Razvidno je, da pri jasnem nebu zadostimo referenčni vrednosti $E_{pov} > 400$ lx samo na dan 21. 6. ob 9:00. Zanimivo pa je, da je ob temu dnevu in uri doseženo tudi najvišje razmerje med povprečno in najmanjšo osvetljenostjo (E_{pov}/E_{min}) pri CIE jasnem nebu. Ob drugih dnevih in urah analizirani prostor ne zadošča postavljenim pogojem osvetljenosti. Nekoliko se referenčni vrednosti približamo še na dan 21. 3. ob 9:00 (327,5 lx), vendar referenčna vrednost tudi pri tej simulaciji ni dosežena. Največje povprečne osvetljenosti so dosežene ob 9:00. Povprečna osvetljenost ob CIE jasnem nebu in ostalih urah začne padati skladno s potjo sonca. To je razumljivo, saj je obravnavano stanovanje obrnjeno proti vzhodu. Kritične so tudi vrednosti razmerja med povprečno in najmanjšo osvetljenostjo (E_{pov}/E_{min}), ki nikoli ne zadoščajo postavljeni referenčni vrednosti $E_{pov}/E_{min} < 3/1$. Referenčna vrednost E_{pov}/E_{min} na dan 21. 6. ob 9:00 je 17,17. Odstopanja dejanskih razmerij od referenčnega razmerja so precej velika.

Glede na to, da je bila referenčna vrednost ($E_{pov} > 400$ lx) ob CIE jasnem nebu dosežena samo enkrat, sem pričakoval, da ob delno oblačnem nebu ta referenčna vrednost sploh ne bo dosežena ob katerikoli simulaciji. Iz preglednice 44 je razvidno, da referenčna vrednost (E_{pov}) ni bila dosežena niti enkrat. Najbližje se referenčni vrednosti E_{pov} približamo na dan 21. 6. ob 9:00 (351,5 lx). Največje povprečne osvetljenosti so dosežene ob 9:00, razen na dan 21. 12., ko je največja povprečna osvetljenost dosežena ob 12:00. Precej veliko odstopanje rezultatov simulacij referenčne vrednosti E_{pov}/E_{min} je prisotno tudi ob delno oblačnem nebu. Referenčna vrednost E_{pov}/E_{min} na dan 21. 6. ob 9:00 je 19,97. Odstopanja dejanskih razmerij od referenčnega razmerja so precej velika.

Ob CIE oblačnem nebu referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx ni dosežena pri nobeni simulaciji. To je razumljivo, saj referenčna vrednost E_{pov} ni bila dosežena niti ob delno oblačnem nebu. Največje vrednosti E_{pov} so dosežene ob 12:00. Ob 9:00 in 15:00 so vrednosti E_{pov} praktično povsem enake. Predvidevam, da so vrednosti E_{pov} največje ob 12:00, ker je sonce ob tej uri najbolj intenzivno (je na najvišji elevaciji v dnevu). Referenčne vrednosti KDS_{pov} , KDS_{min} in KDS_{pov}/KDS_{min} ob CIE oblačnem nebu niso dosežene. Ker pa imamo ob oblačnem nebu samo difuzno svetlobo, so največje vrednosti osvetljenosti ravno ob tej uri (12:00). KDS je ob določenem dnevu in uri vedno konstanten. KDS_{pov} od referenčne vrednosti odstopa za vrednost $-2,3$. KDS_{min} od referenčne vrednosti odstopa za vrednost $-1,8$. Razmerje KDS_{pov}/KDS_{min} pa je od referenčne vrednosti preseženo za vrednost 10,5.

Preglednica 43: Rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE jasnem nebu na ravnini 0,85 m

	CIE jasno nebo								
	21. 12.			21. 3.			21. 6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	157,6	110,1	57,5	327,5	176,2	118,5	551,3 ³	266,2	176,5
E_{min} [lx]	27	8,3	4	24,2	13	7,9	32,1	17,2	12,5
E_{pov}/E_{min}	5,84	13,27	14,38	13,53	13,55	15,00	17,17	15,48	14,12

Preglednica 44: Rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja ob delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

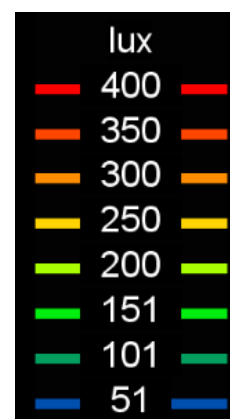
	Delno oblačno nebo								
	21. 12.			21. 3.			21. 6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	72,7	95,5	48,1	191,9	151,7	100,8	351,5	215,3	149,7
E_{min} [lx]	5,2	6	2,7	14,2	9,2	6,2	17,6	12,5	9,8
E_{pov}/E_{min}	13,98	15,92	17,81	13,51	16,49	16,26	19,97	17,22	15,28

Preglednica 45: Rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

	CIE oblačno nebo								
	21.12.			21.3.			21.6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	47,7	99	47,7	113,8	169,3	113,8	198,8	248,9	199,9
KDS_{pov} [%]					2,7				
KDS_{min} [%]					0,2				
KDS_{pov}/KDS_{min}					13,5				

Slika 38 prikazuje vrednosti svetlobnih izohips, ki so vrisane na slikah 39, 40 in 41. Za najvišjo svetlobno izohipso sem izbral kar referenčno vrednost $E_{pov} = 400$ lx.

Slika 39 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob CIE jasnem nebu. Najvišje ravni osvetljenosti so dosežene ob oknih. Na dan 21. 6. ob 9.00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena v kuhinjskem in jedilnem prostoru. Na dan 21. 3. ob 9:00 in 21. 6. ob 12:00 je referenčna vrednost 400 lx dosežena v delu jedilnega in kuhinjskega prostora. Ob drugih dnevih in urah vrednost 400 lx ni dosežena na kritičnih lokacijah v prostoru. Na dan 21. 12. ob 9:00 je razvidno, da je prisotno direktno sončno sevanje v delu dnevnega prostora, ki pa nima bistvenega pomena, saj je zelo majhen. S slike 39 je razvidno, da je kritičen predvsem dnevni prostor, ki



Slika 38:
Svetlobne izohipse

3

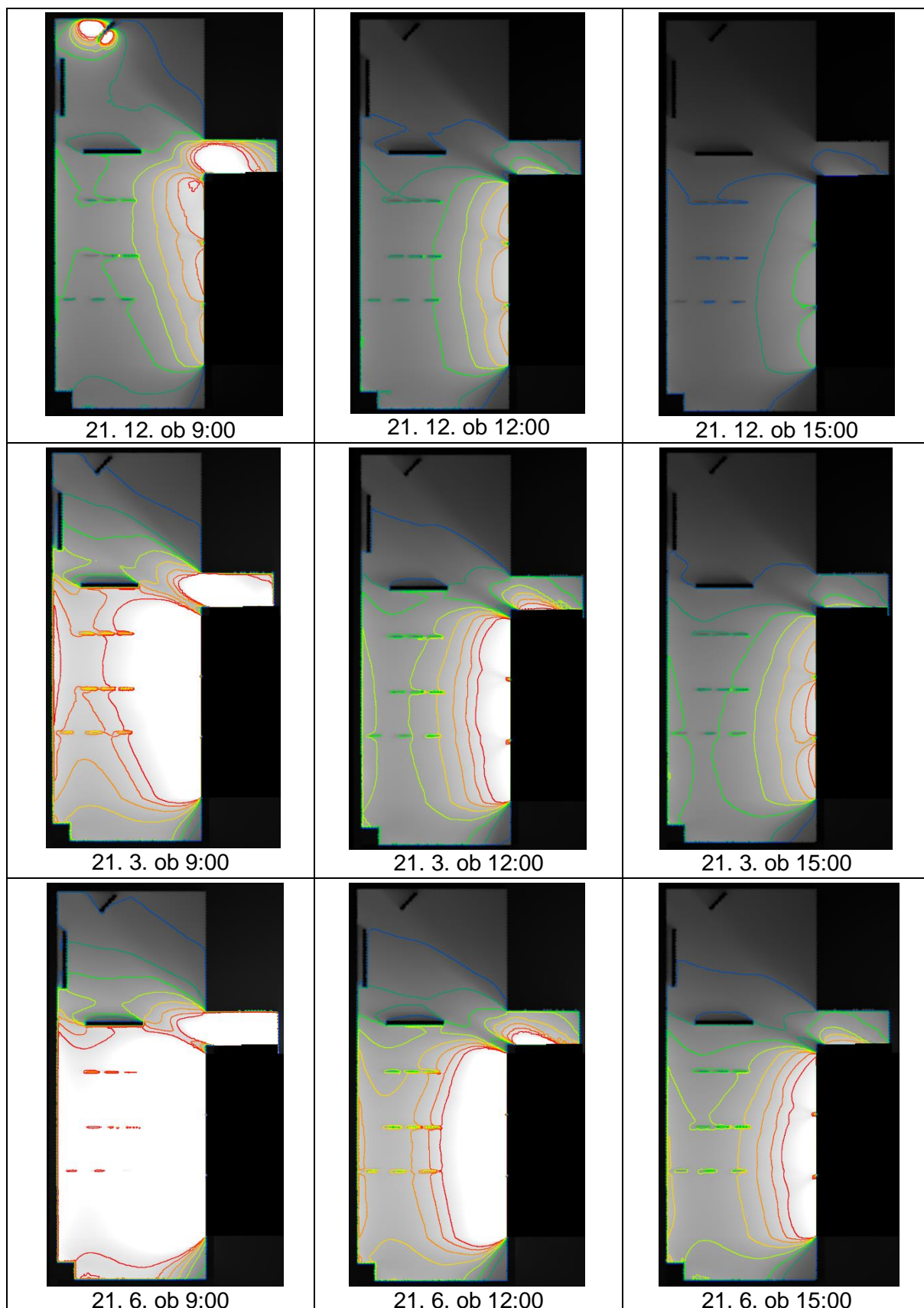
	V skladu s priporočenimi vrednostmi iz preglednic 41 oz. 42.
	Ni v skladu s priporočenimi vrednostmi iz preglednic 41 oz. 42.

je tudi ob CIE jasnem nebu zelo slabo osvetljen. Tudi na dan 21. 6. ob 9:00 dnevni prostor oz. vsaj njegov del ni osvetljen z referenčno vrednostjo $E_{pov} > 400$ lx.

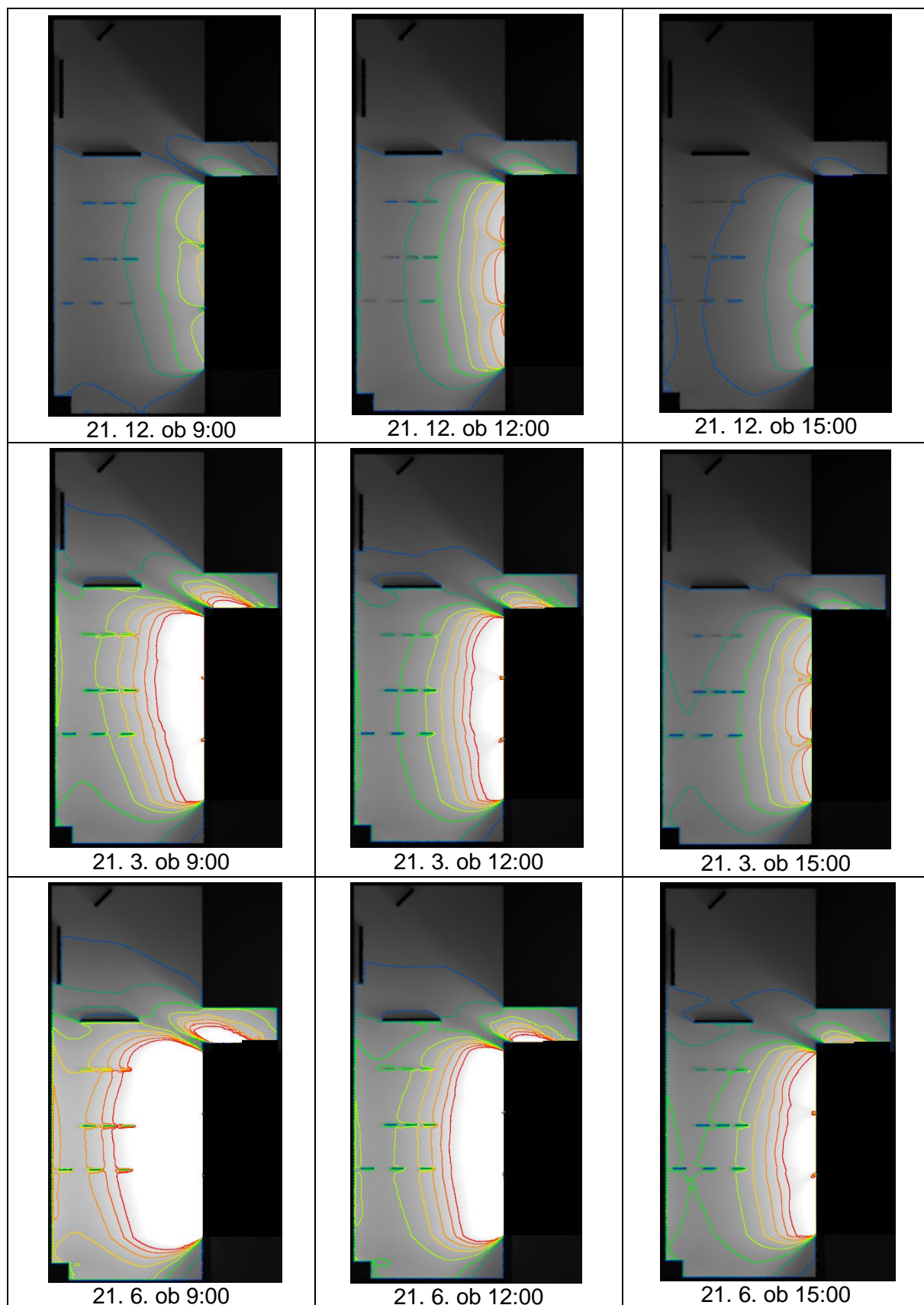
Slika 40 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob delno oblačnem nebu. Na dan 21. 6. ob 9:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena v majhnem delu kuhinjskega in jedilnega prostora. Pri drugih dnevih in urah kuhinjski in jedilni prostor glede na postavljene pogoje nista ustrezno osvetljena. Na dan 21. 3. ob 9:00 je del tega prostora ustrezno osvetljen, vendar je osvetljen na mestu, kjer ni jedilne mize in kuhinjskega pulta, kjer najbolj potrebujemo svetlobo. Zato je takšna razporeditev osvetlitve irelevantna. Med drugim so najslabše osvetljeni dnevni prostori. Pri nobeni simulaciji pri delno oblačnem nebu ni bil vsaj del dnevnega prostora osvetljen z referenčno vrednostjo E_{pov} .

Slika 41 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob CIE oblačnem nebu. Na dan 21. 6. ob 12:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena v majhnem delu kuhinjskega in jedilnega prostora. Jedilna miza in kuhinjski pult ob ostalih simulacijah nista ustrezno osvetljena, kar je razvidno s slike 41. Dnevni prostor je zopet najslabše osvetljen. Pri nobeni simulaciji ob CIE oblačnem nebu ni bil vsaj del dnevnega prostora osvetljen z referenčno vrednostjo E_{pov} .

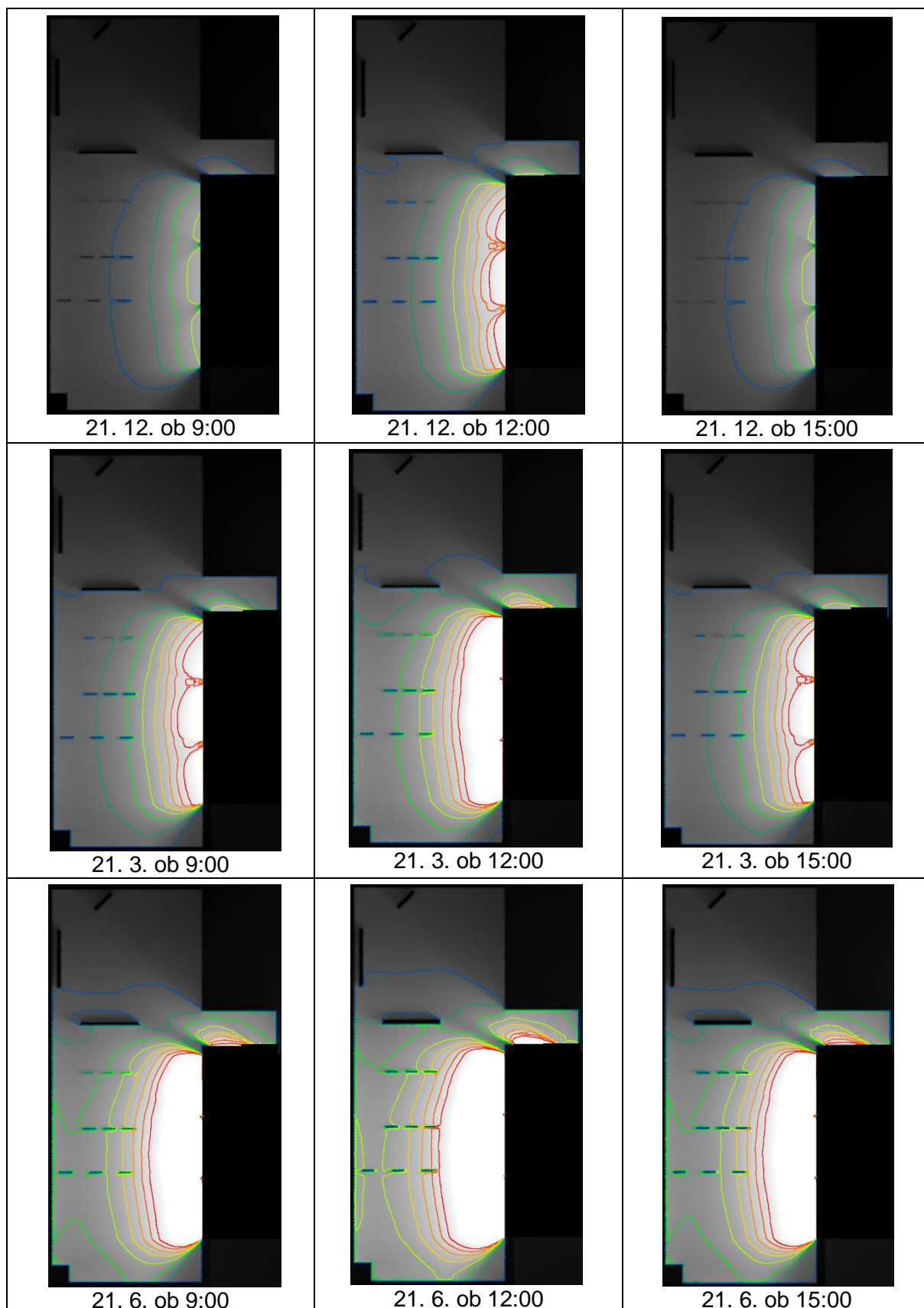
Iz te analize lahko predvidevam, da bo vse leto že za preprosta opravila treba uporabiti umetno razsvetljavo. To je še posebej očitna težava v zimskih mesecih, v katerih referenčno vrednost $E_{pov} > 400$ lx težko dosežemo že tik ob oknu, kjer so po navadi največje vrednosti osvetljenosti. Z umetno razsvetljavo bo treba poskrbeti tudi za ustrezno vrednost razmerij E_{pov}/E_{min} , da se izognemo vizualnemu neugodju.



Slika 39: Prikaz osvetljenosti pritličnega stanovanja ob CIE jasnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravni 0,85 m



Slika 40: Prikaz osvetljenosti pritličnega stanovanja ob delno oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravni 0,85 m



Slika 41: Prikaz osvetljenosti pritrličnega stanovanja ob CIE oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m

7.7 Rezultati analize dnevne osvetljenosti prostora stanovanja v 9. nadstropju

Analizirani prostor v devetem nadstropju sem razdelil na dva dela. Prvi del prostora je sestavljen iz kuhinjskega in jedilnega prostora, drugi del prostora pa predstavlja dnevni prostor. Simulacije obeh delov prostora sem izvedel istočasno, vendar pa sem vrednosti osvetljenosti za vsak del prostora razvrstil v različne preglednice. V nadaljevanju sledi najprej analiza kuhinjskega in jedilnega dela prostora, nato pa še analiza dnevnega prostora.

V preglednicah 46, 47 in 48 so prikazani rezultati dnevne osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora v stanovanju iz devetega nadstropja na delovni ravnini 0,85 m.

Preglednica 46 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri CIE jasnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx je dosežena in presežena praktično v vseh simulacijah dnevne osvetljenosti. Največja povprečna osvetljenost prostora je dosežena na dan 21. 6. ob 15:00 ($E_{pov} = 2000,3$ lx). Razen na dan 21. 12. ob 9:00 pa je povprečna osvetljenost prostora vedno večja od 1000 lx. Zanimivo je tudi dejstvo, da že najmanjše osvetljenosti (E_{min}) presegajo referenčno vrednost $E_{pov} > 400$ lx (razen na dan 21. 12. ob 9:00). Največje povprečne osvetljenosti so dosežene ob 15:00. Ob 9.00 ima ta del prostora najmanjšo povprečno osvetljenost, kar je razumljivo, saj obravnavani prostor nima transparentnih površin na vzhodni strani. Tudi razmerja E_{pov}/E_{min} so znotraj referenčne vrednosti $E_{pov}/E_{min} < 3/1$. Nekoliko odstopajo le razmerja na dan 21. 3. ob 15:00 in na dan 21. 6. ob 12:00 in 15:00. Kljub temu pa so ta odstopanja precej zanemarljiva in majhna.

Preglednica 47 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri delno oblačnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx je dosežena in presežena praktično v vseh simulacijah dnevne osvetljenosti razen na dan 21. 12. ob 9:00. Pri delno oblačnem nebu najmanjše osvetljenosti (E_{min}) ne dosežajo referenčne vrednosti ($E_{pov} > 400$ lx). Največja povprečna osvetljenost je dosežena na dan 21. 6. ob 15:00 (1409,4 lx). Na dneva 21. 12. in 21. 3. je največja povprečna osonečnost ob 12:00. Razmerja E_{pov}/E_{min} , razen na dan 21. 12. ob 9:00 in 12:00, ne zadoščajo referenčni vrednosti $E_{pov}/E_{min} < 3/1$. Ta odstopanja so kljub temu relativno majhna. Največje odstopanje v razmerju je na dan 21. 6. ob 15:00, ko znaša vrednost tega razmerja 4,47.

Preglednica 48 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri CIE oblačnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx je dosežena in presežena praktično v vseh simulacijah dnevne osvetljenosti razen na dan 21. 12. ob 9:00 in 15:00. Največje povprečne osvetljenosti so zopet dosežene ob 12:00. Povprečne osvetljenosti ob 9:00 in 15:00 so praktično enake. Dejanski KDS_{pov} je precej večji od referenčne vrednosti $KDS_{pov} > 5,0$ %. Dejanski KDS_{pov} je od referenčne vrednosti večji za vrednost 8,3. Tudi KDS_{min} dosega in presega zahtevano referenčno vrednost $KDS_{min} > 2,0$ %. Dejanska razmerja KDS_{pov}/KDS_{min} pa ne dosežajo zahtevane referenčne vrednosti $KDS_{pov}/KDS_{min} < 3/1$. Dejanske vrednosti razmerja znašajo 4,43.

Preglednica 46: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob CIE jasnem nebu na ravnini 0,85 m

	CIE jasno nebo								
	21. 12.			21. 3.			21. 6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	568,7	1317,3	1343,6	939,3	1819,4	1953,7	1111,2	1771,7	2000,3
E_{min} [lx]	313,3	668,8	522,8	425,6	703,7	597,7	424	581,1	529,7
E_{pov}/E_{min}	1,82	1,97	2,57	2,21	2,59	3,27	2,62	3,05	3,78

Preglednica 47: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

	Delno oblačno nebo								
	21. 12.			21. 3.			21. 6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	317,4	800,3	433,6	680	1210,4	1009	903,9	1326,8	1409,4
E_{min} [lx]	127,7	291,7	121,7	221,9	350,6	247	253,5	344,6	315,2
E_{pov}/E_{min}	2,49	2,74	3,56	3,06	3,45	4,09	3,57	3,85	4,47

Preglednica 48: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

	CIE oblačno nebo								
	21.12.			21.3.			21.6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	232,4	479,7	231	553,5	818,8	551,1	960,2	1210,1	963,2
KDS_{pov} [%]					13,3				
KDS_{min} [%]					3				
KDS_{pov}/KDS_{min}					4,43				

Slika 42 prikazuje vrednosti svetlobnih izohips, ki so vrisane na slikah 43, 44 in 45. Za največjo svetlobno izohipso sem izbral vrednost 800 lx, ki je dvakrat večja od referenčne vrednosti $E_{pov} > 400$ lx.

Slika 43 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob CIE jasnem nebu. Na dan 21. 12 ob 9:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena v velikem delu kuhinjskega in jedilnega prostora. Na dan 21. 12. ob 12:00 in 15:00 je referenčna vrednost dosežena po celotnem kuhinjskem in jedilnem prostoru. Na dan 21. 3. in 21. 6. pa je referenčna vrednost ob vseh urah dosežena po celotnem kuhinjskem in jedilnem prostoru. Iz tega je razvidno, da ima obravnavani prostor na ravnini 0,85 m precej dobro osvetljenost, kjer ob jasnem nebu ne bo potrebna umetna razsvetljava. To je povsem nasprotno ugotovitvam pri stanovanju iz pritličnega nadstropja, ki je bilo tudi ob CIE jasnem nebu zelo slabo osvetljeno.

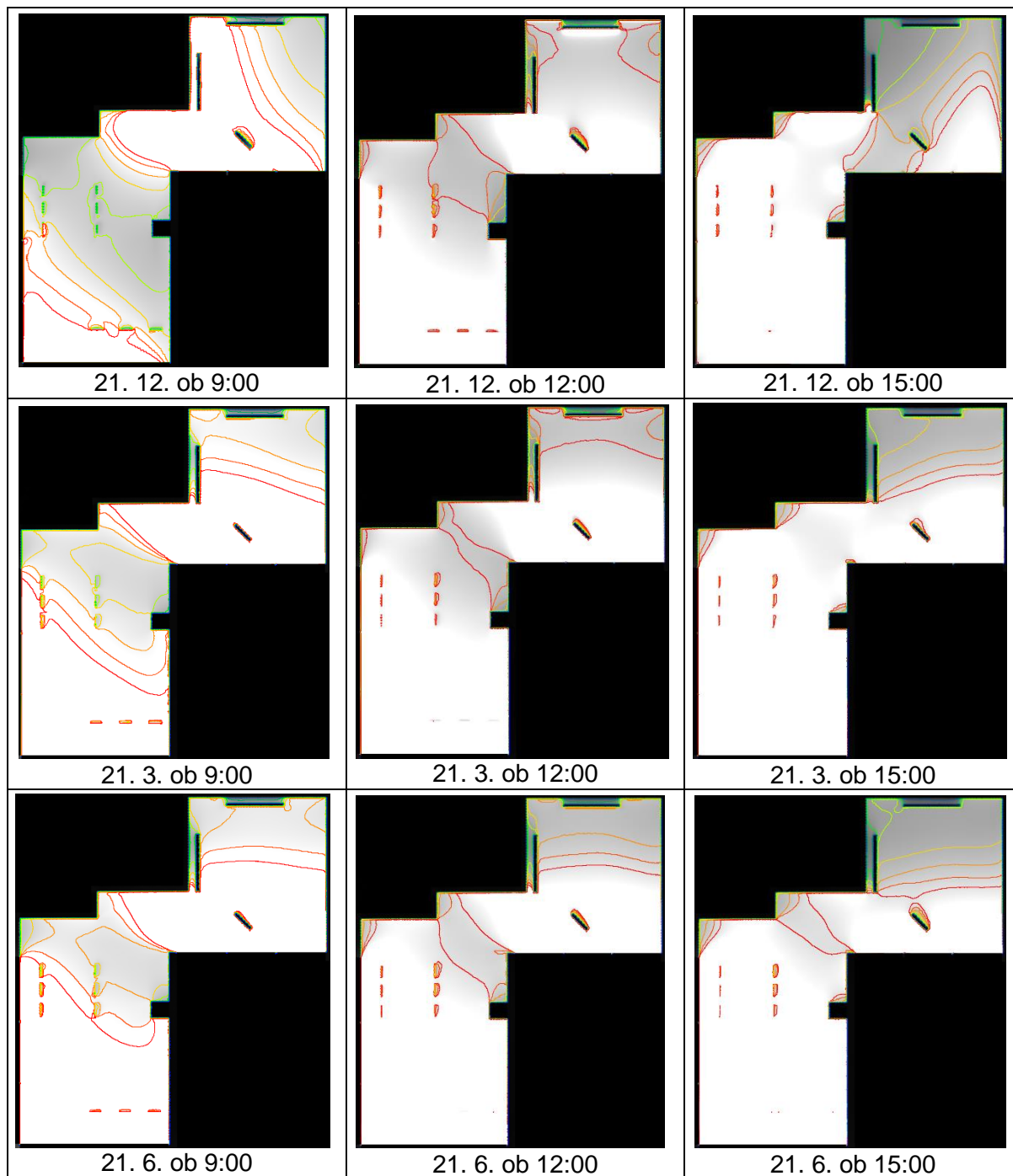


Slika 42:
Svetlobne izohipse

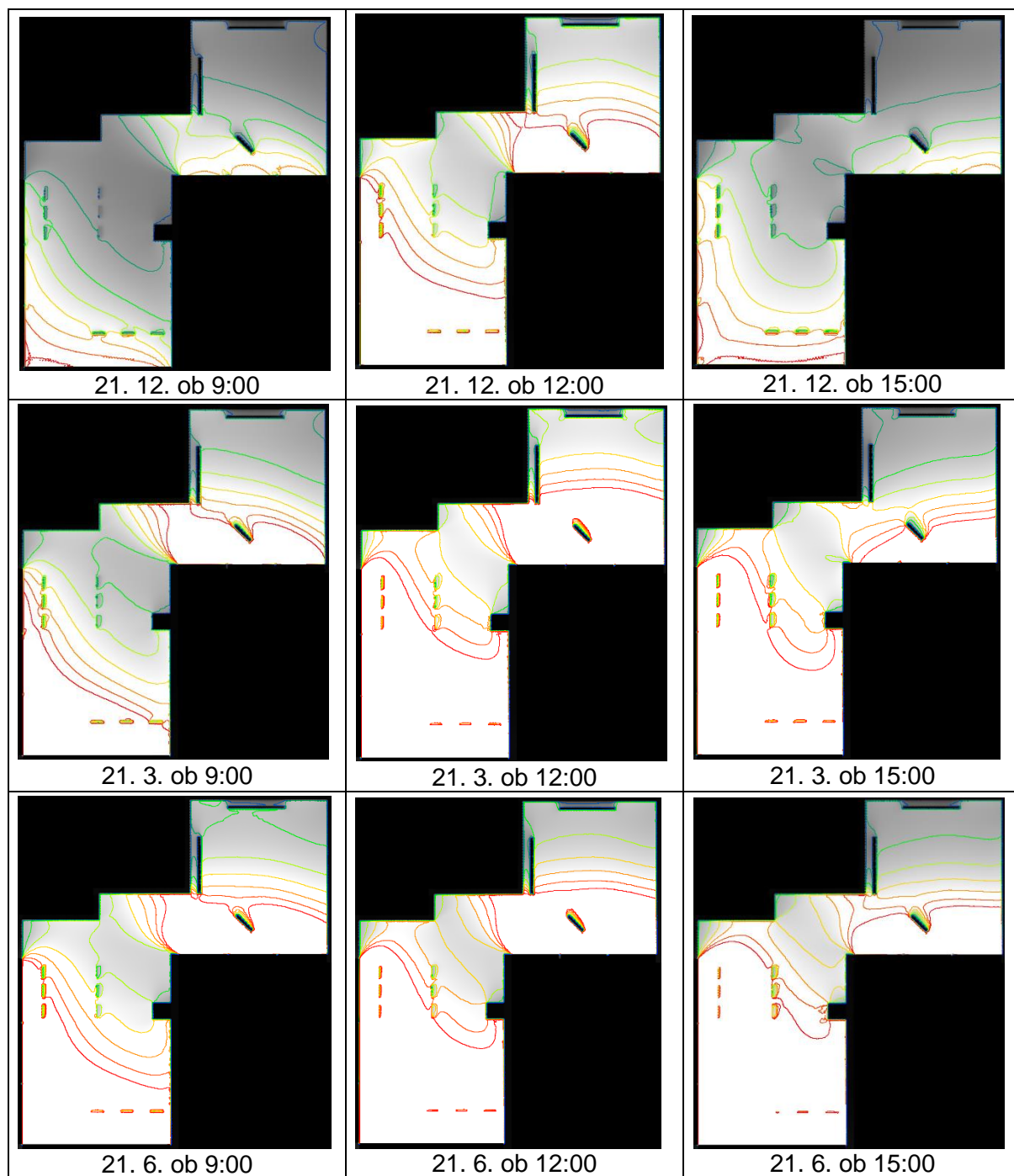
Slika 44 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob delno oblačnem nebu. Na dan 21. 12. ob 9:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena samo v tistem delu kuhinjskega in jedilnega prostora, kjer ni kuhinjskega pulta oz. jedilne mize. Na dan 21. 12. ob 12:00 je referenčna vrednost dosežena v celotnem delu kuhinjskega in jedilnega prostora. Na dan 21. 12. ob 15:00 in na dan 21. 3. ob 9:00 je referenčna vrednost dosežena do sredine kuhinjskega in jedilnega prostora. Na dan 21. 3. ob 12:00 in 15:00 je referenčna vrednost dosežena v celotnem delu kuhinjskega in jedilnega prostora. Na dan 21. 6. ob 9:00, 12:00 in 15:00 pa je referenčna vrednost zopet dosežena po celotnem delu kuhinjskega in jedilnega prostora. Iz tega lahko sklepam, da je kuhinjski in jedilni prostor tudi ob delno oblačnem nebu v večini ustrezno osvetljen že z dnevno svetlobo. Nekoliko slabše je osvetljen le na dan 21. 12. ob 9:00. Tako lahko predvidevam, da bo v zimskih mesecih (v jutranjih urah) potrebna umetna razsvetljava za zagotavljanje ustrezne osvetljenosti prostora.

Slika 45 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob CIE oblačnem nebu. Najvišje ravni osvetljenosti so dosežene ob oknih. Na dan 21. 12. je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena do sredine kuhinjskega in jedilnega prostora samo ob 12:00. Ob 9:00 in 15:00 pa je referenčna vrednost dosežena izven območja jedilne mize in kuhinjskega pulta. Na dan 21. 3. je referenčna vrednost do sredine kuhinjskega in jedilnega prostora dosežena ob 9:00 in 15:00. Celoten jedilni in kuhinjski prostor pa je z vsaj referenčno vrednostjo osvetljen na dan 21. 3. ob 12:00. Na dan 21. 6. pa je praktično ob vseh obravnavanih urah kuhinjski in jedilni prostor osvetljen več od zahtevane referenčne vrednosti. Iz tega lahko sklepam, da je kuhinjski in jedilni prostor tudi ob oblačnem nebu precej dobro osvetljen, kar sem že sklepal iz rezultatov v preglednicah 46, 47 in 48. Nekoliko slabše je osvetljen le na dan 21. 12., vendar je po mojem mnenju nivo osvetljenosti pri CIE oblačnem vremenu sprejemljiv. V zimskih mesecih ima Ljubljana veliko število oblačnih dni [27]. Zato predvidevam, da bo v tem delu prostora v zimskih mesecih (v jutranjih in poznopopoludanskih urah) na delovni ravnini 0,85 m treba uporabiti ustrezno umetno razsvetljavo.

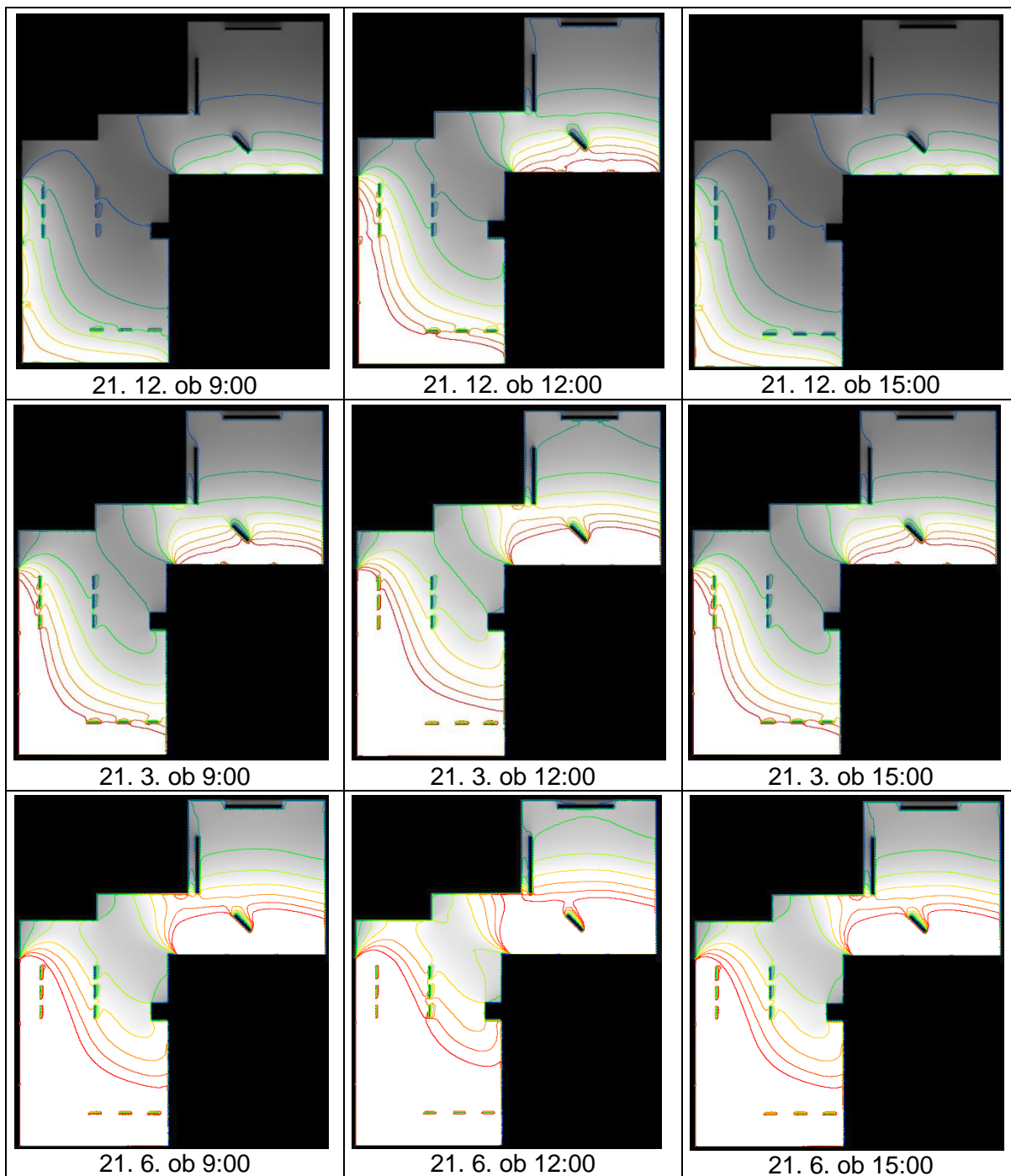
Na podlagi gornjih ugotovitev sklepam, da bo uporaba umetne razsvetljave v tem stanovanju majhna. Presenetljivo je, da je kuhinjski in jedilni prostor dobro osvetljen tudi v zimskih mesecih. Zanimivo je tudi, da je ob oblačnem nebu kuhinjski in jedilni prostor pri večini simulacij ustrezno osvetljen.



Slika 43: Prikaz osvetljenosti kuhinjskega, jedilnega in dnevnega prostora ob CIE jasnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m



Slika 44: Prikaz osvetljenosti kuhinjskega, jedilnega in dnevnega prostora ob delno oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m



Slika 45: Prikaz osvetljenosti kuhinjskega, jedilnega in dnevnega prostora ob CIE oblačnem nebu ob izbranih dnevih in urah na ravnini 0,85 m

V preglednicah 49, 50 in 51 so prikazani rezultati dnevne osvetljenosti dnevnega prostora v stanovanju iz devetega nadstropja na delovni ravnini 0,85 m.

Preglednica 49 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri CIE jasnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx je dosežena in presežena praktično v vseh simulacijah dnevne osvetljenosti. Največja povprečna osvetljenost je dosežena na dan 21. 3. ob 12:00 ($E_{pov} = 1405,7$ lx). Razen na dan 21. 12. ob 9:00 in 15:00 je povprečna osvetljenost prostora vedno večja od 1000 lx. Razen na dan 21. 12. ob 9:00 in 15:00 minimalna osvetljenost prostora (E_{min}) presega referenčno vrednost $E_{pov} > 400$ lx. Največje povprečne osvetljenosti so dosežene ob 12:00. Ob 15:00 ima ta del prostora najmanjšo povprečno osvetljenost (razen na dan 21. 3.). Ker kuhinjski in jedilni prostor deloma senči dnevni prostor, je razumljivo, da je ob 15:00 povprečna osvetljenost najmanjša. Tudi razmerja E_{pov}/E_{min} so znotraj referenčne vrednosti $E_{pov}/E_{min} < 3/1$. V primerjavi z rezultati za kuhinjski in jedilni prostor so tokrat vsa izmerjena razmerja znotraj referenčne vrednosti, kar pomeni, da v dnevnem prostoru ob jasnem nebu ne bo prihajalo do vizualnega neugodja.

Preglednica 50 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri delno oblačnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx je dosežena in presežena praktično v vseh simulacijah dnevne osvetljenosti razen na dan 21. 12. ob 9:00 in 15:00. Pri delno oblačnem nebu najmanjše osvetljenosti (E_{min}) ne dosegajo referenčne vrednosti ($E_{pov} > 400$ lx). Na dan 21. 3. ob 12:00 pa je tudi E_{min} (385,3 lx) že precej blizu referenčni vrednosti E_{pov} . Največja povprečna osvetljenost je dosežena na dan 21. 3. ob 12:00 (956,8 lx). Največje povprečne osvetljenosti so dosežene ob 12:00, najmanjše povprečne osvetljenosti pa ob 15:00. Razmerja E_{pov}/E_{min} so znotraj referenčne vrednosti $E_{pov}/E_{min} < 3/1$. V primerjavi z rezultati za kuhinjski in jedilni prostor so tokrat vsa izmerjena razmerja znotraj referenčne vrednosti, kar pomeni, da v dnevnem prostoru ob delno oblačnem nebu ne bo prihajalo do vizualnega neugodja.

Preglednica 51 prikazuje nivo dnevne osvetljenosti pri CIE oblačnem nebu na delovni ravnini 0,85 m. Referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx je dosežena in presežena pri simulacijah dnevne osvetljenosti na dan 21. 3. ob 12:00 in ves dan 21. 6. Največja povprečna osvetljenost je dosežena na dan 21. 6. ob 12:00 (750,1 lx). Dejanski KDS_{pov} je od referenčne vrednosti $KDS_{pov} > 5,0$ % večji za vrednost 2,2. Tudi KDS_{min} dosega in presega zahtevano referenčno vrednost $KDS_{min} > 2,0$ % za vrednost 0,7. Dejansko razmerje KDS_{pov}/KDS_{min} ne dosega zahtevane referenčne vrednosti $KDS_{pov}/KDS_{min} < 3/1$. Kljub temu pa je dejansko razmerje samo tik nad dovoljeno vrednostjo (3,04), kar je zanemarljivo odstopanje od zahtevane referenčne vrednosti.

Preglednica 49: Rezultati osvetljenosti dnevnega prostora ob CIE jasnem nebu na ravnini 0,85 m

	CIE jasno nebo								
	21. 12.			21. 3.			21. 6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	818,3	1151,2	607,1	1008,8	1405,7	1063	1117,9	1188	832,3
E_{min} [lx]	383,8	783,5	273,2	479,9	747	413,8	531,5	546,9	379,4
E_{pov}/E_{min}	2,13	1,47	2,22	2,10	1,88	2,57	2,10	2,17	2,19

Preglednica 50: Rezultati osvetljenosti dnevnega prostora ob delno oblačnem nebu na ravnini 0,85 m

	Delno oblačno nebo								
	21. 12.			21. 3.			21. 6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	253,4	637,1	233,3	543,8	956,8	501,4	675,4	945,6	634,1
E_{min} [lx]	99,7	335,1	93,1	197,4	385,3	183,5	260,6	331,3	233,2
E_{pov}/E_{min}	2,54	1,90	2,51	2,75	2,48	2,73	2,59	2,85	2,72

Preglednica 51: Rezultati osvetljenosti kuhinjskega in jedilnega prostora ob CIE oblačnem nebu na ravnini 0,85 m.

	CIE oblačno nebo								
	21.12.			21.3.			21.6.		
	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00	9:00	12:00	15:00
E_{pov} [lx]	141,8	297,4	143,4	343,5	509,6	342,2	594,9	750,1	597
KDS_{pov} [%]					8,2				
KDS_{min} [%]					2,7				
KDS_{pov}/KDS_{min}					3,04				

Slika 42 prikazuje vrednosti svetlobnih izohips, ki so vrisane na slikah 43, 44 in 45. Za najvišjo svetlobno izohipso sem izbral vrednost 800 lx, ki je dvakrat večja od referenčne vrednosti $E_{pov} > 400$ lx.

Slika 43 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob CIE jasnem nebu. Na dan 21. 12. ob 9:00 in 12:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena praktično po celotnem dnevnem prostoru. Na dan 21. 12. ob 15:00 referenčna vrednost ni dosežena po celotnem prostoru, vendar so ključni deli prostora še vedno ustrezno osvetljeni. Na dan 21. 3. in na dan 21. 6. pa je referenčna vrednost ob vseh urah dosežena po celotnem dnevnem prostoru. Iz tega je razvidno, da ima obravnavani prostor na ravnini 0,85 m precej dobro osvetljenost in ob jasnem nebu ne bo potrebna uporaba umetne razsvetljave.

Slika 44 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob delno oblačnem nebu. Na dan 21. 12. ob 9:00 in 15:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400$ lx dosežena samo v delu dnevnega prostora, kjer ni sedečih oz. delovnih površin. Na dan 21. 12. ob 12:00 pa je referenčna vrednost dosežena do sredine dnevnega prostora. Na dan 21. 3. ob 9:00 in 15:00 je referenčna vrednost dosežena do sredine dnevnega prostora. Na dan 21. 3. ob 12:00 je referenčna vrednost

dosežena po celotnem dnevnem prostoru. Na dan 21. 6. je ob vseh urah referenčna vrednost dosežena do sredine dnevnega prostora. Ob delno oblačnem nebu lahko tako predvidevam, da bo za zagotavljanje ustrezne osvetljenosti delovne oz. bralne površine potrebna tudi uporaba umetne razsvetljave v vseh mesecih.

Slika 45 prikazuje dnevno osvetljenost prostora ob CIE oblačnem nebu. Na dan 21. 12. ob 9:00 in 15:00 je referenčna vrednost $E_{pov} > 400 \text{ lx}$ dosežena samo tik ob oknih. Na dan 21. 12. ob 12:00 pa je referenčna vrednost dosežena na majhnem delu dnevnega prostora, kjer pa ni delovnih oz. sedečih površin. Na dan 21. 3. ob 9:00 in 15:00 je referenčna vrednost dosežena na majhnem delu dnevnega prostora, kjer pa ni delovnih oz. sedečih površin. Na dan 21. 3. ob 12:00 je referenčna vrednost dosežena skoraj do polovice dnevnega prostora. Na dan 21. 6. ob 9:00 in 15:00 je referenčna vrednost dosežena skoraj do sredine dnevnega prostora. Na dan 21. 6. ob 12:00 pa je referenčna vrednost dosežena malo čez sredino dnevnega prostora. Ob oblačnem nebu lahko tako predvidevam, da bo za zagotavljanje ustrezne osvetljenosti delovne oz. bralne površine potrebna tudi uporaba umetne razsvetljave v vseh mesecih.

7.8 Ugotovitve na podlagi analize dnevne osvetljenosti stanovanj

Analizirani prostor v pritličju se je izkazal za zelo slabo osvetljen prostor. Na delovni ravnini 0,85 m je kuhinjski in jedilni prostor zadoščal referenčni vrednosti $E_{pov} > 400$ lx samo na dan 21. 6. ob 9:00 ob CIE jasnem nebu. Dnevni prostor pa niti v času te simulacije ni dosegal zelenega nivoja osvetljenosti. Ob vseh drugih simulacijah in podnebnih razmerah analizirani prostor ni bil ustrezno osvetljen. Kritična so tudi dejanska razmerja E_{pov}/E_{min} , ki so znatno presejala še sprejemljivo vrednost ($E_{pov}/E_{min} < 3/1$). Dejanska razmerja E_{pov}/E_{min} oz. KDS_{pov}/KDS_{min} so bila pri večini simulacij že višja od vrednosti 10/1. To predstavlja velik potencial za pojav vizualnega neugodja v prostoru. Tudi dejanski KDS_{pov} niso ustrezali referenčni vrednosti $KDS_{pov} > 5\%$ ob CIE oblačnem nebu. Iz tega lahko sklepam, da bo v tem prostoru težko zagotoviti ustrezno osvetljenost brez uporabe ustrezne umetne razsvetljave. Če bi hoteli povišati nivo dnevne osvetljenosti, bi najverjetneje morali spremeniti geometrijo stavbnega ovoja in notranjega prostora. To je zanimivo, saj tako zelo slabi nivoji osvetljenosti v temu prostoru kljub vsemu niso bili pričakovani. Prostor je razmeroma plitev (5,2 m) in ima veliko transparentnih površin. Velik problem je v dejstvu, da dnevna soba nima neposredne povezave z zunanostjo. Poleg tega je na jugu spalni trakt, tako da svetloba v prostor prihaja direktno le z vzhoda. Svetloba pa skozi transparentne površine na hodniku ne prehaja v dnevni prostor. Za povprečne vrednosti osvetljenosti so tako problematični predvsem koti dnevnega prostora, ki so razmeroma obsežni in temni. To pa znatno vpliva na vrednost povprečne osvetljenosti. Brez posega v geometrijo stavbnega ovoja bi težko zvišali nivo dnevne osvetljenosti, saj je iz rezultatov osvetljenosti očitno predvsem problem samosenčenja stavbe. Majhno povečanje dnevne osvetljenosti bi lahko brez geometrijskih sprememb dosegli s spremembo refleksivnosti notranjih površin in stavbnega ovoja, vendar domnevam, da tudi s to spremembo ne bi zadostili postavljenim pogojem. Tudi ob tej rešitvi je treba vzeti v razmislek, da bi bila takšna stavba najverjetneje postavljena v urbano okolje, kjer bi jo senčili še okoliški objekti in zelenje.

Za razliko od stanovanja v pritličju, kjer je prostor enostransko osvetljen, je stanovanje v devetem nadstropju osvetljeno z več strani in ni samosenčen. Analizirani prostor v devetem nadstropju sem razdelil na dva manjša prostora. Kuhinjski in jedilni prostor je osvetljen z južne in zahodne strani, medtem ko je dnevni prostor osvetljen samo z južne strani.

Kuhinjski in jedilni prostor je na delovni ravnini 0,85 m dobro dnevno osvetljen in ob večini simulacij ustreza postavljenim pogojem ($E_{pov} > 400$ lx, $KDS_{pov} > 5\%$, $KDS_{min} > 2\%$). Pri CIE jasnem nebu je prostor dosegal ustrezno dnevno osvetljenost pri vseh simulacijah. Pri delno oblačnem nebu kuhinjski in jedilni prostor ni dosegal ustrezne dnevne osvetljenosti le v jutranjih urah zimskih mesecev (21. 12. ob 9:00). Pri CIE oblačnem nebu prostor ni dosegal ustrezne osvetljenosti le v jutranjih in pozno popoldanskih urah zimskih mesecev. V tem času bo potrebna tudi uporaba umetne razsvetljave. Dejanska razmerja KDS_{pov}/KDS_{min} nekoliko odstopajo od referenčne vrednosti $KDS_{pov}/KDS_{min} < 3/1$ pri delno oblačnem nebu in CIE oblačnem nebu, vendar so ta odstopanja zanemarljiva. Pri CIE jasnem nebu dejanska razmerja v večini ustrezajo zastavljenemu pogoju. Na podlagi teh rezultatov sklepam, da je omenjeni prostor že z dnevno svetlobo pri večini simulacij vizualno ustrezno osvetljen. Uporaba umetne razsvetljave za bolj splošna opravila v kuhinjskem in jedilnem prostoru (kuhanje, branje itd.) bo v primerjavi z rezultati osvetljenosti pritličnega stanovanja na zelo nizki

ravni. Predvsem bo ob delno oblačnem in oblačnem nebu treba zagotoviti ustrezno osvetljenost po celotni globini prostora. Smiselna bi lahko bila uporaba svetlobne police, preko katere bi večja količina svetlobe prehajala v globino prostora. Pri uporabi svetlobne police v stanovanju pa bi bilo smiselno tudi povečati svetlo višino prostora. Na ta način bi po mojem mnenju lahko zmanjšali uporabo umetne razsvetljave, vendar bi zato bila potrebna tudi nadaljnja analiza.

Dnevni prostor stanovanja v devetem nadstropju na delovni ravnini 0,85 m ob CIE jasnem nebu ustreza vsem postavljenim pogojem. Ob delno oblačnem nebu je v večini primerov ustrezna povprečna osvetljenost dosežena, vendar je kritičen raspored dnevne osvetlitve. Pri vseh primerih (razen na dan 21. 3. ob 12:00) je zahtevani nivo osvetljenosti ob delno oblačnem nebu dosežen samo do sredine dnevnega prostora (v nekaterih primerih je ta nivo osvetljenosti še malo globlje po prostoru). Zato bo pri takem nebu potrebna umetna razsvetljava skoraj vse leto. Pri CIE oblačnem nebu prostor dosega zahtevane KDS_{pov} , KDS_{min} in KDS_{pov}/KDS_{min} . Kljub temu bo pri tem tipu vse leto potrebna umetna razsvetljava. Do vizualnega neugodja v tem prostoru na delovni ravnini 0,85 m ne bo prihajalo. V dnevnem prostoru je predvsem problem doseči želeni nivo osvetljenosti po večji globini prostora ob delno oblačnem in oblačnem nebu. Kot v kuhinjskem in jedilnem prostoru bi bila tudi v dnevnem prostoru smiselna uporaba svetlobne police s sočasnimi zvišanjem svetle višine. S tega ukrepoma bi pri delno oblačnem in oblačnem nebu znižali potrebo po umetni razsvetljavi.

Problematična je tudi zakonodaja, ki je pomanjkljiva in površno napisana, saj ne vsebuje nobene zahteve po količini in distribuciji dnevne svetlobe v bivalnih prostorih. Analizirana stanovanja oba ustrezata pogojem iz Pravilnika o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj [53]. Kot pa je razvidno, imamo dve povsem drugače dnevno osvetljeni stanovanji. Medtem ko je prostor v pritličnem stanovanju zelo slabo dnevno osvetljen, sta prostora v devetem nadstropju relativno dobro osvetljena. Zavedati se je treba, da je samo z dnevno svetlobo v nekaterih primerih (delno oblačno in oblačno nebo) težko dosežati kakovosten nivo dnevne osvetljenosti, vendar bi zakonodaja morala biti glede dnevne osvetljenosti strožja in bolj jasna, saj umetna razsvetljava nikoli ne bi smela predstavljati nadomestka za dnevno svetlobo, ko je ta na voljo. Umetna svetloba je lahko le dodatek dnevni svetlobi. V naši zakonodaji bi bilo smiselno uvesti zahteve po določenih nivojih osvetljenosti pri CIE jasnem nebu, delno oblačnem in CIE oblačnem nebu. Pri CIE jasnem in delno oblačnem nebu bi bile predvsem potrebne zahteve po povprečni osvetljenosti prostora (E_{pov}). Pri CIE oblačnem nebu pa bi bile smiselne zahteve po povprečnem in najmanjšem KDS. Iz analiziranih primerov pa je tudi moč razbrati pomembnost ne samo vrednosti povprečne osvetljenosti (E_{pov} in KDS_{pov}), ampak tudi, po katerih delih prostora je sploh dosežen želen nivo osvetljenosti. Če je takšen nivo osvetljenosti dosežen v delih prostorih, kjer se ljudje ne zadržujejo dalj časa, je takšna povprečna osvetljenost slaba. Razumljivo je, da je priprava takšne zakonodaje naporno in strokovno zahtevno delo, vendar je na podlagi študij [43–49] jasno, da lahko z ustrezno osvetlitvijo prostorov izboljšamo delovno učinkovitost zaposlenih ter zmanjšamo število bolniških dni in preprečimo marsikatero bolezen. To se posledično odraža tudi v stanju državne/zdravstvene blagajne in ne le na zdravju ljudi.

8 Zaključek

V magistrskem delu sem si kot cilj zastavil izdelavo analize vpliva različnih zasnov, orientacij in lokacij stavb na osončenost in energetske potencial stavbnega ovoja ter opazovati parametre, kot so osvetljenost prostora ter prostorska in časovna distribucija dnevne svetlobe v dveh stanovanjih primarne stavbe. Na podlagi analize osončenosti stavbnega ovoja sem izbral stanovanji, za kateri sem menil, da sta v primarni stavbi najboljše in najslabše osvetljeni. V magistrskem delu sem te cilje dosegel.

V magistrskem delu sem z vidika osončenosti in energetskega potenciala stavbnega ovoja analiziral naslednje stavbe:

- primarna stavba
- lamela brez balkonov
- lamela z balkoni
- lamela s cikcak balkoni
- stolpnica z balkoni
- stolpnica brez balkonov

Preveril sem naslednje hipoteze:

1. Konvencionalno oblikovane stavbe bodo zadoščale pogojem osončenosti stavbnega ovoja po obstoječi slovenski zakonodaji. Primarna stavba tej zakonodaji ne bo ustrezala.

Pri prvi postavljeni hipotezi sem domneval, da bodo konvencionalno oblikovane stavbe zadoščale pogojem osončenosti stavbnega ovoja po obstoječi slovenski zakonodaji, medtem ko primarna stavba tem zahtevam ne bo ustrezala. To hipotezo sem le deloma potrdil. Zahtevam tehnične smernice TSG4 [31] v poglavju 2.2.(1), str. 15, sta v celoti ustrezali samo lamela in stolpnica brez balkonov. Primarna stavba in ostale bolj konvencionalno zasnovane stavbe teh zahtev niso zadovoljile. Stolpnica z balkoni je ustrezala zahtevam osončenosti stavbnega ovoja le na dan 21. 12. Glede na zahteve iz TSG4 [31] je bila primarna stavba v primerjavi z lamelo s cikcak balkoni in lamelo z balkoni celo bolj časovno osončena na vse tri dneve (21. 12., 21. 3. in 21. 6.). V primerjavi s stolpnico z balkoni pa je bila bolj časovno osončena na dan 21. 3. in 21. 6. Ugotovil sem, da tudi konvencionalno oblikovane stavbe z balkonskimi površinami niso ustrezale zahtevam iz TSG4 [31]. Predvsem je zanimivo, da sta zahtevam iz TSG4 [31] ustrezali samo konvencionalno oblikovani stavbi brez balkonskih površin. Hipoteza je bila le delno potrjena. Kljub temu je pomembno, da sem ustvaril okvirni koncept izračuna kompleksno oblikovanih stavbnih ovojev (na primeru primarne stavbe) in dokazal, da se z dobrim premislekom in analizo lahko izračuna potencial osončenosti tudi bolj kompleksno zasnovanim stavbam.

2. Zakonodaja v Republiki Sloveniji, ki obravnava področje učinkovite rabe energije in osončenosti stavbnega ovoja, je neprimerna in pomanjkljiva.

Drugo delovno hipotezo sem potrdil le deloma. Če se zahteve iz TSG4 [31] upoštevajo na ravni urbanističnega planiranja, so smiselne in primerne, če pa se upoštevajo na ravni projektiranja

posamezne stavbe, pa ugotovitve kažejo, da so zahteve iz TSG4 [31] prestroge, saj stavbe z nadstreški, balkoni, napušči itd. težko zadostijo zahtevam osončenosti. Takšne komponente arhitekturne zasnove stavb pa so velikokrat nepogrešljive. Na ravni urbanističnega planiranja so stavbe zelo grobo zasnovane (v obliki lamele, stolpnice ali kocke) na podlagi zelenega volumna brez balkonov, nadstreškov, napuščev itd., ki že spadajo v bolj detajlno zasnovo stavbnega ovoja. Na ravni urbanističnega planiranja z zahtevami iz TSG4 [31] preverjamo predvsem, da okoliške stavbe in zelenje pretirano ne senčijo stavbe. S tem zagotovimo, da ima stavba že v zgodnji fazi projektiranja vsaj potencial, da je dobro osončena. Tukaj pa se pojavi problem interpretiranja zahtev iz TSG4 [31], saj nikjer v TSG4 [31] eksplicitno ne piše, v kateri fazi projektiranja je treba te zahteve upoštevati – ali jih je treba upoštevati v fazi urbanističnega planiranja ali v fazi projektiranja stavbe. Če se zahteve upoštevajo v fazi urbanističnega planiranja, so smiselne, če pa se zahteve iz TSG4 [31] upoštevajo na ravni projektiranja stavbe, pa so prestroge, saj pretirano omejujejo arhitekturno zasnovo stavbnih ovojev. Zato je predvsem pomembna dopolnitev zahtev iz TSG4 [31], v kateri je treba eksplicitno določiti, katere zahteve veljajo v fazi urbanističnega planiranja in katere v fazi projektiranja posamezne stavbe. Če pa trenutne zahteve veljajo na ravni projektiranja stavbe, pa jih je treba smiselno omiliti.

Pri analizi osončenosti stavb sem tudi ugotovil, da je še posebej težko izpolniti zahteve smernice na dan 21. 3. Na dan 21. 12. in na dan 21. 6. je elevacija sonca ob zahtevanih azimutih 14° . V magistrskem delu sem predlagal spremembo zahtev iz TSG4 [31] na dan 21. 3., saj je elevacija sonca ob postavljenih azimutih na ta dan približno 25° . Po predlogu bi bilo treba osončenost stavbnega ovoja na dan 21. 3. gledati približno $\pm 75^\circ$ od horizontalne projekcije vpadnega kota sonca 180° . Azimut sonca bi bil tako določen na 105° (7:30) in 255° (16:45). Pri teh azimutih je elevacija sonca na dan 21. 3. 14° . Tako bi bile zahteve iz TSG4 [31] medsebojno usklajene. To so omenili in tudi predlagali v študiji Košir [11].

3. Mesečni faktor osončenosti, izračunan na podlagi vseh dni v mesecu, in mesečni faktor osončenosti, izračunan le na 21. dan v mesecu, se ne bosta bistveno razlikovala.

Tudi tretjo delovno hipotezo sem potrdil le deloma. Preveril sem razliko v vrednosti mesečnega faktorja, izračunanega na podlagi vseh dni v mesecu, in mesečnega faktorja, izračunanega le na 21. dan v mesecu. Površine G[X] (strešna površina), J[13] (najbolj južna površina), S[1] (najbolj severna površina), V[G] (najbolj vzhodna površina) in Z[A] (najbolj zahodna površina) primarne stavbe predstavljajo tudi tipične površine lamele in stolpnice brez balkonov. Pri površini G[X] do odstopanj v odstotkovni osončenosti ne prihaja. Pri ostalih balkonskih površinah, ki so bile deloma pod vplivom senčenja, je do odstopanj prihajalo v marcu in septembru. Pri površini J[13] je do večjih odstopanj prihajalo v avgustu (za $-6,04$ odstotne točke) in septembru (za $-6,11$ odstotne točke). V teh dveh mesecih je mesečni faktor, izračunan na 21. dan v mesecu, višji od dejanskega mesečnega faktorja. Pri ostalih južnih površinah, ki so bile deloma pod vplivom senčenja, je do malo večjih odstopanj prihajalo v februarju, avgustu, septembru, oktobru in novembru. Pri severni površini S[1] pa so odstopanja ravno obratna kot pri površini J[13]. V avgustu (za $6,04$ odstotne točke) in septembru (za $6,11$ odstotne točke) je bil dejanski mesečni faktor višji od mesečnega faktorja, izračunanega na 21. dan v mesecu. Glede na to, da imamo po navadi na južni strani veliko več transparentnih površin kot na severni strani, ne moramo predvidevati, da se bosta ti dve razliki v avgustu in

septembru preprosto »izničili« (vsaj pri uporabi mesečnih faktorjev za izračun energetske bilance stavbe). Pri preostalih severnih površinah do odstopanj prihaja v marcu in maju. Podoben pojav kot pri primerjavi južnih in severnih površin (J[13] in S[1]) nastane tudi pri primerjavi površin V[G] in Z[A], le da se ta pojav zgodi v marcu, aprilu, septembru in decembru. Pri ostalih vzhodnih in zahodnih površinah, ki so bile deloma pod vplivom senčenja, je do odstopanj prihajalo v marcu, aprilu, septembru in novembru. Glede na to, da so objekti v realnosti po navadi tudi deloma senčeni, menim, da je smiselno za predlagane mesece (glede na orientacijo površine) izračunati dejanske mesečne faktorje. Pri ostalih mesecih (glede na orientacijo površine) pa je uporaba mesečnega faktorja, izračunanega na 21. dan, po mojem mnenju dovolj ustrezna.

4. Geometrija in orientacija stavbe bistveno vplivata na osončenost in energijski potencial stavbnega ovoja.

Glede osončenosti na celoletni ravni (na povprečen dan v letu) si stavbe sledijo v naslednjem zaporedju:

- stolpnica brez balkonov (57,21 %, 6:45:50)
- lamela brez balkonov (56,81 %, 6:43:02)
- lamela s cikcak balkoni (43,47 %, 5:06:33)
- lamela z balkoni (42,45 %, 4:59:30)
- stolpnica z balkoni (40,92 %, 4:43:55)
- primarna stavba (39,76 %, 4:45:04)

Četrto delovno hipotezo sem v celoti potrdil. Ugotovil sem, da geometrijska zasnova stavbe zelo vpliva na osončenost in energetski potencial stavbnega ovoja. Pri primerjavi stavb z vidika osončenosti na celoletni ravni (z upoštevanjem balkonskih površin) je imela primarna stavba najslabšo odstotkovno osončenost površin. To pa ne pomeni, da je primarna stavba slabo osončena, saj je odstotkovna osončenost primarne stavbe na celoletni ravni vseeno podobna rezultatom lamele s cikcak balkoni, lamele z balkoni in stolpnice z balkoni. Časovno gledano je primarna stavba celo boljše osončena kot stolpnica z balkoni. Med drugimi ugotovitvami je zanimiva tudi ugotovitev, da ima primarna stavba najvišje mesečne faktorje osončenosti v poletnih mesecih, medtem ko imajo lamela s cikcak balkoni, lamela z balkoni in stolpnica z balkoni najvišje mesečne faktorje osončenosti v zimskih mesecih. Stolpnica in lamela brez balkonov imata znatno boljše odstotkovno osončenost od ostalih stavb. To je razumljivo, saj stavbi nista senčeni. Nekoliko boljše odstotkovno osončenost dosega stolpnica brez balkonov, saj ima glede na celoten stavbni ovoj večji delež južnih površin kot lamela brez balkonov. Zanimiva je tudi ugotovitev, da oblika balkona vpliva na zajem sončnega sevanja. Razvidno je, da ima lamela s cikcak balkoni nekoliko boljše osončenost v primerjavi z lamelo z balkoni, čeprav imata enako kvadraturu balkonskih površin. Energetski potencial stavbnih ovojev sem navedel in razložil pri hipotezi številka 5.

5. Primarna stavba bo imela najslabšo osončenost in najslabši energetski potencial stavbnega ovoja.

Z vidika energetskega potenciala v kurilni sezoni na lokaciji Ljubljane si stavbe sledijo v naslednjem zaporedju:

- stolpnica brez balkonov (0,90 kWh/m²)
- lamela brez balkonov (0,80 kWh/m²)
- stolpnica z balkoni (0,65 kWh/m²)
- lamela s cikcak balkoni (0,64 kWh/m²)
- lamela z balkoni (0,63 kWh/m²)
- primarna stavba (0,56 kWh/m²)

Peto delovno hipotezo sem v celoti potrdil. Na podlagi relativnega in kumulativnega energetskega potenciala stavbnih ovojev (brez upoštevanja balkonskih površin) med kurilno sezono v Ljubljani sem razvrstil stavbe po potencialnem zajemu sončnega sevanja. Primarna stavba ima najslabši relativni energetski potencial stavbnega ovoja (0,56 kWh/m²). Lamela s cikcak balkoni (0,64 kWh/m²), lamela z balkoni (0,63 kWh/m²) in stolpnica z balkoni (0,65 kWh/m²) imajo od primarne stavbe od 11,11 % do 13,84 % večji relativni energetski potencial stavbnega ovoja kot primarna stavba. Stolpnica (0,90 kWh/m²) in lamela (0,80 kWh/m²) brez balkonov pa imata od 30 % do 37,77 % boljši relativni energetski potencial stavbnega ovoja kot primarna stavba. Zanimiva je tudi ugotovitev, da ima lamela s cikcak balkoni v primerjavi z lamelo z balkoni boljši energetski potencial stavbnega ovoja. To nakazuje na pomembnost preišljenega in dobrega projektiranja stavb, predvsem pa na kompleksnost oblikovanja stavb, ki upoštevajo osončenost in s tem energetski potencial svojega ovoja. Med drugim je pri izračunu energetskega potenciala stavbnega ovoja pomembno, katere površine upoštevamo v izračunih. Iz rezultatov je razvidno, da ob upoštevanjem balkonskih površin oz. njihovem neupoštevanju prihaja v izračunih energetskega potenciala stavb do velikih razlik. Izbira analiziranih površin mora biti dobro preišljena in smiselna.

6. Analizirani stanovanji v primarni stavbi ne bosta ustrezno osvetljeni z dnevno svetlobo z gledišča vizualnih kriterijev.

Analiziral sem tudi dnevno osvetljenost dveh stanovanj v primarni stavbi. Izbral sem ju na podlagi rezultatov osončenosti. Za stanovanje v pritličju sem menil, da je najslabše osvetljeno. To se je izkazalo za resnično, saj stanovanje v pritličju ni ustrezalo postavljenim pogojem osvetljenosti na delovni ravnini 0,85 m. Kritična so bila tudi razmerja (faktor enakomerne razporeditve osvetljenosti) E_{pov}/E_{min} . To je zanimivo, saj tako zelo slabi nivoji osvetljenosti v tem prostoru kljub vseeno niso bili pričakovani. Prostor je razmeroma plitev (5,2 m) in ima veliko transparentnih površin. Velik problem je v dejstvu, da dnevna soba nima neposredne povezave z zunanostjo. Ugotovil sem, da bi bilo za zvišanje osvetljenosti v tem stanovanju treba spremeniti geometrijsko zasnovo primarne stavbe v pritličju in prvem nadstropju.

Za stanovanje v devetem nadstropju sem menil, da je najboljše osvetljeno. Na delovni ravnini 0,85 m so bili večinoma doseženi vsi postavljeni pogoji osvetljenosti. Manjše odstopanje je bilo le pri simulacijah ob CIE oblačnem nebu. V nekaterih primerih zahtevana osvetljenost ni bila dosežena pri večji globini prostora (predvsem v dnevnem prostoru). Razmerja E_{pov}/E_{min} in KDS_{pov}/KDS_{min} so v nekaterih primerih odstopala, vendar so bila ta odstopanja zelo majhna. Zato domnevam, da je svetloba relativno enakomerno razporejena po prostoru. Pri tem stanovanju sem ugotovil, da bi bila smiselna uporaba svetlobne police. To velja predvsem za dnevni prostor, kjer je težko zagotoviti ustrezno osvetljenost po globini prostora. Kljub temu menim, da je to stanovanje relativno dobro osvetljeno za opravljanje vizualnih nalog.

Šesto delovno hipotezo sem tako potrdil le deloma. Na začetku magistrskega dela sem predvideval, da obe stanovanji ne bosta ustrezno dnevno osvetljeni. Izkazalo pa se je, da je eno stanovanje slabo dnevno osvetljeno, medtem ko je drugo stanovanje dobro dnevno osvetljeno.

Pri analizi osvetljenosti sem ugotovil, da je slovenska zakonodaja glede osvetljenosti prostorov izredno pomanjkljiva, saj za stanovanjske prostore niso določene niti minimalne vrednosti (dnevne) osvetljenosti prostorov. Iz poglavja 7.1 pa je razvidno, da je ustrezna osvetljenost prostorov ključnega pomena za zdravje uporabnikov. Nekatere vrednosti osvetljenosti so sicer podane v standardu SIST EN 12464-1:2011 [57], vendar so te vrednosti podane samo za delovne prostore. Med drugim pa standard dovoljuje, da se te vrednosti lahko dosežejo z uporabo umetne razsvetljave. Zavedati pa se moramo, da umetna razsvetljava s fiziološkega in psihološkega stališča uporabnikov ne nadomešča potrebe po dnevni svetlobi.

Stanovanji za analizo dnevne osvetljenosti sem izbral na podlagi rezultatov osončenosti posameznih ploskev primarne stavbe. Izkaže se, da je do določene meje že na podlagi rezultatov osončenosti mogoče predvideti, kako dobro bodo izbrani prostori dnevno osvetljeni. V magistrskem delu sem hotel analizirati najbolj in najmanj dnevno osvetljeno stanovanje. Te dve stanovanji sem na podlagi rezultatov osončenosti tudi uspešno izbral, saj sem analiziral dve stanovanji s popolnoma drugačno dnevno osvetljenostjo. Predvsem je pomembno, da na podlagi rezultatov osončenosti upoštevamo tiste rezultate osončenosti ploskev, kjer so prisotne transparentne površine stanovanj, saj upoštevanje rezultatov osončenosti netransparentnih ploskev ni ustrezno. Skozi netransparentne površine namreč ne moremo zajeti dnevne svetlobe.

Z rezultati magistrskega dela sem zadovoljen, saj sem glede na cilje in delovne hipoteze opravil vse na začetku zadane naloge. Nekateri rezultati v magistrskem delu so me presenetili, nekateri pa so bili pričakovani. Predvsem je zaskrbljujoča zakonodaja na področju osončenosti in dnevne osvetljenosti prostorov. V obeh primerih je namreč pomanjkljiva ali pa premalo eksplicitno napisana in dovoljuje interpretacije, ki jih ne bi smela. Presenetili so me tudi rezultati osončenosti in energetskega potenciala stavbnih ovojev, ki so pokazali, da med različnimi zasnovami stavbnih ovojev obstajajo relativno velike razlike pri zajemu sončnega sevanja. S trenutnimi metodami je proces analize osončenosti stavbnega ovoja zahteven in dolgotrajen proces. Zato je treba mnenja projektantov glede potencialno dobre osončenosti stavbnega ovoja vzeti z rezervo, dokler analize osončenosti ne potrdijo ali ovržejo takšnega mnenja. Analizo osončenosti stavbnega ovoja pa je treba izvesti že v idejni zasnovi projekta, saj je takrat najlažje spreminjati in optimizirati stavbni ovoj. Kljub temu pa takšne analize osončenosti v realnosti niso pogoste, kot sem opazil po pogovoru z nekaterimi arhitekti. Dvomim, da bo moje magistrsko delo spremenilo način delovanja arhitekturne oz. gradbene stroke, vendar pa upam, da bo analiza osončenosti in dnevne osvetljenosti v prihodnje le dobila večjo mero pomembnosti, kot si to tudi zasluži.

Viri

- [1] EDEA RENOV - experimental architecture. 2014.
<http://www.renov.proyectoedea.com/en/content/objectives>
(Pridobljeno 1.8.2014)
- [2] International Energy Agency. 2014.
<http://www.iea.org/topics/sustainablebuildings/>
(Pridobljeno 1.8.2014)
- [3] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, L 153, 18.6.2010.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(Pridobljeno 20.9.2013)
- [4] Pacheco, R., Ordonez, J., Martinez, G. 2012. Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy reviews* 16, 6: 3559-3573.
- [5] Granadeiro, V., Duarte, J.P., Correia, J.R., Leal, V.M.S. 2013. Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation. *Automation in Construction*, 32: 196-209.
- [6] Zerefos, S.C., Tessa, C.A., Kotsiopoulos, A.M., Founda, D. 2012. The role of building form in energy consumption: The case of a prismatic building in Athens. *Energy and Buildings*, 48: 97-102.
- [7] Okeil, A. 2010. A holistic approach to energy efficient building forms. *Energy and Buildings* 42, 9: 1437-1444.
- [8] Aksoy, U.T., Inalli, M. 2006. Impacts of some building passive design parameters on heating demand for a cold region. *Building and Environment* 41, 12:1742-1754.
- [9] WeatherSpark Beta. 2014.
<https://weatherspark.com/history/32441/2014/Elazig-Elaz-g-Turkey>
(Pridobljeno: 15.6.2014)
- [10] Strømman-Andersen, J., Sattrup, P.A. 2011. The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. *Energy and Buildings* 43, 8: 2011-2020.
- [11] Košir, M., Capeluto, I.G., Krainer, A., Kristl, Ž. 2014. Solar potential in existing urban layouts-Critical overview of the existing building stock in Slovenian context. *Energy Policy*, 69: 443-456.

- [12] Rutar, T., Statistični urad Republike Slovenije - oddelek za statistiko okolja in energetiko. 2013. (Učinkovita) raba energije v Sloveniji - statistični pogled. (Pridobljeno 10.7.2013)
- [13] Bellia, L., Pedace, A., Barbato, G. 2013. Light in educational environments: An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants. *Building and Environment*, 68: 50-65.
- [14] van Bommel, W.J.M. 2006. Non-visual effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. *Applied Ergonomics* 37, 4: 461-466.
- [15] Pauley, S.M. 2004. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Medical Hypotheses* 63, 4: 588-596.
- [16] Kristl, Ž. Dnevna svetloba. Skripta pri predmetu Dnevna svetloba. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba KSKE). (Pridobljeno 1.2.2012)
- [17] Webb, A.R. 2006. Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light. *Energy and Buildings* 38, 7: 721-727.
- [18] Bernik, B. Šolsko leto 2010/2011. Projekt »Vertical gardens« pri predmetu »Projektiranje in kompizicija«, Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani. (Projektna dokumentacija je bila pridobljena 30.6.2013 na sestanku z Borutom Bernikom)
- [19] Zavod za trajnostno in inovativno gradbeništvo. Delovno srečanje leta 2013. <http://kc-tigr.si/>
- [20] Bjarke Ingels Group. 2014. <http://www.big.dk/#projects> (Pridobljeno 25.3.2014)
- [21] 3XN. 2014 <http://www.3xn.com/#/> (Pridobljeno 25.3.2014)
- [22] UNSANGDONG architects cooperation. 2014. <http://www.usdSPACE.com/#overlay=v/architecture> (Pridobljeno 25.3.2014)
- [23] Kristijan Donaldson. 2014. <http://www.kristjandonaldson.com/index.php?/profile/> (Pridobljeno 25.3.2014)

[24] SketchUp. 2014.

<http://www.sketchup.com/>

(Pridobljeno 5.6.2013)

[25] Košir, M. Učinkovita raba energije. Skripta pri predmetu Učinkovita raba energije. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba KSKE).

(Pridobljeno 1.2.2013)

[26] Statistični urad Republike Slovenije. 2014.

http://www.stat.si/tema_okolje_ozemlje.asp

(Pridobljeno 10.3.2014)

[27] Klimatološki podatki Ljubljane za obdobje 1971-2000. 2014. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje.

http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/ljubljana/climate-normals_71-00_ljubljana.pdf

(Pridobljeno 21.3.2014)

[28] EnergyPlus Energy Simulation Software. 2014.

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=SVN/cname=Slovenia

(Pridobljeno 20.11.2013)

[29] Yezioro, A., Gutman, T. 2014. SHADING Tools Plugin v1.0.

<http://ayezioro.technion.ac.il/Downloads/ShadingII/index.php>

(Pridobljeno 5.6.2013)

[30] sketchUcation forum. 2014.

<http://sketchucation.com/forums/viewtopic.php?f=15&t=56421&p=512267#p512267>

(Pridobljeno 24.2.2014)

[31] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf

(Pridobljeno 5.5.2013)

[32] Energetski zakon (EZ-1). Uradni list RS, št. 17/2014 z dne 7.3.2014.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=116549>

(Pridobljeno 28.4.2014)

[33] timeanddate. 2014.

<http://www.timeanddate.com/sun/slovenia/ljubljana?month=1&year=2014>

(Pridobljeno 21.1.2014)

[34] PV Watts. 2014.

<http://rredc.nrel.gov/solar/calculators/pvwatts/version1/>

(Pridobljeno 21.2.2014)

[35] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010 z dne 30.6.2010

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856>

(Pridobljeno 5.5.2013)

[36] Wiki Natural Frequency. 2014.

http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Solar_Position_Calculator_Hourly

(Pridobljeno 15.1.2014)

[37] Gostiša, T. 2013. Analiza vplivnih dejavnikov oblikovanja nič-energijske stavbe.

Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

(samozaložba T. Gostiša): 137 f.

[38] ODYSSEE-MURE. 2014.

<http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html>

(Pridobljeno 25.3.2014)

[39]] Klimatografija Slovenije, stopinjski dnevi in trajanje kurilne sezone. 2014. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje.

http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Stopinjski_dnevi_in_trajanje_kurilne_sezone.pdf

(Pridobljeno 18.3.2014)

[40] Solar Roadways - A Real Solution.

<http://www.solarroadways.com/intro.shtml>

(Pridobljeno 30.5.2014)

[41] MacLaughlin, J.A., Anderson, R.R., Holick, M.F. 1982. The photochemistry and

photobiology of vitamin D3 and its photoisomers in human skin. *Science*, 216: 1001-1003.

[42] Begemann, S.H.A., van den Beld, G.J., Tenner, A.D. 1997. Daylight, artificial light and

people in an environment, overview of visual and biological responses. *International Journal of Industrial Ergonomics* 20, 3: 231-239.

[43] Noguchi, H., Ito, T., Katayama, S., Koyama, E., Morita, T., Sato, M. 2004. Effects of

bright light exposure in the office. *Proceedings of the Symp. '04 Light and Health: Non-Visual Effects*, Cie X027:2004, 153-156.

[44] Alimoglu, M.K., Donmez, L. 2005. Daylight exposure and the other predictors of burnout

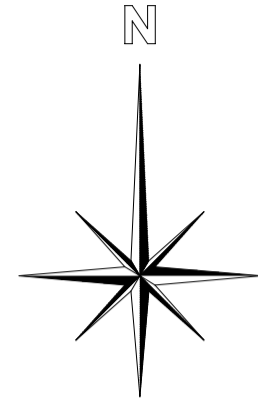
among nurses in a University Hospital. *International Journal of Nursing Studies* 42, 5: 549-555.

- [45] Mills, P.R., Tomkins, S.C., Schlangen, L.J.M. 2007. The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance. *Journal of Circadian Rhythms*, 5: 2.
- [46] Viola, A.U., James, L.M., Schlangen L.J.M., Dijk, D-J. 2008. Blue-enriched white light in the workspace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 34, 4:297-306.
- [47] Wilson, L.M. 1972. Intensive care delirium. *Archives of Internal Medicine* 130, 2: 225-226.
- [48] Beauchemin, K.M., Hays, P. 1998. Dying in the dark: sunshine, gender and outcomes in myocardial infarction. *Journal of the Royal Society of Medicine* 91, 7: 352-354.
- [49] Walsh, J.M., Rabin, B.S., Day, R., Williams, J.N., Choi, K., Kang, J.D. 2005. The effect of sunlight on postoperative analgesic medication use: a prospective study of patients undergoing spinal surgery. *Psychosomatic Medicine* 67, 1: 156-163.
- [50] Evans, G. W., McCoy, J. M. 1998. When buildings don't work: The role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology* 18, 1: 85-94.
- [51] Leslie, R.P. 2003. Capturing the daylight dividend in buildings: why and how?. *Building and Environment*, Pergamon 38, 2: 381-385.
- [52] Heschong, L., Mahone, D., Kuttaiah, K., Stone, N., Chappell, C., McHugh, J., Burton, J., Okura, S., Wright, R., Erwin, B., Holtz, M. 1999. Skylighting and retail sales: an investigation into the relationship between daylighting and human performance. Fair Oaks, CA, The Heschong Mahone Group.
- [53] Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj. Uradni list RS št.125/03, 110/05-popr. in 1/11.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=101837>
(Pridobljeno 20.5.2014)
- [54] Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih. Uradni list RS št. 89/1999, z dne 4.11. 1999.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=22542>
(Pridobljeno 20.5.2014)
- [55] Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca. Uradni list RS št. 73/00, 75/05, 33/08, 12/08, 47/10.
<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3140>
(Pridobljeno 20.5.2014)
- [56] SIST EN 12464-1: 2004, Svetloba in razsvetljava, Razsvetljava na delovnem mestu, 1. del, Notranji delovni prostori, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2004.
- [57] EN 12464-1:2011, Light and lighting, Lighting of workplaces - Part 1: Indoor work places.
- [58] Velux Daylight Visualizer v2.6.7. 2014.
<http://viz.velux.com/>
(Pridobljeno 20.5.2014)

[59] Kristl, Ž., Košir, M., Dovjak, M., Krainer, A. 2011. Študija dnevne osvetljenosti pisarniškega prostora glede na vizualne in biološke vplive. Gradbeni vestnik 60, 3:84-91.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Tlorisi nadstropij in prečni prerez primarne stavbe z vrisano konstrukcijsko mrežo.



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
PRITLIČJE (skupno)	1143.84	8	218.55
Tip A	136.28	2	
Tip B	173.79	2	
Tip C	127.21	2	
Tip D	134.72	2	

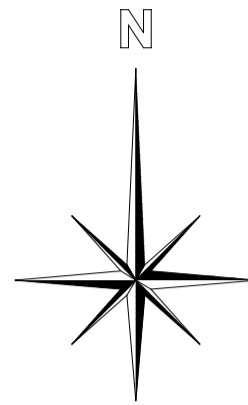
Navpični vrtovi

Tloris pritličja

AN-01(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
1. nadstropje (skupno)	881.12	8	389.40
Tip E	106.66	2	
Tip F	118.61	2	
Tip G	118.10	2	
Tip H	97.17	2	

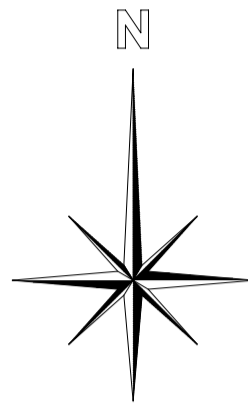
Navpični vrtovi

Tloris 1. nadstropja

AN-11(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
2. nadstropje (skupno)	535,24	4	384,67
Tip I	138,93	2	
Tip J	128,69	2	

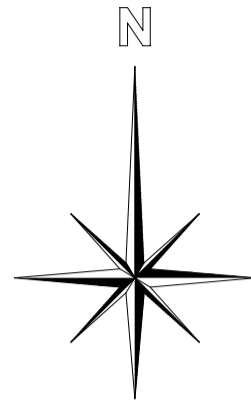
Navpični vrtovi

Tloris 2. nadstropja

AN-21(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
3. nadstropje (skupno)	516.28	4	147.37
Tip K	134.24	2	
Tip L	123.90	2	

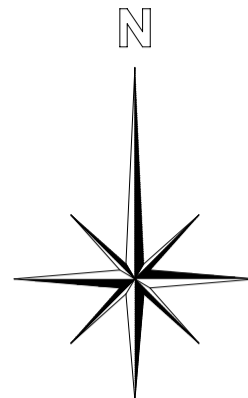
Navpični vrtovi

Tloris 3. nadstropja

AN-31(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
4. nadstropje (skupno)	744.68	4	128.74
Tip M	191.42	2	
Tip N	180.91	2	

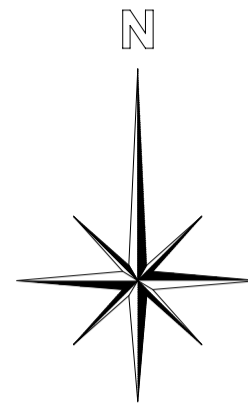
Navpični vrtovi

Tloris 4. nadstropja

AN-41(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
5. nadstropje (skupno)	648.18	4	259.10
Tip O	167.39	2	
Tip P	156.70	2	

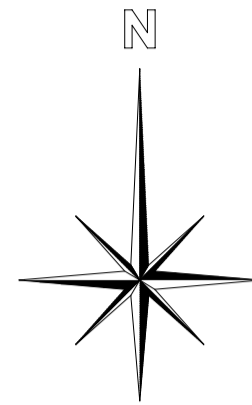
Navpični vrtovi

Tloris 5. nadstropja

AN-51(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
6. nadstropje (skupno)	516.28	4	279.49
Tip K	134.24	2	
Tip L	123.90	2	

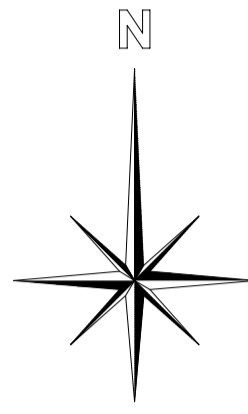
Navpični vrtovi

Tloris 6. nadstropja

AN-61(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
7. nadstropje (skupno)	517.56	4	128.74
Tip R	134.24	2	
Tip S	123.90	2	

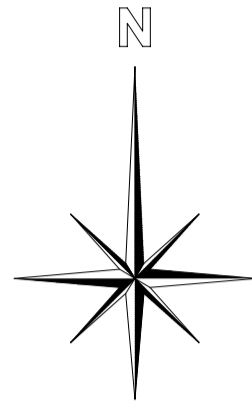
Navpični vrtovi

Tloris 7. nadstropja

AN-71(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
8. nadstropje (skupno)	766.86	4	128.74
Tip Š	197.07	2	
Tip T	186.35	2	

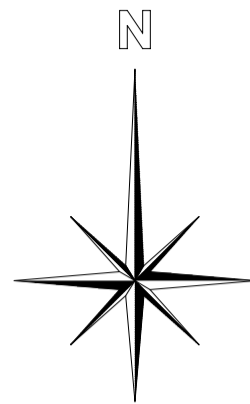
Navpični vrtovi

Tloris 8. nadstropja

AN-81(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



NADSTROPJE / TIP STANOVANJA	UPORABNE POVRŠINE [m ²]	ŠT. STANOVANJ	BALKONSKE POVRŠINE [m ²]
9. nadstropje (skupno)	516.28	4	409.90
Tip K	134.24	2	
Tip L	123.90	2	

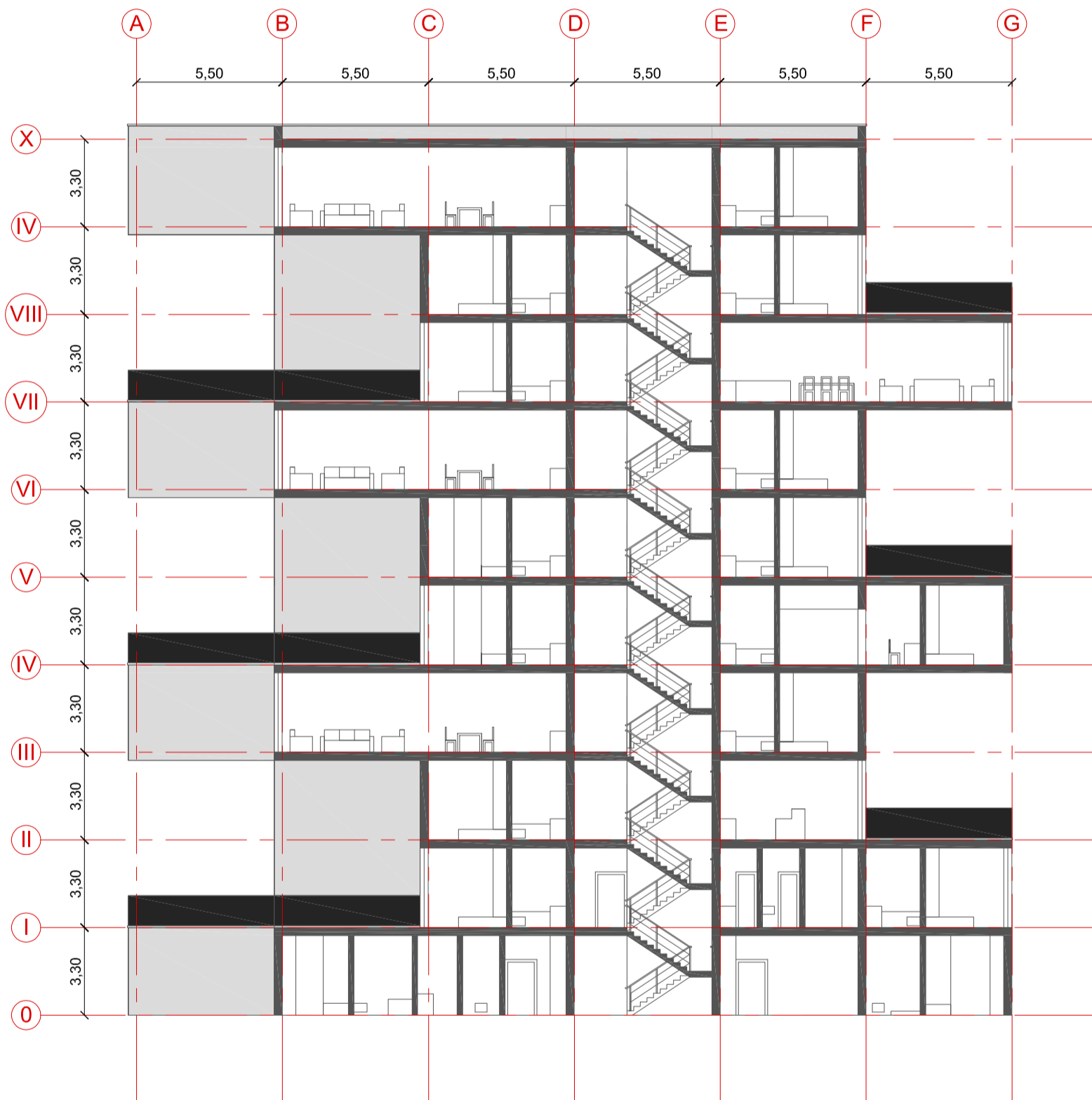
Navpični vrtovi

Tloris 9. nadstropja

AN-91(2ET)001

MERILO: 1:250 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča



Navpični vrtovi

Prečni prerez

AN-X10(2BY)001A

MERILO: 1:200 DATUM: Šolsko leto 2010/2011

AVTOR: Borut Bernik DOPOLNITEV: Konstrukcijska mreža dodana s strani Milana Grašiča