

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:

Kokosin Fon, J., 2016. Študija vpliva oblike stavbe na potencial osončenosti fasadnega ovoja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M.): 63 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5856/>

Datum arhiviranja: 12-10-2016

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:

Kokosin Fon, J., 2016. Študija vpliva oblike stavbe na potencial osončenosti fasadnega ovoja. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M.): 63 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5856/>

Archiving Date: 12-10-2016

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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

JANI KOKOŠIN FON

**ŠTUDIJA VPLIVA OBLIKE STAVBE NA POTENCIAL
OSONČENOSTI FASADNEGA OVOJA**

Diplomska naloga št.: 3518/KS

**BUILDING SHAPE INFLUENCE ON INSOLATION
POTENTIAL OF FACADE ENVELOPE**

Graduation thesis No.: 3518/KS

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 16. 09. 2016

Stran za popravke, Errata

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisani študent **Jani Kokošin Fon**, vpisna številka **26106684**, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: »**Študija vpliva oblike stavbe na potencial osončenosti fasadnega ovoja**«

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani

Datum: _____

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 535.2:692.232(043.2)

Avtor: Jani Kokošin Fon

Mentor: doc. dr. Mitja Košir

Naslov: Študija vpliva oblike stavbe na potencial osončenosti fasadnega ovoja

Tip dokumenta: Dipl. nal. - UNI

Obseg dokumenta: 63 str., 18 pregl., 73 sl.

Ključne besede: osončenost, stavba, tloris, model, oblika

Izvleček

V diplomskem delu sem analiziral vpliv tlorisne oblike stavbe na njeno osončenost oziroma natančneje, na osončenost njenega vertikalnega zunanjšega ovoja. Stavbe sem lociral na območje mesta Ljubljana. S programskim orodjem Google SketchUp sem izdelal devet modelov stavb, ki sem jih razdelil v dve skupini – na stavbe z enostavno (kvadratno, pravokotno in krožno) tlorisno zasnovo in na stavbe s kompleksno tlorisno zasnovo (v obliki O, H, U, T, Y in L). Analizo osončenosti sem opravil z vtičnikom Sunhours. Osončenost modelov stavb sem proučeval tako, da sem jim spreminjal določene geometrijske parametre (višina, tlorisne dimenzije). Kvaliteto stavbe oziroma njene geometrijske oblike sem vrednotil po dveh metodah: stavbe sem primerjal med seboj glede na celoletno kumulativno osončenost zunanjšega ovoja in glede na površinsko normiran potencial osončenosti zunanjšega ovoja stavbe. Ugotovil sem, da je za vrednotenje stavb z vidika osončenosti bolj primerna primerjava glede na površinsko normiran potencial osončenosti. Po tej metodi ima na potencial osončenosti bistven vpliv tudi skupna površina zunanjšega ovoja stavbe, kar se odraža na bolj uporabnih rezultatih. Kot najboljša z vidika osončenosti se je izkazala stavba s tlorisno obliko Y.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**UDK:** 535.2:692.232(043.2)**Author:** Jani Kokošin Fon**Mentor:** Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.**Title:** Building shape influence on insolation potential of facade envelope**Document type:** Graduation Thesis – University studies**Scope and tools:** 63 p., 18 tab., 73 fig.**Keywords:** insolation, building, ground plan, model, shape**Abstract**

In my graduation thesis I analysed the influence of building's floor plan shape on its insolation, or more precisely, on insolation of its vertical external envelope. Buildings were located on the area of the city of Ljubljana. The models of buildings were modelled using Google SketchUp 2016. Nine different models were defined, which were divided into two groups – buildings with simple (square, rectangular and circular) floor plan shapes and buildings with complex floor plans (shapes of O, H, U, T, Y and L). Analysis was carried out with the use of a Sunhours application. Insolation of the models was researched with changing their geometrical characteristics (height and floor plan dimensions). Insolation of analysed buildings was evaluated using two methods: comparison of the building's all-year cumulative insolation of its external envelope and comparison of the building's envelope area normed potential of the insolation of its external envelope. I concluded that for evaluation of the buildings in terms of insolation, method with envelope area normed potential of the insolation is more suitable. External envelope's total surface area has a fundamental influence on the results in this method. Through the acquired results, the Y shape building was shown as the best in terms of insolation.

KAZALO:

1 UVOD	1
1.1 Namen naloge	1
1.2 Struktura naloge.....	2
2 SPLOŠNO O OSONČENJU IN SOLARNI GEOMETRIJI	3
3 MODELIRANJE	6
3.1 Predstavitev uporabljene programske opreme	6
3.2 Lokacija.....	6
3.3 Metoda.....	6
3.4 Modeli stavb z enostavnimi tlorisnimi oblikami.....	8
3.4.1 Model stavbe s tlorisom v obliki kvadrata	8
3.4.2 Model stavbe s tlorisom v obliki pravokotnika.....	8
3.4.3 Model stavbe s tlorisom v obliki kroga.....	9
3.5 Modeli stavb s kompleksnimi tlorisnimi oblikami	9
3.5.1 Model stavbe s tlorisom v obliki črke O – atrijska stavba.....	9
3.5.2 Model stavbe s tlorisom v obliki črke H	10
3.5.3 Model stavbe s tlorisom v obliki črke U	10
3.5.4 Model stavbe s tlorisom v obliki črke T	11
3.5.5 Model stavbe s tlorisno obliko v obliki črke Y.....	12
3.5.6 Model stavbe s tlorisom v obliki črke L	12
4 ANALIZA OSONČENOSTI	14
4.1 Analiza celoletne kumulativne osončenosti.....	14
4.1.1 Rezultati analize za stavbe z enostavnimi tlorisnimi zasnovami.....	14
4.1.2 Rezultati analize za stavbe s kompleksnimi tlorisnimi zasnovami	18
4.1.3 Primerjava rezultatov	39
4.2 Analiza površinsko normiranega potenciala osončenosti.....	43
4.2.1 Modeli stavb z enostavno tlorisno zasnovo	43
4.2.2 Modeli stavb s kompleksnimi tlorisnimi oblikami	46
4.2.3 Primerjava rezultatov	55
5 DISKUSIJA	59
6 ZAKLJUČEK	60
Viri	62

KAZALO SLIK:

Slika 1: Sončne spremenljivke in izbrane predpostavke [8].....	3
Slika 2: Spekter sončnega sevanja in nagnjenost Zemljine osi [8].....	4
Slika 3: »Solarni« diagram za projektiranje po Burnettu [8].....	5
Slika 4: Heliodon [9]	5
Slika 5: Apliciranje mreže na fasadne površine modela.....	7
Slika 6: Modeli stavb s tlorisom kvadrata, pravokotnika in kroga	8
Slika 7: Model stavbe s tlorisom v obliki črke O	9
Slika 8: Model stavbe s tlorisom v obliki črke H	10
Slika 9: Model stavbe s tlorisom v obliki črke U	10
Slika 10: Model stavbe s tlorisom v obliki črke T	11
Slika 11: Model stavbe s tlorisom v obliki črke Y	12
Slika 12: Model stavbe s tlorisom v obliki črke L.....	12
Slika 13: Osončenost modela s tlorisom v obliki kvadrata pri 9 m višine.....	14
Slika 14: Osončenost modela s tlorisom v obliki pravokotnika pri 9 m višine	14
Slika 15: Osončenost modela s tlorisom v obliki kroga pri 9 m višine	15
Slika 16: Osončenost modelov stavb s tlorisi kvadrata, pravokotnika in kroga pri različnih višinah ...	15
Slika 17: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki kvadrata za vse obravnavane višine.....	15
Slika 18: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki pravokotnika za vse obravnavane višine	16
Slika 19: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki kroga za vse obravnavane višine	16
Slika 20: Oznake fasadnih površin modelov stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga	16
Slika 21: Osončenost modela stavbe v obliki črke O pri 9 m višine	18
Slika 22: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke O pri različnih višinah	18
Slika 23: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke O pri različnih dimenzijah atrija	19
Slika 24: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke O.....	19
Slika 25: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke O	20
Slika 26: Primerjava velikosti senc pri modelu stavbe s tlorisom O pri višinah 9 m (levo) in 15 m (desno).....	20
Slika 27: Osončenost modela stavbe s tlorisom v obliki črke H pri 9 m višine	22
Slika 28: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke H pri različnih višinah	22
Slika 29: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke H pri različnih dimenzijah atrijev.....	22
Slika 30: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke H.....	23

Slika 31: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke H	23
Slika 32: Osončenost modela U pri 9 m višine	25
Slika 33: Trend spreminjanja osončenosti modela U pri različnih višinah	25
Slika 34: Trend spreminjanja osončenosti modela U pri različnih širinah atrija	26
Slika 35: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke U	26
Slika 36: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke U	27
Slika 37: Osončenost modela T pri 9 m višine.....	28
Slika 38: Trend spreminjanja osončenosti modela T pri različnih višinah	29
Slika 39: Trend spreminjanja osončenosti modela T pri različnih dolžinah »stojine«.....	29
Slika 40: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke T.....	30
Slika 41: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke T	30
Slika 42: Osončenost modela Y pri 9 m višine	32
Slika 43: Trend spreminjanja osončenosti modela Y pri različnih višinah	32
Slika 44: Trend spreminjanja osončenosti modela Y pri različnih dolžinah »stojine«	33
Slika 45: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y	33
Slika 46: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y	34
Slika 47: Osončenost modela L pri 9 m višine.....	35
Slika 48: Trend spreminjanja osončenosti modela L pri različnih višinah	36
Slika 49: Trend spreminjanja osončenost modela L pri različnih dolžinah »stojine«.....	36
Slika 50: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke L.....	37
Slika 51: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke L	37
Slika 52: Osončenost stavb O, U in H pri različnih višinah.....	39
Slika 53: Osončenost stavb T, Y in L pri različnih višinah.....	39
Slika 54: Osončenost vseh preiskovanih stavb pri različnih višinah.....	40
Slika 55: Osončenost modelov O, H in U pri različnih širinah atrijev	41
Slika 56: Osončenost modelov T, Y in L pri različnih dolžinah »stojine«	42
Slika 57: Oznake fasadnih površin modelov stavb z enostavno tlorisno zasnovo	43
Slika 58: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga pri različnih višinah stavb	45
Slika 59: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke O	46
Slika 60: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke O pri različnih višinah stavbe	47
Slika 61: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke H	48
Slika 62: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke H pri različnih višinah stavbe	49
Slika 63: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke U	49
Slika 64: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke U pri različnih višinah stavbe	50
Slika 65: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke T	51
Slika 66: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke T pri različnih višinah stavbe.....	52
Slika 67: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y	52

Slika 68: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke Y pri različnih višinah stavbe.....	53
Slika 69: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke L.....	54
Slika 70: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke L pri različnih višinah stavbe	55
Slika 71: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki O, H in U v primerjavi s potencialom stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga	55
Slika 72: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki T, Y in L v primerjavi s potencialom stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga	56
Slika 73: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki O, H in U v primerjavi s potencialom stavb s tlorisom v obliki T, Y in L	57

KAZALO PREGLEDNIC:

Preglednica 1: Podatki o izbrani lokaciji (mesto Ljubljana)	6
Preglednica 2: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje enega leta za vsako fasado stavb s tlorisom v obliki kvadrata in pravokotnika pri 9 m višine stavbe	17
Preglednica 3: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje enega leta za vsako fasado stavbe s tlorisom v obliki kroga pri 9 m višine stavbe	17
Preglednica 4: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke O pri 9 m višine.....	20
Preglednica 5: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke H pri 9 m višine.....	24
Preglednica 6: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke U pri 9 m višine.....	27
Preglednica 7: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke T pri 9 m višine	31
Preglednica 8: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y pri 9 m višine.....	34
Preglednica 9: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke L pri 9 m višine	38
Preglednica 10: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe s tlorisom v obliki kvadrata (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)	44
Preglednica 11: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe s tlorisom v obliki pravokotnika (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)	44
Preglednica 12: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe s tlorisom v obliki kroga.....	45
Preglednica 13: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke O (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)	46
Preglednica 14: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke H (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)	48
Preglednica 15: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke U (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)	50
Preglednica 16: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke T (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)	51

Preglednica 17: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke Y (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo) 53

Preglednica 18: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke L (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo) 54

1 UVOD

Z nenehnim napredkom tehnike in družbe so postajale in še vedno postajajo zahteve glede kakovosti bivanja vedno višje. Izmed množice parametrov, ki na to vplivajo, je zagotovo ena pomembnejših tudi osončenost stavbe. Le-ta direktno vpliva na možnost izrabe sončne energije za zmanjšanje potreb po drugih energentih. Pri dovolj visoki osončenosti je smotrna namestitev solarnih kolektorjev, ki ogrevajo sanitarno vodo ali vodo za ogrevanje stavbe, in fotovoltaičnih sistemov, ki pretvarjajo sončno sevanje v električni tok. Večja osončenost je povezana tudi z boljšo osvetljenostjo notranjih prostorov stavbe in s tem prispeva k bolj zdravemu bivalnemu okolju in manjši porabi energije za osvetlitev. Pri boljši osončenosti lahko z ustreznim zunanjim ovojem stavbe zagotovimo tudi velike prihranke pri ogrevanju že s prepuščanjem direktne svetlobe in s tem toplote v prostor. Istočasno pa moramo paziti, da v poletnem času z ustreznimi ukrepi to preprečimo, da se izognemo pregrevanju prostorov in s tem potrebi po mehanskem hlajenju stavb.

Naštete ukrepe v zadnjem obdobju spodbujajo tudi razni evropski dokumenti (smernice, uredbe in direktive). Tako na primer Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU [1] določa minimalne zahteve in skupno metodologijo na področju izboljšanja energetske učinkovitosti stavb v Evropski uniji ter ima za cilj gradnjo skoraj nič-energijskih stavb. »To so takšne stavbe, ki imajo zelo veliko energetske učinkovitost in je za njihovo uporabo potrebna zelo majhna količina energije, za katero mora v veliki meri zadostovati energija iz obnovljivih virov, vključno z energijo iz obnovljivih virov, proizvedeno na kraju samem ali v bližini« [1]. Sledi Uredba Evropske unije (v nadaljevanju EU) o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov (Uredba 305/2011) [2], ki poleg določil o varčevanju z energijo in ohranjanju toplote, ki so veljale že v preteklosti, dodaja tudi nekatere nove zahteve – na primer o trajnostni rabi naravnih virov. Naslednji takšen dokument je še Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES [3]. Omenjeni dokumenti prispevajo k takšnemu delovanju, da bo do leta 2020 dosežen 20-odstotni prihranek primarne energije, kar je cilj EU [4]. Slovenija je z namenom slediti zastavljenim ciljem Evropske unije sprejela Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [5], ki določa nove smernice za energijsko učinkovite novogradnje in prenove obstoječih stavb oziroma njihovih delov, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja. Pravilnik velja za večino stavb, razen za nekatere točno določene izjeme kot so na primer: stavbe za promet, skladišča, nestanovanjske kmetijske stavbe ipd. Poleg zahtev omenjenega pravilnika je potrebno izpolnjevati tudi zahteve, ki jih navaja Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije [6].

Izmed obnovljivih virov energije je najpomembnejši vir sonce oziroma sončno sevanje, saj so tudi vetrna energija, biomasa in podobni obnovljivi viri energije (v nadaljevanju OVE) načeloma posledica sončnega sevanja. Od vseh tradicionalnih OVE sta le geotermalna energija in gravitacijska energija (plimovanje morja) neodvisna od sončnega sevanja. Zadostna osončenost stavbnega ovoja je ena od zahtev tako evropske kot tudi nacionalne zakonodaje.

1.1 Namen naloge

V svoji diplomski nalogi sem se ukvarjal s problemom osončenosti različnih tlorisnih oblik stavb, ki sem jih razdelil na stavbe z enostavnimi tlorisnimi zasnovami (tloris v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga) in na stavbe s kompleksnimi tlorisnimi zasnovami (tloris v obliki črk O, H, U, T, Y in L). S pomočjo uporabljene programske opreme (Google SketchUp [7] in vtičnika Sunhours [8]) sem s primerjavo ugotavljal, katere oblike prinesejo boljše in katere slabše rezultate. Vsakemu modelu sem med analizo spreminjal vnaprej določene geometrijske parametre ter s tem preveril, kako le-ti vplivajo

na izboljšanje oziroma poslabšanje osončenosti stavbe. Ocenjeval sem osončenost izbranih fasadnih površin posameznih stavb, predvsem pa sem se osredotočil na ocenjevanje osončenosti stavb v celoti.

Namen opravljene analize je bilo ugotoviti, kako na osončenost stavb vpliva njihova tlorisna oblika in njihova višina. Zanimalo me je, kako se osončenost s spreminjanjem geometrijskih parametrov spreminja in kako se lahko določeno geometrijo stavbe izboljša v smislu, da z njo dosežemo večjo osončenost stavbe oziroma njenega fasadnega ovoja. Predpostavljal sem, da bodo imele stavbe z enostavno tlorisno zasnovo višjo celotno osončenost stavbnega ovoja kot stavbe s kompleksno tlorisno zasnovo. Razlog naj bi bil v tem, da pri prvih ni medsebojnega senčenja posameznih elementov stavbnega ovoja (nasebnega senčenja). Predpostavljal sem tudi, da je na osončenost stavb s kompleksno tlorisno zasnovo mogoče vplivati z modifikacijo geometrijskih parametrov modelov stavb. S spreminjanjem parametrov se namreč spreminjajo tudi geometrijska razmerja med elementi stavbnega ovoja, kar spremeni medsebojne vplive med njimi.

1.2 Struktura naloge

V poglavju »Splošno o osončenju in solarni geometriji« sem predstavil najpomembnejše pojme s tega področja, prav tako sem tudi razložil teoretična izhodišča.

Sledi poglavje »Modeliranje«, v katerem sem najprej predstavil uporabljena programska orodja, s pomočjo katerih sem modele stavb izrisal in jih nato analiziral. Zasnovani modeli stavb so postavljeni na dejansko zemljepisno lokacijo, vendar brez vpliva okolice (topografije in sosednjih stavb), zato sem v poglavju navedel njene lastnosti. V nadaljevanju sem podrobno opisal potek analize osončenosti in njeno razčlenitev na različne dele. Poglavje sem zaključil s predstavitvijo izbranih modelov stavb in njihovo smiselno razdelitev v skupine.

Poglavje »Analiza osončenosti« je razdeljeno na tri dele. V prvem delu z naslovom »Analiza celoletne kumulativne osončenosti pri spreminjanju višine modelov stavb« sem s slikami, preglednicami in komentarji predstavil rezultate analize za stavbe z enostavnimi tlorisnimi oblikami, stavbe s kompleksnimi tlorisnimi oblikami in posebej še primerjavo rezultatov za stavbe s tlorisi v obliki črk O, U in H ter posebej primerjavo rezultatov za stavbe s tlorisi v obliki črk T, Y in L. Slednji dve skupini sta tako določeni zaradi podobnosti v lastnostih posameznih modelov. Prvi del sem zaključil s primerjavo osončenosti vseh obravnavanih modelov pri spreminjanju njihove višine.

V drugem delu z naslovom »Analiza celoletne kumulativne osončenosti pri spreminjanju tlorisnih dimenzij modelov stavb« sem grafično in s komentarji predstavil rezultate posebej za modele stavb z obliko črk O, U in H in posebej za modele stavb z obliko črk T, Y in L.

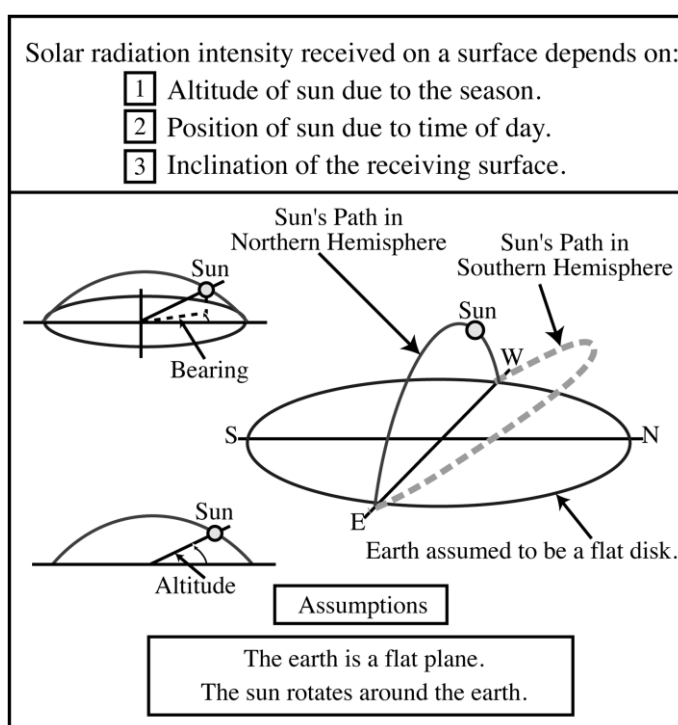
V zadnjem delu z naslovom »Analiza površinsko normiranega potenciala osončenosti modelov stavb« sem izračunal še potencial osončenosti za vse obravnavane modele in jih predstavil v treh delih: v prvem delu gre za primerjavo rezultatov za stavbe z oblikami O, U in H ter enostavnimi tlorisnimi oblikami; v drugem za primerjavo rezultatov za stavbe z oblikami T, Y in L ter enostavnimi tlorisnimi oblikami; nazadnje pa sem primerjal še rezultate med skupinama stavb s tlorisom v obliki črk O, H, U in T, Y, L.

Sledi poglavje »Diskusija«, v katerem sem rezultate smiselno ovrednotil in komentiral primernost posameznega načina analize osončenosti. V poglavju sem na podlagi dobljenih rezultatov podal mnenje, katera tlorisna zasnova stavbe je z vidika osončenosti najboljša in katera najslabša.

Na koncu sledi še »Zaključek«, ki vsebuje kratek povzetek opravljenega dela. V poglavju sem na podlagi ključnih rezultatov potrdil ali ovrgel predpostavke, ki sem jih postavil v poglavju 1.1.

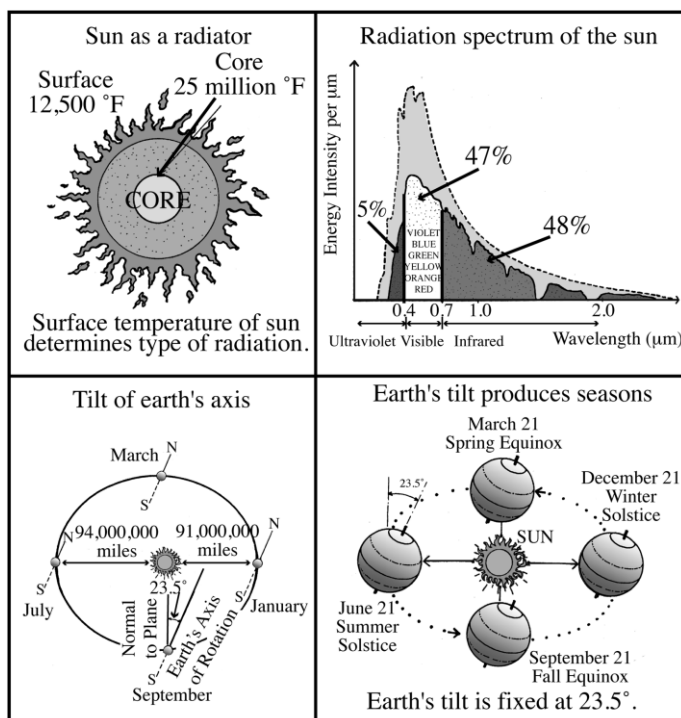
2 SPLOŠNO O OSOŃENJU IN SOLARNI GEOMETRIJI

Na količino sončnega sevanja, ki ga prejme določena površina, vplivajo trije dejavniki: (1) navidezna višina sonca na nebu, ki se spreminja z letnimi časi, (2) pozicija sonca, ki se spreminja s časom dneva in (3) nagnjenost površine, ki sprejema sevanje. Za poenostavitev računanja pozicije sonca v odnosu do zgradbe uvedemo dve predpostavki: da se Sonce vrti okrog Zemlje in da je Zemlja ravna ploskev (Slika 1).



Slika 1: Sončne spremenljivke in izbrane predpostavke [9]

Ker je Zemljina os vrtenja nagnjena za kot $23,5^\circ$ glede na pravokotnico na ravnino, v kateri kroži Zemlja okrog Sonca, se pojavljajo različni letni časi (Slika 2). Dne 21. 3. in 21. 9., ko se pojavljata spomladansko in jesensko enakonočje je sonce na ekvatorju točno opoldne v zenitu (oklepa z ravnino kot 90°). Na katerikoli lokaciji na Zemlji je na ta dva datuma dolžina dneva enaka dolžini noči in je opoldne višina sonca enaka 90° zmanjšana za zemljepisno širino te lokacije [10]. Sončna obrata se pojavita 21. 6. (poletni solsticij) oziroma 21. 12. (zimski solsticij) (Slika 2). Med poletnim solsticijem je sonce v zenitu na severnem povratniku in med zimskim solsticijem na južnem povratniku.



Slika 2: Spekter sončnega sevanja in nagnjenost Zemljine osi [9]

Ob uvedbi omenjenih poenostavitve potrebujemo za opis poti sonca dva parametra: višino oziroma elevacijo (A) in azimut (B) (Slika 1). Za izračun poti sonca imamo na voljo dve glavni enačbi (1 in 2), v katerih nastopajo kot spremenljivke zemljepisna širina (LAT) točke opazovanja, odklon sonca (D) in razlika zemljepisne širine med točko opazovanja in soncem (H).

$$\sin(A) = \cos(90^\circ \pm \text{LAT}) \cos(90^\circ \pm D) - (\sin(90^\circ \pm \text{LAT}) \sin(90^\circ \pm D) \cos(H)) \quad (1)$$

$$\cos(B) = \cos(90^\circ \pm D) - \sin(A) \cos(90^\circ \pm \text{LAT}) / (\cos(A) \sin(90^\circ \pm \text{LAT})) \quad (2)$$

$$D = 23.45 (\sin(360^\circ (284 + \text{day of the year}) / 365)) \quad (3)$$

$$H = \text{razlika zemljepisne širine med točko opazovanja in soncem} \quad (4)$$

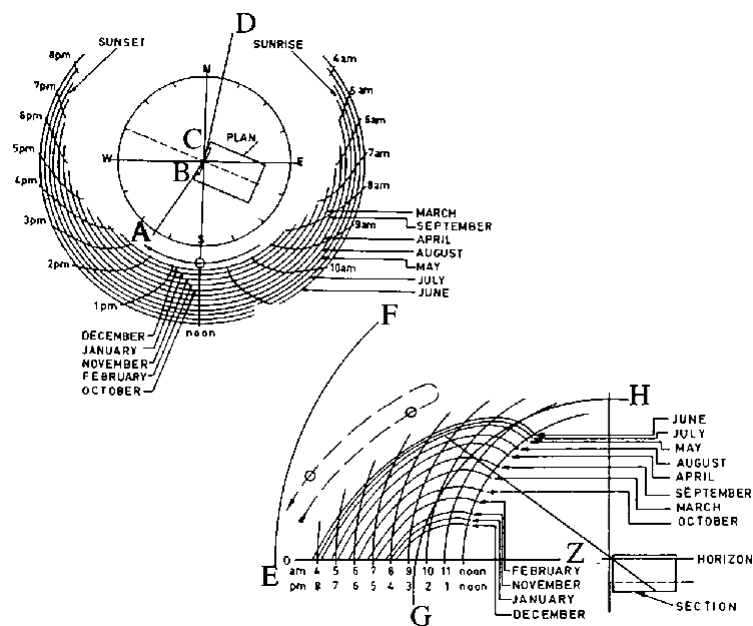
V enačbah (1) in (2) smer proti severu predstavlja »90°+«, smer proti jugu pa »90°-«. Azimut navadno merimo proti jugu, višino pa predstavlja kot med obzorjem in soncem iz točke opazovanja.

Omenjene enačbe so podlaga različnih računalniških programov, ki na podlagi izračuna poti sonca omogočajo določitev senc ali izračun trajanja osončenosti.

Kot zelo praktična alternativa računalniškim programom se lahko uporabijo tudi različni grafični »solarni« diagrami (primer takšnega diagrama je prikazan na sliki 3). V zadnjem času so različni avtorji pripravili večje število takšnih diagramov, dva od njih sta na primer Burnett-ov diagram (Slika 3) in Baker-Funarov diagram. Burnettov sistem je sestavljen iz dveh diagramov (Slika 3), ki sta na voljo v tiskani obliki in se lahko uporabita za reševanje večine problemov povezanih z osončenostjo. Da ju lahko uporabimo, moramo imeti na voljo tloris in prereze stavbe v primerno majhnem merilu.

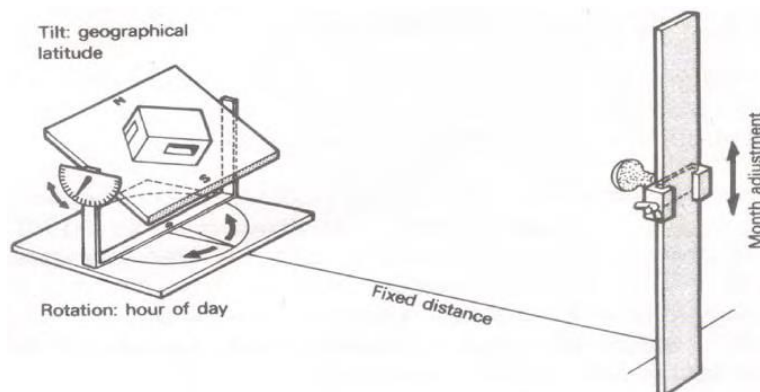
Prvi diagram (na sliki 3 zgoraj levo) nam kaže pozicijo sonca ob različnih urah dneva in za različne dele leta. Diagram je sestavljen iz dela krožnic koncentričnih krogov, od katerih vsaka predstavlja

sredinski dan (tj. 15.) za vsak mesec v letu, črt, ki predstavljajo ure dneva, začetek in konec krožnice nakazuje sončni vzhod, na diagramu so označene tudi smeri neba. Tloris stavbe ali prostora (v primernem merilu) je pozicioniran na diagram, kot vidimo na sliki 3. Na ta način lahko razberemo ure dneva, ko sonce sije na površino stavbe. To se zgodi med mejama AB in CD (Slika 3). Drugi diagram (desno spodaj na sliki 3) nam poda višino sonca na sredinski dan meseca glede na referenčno točko Z. Časovne intervale, ki jih na prvem diagramu omejujeta AB in CD, prenesemo na drugi diagram (GH in EF). Čas, ko sončna svetloba prehaja v stavbo, predstavljajo mesečne in urne črte diagrama, ki jih omejujeta EF in GH.



Slika 3: »Solarni« diagram za projektiranje po Burnettu [9]

Tretja možnost za določitev sončnih kotov je izdelava modela prostora ali kar celotnega objekta v pomanjšanem merilu (zahtevana je geometrijska natančnost). Model nato testiramo s primerno testirno opremo. Ena najbolj priljubljenih je Heliodon (Slika 4), ki so ga razvili na United Kingdom Building Research Stationu v 1930. letih. Model postavimo na površino, ki jo lahko nagibamo in rotiramo, da simuliramo zemljepisno širino in čas dneva [11]. Svetlobni vir z majhno odprtino na primerni oddaljenosti (min. 9 m) lahko premikamo vertikalno, da lahko simuliramo višino sonca v različnih mesecih leta (Slika 4).



Slika 4: Heliodon [12]

3 MODELIRANJE

3.1 Predstavitev uporabljene programske opreme

Google Sketchup [2] je izdelalo podjetje @Last Software, pozneje pa ga je kupil najprej Google, nato pa zdajšnji lastnik Trimble Navigation.

Program je namenjen 3D-modeliranju za različne panoge, kot so arhitekturno in notranje oblikovanje, gradbeništvo in strojništvo, filmsko oblikovanje itd. Ima uporabniku prijazen vmesnik, s katerim lahko z enostavnimi liki in linijami ustvarimo zelo kompleksne geometrijske modele.

Za izračune osončenosti modelov sem uporabljal vtičnik za Google Sketchup [2] z imenom Sunhours [3], ki ga je razvil Alex Hall za podjetje Solid Green Consling. Omogoča izračun osončenosti za vsako točko mreže na površini modela za poljuben časovni interval. Izbiramo lahko različne časovne intervale znotraj posameznega dneva, izbiramo lahko posamezne dni v tednu ali določen del leta. Program nam rezultate lahko poda grafično, z barvno skalo ali numerično, s tabelo rezultatov, ki jo lahko izvozimo kot csv. datoteko v Microsoft Excel ali podobno programsko orodje. Z vtičnikom lahko proučujemo medsebojni vpliv več stavb pri različnih razporeditvah ali pa osončenost kompleksnih modelov, katerih posamezni deli senčijo druge (t. i. »nasebno senčenje« oziroma »samo-senčenje«).

3.2 Lokacija

Za namen analize sem modele lociral na zemljepisno širino in dolžino mesta Ljubljane (46°03' severno; 14°30' vzhodno) (Preglednica 1). Pri računu osončenosti ne upoštevamo morebitnega zmanjšanja zaradi geomorfoloških oblik ali zaradi senčenja sosednjih objektov (stavbe, drevesa ...). Lokacija nam določa dnevno in letno navidezno pot, ki jo na nebu opiše sonce in s tem čas, ko sije iz določene smeri.

Preglednica 1: Podatki o izbrani lokaciji (mesto Ljubljana)

zemljepisna širina	46°03' severno
zemljepisna dolžina	14°30' vzhodno
nadmorska višina	295 m
naklon terena	0°

3.3 Metoda

Za tlorisne oblike, ki so bile uporabljene v analizi, sem si izbral devet osnovnih arhitektonskih oblik. Razdelil sem jih v dve skupini. Prva je skupina stavb z enostavnimi tlorisnimi oblikami (krog, kvadrat in pravokotnik z razmerjem stranic 1 : 4), druga pa je skupina stavb s kompleksnimi tlorisnimi oblikami (stavbe s tlorisi v obliki črk O (atrijska stavba), H, U, T, Y in L). Zaradi podobnosti med geometrijo in nekaterimi lastnostmi stavb je včasih pri predstavitvi rezultatov in ugotovitev smiselna razdelitev stavb s kompleksnimi tlorisnimi oblikami še na dve podskupini, in sicer posebej na stavbe s tlorisom v obliki črk O, H in U ter posebej na stavbe s tlorisom v obliki črk T, Y in L.

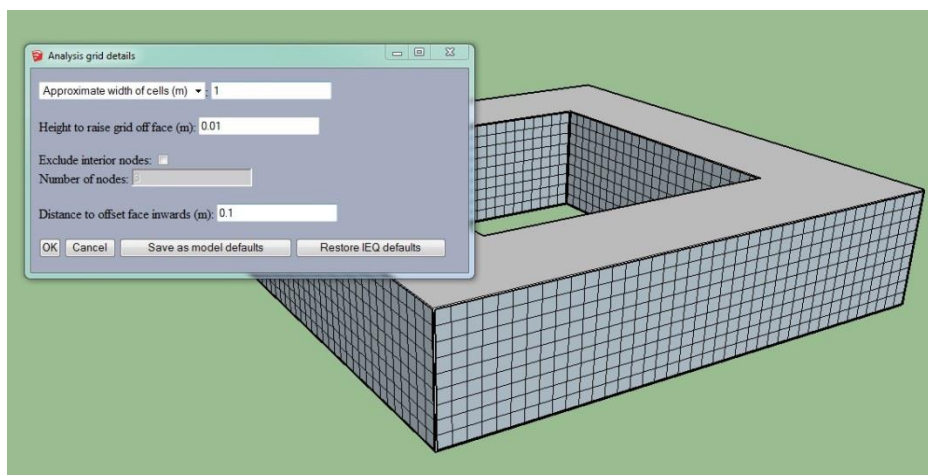
Stavbe s tlorisnimi oblikami kvadrata, pravokotnika in kroga so med analizo služile kot referenčne oblike. Modeli so izdelani v računalniškem programu Google Sketchup [6].

Tlorisne dimenzije modelov sem izbral tako, da so vedno simetrični vsaj preko ene od osi. Tlorisna površina vseh izbranih modelov je primerljiva, saj znaša razlika med površinami različnih modelov le 0,6 %. To je pomembno pri primerjavi rezultatov analize osončenosti, saj imajo pri takšnem izboru tlorisov vsi modeli primerljive volumne pri vseh analiziranih oblikah ter s tem primerljiv potencial za izrabo uporabne površine v stavbah. Pri analizi sem opazoval le osončenost vertikalnih površin zunanjega ovoja stavb (zunanjih fasadnih sten), torej so iz analize izključene strehe, kar je smiselno saj se nasebno senčenje na strehah ne pojavlja.

Osončenost sem določal za tako izbrane modele pri štirih različnih višinah. Višine, ki so uporabljene v analizi so 9 m, 15 m, 21 m in 27 m, kar ustreza 3-, 5-, 7- in 9-etažnim objektom, če predvidimo, da je etažna višina 3 m. Pri tem sem analiziral, kako vpliva sprememba višine na osončenost fasadnega ovoja in primerjal velikost te spremembe med posameznimi koraki ter med različnimi modeli. Pričakoval sem, da se bo z višanjem stavbe pri kompleksnih tlorisnih zasnovah osončenost poslabšala, saj bodo višji elementi pri enaki medsebojni oddaljenosti bolj senčili drug drugega.

V nadaljevanju sem preizkušal, kako na osončenost modelov vplivajo spremenjene tlorisne dimenzije. V tem delu analize sem si izbral za vse modele višino 15 m. Katere dimenzije so se med analizo spreminjale, sem opisal v nadaljevanju poglavja za vsak model posebej. V enem koraku sem izbrano dimenzijo modela spremenil za 8 m, izjemoma pa tudi za 4 m. V tem delu analize volumni modelov pri posameznih korakih niso več enaki, ampak se je razmerje volumnov nekoliko spreminjalo med posameznimi koraki analize.

Ko so bili modeli stavb v programu Google SketchUp [6] izdelani, sem določil parametre za izvedbo računske analize. Določil sem mrežo (Slika 1), ki sem jo apliciral na površino analiziranih fasad modela. Izbral sem mrežo z gostoto 1 m x 1 m (Slika 4), saj bi za gostejšo mrežo izračun trajal preveč časa, manj gosta pa morda ne bi dala dovolj natančnih rezultatov.



Slika 5: Apliciranje mreže na fasadne površine modela

Potrebno je bilo določiti tudi časovne intervale, v katerih je program računal osončenost stavb. Izbral sem celoletno opazovanje, torej od 1. januarja do 31. decembra vsak dan od sončnega vzhoda do zahoda. Program je izračunal število vseh možnih ur sončnega obsevanja in število ur direktnega sončnega sevanja za vsako točko mreže (osončenost). Za vsako fasadno površino posebej sem za

rezultate izračunal povprečje, da sem dobil povprečno osončenost vsake posamezne fasadne površine vseh modelov. Za določitev osončenosti modela kot celote sem izračunal uteženo povprečje osončenosti vseh fasadnih površin modela po naslednji enačbi:

$$O = \sum_{n=1}^n \left(O_i \times \frac{P_i}{P} \right), \quad (5)$$

kjer predstavlja:

O ... osončenost stavbe

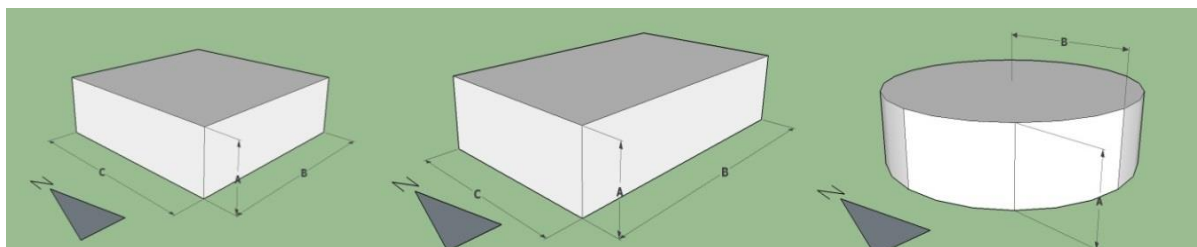
O_i ... osončenost fasadne površine i

P_i ... površina fasade i

P ... površina vseh fasad stavbe

Tako sem dobil povprečno osončenost celotnega modela oziroma celotnega vertikalnega zunanjskega stavbnega ovoja.

3.4 Modeli stavb z enostavnimi tlorisnimi oblikami



Slika 6: Modeli stavb s tlorisom kvadrata, pravokotnika in kroga

3.4.1 Model stavbe s tlorisom v obliki kvadrata

Model stavbe s tlorisom v obliki kvadrata ima tlorisne dimenzije 32 m x 32 m ($B = C = 32$ m, Slika 5) in s tem tlorisno površino 1024 m². Med analizo osončenosti sem mu spreminjal višino A (Slika 5) po korakih z velikostjo 6 m, od začetnih 9 m višine do končne obravnavane višine 27 m. Pri tem ima model volumne 9216 m³, 15360 m³, 21504 m³ in 27648 m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjskega ovoja 1152 m², 1920 m², 2688 m² in 3456 m².

3.4.2 Model stavbe s tlorisom v obliki pravokotnika

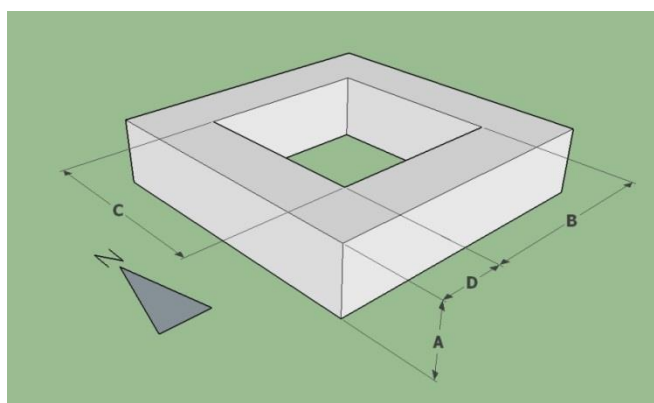
Model stavbe s tlorisom pravokotnika ima tlorisne dimenzije $B = 64$ m in $C = 16$ m (Slika 5), razmerje stranic $B : C = 4 : 1$ in tlorisno površino 1025 m². Daljši fasadi sta orientirani na jug oziroma sever, krajši pa na vzhod oziroma zahod. Med analizo osončenosti mu spreminjam višino A (Slika 5) po korakih z velikostjo 6 m od začetnih 9 m, do končnih 27 m višine. Pri različnih višinah ima model volumne 9225 m³, 15375 m³, 21525 m³ in 27675 m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjskega ovoja 1188 m², 1980 m², 2772 m² in 3564 m².

3.4.3 Model stavbe s tlorisom v obliki kroga

Model stavbe s tlorisom kroga s polmerom $B = 18$ m (Slika 5), ima tlorisno površino $1017,8$ m². Med analizo osončenosti mu spreminjam višino A (slika 2) po korakih z velikostjo 6 m od začetnih 9 m do končnih 27 m višine. Pri tem ima model volumne $9160,2$ m³, 15267 m³, $21373,8$ m³ in $27480,6$ m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjega ovoja $1017,9$ m², $1696,5$ m², $2375,0$ m² in $3053,6$ m². Zaradi omejitve uporabljenega programskega orodja je bila krožna oblika upoštevana kot pravilni 24-kotnik.

3.5 Modeli stavb s kompleksnimi tlorisnimi oblikami

3.5.1 Model stavbe s tlorisom v obliki črke O – atrijska stavba

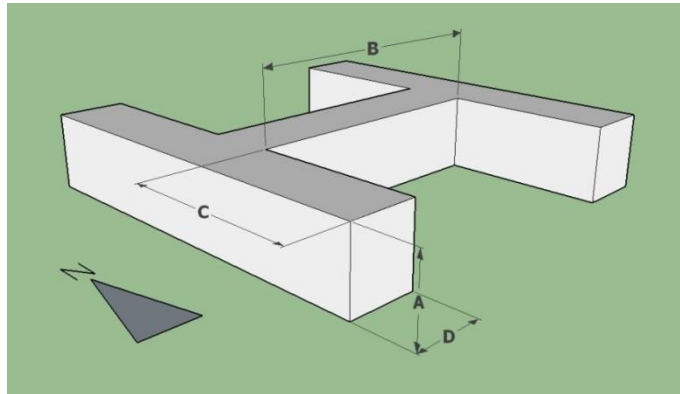


Slika 7: Model stavbe s tlorisom v obliki črke O

Opis modela:

Model stavbe s tlorisom v obliki črke O (model atrijske stavbe) ima zunanje tlorisne dimenzije ($B + 2D$ in $C + 2D$) 40 m in dimenzije atrijskega dvorišča $B \times C = 24$ m \times 24 m (Slika 6). Tlorisna površina modela je 1024 m². Med izvajanjem analize osončenosti sem modelu povečeval višino – dimenzijo A (Slika 6) po korakih velikosti 6 m od 9 m do 27 m višine. Pri tem imajo modeli volumne 9216 m³, 15360 m³, 21504 m³ in 27648 m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjega ovoja 2304 m², 3840 m², 5376 m² in 6912 m². Modelu sem v drugem delu analize pri stalni višini $A = 15$ m spreminjal dimenzijo atrijskega dvorišča v smeri vzhod–zahod, ki je označena z B (Slika 3) od začetnih 4 m do končnih 40 m. Dimenzija atrija v smeri sever–jug, označena s C in dimenzija D (Slika 3) sta ostali ves čas enaki kot pri izhodiščnem modelu, torej 24 m in 8 m.

3.5.2 Model stavbe s tlorisom v obliki črke H

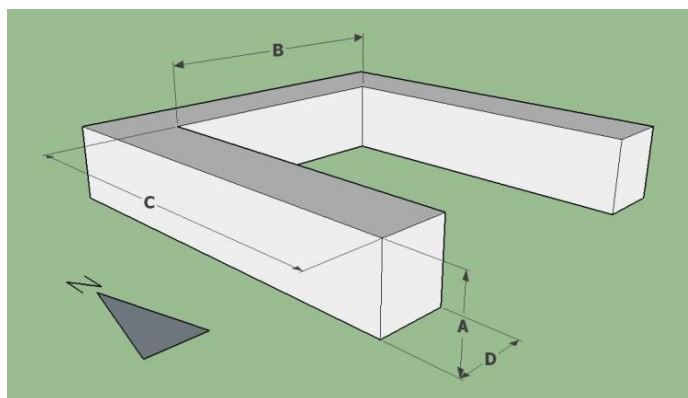


Slika 8: Model stavbe s tlorisom v obliki črke H

Opis modela:

Model stavbe s tlorisom v obliki H ima dimenzije daljših sten $(2C + D)$ 48 m, sama stavba je povsod široka 8 m – dimenzija D, »dvorišči« imata tloris $B \times C = 20 \text{ m} \times 32 \text{ m}$ (Slika 7). Tlorisna površina modela je 1024 m^2 . Med izvajanjem analize osončenosti sem modelu najprej povečeval višino – dimenzijo A (Slika 7) po korakih velikosti 6 m od začetnih 9 m do končnih 27 m. Pri tem imajo modeli volumne 9216 m^3 , 15360 m^3 , 21504 m^3 in 27648 m^3 ter skupne površine vertikalnega zunanjšega ovoja 2448 m^2 , 4080 m^2 , 5712 m^2 in 7344 m^2 . V drugem delu analize pa sem modelu pri stalni višini $A = 15 \text{ m}$ spreminjal širino »dvorišč« v smeri vzhod–zahod oziroma dimenzijo B (Slika 7) po korakih velikosti 4 m in 8 m od začetnih 4 m do končnih 48 m. Dimenziji »dvorišč« v smeri sever–jug C (Slika 7) in dimenzija D sta ostali ves čas analize enaki kot pri izhodiščnem modelu.

3.5.3 Model stavbe s tlorisom v obliki črke U



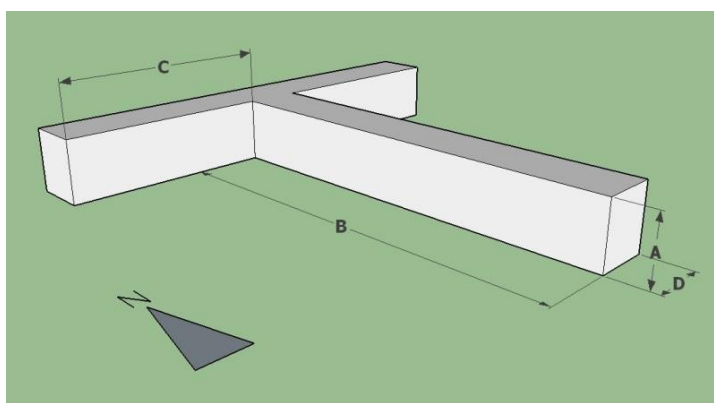
Slika 9: Model stavbe s tlorisom v obliki črke U

Opis modela:

Model stavbe s tlorisom v obliki črke U ima zunanje dimenzije $(C + D)$ (Slika 8) 48 m, fasade, ki obkrožajo »dvorišče«, pa imajo dolžino 40 m (stranski fasadi – C) oziroma 32 m (sredinska fasadna površina B, Slika 8). Tlorisna površina modela je 1024 m^2 . »Dvorišče« je odprto v smeri proti jugu, v preostalih smereh pa je omejeno s stenami (Slika 8). Med izvajanjem analize osončenosti sem modelu

povečeval višino A (Slika 8) po korakih velikosti 6 m od začetne 9 m do končne višine 27 m. Pri tem ima model volumne 9216 m³, 15360 m³, 21504 m³ in 27648 m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjšega ovoja 2448 m², 4080 m², 5712 m² in 7344 m². V drugem delu analize pa sem modelu pri stalni višini A = 15 m širil »dvorišče« v smeri vzhod–zahod (dimenzija B, Slika 8) po korakih velikosti 4 m in 8 m od začetnih 4 m do končnih 48 m. Dimenziji »dvorišča« v smeri sever–jug (dimenzija C in dimenzija D, Slika 8) sta ostali ves čas analize enaki kot pri izhodiščnem modelu, torej 40 m in 8 m.

3.5.4 Model stavbe s tlorisom v obliki črke T

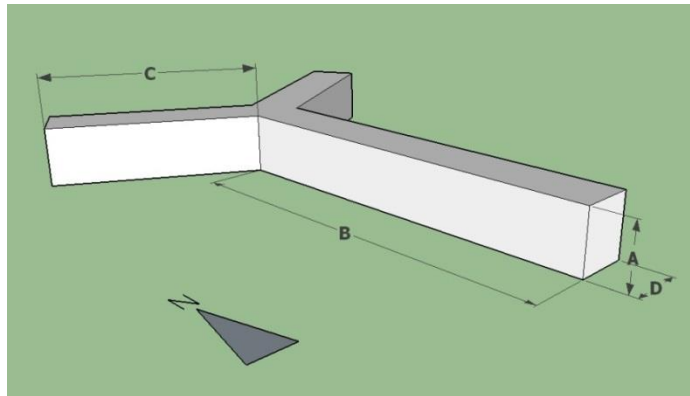


Slika 10: Model stavbe s tlorisom v obliki črke T

Opis modela:

Model stavbe s tlorisom v obliki črke T je orientiran tako, da poteka »stojina« v smeri sever–jug, »flanža« pa v smeri vzhod–zahod. Dolžina na sever orientirane fasade »flanže« znaša 68 m ($2C + D$, Slika 9), dolžina dveh na jug orientiranih fasad »flanže« pa znaša 30 m (C, Slika 9), na vzhod oziroma zahod orientirani fasadi »stojine« sta dolgi 60 m (B, Slika 9), stavba je povsod široka 8 m (D, Slika 9). Tlorisna površina modela je 1024 m². V prvem delu analize osončenosti sem modelu spreminjal višino (A, Slika 9) po korakih velikosti 6 m od začetne višine 9 m do končne višine 27 m. Pri tem ima model volumne 9216 m³, 15360 m³, 21504 m³ in 27648 m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjšega ovoja 2448 m², 4080 m², 5712 m² in 7344 m². V drugem delu analize sem modelu pri stalni višini A = 15 m podaljševal »stojino« (dimenzijo B, Slika 9) po korakih velikosti 8 m od začetne dolžine 4 m do končne dolžine 68 m. Dimenziji »flanže« C in širina stavbe D (Slika 9) sta ostali ves čas analize enaki kot pri izhodiščnem modelu.

3.5.5 Model stavbe s tlorisno obliko v obliki črke Y

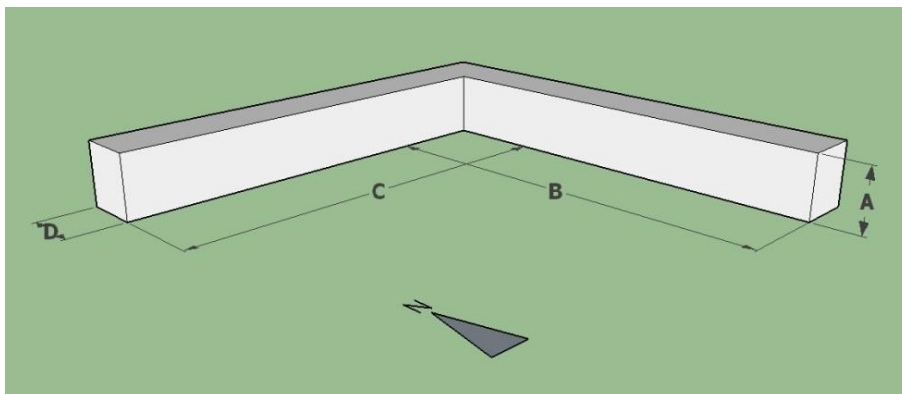


Slika 11: Model stavbe s tlorisom v obliki črke Y

Opis modela:

Tloris modela stavbe v obliki črke Y je sestavljen iz v smeri sever–jug ležeče »stojine« dolžine 60 m (dimenzija B, Slika 10) in »flanže«, ki je sestavljena iz dveh 32 m (dimenzija C, Slika 10) dolgih delov, ki oklepata s »stojino« kot 120° . Stavba je sicer povsod široka 8 m (dimenzija D, Slika 10). Tlorisna površina modela je $1027,7 \text{ m}^2$. V prvem delu analize osončenosti sem modelu povečeval višino (dimenzijo A, Slika 10) po korakih velikosti 6 m od začetne višine 9 m do končne višine 27 m. Pri tem ima model volumne $9249,3 \text{ m}^3$, $15415,5 \text{ m}^3$, $21581,7 \text{ m}^3$ in $27747,9 \text{ m}^3$ ter skupne površine vertikalnega zunanjskega ovoja 2448 m^2 , 4080 m^2 , 5712 m^2 , 7344 m^2 . V drugem delu analize sem modelu pri stalni višini $A = 15 \text{ m}$ podaljševal »stojino« (dimenzijo B, Slika 10) po korakih velikosti 8 m od začetne dolžine 4 m do končne dolžine 68 m. Dimenziji »flanže« C in širina stavbe D (Slika 10) sta ostali ves čas analize enaki kot pri izhodiščnem modelu.

3.5.6 Model stavbe s tlorisom v obliki črke L



Slika 12: Model stavbe s tlorisom v obliki črke L

Opis modela:

Tloris modela stavbe v obliki črke L je sestavljen iz dveh daljših 68 m (dimenzija $B + D$, $C + D$, Slika 11) dolgih sten, ki sta orientirani na sever in vzhod, ter iz dveh krajših 60 m (dimenziji B in D, Slika

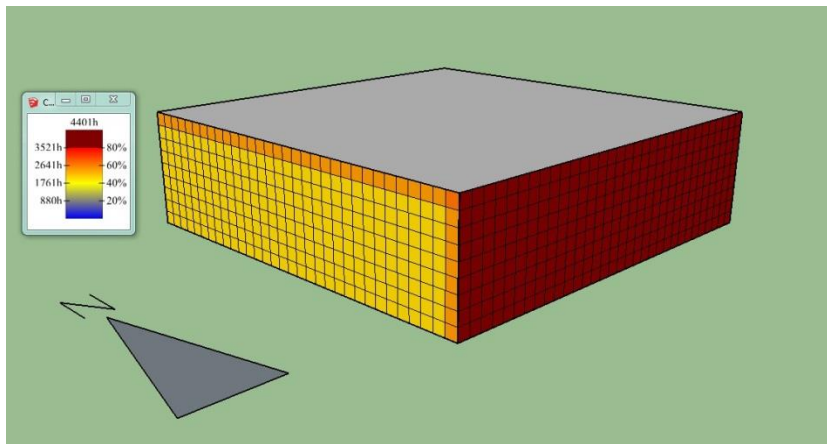
11) dolgih sten, orientiranih na jug in zahod. Stavba je sicer povsod široka 8 m (dimenzija D). Tlorisna površina modela je 1024 m². V prvem delu analize sem modelu povečeval višino (dimenzijo A, Slika 11) po korakih velikosti 6 m od začetne višine 9 m do končne višine 27 m. Pri tem ima model volumne 9216 m³, 15360 m³, 21504 m³ in 27648 m³ ter skupne površine vertikalnega zunanjega ovoja 2448 m², 4080 m², 5712 m² in 7344 m². V drugem delu analize sem modelu pri stalni višini A = 15 m podaljševal »stojino« (dimenzijo B, Slika 11) po korakih velikosti 8 m od začetne dolžine 4 m do končne dolžine 68 m. Dimenziji »flanže« C in širina stavbe D (Slika 11) sta ostali ves čas analize enaki kot pri izhodiščnem modelu.

4 ANALIZA OSONČENOSTI

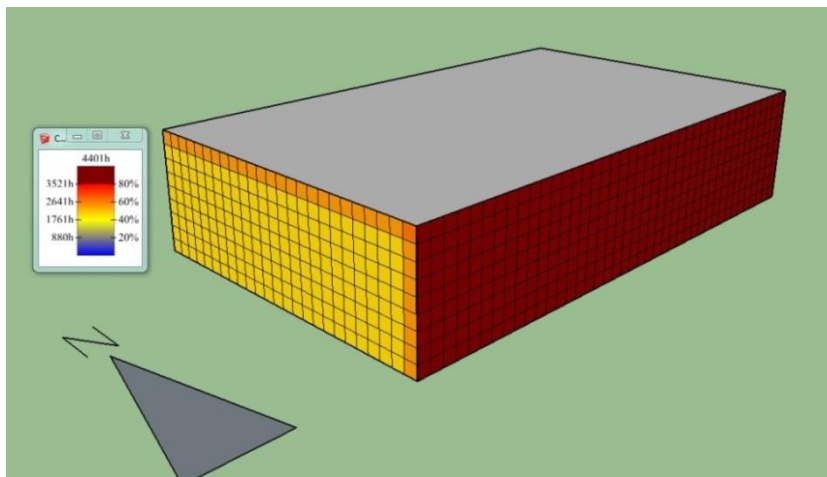
4.1 Analiza celoletne kumulativne osončenosti

4.1.1 Rezultati analize za stavbe z enostavnimi tlorisnimi zasnovami

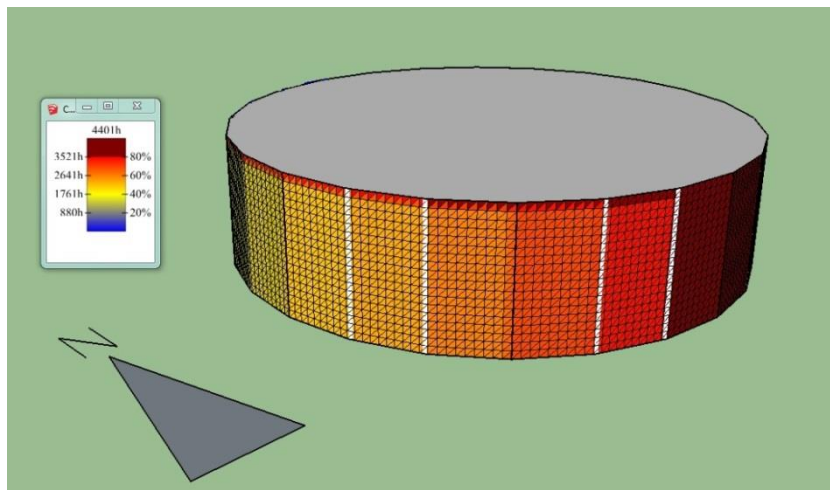
Na naslednjih slikah so prikazani grafični rezultati analize v urah in odstotkih doseženega časa osončenosti. V celem letu je vseh možnih sončnih ur 4401,4 (Slika 12, 13 in 14). Sledi graf s povprečno celoletno kumulativno osončenostjo celotnega fasadnega ovoja stavb z enostavnimi tlorisnimi zasnovami (Slika 15). Numerično (z odstotkom vseh možnih letnih ur) sem prikazal rezultate osončenosti vseh fasadnih površin pri vseh obravnavanih višinah (Slika 16, 17 in 18). V preglednicah 2 in 3 sem podal minimalno in maksimalno število ur ter celotno letno število ur osončenosti za vsako fasado (za višino modelov 9 m).



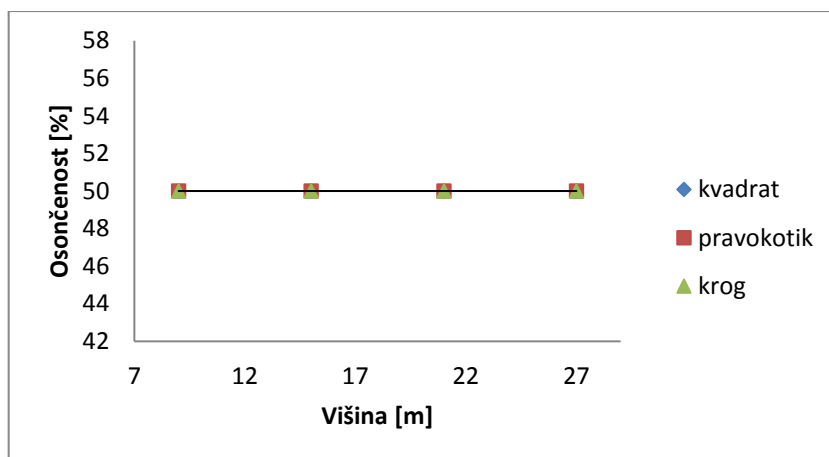
Slika 13: Osončenost modela s tlorisom v obliki kvadrata pri 9 m višine



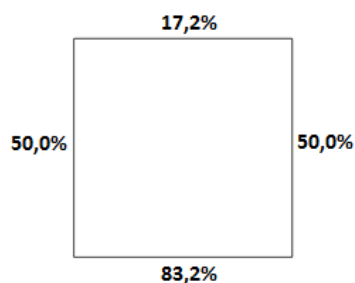
Slika 14: Osončenost modela s tlorisom v obliki pravokotnika pri 9 m višine



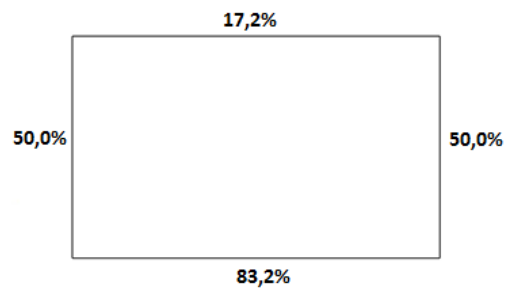
Slika 15: Osončenost modela s tlorisom v obliki kroga pri 9 m višine



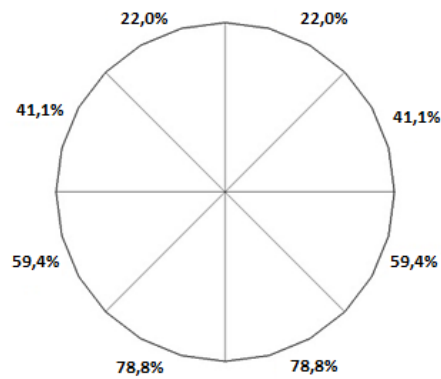
Slika 16: Osončenost modelov stavb s tlorisi kvadrata, pravokotnika in kroga pri različnih višinah



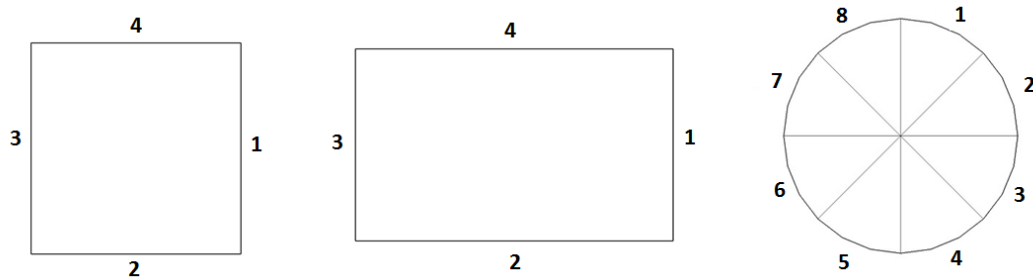
Slika 17: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki kvadrata za vse obravnavane višine



Slika 18: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki pravokotnika za vse obravnavane višine



Slika 19: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki kroga za vse obravnavane višine



Slika 20: Oznake fasadnih površin modelov stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga

Preglednica 2: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje enega leta za vsako fasado stavb s tlorisom v obliki kvadrata in pravokotnika pri 9 m višine stavbe

št. fasade	kvadrat			pravokotnik		
	min [h]	max [h]	Σ [h]	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	4,2	7,8	2200,7	4,2	7,8	2200,7
2	8,4	12,0	3662,0	8,4	12,0	3662,0
3	4,2	7,8	2200,7	4,2	7,8	2200,7
4	0,0	6,6	757,0	0,0	6,6	757,0

Preglednica 3: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje enega leta za vsako fasado stavbe s tlorisom v obliki kroga pri 9 m višine stavbe

št. fasade	krog		
	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	0,2	6,7	968,1
2	2,6	7,3	1809,6
3	5,6	8,5	2616,2
4	8,2	9,6	3466,5
5	8,2	9,6	3466,5
6	5,6	8,5	2616,2
7	2,6	7,3	1809,6
8	0,2	6,7	968,1

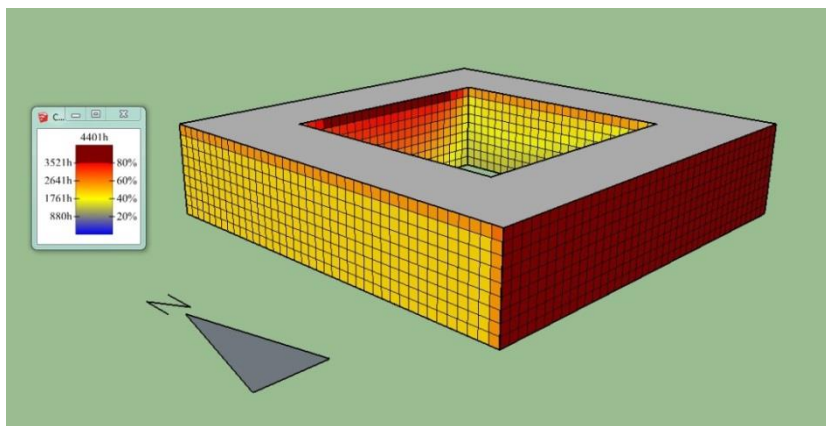
Komentar rezultatov:

Pri vseh treh modelih stavb sem dobil pri vseh analiziranih višinah povprečno osončenost modelov enako 50,0 % (Slika 15), kar je bilo pričakovano, saj se pri teh stavbah ne pojavlja nasebno senčenje. To je najvišja možna osončenost stavbe, saj je mogoča le takrat, kadar nobena fasadna površina modela nikoli v opazovanem intervalu ne senči druge. Na jug orientirani fasadi št. 2 stavb z obliko kvadrata in pravokotnika sta bili sicer deležni 83,2 % osončenosti na letnem nivoju, fasade orientirane na vzhod oziroma zahod (št. 1 in 3) 50,0 %, fasadi orientirani na sever pa 17,2 % osončenosti (Sliki 16 in 17). Pri stavbi s tlorisom v obliki kroga so bile stene osončene v razponu od 22,0 % do 78,8 % (Slika 18). Največjo razliko med minimalnim in maksimalnim dnevno številom ur imata pri stavbah z obliko kvadrata in pravokotnika na sever orientirani fasadi št. 4, pri stavbi z obliko kroga pa fasadi št. 1 in 8 (6,5 h) (Preglednici 2 in 3).

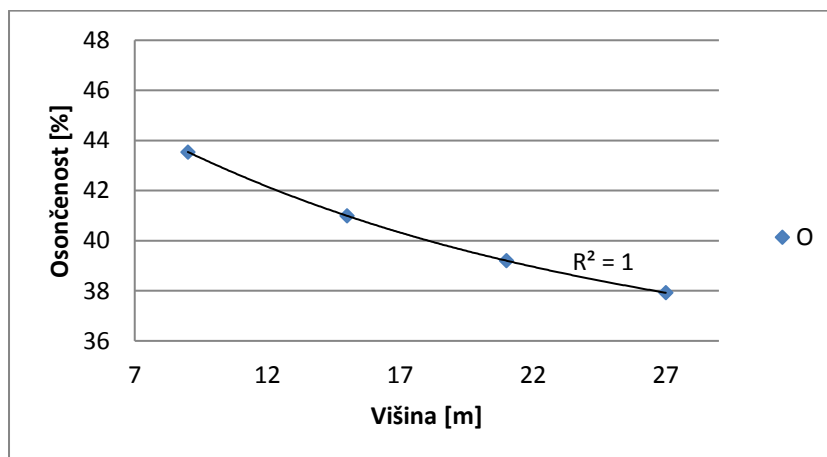
4.1.2 Rezultati analize za stavbe s kompleksnimi tlorisnimi zasnovami

4.1.2.1 Model stavbe s tlorisom v obliki črke O

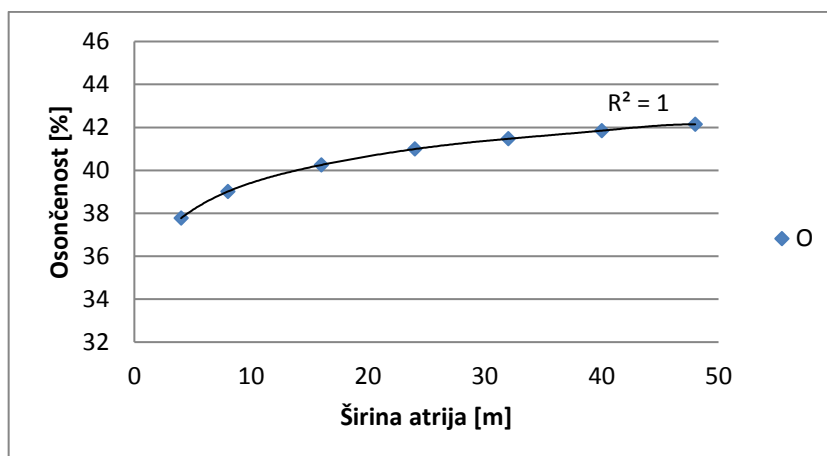
Rezultate za stavbo z obliko O sem prikazal grafično z barvno skalo, ki prikazuje število ur, ko je bila površina osončena, in odstotek, ki ga te ure predstavljajo od vseh ur, ko je sonce nad obzorjem (Slika 20). Sledita grafa povprečne osončenosti celotne fasadne površine pri spreminjanju višine stavbe (Slika 21) in pri spreminjanju tlorisnih dimenzij (Slika 22). Na sliki 23 sem prikazal osončenost vseh fasad stavbe z obliko O pri spreminjanju višine modela. Nazadnje sem podal še minimalno in maksimalno dnevno število ur ter celotno število ur osončenosti za vse fasade pri višini stavbe 9 m (Preglednica 3).



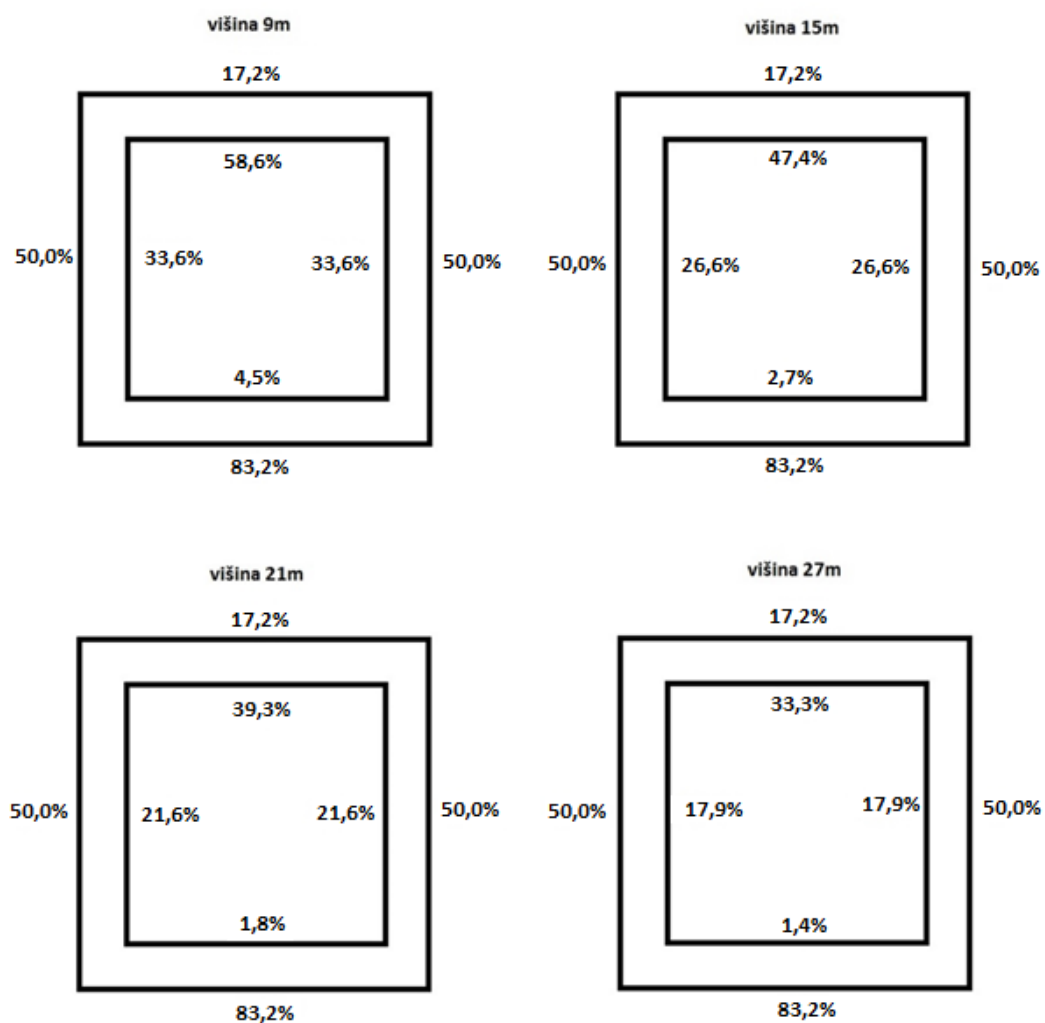
Slika 21: Osončenost modela stavbe v obliki črke O pri 9 m višine



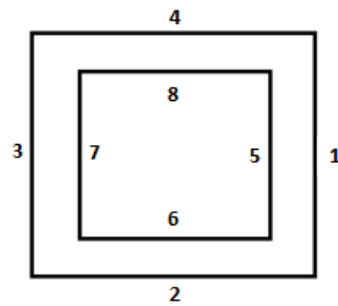
Slika 22: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke O pri različnih višinah



Slika 23: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke O pri različnih dimenzijah atrija



Slika 24: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke O



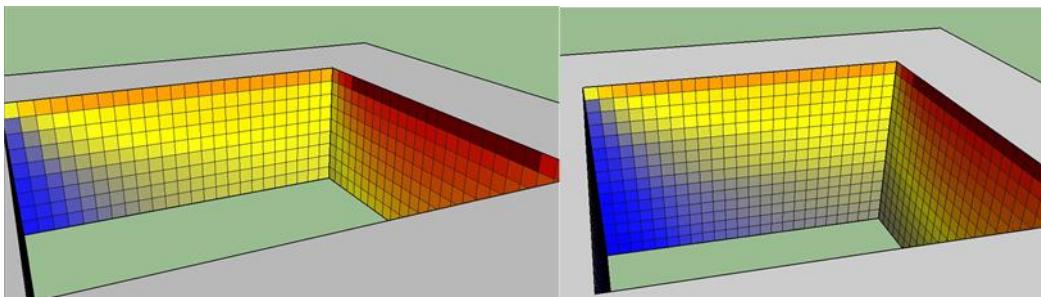
Slika 25: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke O

Preglednica 4: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke O pri 9 m višine

št. fasade	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	4,2	7,8	2200,7
2	8,4	12,0	3662,0
3	4,2	7,8	2200,7
4	0,0	6,6	757,0
5	1,4	6,4	1478,9
6	0,0	2,4	198,1
7	1,4	6,4	1478,9
8	4,6	9,1	2579,2

Komentar rezultatov:

Pri višanju stavbe s tlorisno zasnovo v obliki črke O se osončenost stavbe ves čas poslabšuje, in sicer z začetnih 43,54 % pri 9 m višine (pri treh etažah), do končnih 37,92 % pri 27 m višine (pri devetih etažah) (Slika 21). Razlike v celotni osončenosti modela med posameznimi koraki od začetne do končne višine znašajo po vrsti: 2,55, 1,79 in 1,28 odstotne točke, iz česar vidimo, da ima povišanje stavbe največji vpliv v prvem koraku, nato pa se ta vpliv postopoma zmanjšuje. Razlog je relativno majhna površina senc v primerjavi s površinami fasad (na veliko fasadne površine sence sploh ne vplivajo) pri višini 9 m, pri 15 m pa se vpliv senc že razširi po celotni dolžini fasad atrija (slika 25).



Slika 26: Primerjava velikosti senc pri modelu stavbe s tlorisom O pri višinah 9 m (levo) in 15 m (desno)

Ko sem analiziral rezultate povprečnih osončenosti posameznih fasad modela, sem ugotovil, da sprememba višine nima vpliva na osončenost zunanjih štirih fasad stavbe, pač pa ima velik vpliv na osončenost fasadnih površin atrijskega dvorišča. Končna osončenost na jug orientirane fasade atrija znaša 33,31 % oziroma osončenost se ji v primerjavi z izhodiščno varianto zmanjša za 25,33 odstotnih točk (Slika 23). Fasade orientirane na vzhod oziroma zahod imajo 17,87 % osončenost, kar ustreza zmanjšanju osončenosti za 15,77 odstotnih točk, fasade z orientacijo na sever pa ima le še 1,39 % osončenost oziroma se ji le-ta zmanjša za 3,11 odstotne točke (Slika 23). Slednja ima tudi najmanjšo povprečno osončenost površine izmed vseh fasad obravnavanega modela.

Pri analiziranju vpliva povečevanja površine atrija sem ugotovil, da se celotna osončenost stavbe ves čas povečuje, izboljšanje osončenosti pa postaja z večanjem atrija vedno manjše. Tako znaša pri koraku z 8 m na 16 m sprememba osončenosti 1,24 odstotne točke, pri koraku s 40 m na 48 m pa le še 0,29 odstotne točke (Slika 22). Iz tega je razvidno, da pri tlorisnih dimenzijah dvorišča 24 m x 48 m, sosednji elementi modela medsebojno senčijo relativno veliko manjše deleže površin fasad kot pri manjšem tlorisu atrija (sence so omejene samo še na vogale atrija). Zunanje štiri fasade imajo ves čas spreminjanja dimenzij dvorišča enako povprečno osončenost, saj nanje ne pada nobena senca.

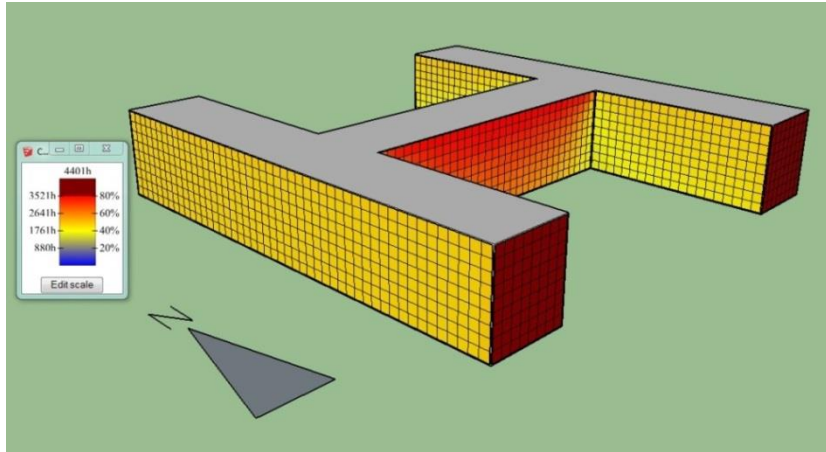
Najmanj časa so fasade dvorišča osončene pri najozžjem atriju (4 m x 24 m), in sicer: na jug orientirana fasada ima 16,77 % osončenost, fasadi z orientacijo na vzhod oziroma zahod sta deležni 11,85 % osončenosti, najskromnejšo osončenost pa ima z 0,09 % fasada orientirana na sever. Pri varianti z najširšim tlorisom atrija pa so rezultati naslednji: na jug orientirana fasada ima povprečno osončenost 57,55 %, kar predstavlja povečanje glede na izhodiščno varianto za 40,78 odstotne točke, fasadi z orientacijo na vzhod oziroma zahod imata osončenost 29,07 %, kar je enako povečanju za 17,22 odstotne točke, fasada z orientacijo na sever pa ima 5,35 % osončenost oziroma je deležna povečanja za 5,26 odstotne točke glede na začetno različico.

Zmanjšanja osončenosti stene atrija, ki je orientirana na jug, znašajo po korakih od 8 m do 16 m 12,78, od 16 m do 24 m 7,4, od 24 m do 32 m 4,72, od 32 m do 40 m 3,16 in od 40 m do 48 m 2,23 odstotne točke (Slika 22). Iz rezultatov vidimo, da se z večanjem dvorišča osončenost fasade vse počasneje povečuje. Razlog za to je v tem, da senčeni deli obravnavane stene z njenim večanjem vse bolj odpadajo le na njene robove.

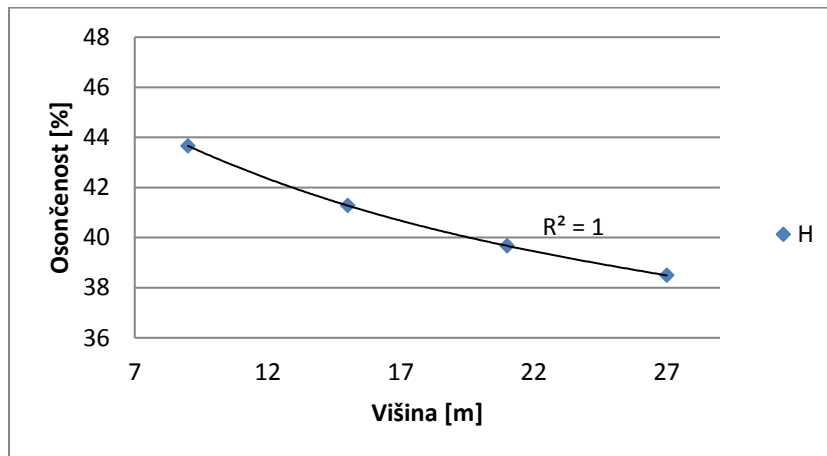
Največja razlika med minimalnim in maksimalnim dnevnim številom ur je bila 6,6 h pri fasadi št. 4, najmanjša pa 3,6 h pri fasadah št. 1, 2 in 3 (Preglednica 4).

4.1.2.2 Model stavbe s tlorisno zasnovo v obliki črke H

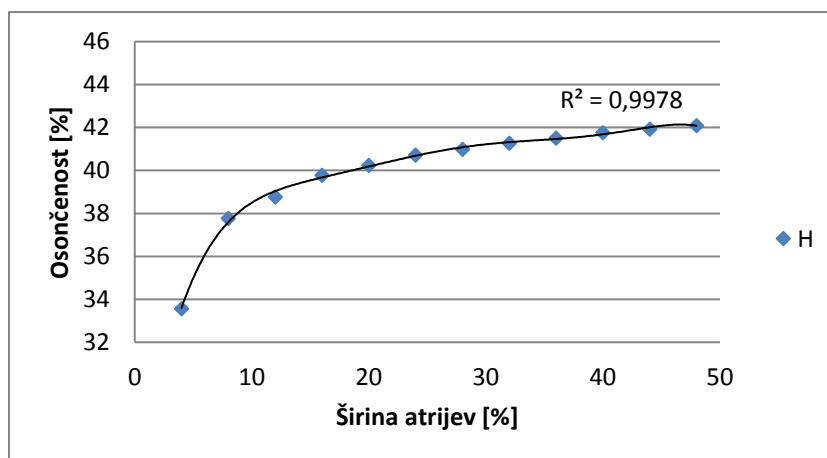
Rezultate za stavbo z obliko H sem prikazal grafično z barvno skalo, ki prikazuje število ur, ko je bila površina osončena, in odstotek, ki ga te ure predstavljajo od vseh ur, ko je sonce nad obzorjem (Slika 26). Sledita grafa povprečne osončenosti celotne fasadne površine pri spreminjanju višine stavbe (Slika 27) in pri spreminjanju tlorisnih dimenzij (Slika 28). Na sliki 29 sem prikazal osončenost vseh fasad stavbe z obliko H pri spreminjanju višine modela. Nazadnje sem podal še minimalno in maksimalno dnevno število ur ter celotno število ur osončenosti za vse fasade pri višini stavbe 9 m (Preglednica 5).



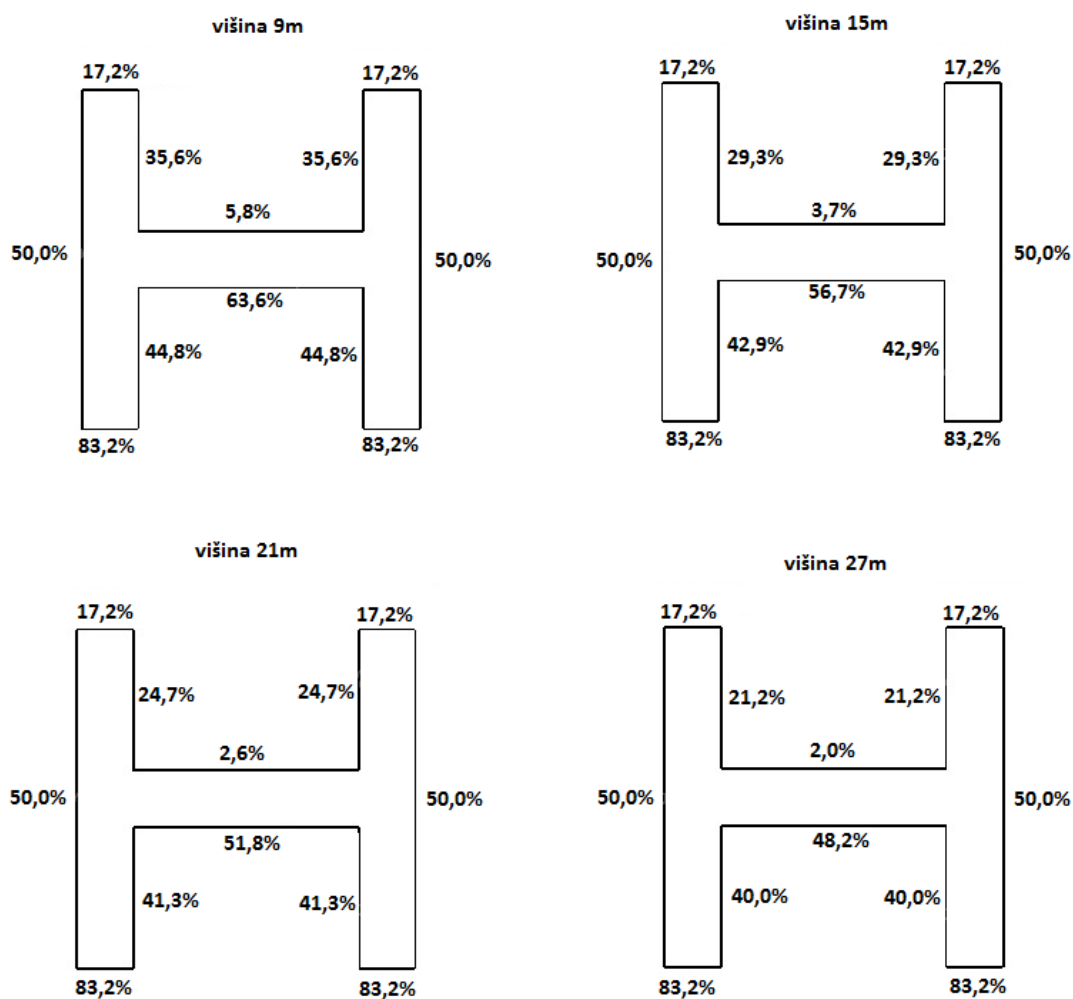
Slika 27: Osončenost modela stavbe s tlorisom v obliki črke H pri 9 m višine



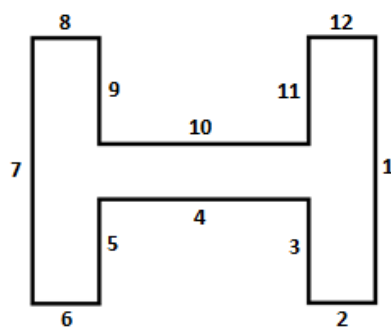
Slika 28: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke H pri različnih višinah



Slika 29: Trend spreminjanja osončenosti modela stavbe z obliko črke H pri različnih dimenzijah atrijev



Slika 30: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke H



Slika 31: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke H

Preglednica 5: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke H pri 9 m višine

št. fasade	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	4,2	7,8	2200,7
2	8,4	12,0	3662,0
3	4,0	6,7	1971,8
4	5,5	9,6	2799,3
5	4,0	6,7	1971,8
6	8,4	12,0	3662,0
7	4,2	7,8	2200,7
8	0,0	6,6	770,2
9	1,1	7,5	1566,9
10	0,0	3,0	255,3
11	1,1	7,5	1566,9
12	0,0	6,6	770,2

Komentar rezultatov:

Pri zviševanju stavbe se njena osončenost ves čas poslabšuje, in sicer z začetne 43,66% pri 9 m višine (pri treh etažah), 41,28 % pri 15 m (petih etažah), 39,67 % pri 21 m (sedmih etažah), do končne osončenosti 37,92 % pri 27 m višine (pri devetih etažah) (Slika 27). Razlike v celotni osončenosti modela med posameznimi koraki od začetne do končne višine znašajo po vrsti: 2,38, 1,61 in 1,18 odstotne točke (Slika 27). Tudi v tem primeru vidimo, da ima povišanje stavbe največji vpliv v prvem koraku, nato pa se ta vpliv postopoma zmanjšuje.

Ko objektu povečujemo višino, se povečujejo sence na fasadne površine, ki omejujejo obe dvorišči, zato se vsem šestim fasadam z vsakim korakom zmanjšuje osončenost, medtem ko se preostalim šestim trajanje sončnega obsevanja med analizo ne spreminja. Tako znaša končna osončenost na jug orientirane fasade, ki razmejuje dvorišči 48,17 %, kar ustreza zmanjšanju za 15,45 odstotne točke, na sever orientirane fasade istega dela stavbe znaša osončenost 2,0 %, kar predstavlja zmanjšanje za 3,83 odstotne točke (Slika 29).

Ko analiziramo vpliv povečevanja površine obeh atrijev, vidimo, da se celotna osončenost stavbe tudi v tem primeru ves čas povečuje. Izboljšanje osončenosti je bolj izrazito v začetnih korakih, nato pa se vedno bolj zmanjšuje. Tako je pri koraku z 8 m na 16 m sprememba celotne osončenosti modela stavbe 2,01 odstotne točke, nato pri povečanju od 16 m do 24 m 0,94 odstotne točke, pri zadnjem analiziranem koraku s 40 m na 48 m pa le še 0,34 odstotne točke (Slika 28). Iz rezultatov lahko sklepamo, da sence pri ožjih dvoriščih pokrivajo večje deleže površin fasad in pri širših dvoriščih manjše deleže. Zunanjih šest fasad ima ves čas spreminjanja dimenzij dvorišč enako povprečno osončenost.

Najmanj časa so fasade obeh dvorišč osončene pri najožjih atrijih (4 m x 20 m): na jug orientirana fasada, ki deli obe dvorišči ima osončenost 17,23 %, na sever orientirana fasada istega dela stavbe pa je deležna le 0,09 % osončenosti. Stranske fasade severnega dvorišča imajo povprečno osončenost 0,12 %, stranske fasade južnega atrija pa 19,14 %. V končni varianti s širino dvorišč 48 m pa so fasadne površine dvorišč v istem vrstnem redu osončene 64,0 %, 6,09 %, 30,99 % in 44,45 %.

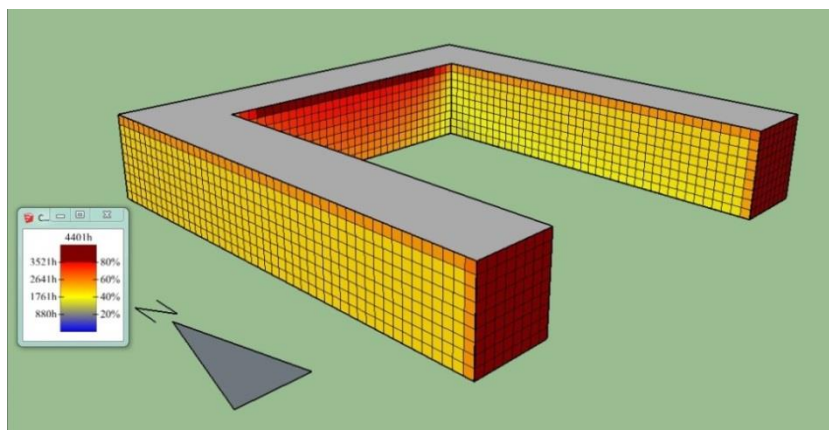
Največja razlika je pri na jug orientirani fasadi, ki deli dvorišči, in sicer se osončenost pri njej od izhodiščne do končne različice modela poveča za 46,77 odstotne točke (Slika 28).

Zmanjšanje osončenosti fasade, ki deli oba atrija in je orientirana na jug, znaša po korakih od 8 m do 16 m 13,88, od 16 m do 24 m 8,64, od 24 m do 32 m 5,85, od 32 m do 40 m 4,25 in od 40 m do 48 m 3,1 odstotne točke (Slika 28). Iz rezultatov vidimo, da se z večanjem površin dvorišč osončenost fasad vse počasneje izboljšuje. Razlog za to je v tem, da so senčeni deli obravnavane stene z njenim večanjem vse bolj omejeni le na njene robove.

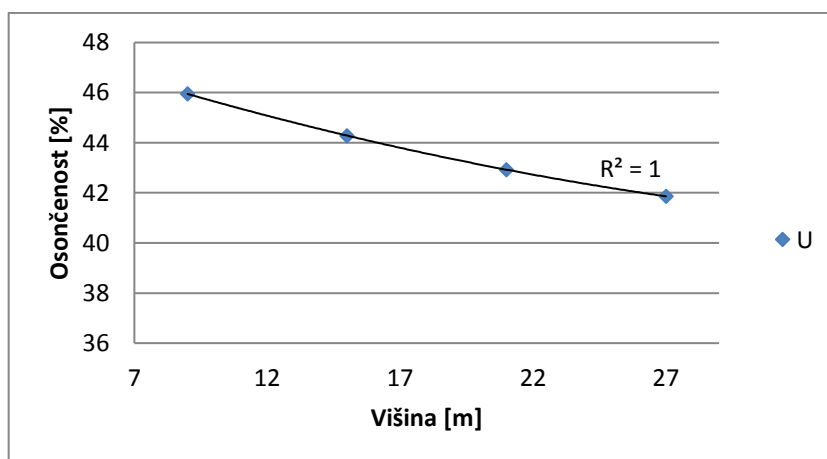
Največja razlika med minimalnim in maksimalnim dnevnim številom ur je bila 6,6 h pri fasadah št. 8 in 12, najmanjša pa 2,7 h pri fasadah št. 3 in 5 (Preglednica 5).

4.1.2.3 Model stavbe s tlorisom v obliki črke U

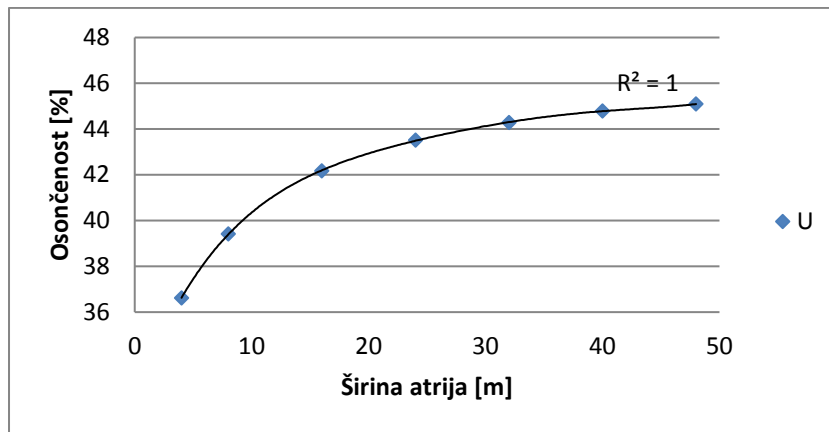
Rezultate za stavbo z obliko U sem prikazal grafično z barvno skalo, ki prikazuje število ur, ko je bila površina osončena, in odstotek, ki ga te ure predstavljajo od vseh ur, ko je sonce nad obzorjem (Slika 31). Sledita grafa povprečne osončenosti celotne fasadne površine pri spreminjanju višine stavbe (Slika 32) in pri spreminjanju tlorisnih dimenzij (Slika 33). Na sliki 34 sem prikazal osončenost vseh fasad stavbe z obliko U pri spreminjanju višine modela. Nazadnje sem podal še minimalno in maksimalno dnevno število ur ter celotno število ur osončenosti za vse fasade pri višini stavbe 9 m (Preglednica 6).



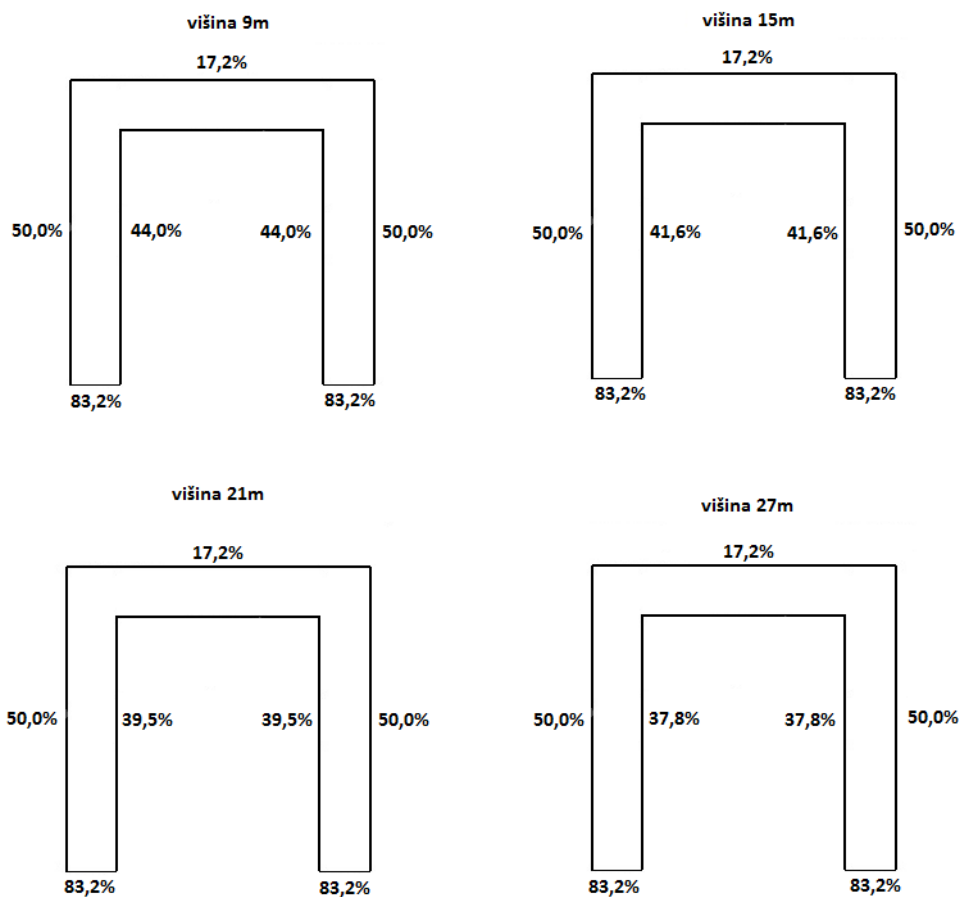
Slika 32: Osončenost modela U pri 9 m višine



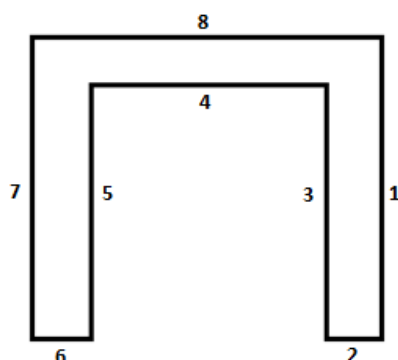
Slika 33: Trend spreminjanja osončenosti modela U pri različnih višinah



Slika 34: Trend spreminjanja osončenosti modela U pri različnih širinah atrija



Slika 35: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke U



Slika 36: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke U

Preglednica 6: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke U pri 9 m višine

št. fasade	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	4,2	7,8	2200,7
2	8,4	12,0	3662,0
3	3,7	6,8	1936,6
4	5,2	9,6	2768,5
5	3,7	6,8	1936,6
6	8,4	12,0	3662,0
7	4,2	7,8	2200,7
8	0,0	6,6	757,0

Komentar rezultatov:

Model stavbe sem z začetne višine 9 m, povišal na 15 m, 21 m in 27 m. Iz rezultatov analize vidimo, da se njena osončenost ves čas poslabšuje, in sicer z začetne 45,95 % pri 9 m višine (pri treh etažah), 44,28 % pri 15 m (petih etažah), 42,93 % pri 21 m (sedmih etažah), do končne osončenosti 41,86 % pri 27 m višine stavbe (pri devetih etažah) (Slika 32). Razlike v celotni osončenosti modela med posameznimi koraki od začetne do končne višine znašajo po vrsti: 1,67 %, 1,35 %, 1,07 % (Slika 32). Tudi v tem primeru vidimo, da ima povišanje stavbe največji vpliv v prvem koraku, nato pa se ta vpliv počasi zmanjšuje.

Z višanjem modela se nekoliko bolj medsebojno senčijo tri stene, ki omejujejo dvorišče. Tem stenam se zato po vsakem koraku analize osončenost nekoliko zmanjša, medtem ko se preostalih petim stenam trajanje sončnega obsevanja ne spremeni. Končna osončenost na jug orientirane stene dvorišča znaša 44,07 %, kar ustreza zmanjšanju za 18,86 odstotne točke, glede na izhodiščno varianto z višino modela 9 m, na vzhod in zahod orientiranih sten dvorišča pa 37,76 %, kar predstavlja zmanjšanje za 6,28 % (Slika 34).

Ko sem ugotavljal vpliv povečevanja površine dvorišča, se je pokazalo, da se v tem primeru celotna osončenost stavbe ves čas povečuje. Izboljšanje osončenosti je večje v začetnih korakih, nato pa se vedno bolj zmanjšuje. Tako je pri koraku z 8 na 16 m sprememba celotne osončenosti modela stavbe 2,76 %, nato pri povečanju od 16 do 24 m 1,35 %, pri prehodu s 24 na 32 m 0,76 %, pri zadnjem analiziranem koraku s 40 na 48 m pa le še 0,30 % (Slika 33). Iz rezultatov lahko sklepamo, da sence pri ožjem dvorišču pokrivajo večje deleže površin notranjih sten in pri širšem dvorišču manjše deleže. Zunanjih pet sten ima ves čas spreminjanja dimenzij dvorišča enako povprečno osončenost.

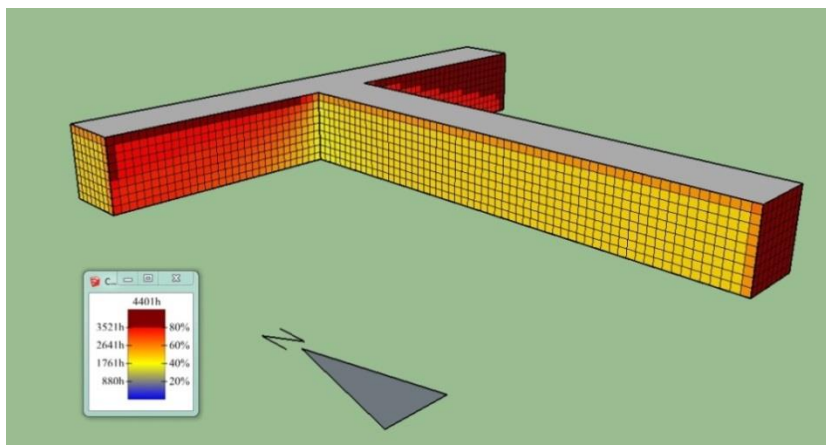
Najmanj časa so stene dvorišča osončene pri najožjijih atrijih (4 m x 40 m): vse tri stene so pri tej varianti deležne približno 17,0 % vseh možnih sončnih ur, kar je skoraj enaka vrednost, kot znaša osončenost na sever orientirane zunanje stene modela. Pri končni varianti s širino dvorišča 48 m pa znaša osončenost na jug orientirane stene dvorišča 61,44 %, medtem ko je ta vrednost pri na vzhod oziroma zahod orientiranih stenah 44,11 %. Največja razlika je pri na jug orientirani steni dvorišča, in sicer se osončenost pri njej od izhodiščne do končne različice modela poveča za 47,41 % (Slika 33).

Povečanje števila sončnih ur za primer na jug orientirane stene znaša po korakih od 8 m do 16 metrov 13,47 %, od 16 m do 24 m 8,11 %, od 24 m do 32 m 5,32 %, od 32 m do 40m 3,79 % in od 40 m do 48 m 2,83 % (Slika 33). Iz rezultatov vidimo, da se z večanjem površin dvorišča osončenost sten vse počasneje izboljšuje. Razlog za to je v tem, da so senčeni deli obravnavane stene z njenim večanjem vse bolj omejeni le na njene robove.

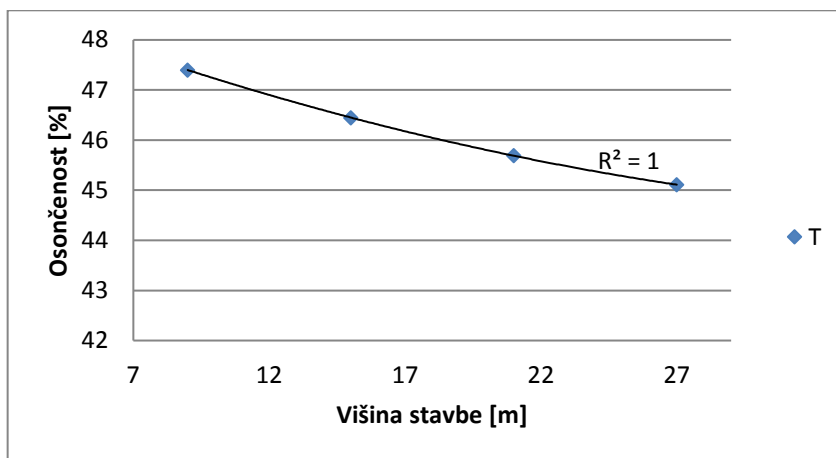
Največja razlika med minimalnim in maksimalnim dnevnim številom ur je bila 6,6 h pri fasadi št. 8, najmanjša pa 3,1 h pri fasadah št. 3 in 5 (Preglednica 6).

4.1.2.4 Model stavbe s tlorisom v obliki črke T

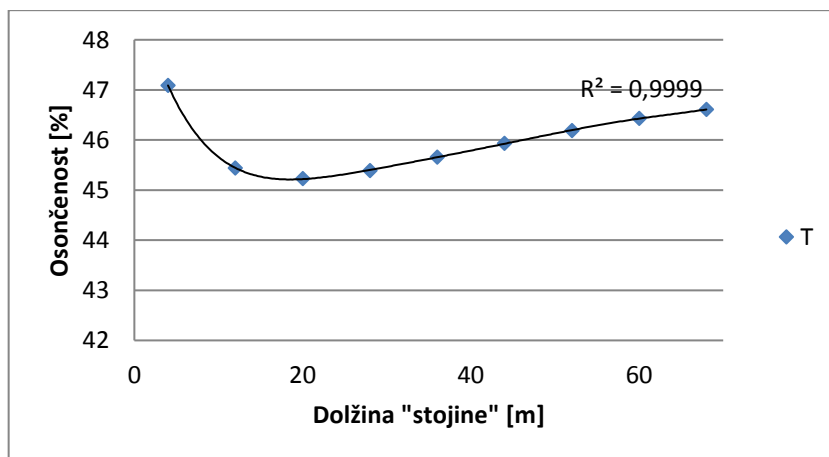
Rezultate za stavbo z obliko T sem prikazal grafično z barvno skalo, ki prikazuje število ur, ko je bila površina osončena, in odstotek, ki ga te ure predstavljajo od vseh ur, ko je sonce nad obzorjem (Slika 36). Sledita grafa povprečne osončenosti celotne fasadne površine pri spreminjanju višine stavbe (Slika 37) in pri spreminjanju tlorisnih dimenzij (Slika 38). Na sliki 39 sem prikazal osončenost vseh fasad stavbe z obliko T pri spreminjanju višine modela. Nazadnje sem podal še minimalno in maksimalno dnevno število ur ter celotno število ur osončenosti za vse fasade pri višini stavbe 9 m (Preglednica 7).



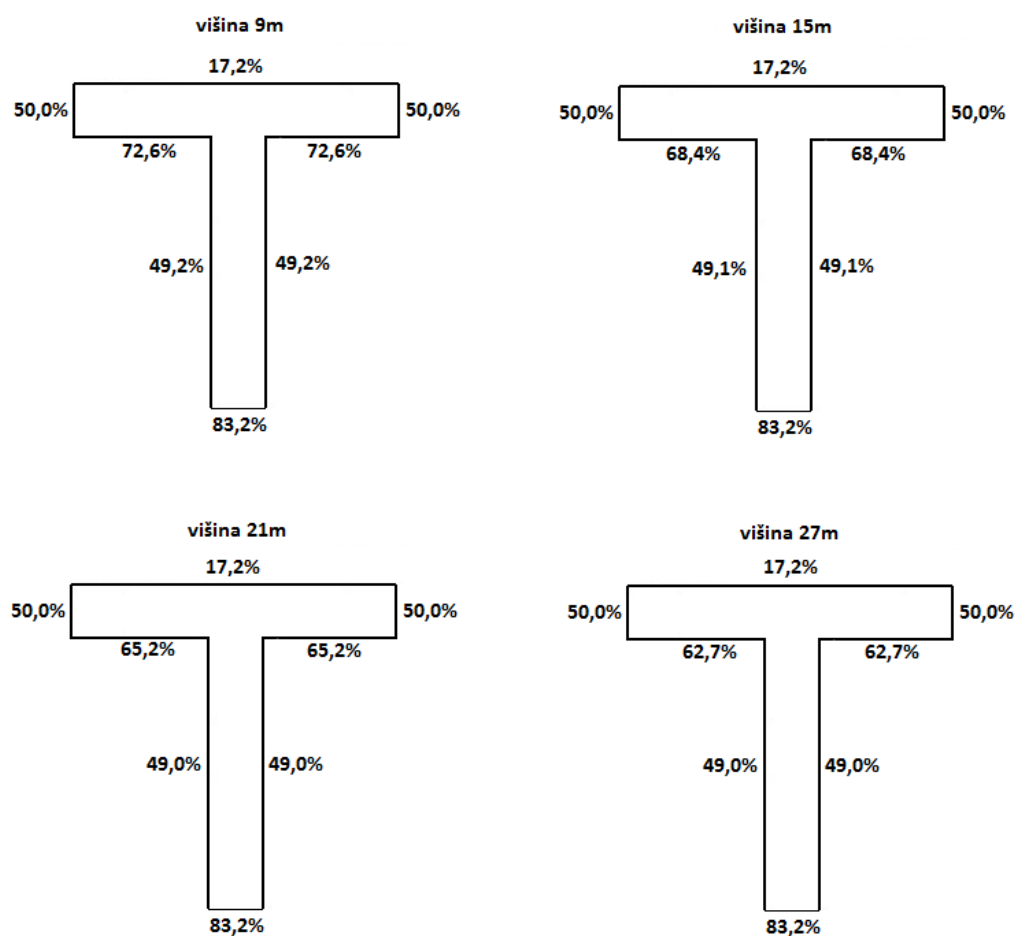
Slika 37: Osončenost modela T pri 9 m višine



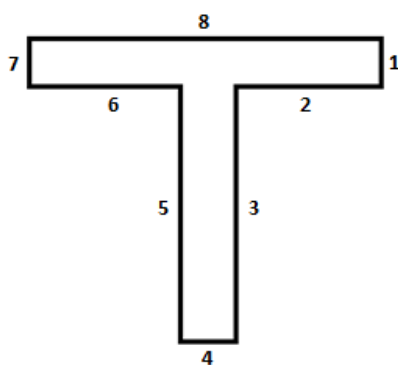
Slika 38: Trend spreminjanja osončenosti modela T pri različnih višinah



Slika 39: Trend spreminjanja osončenosti modela T pri različnih dolžinah »stojine«



Slika 40: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke T



Slika 41: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke T

Preglednica 7: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke T pri 9 m višine

št. fasade	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	4,2	7,8	2200,7
2	6,8	10,5	3195,4
3	4,2	7,6	2165,5
4	8,4	12,0	3662,0
5	4,2	7,6	2165,5
6	6,8	10,5	3195,4
7	4,2	7,8	2200,7
8	0,0	6,6	757,0

Komentar rezultatov:

Ko sem s spreminjanjem višine preverjal vplive na stavbo, sem iz rezultatov analize ugotovil, da se njena osončenost ves čas poslabšuje in sicer ta znaša 47,40 % pri 9 m višine, 46,45 % pri 15 m, 42,93 % pri 21 m, končna osončenost pa je 41,86 % pri 27 m višine (Slika 37). Razlike v celotni osončenosti modela med posameznimi koraki od začetne do končne višine znašajo po vrsti: 0,95 %, 0,76 %, 0,58 % (Slika 37). Povišanje stavbe ima največji vpliv v prvem koraku, nato pa se ta vpliv zmanjšuje.

Z višanjem modela se predvsem spremeni osončenost dveh 30 m dolgih fasad orientiranih na jug, ker meče nanju nekoliko večjo senco višja »stojina«. Malenkostno se zmanjša še čas trajanja obsevanja na vzhod in zahod orientiranih fasad »stojine«, medtem ko so preostale fasade skozi celotno analizo enako osončene. Končna osončenost na jug orientiranih fasad »flanže« znaša 62,69 %, kar ob začetni osončenosti 72,61 %, pomeni zmanjšanje za 9,92 odstotne točke glede na izhodiščno varianto z višino modela 9 m (Slika 39). Na vzhod in zahod orientirane fasade »stojine« pa se osončenost z začetnih 49,20 % zmanjša na 49,0 %, kar predstavlja zmanjšanje za 0,20 odstotne točke (Slika 39).

Ko sem ugotavljal vpliv spreminjanja dolžine »stojine«, tako da sem jo podaljševal od 4 m do 68 m, se je pokazalo, da se najprej s podaljševanjem celotna osončenost modela poslabšuje, po določeni dolžini »stojine« pa se začne osončenost izboljševati. Tako pri korakih s 4 m na 12 m in z 12 m na 20 m osončenost pade za 1,65 % oziroma 0,21 %, nato pa po korakih narašča za 0,16 %, 0,27 %, 0,27 %, 0,26 %, 0,24 % in 0,18 % (Slika 38).

Na jug orientirani steni »flanže« sta v začetni varianti pri dolžini »stojine« 4 m osončeni 75,90 % vsega možnega časa, nato osončenost po korakih pada za 4,79 %, 1,84 %, 0,65 %, 0,18 % in za 0,03 %, nakar se ustali pri 68,41 % ne glede na to, koliko še podaljšujemo »stojino« (Slika 38). Nasprotno pa se osončenost daljših fasad »stojine« ves čas izboljšuje. Tako izboljšanje znaša po korakih: 2,11, 1,37, 0,86, 0,47, 0,30, 0,21, 0,14 in 0,11 odstotne točke. Začetna osončenost znaša 43,62 %, končna pa 49,19 % (Slika 38).

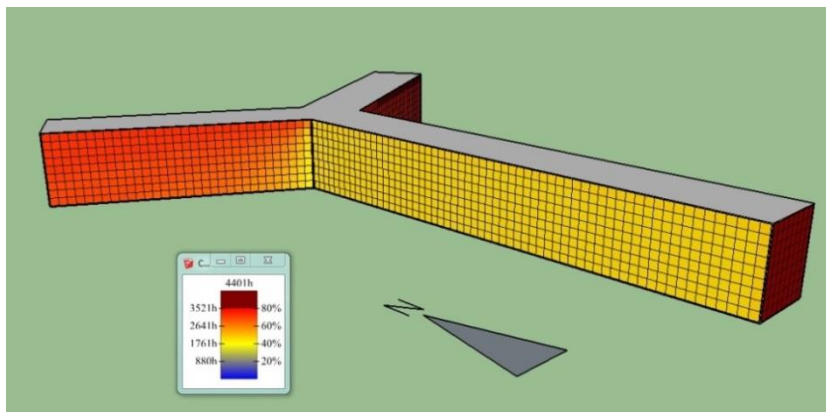
Iz rezultatov lahko sklepamo, da imata v prvih dveh korakih na skupno osončenost večji vpliv daljši fasadi »flanže«, ki jima s podaljševanjem »stojine« zmanjšamo osončenost. Po tretjem koraku (po

dolžini »stojine« 28 m), se osončenost teh dveh fasadnih površin ne poslabšuje več bistveno, nekoliko pa se še vedno izboljšuje osončenost daljših fasad »stojine«, kar prinese boljšo celotno osončenost modela.

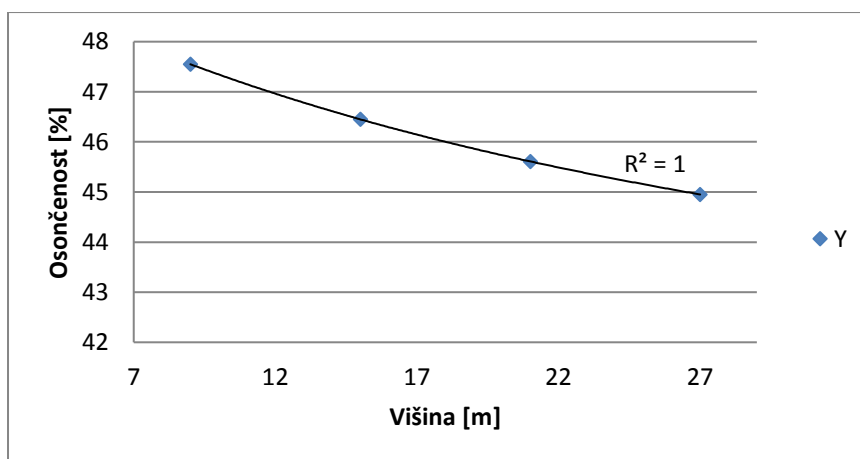
Največja razlika med minimalnim in maksimalnim dnevnim številom ur je bila 6,6 h pri fasadi št. 8, najmanjša pa 3,4 h pri fasadah št. 3 in 5 (Preglednica 7).

4.1.2.5 Model stavbe s tlorisom v obliki črke Y

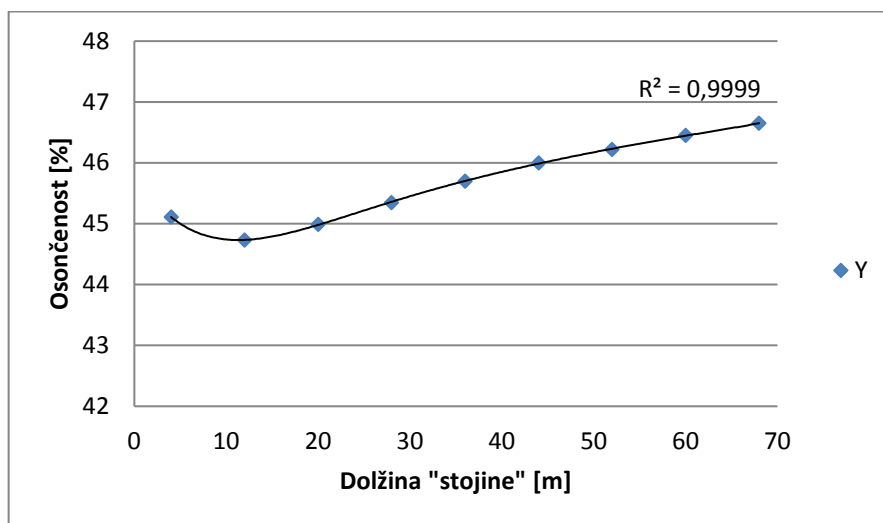
Rezultate za stavbo z obliko Y sem prikazal grafično z barvno skalo, ki prikazuje število ur, ko je bila površina osončena, in odstotek, ki ga te ure predstavljajo od vseh ur, ko je sonce nad obzorjem (Slika 41). Sledita grafa povprečne osončenosti celotne fasadne površine pri spreminjanju višine stavbe (Slika 42) in pri spreminjanju tlorisnih dimenzij (Slika 43). Na sliki 44 sem prikazal osončenost vseh fasad stavbe z obliko Y pri spreminjanju višine modela. Nazadnje sem podal še minimalno in maksimalno dnevno število ur ter celotno število ur osončenosti za vse fasade pri višini stavbe 9 m (Preglednica 8).



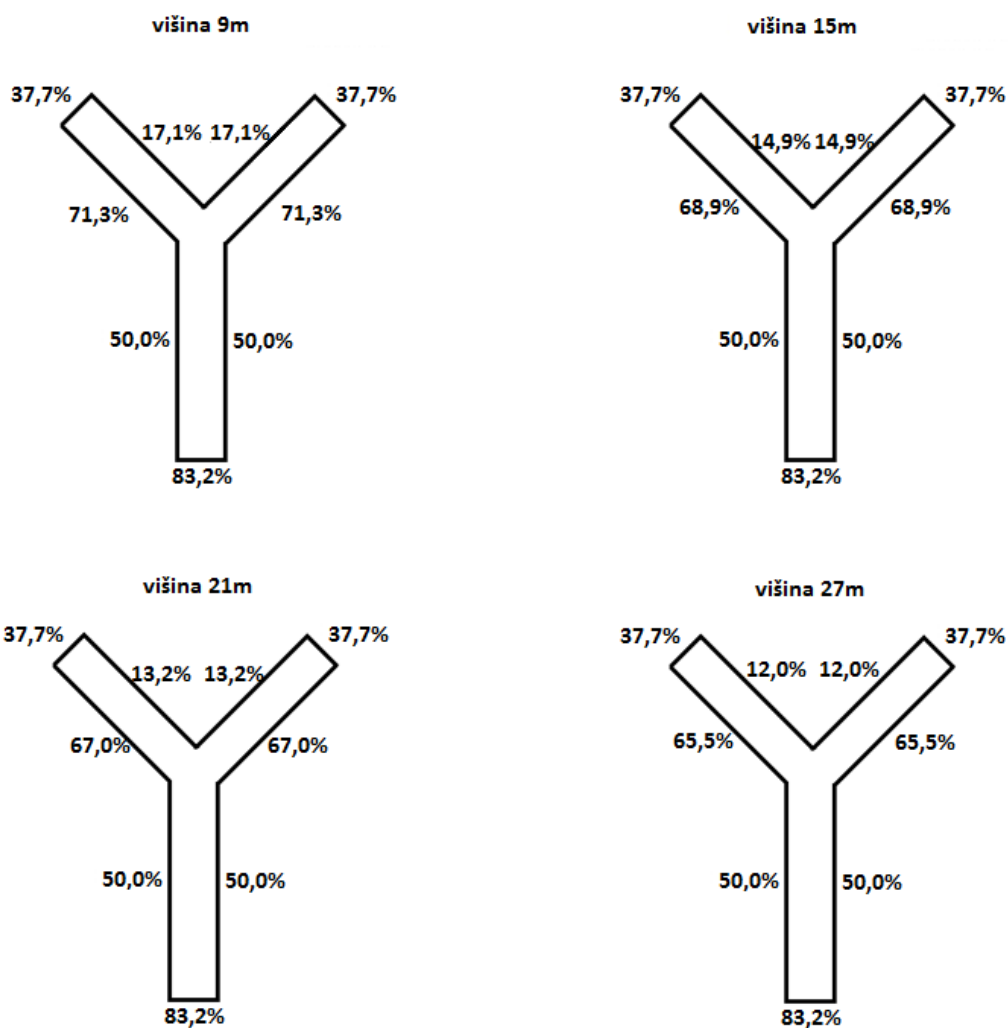
Slika 42: Osončenost modela Y pri 9 m višine



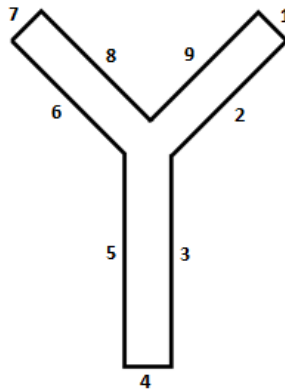
Slika 43: Trend spreminjanja osončenosti modela Y pri različnih višinah



Slika 44: Trend spreminjanja osončenosti modela Y pri različnih dolžinah »stojine«



Slika 45: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y



Slika 46: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y

Preglednica 8: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y pri 9 m višine

št. fasade	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	2,2	6,8	1659,2
2	6,7	9,9	3138,2
3	4,2	7,8	2200,7
4	8,4	12,0	3662,0
5	4,2	7,8	2200,7
6	6,7	9,9	3138,2
7	2,2	6,8	1659,3
8	0,0	5,9	752,6
9	0,0	5,9	752,6

Komentar rezultatov:

Ko sem s spreminjanjem višine preverjal vplive na stavbo, sem iz rezultatov analize ugotovil, da se njena osončenost ves čas poslabšuje, in sicer ta znaša 47,55 % pri 9 m višine stavbe, 46,45 % pri 15 m višine, 45,61 % pri 21 m, končna osončenost pa je 44,95 % pri 27 m višine (Slika 42). Razlike v celotni osončenosti modela med posameznimi koraki od začetne do končne višine znašajo po vrsti: 1,1, 0,84, 0,66 odstotne točke (Slika 42). Povišanje stavbe ima največji vpliv v prvem koraku, nato pa se ta vpliv postopno zmanjšuje.

Z višanjem modela se spreminja osončenost daljših fasad »flanže« (Slika 44). Končna osončenost na jugovzhod oziroma jugozahod orientiranih fasad »flanže« znaša 65,48 %, kar ob začetni osončenosti 71,34 % pomeni zmanjšanje za 5,86 odstotne točke glede na izhodiščno varianto z višino modela 9 m. Na severovzhod in severozahod orientiranim fasadam »flanže« pa se osončenost z začetnih 17, 10% zmanjša na 11,96 %, kar predstavlja zmanjšanje za 5,14 odstotne točke (Slika 44).

Ko sem ugotavljal vpliv spreminjanja dolžine »stojine«, tako da sem jo podaljševal od 4 m do 68 m, se je pokazalo, da se najprej s podaljševanjem celotna osončenost modela poslabša, po določeni dolžini »stojine« pa se začne osončenost izboljševati. Tako pri koraku s 4 m na 12 m osončenost pade za 0,38 odstotne točke, nato pa po korakih narašča za 0,26, 0,36, 0,35, 0,30, 0,22, 0,22 in 0,20 odstotne točke (Slika 43).

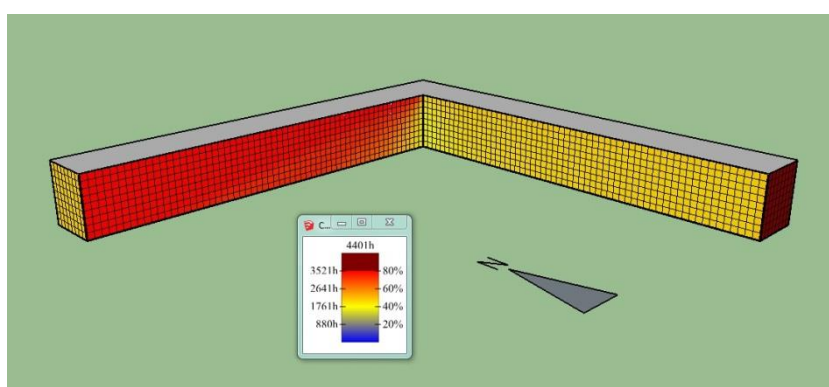
Na jugovzhod in jugozahod orientirani fasadi »flanže« sta v začetni varianti pri dolžini »stojine« 4 m osončeni 71,86 % vsega možnega časa, nato osončenost po korakih pada za 2,32, 0,52, 0,11 in 0,01 odstotne točke; nakar se ustali pri 68,90 % osončenosti. Pri analizi vpliva spreminjanja dolžine tlorisnih dimenzij se minimalno spremeni samo še osončenost daljših fasad »stojine« in z začetnih 49,74 % na končnih 50,0 %. Preostale fasade imajo ves čas enako osončenost (Slika 43).

Iz rezultatov lahko sklepamo, da imata v prvem koraku na skupno osončenost večji vpliv daljši fasadi »flanže«, ki jima s podaljševanjem »stojine« zmanjšamo osončenost. Po drugem koraku (po dolžini »stojine« 20 m), se osončenost teh dveh fasad ne poslabšuje več bistveno, nekoliko pa se še vedno izboljšuje osončenost daljših fasad »stojine«, kar prinese boljšo celotno osončenost modela.

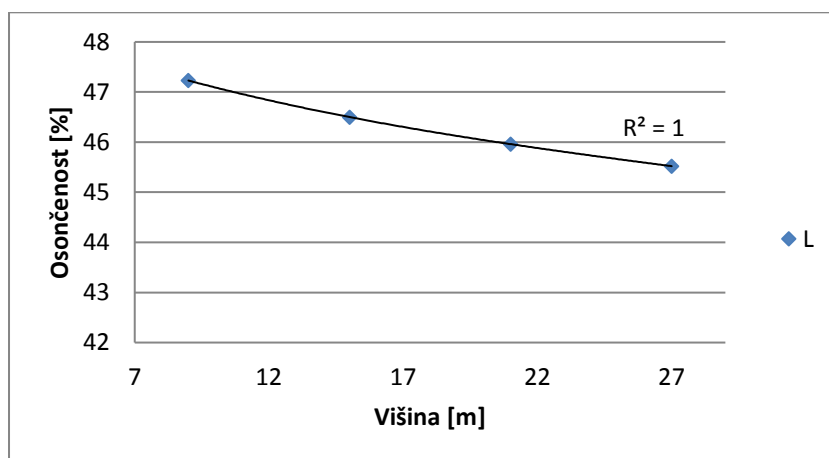
Največja razlika med minimalnim in maksimalnim dnevnim številom ur je bila 5,9 h pri fasadah št. 8 in 9, najmanjša pa 3,2 h pri fasadah št. 2 in 6 (Preglednica 8).

4.1.2.6 Model stavbe s tlorisom v obliki črke L

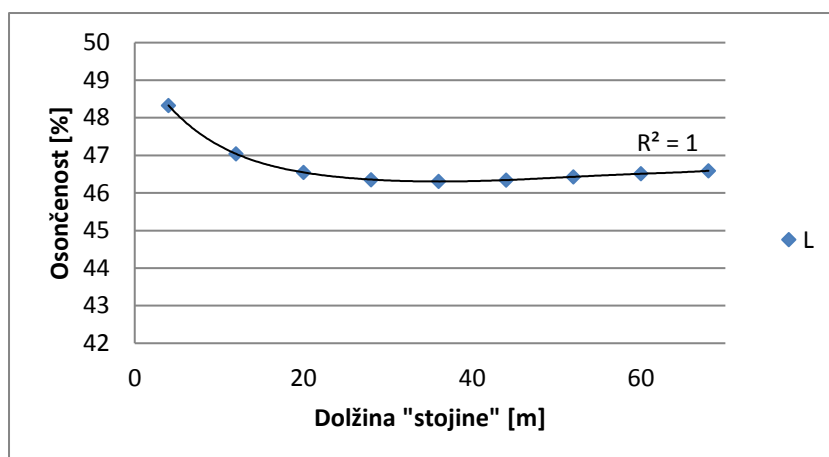
Rezultate za stavbo z obliko L sem prikazal grafično z barvno skalo, ki prikazuje število ur, ko je bila površina osončena, in odstotek, ki ga te ure predstavljajo od vseh ur, ko je sonce nad obzorjem (Slika 46). Sledita grafa povprečne osončenosti celotne fasadne površine pri spreminjanju višine stavbe (Slika 47) in pri spreminjanju tlorisnih dimenzij (Slika 48). Na sliki 49 sem prikazal osončenost vseh fasad stavbe z obliko L pri spreminjanju višine modela. Nazadnje sem podal še minimalno in maksimalno dnevno število ur ter celotno število ur osončenosti za vse fasade pri višini stavbe 9 m (Preglednica 8).



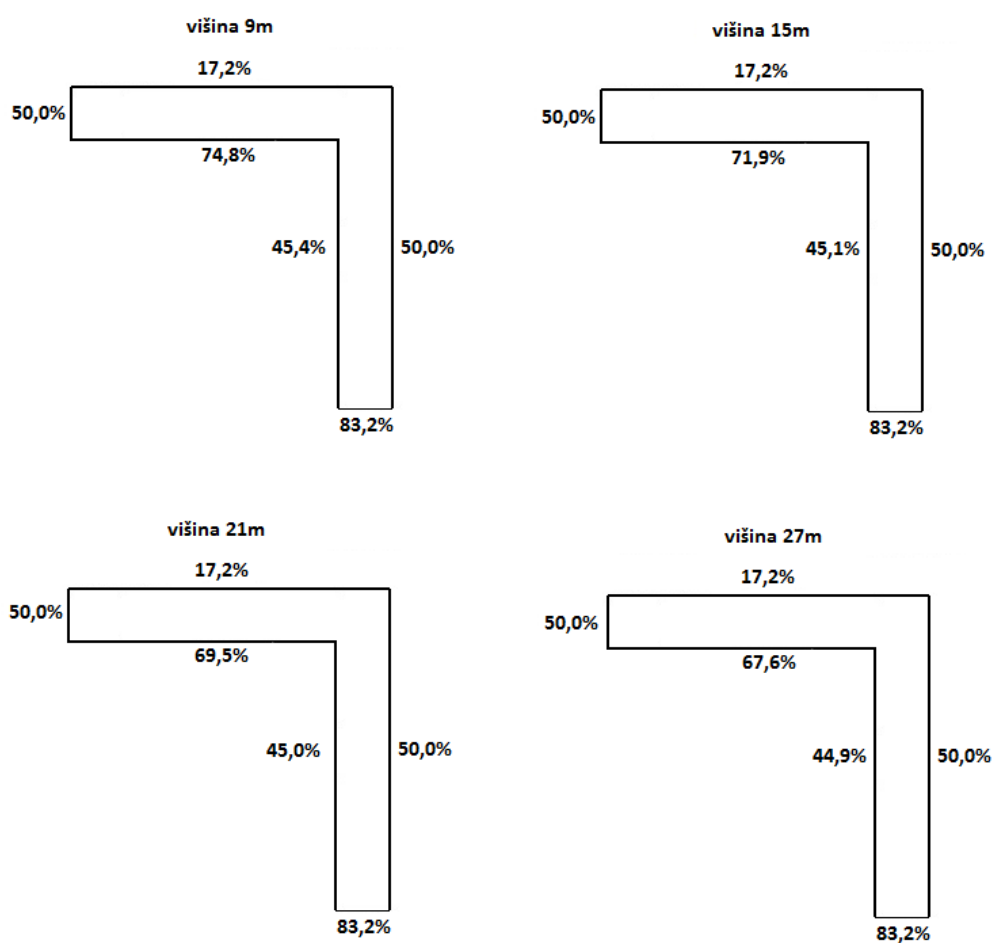
Slika 47: Osončenost modela L pri 9 m višine



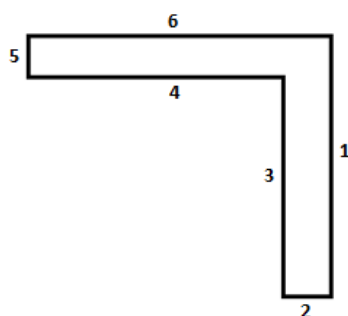
Slika 48: Trend spreminjanja osončenosti modela L pri različnih višinah



Slika 49: Trend spreminjanja osončenost modela L pri različnih dolžinah »stojine«



Slika 50: Odstotek letne osončenosti fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke L



Slika 51: Oznaka fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke L

Preglednica 9: Minimalno in maksimalno dnevno število ur osončenosti ter vsota ur osončenosti za obdobje 1 leta za model stavbe s tlorisom v obliki črke L pri 9 m višine

št. fasade	min [h]	max [h]	Σ [h]
1	4,2	7,8	2200,7
2	8,4	12,0	3662,0
3	4,2	7,6	1998,2
4	6,8	11,2	3292,2
5	4,2	7,8	2200,7
6	0,0	6,6	757,0

Komentar rezultatov:

Pri višanju modela stavbe se njena osončenost ves čas poslabšuje in sicer ta znaša 47,23 % pri 9 m višine, 46,50 % pri 15 m, 45,96 % pri 21 m, končna osončenost pa je 45,01 % pri 27 m višine (Slika 47). Razlike v celotni osončenosti modela med posameznimi koraki od začetne do končne višine znašajo po vrsti: 0,73, 0,54 in 0,44 odstotne točke (Slika 47). Povišanje stavbe ima največji vpliv v prvem koraku, nato pa se ta vpliv postopno zmanjšuje.

Z višanjem modela se spreminja osončenost notranjih dveh fasad stavbe (fasad, ki senčita druga drugo). Končna osončenost na jug orientirane fasade modela znaša 67,57 %, kar ob začetni osončenosti 74,79 %, pomeni zmanjšanje za 7,22 odstotne točke glede na izhodiščno varianto z višino modela 9 m (Slika 49). Na zahod orientirani steni modela pa se osončenost z začetnih 45,38 % zmanjša na 44,86 %, kar predstavlja zmanjšanje za 0,52 odstotne točke (Slika 49).

Ko sem ugotavljal vpliv spreminjanja dolžine južnega dela stavbe, tako da sem jo podaljševal od 4 m do 68 m, se je pokazalo, da se najprej s podaljševanjem celotna osončenost modela poslabša, po določeni dolžini pa se začne osončenost počasi izboljševati. Tako pri korakih od dolžine 4 m do 36 m osončenost pada za 1,29; 0,49; 0,20 in 0,04 odstotne točke, nato pa po korakih narašča za 0,03, 0,09, 0,08 in 0,08 odstotne točke (Slika 48).

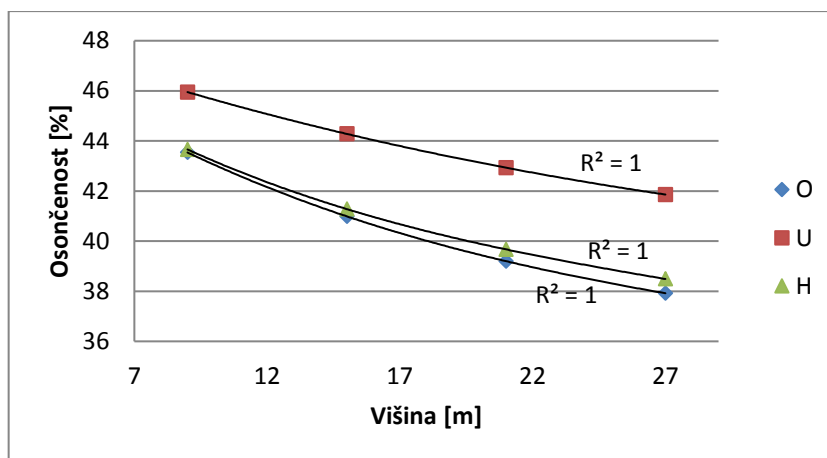
Na jug orientirana fasada modela je v začetni varianti pri dolžini »stojine« 4 m osončena 78,95 % vsega možnega časa, nato osončenost po korakih pada za 3,38, 1,71, 1,02, 0,61, 0,26 in 0,08 odstotne točke, nato se ustali pri 71,85 % osončenosti (Slika 48). Pri analizi vpliva spreminjanja dolžine tlorisnih dimenzij se minimalno spremeni samo še osončenost na zahod orientirane fasade »stojine«, in sicer se ji osončenost poveča z začetnih 41,38 % na končnih 45,37 % (Slika 48). Preostale fasade imajo ves čas enako osončenost.

Iz rezultatov lahko sklepamo, da ima v prvih korakih na skupno spremembo osončenosti večji vpliv poslabšanje osončenosti južne fasade »flanže«. Po dolžini »stojine« 36 m pa prevlada boljša osončenost zahodne fasade »stojine«, kar prinese boljšo celotno osončenost modela.

Največja razlika med minimalnim in maksimalnim dnevnim številom ur je bila 6,6 h pri fasadi št. 6, najmanjša pa 3,3 h pri fasadi št. 3 (Preglednica 9).

4.1.3 Primerjava rezultatov

4.1.3.1 Primerjava rezultatov za stavbe s tlorisi v obliki črk O, U, H

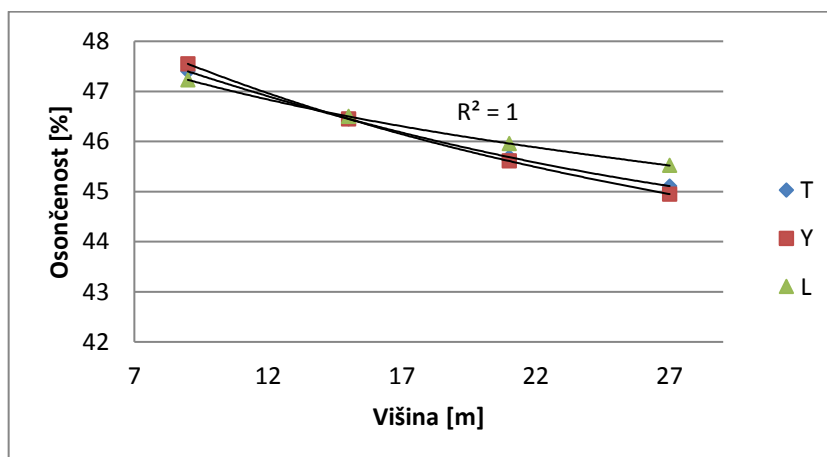


Slika 52: Osončenost stavb O, U in H pri različnih višinah

Zaradi podobnosti tlorisa in iz tega izhajajočih podobnosti v rezultatih sem medsebojno primerjal spreminjanje osončenosti modelov O, U in H. Pri začetni višini 9 m je precej boljše osončena stavba s tlorisom v obliki črke U. Takrat znaša njena osončenost 45,95%, medtem ko je pri preostalih dveh tlorisnih oblikah skoraj identična, saj pri stavbi v obliki H znaša 43,66 %, pri stavbi v obliki črke O pa 43,54 % (Slika 51).

S poviševanjem modelov se vsem trem stavbam osončenost zmanjšuje, vendar ne vsem enako. Najmanj se poslabša osončenost stavbe v obliki črke U, nato stavbi v obliki H, najbolj strmo pa osončenost pada stavbi v obliki črke O. Tudi pri končni višini 27 m je najboljše osončena stavba v obliki U z 41,86 % vse možne osončenosti. Na drugem mestu je stavba v obliki črke H z 38,49 % na tretjem mestu pa stavba z obliko O s 37,92 % vse možne osončenosti. Razlika med osončenostjo med stavbama U in O pri 9 m višine znaša 2,41 odstotne točke, pri 27 m višine pa 3,94 odstotne točke (Slika 51).

4.1.3.2 Primerjava rezultatov za stavbe s tlorisi v obliki črk T, Y, L



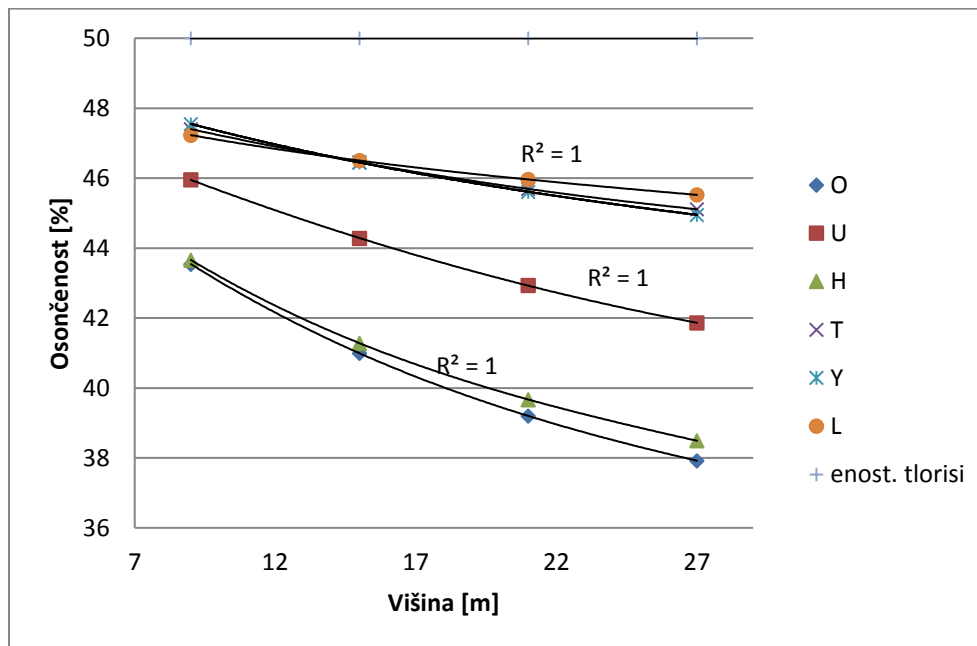
Slika 53: Osončenost stavb T, Y in L pri različnih višinah

Med seboj sem posebej primerjal tudi stavbe z obliko tlorisa v obliki črk T, Y in L. V izhodiščni varianti so razlike v osončenosti majhne. Najbolje je osončena stavba s tlorisom Y s 47,55 %, sledi ji stavba s tlorisom T s 47,40 %, najslabše pa se odreže stavba s tlorisom v obliki črke L s 47,23 % (Slika 52).

Z višanjem modelov se osončenost vsem trem modelom poslabšuje, vendar različno intenzivno. Tako so stavbe glede osončenosti pri višini 15 m skoraj izenačene, saj so vse znotraj 0,10 odstotne točke. Pri končni višini 27 m pa je najbolje osončena stavba v obliki črke L s 45,52 %, sledi ji stavba z obliko T s 45,11 %, najslabše pa je osončena stavba z obliko črke Y s 44,95 % (Slika 52).

Stavba v obliki črke L je v začetni varianti najslabše osončena, v končni pa najbolje. Stavba z obliko Y pa nasprotno v izhodiščni variante najboljše, v končni pa najslabše. Iz rezultatov vidimo, da se osončenost s spreminjanjem višine najmanj poslabša modelu stavbe v obliki črke L (za 1,71 odstotne točke), najbolj pa modelu v obliki črke Y (za 2,6 odstotne točke, Slika 52).

4.1.3.3 Primerjava rezultatov za vse obravnavane stavbe pri spreminjanju višine stavb



Slika 54: Osončenost vseh preiskovanih stavb pri različnih višinah

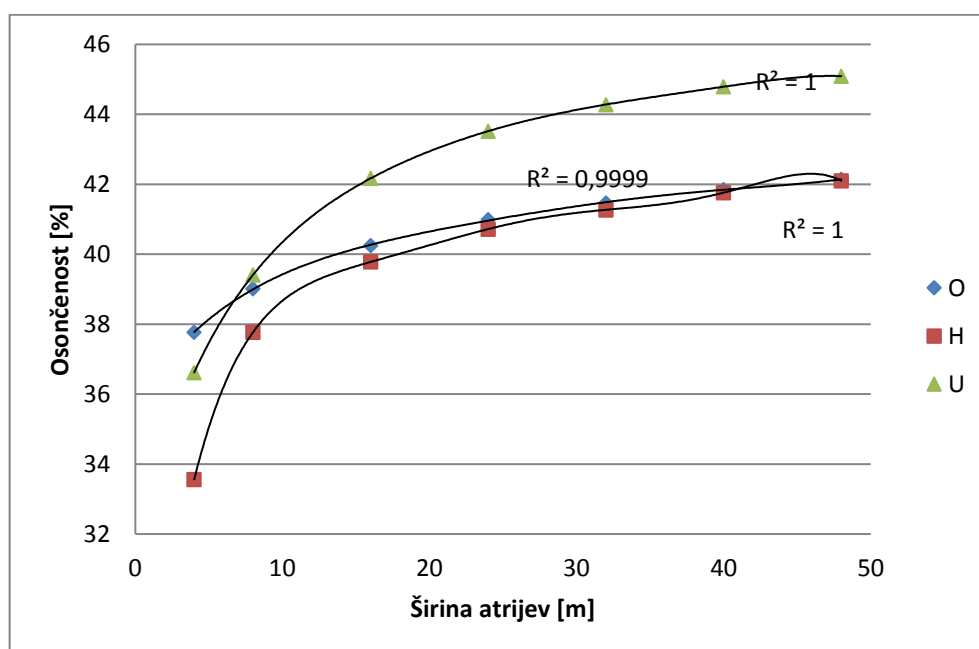
Višjo osončenost imajo pri vseh višinah stavbe z oblikami T, Y in L kot stavbe z oblikami O, U ter H. Razlike med skupino stavb T, Y in L niso izrazite, saj znašajo največ 0,57 odstotne točke. V primerjavi z referenčno 50,0 % osončenostjo, ki jo dosežejo stavbe s tlorisom kroga, kvadrata in pravokotnika, se pri višini 9 m razlikujejo od 2,45 do 2,77 odstotne točke, pri končni višini pa razlike narastejo na od 4,48 do 5,05 odstotne točke (Slika 53).

Vmesno osončenost doseže stavba s tlorisom v obliki črke U. Pri 9 m višine stavbe znaša njena osončenost 45,95%, razlika do referenčne vrednosti pa 5,05 odstotnih točk, pri višini 27 m pa ta razlika naraste na 8,14 odstotne točke (Slika 53).

Najslabšo osončenost dosežeta pri vseh višinah stavbi s tlorisoma v obliki O in H. Pri 9 m se od referenčne vrednosti odmakneta za 6,34 oziroma 6,46 odstotne točke, pri končni višini pa že za 11,51 in 12,08 odstotne točke (Slika 53).

Modeli s tlorisi v obliki kroga, kvadrata in pravokotnika imajo, ne glede na višino, vedno enako povprečno osončenost sten, in sicer 50,0 %. Stavbe s tlorisom Y, T in L imajo nekaj medsebojnega senčenja sten, ki se z njihovim višanjem povečuje. Najbolj osenčeni pa sta stavbi z obliko O in H, z višanjem modelov pa se pri njiju senčenje tudi najhitreje povečuje.

4.1.3.4 Primerjava stavb s tlorisom v obliki O, H in U pri spreminjanju dimenzij atrija



Slika 55: Osončenost modelov O, H in U pri različnih širinah atrijev

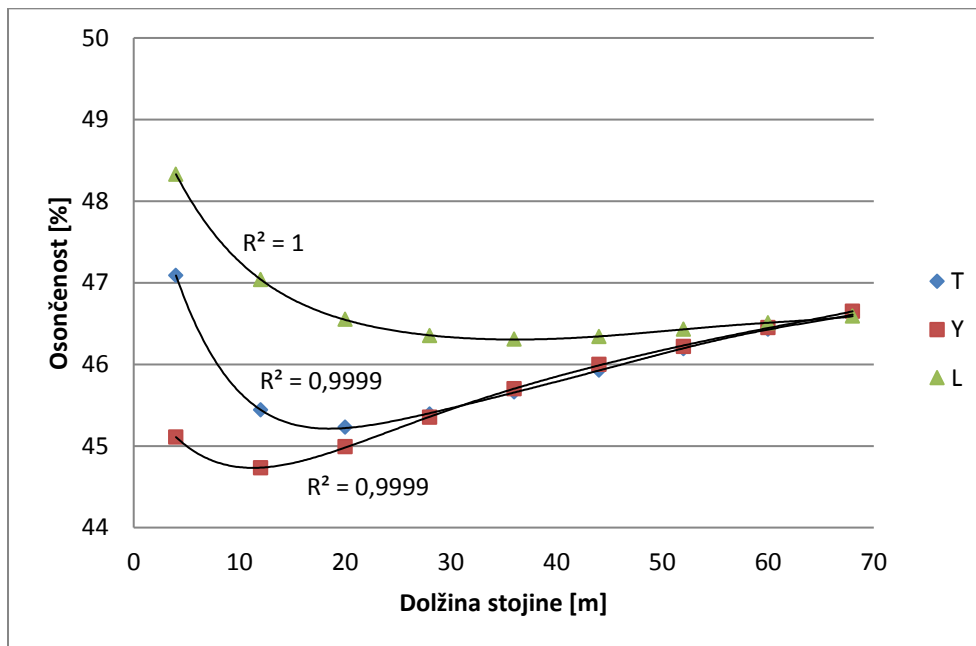
Komentar rezultatov:

Pri začetni širini atrija, ki znaša 4 m, je najboljše osenčena stavba s tlorisom v obliki črke O s 37,77 %, sledi ji stavba s tlorisom v obliki črke U s 36,62 %, najslabše pa je osenčena stavba v obliki črke H s 33,56 % (Slika 54).

Z razširitvijo atrija se osončenost precej bolj poveča stavbama z oblikama H in U, prvi za 8,54 odstotne točke, drugi pa za 8,47 odstotne točke. Stavbi s tlorisom v obliki črke O se osončenost od začetne do končne variante poveča le za 4,37 odstotne točke (Slika 54).

Na rezultate ima v tem primeru velik vpliv tudi neenakomerno spreminjanje volumna. Stavbama, ki imata v vsakem koraku približno enak volumen (H in U), se tudi osončenost podobno spreminja, medtem ko se stavbi z obliko O spreminja po povsem drugačni krivulji.

4.1.3.5 Primerjava stavb s tlorisom v obliki T, Y in L pri spreminjanju dimenzij »stojine«



Slika 56: Osončenost modelov T, Y in L pri različnih dolžinah »stojine«

Komentar rezultatov:

Pri začetni dolžini »stojine« 4 m je najboljše osončena stavba v obliki črke L z 48,33 %, sledi ji stavba z obliko T s 47,09 %, najslabše pa je osončena stavba z obliko Y s 45,11 % (Slika 55).

Stavbi Y se osončenost poslabšuje en »korak« (do dolžine »stojine« 12 m), ko poslabšanje znaša 0,38 odstotne točke. Stavbi T se čas trajanja sončnega obsevanja zmanjšuje dva »koraka« (do dolžine »stojine« 20 m) in znaša 1,86 odstotne točke, stavbi L pa se osončenost slabša štiri »korake« (do dolžine »stojine« 36 m) in znaša 1,74 odstotne točke (Slika 55).

V končni varianti pri dolžini »stojine« 68 m so vsi trije modeli osončeni približno enako dobro z razponom od 46,59 % do 46,61 %.

4.2 Analiza površinsko normiranega potenciala osončenosti

V dosedanjem poteku analize sem rezultate osončenosti fasadnih površin in modelov stavb prikazoval kot odstotke od vsega možnega letošnjega osončenja. V tem delu analize pa sem za določitev potenciala osončenosti vključil poleg omenjenih odstotkov letošnje osončenosti še površine fasadnih elementov. Modeli stavb imajo enake dimenzije kot v delu analize letošnje kumulativne osončenosti, v katerem sem modele analiziral s spreminjanjem višine (tudi v analizi površinsko normiranega potenciala osončenosti sem le-tega računal za enake višine modelov stavb, tj. 9 m, 15 m, 21 m in 27 m).

Površinsko normiran potencial osončenosti (v nadaljevanju tudi potencial osončenosti ali le kot potencial) sem računal kot brezdimenzijsko količino po naslednji enačbi:

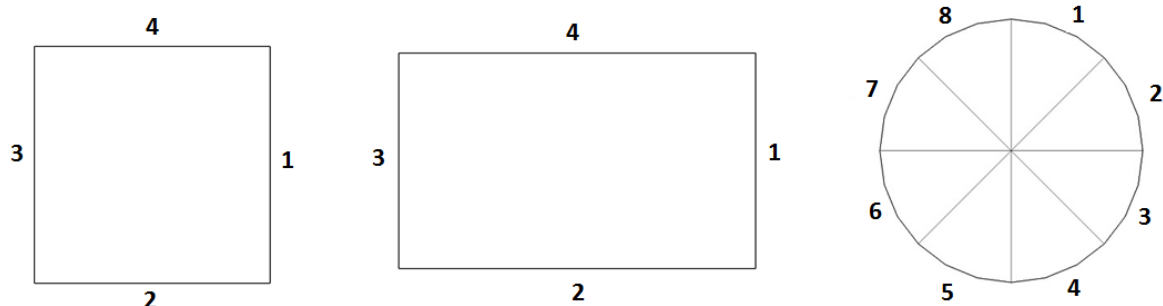
$$P = \sum_{i=1}^n (O_i \times S_i) , \quad (6)$$

kjer so:

- P ... površinsko normiran potencial osončenosti
- O ... letošnja kumulativna povprečna osončenost fasadne površine
- S ... površina fasadne površine
- n ... število fasadnih površin modela stavbe

V enačbi n predstavlja število upoštevanih fasadnih površin za posamezen model stavbe. Mejo, do katere sem določeno fasado še upošteval v analizi, sem postavil pri 17,5 % osončenosti, saj sem iz analize želel izločiti na sever orientirane fasadne površine. Po pregledu rezultatov sem mejo postavil pri omenjeni vrednosti. Ko sem mejo postavil, sem se je dosledno držal pri vseh modelih (tako so na primer pri stavbi s florisom v obliki kroga v analizo vključene vse fasadne površine, saj so imele vse višjo osončenost od 17,5 %). Fasadne površine, ki niso dosegle omenjene meje v analizi površinsko normiranega potenciala osončenosti, niso zajete.

4.2.1 Modeli stavb z enostavno florisno zasnovo



Slika 57: Oznake fasadnih površin modelov stavb z enostavno florisno zasnovo

Preglednica 10: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe s tlorisom v obliki kvadrata (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	288	50,0
2	288	83,2
3	288	50,0
4	288	17,2

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	480	50,0
2	480	83,2
3	480	50,0
4	480	17,2

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	672	50,0
2	672	83,2
3	672	50,0
4	672	17,2

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	864	50,0
2	864	83,2
3	864	50,0
4	864	17,2

Preglednica 11: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe s tlorisom v obliki pravokotnika (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	144	50,0
2	576	83,2
3	144	50,0
4	576	17,2

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	240	50,0
2	960	83,2
3	240	50,0
4	960	17,2

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	336	50,0
2	1344	83,2
3	336	50,0
4	1344	17,2

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	432	50,0
2	1728	83,2
3	432	50,0
4	1728	17,2

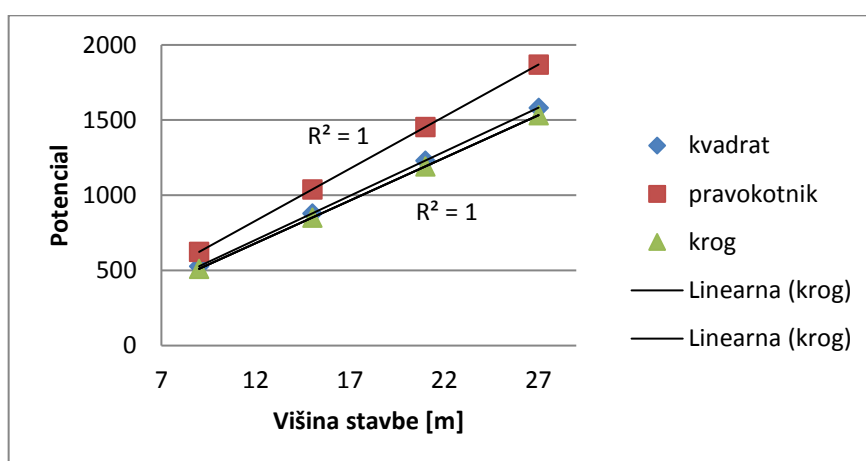
Preglednica 12: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe s tlorisom v obliki kroga

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	126,9	22,0
2	126,9	41,1
3	126,9	59,4
4	126,9	78,8
5	126,9	78,8
6	126,9	59,4
7	126,9	41,1
8	126,9	22,0

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	211,5	22,0
2	211,5	41,1
3	211,5	59,4
4	211,5	78,8
5	211,5	78,8
6	211,5	59,4
7	211,5	41,1
8	211,5	22,0

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	296,1	22,0
2	296,1	41,1
3	296,1	59,4
4	296,1	78,8
5	296,1	78,8
6	296,1	59,4
7	296,1	41,1
8	296,1	22,0

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	380,7	22,0
2	380,7	41,1
3	380,7	59,4
4	380,7	78,8
5	380,7	78,8
6	380,7	59,4
7	380,7	41,1
8	380,7	22,0



Slika 58: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga pri različnih višinah stavb

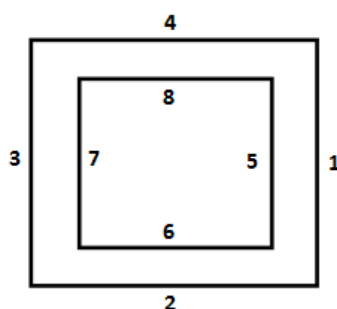
Komentar rezultatov:

Stavbama s tlorisoma v obliki kvadrata in pravokotnika pri analizi nisem upošteval fasadne površine št. 4 (Preglednici 10 in 11), tj. na sever orientiranih fasad. Stavbi s tlorisom v obliki kroga pa sem v

analizi upošteval vseh 8 fasadnih površin, saj je najmanjša osončenost fasad znašala 22,0 % (Preglednica 12). Najvišji potencial osončenosti ima pri vseh obravnavanih višinah stavba s tlorisom v obliki pravokotnika (pri višini 9 m znaša potencial 623,2, pri višini 27 m pa 1869,7) (Slika 57). Sledi ji stavba s tlorisom v obliki kvadrata (pri višini 9 m potencial 527,6, pri višini 27 m pa 1582,8), najnižji potencial ima stavba s tlorisom v obliki kroga (pri 9 m višine ima potencial 510,9, pri 27 m višine pa 1532,7) (Slika 57). Rezultat je bil pričakovan, saj ima stavba z obliko pravokotnika največjo južno fasado, ki je hkrati tudi najboljše osončena.

4.2.2 Modeli stavb s kompleksnimi tlorisnimi oblikami

4.2.2.1 Model stavbe s tlorisom v obliki črke O



Slika 59: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke O

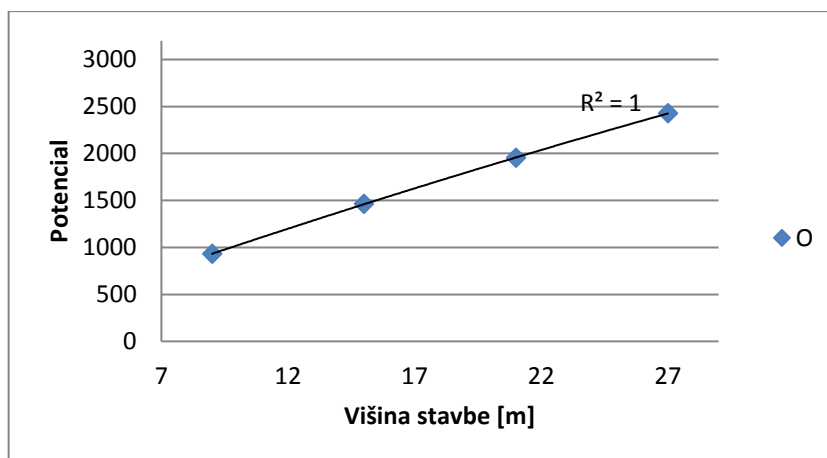
Preglednica 13: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke O (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	360	50,0
2	360	83,2
3	360	50,0
4	360	17,2
5	216	33,6
6	216	4,5
7	216	33,6
8	216	58,6

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	600	50,0
2	600	83,2
3	600	50,0
4	600	17,2
5	360	26,6
6	360	2,7
7	360	26,6
8	360	47,4

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	840	50,0
2	840	83,2
3	840	50,0
4	840	17,2
5	504	21,6
6	504	1,8
7	504	21,6
8	504	39,3

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1080	50,0
2	1080	83,2
3	1080	50,0
4	1080	17,2
5	648	17,9
6	648	1,4
7	648	17,9
8	648	33,3

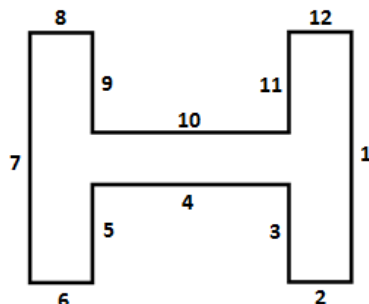


Slika 60: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke O pri različnih višinah stavbe

Komentar rezultatov:

Stavbi s tlorisom v obliki črke O pri analizi potenciala osončenosti nisem upošteval fasadnih površin št. 4 in 6, saj je bila njuna kumulativna osončenost pri 9 m višine 17,2 % oziroma 4,5 % (Preglednica 13). Potencial osončenosti stavbe z obliko črke O znaša pri 9 m višine 931,2, pri 15 m 1461,4, pri 21 m 1954,7 in pri 27 m višine 2426,3 (Slika 59).

4.2.2.2 Model stavbe s tlorisom v obliki črke H



Slika 61: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke H

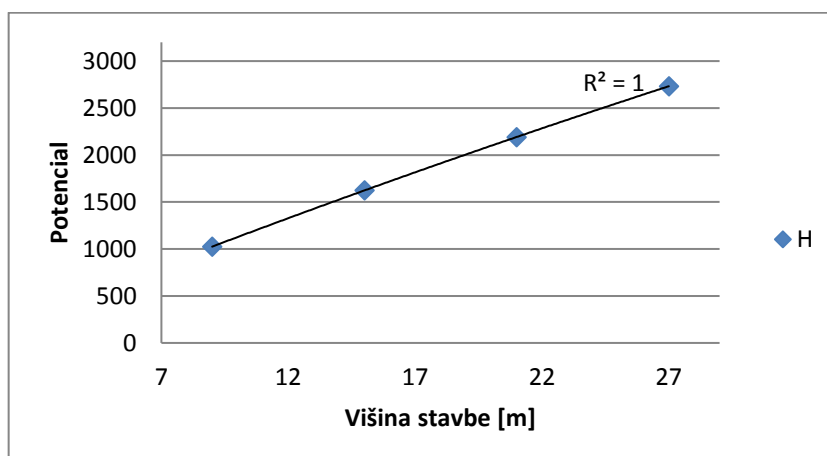
Preglednica 14: Upoštewane in neupoštewane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke H (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	432	50,0
2	72	83,2
3	180	44,8
4	288	63,6
5	180	44,8
6	72	83,2
7	432	50,0
8	72	17,2
9	180	35,6
10	288	5,8
11	180	35,6
12	72	17,2

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	720	50,0
2	120	83,2
3	300	42,9
4	480	56,7
5	300	42,9
6	120	83,2
7	720	50,0
8	120	17,2
9	300	29,3
10	480	3,67
11	300	29,3
12	120	17,2

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1008	50,0
2	168	83,2
3	420	41,3
4	672	51,8
5	420	41,3
6	168	83,2
7	1008	50,0
8	168	17,2
9	420	24,7
10	672	2,59
11	420	24,7
12	168	17,2

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1296	50,0
2	216	83,2
3	540	40,0
4	864	48,2
5	540	40,0
6	216	83,2
7	1296	50,0
8	216	17,2
9	540	21,2
10	864	2,0
11	540	21,2
12	216	17,2

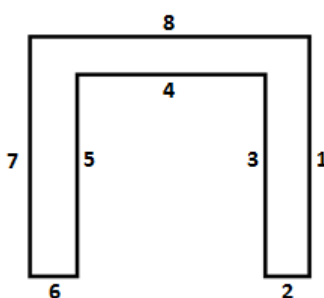


Slika 62: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke H pri različnih višinah stavbe

Komentar rezultatov:

Stavbi s tlorisom v obliki črke H pri analizi potenciala osončenosti nisem upošteval fasadnih površin št. 8, 10 in 12, saj je bila njihova kumulativna osončenost pri 9 m višine 17,2 %, 5,8 % in 17,2 % (Preglednica 14). Potencial osončenosti stavbe z obliko črke H znaša pri 9 m višine 1024,4, pri 15 m 1625,0, pri 21 m 2190,0 in pri 27 m višine 2732,8 (Slika 61).

4.2.2.3 Model stavbe s tlorisom v obliki črke U



Slika 63: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke U

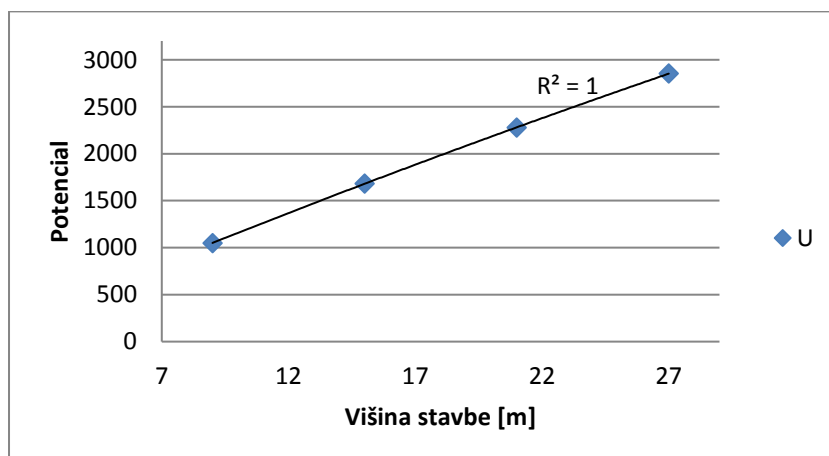
Preglednica 15: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke U (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	432	50,0
2	72	83,2
3	360	44,0
4	288	62,9
5	360	44,0
6	72	83,2
7	432	50,0
8	432	17,2

v=15	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	720	50,0
2	120	83,2
3	600	41,6
4	480	54,8
5	600	41,6
6	120	83,2
7	720	50,0
8	720	17,2

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1008	50,0
2	168	83,2
3	840	39,5
4	672	67,2
5	840	39,5
6	168	83,2
7	1008	50,0
8	1008	17,2

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1296	50,0
2	216	83,2
3	1080	37,8
4	864	44,1
5	1080	37,8
6	216	83,2
7	1296	50,0
8	1296	17,2

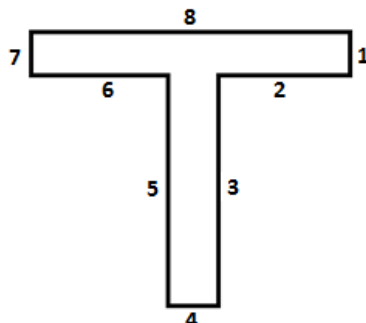


Slika 64: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke U pri različnih višinah stavbe

Komentar rezultatov:

Stavbi s tlorisom v obliki črke U pri analizi potenciala osončenosti nisem upošteval fasadne površine št. 8, saj je bila njena kumulativna osončenost pri 9 m višine enaka 17,2 % (Preglednica 15). Potencial osončenosti stavbe z obliko črke U znaša pri 9 m višine 1049,8, pri 15 m višine 1681,9, pri 21 m višine 2278,4 in pri 27 m višine 2852,9 (Slika 63).

4.2.2.4 Model stavbe s tlorisom v obliki črke T



Slika 65: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke T

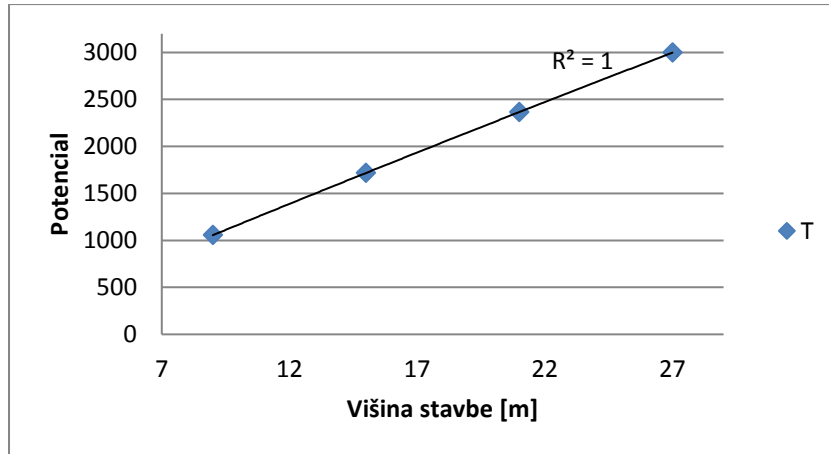
Preglednica 16: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke T (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	72	50,0
2	270	72,6
3	540	49,2
4	72	83,2
5	540	49,2
6	270	72,6
7	72	50,0
8	612	17,2

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	120	50,0
2	450	68,4
3	900	49,1
4	120	83,2
5	900	49,1
6	450	68,4
7	120	50,0
8	1020	17,2

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	168	50,0
2	630	65,2
3	1260	49,0
4	168	83,2
5	1260	49,0
6	630	65,2
7	168	50,0
8	1428	17,2

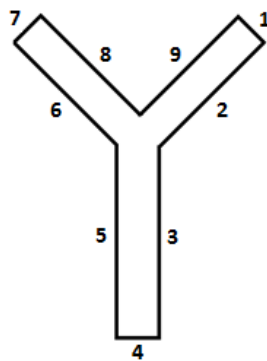
v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	216	50,0
2	810	62,7
3	1620	49,0
4	216	83,2
5	1620	49,0
6	810	62,7
7	216	50,0
8	1836	17,2



Slika 66: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke T pri različnih višinah stavbe

Komentar rezultatov:

Stavbi s tlorisom v obliki črke T pri analizi potenciala osončenosti nisem upošteval fasadne površine št. 8, saj je bila njena kumulativna osončenost pri 9 m višine enaka 17,2 % (Preglednica 16). Potencial osončenosti stavbe z obliko črke T znaša pri 9 m višine 1055,3, pri 15 m višine 1719,2, pri 21m 2364,1 in pri 27 m višine 2999,0 (Slika 65).

4.2.2.5 Model stavbe s tlorisom v obliki črke Y

Slika 67: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y

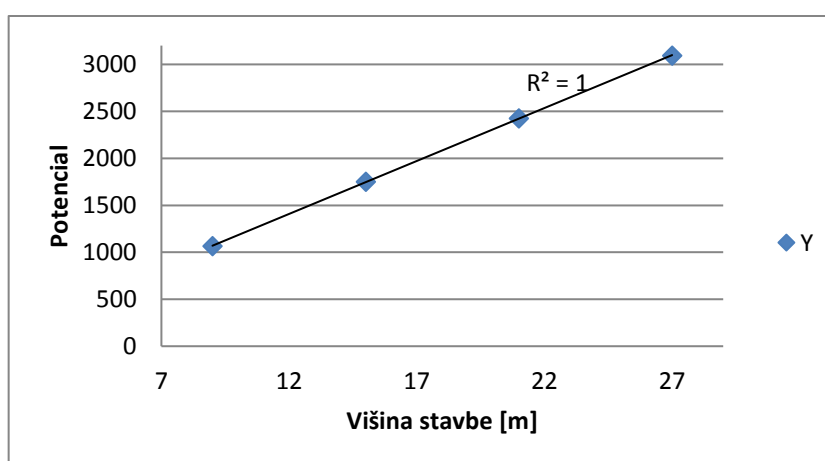
Preglednica 17: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke Y (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	72	37,7
2	288	71,3
3	540	50,0
4	72	83,2
5	540	50,0
6	288	71,3
7	72	37,7
8	288	17,1
9	288	17,1

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	120	37,7
2	480	68,9
3	900	50,0
4	120	83,2
5	900	50,0
6	480	68,9
7	120	37,7
8	480	14,9
9	480	14,9

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	168	37,7
2	672	67,0
3	1260	50,0
4	168	83,2
5	1260	50,0
6	672	67,0
7	168	37,7
8	672	13,2
9	672	13,2

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	216	37,7
2	864	65,5
3	1620	50,0
4	216	83,2
5	1620	50,0
6	864	65,5
7	216	37,7
8	864	12,0
9	864	12,0



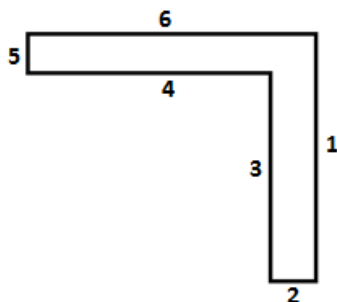
Slika 68: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke Y pri različnih višinah stavbe

Komentar rezultatov:

Stavbi s tlorisom v obliki črke Y pri analizi potenciala osončenosti nisem upošteval fasadnih površin št. 8 in 9, saj je bila njuna kumulativna osončenost pri 9 m višine enaka 17,1 % (Preglednica 17).

Potencial osončenosti stavbe z obliko črke Y znaša pri 9 m višine 1064,9, pri 15 m 1751,8, pri 21 m 2426,9 in pri 27 m višine 3094,4 (Slika 67).

4.2.2.6 Model stavbe s tlorisom v obliki črke L



Slika 69: Oznake fasadnih površin modela stavbe s tlorisom v obliki črke L

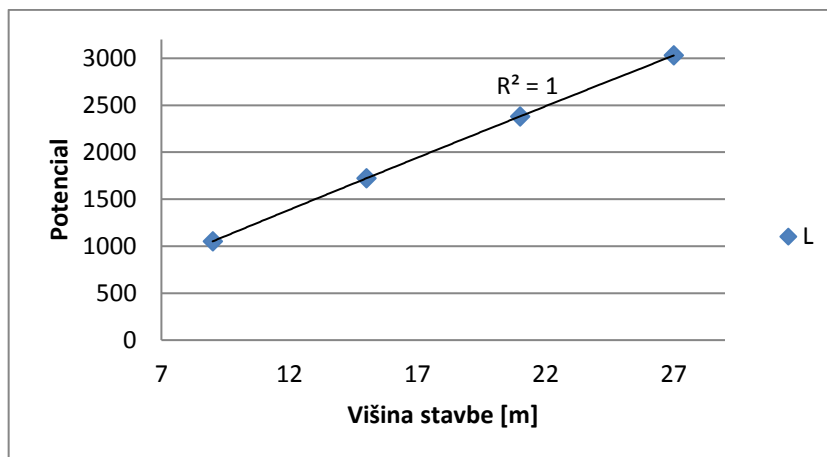
Preglednica 18: Upoštevane in neupoštevane fasade v računu potenciala in njihove osončenosti za primer stavbe v obliki črke L (z rdečo barvo so označene fasade, ki se v računu ne upoštevajo)

v=9m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	612	50,0
2	72	83,2
3	540	45,4
4	540	74,8
5	72	50,0
6	612	17,2

v=15m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1020	50,0
2	120	83,2
3	900	45,1
4	900	71,9
5	120	50,0
6	1020	17,2

v=21m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1428	50,0
2	168	83,2
3	1260	45,0
4	1260	69,5
5	168	50,0
6	1428	17,2

v=27m	Površina [m ²]	Osončenost [%]
1	1836	50,0
2	216	83,2
3	1620	45,0
4	1620	67,6
5	216	50,0
6	1836	17,2



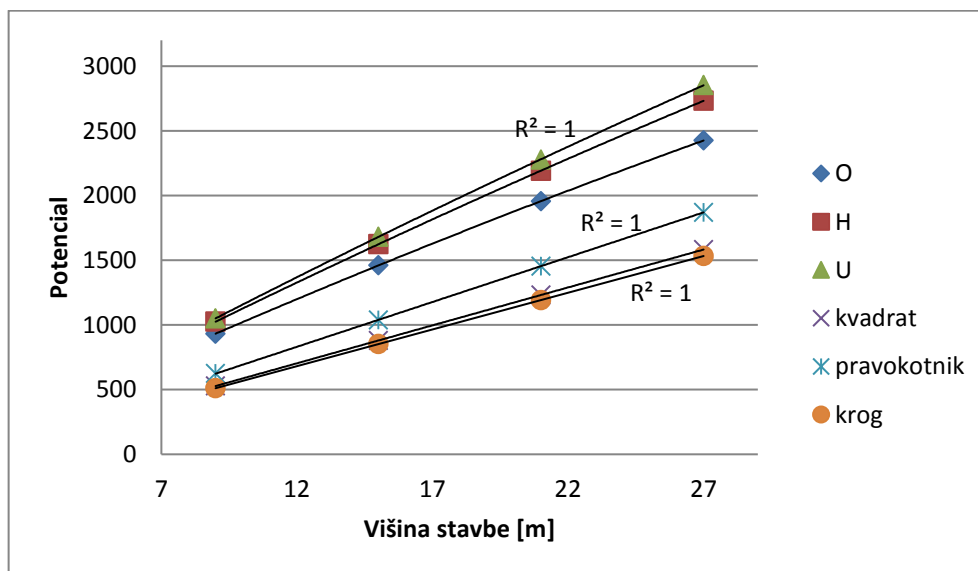
Slika 70: Potencial osončenosti stavbe s tlorisom v obliki črke L pri različnih višinah stavbe

Komentar rezultatov:

Stavbi s tlorisom v obliki črke L pri analizi potenciala osončenosti nisem upošteval fasadne površine št. 6, saj je bila njena kumulativna osončenost pri 9 m višine enaka 17,2 % (Preglednica 18). Potencial osončenosti stavbe z obliko črke L znaša pri 9 m višine 1051,0, pri 15 m višine 1722,8, pri 21 m višine 2380,5 in pri 27 m višine 3029,8 (Slika 69).

4.2.3 Primerjava rezultatov

4.2.3.1 Primerjava rezultatov za modele stavb s tlorisom v obliki črk O, H in U



Slika 71: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki O, H in U v primerjavi s potencialom stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga

Komentar rezultatov:

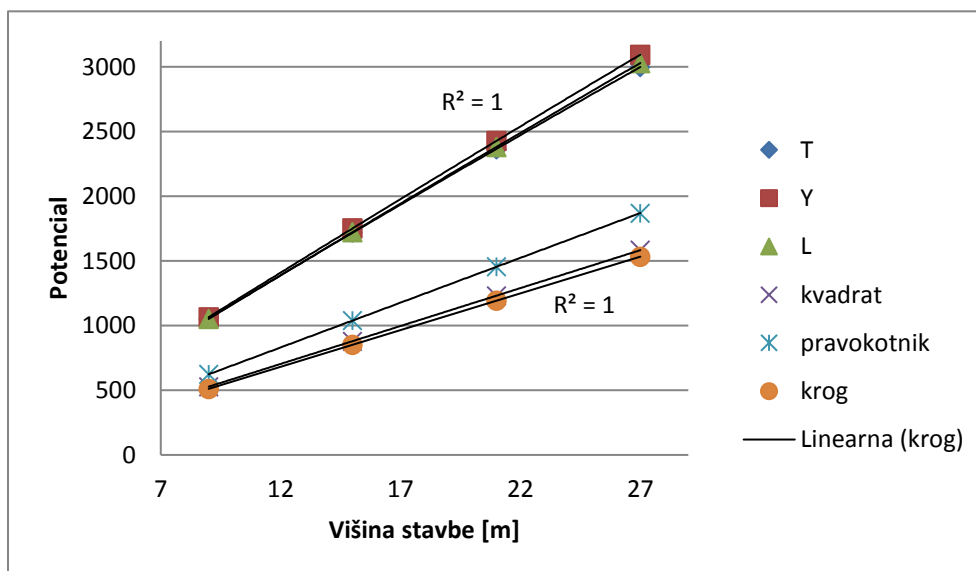
Pri višini 9 m ima največ, in sicer 1049,8 potenciala stavba s tlorisom v obliki črke U, sledi ji stavba s tlorisom v obliki črke H s 1024,4 in nato z 931,2 stavba s tlorisom v obliki črke O. Vse tri imajo bistveno večji potencial kot referenčna oblika stavbe s tlorisom z obliko kvadrata s potencialom 527,6

in stavba s tlorisom v obliki pravokotnika s potencialom 623,2 (Slika 70). Stavba s tlorisom v obliki črke U ima za 99,0 % višji potencial kot stavba s tlorisom v obliki kvadrata in 68,5 % višji kot stavba s tlorisom v obliki pravokotnika. Razlika med stavbama z oblikama tlorisov U in O pa pri tej višini znaša 12,7 % (Slika 70).

Z višanjem stavb se potencial seveda povečuje. Trend povečevanja je skoraj linearen, saj prevladuje povečanje potenciala zaradi večanja površin fasade. Manjši vpliv, ki povzroči, da povečanje ni linearno, je zmanjšanje potenciala zaradi slabše povprečne osončenosti določenih fasad. Osončenost se nekaterim fasadnim delom zmanjša zaradi večjega medsebojnega senčenja. Povsem linearen trend povečevanja potenciala imata seveda stavbi s tlorisom v obliki kvadrata in pravokotnika, saj nimata lastnega senčenja.

Pri končni opazovani višini modelov ima prav tako najvišji potencial stavba s tlorisom v obliki črke U z 2852,9. Na drugem mestu je z 2732,8 stavba s tlorisom v obliki črke H, na tretjem mestu pa z 2426,3 stavba s tlorisom v obliki črke O. Veliko nižji potencial imata s 1582,8 in 1869,7 stavbi s tlorisom v obliki kvadrata oziroma pravokotnika. Stavba z obliko U ima za 80,2 % višji potencial kot stavba z obliko kvadrata in 52,6 % višji kot stavba z obliko pravokotnika. Razlika med stavbama s tlorisnima oblikama U in O pa pri tej višini znaša 17,6 % (Slika 70). Razlika med stavbami s kompleksnimi in enostavnimi oblikami tlorisov se z višanjem občutno manjša, medtem ko nasprotno med samimi kompleksnimi oblikami narašča. Razlika med stavbo s tlorisno obliko črke U in stavbo s tlorisno obliko kvadrata se je med začetno in končno višino zmanjšala za 18,8 odstotnih točk, med stavbo s tlorisno obliko črke U in stavbo s tlorisno obliko pravokotnika pa za 15,9 odstotnih točk. Razlika med stavbama s tlorisnima oblikama U in O se je povečala za 4,9 odstotne točke (Slika 70).

4.2.3.2 Primerjava rezultatov za modele stavb s tlorisom v obliki črk T, Y in L



Slika 72: Potencial osončenosti stavb s tlorisom v obliki T, Y in L v primerjavi s potencialom stavb s tlorisom v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga

Komentar rezultatov:

Pri višini 9 m ima največ, in sicer 1064,9 potenciala osončenosti stavba s tlorisom v obliki črke Y, sledi ji stavba s tlorisom v obliki črke T s 1055,3 in nato s 1051,0 stavba s tlorisom v obliki črke L (Slika 71) Vse tri imajo bistveno več potenciala od referenčnih oblik stavbe z obliko kvadrata s potencialom 527,6

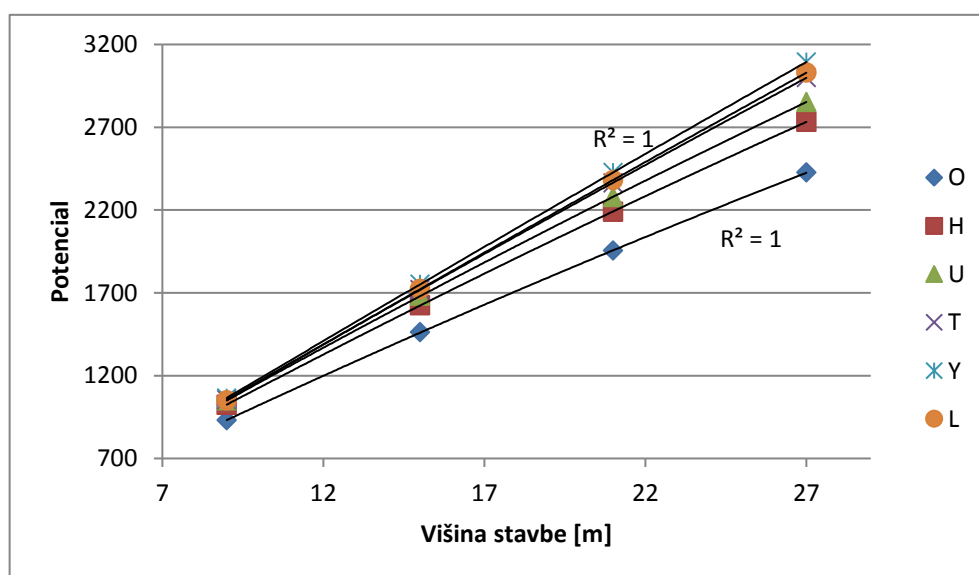
in stavbe z obliko pravokotnika s potencialom 623,2 (Slika 71). Stavba s tlorisom v obliki Y ima za 101,8 % višji potencial kot stavba s tlorisom v obliki kvadrata in 70,9 % višji kot stavba s tlorisom v obliki pravokotnika. Razlika med stavbama z oblikama Y in T pri tej višini znaša 0,9 %, med stavbama z oblikama Y in L pa 1,3 % (Slika 71).

Z višanjem stavb se seveda tudi potencial osončenosti povečuje, saj imamo po vsakem koraku veliko večje fasadne površine. So si pa stavbe s tlorisi v obliki črk T, Y in L bolj podobne pri vrednostih površinsko normiranega potenciala osončenosti kot stavbe s tlorisi v obliki črk O, H in U (Slika 71).

V končni opazovani višini modelov ima prav tako najvišji potencial osončenosti stavba s tlorisom v obliki črke Y s 3094,4. Sledi s 3029,8 stavba s tlorisom v obliki črke L, nato pa s potencialom osončenosti 2999,0 sledi še stavba s tlorisom v obliki črke T. Veliko nižji potencial imata s 1582,8 in 1869,7 stavbi s tlorisom v obliki kvadrata oziroma pravokotnika. Stavba z obliko Y ima za 95,5 % višji potencial kot stavba z obliko kvadrata in 65,5 % višji kot stavba z obliko pravokotnika. Razlika med stavbama z oblikama Y in T pri tej višini znaša 3,2 %, med stavbama Y in L pa 2,1 % (Slika 71).

Razlika med stavbami s kompleksnimi in enostavnimi oblikami tlorisov se z višanjem stavb občutno manjša, medtem ko nasprotno med samimi kompleksnimi oblikami narašča. Razlika med stavbo z obliko Y in stavbo z obliko kvadrata se je med začetno in končno višino zmanjšala za 6,3 odstotne točke, med stavbo z obliko Y in stavbo z obliko pravokotnika pa za 5,4 odstotne točke. Razlika med stavbama s tlorisi v obliki črk Y in T se je povečala za 2,3 odstotne točke, med stavbama s tlorisi v obliki črk Y in L pa za 0,8 odstotne točke (Slika 71).

4.2.3.3 Primerjava rezultatov analize potenciala osončenosti med modeli stavb s tlorisom v obliki črk O, H in U ter med modeli stavb s tlorisom v obliki T, Y in L



Slika 73: Potential osončenosti stavb s tlorisom v obliki O, H in U v primerjavi s potencialom stavb s tlorisom v obliki T, Y in L

Komentar rezultatov:

Stavbe s tlorisi v obliki črk T, Y in L imajo pri vseh višinah višji potencial kot stavbe s tlorisi v obliki črk O, H in U. Pri višini 9 m ima s 1064,9 najvišji potencial med vsemi stavba s tlorisom v obliki črke Y. S 1055,3 in 1051,0 ji sledita stavbi s tlorisoma v obliki črk T in L. Podoben rezultat ima s 1049,8 še

stavba s tlorisom v obliki črke U. Precej slabši potencial ima s 1024,4 stavba s tlorisom v obliki črke H. Najnižji potencial ima z 931,2 stavba s tlorisom v obliki črke O (Slika 72).

Pri višini 27m ima s 3094,4 najvišji potencial spet stavba s tlorisom v obliki črke Y. Na drugem mestu je s 3029,8 stavba s tlorisom v obliki L pred stavbo s tlorisom v obliki T z 2999,0. Nato sledijo s potenciali 2852,9; 2732,8 in 2426,3 še stavbe s tlorisi U, H in O (Slika 72).

Potenciali z višanjem stavb ne naraščajo vsem enako, ampak stavbam s tlorisi v obliki T, Y in L narašča bolj izrazito kot stavbam s tlorisi v obliki O, H in U. Potencial stavbe z obliko O doseže 87,4 % potenciala stavbe z obliko Y pri 9 m višine, medtem ko pri višini 27 m doseže le še 78,0 %. Podobno potencial stavbe z obliko U pri 9 m višine doseže 98,6 % potenciala stavbe z obliko Y, pri višini 27 m pa 92,2 %.

5 DISKUSIJA

Izbrane modele stavb sem medsebojno primerjal glede na njihovo celoletno kumulativno osončenost in glede na njihovo površinsko normirano osončenost, pri kateri najslabše osončenih fasadnih površin v računu osončenosti nisem upošteval.

Na osončenost stavb po prvi metodi vpliva le nasebno senčenje posamezne stavbe oziroma osončenost stavbe je tem višja, kolikor manj ima nasebnega senčenja. Po tej metodi imajo izbrane stavbe z enostavnimi tlorisnimi oblikami najvišjo možno povprečno osončenost zunanjega vertikalnega ovoja, ki znaša 50,0 %. Omenjene stavbe nimajo nasebnega senčenja, zato se jim osončenost ne zmanjšuje niti s povečevanjem višine stavb. Vse stavbe s kompleksnimi tlorisnimi zasnovami imajo povprečne osončenosti zunanjega ovoja nižje (pri 9 m višine stavb med 43,54 % in 47,55 %, pri 27 m višine stavb pa med 37,92 % in 45,52 %). Iz primerjave rezultatov po tej metodi lahko ugotovimo, katera stavba ima višjo stopnjo nasebnega senčenja in katera nižjo.

Primerjava stavb po njihovih vrednostih površinsko normiranega potenciala nam pokaže drugačno sliko. Po tej metodi imajo najvišje vrednosti stavbe iz skupine T, Y in L (potencial od 1051,0 do 1064,9), sledi jim stavba z obliko U (potencial 1049,8), stavbi z oblikama H in O (potenciala 1024,4 oziroma 1024,4), najnižje potenciala osončenosti pa imajo stavbe s tlorisi kvadrata, pravokotnika in kroga (527,6; 623,2 in 510,9). Naštete vrednosti veljajo za višino stavb 9 m, podobne ugotovitve pa sledijo tudi iz primerjave potencialov osončenosti na drugih višinah stavb. Na potencial osončenosti vpliva poleg povprečne osončenosti posameznih fasad stavbe tudi njihova površina. Po tej metodi so torej najboljše ocenjene stavbe, ki imajo ob danem volumnu, čim večjo površino in čim večjo povprečno osončenost zunanjega vertikalnega ovoja.

Bolj primeren način za vrednotenje osončenosti stavb je ocenjevanje po njihovem površinsko normiranem potencialu, saj je zelo pomembno, da se pri medsebojni primerjavi različnih modelov upošteva tudi površina zunanjega ovoja ob danem volumnu stavbe. Če bi stavbe vrednotili samo po celoletni kumulativni osončenosti, bi se izkazale kot zelo dobre tiste stavbe, ki imajo ob danem volumnu zelo majhno ali celo minimalno površino zunanjega ovoja. Pri takšnih stavbah bi zelo težko zagotovili dobre bivalne pogoje v notranjih prostorih, saj bi lahko le omejen del prostorov imel stik z zunanostjo in sončno svetlobo. Tudi pri izkoriščanju sončnega sevanja v energetske namene je pomembna čim večja površina zunanjega ovoja stavbe, saj lahko predpostavimo, da bi večja površina enako osončene fasade nudila večji potencial za izkoriščanje sončnega sevanja.

Izmed obravnavanih stavb je tako z gledišča površinsko normirane osončenosti najboljša stavba s tlorisom v obliki črke Y, saj ima najvišji površinsko normiran potencial pri vseh obravnavanih višinah modelov. Tudi pri celoletni kumulativni osončenosti je pri višini stavb 9 m in 15 m najboljše osončena, pri višini stavb 21 m in 25 m pa je le malenkostno slabše osončena od stavb s tlorisom v obliki T in L. Stavbi z oblikama črk T in L sta malo slabši, a povsem primerljivi s stavbo z obliko črke Y. Sledijo stavbe s tlorisi z oblikami črk U, H in O, najslabše z gledišča osončenosti pa so stavbe s tlorisi v obliki kvadrata, pravokotnika in kroga.

6 ZAKLJUČEK

V svojem diplomskem delu sem proučeval osončenost modelov stavb z devetimi različnimi tlorisnimi oblikami (kvadrat, pravokotnik, krog, O, H, U, T, Y in L). Spreminjal sem jim višino in nekatere vnaprej določene tlorisne dimenzije zato, da sem dobil čim več informacij o vplivih na osončenost posameznih modelov stavb. Osončenost modelov sem določal kot celoletno kumulativno osončenost in kot površinsko normirano osončenost. Kot primernejši način za ocenjevanje (primerjavo) različnih stavb se je izkazal drugi način (s površinsko normirano osončenostjo), saj upošteva tudi večjo površino zunanjega ovoja stavbe in s tem daje bolj smiselne rezultate, medtem ko pri prvem načinu (s celoletno kumulativno osončenostjo) večja površina fasad ne vpliva na boljše rezultate osončenosti. Prvi način je primeren za preverjanje, kako na osončenost modela stavbe vpliva sprememba nekaterih njegovih dimenzij (npr. njegove višine).

S primerjavo celoletne kumulativne osončenosti različnih modelov stavb sem prišel do ugotovitev, da se je vsem stavbam s kompleksno tlorisno zasnovo ob večanju višine stavb osončenost slabšala (višji kot so bili modeli, slabša je bila osončenost – pri višini stavb 9 m je bila osončenost stavb med 43,5 % in 47,55 %, pri višini stavb 27 m pa je bila osončenost med 37,9 % in 45,9 %). Razlog je v tem, da višje fasade bolj senčijo sosednje fasadne površine. Pri stavbah z enostavno tlorisno zasnovo tega učinka ni bilo, pri vseh višinah stavb je osončenost ostala enaka maksimalni možni, tj. 50,0 %. Razlog je v tem, da tovrstne stavbe nimajo nasebnega senčenja. Pri spreminjanju tlorisnih dimenzij stavb s tlorisom v obliki O, H in U (v primeru skupine stavb O, H in U je bilo to večanje razmika med zahodno in vzhodno fasadno površino, kot je prikazano v poglavju 3.3) se je pokazalo, da se je osončenost s povečanjem razmika vsem stavbam povečala (pri razmiku 4 m je bila osončenost stavb med 33,6 % in 37,8 %, pri razmiku 48 m pa med 42,1 % in 45,1 %). Pri spreminjanju tlorisnih dimenzij stavb s tlorisom v obliki T, Y in L (v primeru skupine stavb T, Y in L je bilo to daljšanje »stojine«, kot je prikazano v poglavju 3.3) se je osončenost nekaj korakov daljšanja »stojine« slabšala, nato pa se je z nadaljnjim daljšanjem le še povečala (stavba z obliko črke T ima pri dolžini »stojine« 4 m osončenost 47,1 %, pri dolžini 20 m osončenost 45,2 % in pri dolžini 68 m osončenost 46,6 %; stavba z obliko črke Y ima pri dolžini »stojine« 4 m osončenost 45,1 %, pri dolžini 12 m osončenost 44,7 % in pri dolžini 68 m osončenost 46,7 %; stavba z obliko črke L pa pri dolžini »stojine« 4 m osončenost 48,3 %, pri dolžini 36 m osončenost 46,3 % in pri dolžini 68 m osončenost 46,6 %). To se zgodi, ker sprva daljša »stojina« več doprinese k večjemu senčenju modela, nato pa nad senčenjem prevlada dobra osončenost relativno velikih površin »stojine« in nadaljnje daljšanje »stojine« povzroči vedno boljše osončenost modelov. Dolžina »stojine«, ko se obrat zgodi, pa je pri vsakem od modelov stavb različen (pri stavbi z obliko T je 20 m, pri stavbi z obliko Y 12 m in pri stavbi z obliko L 36 m). S temi rezultati se je potrdila moja domneva, da s spreminjanjem dimenzij modelov stavb lahko vplivamo na njihovo osončenost.

S primerjavo površinsko normiranega potenciala osončenosti različnih modelov stavb se je pokazalo, da imajo najnižjega stavbe z enostavnimi tlorisnimi oblikami, torej tiste stavbe, ki imajo sicer najboljšo celoletno kumulativno osončenost (stavba z obliko kvadrata ima normiran potencial pri 9 m višine stavbe 527,6, stavba z obliko pravokotnika pri 9 m višine 623,2, stavba z obliko kroga pri 9 m pa ima normiran potencial 510,9 ostale obravnavane stavbe pa imajo pri 9 m višine površinsko normiran potencial v rangi med 931,2 in 1064,9. Tudi pri drugih višinah modelov imajo stavbe z enostavno tlorisno obliko bistveno nižje normirane potenciale osončenosti). Vse stavbe s kompleksnimi tlorisnimi oblikami imajo pri vseh višinah modelov višji potencial, če pa primerjamo te stavbe med sabo, ugotovimo, da imajo precej višjega stavbe s tlorisi v obliki črk T, Y in L (stavba v obliki črke T pri 9 m višine ima potencial 1055,3, stavba v obliki črke Y pri 9 m ima potencial 1064,9, stavba v obliki črke L pri 9 m višine pa ima potencial 1051,0) kot stavbe s tlorisi v obliki črk O, H in U (stavba v obliki črke

O pri 9 m višine ima potencial 931,2, stavba v obliki črke H pri 9 m ima potencial 1024,4, stavba v obliki črke U pri 9m višine pa ima potencial 1049,8). Na podlagi dobljenih rezultatov se je kot najboljša z vidika osončenosti izkazala stavba s tlorisom v obliki črke Y, sledita pa ji stavbi s tlorisoma v obliki črk L in T. Še nekaj slabša, a najboljša v skupini O, H, U, je stavba s tlorisom v obliki črke U. Na predzadnjem mestu je stavba v obliki črke H, kot najslabša stavba s kompleksno tlorisno obliko med obravnavanimi pa se je izkazala stavba s tlorisom v obliki črke O, ki pa ima še vedno bistveno višji normiran potencial osončenosti kot vse tri stavbe z enostavnimi tlorisnimi zasnovami (kvadrat, pravokotnik in krog). Moja predpostavka iz uvoda, da bodo imele stavbe z enostavnimi tlorisnimi zasnovami višjo celoletno kumulativno osončenost se je sicer potrdila, vendar takrat še nisem predvideval, da bodo po drugem kriteriju, tj. po primerjanju velikosti površinsko normiranega potenciala osončenosti ravno te stavbe daleč najslabše.

Kot bolj primeren način za vrednotenje osončenosti stavb se je izkazalo ocenjevanje po njihovem površinsko normiranem potencialu, saj upošteva tudi površino zunanjega ovoja ob danem volumnu stavbe. Če pri vrednotenju stavb njihove celotne površine zunanjega ovoja v računu osončenosti ne upoštevamo, se izkažejo kot boljše v smislu večje osončenosti tiste stavbe, ki imajo zelo slabo razmerje med volumnom in površino zunanjega ovoja in s tem zelo omejene možnosti za kvalitetno izrabo notranjih prostorov.

S predstavljenimi analizo osončenosti (predvsem je uporabna metoda določanja površinsko normiranega potenciala osončenosti stavb) lahko na relativno enostaven in hiter način primerjamo stavbe s primerljivim volumnom in različnimi geometrijskimi oblikami in razmerji. Na podlagi primerjave rezultatov se lahko pravilno odločimo za takšno obliko stavbe, ki ima večji potencial za osvetljenost notranjih prostorov in boljše možnosti za izkoriščanje obnovljivega vira energije – sončnega sevanja ter tako omogočimo prihranke energije in boljše počutje ter zdravje uporabnikov stavbe.

Viri

- [1] Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(Pridobljeno 20. 4. 2016)
- [2] Uredba EU o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov (Uredba 305/2011)
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>
(Pridobljeno 20. 4. 2016)
- [3] Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sl:PDF>
(Pridobljeno 20. 4. 2016)
- [4] Prislán Kodelja, K. 2013. Analiza osončenosti stavbe v tipičnem vzorcu pozidave in njen zapis s parametrično enačbo. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba K. Prislán Kodelja): 74 f.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/4456/1/GRU3331_PrislánKodelja.pdf (Pridobljeno 22. 4. 2016)
- [5] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS št. 52/2010:7840
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (Pridobljeno 20. 4. 2016)
- [6] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/T SG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 20. 4. 2016)
- [7] Google, Google SketchUp 2016.
<http://www.sketchup.com/download> (Pridobljeno 20. 2. 2016)
- [8] Hall, A. Sunhours 2.0.7.
<https://extensions.sketchup.com/en/content/sunhours> (Pridobljeno 20. 2. 2016)
- [9] Pohl, J. 2011. Building Science: Concepts and Application. John Wiley Ltd: 271 p.
- [10] Szokolay, S.V., 2011. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Elsevier Ltd: 339 p.
- [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. Elsevier Ltd: p. 443-456.

[12] Szokolay, S.V., 1996. Solar Geometry. PLEA: Passive and Low Energy Architecture International: 45 f.

[13] Papič, D. 2013. Analiza osončenosti turističnega naselja pri Tolminu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Papič): 54 f. http://drugg.fgg.uni-lj.si/4228/1/GRU3312_Papic.pdf (Pridobljeno 23. 4. 2016)