

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:

Miklavc, Ž., 2014. Vpliv zimskih vrtov na porabo energije v stavbi. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Kristl, Ž.): 33 str.

Datum arhiviranja: 10-10-2014

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Miklavc, Ž., 2014. Vpliv zimskih vrtov na porabo energije v stavbi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kristl, Ž.): 33 pp.

Archiving Date: 10-10-2014

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM  
PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 122/B-GR

Graduation thesis No.: 122/B-GR

**Mentor:**

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

**Somentorica:**

Ljubljana, 09. 09. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE**

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Žiga Miklavec izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Vpliv zimskih vrtov na porabo energije v stavbi«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 15.8.2014

Žiga Miklavec

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK: 004:699.86(497.4)(043.2)**

**Avtor: Žiga Miklavec**

**Mentor: doc. dr. Mitja Košir**

**Somentor: doc. dr. Živa Kristl**

**Naslov: Vpliv zimskih vrtov na porabo energije v stavbi**

**Obseg in oprema: 33 str., 37 pregl., 9 sl.,**

**Ključne besede: zimski vrt, pasivno sončno ogrevanje, bioklimatska zgradba**

### **Izvleček**

V diplomski nalogi sem primerjal porabo energije za ogrevanje in hlajenje v stavbi z in brez zimskih vrtov s pomočjo računalniškega programa TOST, ki so ga razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

Zimski vrt ali steklenjak je eden od sistemov za pasivni zajem sončne energije in eden od možnih gradnikov bioklimatske stavbe. Steklenjak zajema in skladišči sončno energijo, omogoča pa tudi uporabo prostora za bivalne namene. Pozorni moramo biti pri sami zasnovi, saj le s pravilnim načrtovanjem steklenih površin in materialov za akumulacijo dosežemo prihranke energije pri ogrevanju.

Z izračunom sem ugotovil, da je poraba toplote za ogrevanje v stavbi z zimskimi vrtovi nižja. Poraba energije za ogrevanje se zmanjša v conah, ki so v neposrednem kontaktu z zimskimi vrtovi, na cone, s katerimi pa nima neposrednega stika, je vpliv zanemarljiv. Stavba brez zimskih vrtov ne izkazuje potrebe po hlajenju, v primeru dodanega steklenjaka pa se poveča potreba po hlajenju v vseh kondicioniranih conah. Potrebno energijo za hlajenje lahko zmanjšamo z izvedbo ukrepov senčenja samih zimskih vrtov in stavbe kot take. Predstavil sem dve možnosti senčenja, ki so izvedene na stavbi: senčenje z nadstreškom nad zimskimi vrtovi in senčenje z listopadnim zelenjem.

**BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION****UDC: 004:699.86(497.4)(043.2)****Author: Žiga Miklavc****Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.****Co-supervisor: Assist. Prof. Živa Kristl, Ph.D.****Title: The impact of glass house on energy consumption in the building****Notes: 33 p., 37 tab., 9 fig.****Key words: glasshouse, passive solar heat, bioclimatic house****Abstract**

My diploma thesis concentrates on the comparison of the amounts of energy spent for heating and cooling systems in a building with or without glass house extensions. The calculations were made in TOST computer program, developed at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering Ljubljana.

A glass house extension or a sun-room is one of possible construction elements in bio-climatic architecture. It is mainly used for collecting and storing solar energy and can be easily converted into a comfortable living area. Building a sun-room requires cautious planning as only well engineered glass panels and accumulation materials can contribute to energy savings.

The calculations showed that heating energy consumption is lower in house areas within the immediate vicinity of glass house extensions. In distant parts of the building the effect of a sun-room is negligible. Buildings without glass extensions do not require cooling whereas the necessity for cooling systems is greater in all of the affected parts of buildings with sun-room extensions. The cooling energy consumption can be reduced by shading methods executed over sun-rooms as well as on buildings themselves. I have presented two possible methods of shading: using jutting roofs over the glass constructions, and shading with deciduous greenery covers.

## **ZAHVALA**

Za pomoč in strokovno podporo pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju in somentorici doc. dr. Živi Kristl.

Posebna zahvala gre tudi mojim staršem in mojemu dekletu, ki so mi na izobraževalni poti nudili vso podporo ter razumevanje skozi celoten študij. Zahvaljujem se tudi svojemu staremu očetu za lektoriranje diplomskega dela.

**KAZALO VSEBINE**

1	UVOD .....	1
1.1	Namen diplomskega dela .....	1
1.2	Metoda dela .....	1
2	PREGLED ZAKONODAJE .....	3
3	PREGLED LITERATURE S PODROČJA PASIVNE SOLARNE ARHITEKTURE V STAVBAH.....	4
3.1	Pasivni zajem sončnega sevanja .....	4
3.2	Sistemi pasivnega ogrevanja .....	4
3.2.1	Direkten zajem sončnega obsevanja .....	5
3.2.2	Indirekten zajem sončnega obsevanja .....	5
3.2.3	Zimski vrt ali steklenjak.....	6
3.3	Prednosti in slabosti pasivnega sončnega ogrevanja .....	7
4	PRINCIP DELOVANJA ZIMSKIH VRTOV .....	8
4.1	Princip steklenjaka.....	8
4.2	Tok in razporeditev energije v steklenjaku.....	8
4.2.1	Razvrstitev glede na zajemanje sončne energije.....	9
4.2.2	Razvrstitev glede na način prenosa sončne energije.....	9
4.2.3	Razvrstitev glede na koriščenje sončne energije.....	9
4.3	Sezonski in dnevni način obratovanja zimskih vrtov .....	10
5	PREDSTAVITEV OBRAVNAVANE STAVBE .....	11
5.1	Stavba .....	11
5.2	Lokacija .....	12
5.3	Obratovalni režim in karakteristike konstrukcijskih sklopov.....	13
5.3.1	Obratovalni režim v ogrevalni sezoni .....	13
5.3.2	Obratovalni režim v poletnem času.....	13
5.3.3	Konstrukcijski sklopi .....	13
6	IZRAČUN IN OVREDNOTENJE REZULTATOV.....	15
6.1	Programsko orodje TOST.....	15
6.2	Vhodni podatki .....	15
6.3	Razdelitev stavbe na temperaturne cone .....	17
6.3.1	Cona 22 °C - pritličje .....	18
6.3.2	Cona 18 °C – pritličje.....	19
6.3.3	Cona 21 °C – 1. nadstropje .....	20
6.3.4	Neogrevana klet.....	21



6.3.5	Steklenjak .....	22
6.4	Izračun porabe energije stavbe brez zimskih vrtov.....	23
6.5	Izračun porabe energije stavbe z zimskimi vrtovi .....	24
6.6	Primerjava porabe energije.....	25
7	IZVEDBA SENČENJA ZIMSKIH VRTOV V POLETNEM OBDOBJU .....	27
7.1	Senčenje s pomočjo izvedbe nadstreška.....	27
7.2	Senčenje s pomočjo listopadnega zelenja.....	28
8	ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA.....	31
VIRI	.....	32

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Primerjava sončnega obsevanja med Ljubljano in Malim Trebeljevim [12].....	12
Preglednica 2: Konstrukcijski sklopi [3] .....	14
Preglednica 3: Splošni podatki .....	15
Preglednica 4: klimatski podatki .....	15
Preglednica 5: Računska podobdobja.....	16
Preglednica 6: Faktorji osenčenosti stavbe .....	16
Preglednica 7: Osnovni podatki o coni 22 °C.....	18
Preglednica 8: Sistem prezračevanja cone 22 °C .....	19
Preglednica 9: Podatki o netransparentnih elementih cone 22 °C .....	19
Preglednica 10: Podatki o stavbnem pohištvu cone 22 °C .....	19
Preglednica 11: Osnovni podatki o coni 18 °C.....	19
Preglednica 12: Sistem prezračevanja cone 18 °C .....	20
Preglednica 13: Podatki o tleh med cono 18 °C in terenom .....	20
Preglednica 14: Podatki o elementih ovoja cone 18 °C.....	20
Preglednica 15: Podatki o stavbnem pohištvu cone 18 °C .....	20
Preglednica 16: Osnovni podatki o coni 21 °C.....	20
Preglednica 17: Sistem prezračevanja cone 21 °C .....	21
Preglednica 18: Podatki o elementih ovoja cone 21 °C.....	21
Preglednica 19: Podatki o stavbnem pohištvu cone 21 °C .....	21
Preglednica 20: Osnovni podatki o neogrevani kleti.....	21
Preglednica 21: Sistem prezračevanja neogrevane kleti.....	21
Preglednica 22: Podatki o tleh neogrevane kleti.....	22
Preglednica 23: Podatki o elementih ovoja cone neogrevana klet.....	22
Preglednica 24: Podatki o stavbnem pohištvu cone 21 °C .....	22
Preglednica 25: Korekcija prehoda sončnega obsevanja skozi transparentne dele steklenjaka .....	22
Preglednica 26: Osnovni podatki o steklenjaku.....	23
Preglednica 27: Sistem prezračevanja steklenjaka .....	23
Preglednica 28: Podatki o elementih cone steklenjak.....	23
Preglednica 29: Podatki o steklenih površinah steklenjaka .....	23
Preglednica 30: Poraba energije za stavbo brez zimskih vrtov .....	24
Preglednica 31: Potrebna energija za ogrevanje in hlajenje po conah.....	24
Preglednica 32: Poraba energije za stavbo z zimskimi vrtovi .....	24
Preglednica 33: Potrebna energija za ogrevanje in hlajenje po conah za stavbo z zimskimi vrtovi.....	25
Preglednica 34: Primerjava porabe energije za ogrevanje po conah .....	25
Preglednica 35: Primerjava porabe energije za hlajenje po conah .....	25
Preglednica 36: Primerjava solarnih dobitkov za ogrevanje po conah.....	26
Preglednica 37:Primerjava zajema sončne energije .....	28

## KAZALO SLIK

Slika 1: Direktni sončni dobitki [8].....	5
Slika 2: Indirektni dobitki sončnega sevanja s termičnim zidom [8] .....	6
Slika 3: Sistem delovanja zimskega vrta s termičnim zidom [8] .....	7
Slika 4: Tloris pritličja [10].....	11
Slika 5: Razdelitev pritličja na cone ogrevanja [10] .....	17
Slika 6: Razdelitev 1. nadstropja na cone ogrevanja [10] .....	18
Slika 7: Geometrija senčenja z nadstreškom [10] .....	27
Slika 8: Geometrija senčenja z nadstreškom [10] .....	28
Slika 9: Senčenje z vinsko trto .....	29



## 1 UVOD

V zadnjem času je v svetu in pri nas vedno več govora o vplivu človeškega delovanja na segrevanje zemeljske oble zaradi povečevanja količine toplogrednih plinov in posledično povečanja učinkov delovanja tople grede. Učinek tople grede je s tem dobil izrazito negativen prizvok kljub nekaterim pozitivnim lastnostim, ki imajo za posledico tudi rezultate prikazane v tej diplomski nalogi.

Učinek tople grede s pridom izkoriščamo pri stavbah, ki zajemajo energijo sonca s pomočjo sistemov pasivnega sončnega ogrevanja. Na žalost se v zadnjem obdobju daje vedno večji poudarek na stavbe, ki skrbijo za minimalno izgubo energije za ogrevanje, tako imenovanih pasivnih hišah. Zamrlo pa je zanimanje za aktivne, bioklimatske stavbe, katere poleg skrbi po čim manjši izgubi energije v okolje primarno skrbijo za čim večji zajem energije iz okolja na naraven način [1].

Dobra orientacija, lega stavbe in pravilna osončenost lahko potencialno zmanjšajo porabo energije tipične stavbe za 20 %. Zato je za primerno pasivno solarno projektiranje bistveno upoštevanje parametrov kot so orientacija stavbe, razmerje oblike stavbe, oblikovanje zasteklitev in senčenje s strani okoliških stavb. Od teh parametrov je pravilna orientacija temeljna lastnost, ki ji moramo posvetiti največ pozornosti [2].

### 1.1 Namen diplomskega dela

Povod za izdelavo diplomskega dela je predstavitev prednosti stavb s pravilno arhitekturno zasnovo za pasivni zajem sončnega obsevanja na primeru dejanske stavbe. Na izvedenem projektu enostanovanjske stavbe v kateri živim in katere prednosti zajema sončnega sevanja poznam, bi rad predstavil prednosti zimskih vrtov, različne možnosti izvedbe ter težave, na katere moramo biti pozorni, da sistem deluje pravilno. Cilja diplomskega dela sta:

- Predstavitev prednosti izvedbe zimskih vrtov v primerjavi s stavbo brez njih. S programskim orodjem, ki temelji na veljavnem Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (V nadaljevanju: PURES 2010) [3] želim kvantitativno predstaviti prihranke energije za potrebe ogrevanja.
- Predstavitev izvedenega senčenja zimskih vrtov in utemeljitev izbranih metod s pomočjo strokovne literature, ki omogoča zmanjšanje potrebe po porabi energije za hlajenje stavbe.

### 1.2 Metoda dela

Za konkretno enostanovanjsko stavbo z zgrajenimi zimskimi vrtovi bom izračunal, kolikšna je poraba energije za ogrevanje in hlajenje brez in z upoštevanjem zimskih vrtov. Za izračun bom uporabil Program za izračun energetske bilance stavbe po PURES 2010 (V nadaljevanju: TOST) [4], ki so ga razvili na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Rezultate bom med seboj primerjal, analiziral in komentiral glede na lastne izkušnje bivanja v takšni stavbi. Rezultate bom primerjal z zahtevami PURES 2010 in z izmerjeno dejansko porabo energije za ogrevanje, ki jo beležim v ogrevni sezoni.

V nadaljevanju bom predstavil nekaj primerov senčenja obravnavane stavbe, ki omogočajo primerne temperature v bivalnih delih stavbe brez uporabe naprav za proizvodnjo hladu. Predstavil bom primer senčenja, ki izrablja geometrijo in položaj sonca. Predstavil bom način zasnove fiksnih nadstreškov, ki zagotavljajo zmanjšanje površine osončenosti zimskih vrtov.

Predstavil bom tudi izvedeno senčenje z listopadnim zelenjem in v literaturi poiskal utemeljitve primernosti senčenja z zelenjem.

## 2 PREGLED ZAKONODAJE

Osnova zagotavljanju smotrne rabe energije je prenovljena Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU [5] in kot posledica te direktive PURES 2010 [3] s spremljajočo Tehnično smernico TSG -1-004: 2010 Učinkovita raba energije (V nadaljevanju: TSG-4) [6]. Direktiva uvaja povečanje energetske učinkovitosti v pravni red članic EU z namenom zmanjšanja odvisnosti od uvožene energije. Zato je PURES 2010 le dokument, ki prenaša zahteve in usmeritve direktive na uporabno raven [1].

PURES 2010 predpisuje v svojem osmem členu, da je potrebno stavbo zasnovati in graditi tako, da je energetske ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni, in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogoča upravljanje z energijskimi tokovi [3].

Tehnična smernica TSG-4 sledi zahtevam PURES 2010 in v poglavju Arhitekturne zahteve bolj natančno opredeli pogoje arhitekturne zasnove [6], vendar na žalost ne postavlja natančnih pogojev, ki bi predpisovali ustrezno količino sončnega obsevanja ali na kakšne načine naj načrtovalci zagotovijo primerno uporabo danosti okolja. Za bolj praktično uporabo teh določil TSG-4 bi zakonodajalec moral uvesti način, s katerim bi bilo možno z objektivnim postopkom oceniti stopnjo uporabe pasivnih solarnih principov (V nadaljevanju: PSA) v stavbah.

### **3 PREGLED LITERATURE S PODROČJA PASIVNE SOLARNE ARHITEKTURE V STAVBAH**

S področja pasivnega zajema sončne energije in sistemov zasteklitev sem pregledal tri tuje vire. Avtor Steven V. Szokolay v knjigi *Introduction to architectural science: The basis of sustainable design* predstavlja celoten pregled nad trajnostno gradnjo in želi s svojim natančnim in kritičnim opisom bralca spodbuditi k pravilni presoji različnih konceptov gradnje glede vidika trajnosti [7].

Tematiko sončnega obsevanja zelo podrobno opisuje Edward Mazaria v knjigi *Passive solar energy book* [8]. Avtor v knjigi predstavi osnovne informacije o pasivnem sončnem zajemu energije in podaja praktične napotke za izdelavo elementov za pasivni zajem sončne energije.

V knjigi *Bioklimatska arhitektura* avtorice Mile Pucar pa so zajeti in predstavljeni vsi bistveni sistemi in oblike zimskih vrtov [9].

V literaturi sem zasledil več imen za poimenovanje zimskih vrtov. Najpogosteje se v literaturi poleg naziva zimski vrt uporablja poimenovanje steklenjak, zato bom v moji diplomski nalogi uporabljal oba naziva kot sopomenki.

#### **3.1 Pasivni zajem sončnega sevanja**

V osnovi poznamo dva osnovna pristopa k ogrevanju stavb s solarno energijo: aktivni in pasivni sistem. Aktivni sistem ogrevanja je v splošnem sestavljen iz mehanskih elementov, ki omogočajo zajem in transport energije. Aktivni sistemi vedno vsebujejo strojne naprave, ki potrebujejo energijo za delovanje ter nadzor s pomočjo krmiljenja. Pasivni sistem pa omogoča zajem in transport toplote brez strojnih naprav, saj izkorišča le osnovne termodinamične fizikalne principe, ki omogočajo kroženje toplote po stavbi in prenos na mesta, kjer je primanjkljaj le-te [8].

Pasivni energetske sistemi zbirajo in transportirajo toploto na naraven način. V bistvu je ta sistem integralen del hiše oziroma sestavina hiše je komponenta pasivnega sistema. Pasivni sistemi ne vsebujejo ločenih kolektorjev, zbiralnikov in hranilnikov toplote ali mehanskih delov. So zelo preprosti v zasnovi, uporabi in vzdrževanju, saj so sestavljeni iz malo premikajočih se delov in iz običajnih materialov [8].

Pasivno solarno ogrevanje je najenostavnejši način ogrevanja, ki v svoji najenostavnejši obliki ne potrebuje ničesar drugega, kot veliko stekleno površino orientirano proti jugu [7].

Največja razlika med pasivnim in aktivnim sistemom je v tem, da pasivni sistem deluje na principu termodinamičnih zakonov, aktivni sistem pa le z vnašanjem energije, ki zagotavlja delovanje sistema.

#### **3.2 Sistemi pasivnega ogrevanja**

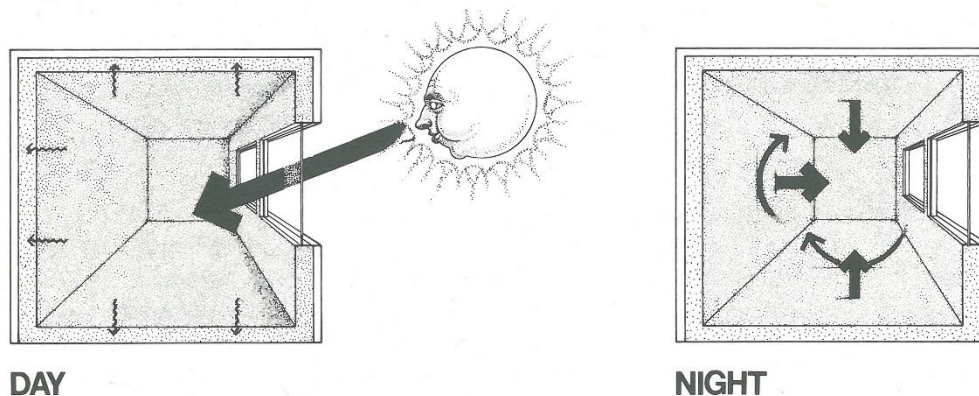
Glede na sistem zajema toplote lahko sisteme pasivnega ogrevanja delimo na več delov. Za vse sisteme so značilne velike steklene površine in materiali, ki poskrbijo za akumulacijo energije. Sistemi se zato delijo glede na princip prenosa toplote iz dela, kjer se toplota zajema v del, ki ga želimo ogreti.



Sisteme pasivnega ogrevanja v grobem delimo na direktni in indirektni zajem, druge delitve pa so le izvedenke teh dveh sistemov.

### 3.2.1 Direktni zajem sončnega obsevanja

Notranjost stavbe se direktno ogreva s pomočjo sončne energije preko velikih steklenih površin. S tem postane notranjost stavbe »solarni kolektor«, ki zajema, shranjuje in distribuira energijo, kot je prikazano na sliki 1. Prostor zajema tako direktno kot difuzno sončno sevanje, zato je ta sistem v principu uporaben tudi v bolj oblačnih podnebjih, kjer je aktivni zajem energije neučinkovit [8].



Slika 1: Direktni sončni dobitki [8]

Pri tej zasnovi potrebujemo veliko steklenih površin orientiranih proti jugu in veliko mase, ki shrani pridobljeno energijo in mora biti strateško locirana v prostoru za sprejemanje in oddajanje energije. Za maso, ki skladišči pridobljeno energijo so najbolj primerni materiali z veliko toplotno kapaciteto. Med materiali z največjo specifično toploto so: voda, kamen, beton, opeka in njihove izvedenke [8].

Eden prvih primerov sodobnih stavb z direktnim zajemom sončne energije je Srednja šola v Walleseyu v Angliji v bližini Liverpoola, ki je bila zgrajena leta 1962. Stavba je zgrajena iz betona s stekleno južno fasado za maksimalni sončni zajem energije v zimskih dneh. Beton debeline 18–25 cm shrani zajeto energijo in poskrbi za sproščanje toplote preko dneva. Južna stena stavbe zagotavlja približno 50 % potreb po toploti preko celega leta [8].

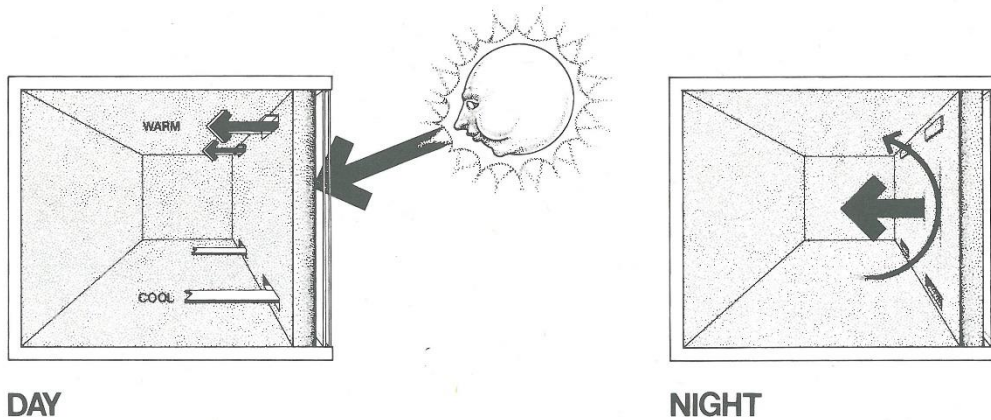
### 3.2.2 Indirektni zajem sončnega obsevanja

Princip posrednih dobitkov sončnega obsevanja deluje tako, da sonce najprej ogreje termično maso, ki je locirana med soncem in notranjim prostorom, nato pa se toplota širi v prostor. V osnovi obstajata dva tipa zajema:

- Termični zid oziroma Tromb-Michaelov zid
- Strešni bazen

Znana stavba je Tromb-Michaelova hiša v Odelli (Francija), katero sta zasnovala Felix Trombe in arhitekt Jaques Michael. Stavba zajema sončno toploto preko dveh slojev stekla, takoj ob steklu pa je izveden zid iz 60 cm debelega betona, obarvanega črno, da zajame maksimalno količino sevanja. Hiša

se primarno ogreva z radiacijo in konvekcijo toplote z zunanje strani zidu in pridobi približno 70 % potrebne toplote iz sončnih dobitkov [8].



Slika 2: Indirektni dobitki sončnega sevanja s termičnim zidom [8]

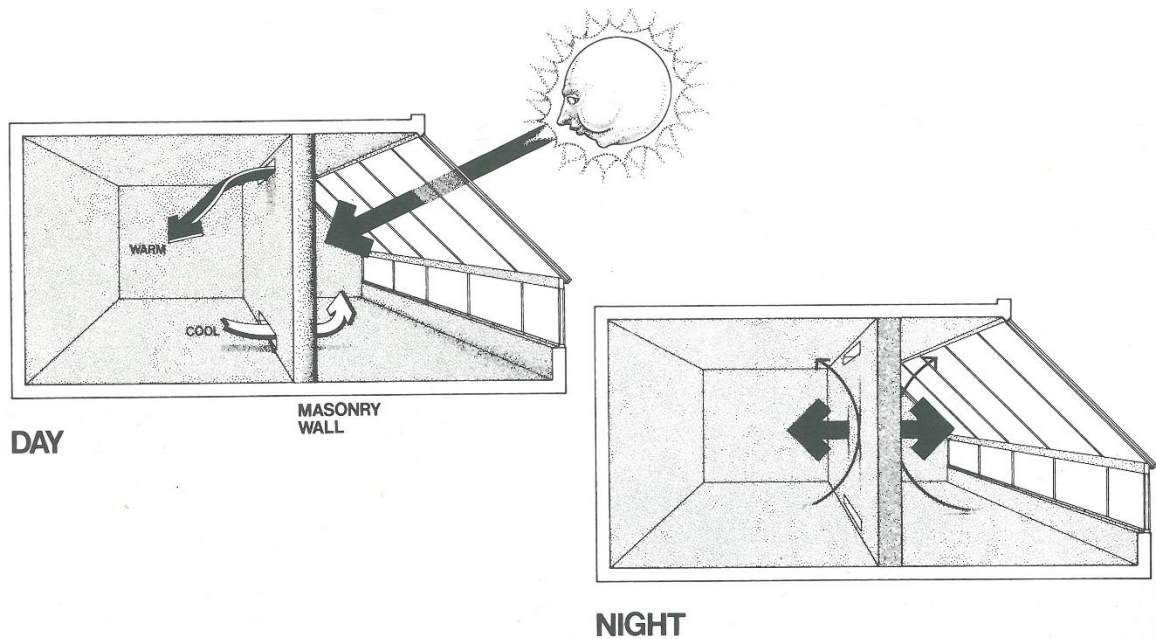
Pomanjkljivost tega sistema je, da poleg zajema in skladiščenja velike količine energije prihaja tudi do izgube velikega dela toplote v okolico, predvsem skozi steklene površine. Temu se lahko do neke mere izognemo z izvedbo nočne izolacije [7] in zapiranjem zračnih odprtin, kot je prikazano na sliki 2.

Strešni bazen ima locirano termično maso na strehi stavbe. Voda je skladiščena v plastičnih bazenih. V zimskem obdobju sonce čez dan obseva vodo in jo segreva, tekem noči pa je pokrita z dodatno izolacijo. V poletnih mesecih je sistem ravno obraten. Opisani sistem je razmeroma kompliciran za izvedbo in obratovanje, zato ni tako primeren za vgradnjo v stanovanjske stavbe [8].

### 3.2.3 Zimski vrt ali steklenjak

Zimski vrt združuje sistem direktnega in indirektnega zajema sončne energije. Praviloma se izvede na južni strani stavbe in ga od glavne stavbe ločuje zid, v katerem se lahko nahajajo odprtine za kroženje zraka, kot prikazuje slika 3, ali odprtine za potrebe dostopa v zimski vrt.

Zimski vrt je pravzaprav izvedenka termičnega zidu z razliko, da je steklo od stene odmaknjeno za razdaljo, ki omogoča uporabo prostora. Stavba pridobi toploto zajeto s pomočjo zimskih vrtov s pomočjo prenosa toplote skozi termični zid ali s pomočjo oken ali ventilatorjev, ki poskrbijo za kroženje zraka [8]. Delovanje zimskih vrtov je prikazano na sliki 3, natančneje pa ga opisujem v ločenem poglavju.



Slika 3: Sistem delovanja zimskega vrta s termičnim zidom [8]

### 3.3 Prednosti in slabosti pasivnega sončnega ogrevanja

Prednosti in slabosti pasivnega sončnega ogrevanja lahko ocenjujemo preko treh glavnih kriterijev:

- ekonomskega,
- arhitekturnega in
- zagotavljanja ugodja.

Največja prednost sistemov je v zagotavljanju velikih prihrankov energije za ogrevanje ob nizkih stroških izgradnje, če so ti izvedeni in integrirani v zasnovo stavbe že ob njeni izgradnji. Prednost pasivnega sončnega ogrevanja je tudi v enostavnosti obratovanja in vzdrževanja sistemov, saj sistemi ne vsebuje visokotehnoloških rešitev ali naprav, ki bi potrebovale redno vzdrževanje [8].

Glavni element sistemov pasivnega sončnega ogrevanja so velika stekla, ki omogočajo povezavo stavbe z zunanjim okoljem in omogočajo veliko arhitekturne svobode pri oblikovanju zunanosti.

Stavbe, ki se vsaj deloma ogrevajo na princip pasivnega ogrevanja, omogočajo zajem velike količine svetlobe in vnos dnevne svetlobe do čim večjih globin prostorov, kar je tudi eden izmed ciljev bioklimatskega načrtovanja, kjer je kot najpomembnejše izpostavljeno zagotavljanje ugodja v prostoru [1].

Največja slabost pasivnega sončnega ogrevanja je kontrola nad delovanjem sistemov. V primeru slabo zasnovanih sistemov lahko prihaja do previsokih temperatur v prostoru, kar pa lahko rešimo z okni, ki omogočajo termično kontrolo prostora z odpiranjem. Pri stavbah s pasivnim sončnim ogrevanjem bo vedno prihajalo do nihanj temperature glede na zunanjo, vendar lahko s pravilno zasnovo sistema nihanje minimaliziramo [8].

## 4 PRINCIP DELOVANJA ZIMSKIH VRTOV

Zimski vrt ali steklenjak je eden izmed najpogostejših PSA elementov, ki se uporabljajo za zajame in izkoriščanje sončne energije. Steklenjak poleg energetske vloge predstavlja tudi edinstveno vez z notranjim prostorom kot vizualno in toplotno tamponsko cono [9].

Termična funkcija steklenjaka je pravzaprav enaka kot pri Tromb-Michelovem zidu, vendar je prednost steklenjaka tudi v tem, da ob funkciji pasivnega ogrevanja omogoča uporabo prostora za bivalne namene, vzgojo rastlin in opazovanju razgleda. Ponoči je zelo pomembno, da je steklenjak ločen od stavbe, saj lahko v nasprotnem povzroči celo večjo porabo energije kot bi jo potrebovala sama stavba brez steklenjaka [7].

Steklenjak se običajno izvede na južni strani stavbe pred enim ali več prostori, kot sestavni del stavbe ali kot dodani del k njej. V energetskem pogledu je najbolje, da ima steklenjak južno orientacijo s čim manjšim odstopanjem v smeri zahoda ali vzhoda. Funkcijsko se steklenjak zasnuje za maksimalni zajem sončnih dobitkov, ki jih prestrežemo s steklenimi površinami, za akumulacijo pa nam služijo tla in zidovje v temni barvi, lahko pa tudi Tromb-Michaelov zid ali rezervoarji z vodo [9].

Od vseh solarnih sistemov je steklenjak, če se pravilno načrtuje, najučinkovitejši, saj ima največjo absorpcijsko površino, količina zraka, ki se v njem segreva pa je večja in na nižji temperaturi, kot je običajno pri aktivnih zračnih solarnih kolektorjih ali pri masivnem zidu. Zaradi tega je toplotni izkoristek zimskih vrtov večji od drugih pasivnih sistemov. Stavba z zimskimi vrtovi ne zahteva posebnih akumulatorjev, saj se deli stavbe koristijo za skladiščenje energije. Zimski vrt služi tudi kot tamponski prostor, ki ima svojo vlogo v vseh delih leta in služi za blaženje visokih in nizkih temperatur [9].

### 4.1 Princip steklenjaka

Princip steklenega vrta je osnova za funkcioniranje steklenjaka. Transparentno steklo prepušča kratkovalovno sončno sevanje, ki se v stiku s predmeti absorbira ter pretvori v toploto. Te površine nazaj v prostor sevajo v dolgovalovnem spektru, za te frekvence elektromagnetnega sevanja pa je steklo netransparentno – nastane tako imenovan efekt steklenjaka. Načeloma steklenjak zajame sončne dobitke in jih akumulira v tleh, stenah in zraku. Absorbirana energija se s pomočjo konvekcije prenese in akumulira na površine, ki niso direktno osončene [9].

### 4.2 Tok in razporeditev energije v steklenjaku

Steklenjak prejeto sončno sevanje pretvori v toploto, to pa je potrebno v naslednjem koraku prenesti v bivalne prostore ali pa jo shraniti za kasnejšo uporabo. Da bi akumulirali energijo izvedemo zid med steklenjakom in stavbo v čim bolj masivni izvedbi, po potrebi dodamo sistem za cirkulacijo ogretega zraka iz steklenjaka v bivalne prostore. V odvisnosti od vremenskih pogojev se lahko ogret zrak prenaša v sosednje prostore ali pa se skladišči v tla in zid steklenjaka in se kasneje indirektno izkoristi s časovnim zamikom [9].

Iz izkušenj s hišami, ki imajo zgrajene zimske vrtove, je najboljše akumulirano energijo iz steklenjaka razporediti na tri enake dele:

- Del, ki se distribuira v druge dele stavbe.
- Del, ki se skladišči v zid steklenjaka.
- Del, ki se skladišči v tleh steklenjaka [9].

#### **4.2.1 Razvrstitev glede na zajemanje sončne energije**

##### **Direktni dobitki preko zimskega vrta**

Pri sistemu direktnih sončnih dobitkov sončni žarki prodirajo direktno v prostor steklenjaka in stavbe. Med steklenjakom in stavbo ni izveden masivni zid, vendar sta spojena z velikimi steklenimi vrati, ki omogočajo prenos toplega zraka v notranjost stavbe. Za akumulacijo energije se uporabljajo samo tla obeh prostorov. Pogosto se za boljši prenos toplote uporabi prisilni prezračevalni sistem z ventilatorji. Pri tem tipu steklenjaka je potrebno senčenje zaradi nevarnosti pregrevanja notranjih prostorov [9].

##### **Posredni dobitki preko zimskega vrta**

Pri posrednem sistemu sončnih dobitkov sončni žarki najprej prodrejo v steklenjak, ki je ločen od stavbe, toplota se akumulira v tleh in zidu ter se nato prenese v stavbo. Med steklenjakom in stavbo se izvede masivni zid. Steklenjak tako postane akumulator toplote iz katerega se energija prenaša v stavbo. Toplota se lahko prenaša preko masivnega zidu, pod tlemi ali preko odprtih v masivnem zidu [9].

#### **4.2.2 Razvrstitev glede na način prenosa sončne energije**

##### **Pasivni steklenjak**

Funkcionalno se tak steklenjak izvede za maksimalni zajem zimskega sončnega obsevanja. Steklenjak je običajno povezan z notranjostjo z odprtinami, ki služijo prenosu toplega zraka [9].

##### **Aktivni steklenjak**

Aktivni steklenjak mehanično usmerja pridobljeno toploto zraka z ventilatorji v skladiščni prostor, ki je običajno v tleh. Od tam se toplota postopoma širi v bivalne prostore [9].

#### **4.2.3 Razvrstitev glede na koriščenje sončne energije**

##### **Energetski tampon**

Je neogrevan steklenjak, ki se nahaja pred stavbo. Zasteklitev je enoslojna iz 4–6 mm debelega stekla. Potrebno je občasno ali stalno prezračevanje. Glede na uporabo prostora se izvede senčenje ali nočno izolacijo, da se prepreči pregrevanje prostora poleti in ohlajevanje pod ledišče pozimi [9].

##### **Medprostor**

Je običajno neogrevan steklenjak, ki se od energetskega tampona razlikuje po tipu zasteklitve. Izvedeno je dvoslojno izolacijsko steklo, kar izvedbo podraži tudi do 40 %. Z izvedbo dvojnega stekla zmanjšamo možnost, da bi v zimskem času notranje temperature padle pod ledišče. Medprostor je

najpogostejša izvedba steklenjakov, saj kljub višjim stroškom izvedbe omogoča najboljšo izrabo steklenjaka v bivalne namene in zagotavlja prihranke energije. [9].

### **Cona zasteklitve**

So zastekljeni prostori večjih površin in nimajo značaja tamponske cone. Velike površine stekla zato neznatno vplivajo na termične dobitke v zimski sezoni. Prostor predstavlja samo povečanje bivalnega prostora v letnih časih, ko so zato primerne temperature. Cona zasteklitve zato načeloma ni steklenjak, ki bi omogočal zajem PSA, vendar gre le za prostor z veliko površino oken [9].

## **4.3 Sezonski in dnevni način obratovanja zimskih vrtov**

Delovanje zimskih vrtov je zelo podrejeno sezonskim in vremenskim vplivom. Spodaj prikazujem režim za zimski in poletni način obratovanja.

Poletni režim obratovanja, ko je potrebno steklenjak ščititi pred pregrevanjem z naslednjimi rešitvami:

- Senčenje z vegetacijo pri nižjih objektih.
- Izvedba senčenja z nadstreški ali roloji.
- Cirkulacija zraka od južne proti severni strani objekta s postopnim dvigovanjem zraka (princip dimnika).
- Visoko toplotno kapaciteto objekta.
- Dobro toplotno izolacijo celotnega objekta, ki zadošča zahtevam PURES 2010 [9].

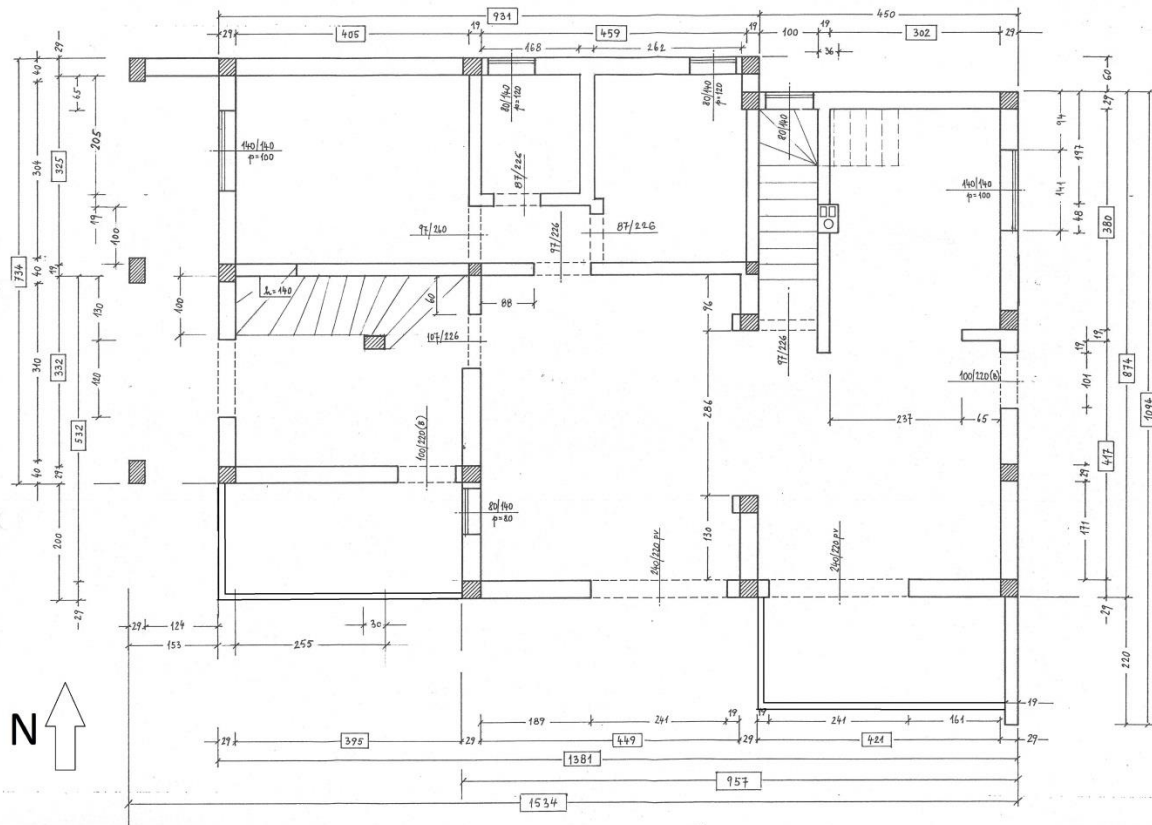
Zimski režim obratovanja, ko se steklenjak ščiti pred ohlajevanjem v nočnem času (in tudi dnevnem režimu, ko so zunanje temperature izjemo nizke in ni dovolj sončnega obsevanja) z naslednjimi rešitvami:

- Sajenjem listopadnega zelenja v bližini steklenjaka, ki omogoča maksimalne sončne dobitke v zimskem času, ko odpade listje ter senčenje poleti.
- Visoko toplotno kapaciteto objekta za maksimalno akumulacijo prejete sončne energije.
- Ustvarjanjem možnosti, da sončni žarki prodrejo čim globlje v prostor.
- Z zaprtim sistemom cirkulacije zraka v objektu od južne proti severni strani.
- Dobro toplotno izolacijo celotnega objekta, ki zadošča zahtevam PURES 2010 [9].

## 5 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANE STAVBE

### 5.1 Stavba

Obravnava sem enostanovanjsko stavbo grajeno med leti 1992 in 1997. Stavba je grajena kot dvojček s skupno neogrevano kletjo in teraso nad njo, vendar se celotna stavba uporablja kot enovita bivalna enota. Stavba stoji v strmem južno orientiranem pobočju, zato stoji deloma na neogrevanih kletnih prostorih, deloma na raščnem terenu. Poleg kletne etaže ima stavba še pritlični del in prvo nadstropje. Kletni prostori so namenjeni shrambi, garaži in kurilnici, strop kleti je proti ogrevanim prostorom izoliran s kombi ploščami debeline 10 cm. V pritličnih prostorih tlorisne dimenzije 13,81 m x 11,54 m se nahajajo ob južni strani stavbe dnevni prostori z jedilnico ter dvema zimskima vrtovoma, v severnem delu pa kuhinja, spalní prostori ter kopalnica. Svetla višina pritlične etaže je 2,50 m. Stavba je na severnem delu en meter vkopan v raščen teren. V prvem nadstropju tlorisnih dimenzij 13,81 m x 7,34 m so umeščeni elementi ločenega stanovanja z dnevnim prostorom, kopalnico in kuhinjo ter spalnim delom. Svetla etažna višina prvega nadstropja 2,40 m.



Slika 4: Tloris pritličja [10]

Stavba je zgrajena iz modularnih opečnatih blokov debeline 30 cm ter toplotno izolacijo obodnih sten debeline 10 cm iz kombi plošč ometanih z debeloslojnim fasadnim ometom »Teranova«. Medetažne plošče so zgrajene po sistemu norma stropov. Strop proti nebivalnemu podstrešju je izoliran z 20 cm kamene volne. Vgrajena so lesena okna z običajno »termopan« zasteklitvijo.

Stavba ima sleme orientirano v smeri vzhod zahod, kar omogoča izpostavljenost precejšnjega dela stavbe sončnemu sevanju, k temu pa pripomore tudi vkopanost v strmo južno pobočje, ki omogoča pridobivanje sončnih dobitkov brez senčenja kot posledica sosednjih stavb ali naravnih preprek. Zaradi ugodne lege se nahajajo na južni strani stavbe velike steklene površine panoramskih vrat in že omenjena zimska vrtova. Južne steklene površine omogočajo vstop velike količine naravne svetlobe globoko v notranjost stavbe. Na severni strani stavbe so locirana okna manjših dimenzij, saj so locirana v spalnih in servisnih delih.

Zimska vrtova sta sestavljena iz poševne termopanske zasteklitve v sestavi 4+12+6 mm. Zunanji sloj zasteklitve je izveden iz močnejšega 6 mm debelega stekla za boljšo odpornost proti toči. Stekla so nagnjena za 65 stopinj od horizontale in zaradi tega omogočajo boljše izkoriščanje sončnih dobitkov predvsem v zimskem in prehodnem obdobju. Dostop v zimsko vrtova iz bivalnega dela je izveden s standardnimi stavbnimi elementi, ki so vgrajeni v drugih delih stavbe. V večji zimski vrt se vstopa preko panoramskih drsnih vrat dimenzije 240/220 cm, v manjšega pa preko vrat dimenzije 220/100 cm, kar lahko razberemo na sliki 4. Manjši zimski vrt ima vgrajeno še dodatno okno za povezavo z notranjostjo dimenzije 80/14 cm. Oba zimska vrtova omogočata odpiranje navzven s pomočjo steklenih vrat ter zračenje preko stropnih rešetk v okolico.

Na južno orientirani strehi stavbe so nameščeni moduli za pridobivanje električne energije, ki so spuščeni preko manjšega zimskega vrta za potrebe poletnega senčenja, ki ga bom predstavil v nadaljevanju. Ogrevanje stavbe je izvedeno z bivalentnim sistemom ogrevanja s pomočjo toplotne črpalke zrak-voda nazivne grelne moči 13 kW ter vršnega kotla na kurilno olje moči 35 kW. Stavba se ogreva v celoti s pomočjo talnega gretja v nizkotemperaturnem režimu. V pritličnem delu je vgrajen odprti kamin, v prvem nadstropju pa zaprti kamin moči 6 kW. Priprava tople sanitarne vode se vrši v zalogovniku kapacitete 350 litrov s pomočjo 3 sončnih kolektorjev in toplotne črpalke.

## 5.2 Lokacija

Stavba se nahaja na vzhodnem gričevnatem območju Mestne občine Ljubljana v zaselku Malo Trebeljevo. Leži na 588 m n. v. [11], zato je pojav megle v hladnem delu leta zelo redek. V preglednici 1 sem primerjal podatke o letni energiji sončnega obsevanja za vodoravno površino v zaselku Malo Trebeljevo, kjer stoji stavba in Ljubljani. Iz tabele je razvidno, da je sončno obsevanje večje na lokaciji stavbe predvsem v zimskih in jesenskih mesecih, kar je posledica lokacije nad območjem megle, ki je redni pojav v Ljubljani. Velika količina sončnega obsevanja pozimi in v prehodnih mesecih zelo pozitivno vpliva na pasivni zajem sončne energije.

Preglednica 1: Primerjava sončnega obsevanja med Ljubljano in Malim Trebeljevem [12]

Mesec/Lokacija	Ljubljana (kWh/m <sup>2</sup> )	Malo Trebeljevo (kWh/m <sup>2</sup> )	Razlika (kWh/m <sup>2</sup> )	Razlika v odstotkih
Januar	917	1374	457	33,26%
Februar	1731	2090	359	17,18%
Marec	2759	2849	90	3,16%
April	4049	3709	-340	-9,17%
Maj	4894	4599	-295	-6,41%

se nadaljuje...



...nadaljevanje Preglednica 1

Mesec/Lokacija	Ljubljana (kWh/m <sup>2</sup> )	Malo Trebeljevo (kWh/m <sup>2</sup> )	Razlika (kWh/m <sub>2</sub> )	Razlika v odstotkih
Junij	5274	4906	-368	-7,50%
Julij	5469	4964	-505	-10,17%
Avgust	4739	4433	-306	-6,90%
September	3354	3372	18	0,53%
Oktober	1911	2153	242	11,24%
November	963	1394	431	30,92%
December	698	1147	449	39,15%
Letna energija	1121	1127	6	0,53%

### 5.3 Obratovalni režim in karakteristike konstrukcijskih sklopov

#### 5.3.1 Obratovalni režim v ogrevalni sezoni

Stavba je ogrevana v celoti s talnim gretjem, ki ne omogoča hitrih odzivov sistema. Celotna regulacija temperature se izvaja v odvisnosti od zunanje temperature po ogrevalni krivulji, s pomočjo pripiranja ogrevalnih vej po posameznih prostorih pa se izvaja diferenca temperature. Polovica pritličnega dela stavbe se ogreva na 22 stopinj, spalnice in servisne prostore pa se ogreva na 18 stopinj. Prostori v 1. nadstropju se ogrevajo v celoti na 21 stopinj. Prostore se zrači dvakrat dnevno z odpiranjem oken.

Zimski vrtovi so preko noči ločeni od stavbe s panoramskimi vrati, v primeru sončnih dni in ko temperatura v njih naraste na primerno raven, pa se vrata ročno odprejo ter nato ob zatonu sonca tudi zaprejo. V prehodnih obdobjih, ko temperature ne padejo pod 10 stopinj, ostanejo zimski vrtovi odprti, kar omogoča povečanje bivalnih prostorov tudi v večernem času.

#### 5.3.2 Obratovalni režim v poletnem času

Stavba se v poletnem času hladi izključno s pomočjo prezračevanja v nočnem času. Zaradi bližine gozda se tudi v najtoplejših dnevih temperature spustijo dovolj nizko, da je možno stavbo ohladiti pod 26°C. Preko dneva so zimski vrtovi ločeni od stavbe s pomočjo panoramskih vrat ter so odprti navzven tako, da je omogočeno zračenje. Steklene površine so tudi senčene z nadstreškom iz solarnih celic in vinsko trto.

#### 5.3.3 Konstrukcijski sklopi

Toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov sem izračunal s pomočjo programa za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare po PURES 2010 (V nadaljevanju: TEDI) [13]. Ker je bila stavba projektirana leta 1988, določeni konstrukcijski sklopi kljub delni energetske prenovi leta 2008 ne zadostujejo zahtevam trenutno veljavnega pravilnika. U-faktorji vseh konstrukcijskih sklopov so navedeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Konstruktivski sklopi [3]

Konstruktivski sklop	Toplotna prehodnost konstruktivskega sklopa U (W/m <sup>2</sup> K)	Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti po PURES 2010	Zadosti predpisom po PURES 2010
Stena nad terenom	0,31	0,28	NE
Stena pod terenom	0,43	0,28	NE
Streha	0,19	0,20	DA
Tla na terenu	0,46	0,30	NE
Tla proti neogrevani kleti	0,21	0,35	NE
Tla med conami	0,52	0,90	DA
Predelna stena med conami	1,62	0,90	NE
Okna in vrata	2,80	1,30	NE
Zasteklitev steklenjaka	2,65	2,40	NE

## 6 IZRAČUN IN OVREDNOTENJE REZULTATOV

### 6.1 Programsko orodje TOST

Izračun energetske bilance stavbe sem izvedel s pomočjo računalniškega programa za izračun energetske bilance stavbe po PURES 2010 (V nadaljevanju TOST) [4], ki so ga razvili na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Program deluje v okolju MS Excel in omogoča izdelavo izračuna porabe energije v stavbi po PURES 2010.

Program omogoča izračun porabe toplote ogrevanja bivalnih in nebivalnih stavb po mesečni metodi, omogoča pa tudi upoštevanje obdobj nezasedenosti stavbe. V izračunu je mogoče upoštevati tudi posebne elemente ovoja, kot so steklenjak, prezračevani in ogrevani elementi ovoja, netransparentni elementi s transparentno izolacijo ter zbiralno shranjevalne stene [14]. Za potrebe mojega izračuna je predvsem zanimiv steklenjak, zato ker omogoča uporabo posebne neogrevane temperaturne cone.

Podobni komercialni programi, ki se pojavljajo na slovenskem tržišču, kot so KI Energija 2010 [15], URSA 4.0 [16] in ArchiMAID [17] in prav tako izvajajo izračun po enaki metodi, ne omogočajo simulacije neogrevanega steklenjaka.

### 6.2 Vhodni podatki

Za oba izračuna porabe energije v stavbi z ali brez upoštevanja zimskih vrtov bom uporabil iste vhodne podatke o načinu ogrevanja in klimatske podatke. Toplotne mostove stavbe bom upošteval na poenostavljen način skladno s TSG-4 [6], saj natančen izračun toplotnih mostov ne vpliva bistveno na rezultate moje diplomske naloge, zato lahko njihov vpliv upoštevam na posplošen način.

Preglednica 3: Splošni podatki

Vrsta stavbe	Enostanovanjska
Vrsta izračuna	mesečni
Lokacija [10]	Malo Trebeljevo
X	97148
Y	480311
Način upoštevanja toplotnih mostov	na poenostavljen način
Toplotna prevodnost zemljine (W/mK)	2

Preglednica 4: klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3700
Projektna zunanja temperatura (°C)	-10
Povprečna letna temperatura (°C)	8,8
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1127
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	265
Začetek ogrevalne sezone (dan)	250
Konec ogrevalne sezone (dan)	150

Pri izvedbi izračuna porabe energije v stavbi s steklenjakom sem se znašel pred težavo, kako upoštevati prezračevanje med steklenjakom in stavbo le v obdobjih, ko se steklenjak ogreje na višjo

temperaturo, kot je ogreta stavba. Ker program ne omogoča upoštevanja tega vpliva, sem poskušal vsaj deloma korigirati vrednosti računskih obdobij. Razmerje med dnevom in nočjo sem prilagodil tako, da pri urah dneva upoštevam samo obdobje, v katerem koristimo zimske vrtove za ogrevanje stavbe preko kroženja zraka med zimskimi vrtovi in stavbo. Optimizacija računskih obdobij ne vpliva na preostale faktorje izračuna, saj ne podajam različnih temperatur in količin prezračevanja med dnevom in nočjo.

Preglednica 5: Računska podobdobja

Mesec	Dan (h)	Noč (h)
Januar	155	589
Februar	140	532
Marec	186	558
April	210	510
Maj	248	496
Junij	0	720
Julij	0	744
Avgust	0	744
September	240	480
Oktober	217	527
November	180	540
December	155	589

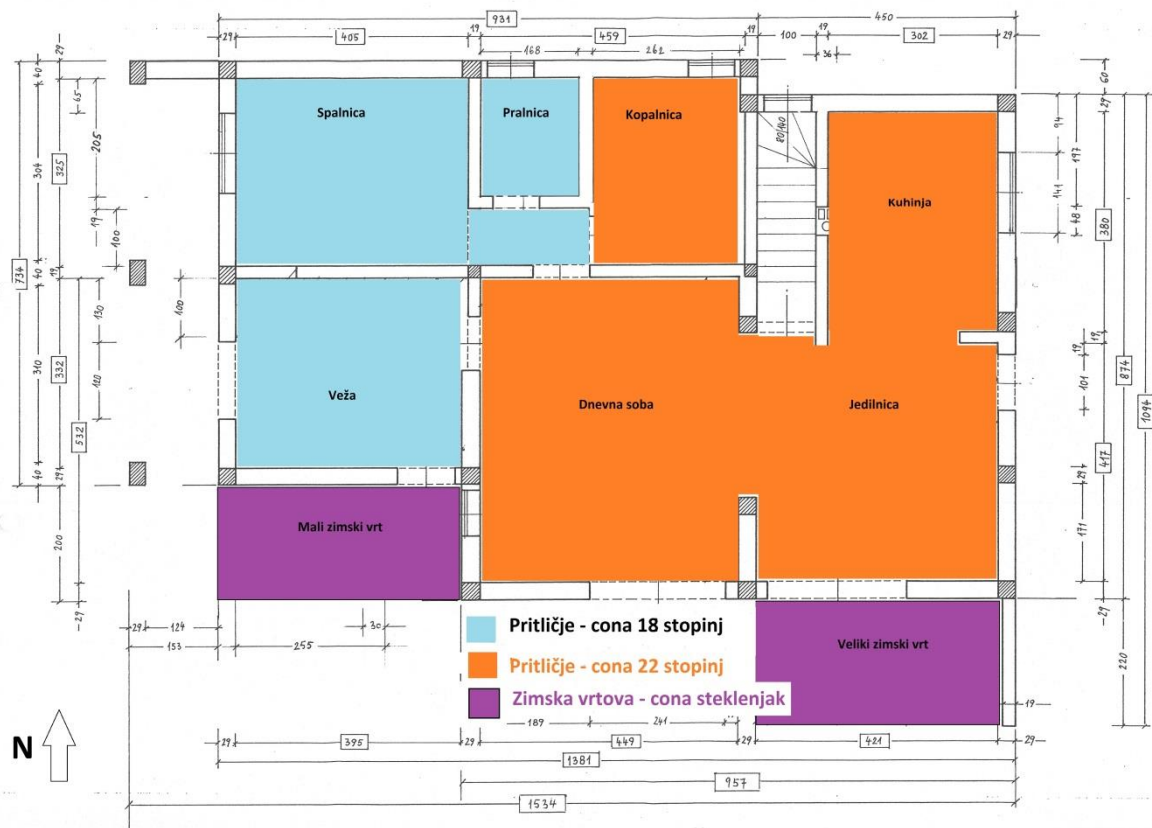
Faktorje osenčenosti, ki sem jih izračunal skladno s standardom SIST EN ISO 13790 [18] predstavljajo vsako zmanjšanje vpadnega sončnega sevanja zaradi stalnega senčenja obravnavane površine. Faktorji so določeni v razponu med 0 in 1. Zaradi zelo razgibanih površin stavbe in različnih možnosti senčenja so faktorji zelo težko natančno določljivi, zato bi moral za natančnejši izračun osenčenosti stavbe analizirati v primernem računalniškem programu, kar pa presega moj obseg diplomskega dela.

Preglednica 6: Faktorji osenčenosti stavbe

Mesec/Orientacija	Jug	Sever	Vzhod	Zahod
Januar	0,70	0,20	0,60	0,60
Februar	0,75	0,20	0,60	0,60
Marec	0,80	0,20	0,65	0,65
April	0,85	0,20	0,65	0,65
Maj	0,80	0,20	0,70	0,65
Junij	0,50	0,20	0,70	0,70
Julij	0,40	0,20	0,70	0,70
Avgust	0,40	0,20	0,70	0,70
September	0,45	0,20	0,65	0,65
Oktober	0,50	0,20	0,65	0,65
November	0,75	0,20	0,60	0,60
December	0,70	0,20	0,60	0,60

### 6.3 Razdelitev stavbe na temperaturne cone

Stavbo sem razdelil glede na njeno arhitekturno zasnovo ob upoštevanju izkušenj pri obratovanju na tri ogrevane cone, eno neogrevano cono ter steklenjak (slika 5 in 6). Cona 22 °C so prostori, ki se nahajajo v pritličju in predstavljajo bivalne dele stavbe, kjer se stanujoči zadržujejo večino časa in so zato ogreti na temperaturo 22 °C. Cona 18 °C so servisni prostori v pritličju vključno s spalnico, kjer se vzdržuje v ogrevni sezoni 18 °C. Cona 21 °C se nahaja v 1. nadstropju. To etažo zaradi majhnosti in povezave prostorov nisem delil na več con in se v celoti ogreva na 21 °C. Pod ogrevno cono 22 °C se nahaja tudi neogrevana klet. Pri izračunu, kjer sem upošteval vpliv zimskih vrtov, sem upošteval tudi podatke o steklenjaku.



Slika 5: Razdelitev pritličja na cone ogrevanja [10]



Slika 6: Razdelitev 1. nadstropja na cone ogrevanja [10]

V nadaljevanju predstavljam glavne podatke o stavbi in posameznih conah. Predstavljeni podatki veljajo za izračun porabe energije v primeru brez zimskih vrtov. Za izračun porabe energije, kjer upoštevam tudi zimske vrtove se določene površine korigirajo, saj določeni transparentni in netransparentni deli postanejo elementi med cono steklenjaka in stavbo ter niso več del zunanje ovojja.

### 6.3.1 Cona 22 °C - pritličje

V pritličju se nahajajo prostori, v katerih se stanovalci zadržujejo večino časa, zato so v ogrevni sezoni ogreti na višje temperature. V prvo cono sem umestil dnevno sobo, jedilnico, kuhinjo in kopalnico. Prostori so z izjemo kopalnice povezani med seboj saj jih ne ločujejo predelne stene.

S pomočjo načrtov stavbe in izvedenimi meritvami stavbe sem v program upošteval naslednje podatke:

Preglednica 7: Osnovni podatki o coni 22 °C

Neto prostornina cone (m <sup>3</sup> )	172,1
Uporabna površina cone (m <sup>2</sup> )	63,0
Projektirana notranja temperatura pozimi (°C)	22,0
Projektirana notranja temperatura poleti (°C)	26,0
Povprečna moč dobitkov iz notranjih virov (W)	378

Preglednica 8: Sistem prezračevanja cone 22 °C

	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem ( $h^{-1}$ )	1,2	1,2
Minimalna izmenjava zraka $n_{min}$ ( $h^{-1}$ )	0,7	0,7

Preglednica 9: Podatki o netransparentnih elementih cone 22 °C

Element	Površina ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost ( $W/m^2K$ )
Streha	7,50	0,219
Stena	55,50	0,305
Netransparentni element proti coni 18 °C	17,16	1,622
Netransparentni del proti coni 21 °C	51,60	0,525
Netransparentni del proti neogrevani kleti	63,00	0,219
Transparentni del proti coni 18 °C	6,60	2,800

Preglednica 10: Podatki o stavbnem pohištvi cone 22 °C

Orientacija	Površina elementa ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost elementa ( $W/m^2K$ )	Prehod sončnega sevanja	Faktor okvira
J	11,68	2,800	0,76	0,28
S	1,12	2,800	0,76	0,42
V	4,16	2,800	0,76	0,33
Z	1,12	2,800	0,76	0,42

Celotna cona je podkletena z neogrevano kletjo, nad njo pa se nahaja cona 21 °C. Manjši del cone meji na zunanost preko ravne terase v površini 7,5  $m^2$ . Cona ima velike površine stekla orientirane proti jugu, zato zajema velike količine sončnega obsevanja.

### 6.3.2 Cona 18 °C – pritličje

Poleg ogrevane cone 22 °C se v pritličju nahajajo tudi servisni prostori, ki zahtevajo nižje temperature, zato se običajno ogrevajo le minimalno na 18 °C. Ta cona zajema vhodni prostor oziroma vežo, spalnico, pralnico in hodnik. Od drugih delov stavbe so prostori ločeni s predelnimi stenami in notranjimi vrati.

Preglednica 11: Osnovni podatki o coni 18 °C

Neto prostornina cone ( $m^3$ )	92,3
Uporabna površina cone ( $m^2$ )	32,4
Projektirana notranja temperatura pozimi (°C)	18,0
Projektirana notranja temperatura poleti (°C)	26,0
Povprečna moč dobitkov iz notranjih virov (W)	194

Preglednica 12: Sistem prezračevanja cone 18 °C

	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem ( $h^{-1}$ )	0,7	0,7
Minimalna izmenjava zraka $n_{min}$ ( $h^{-1}$ )	0,5	0,5

Preglednica 13: Podatki o tleh med cono 18 °C in terenom

	Tla na terenu
Površina ( $m^2$ )	40,50
Izpostavljen obseg tal (m)	17,50
Skupni toplotni upor tal ( $m^2K/W$ )	2,020
Površina ogrevanih tal ( $m^2$ )	32,40
Notranji toplotni upor elementa nad ogrevano ploščo ( $m^2K/W$ )	0,480

Preglednica 14: Podatki o elementih ovoja cone 18 °C

Element	Površina ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost $U$ ( $W/m^2K$ )
Streha	4,00	0,219
Stena	42,30	0,324
Netransparentni element proti coni 22 stopinj	17,16	1,622
Netransparentni del proti coni 21 stopinj	28,40	0,525
Transparentni del proti coni 22 stopinj	6,60	2,800

Preglednica 15: Podatki o stavbnem pohištvu cone 18 °C

Orientacija	Površina elementa ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost elementa ( $W/m^2K$ )	Prehod sončnega sevanja	Faktor okvira
J	2,20	2,800	0,76	0,35
S	1,12	2,800	0,76	0,42
Z	4,16	2,800	0,76	0,33

### 6.3.3 Cona 21 °C – 1. nadstropje

V prvem nadstropju se nahajajo bivalni prostori, v katerih je temperatura preko cele ogrevne sezone nastavljena na 21 °C. Prostor se nahaja v delni mansardi in ima veliko površin orientiranih proti jugu.

Preglednica 16: Osnovni podatki o coni 21 °C

Neto prostornina cone ( $m^3$ )	209,1
Uporabna površina cone ( $m^2$ )	80,0
Projektirana notranja temperatura pozimi (°C)	21,0
Projektirana notranja temperatura poleti (°C)	26,0
Povprečna moč dobitkov iz notranjih virov (W)	480



Preglednica 17: Sistem prezračevanja cone 21 °C

	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem ( $h^{-1}$ )	1,0	1,0
Minimalna izmenjava zraka $n_{min}$ ( $h^{-1}$ )	0,7	0,7

Preglednica 18: Podatki o elementih ovoja cone 21 °C

Element	Površina ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost U ( $W/m^2K$ )
Streha	92,00	0,196
Stena	88,00	0,305
Netransparentni element proti coni 22 °C	51,60	0,525
Netransparentni del proti coni 18 °C	28,40	0,525

Površina zunanjih sten je manjša kot pričakovano, saj se cona nahaja v mansardnem delu stavbe.

Preglednica 19: Podatki o stavbnem pohištvu cone 21 °C

Orientacija	Površina elementa ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost elementa ( $W/m^2K$ )	Prehod sončnega sevanja	Faktor okvira
J	8,16	2,800	0,76	0,27
S	1,60	2,800	0,76	0,47
V	3,40	2,800	0,76	0,33
Z	2,20	2,800	0,76	0,35

#### 6.3.4 Neogrevana klet

Neogrevana klet se nahaja pod ogrevano cono 22 °C. Klet je namenjena za shrambo, garažo in druge pomožne prostore. Klet je z izjemo južne strani v celoti vkopana v teren.

Preglednica 20: Osnovni podatki o neogrevani kleti

Neto prostornina cone ( $m^3$ )	121,5
Uporabna površina cone ( $m^2$ )	63

Preglednica 21: Sistem prezračevanja neogrevane kleti

	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem ( $h^{-1}$ )	1,0	1,0
Minimalna izmenjava zraka $n_{min}$ ( $h^{-1}$ )	0,7	0,7

Preglednica 22: Podatki o tleh neogrevane kleti

	Tla na terenu
Površina (m <sup>2</sup> )	63,0
Izpostavljen obseg tal (m)	28,0
Skupni toplotni upor tal (m <sup>2</sup> K/W)	2,020

Preglednica 23: Podatki o elementih ovoja cone neogrevana klet

Element	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K)
Stena	50	0,305
Netransparentni element proti coni 22 °C	63	0,219

Preglednica 24: Podatki o stavbnem pohištvu cone 21 °C

Orientacija	Površina elementa (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost elementa (W/m <sup>2</sup> K)	Prehod sončnega sevanja	Faktor okvira
J	3,90	2,800	0,76	0,30

### 6.3.5 Stklenjak

Zimska vrtova se nahajata pred obema ogrevanima conama v pritličju. Toplota se prenaša v stavbo preko velikih panoramskih vrat v času, ko so temperature v zimskih vrtovih primerne. Posredno se preko stopnišča lahko toplota dviguje tudi proti ogrevani coni v 1. nadstropju.

Ker so južna stekla zimskih vrtov postavljena poševno pod kotom 65 stopinj sem se znašel pred problemom vnosa podatkov o prehodu sončnega sevanja preko transparentnih delov steklenjaka, saj program omogoča vnos samo za vertikalne ali horizontalne površine. Ker stekla postavljena poševno omogočajo večje dobitke sončnega sevanja kot vertikalno postavljena stekla, sem s pomočjo programa na spletni strani Agencije RS za okolje – Podatki za pravilnik o učinkoviti rabi energije [12] pridobil podatke o energiji sončnega sevanja za mojo lokacijo in za postavitev stekel pod kotom 90 stopinj in 60 stopinj (Preglednica 25). Razlika med postavitvama stekel je pri letnem sončnem obsevanju večja za 40 % v dobro postavitve stekel pod kotom 65 stopinj. Da bi upošteval to razliko pri dobitkih sončnega obsevanja zimskih vrtov v izračunu s programom, sem izvedel korekcijo podatka o prepustnosti zasteklitve za sončno sevanje (g faktor), ki sem ga povečal z 0,76 na 1,00.

Preglednica 25: Korekcija prehoda sončnega obsevanja skozi transparentne dele steklenjaka

Smer	Letna energija (kWh/m <sup>2</sup> )
J - naklon 90°	754
J - naklon 60°	1064
Razlika	310
Odstotek razlike	41,11%
Prehod sončnega obsevanja	
J (termopan steklo)- naklon 90° - TSG-4	0,76
J (termopan steklo) - naklon 60°- korigirani	1,07

Preglednica 26: Osnovni podatki o steklenjaku

Neto prostornina cone ( $m^3$ )	25,56
Uporabna površina cone ( $m^2$ )	17,04

Preglednica 27: Sistem prezračevanja steklenjaka

	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem ( $h^{-1}$ )	0,7	0,5
Minimalna izmenjava zraka $n_{min}$ ( $h^{-1}$ )	0,5	0,5
Urna izmenjava zraka s cono 22 stopinj ( $h^{-1}$ )	1,5	
Urna izmenjava zraka s cono 18 stopinj ( $h^{-1}$ )	1,5	
Urna izmenjava zraka s cono 21 stopinj ( $h^{-1}$ )	0,3	

Preglednica 28: Podatki o elementih cone steklenjak

Element	Površina ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost U ( $W/m^2K$ )
Stena	8,30	0,305
Netransparentni element proti coni 22 stopinj	8,64	1,622
Netransparentni del proti coni 18 stopinj	9,28	1,622
Transparentni del proti coni 22 stopinj	6,40	2,800
Transparentni del proti coni 18 stopinj	2,20	2,800

Preglednica 29: Podatki o steklenih površinah steklenjaka

Orientacija	Površina elementa ( $m^2$ )	Toplotna prehodnost elementa ( $W/m^2K$ )	Prehod sončnega sevanja	Faktor okvira
J	16,00	2,650	1,00*	0,15
Z	5,00	2,650	1,00*	0,15

\*Obrazložitev faktorja podajam v preglednici 25

#### 6.4 Izračun porabe energije stavbe brez zimskih vrtov

Pri izračunu porabe energije stavbe brez zimskih vrtov sem upošteval osnovno stavbo, v območju stikanja zimskih vrtov s stavbo, pa sem predpostavil standardni fasadni konstrukcijski sklop, ki je v uporabi na drugih površinah stavbe. Stavbno pohoštvo vgrajeno na območju zimskih vrtov ima enake karakteristike kot drugo stavbno pohoštvo.

Preglednica 30: Poraba energije za stavbo brez zimskih vrtov

	Izračunana poraba energije	Največja dovoljena poraba energije po PURES 2010
Letna potrebna toplota za ogrevanje (kWh)	27.682	12.512
Letni potrebni hlad za hlajenje (kWh)	87	12.278
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m <sup>2</sup> /a)	157,82	71,36

Preglednica 31: Potrebna energija za ogrevanje in hlajenje po conah

Cona	Potrebna energija za ogrevanje (kWh)	Končna energija za ogrevanje (kWh)	Potrebna energija za hlajenje (kWh)	Končna energija za hlajenje (kWh)
Cona 22 stopinj	12.608	4.203	87	25
Cona 18 stopinj	4.322	1.441	0	0
Cona 21 stopinj	10.752	3.584	0	0
<b>Skupaj</b>	<b>27.682</b>	<b>9.227</b>	<b>87</b>	<b>25</b>

Poraba stavbe brez zimskih vrtov močno presega porabo po PURES 2010, kar pa sem pričakoval, glede na to, da je bila stavba projektirana v času, ko zakonske omejitve pri porabi energije še niso bile tako stroge. Kot lahko razberemo iz preglednice 30 je letna poraba toplote na enoto uporabne površine kar 157 kWh/m<sup>2</sup>/a in je več kot še enkrat višja od dovoljene po PURES 2010. Stavba v poletnem obdobju praktično ne izkazuje potrebe po hlajenju, kljub veliki osončenosti stavbe in njenih steklenih površin.

Končna energija za ogrevanje (preglednica 31) v višini 9.227 kWh je električna energija, ki bi jo potrebovali za ogrevanje stavbe s pomočjo toplotne črpalke, ki je opisana v poglavju 5.1.

## 6.5 Izračun porabe energije stavbe z zimskimi vrtovi

Pri izračunu porabe energije stavbe z zimskimi vrtovi sem upošteval tudi posebno cono steklenjak, ki jo omogoča program TOST.

V izračunu porabe energije z upoštevanjem steklenjaka sem ustrezno korigiral površine sten in transparentnih delov, preko katerih se zimska vrtova stikata s stavbo.

Preglednica 32: Poraba energije za stavbo z zimskimi vrtovi

	Izračunana	Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje (kWh)	25.448	12.371
Letni potrebni hlad za hlajenje (kWh)	5.705	12.278
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m <sup>2</sup> /a)	145,08	70,55

Preglednica 33: Potrebna energija za ogrevanje in hlajenje po conah za stavbo z zimskimi vrtovi

Cona	Potrebna energija za ogrevanje (kWh)	Končna energija za ogrevanje (kWh)	Potrebna energija za hlajenje (kWh)	Končna energija za hlajenje (kWh)
Cona 22 °C	10.850	3.617	1.605	459
Cona 18 °C	3.875	1.292	920	263
Cona 21 °C	10.723	3.574	113	32
<b>Skupaj</b>	<b>25.448</b>	<b>8.483</b>	<b>5.705</b>	<b>1.630</b>

Stavba z zimskimi vrtovi potrebuje za ogrevanje manj energije kot stavba brez njih, vendar je poraba še vedno enkrat večja kot je dovoljena po PURES 2010. Potrebna toplota za ogrevanja na enoto uporabne površine je 145 kWh/m<sup>2</sup>/a. Do prihranka energije pride v conah, ki so neposredno povezane s steklenjakom. V poletnem času se zelo poveča potreba po hlajenju. Potreba po hlajenju nastane v vseh kondicioniranih conah, vendar je največja v conah, ki se stikujejo s steklenjakom. Potreba po hlajenju zahteva izvedbo dodatnega senčenja steklenjaka, kar opisujem v poglavju 7. Dodatnega senčenja steklenjaka nisem upošteval v izračunu zaradi lažje primerjave obeh izračunov porabe energije v stavbi z in brez zimskih vrtov.

Končna energija za ogrevanje (preglednica 33) v višini 8.483 kWh je električna energija, ki bi jo potrebovali za ogrevanje stavbe s pomočjo toplotne črpalke, ki je opisana v poglavju 5.1.

## 6.6 Primerjava porabe energije

Preglednica 34: Primerjava porabe energije za ogrevanje po conah

Cona	Stavba brez zimskih vrtov Potrebna energija za ogrevanje (kWh)	Stavba z zimskimi vrtovi Potrebna energija za ogrevanje (kWh)	Zmanjšanje porabe energije glede na stavbo brez zimskih vrtov
Cona 22 stopinj	12.608	10.850	-13,94 %
Cona 18 stopinj	4.322	3.875	-10,34 %
Cona 21 stopinj	10.752	10.723	-0,27 %
<b>Skupaj</b>	<b>27.682</b>	<b>25.448</b>	<b>-8,07 %</b>

Preglednica 35: Primerjava porabe energije za hlajenje po conah

Cona	Stavba brez zimskih vrtov Potrebna energija za ohlajenje (kWh)	Stavba z zimskimi vrtovi Potrebna energija za hlajenje (kWh)
Cona 22 stopinj	87	1.605
Cona 18 stopinj	0	920
Cona 21 stopinj	0	113
<b>Skupaj</b>	<b>87</b>	<b>5.705</b>

Preglednica 36: Primerjava solarnih dobitkov za ogrevanje po conah

	Stavba brez zimskih vrtov	Stavba z zimskimi vrtovi	Povečanje solarnih dobitkov glede na stavbo brez zimskih vrtov
Cona	Solarni dobitki (kWh)	Solarni dobitki (kWh)	
Cona 22 stopinj	4.372	6.182	41,4 %
Cona 18 stopinj	1.102	3.084	179,9 %
Cona 21 stopinj	2.856	3.075	7,7 %
Steklenjak	0	14.048	
<b>Skupaj</b>	<b>8.330</b>	<b>26.389</b>	216,8 %

Stavba z vgrajenimi zimskimi vrtovi skladno z izračunom letno porabi za 8 % manj toplote za ogrevanje glede na stavbo brez zimskih vrtov, vendar se močno poveča potreba po hlajenju. Kot lahko opazimo iz preglednice 35, je največje znižanje po potrebni toploti za ogrevanje v coni 22 °C in to za skoraj 14 % in v coni 18 °C za 10 %. Poraba v coni 21 °C se minimalno spremeni, saj sem upošteval le minimalno izmenjavo zraka med to cono in steklenjakom, saj nimata direktnega fizičnega stika.

Stavba brez zimskih vrtov ne potrebuje energije za hlajenje v poletnem obdobju, se pa poveča potreba po hlajenju v primeru zimskih vrtov. Potrebna energija za hlajenje znaša kar 5.705 kWh (32,52 kWh/m<sup>2</sup>). Do tako velikega povečanja potrebe po hlajenju je prišlo tudi zato, ker nisem upošteval vseh ukrepov za senčenje, ki jih opisujem v naslednjem poglavju.

Zanimivo je tudi zelo veliko povečanje solarnih dobitkov za ogrevanje. Kot lahko vidimo v preglednici 36, so se solarni dobitki močno povečali pri stavbi z zimskimi vrtovi in to skupno kar za 216,8 %. Za večji del solarnih dobitkov so odgovorni zimski vrtovi, saj pridobijo kar 14.048 kWh energije.

## 7 IZVEDBA SENČENJA ZIMSKIH VRTOV V POLETNEM OBDOBJU

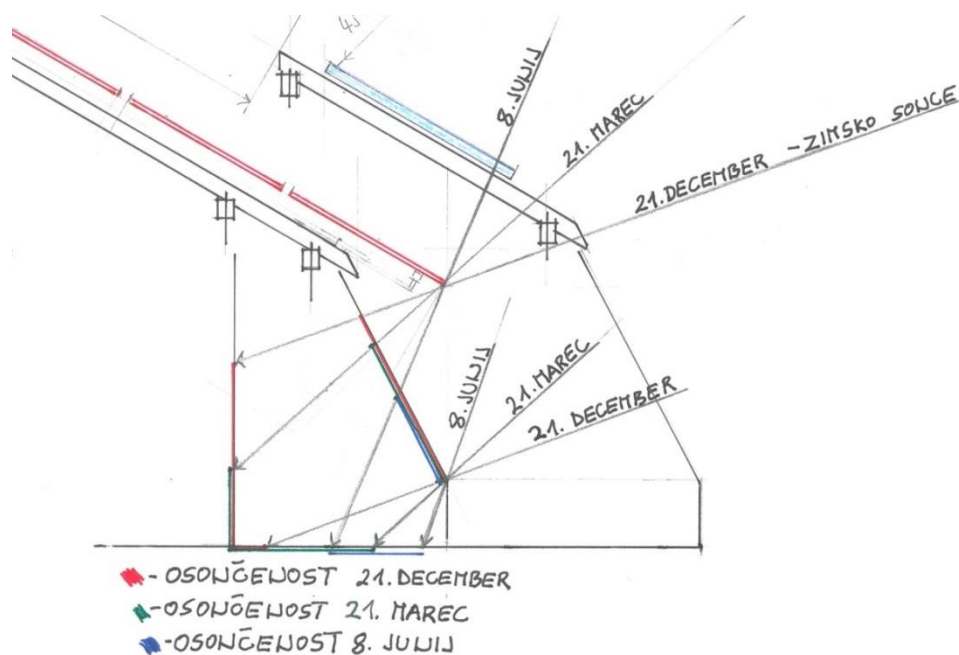
V poletnem obdobju moramo v stavbi zagotoviti primerno temperaturo bivalnih prostorov. Za še vzdržno temperaturo prostorov poleti sem izbral 26 °C, skladno s TSG-4 [6]. Če ne želimo uporabljati hladilnih naprav, ki so velik porabnik energije, moramo poskrbeti za dobro senčenje zimskih vrtov in stavbe same, zagotoviti ustrezno ohlajevanje stavbe preko noči in zapiranje odprtih proti zunanosti in proti steklenjaku preko dneva.

V nadaljevanju bom predstavil dva načina senčenja zimskih vrtov s pomočjo geometrije stavbe – izvedbo nadstreška in s pomočjo listopadnega zelenja – vinske trte. Na obravnavani stavbi sta izvedena oba načina senčenja. Preko malega zimskega vrta je izveden nadstrešek iz sončnih modulov, preko večjega zimskega vrta pa je speljana vinska trta.

### 7.1 Senčenje s pomočjo izvedbe nadstreška

Senčenje malega zimskega vrta je izvedeno s pomočjo podaljšanja sončnih modulov preko steklenih površin steklenjaka. Postavitev nadstreška iz sončnih modulov je natančno določena za največji zajem sončnega obsevanja v zimskem in prehodnem obdobju ter najmanjšem zajemu sonca v poletnem delu. Geometrijsko razmerje je razvidno iz slike 7, primerjava osončenih površin in površin, ki akumulirajo energijo pa v preglednici 37. Skica je nastala kot iskanje rešitve težave previsokih temperatur v prostorih v poletnem obdobju. Ker se je v letu 2010 na stavbo nameščala sončna elektrarna sem s pomočjo prekrivanja malega zimskega vrta zmanjšal delež osončenosti stekel v poletnem obdobju, ki ga predstavljam na sliki 7.

V strokovni literaturi, ki obravnava rešitve senčenja stavb z zunanjimi fiksnimi senčili lahko najdemo veliko podobnih primerov senčenja, vsi pa temeljijo na senčenju, ki zmanjšuje ali celo odpravlja solarne dobitke skozi stekla v poletnih mesecih in jih dovoljuje v zimskih mesecih [19].

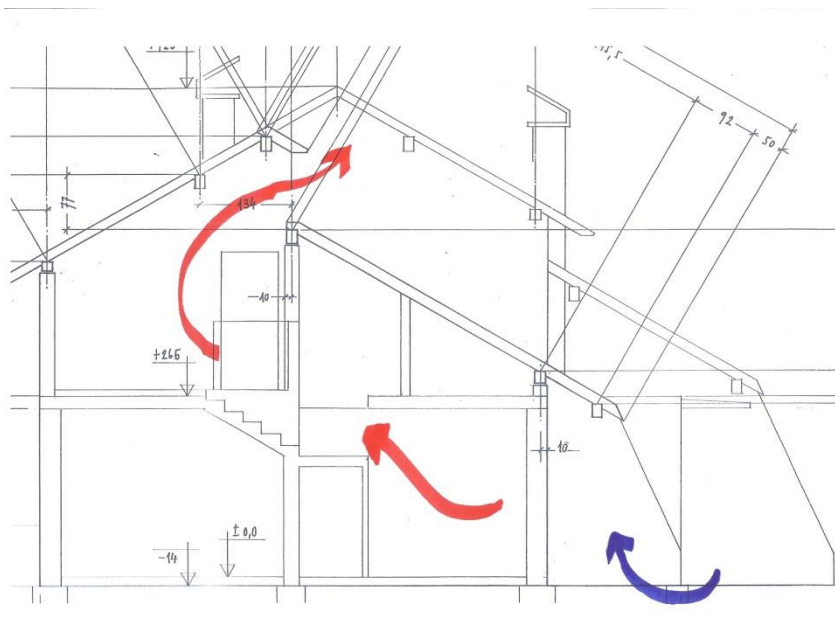


Slika 7: Geometrija senčenja z nadstreškom [10]

Preglednica 37: Primerjava zajema sončne energije

	Površina zajema sončne energije preko stekel (m <sup>2</sup> )	Delež zmanjšanja površine zajema sončne energije preko stekel glede na 21. december
21. december	6,8	100,00%
21. marec	5,6	-17,65%
8. junij	3,6	-47,06%

Iz preglednice 37 lahko vidimo, da je zajem sončne energije preko stekel v poletnem obdobju, ko je nevarnost pregrevanja največja, zmanjšan za 47 % glede na zimsko obdobje, kar uspešno preprečuje pregrevanje prostorov. V poletnem obdobju sonce ne obseva stene med zimskim vrtom in stavbo, zato se toplota ne prenaša vanjo preko stene, ampak je nevarnost prenosa toplote v stavbo samo s toplim zrakom, ki bi vdiral preko odprtih. Zato mora biti stavba v poletnem obdobju čez dan ločena od steklenjaka tako, da so zaprte vse odprtine ter da se zrači proti zunanosti. V večernih urah, ko se temperature spustijo pa se izvede prezračevanje skozi zimске vrtove proti severni strani stavbe. Prezračevanje se izvede iz zimskih vrtov po stopnišču in skozi okna v 1. nadstropju po termodinamičnem principu dvigovanja toplega zraka. Iz slike 8 je razvidna izvedba takšnega prezračevanja. Na sliki je prikazan vnos svežega nočnega zraka z modro puščico preko okna v zimskem vrtu in postopno dvigovanje toplega zraka z rdečo puščico preko stopnišča in skozi okna v 1. nadstropju v okolico.



Slika 8: Geometrija senčenja z nadstreškom [10]

## 7.2 Senčenje s pomočjo listopadnega zelenja

Listopadno zelenje je zelo uporabna metoda za senčenje stavb. Zelenje je v času zime, ko je potreben čim večji sončni zajem energije, brez listov, zato ne preprečuje prehoda sončnih žarkov v steklenjak.



V poletnem obdobju pa se razbohoti zelenje in prekrije površine preko katerih smo v zimskem obdobju zajemali sončno energijo.

Eden od ciljev na področju nadzora osenčenosti je omogočiti dostop zimskemu soncu do stavbe in steklenih površin. To izključuje zimzelena drevesa v bližini stavb in daje prednost zelenju, ki postopoma povečuje ozelenitev skupaj s povečevanjem vročih dni, je v polnem razcvetu v vročih poletnih dneh, in proti jeseni odvrže liste, tako da sonce zlahka prodre skozi njihove veje med hladnimi obdobji [20].

Blokiranje direktnega osončenja stavbe in steklenih površin z zelenjem zagotavlja hladilni učinek, zelenje pa sočasno tudi ohlaja zrak, ki se pretaka skozi s pomočjo izhlapevanja vode. Ta proces imenujemo evapotranspiracija [21].

Za senčenje z zelenjem je zelo primerna vinska trta. Zanj so značilne zelo tanke vitice, ki v zimskem obdobju minimalno zastirajo površino, preko katere zajemamo sončno energijo, v poletnem obdobju pa se bogato razraste z velikimi, širokimi listi. Vinska trta lahko v eni sezoni zraste za nekaj metrov, zato moramo njen napredek rasti redno nadzorovati z obrezovanjem. Obrezovanje je še ena zelo dobrodošla lastnost vinske trte, s katero lahko enostavno regulirano delež osenčene površine zimskih vrtov.



Slika 9: Senčenje z vinsko trto

Na sliki 9 je prikazano senčenje velikega zimskega vrta dne 24.8.2014. za senčenje, ki ga predstavljam, uporabljamo vinsko trto, ki je razpeljana preko njega v najvišji točki, natančneje ob zbirnem žlebu strehe, ki je izvedena nad zimskim vrtom. S tako razpeljavo vitic ne zmanjšujemo površine za zajem sončnega sevanja v zimskem obdobju. V poletnem obdobju se nato iz te vodilne

vitice razrastejo mlade vitice, ki rastejo navzdol po steklu steklenjaka. Rast vitic sledi povečevanju temperature v poletju, v primeru prehitre rasti pa lahko površino senčenja enostavno reguliramo s pomočjo obrezovanja. V jesenskem obdobju se izvede obrez vitic, ki segajo preko stekel in tako je omogočena uporaba celotne površine stekla za zajem sončnega obsevanja v zimskih mesecih. V stavbi od izgradnje naprej ni bilo potrebe po hlajenju, zato niso nameščene nobene naprave za ohlajevanje prostorov. Iz tega lahko sklepam, da senčenje zimskih vrtov in drugih delov stavbe v poletnih mesecih omogoča še vzdržne temperature v bivalnih prostorih.

## 8 ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA

Zimski vrtovi so eden najbolj izrazitih primerov pasivnega sončnega ogrevanja stavbe. S primerjavo porabe energije za potrebe ogrevanja sem poskušal prikazati prihranek, ki ga ustvarijo na realni stavbi. Prihranek, ki sem ga izračunal s pomočjo programa TOST je razmeroma majhen, samo 8 %, vendar se zelo povečajo solarni dobitki v stavbi in to kar za 216 %.

Med pripravo izračunov porabe energije s programom TOST sem pogrešal večje možnosti vnosa realnega obnašanja steklenjaka. Najprej sem se znašel pred težavo korekcije sončnega obsevanja na poševno steklo steklenjaka, ki pa sem ga, ob pomoči mentorja rešil s korekcijo g faktorja. Žal kljub tej korekciji nisem mogel zajeti vseh prednosti postavitve poševnih stekel. Ob določanju količine prezračevanja s preostalimi conami bi v mojem primeru obratovanja steklenjaka bilo smotno zajeti le prezračevanje, ki se opravlja v času, ko je steklenjak ogret na primerno temperaturo in ne prezračevanja preko celega dneva. To sem korigiral s prilagoditvijo razmerja med dnevom in nočjo.

Izračunana poraba končne energije v stavbi z zimskimi vrtovi znaša 8.483 kWh in prikazuje porabo električne energije za proizvodnjo toplote s pomočjo toplotne črpalke. Ker v zadnjih letih v tej stavbi merim porabo energije za potrebe ogrevanja, lahko kot primerjavo navedem, da je povprečna poraba električne energije za potrebe ogrevanja 6.000 kWh. Seveda je primerjava zelo posplošena, ker na porabo vplivajo letna nihanja temperature, program TOST pa uporablja vremenske podatke za 30 letno povprečje na dani lokaciji. Razliko med izračunano vrednostjo in dejanskim rezultatom lahko utemeljim tudi kot vpliv oseb, ki bivajo v tej stavbi in se poskušajo racionalno obnašati do porabe energije ter z dejstvom, da v izračunu nisem mogel zajeti vseh faktorjev, ki vplivajo na porabo in zmanjševanje porabe energije.

Menim, da sem s programom TOST dobil prave osnovne informacije, ki prikazujejo prihranek energije za ogrevanje v primeru stavbe z zimskimi vrtovi. Za nadaljnjo analizo porabe pa bi moral poseči po kompleksnejših programih, katerih izračun temelji na dinamični metodi.

Primerjal sem tudi potrebno energijo za hlajenje stavbe z in brez zimskih vrtov. Stavba brez zimskih vrtov ne izkazuje potrebe po hlajenju v nasprotju s stavbo z zimskimi vrtovi, kjer se potreba po hlajenju skokovito poveča. Povečanje potrebe hlajenja je pričakovano, saj se je povečala količina steklenih površin orientiranih proti jugu, vendar v izračunu nisem zajel sistemov senčenja z nadstreškom in s pomočjo listopadnega zelenja, ki sem ga predstavil v 7. poglavju, saj sem želel poenotene osnovne podatke o stavbi.

Na žalost nisem mogel izvedenih izračunov preveriti tudi z drugimi komercialnimi programi za izračun porabe energije v stavbi, ki jih lahko pridobimo pri nas (KI Energija 2010, URSA 4.0, ArchiMAID), saj kljub temu, da izvajajo izračun po isti metodi, ne ponujajo možnosti posebnega elementa ovoja – steklenjaka.

Menim, da je sistem pasivnega zajema sončne energije s pomočjo steklenjaka eden izmed primerov uspešne bioklimatske stavbe, ker omogoča prihranke energije s pomočjo najbolj naravnega vira in ker ljudi, ki bivajo v tej stavbi, ne prikrajša za dnevno svetlobo.

**VIRI**

- [1] Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši. *Gradbeni vestnik*. 57, 58-68.
- [2] Morrissey, J., Moore, T., Horne, R. E. 2011. Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation. *Renewable Energy*. 36, 2: 568-577.
- [3] Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010:7840.
- [4] Krainer, A., Predan, R. 2012. Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG.
- [5] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta, z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list EU, L153-13/2010: 23.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>  
(Pridobljeno 09.05.2014.)
- [6] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. 2010. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.  
[http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004_2010.pdf) (Pridobljeno 15.05.2014.)
- [7] Szokolay, S. V. 2004. Introduction to architectural science: the basis of sustainable design. Burlington, Architectural Press: 327 str.
- [8] Mazaria, E. 1979. The passive solar energy book: a complete guide to passive solar home, greenhouse and building design. Emmaus, Rodale Press: 435 str.
- [9] Pucar, M. 2006. Bioklimatska arhitektura. Beograd, Institut za arhitekturo i urbanizam Srbije: 245 str.
- [10] Miklavc, S. 2014. Arhiv investitorja. Osebna komunikacija. (10.07.2014.)
- [11] Agencija RS za okolje – Atlas okolja  
[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (Pridobljeno 15.05.2014.)
- [12] Agencija RS za okolje – Podatki za pravilnik o učinkoviti rabi energije  
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/pravilnik-ucinkoviti-rabi-energije/> (Pridobljeno 05.08.2014.)
- [13] Krainer, A., Predan, R. 2012. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG.
- [14] Krainer, A., Predan, R. 2012. TOST. Program za izračun energetske bilance stavbe po pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-

- 004:2010. Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 47 str.
- [15] KnaufInsulation d.o.o., Energija 2010 v. 3.9.0.0.
- [16] URSA Slovenija d.o.o., Gradbena fizika URSA 4 – v.4.0.-1.33.
- [17] Fibran NORD, d.o.o. ArchiMAID-v.2.1.105.0
- [18] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb – račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.
- [19] Katunský, D., Lopušniak, M. 2012. Impact of shading structure on energy demand and on risk of summer overheating in a low energy building. *Energy Procedia*, 14, 1311-1316.
- [20] Olgyay, A., Olgyay, V. 1957. *Solar control & Shading devices*. New Jersey, Princeton university press: 201 str.
- [21] Perini, K. 2013. Retrofitting with vegetation recent building heritage applying a design tool- the case study of a school building. *Frontiers of Architectural Research*. 2, 3: 267-277.