

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:

Radošević, L., 2015. Primeri uporabe BIM za analizo trajnostnih vidikov. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Cerovšek, T.): 41 str.

Datum arhiviranja: 07-10-2015

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:

Radošević, L., 2015. Primeri uporabe BIM za analizo trajnostnih vidikov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Cerovšek, T.): 41 pp.

Archiving Date: 07-10-2015

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

Kandidatka:

LUCIJANA RADOŠEVIĆ

**PRIMERI UPORABE BIM ZA ANALIZO TRAJNOSTNIH
VIDIKOV**

Diplomska naloga št.: 222/B-GR

**BIM USE CASES FOR ANALYSIS OF SUSTAINABILITY
ASPECTS**

Graduation thesis No.: 222/B-GR

Mentor:

doc. dr. Tomo Cerovšek

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Podpisana Lucijana Radošević izjavljam, da sem avtor dela z naslovom »Primeri uporabe BIM za analizo trajnostnih vidikov«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 18.9.2015

Lucijana Radošević

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	004:699.86(043.2)
Avtor:	Lucijana Radošević
Mentor:	doc. dr. Tomo Cerovšek
Naslov:	Primeri uporabe BIM za analizo trajnostnih vidikov
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	41 str., 17 slik, 10 pregl, 6 prilog
Ključne besede:	BIM, trajnostna gradnja, trajnostni vidiki, energetska analiza, energetska učinkovitost, dnevna svetloba

Izvleček:

Diplomska naloga obravnava možnosti uporabe BIM pri trajnostni analizi stavb. V delu so najprej definirani osnovni pojmi in nato tudi vidiki trajnostne gradnje. Predstavljeni so kriteriji vrednotenja trajnostnih stavb po metodi LEED, BREEAM in DGNB ter možnosti uporabe BIM. Pri možnih uporabah BIM so upoštevani okoljski in družbeni vidiki trajnostne gradnje, kot so analiza umestitve objekta na zemljišču, zadostna osončenost in osvetljenost prostorov ter energetska analiza.

V praktičnem delu diplomske naloge je za obravnavani primer izdelan konceptualni model in so izvedene analize osončenja, osenčenja in osvetlitve. S programom SketchUp je izdelan poenostavljen 3D model, s pomočjo različnih vtičnikov pa je narejena analiza osončenosti in osenčenosti. S programom Velux Daylight Visualizer je opravljena analiza osvetljenosti prostorov za obravnavan del informacijskega modela. Rezultati analize osončenosti in osvetljenosti pa so primerjani z veljavno zakonodajo, pravilnikom PURES in tehnično smernico TSG-1-004:2010, ki je nastala na podlagi evropske direktive EPBD 2002 in prenovljene direktive EPBD 2010. V programu Ecotect Analysis je izdelan poenostavljen 3D model in opravljena analiza sončnega obsevanja za vsako fasado posebej, na podlagi rezultatov te analize pa je določena količina energije, ki jo prejme fasada. V nadaljevanju je s pomočjo programa Knauf Insulation Energija narejena energetska analiza na podlagi 2D načrtov, potrebne količine pa so izmerjene s programom CostX. Energetska analiza objekta pa je izvedena tudi v programu ArchiCAD z vtičnikom Energy Evaluation na podlagi informacijskega modela stavbe. Na koncu diplomske naloge je izdelana še primerjava rezultatov obeh energetskih analiz, saj zaradi različnih vhodnih podatkov lahko pride do razhajanja le-teh.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	004:699.86(043.2)
Author:	Lucijana Radošević
Supervisor:	prof. Tomo Cerovšek, Ph.D.
Title:	BIM use cases for analysis of sustainability aspects
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	41 p., 17 fig., 10 tab., 6 ann.
Key words:	BIM, sustainable design, sustainable aspects, energy analysis, energy efficiency, daylight

Abstract:

This graduation thesis explores possibilities of BIM uses for sustainable design. For that purpose I first analyzed definition and aspects of sustainable building, criteria for analysis of sustainable building according to the LEED, BREEAM and DGNB methods and identified possible BIM uses. For BIM uses I considered environmental and social aspects of sustainable building design, such as analysis of building orientation in the environment, proper shading, sufficient daylight and energy analysis.

In the practical part of the thesis conceptual models for a selected case study were designed. I examined analysis of sufficient daylight, shading and exposure to the sun. In the SketchUp program I designed simple 3D model, and then used different plugins for shading and daylight analysis. Part of the building information model was imported to Velux Daylight Visualizer, in which daylight analysis was performed. Results of the daylight and shading analysis were examined according to the technical guideline TSG-1-004:2010, based on European Directive EPBD 2002 and renewed Directive EPBD 2010. A simplified 3D model was created within Ecotect Analysis program for incident solar radiation analysis of the envelope. Latter data was used to determine the amount of energy received on the building envelope. Later, the energy analysis was done within Knauf Insulation Energy program on the basis of 2D blueprints. Appropriate quantities were measured in the CostX program. Energy analysis was also conducted within ArchiCAD program and Energy Evaluation plugin based on the bases of the building information model. Finally, detailed comparison of the results was made, due to possible discrepancy in results of different assumptions and input data.

ZAHVALA

Za pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomu Cerovšku.

Zahvaljujem pa se tudi ekipi Certus 5D, ki so mi nudili strokovno pomoč in nasvete iz prakse ter omogočili uporabo modela za analizo nekaterih trajnostnih vidikov.

Posebna zahvala pa gre mojim staršem, ki so mi omogočili študij in mi bili tekom celotnega študija v veliko podporo, ter Martinu Klunu za lektoriranje in pomoč.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA.....	V
1 UVOD.....	1
1.1 Opis problema	1
1.2 Namen in cilj.....	2
1.3 Metoda dela.....	2
2 TRAJNOSTNI RAZVOJ IN TRAJNOSTNA GRADNJA.....	3
2.1 Trajnostni razvoj in načela trajnostnega razvoja	3
2.1.1 Trajnostna gradnja	3
2.1.2 Direktive EU.....	4
2.1.3 Integrirano načrtovanje – ključni element trajnostne gradnje.....	5
2.2 Vidiki trajnostne gradnje	6
2.2.1 Okoljski vidiki	7
2.2.2 Ekonomski vidik.....	8
2.2.3 Družbeni in zdravstveni vidiki.....	8
2.4 Metode vrednotenja trajnostnega načrtovanja	9
2.4.1 Metoda LEED.....	9
2.4.2 Metoda BREEAM	11
2.4.3 Metoda DGNB.....	13
3 TRAJNOSTNO NAČRTOVANJE STAVB S POMOČJO BIM	15
3.1 BIM – informacijsko modeliranje stavb	15
3.1.1 Definicija BIM.....	15
3.1.2 Prednosti uporabe BIM.....	16
3.2 Upoštevanje okoljskih vidikov trajnostne gradnje z BIM.....	16
3.2.1 Obravnavanje trajnostnih vidikov s pomočjo BIM.....	16
3.2.2 Pregled uporabljene programske opreme.....	19
4 PRIMER PRIKAZA TRAJNOSTNE ANALIZE S POMOČJO BIM.....	20
4.1 Opis primera.....	20
4.1.1 Opis objekta.....	20
4.1.2 Lokacija in orientacija objekta.....	20
4.1.3 Geološko meteorološke značilnosti	21
4.2 Analiza modela	22
4.2.1 Program SketchUp.....	22
4.2.2 Program Ecotect Analysis.....	26
4.3 Energetska analiza objekta	30
4.3.1 Program CostX in Knauf Insulation Energija.....	30
4.3.2 Program ArchiCAD in Energy Evaluation	34
4.4 Primerjava rezultatov energetske analize objekta	35
5 ZAKLJUČKI IN SKLEP.....	36
VIRI.....	38

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Razlika med integriranim in tradicionalnim načrtovanjem [36]	5
Tabela 2: Analiza osončenosti s vtičnikom LSS Chronolux	23
Tabela 3: Povprečne vrednosti osvetljenosti in KDS v izbranih prostorih	25
Tabela 4: Prikaz mesečne količine prejete sončne energije za vsako fasado	30
Tabela 5: Izmerjene količine s CostX	31
Tabela 6: Sestave konstrukcijskih sklopov	32
Tabela 7: Prikaz podatkov za različne cone	33
Tabela 8: Izmere količin s programom ArchiCAD	34
Tabela 9: Primerjava izmerjenih neto uporabnih površin	35
Tabela 10: Primerjava rezultatov energetskih analiz	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Koristi trajnostne gradnje za izvajalce, lastnike in najemnike	6
Slika 2: Položaj obravnavane lokacije v Ljubljani	20
Slika 3: Območje razreda srednje poplavne nevarnosti	21
Slika 4: Opozorilna karta pogostih poplav	22
Slika 5: Analiza senc severne in zahodne fasade	24
Slika 6: Analiza senc južne fasade	24
Slika 7: Pot Sonca - poletni solsticij	27
Slika 8: Prikaz razpona padanja senc	27
Slika 9: Available Solar Radiation	28
Slika 10: Sončno obsevanje - zahodna fasada	28
Slika 11: Sončno obsevanje - severna fasada	29
Slika 12: Sončno obsevanje - vzhodna fasada	29
Slika 13: Sončno obsevanje - južna fasada	29
Slika 14: Vpliv vegetacije na osončenost zahodne fasade	30
Slika 15: Elektronske izmere površin	31
Slika 16: Struktura porabe energije za delovanje objekta (Knauf Insulation Energija)	33
Slika 17: Struktura porabe energije za delovanje objekta (ArchiCAD)	34

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CO₂ – ogljikov dioksid

TPG – toplogredni plini

BIM – Informacijsko modeliranje zgradb, *angl. Building Information Modeling*

CIB – *angl. Conseil International du Batiment*

LCA – analiza življenjskega cikla stavbe, *angl. Life Cycle Assessment*

HVAC – sistemi ogrevanja, prezračevanja in klimatske naprave, *angl. Heating, ventilating and air conditioning system*

LCC – stroškovna analiza življenjskega cikla stavbe, *angl. Life Cycle Costing*

SBS – sindrom nezdrave zgradbe, *angl. Sick building syndrome*

LEED – *angl. Leadership in Energy and Environmental Design*

BREEAM – *angl. Building Research Environmental Assessment Method*

DGNB – *nem. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*

CAD – *angl. Computer Aided Design*

KDS – količnik dnevne svetlobe, *angl. Daylight factor*

PURES 2010 – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS, št. 52/2010

TSG-1-004:2010 – Tehnična smernica za graditev TSG-1-004, Učinkovita raba energije. Ministerstvo za okolje in prostor

1 UVOD

1.1 Opis problema

V preteklosti se ni dovolj razmišljalo o varčevanju z energijo, saj je bila ta vesplošno dostopna in poceni. Zaradi takšnega razmišljanja v preteklosti se danes soočamo z energetske in klimatske katastrofami. Zaradi energetske krize leta 1973 je prišlo do spoznanja, da se z manjšanjem zalog fosilnih goriv, viša njihova cena. Tudi poraba energije je pričela strmo naraščati, največji delež njene porabe pa imajo ravno stavbe.

Poraba energije v stavbah. Stavbe danes porabijo več kot 40 % celotne energije in so med največjimi potrošniki energije. Stavbe imajo velik energetski in ekološki vpliv, zato so energetska učinkovitost, trajnostna gradnja in uporaba obnovljivih virov energije prioritete sodobnega gradbeništva. Potreba po spremembah, optimizaciji in zmanjšanju energetskih in ekoloških vplivov je nujna.

Kjotski protokol in strategija Energija 2020. V ta namen je bil sklenjen mednarodni sporazum, imenovan Kjotski protokol, ki je eden od glavnih nosilcev optimiziranja in zmanjševanja energetskih in ekoloških vplivov. Cilj tega protokola je zmanjševanje emisij ogljikovega dioksida (CO₂) in drugih toplogrednih plinov. Slovenija je oktobra 1998 podpisala in julija 2002 tudi ratificirala Kjotski protokol, s katerim je prevzela – enako kot Evropska unija – obveznost 8 % zmanjšanja emisij toplogrednih plinov (TGP) v prvem ciljnem obdobju med leti 2008 in 2012 glede na izhodiščno leto 1986 [1]. Zmanjšanje porabe energije posledično predstavlja tudi zmanjšanje emisij CO₂. Leta 2007 je Evropska unija sprejela strategijo Energija 2020, katere cilj je zmanjšati emisije toplogrednih plinov za 20 %, povečati delež obnovljive energije za 20 % in za 20 % izboljšati energetske učinkovitost.

Trajnostna gradnja. Trajnostna gradnja teži k zmanjšanju porabe naravnih virov in zmanjšanju emisij škodljivih plinov, vendar po drugi strani teži tudi k ustvarjanju zaželenih karakteristik stavb, ki zadovoljujejo potrebe uporabnikov. Graditi trajnostno pomeni, da v času načrtovanja stavbe, med gradnjo in v obdobju uporabe le-te upoštevamo načelo skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov. Stavbo načrtujemo tako, da sta njena gradnja in uporaba ekonomični. Trajnostne stavbe morajo biti prijazne do uporabnika, zagotavljati morajo zdravo in udobno bivanje, optimalno morajo izpolnjevati potrebe uporabnika, omogočati fleksibilnost, prispevati morajo k ohranjanju družbenih in kulturnih vrednot [2].

Leta 1994 je mednarodna organizacija za raziskave in inovacije v gradbeništvu, CIB (*Conseil International du Batiment*), definirala cilje trajnostne gradnje kot »ustvarjanje in upravljanje z zdravim delovnim in bivalnim okoljem, ki temelji na učinkovitosti uporabljenih virov in ekološko varni zasnovi objekta« [3].

V obsegu diplomske naloge so zajeti vidiki trajnostne gradnje in primer analiza stavbe. Za zagotovitev trajnostne gradnje je potrebno že pri izdelavi idejnega projekta upoštevati trajnostne kriterije. Ker pri takšni gradnji sodeluje veliko število udeležencev kot so gradbeniki, arhitekti, strojniki, urbanisti, zakonodajalci in mnogi drugi, je zelo pomembno njihovo medsebojno sodelovanje in komunikacija. S pomočjo informacijskega modela stavbe (*angl. Building information modeling*, v nadeljevanju BIM) so izvedene določene študije v okviru trajnostne analize.

1.2 Namen in cilj

Namen diplomske naloge je preučiti kriterije trajnostne gradnje ter ugotoviti, kako s pomočjo informacijskega modela stavb poiskati rešitve, ki zadostijo kriterijem. S tem namenom so v diplomski nalogi najprej opisani pojmi kot so trajnostni razvoj in trajnostna gradnja ter BIM. V drugem delu pa sledi opis uporabe BIM v procesu trajnostnega načrtovanja.

Cilji diplomske naloge so:

- I. Preučitev pomena trajnostni razvoj in trajnostna gradnja
- II. Preučitev kriterijev trajnostne gradnje
- III. Preučitev uporabe BIM pri trajnostni in energetske analizi
- IV. Prikaz na primeru – analiza okoljskih vidikov trajnostne gradnje in energetska analiza s pomočjo BIM
- V. Prikaz na primeru – energetska analiza s pomočjo 2D načrtov

1.3 Metoda dela

Diplomska naloga je sestavljena iz teoretičnega in praktičnega dela. Uporabljena je metoda »*learning by doing*«, kjer se literaturo in izbrano programsko opremo istočasno povezuje na praktičnem primeru.

V teoretičnem delu so definirani ključni pojmi kot so BIM, trajnostni razvoj ter trajnostna gradnja. Definirani so tudi vidiki trajnostne gradnje in metode vrednotenja trajnostne gradnje.

V praktičnem delu smo izbrali objekt in uporabili različna programska orodja, s katerimi je prikazano, kako preučiti energetske učinkovitost objekta s pomočjo 2D načrta ter s pomočjo 3D BIM modela. S programom CostX se iz 2D načrtov izmeri vse potrebne količine, ki so potrebne za izdelavo energetske izkaznice s programom Knauf Insulation Energija, v katerega se podatke vnese ročno. Modeli objekta so izdelani s pomočjo programov SketchUp in ArchiCAD ter so uporabljeni za preučitev in analizo energetske učinkovitosti.

S pomočjo vtičnikov Energy Evaluation (ArchiCAD) in Ecotect (Autodesk), katerih vhodni podatki so pridobljeni iz informacijskih modelov izdelanih v programu ArchiCAD ter SketchUp, se določi energetske potrebe objekta.

Na koncu smo rezultate še preverili na osnovi primerjave rezultatov.

2 TRAJNOSTNI RAZVOJ IN TRAJNOSTNA GRADNJA

2.1 Trajnostni razvoj in načela trajnostnega razvoja

Danes se srečujemo z veliko onesnaženostjo okolja in prekomerno rabo naravnih virov, zato se izraz trajnostni razvoj uporablja vse bolj pogosto. Pojem trajnosti se pojavil prvič leta 1713, ko je prišlo do spoznanja, da nekontrolirana sečnja gozdov lahko pripelje do nepopravljivih posledic za naravo in družbo. Danes se pojavlja veliko različnih definicij trajnostnega razvoja, ki so odvisne od različnih avtorjev. Najpogosteje citirana je definicija Svetovne komisije za okolje in razvoj (WCED), ki pravi, da trajnostni razvoj (*angl. Sustainable development*) pomeni »zadovoljiti trenutne potrebe, ne da bi pri tem ogrožali zadovoljevanje potreb prihodnjih generacij« [4].

Leta 1992, na Konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju v Rio de Janeiru, se je zbralo največje število svetovnih voditeljev v zgodovini. Združilo jih je spoznanje o nevarnostih, ki jih prinaša razvoj naše civilizacije, in o nujnosti temeljitih sprememb. Sprejeli so svetovni načrt, Agenda 21, ki poziva vlade vseh držav naj sprejmejo načela trajnostnega razvoja [5].

Leta 1995 je skupina nevladnih organizacij pod vodstvom Umanotere, Slovenske fundacije za trajnostni razvoj, pripravila dokument Agenda 21 za Slovenijo. V tem dokumentu so načela trajnostne družbe določena sledeče [4]:

- I. spoštovanje občestva življenja in odgovornost zanj,
- II. izboljševanje kakovosti človekovega življenja,
- III. ohranjanje vitalnosti in pestrosti Zemlje,
- IV. čim korenitejše zmanjševanje izčrpavanja neobnovljivih virov,
- V. upoštevanje nosilne sposobnosti Zemlje,
- VI. spreminjanje osebnega odnosa in ravnanja,
- VII. usposabljanje skupnosti za samostojno in odgovorno ravnanje z okoljem,
- VIII. oblikovanje državnega okvira za povezovanje razvoja in ohranitve,
- IX. ustvarjanje svetovnega zavezništva.

Za zagotavljanje trajnostnega razvoja je trajnostno gradbeništvo primarni cilj, saj gradbena industrija porabi 40 % svetovnih surovin in energije ter hkrati proizvede 40 % odpadkov. Trajnostno gradbeništvo je eden od glavnih elementov trajnostnega razvoja, saj ima velik vpliv na socio-ekonomski sistem družbe. [6]

2.1.1 Trajnostna gradnja

Pojem trajnostna gradnja (*angl. Sustainable construction*) je leta 1994 prvič določil profesor Charles Kibert, ko je razmišljal o tem, kako bi opisal odgovornosti gradbene industrije v smislu trajnostnega razvoja. Po mnenju C. Kiberta je »trajnostna gradnja odgovorna za razvoj in upravljanje zdravega grajenega okolja, ki temelji na učinkoviti rabi resursov in ekoloških principih« [7]. Leta 1994 je mednarodna organizacija za raziskave in inovacije v gradbeništvu CIB definirala cilje trajnostne gradnje kot »ustvarjanje in upravljanje z zdravim delovnim in bivalnim okoljem, ki temelji na učinkoviti rabi virov in ekološko varni zasnovi objekta.« CIB je zasnovala tudi sedem principov

trajnostne gradnje, ki bi vplivali na odločitve tekom vsake faze načrtovanja in gradnje ter skozi celotni življenjski cikel objekta. Ti principi se ravno tako uporabljajo za sredstva, ki so potrebna za vzpostavitev grajenega okolja v celotnem življenjskem ciklu: zemljišče, surovine, voda, energija in ekosistemi [3]. Sedem principov trajnostne gradnje:

- I. zmanjšanje porabe virov (redukcija),
- II. ponovna uporaba virov (večkratna uporaba),
- III. uporaba obnovljivih materialov (reciklaža),
- IV. zaščita narave (narava),
- V. omejevanje toksičnih plinov (toksini),
- VI. upoštevanje načela celotnega življenjskega cikla objekta (ekonomija),
- VII. osredotočenje na kvaliteto (kvaliteta).

Za trajnostne stavbe velja, da v času načrtovanja, gradnje, obratovanja in odstranitve sledijo načelu skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov ter ekonomičnosti njihove izgradnje in uporabe. Trajnostne stavbe morajo biti prijazne do uporabnika in njegovega zdravja, izpolnjevati pričakovanja glede funkcionalnosti ter prispevati k ohranjanju družbenih in kulturnih vrednot. [8]

2.1.2 Direktive EU

Evropska komisija ocenjuje, da so v EU stavbe odgovorne za 40 % porabe energije in 36 % emisij CO₂. V okviru trajnostne gradnje želi EU v ta namen izboljšati energetske učinkovitosti stavb, čim bolj povečati uporabo obnovljivih virov energije ter zmanjšati izpuste toplogrednih plinov, da bi tako zagotovili boljše življenjske pogoje in prihranke. EU je leta 2010 začela izvajati strategijo Evropa 2020, ki je desetletna strategija Evropske unije za gospodarsko rast in delovna mesta. Ta strategija se ukvarja s pomanjkljivostmi našega modela gospodarske rasti in ustvarja pogoje za razvoj, ki bodo temeljili na pametnih tehnologijah, trajnostni naravnosti in socialni vključenosti. Eden izmed petih glavnih ciljev so tudi podnebne spremembe in energetska trajnost. V okvirju tega cilja želi EU do leta 2020 zmanjšati izpuste toplogrednih plinov za 20 %, povečati energijo iz obnovljivih virov za 20 % ter povečati energetske učinkovitosti stavb za 20 %. [9]

Na podlagi Direktive 31/2010/EU, o energetske učinkovitosti stavb, je v Sloveniji postavljen cilj, da naj bi bile do leta 2018 vse nove stavbe v uporabi javnih služb skoraj nič-energijske in do leta 2020 naj bi bile tudi vse nove stavbe skoraj nič-energijske [10]. V Sloveniji še ni predpisanega certificiranja za trajnostno gradnjo, vendar je aktualen Pravilnik o energetske učinkovitosti stavb (PURES 2010), ki je v polno veljavo stopil leta 2011. Ta pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, pripravo tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU [11]. K pravilniku sodi tudi tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije, ki določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg minimalnih zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba te tehnične smernice je obvezna. PURES 2010 sodi med gradbeno zakonodajo in skladno z zakonom o graditvi objektov pokriva vse tri faze graditve: projektiranje, gradnjo in vzdrževanje stavb [12].

2.1.3 Integrirano načrtovanje – ključni element trajnostne gradnje

V okviru trajnostne gradnje je potrebno upoštevati načela skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov tako med načrtovanjem stavbe, med gradnjo in uporabo. Bistveno je, da že pri načrtovanju sodeluje čim več deležnikov, kot so naročnik, arhitekt in ostali svetovalci ter uporabniki. Razlogov, zakaj trajnostna gradnja pri svojem načrtovanju ne more slediti načinu dela »tradicionalnega načrtovanja«, pri katerem se načrtovanje začne z arhitektom in idejno zasnovo, nato se nadaljuje z gradbeniki, strojniki in elektroinženirji, ki predlagajo svoje rešitve, je veliko. Načrtovanje trajnostnih stavb mora biti usklajeno, proces dela mora biti optimiziran in nastali problemi se morajo reševati takrat, ko je to najbolj učinkovito.

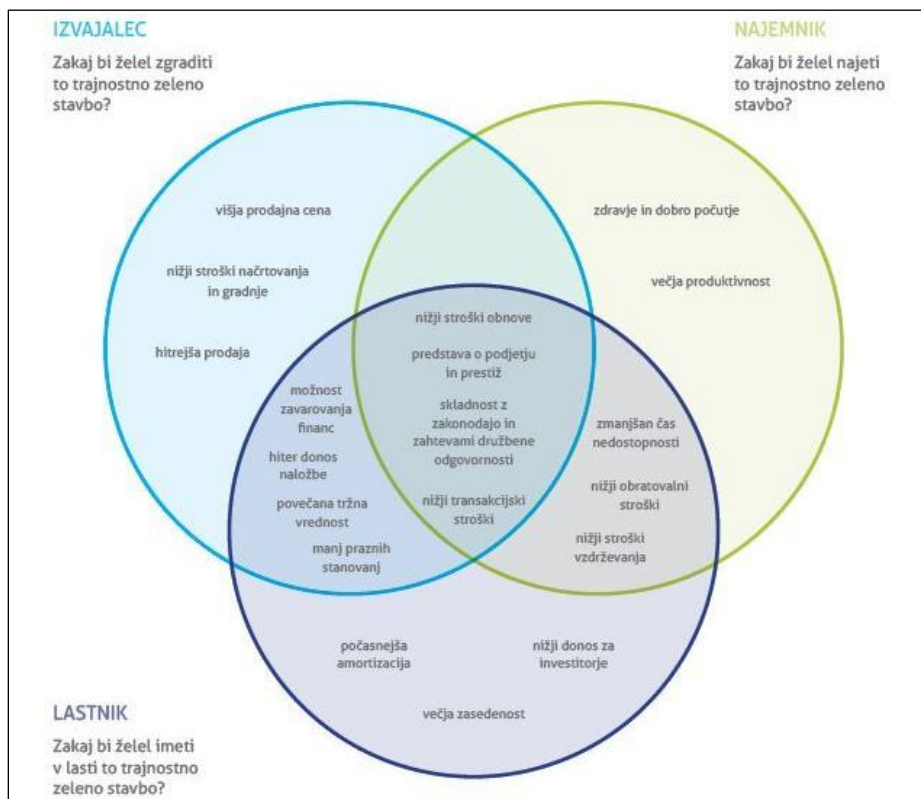
Trajnostna gradnja je lahko udejanimo z integriranim pristopom celostne zasnove gradbenih objektov. Pri tem pristopu se izdelajo rešitve, ki omogočajo lažjo in cenejšo izvedbo, pri čemer so zagotovljeni majhni vplivi na okolje ter večja kakovost bivanja in zadovoljstvo uporabnikov. Integriran proces »označuje delo interdisciplinarne projektne delovne skupine strokovnjakov, ki vodi do boljših rešitev. Za to sta potrebna skupna vizija celotne integrirane delovne skupine in razumevanje projekta kot celote in ne na način, kot delno (moteče) povezanih načrtovalskih problemov. Integrirano načrtovanje omogoča udejanjenje celostnega pristopa k zasnovi objektov. Cilji integriranega pristopa so visoko učinkoviti gradbeni objekti z vidika ekoloških in socialnih kriterijev, ob tem pa je treba upoštevati razpoložljive vire«. Z integriranim načrtovanjem se lahko izdelajo rešitve, ki omogočajo lažjo in cenejšo izvedbo ter vzdrževanje objektov, pri tem pa so zagotovljeni vsi kriteriji, kot so vplivi na okolje, kakovost bivanja in zadovoljstvo uporabnikov. [19]

Za razliko od »tradicionalnega načrtovanja«, pri katerem je večina dela vezana na projektiranje in pripravo izvedbene dokumentacije ter pri katerem se skupina deležnikov poveča po predaji objekta, ko se začnejo reševati reklamacije, je pri integriranem načrtovanju ključno, da vsi pomembni deležniki projekta sodelujejo že v zgodnjih fazah projekta, kar omogoča, da se problemi in spremembe rešujejo v začetni fazi, ko je to najbolj učinkovito in ko so stroški sprememb majhni [15].

Tabela 1: Razlika med integriranim in tradicionalnim načrtovanjem [36]

INTEGRIRANO NAČRTOVANJE	TRADICIONALNO NAČRTOVANJE
Udeleženci v postopku vključeni že od začetka načrtovanja	Udeleženci v projektu so vključeni le po potrebi
Večina porabljenega časa in energije vloženo že v zgodnjih fazah načrtovanja	Manj časa, energije in sodelovanja vloženo v zgodnjih fazah načrtovanja
Odločitve sprejeme večina udeležencev v postopku	Odločitve sprejem manj udeležencev v projektu
Ponavljajoči proces	Linearni proces
Celostno načrtovanje sistemov	Sistemi se obravnavajo ločeno
Omogoča popolno optimizacijo	Omejena optimizacija
Teži k sinergijama	Zmanjšana možnost sinergičnih učinkov
Stroški življenjskega cikla objekta	Poudarek na začetnih stroških
Proces se nadaljuje tudi v času obratovanja stavbe	Proces je končan, ko je stavba zgrajena

V poročilu o gospodarnosti okolju prijaznih gradenj Business Case for Green Buildings je navedeno, da ima proces integriranega načrtovanja pomembno vlogo pri zmanjševanju stroškov brez vpliva na kakovost. Trajnostno grajene stavbe navadno niso veliko dražje, sicer pa je cena bolj odvisna od celostne zasnove gradbenega objekta. Rezultati integriranega načrtovanja z upoštevanjem trajnostnih vidikov so pametne idejne zasnove, termično učinkoviti stavbni ovoji ter učinkovito prostorsko načrtovanje, ki že v prvem koraku zmanjšajo energetske potrebe. Same stroške se lahko zmanjša tudi z uporabo visoko učinkovitih sistemov. Trajnostno grajene stavbe, poleg nižanih dolgoročnih stroškov obratovanja in vzdrževanja, povečujejo tudi tržno vrednost in izboljšujejo produktivnost delavcev ter zdravje stanovalcev. Na sliki 1 so prikazane koristi, ki jih dajejo trajnostne stavbe izvajalcem, lastnikom in najemnikom [37].



Slika 1: Koristi trajnostne gradnje za izvajalce, lastnike in najemnike [37]

2.2 Vidiki trajnostne gradnje

Trajnostno načrtovana stavba porabi malo ali skoraj nič energije za obratovanje. Hkrati se za gradnjo uporabljajo naravni materiali ali materiali, ki jih je mogoče reciklirati oziroma znova uporabiti, zato je potrebno pri načrtovanju trajnostne stavbe obravnavati štiri vidike, to so okoljski, ekonomski, družbeni in zdravstveni. Zdaj sta pri trajnostni gradnji v ospredju predvsem ekonomski in okoljski vidik, vendar je bistvo koncepta trajnostnega razvoja medsebojna uravnoteženost vseh prej omenjenih vidikov. Razlog za to so naraščajoče cene energentov in zavedanje, da ima raba fosilnih goriv negativen vpliv na okolje. Posledično je v ospredju potreba po zmanjševanju porabe energije za obratovanje stavb, socialni in zdravstveni vidik pa sta zanemarjena [6].

Ljudje povprečno preživimo od 80 do 90 odstotkov dneva v notranjem okolju, kar pomeni, da oseba z življenjsko dobo 80 let preživi od 64 do 72 let v notranjem okolju, zaradi česar je bistveno, da sta kvaliteta bivalnega in delovnega okolja najpomembnejša faktorja pri trajnostnem načrtovanju [13].

2.2.1 Okoljski vidiki

Študije so pokazale, da se 40 % skupne energije v EU porabi v sektorju stavb. Od tega se dve tretjini energije porabi za ogrevanje in hlajenje. Uporaba stavbe in proizvodnja gradbenih materialov pa povzročata 36 % izpustov vseh količin CO₂ v ozračje. Celoten namen trajnostne gradnje je ohranitev okolja ter skrbno ravnanje in ohranjanje naravnih virov.

V obsegu okoljskih vidikov se posveča pozornost učinkoviti rabi energije in vode, zmanjšanju izpustov CO₂ ter reciklaži materialov. Vplive stavbe na okolje ocenjujemo z analizami po metodologiji LCA (*angl. Life Cycle Assessment*). Analizo lahko definiramo kot metodologijo, ki ocenjuje okoljske vplive uporabljenih materialov, vključno s celotno stavbo v njenem življenjskem ciklu. Analiza obsega celoten življenjski cikel od pridobivanja in predelave surovin, vgradnje le-teh pa vse do končnega odlaganja na deponij ali recikliranje [3].

- **Energija in emisije CO₂**
- **Voda**
- **Materiali**

Energija in emisije CO₂: Globalno segrevanje je posledica človeških dejavnosti, ki povečujejo količine toplogrednih plinov v ozračju. Glavnino toplogrednih plinov predstavljajo ogljikov dioksid (CO₂), vodna para, metan, amonijak in ozon. Posledice globalnega segrevanja so višanje morske gladine, spremembe v količinah in vrstah padavin, taljenje ledu in ledenikov, suša ter povečanje števila naravnih katastrof, ki bodo posledično vodile do izumrtja živalskih vrst ter vplivale na kakovost življenja ljudi. Koncentracija CO₂ se z leti povečuje zaradi uporabe fosilnih goriv (premoga, nafte, zemeljskega plina), potrebnih za proizvodnjo elektrike in ogrevanje stavb. Poslovne stavbe porabijo največ energije za razsvetljavo in klimatizacijo, stanovanjske stavbe pa največji delež energije porabijo za ogrevanje ter pripravo tople vode. [14]

S trajnostnim načrtovanjem lahko zmanjšanje izpustov CO₂ dosežemo z uporabo obnovljivih virov energije na sami stavbi v kombinaciji s pasivnimi komponentami, kot so oblika in orientacija stavbe za izkoristek dnevne svetlobe in izkoriščanje vetra za prezračevanje.

Potrebo po energiji v stavbah lahko zmanjšamo z izboljšanjem fasadnega ovoja (izolacijo, visoko učinkovito zasteklitvijo), vgradnjo energetske učinkovitejših sistemov ogrevanja, prezračevanjem in hlajenjem (*angl. HVAC - heating, ventilating and air conditioning system*), spodbujanjem energetske izmenjave in skupnimi lokalnimi viri (npr. daljinsko ogrevanje/hlajenje) [15].

Voda: Poraba vode v poslovnih stavbah je veliko nižja kot v stanovanjskih stavbah ali v športnih objektih. Količine vode na Zemlji so omejene in zato trajnostne stavbe težijo k učinkoviti porabi vode ter njeni ponovni uporabi. V ta namen lahko z vgradnjo opreme, namenjene varčevanju z vodo ter s ponovno uporabo deževnice in »sive vode« bistveno zmanjšamo porabo vode. Naprave za varčevanje so npr. stranišča, ki imajo dvojno splakovanje, pri čemer se za polno splakovanje ne porabi več kot 6 litrov vode, pri delnem splakovanju pa se ne porabi več kot treh litrov vode. »Siva voda« je odpadna voda, ki nastane ob umivanju ter vključuje tudi odpadno vodo iz gospodinjstev (kuhinjsko odpadno vodo, vodo iz strojev za pranje in pomivanje posode). Za zbiranje deževnice in »sive vode«

zagotovimo posebne zbiralnike. Glede na uporabo lahko to vodo tudi filtriramo, saj vsebujejo organske in tudi patogene snovi. Takšno vodo lahko ponovno uporabimo za zalivanje vrtov, pranje avtomobilov, spiranje straniščne školjke, ipd. [15].

Materiali: Ostanki gradbenih materialov pri gradnji ali rušitvi gradbenega objekta, kot so beton, opeka, kovina, suhomontažne plošče ter izolacijski materiali, predstavljajo v povprečju od 25 do 30 odstotkov celotne količine letno nastalih odpadkov v Evropi. Zavrženi materiali onesnažujejo okolje, a lahko po drugi strani pravilno selekcionirani in predelani postanejo gradbeni material, ki se ga ponovno uporabi [38].

Trajnostna gradnja spodbuja uporabo materialov, ki se lahko reciklirajo iz izdelkov, narejenih iz obnovljivih virov ter s ponovno uporabo že vgrajenih materialov. Surovine za gradbeni sektor so pridobljene, predelane, transportirane in uporabljene v fazi gradnje in pri razgradnji. Zaradi dolge življenjske dobe in velikih količin materiala, predstavljajo vsi ti procesi ogromen vpliv na okolje. Z recikliranjem in ponovno uporabo odpadnega materiala se lahko izognemo nadaljnjemu izčrpanju naravnih virov [15].

Zavod za gradbeništvo Slovenije vodi projekt ReBirth (*angl. Recycling of Industrial Waste and Building Rubble for the Construction Industry*), katerega cilj je prispevati k višji stopnji recikliranja gradbenih in industrijskih odpadkov ter njihovi povečani uporabi v gradbeništvo. V okviru tega projekta je nastal »Priročnik za trajnostno rušenje objektov in recikliranje gradbenih odpadkov«, ki podaja informacije o upravnih, zakonodajnih in tehničnih postopkih, ki jih je potrebno izpeljati, da gradbeni odpadki izgubijo status odpadka in postanejo surovina za ponovno uporabo v gradbeništvo. Priročnik podrobno obravnava trajnostno ravnanje z gradbenimi odpadki, ki nastajajo v postopkih gradnje, rekonstrukcije, obnove ali odstranitve objekta [16].

2.2.2 Ekonomski vidik

Ekonomski vidik temelji na vseživljenjski analizi stroškov stavbe in pokriva fazo proizvodnje gradbenih materialov in komponent, fazo gradnje stavbe, fazo uporabe in fazo ob koncu življenjskega kroga stavbe. Ocenjevanje poteka po metodologiji LCC (*angl. Life Cycle Costing*), ki je analiza stroškov življenjskega cikla stavbe. S to analizo se preveri, ali je začetna investicija upravičena glede na letni prihranek stroškov obratovanja stavbe [8].

LCC analiza stroškovno ocenjuje celotni življenjski krog objekta, od začetne naložbe, obratovanja in vzdrževanja, do obnove in odstranitve. Analiza se izvede v različnih fazah načrtovanja stavbe. Pri analizi se upoštevajo investicijski, administrativni, obratovalni, vzdrževalni stroški in stroški prenove, porabljen energija ter stroški odstranitve [17].

2.2.3 Družbeni in zdravstveni vidiki

Kvaliteto bivalnega in delovnega okolja se zagotovi s primerno osvetljenostjo, kakovostjo zraka ter s toplotnim, vizualnim in zvočnim udobjem. Stavbo se ocenjuje glede na vplive na zdravje, navade in zadovoljstvo uporabnikov.

V gradbeništvu se uporabljajo številni materiali, ki vsebujejo kemikalije in iz katerih se sproščajo strupene snovi in plini še dolgo po tem, ko so le-ti vgrajeni v objekt. Na kakovost notranjega zraka, poleg problematičnih materialov, vplivajo tudi neustrezni sistemi prezračevanja, zunanji onesnaževalci in biološki organizmi, kot so bakterije, plesni in virusi, ki se razmnožujejo v vlažnih predelih objekta, v oblogah, izolaciji in stropu. Pojav, ko uporabniki objekta doživljajo akutne zdravstvene težave, kot so glavobol, suh kašelj, slabost, utrujenost, srbeča koža, ki sovpadajo s časom, preživetim v objektu, vendar pa zdravniške preiskave ne morejo odkriti vzrokov za te simptome, niti potrditi kakršnekoli bolezni, imenujemo sindrom nezdrave zgradbe, SBS (*angl. Sick-building syndrom*) [18].

V trajnostno grajene stavbe se za boljše počutje in zadovoljstvo uporabnikov vgrajuje okolju prijazne materiale, prostori imajo veliko dnevne svetlobe, regulira se prezračevanje in temperatura, itd.

2.4 Metode vrednotenja trajnostnega načrtovanja

Danes globalno obstaja več kot 250 različnih metod za okoljsko in trajnostno vrednotenje stavb. Metode praviloma med seboj niso primerljive. Poznamo metode prve generacije, kot so ameriška metoda LEED in britanska BREEAM, ki obravnavajo pretežno okoljske vplive stavbe. Metoda druge generacije, nemška metoda DGNB, poleg okoljskih vidikov obravnava tudi ekonomske in družbene vidike. Večina metod ni javno dostopna in niso poceni, saj vrednotenje opravi pooblaščen strokovnjak. LEED, BREEAM in DGNB so najbolj prepoznane metode vrednotenja trajnostnega načrtovanja.

Mednarodni raziskovalni projekt, 7. okvirnega programa OPEN HOUSE (2010–2013), si je zastavil nalogo, da razvije skupno, pregledno in javno dostopno evropsko metodo za trajnostno vrednotenje stavbe. Metoda OPEN HOUSE predstavlja nabor kazalnikov trajnostne gradnje. Temelji na evropskih in mednarodnih standardih (CEN/TC/350 in ISO TC59/SC17), upošteva Direktivo o energetske učinkovitosti stavb - EPBD (31/2010/EU) ter upošteva izkušnje obstoječih metod vrednotenja stavbe, kot so ameriška metoda LEED, britanska BREEAM in nemška metoda DGNB. Po metodi OPEN HOUSE so kazalniki razdeljeni v 6 skupin in sicer v tri osnovne skupine kazalnikov (okoljsko, družbeno-funkcionalno, ekonomsko) ter tri dodatne skupine kazalnikov (tehnično, procesno in skupino kazalnikov lokacije stavb). [15]

LEED, BREEAM in DGNB so oznake za vrednotenje trajnostnih stavb. Cilj metod je zagotoviti stavbe, ki so energetske učinkovite, omogočajo racionalno rabo vode, so narejene iz ekoloških materialov, nam omogočajo udobno in zdravo atmosfero ter ohranjajo okolje. Za boljše razumevanje so v nadaljevanju podrobneje prikazane metode LEED, BREEAM in DGNB.

2.4.1 Metoda LEED

Ameriško metodo LEED (*angl. Leadership in Energy and Environmental Design*) je leta 2000 razvila neprofitna organizacija za trajnostno gradnjo U.S. Green Building Council (USGBC). LEED je mednarodno priznan sistem certificiranja, ki tudi spodbuja najboljše strategije v trajnostni gradnji stavb. Za razliko od metod DGNB in BREEAM je LEED dražja in strožja metoda, vendar je na trgu uspešnejša. Z njo lahko certificiramo zgradbe v fazi projektiranja in v fazi uporabe. Za certificiranje stavbe po metodi LEED se upošteva izbiro sistema (novogradnja, obstoječa stavba ...), izpolnjevanje minimalne zahteve (5 kategorij ocenjevanja) na podlagi česar se lahko zbira določeno število točk.

Metoda LEED je relativno prilagodljiva in ima danes 9 sistemov za različne vrste objektov [3]:

- I. LEED za novogradnjo in prenovo (LEED-NC),
- II. LEED za ovoj in nosilno konstrukcijo,
- III. LEED za interier (LEED-CI),
- IV. LEED za obstoječe stavbe (LEED-EB),
- V. LEED za šole (LEED-SCH),
- VI. LEED za zdravstvo (LEED-HC),
- VII. LEED za prodajo,
- VIII. LEED za hiše,
- IX. LEED za razvoj naselja (LEED-ND).

V Evropi se metoda LEED najpogosteje uporablja pri novogradnji in poslovnih zgradbah.

Pri metodi LEED se ocenjuje glede na 5 kategorij [3]:

- I. Trajnostni razvoj četrtri**
 - izbira lokacije
 - gostota prebivalstva in povezanost
 - alternativni transport (javni prevoz, kolesa, električna vozila, parkirna mesta)
 - ohranitev naravnih ekosistemov
 - odprtost lokacije
 - upravljanje z meteorno vodo (kontrola količine in kvalitete)
 - pojav urbanega toplotnega otoka (na strehi in ostalih površinah)
 - zmanjševanje svetlobnega onesnaževanja
- II. Varčevanje z vodo**
 - zmanjšana uporaba vode
 - učinkovita ureditev krajinske arhitekture (pitna voda se ne uporablja za zalivanje)
 - uporaba inovativnih sistemov za ponovno uporabo odpadne vode
- III. Energetska učinkovitost**
 - minimalna energetska učinkovitost
 - optimizacija energetske učinkovitosti
 - uporaba obnovljivih virov energije
 - upravljanje hlajenja
 - meritve in verifikacija
 - uporaba zelene energije, ki je pridobljena iz obnovljivih virov
- IV. Materiali**
 - ponovna uporaba delov stavb (stena, tla, streha)
 - upravljanje z gradbenimi odpadki
 - ponovna uporaba materialov
 - zbiranje materialov za reciklažo
 - uporaba lokalnih materialov
 - uporaba hitro obnovljivih materialov
 - uporaba lesa s certifikati

V. Kakovost notranjega okolja

- učinkovito prezračevanje
- upravljanje s kakovostjo zraka med gradnjo in pred uporabo stavbe
- uporaba primernih lepil, barv in premazov med gradnjo
- zagotovitev razsvetljave
- zagotovitev toplotnega udobja
- dnevna svetloba

Dodatne kategorije so inovativnost načrtovanja ter regionalne prioritete. Vsaka kategorija ima predpisano določeno število kreditov. Na podlagi zadoščenih kriterijev stavba pridobi določeno število kreditov in s tem predpisano stopnjo certifikata. Stopnje LEED certificiranja so: certificiran (40-49 točk), srebrni (50-59 točk), zlati (60-79 točk) in platinasti (80 točk in več).

2.4.2 Metoda BREEAM

Metoda BREEAM (*angl. Building Research Environmental Assessment Method*) je nastala leta 1990 v Veliki Britaniji in je najstarejši certifikacijski sistem v Evropi. Metodo je razvila organizacija za trajnostno gradnjo, Building Research Environmental (BRE). Na začetku so se s pomočjo BREEAM metode certificirale zgolj nestanovanjske stavbe, leta 2000 pa je bil razvit BREEAM EcoHomes certifikat, namenjen stanovanjskim stavbam. Standardi so se s časom obnavljali v skladu z gradbenimi zakoni. Leta 2008 je prej omenjeni certifikat doživel obsežno prenavo. Od takrat naprej je veljaven certifikat, ki omogoča ocenjevanje in izboljšanje okoljske učinkovitosti stavb skozi vso njeno življenjsko dobo. BREEAM je, kar se zadeva klimatskih razmer in predpisov vsake države, fleksibilen in prilagodljiv, zaradi česar se lahko uporablja po vsem svetu. Metoda je razširjena tudi na Nizozemskem, v Španiji, na Norveškem in Švedskem. Od leta 1990 je ta certifikat prejelo 200 000 stavb [21].

Certifikat BREEAM je za novogradnjo sestavljen iz 9 okoljskih kategorij z dodatno 10. kategorijo inovacij [3]:

I. Upravljanje (Management)

- trajnostni razvoj
- odgovornost gradbenih načel
- vpliv gradbišča na okolje
- sodelovanje udeležencev v projektu
- stroškovna analiza življenjskega cikla stavbe

II. Zdravje in udobje uporabnikov

- vizualno udobje
- notranja kvaliteta zraka
- toplotno udobje
- kakovost vode
- varnost in zanesljivost objekta

III. Energija

- zmanjšanje emisij CO₂
- sistem za nadzor potrošnje energije

- zunanja razsvetljava
- nizko emisijske tehnologije in energetske sprejemljiva oprema
- energetske učinkovite sistemi za ogrevanje, prezračevanje in hlajenje
- kontrola vlažnosti prostora
- učinkovit sistem transporta

IV. Transport

- dostopnost javnega prevoza
- bližina lokacije (infrastrukture)
- prostor za kolesarski promet
- maksimalna kapaciteta parkirišča
- načrt transporta

V. Voda

- sistem rabe vode
- spremljanje porabe vode (monitoring)
- preprečevanje in odkrivanje vodnih izgub
- uporaba učinkovite opreme

VI. Materiali

- vpliv življenjskega cikla
- dobra zaščita ovoja pred zunanjimi vplivi
- odgovorno pridobivanje materiala
- izolacija
- odpornostno dimenzioniranje

VII. Odpadki

- upravljanje z gradbenimi odpadki
- reciklaža odpadkov
- operativni odpadki
- špekulativne talne in stropne površine

VIII. Raba zemljišča in ekologija

- izbira lokacije
- ekološke vrednosti območja in zaščita
- povečanje ozaveščenosti o ekologiji
- dolgoročni vpliv na biološko raznovrstnost

IX. Onesnaževanje

- negativen vpliv opreme za hlajenje
- emisije NO_x (dušikovi oksidi)
- preprečevanje odtoka površinskih voda
- zmanjšanje svetlobnega onesnaževanja
- zmanjševanje hrupa

X. Inovacije

- inovacije

Stopnje BREEAM ocenjevanja: ne certificirano (>30%), zadostno (30%), dobro (45%), prav dobro (55%), odlično (70%), izredno (85%).

2.4.3 Metoda DGNB

Leta 2007 je 16 iniciatorjev iz gradbenega sektorja in sektorja za nepremičnine ustanovilo Nemško združenje za trajnostno gradnjo (German Sustainable Building Council). Njihov cilj je bil čim bolj vzobdubiti trajnostno in ekonomsko učinkovito gradnjo. Do leta 2008 se je organizaciji pridružilo 120 članov, danes pa jo sestavlja že 1200 članov. Člani organizacije so arhitekti, gradbeniki, prostorski načrtovalci, investitorji ter znanstveniki. V skladu z načeli zelene gradnje je vzpostavljen DGNB (*nem. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*), sestav za certificiranje stavb. V roku sedmih let je certifikat DGNB pridobilo skoraj tisoč stavb. DGNB je prvi primer sistema druge generacije, ki poleg okoljskih vidikov, daje velik pomen tudi ekonomskemu in družbenemu vidiku trajnostne gradnje in v ocenjevanje vključuje celoten življenjski cikel stavbe. Metoda temelji na evropskih normah in se jo lahko prilagodi v različna družbena in kulturna okolja. Certifikat DGNB je najprimernejši za uporabo v Sloveniji predvsem zaradi kulturne in gospodarske sorodnosti ter navezanosti na srednjeevropski prostor [23]. Metoda DGNB je namenjena objektivnemu opisovanju in ovrednotenju trajnosti stavb in mestnih četrti. Kakovost se vrednoti preko celotnega življenjskega cikla stavbe. DGNB je razvil sisteme za ocenjevanje novogradnje in obstoječih stavb. Novogradnja obsega poslovne, upravne, javne, večstanovanjske in industrijske stavbe, obstoječe stavbe pa se nanašajo na poslovne in upravne stavbe. Certificira se do 50 trajnostnih kriterijev, ki so razdeljeni v 6 kategorij. Stavbe lahko certificiramo v fazi uporabe in v fazi načrtovanja. Metoda DGNB temelji na 6 kategorijah [25]:

I. Ekološka kakovost

- ekološka bilanca – emisije povezane z vplivi na okolje
- tveganje za lokalno okolje
- okolju prijazno pridobivanje surovin
- potreba po primarni energiji
- potreba po pitni vodi in količina odpadne vode
- raba površin

II. Ekonomska kakovost

- stroški stavbe v življenjskem ciklu
- fleksibilnost in sposobnost za drugačno rabo
- tržnost

III. Sociološko – kulturna in funkcionalna kakovost

- termično ugodje
- kakovost notranjih prostorov
- akustično ugodje
- vizualno ugodje
- možnost vplivanja uporabnika
- kakovost zunanjih prostorov
- varnost in tveganje za motenje
- neovirana dostopnost
- javna dostopnost
- kolesarsko ugodje
- postopki za urbanistične in oblikovalske koncepte
- umetnost v gradnji
- kakovost tlorisne zasnove

IV. Tehnična kakovost

- protipožarna zaščita
- zvočna zaščita
- termične lastnosti ovoja stavbe in lastnosti glede zaščite proti vlagi
- zmožnost prilagajanja tehničnih sistemov
- enostavnost čiščenja in vzdrževanja stavbe
- primernost za razgradnjo in demontažo
- emisijska zaščita

V. Procesna kakovost

- kakovost priprave projekta
- integrirano načrtovanje
- dokazilo optimizacije in kompleksnosti pristopa načrtovanju
- zagotavljanje trajnostnih vidikov v razpisih in podeljevanju del
- ustvarjanje pogojev za optimalno rabo in gospodarjenje
- gradbišče / gradbeni projekt
- zagotavljanje kakovosti izvedbe
- urejen prehod v obratovanje

VI. Kakovost lokacije

- mikrolokacija
- ugled ter stanje lokacije in mestne četrti
- prometna navezava
- bližina do uporabniško – specifičnih objektov in ustanov

Stopnje DGNB certificiranja so: certificiran (35%), bronasti (35-50%), srebrni (50-65%), zlati (65-80%). Od drugih sistemov certificiranja se DGNB razlikuje po svoji internacionalni zasnovi. Od leta 2010 je DGNB dostopen tudi mednarodnim projektom. Nemško združenje za trajnostno gradnjo je metodo certificiranja prilagodilo glede na podnebne, gradbene, zakonske in kulturne posebnosti vsake države, ki je članica omrežja mednarodnih partnerskih organizacij. Za Slovenijo, Grčijo, Španijo, Turčijo in Ukrajino je DGNB, metoda certificiranja prevedena v angleščino. Metoda temelji na aktualnih evropskih normah in standardih. Lokalni DGNB partnerji so Avstrija, Švica, Danska, Bolgarija in Tajska, za katere je sistem popolnoma prilagojen lokalnim razmeram in zakonskimi zahtevam ter preveden v lokalni jezik posamezne države. Za Brazilijo, Rusijo in Kitajsko, organizacija DGNB v Nemčiji skupaj z lokalnimi organizacijami za trajnostno gradnjo prilagaja sestav certificiranja lokalnim razmeram. DGNB pripravlja tudi mednarodni sistem certificiranja za vse države, ki niso vključene v omrežje partnerstva. Ta sistem bo temeljil na aktualnih evropskih standardih in gradbenih predpisih ter bo vključeval vse podatke potrebne za izdelavo trajnostne analize. Nemško ministerstvo za promet, gradnjo in razvoj mest, BMVBS (*nem. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*) je leta 2001 izdalo Smernico za trajnostno gradnjo, ki dviga celovite kvalitete javnih stavb. Da bi merila trajnostne gradnje približali slovenski strokovni in laični javnosti, so Inženirska zbornica Slovenije, Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije in Zavod za gradbeništvo Slovenije, smernico prevedli v slovenščino. Glede na Smernico za trajnostno gradnjo je pri načrtovanju potrebno upoštevati štiri vidike trajnostnega razvoja, ki zajemajo okoljske, ekonomske, družbeno-kulturološke in prostorsko-funkcionalne-oblikovalne elemente [26].

3 TRAJNOSTNO NAČRTOVANJE STAVB S POMOČJO BIM

3.1 BIM – informacijsko modeliranje stavb

Že od samega začetka človeške civilizacije so graditelji izdelovali skice in načrte, ki so vizualno predstavljali zgrajen objekt. Dandanes ti načrti vsebujejo več podrobnosti in posledično postajajo vedno bolj kompleksni. Ker živimo v času informacijske dobe, se nekdanje dvodimenzionalne načrte nadomešča z ustvarjanjem trodimenzionalnih modelov objekta. Glavna prednost modela BIM pred klasičnim načrtovanjem stavb je ta, da vsak element v projektu ne vsebuje le vizualnega prikaza tega elementa, temveč prikazuje tudi vse potrebne informacije, ki so pomembne pri izdelavi projektne dokumentacije.

3.1.1 Definicija BIM

Informacijsko modeliranje zgradb (BIM) »je digitalni zapis in predstavitev informacij o konkretni stavbi za komunikacijo med udeleženci v gradbenem projektu. Model BIM vsebuje geometrijske in negeometrijske informacije, ki jih potrebujejo ter izdelajo arhitekti skupaj z inženirji za načrtovanje, analizo, simulacije, vizualizacije tako v fazah pred gradnjo, med njo in tudi po njej. Geometrijske informacije določajo digitalni 3D model stavbe, sestavljen iz elementov, ki so digitalni ekvivalent pravih elementov stavb od temeljev do strehe. Negeometrijski del določa dodatne informacije o stavbi in njenih elementih ter lastnostih, ki se nanašajo na funkcijo, obliko in material« [27].

Za razliko od klasičnih 2D in 3D CAD (*angl. Computer Aided Design*) programov, ki operirajo s črtami, ravninskimi liki in telesi, s pomočjo BIM ustvarjamo elemente stavb, ki vsebujejo vse dodatne informacije o njih ter jih lahko prikažemo v 2D in 3D pogledu. Rezultat klasičnega tehničnega risanja je 2D risba in en sam statičen pogled na stavbo medtem, ko s pomočjo BIM modela dobimo več pogledov, prereзов, izvlečkov količin ter dimenzij. Z BIM lahko izdelamo tudi integrirane 5D BIM modele, kjer četrta dimenzija – čas pomeni povezavo z terminskimi plani, peta dimenzija – stroški, pa povezavo med metodo izvedbe elementov s pripadajočimi kalkulacijami stroškov materiala, delovne sile in proizvajalcev. S pomočjo 5D BIM modela se na podlagi simulacije že v začetni fazi lahko preveri izvedljivost gradbenega projekta. [27]

S pomočjo informacijskega modela stavb se torej lahko operira z bazo podatkov, kot so dimenzije, vrsta materiala, pozicija elementa, tehnične lastnosti, informacije o proizvajalcih, cena ipd., kar pomeni, da je izdelovanje kakršnekoli dokumentacije ter analiz veliko hitrejše in natančnejše. Projektna dokumentacija, izdelana na osnovi BIM modela, je bolj kakovostna in vedno usklajena. BIM je primeren za sodobno načrtovanje, ki zahteva upoštevanje zakonsko predpisanih bistvenih kriterijev in upoštevanje celostnih kriterijev v kontekstu umestitve stavbe v prostor, oblikovalnih in funkcionalnih kriterijev ter ustreznosti tehničnih rešitev v smislu izvedljivosti, energetske učinkovitosti in trajnostne gradnje. [28]

Danes so pri izdelovanju projektov pomembni faktorji kot so cena, hitrost, natančnost, kakovost ter komunikacija med udeleženci v projektu, zato BIM postaja standard za večino investicij.

3.1.2 Prednosti uporabe BIM

Prednosti uporabe BIM dr. Cerovšek definira na več nivojih [28]:

- Na nivoju individualnega strokovnega dela nudi BIM vrsto možnosti za hitrejše in bolj kakovostno opravljanje zamudnih in nekreativnih del, kot je priprava projektne dokumentacije in delavniških risb.
- Na nivoju organizacije BIM v širšem smislu razumemo kot skupek tehnologij, postopkov in »politik« podjetij. BIM omogoča napredno inženirsko komunikacijo, ki zahteva nova znanja in organiziranost podjetij, kar ni enostaven poseg. Zato se po svetu in pri nas pripravljajo metode uvajanja v prakso.
- Na nivoju projektne sodelovanja med podjetji lahko BIM bistveno prispeva k uveljavitvi »integrirane prakse«, ki temelji na sodelovanju, sočasnosti in kontinuiteti interdisciplinarnih projektne timov. Sočasnost omogočajo internetni strežniki BIM, do katerih lahko projektanti dostopajo iz različnih lokacij in podjetij, z BIM učinkoviteje sodelujejo pri usklajevanjih sistemov stavb in nenazadnje se zagotovi kontinuiteta dela.
- Lažja koordinacija: na osnovi modela BIM se lahko lažje izmenjuje projektne dokumentacije tako v fazah pred kot tudi med gradnjo.
- Usklajenost in kakovost projektne dokumentacije: projektne dokumentacije, izdelane na podlagi modela BIM je vedno usklajena in tudi mnogo bolj kakovostna.
- Študije izvedljivosti in simulacije: gradbenim inženirjem nudijo BIM modeli mnogo prednosti pri analizi izvedljivosti celotne konstrukcije in posameznih konstrukcijskih detajlov.

3.2 Upoštevanje okoljskih vidikov trajnostne gradnje z BIM

3.2.1 Obravnavanje trajnostnih vidikov s pomočjo BIM

Okoljske vidike trajnostne gradnje je potrebno upoštevati že od samega začetka načrtovanja. Cilj je poiskati najbolj optimizirano rešitev. To rešitev se določi s pomočjo BIM na podlagi preučitve lokacije, podnebja in osončenosti ter energetske analize. Najbolj optimizirana rešitev je na koncu tista z najprimernejšimi rezultati, ki je ugotovljena s poskušanjem glede na rezultate več analiz.

Lokacija, orientacija in oblika stavbe. Lokacija za trajnostno grajen objekt se določi s pregledom podnebja ter klime izbranih lokacij. Pri načrtovanju stavb razlikujemo štiri osnovne tipe podnebja:

- hladno podnebje - dolge zime z ekstremno nizkimi temperaturami ter kratka hladna poletja
- zmerno podnebje - delitev na štiri izrazite letne čase. Podtipi varirajo od mediteranskega podnebja (mle zime, vroča poletja) do celinskega podnebja (hladne zime, mila poletja)
- vroče – suho podnebje - zelo visoke temperature in velika količina prejetega sončnega sevanja
- vroče – vlažno podnebje - vlažnega podnebja so visoke letne povprečne temperature v kombinaciji z visoko relativno vlažnostjo

Pri preverjanju trajanja osončenosti je pomembno, da načrtovalci stavb razumejo dva aspekta vpliva sonca, kot so navidezno premikanje sonca po nebeški hemisferi in kako izkoristiti sončno sevanje oziroma kako se pred njim zaščititi. Parametri, ki vplivajo na količino in obliko prejetega sončnega sevanja na lokaciji so naklon zemljišča, orientacija, gostota zazidave, višina stavb in zazelenitev. Kvaliteto bivalnih pogojev dosežemo z zaželenim/nezazelenim vpadom sevanja v stavbo ter z zaželenimi/nezazelenimi senčili. Vpad sončnih žarkov lahko reguliramo s senčenjem s pomočjo

orientacije in oblike stavb, s pomočjo zunanjih ovir kot je drevje, s fiksnimi ali premičnimi senčili ter s pomočjo materialnih lastnosti v primeru zasteklitve. [32]

S pomočjo BIM se orientacijo stavbe določi tako, da se v določenem programu izvede analizo. Najprej se poda lokacijo modela in se s pomočjo enostavnih kubičnih oblik modelira vse ovire, ki vplivajo na osončenost objekta kot so sosednji objekti in vegetacija. Model se v programu obrne z daljšo fasado proti jugu in se nato z manjšo spremembo kota (od 10° do 15°) model vrti. Opazuje se sence ovir kako padajo na model, na podlagi česar se izbere najbolj primerno postavitvev modela. Programi za analizo osončenosti omogočajo tudi uporabo različnih vtičnikov, ki nam tabelarično prikažejo dnevno količino sonca.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) v 8. členu določa, da je stavbo »potrebno zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni, in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito upravljanje z energijskimi tokovi« [11].

Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 predpisuje minimalno izpostavljenost stavbe sončnim žarkom. S smernico je določeno, da »sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanjega ovoja stavbe (zbiralna površina), ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom v času [12]:

- zimskega solsticija (21.12) najmanj 2 uri, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 30^\circ$ odstopanja od smeri jug
- ekvinokcija (21.03. in 23.09.), najmanj 4 ure, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 60^\circ$ odstopanja od smeri jug
- poletnega solsticija (21.06) najmanj 6 ur, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 110^\circ$ odstopanja od smeri jug«

Tehnična smernica določa tudi, da se pri zasnovi stavbe upošteva »oblika in razmerje zasteklitve, ki mora zagotoviti zahtevano osvetljenost prostorov, ob enem pa zagotoviti čim večje dobitke toplotne energije pozimi ter zaščito pred čezmernim sončnim obsevanjem in segrevanjem poleti« [12].

Poleg orientacije stavb v začetni fazi trajnostnega načrtovanje je tudi pomembno določiti primerno obliko stavbe. Pravilna oblika stavbe nam omogoča dostop dnevne svetlobe ter hkrati zagotavlja zadovoljstvo uporabnikov in varčevanje z energijo, saj se čez zunanji ovoj stavbe izgublja največ energije. Oblika se določi tudi glede na namembnost objekta ter v odvisnosti od podnebja. S pomočjo BIM se izdelava več različnih modelov različnih oblik in z različno površino stavbnega ovoja, vendar z enako uporabno tlorisno površino. S pomočjo teh modelov se naredi energetska analiza za vsak primer. Ostali potrebni podatki za energetska analizo so konstrukcijski sklopi, mehanski sistemi, odstotki zasteklitve, kateri so enaki za vsak primer. Na koncu se rezultati energetske analize med seboj primerjajo in se izbere najbolj optimalno rešitev. [29]

Dnevna svetloba. Osvetlitev v prostorih delimo na naravno – dnevna svetloba in umetno – svetila. Naravna svetloba se neprestano spreminja, svetlobni vir pa je zunaj. Umetna svetloba je konstantna in svetlobni vir se nahaja v notranjem prostoru. Osvetljenost prostorov z dnevno svetlobo je odvisna od dnevnega in letnega ciklusa, geografske širine, vremenskih razmer, lege glede na svetlobni vir, lastnosti površin (odbojnost, svetlobna prehodnost) ter načina uporabe stavbe (senčenje odprtih, barve sten, oprema). Dnevna svetloba je bistvenega pomena za življenje in delo, saj nam omogoča, da lahko opravimo določeno delo in tudi zadovoljimo psihofiziološke potrebe našega organizma.

Cilji dnevnega osvetljevanja so doseči zadovoljivo količino svetlobe, enakomernost osvetlitve ob oknu in v globini prostora, preprečiti direktno bleščanje zaradi pretirane svetlosti nezaščitenih oken, izogibati se prevelikim kontrastom, vidni stik z zunanostjo in nadzorovano direktno osončenje. Nadzor in bistveno večjo učinkovitost sistema ustvarimo s sodelovanjem naravne in umetne svetlobe [33].

Pri trajnostno grajeni stavbi je želja po tem, da dnevna svetloba predstavlja primaren vir osvetlitve. S tem se zmanjša potrebe po umetni svetlobi in se tako zmanjša poraba električne energije ter posledično tudi stroške. Dnevna svetloba je danes najbolj učinkovit vir svetlobe z najvišjo kakovostjo in je hkrati brezplačen [29].

Količino svetlobe izrazimo z osvetljenostjo v lux-ih [lux] ali s povprečnim količnikom dnevne svetlobe v prostoru. Standard SIST EN 12464-1:2011 Svetloba in razsvetljava predpisuje minimalne vrednosti osvetljenosti delovnih površin, ki so odvisne od vrste prostorov. Če prostor ne dosega minimalnih vrednosti, se lahko za boljšo osvetljenost kombinira dnevno svetlobo z umetno [34].

S pomočjo modela BIM in računalniških programov za simulacijo dnevne svetlobe kot je Velux Daylight Visualizer, lahko izvedemo analizo dnevne svetlobe.

Energetska analiza. Pri izračunu porabe energije v stavbi se upošteva arhitekturno gradbeni del objekta (oblika stavbe, lokacija, orientacija, osončenost, toplotna izolacija, naravno prezračevanje), instalacijski del (ogrevanje, hlajenje, mehansko prezračevanje, klimatizacija) in dejavnost (namen stavbe, uporaba stavbe, količina notranjih virov). Energetska bilanca stavbe je odvisna od transmisijskih in prezračevalnih izgub ter toplotnih dobitkov. Med toplotne dobitke spadajo solarne ter dobitki notranjih virov. Solarni dobitki oz. dobitki iz sončne energije vplivajo na povečanje temperature v prostoru in vstopajo v objekt skozi transparentne dele ovoja. Solarni dobitki so odvisni od površine, tipa, orientacije in osončenosti zastekljenih delov objekta. Notranje dobitke predstavljajo ljudje in naprave, ki oddajajo toploto. Med notranje dobitke ne spadajo naprave, katerih primarni namen je ogrevanje in/ali hlajenje. Med toplotnimi izgubami so najbolj pomembne transmisijske izgube, saj močno vplivajo na energijo, ki je potrebna za ogrevanje. Transmisijske izgube so toplotne izgube, ki prehajajo v zunanost preko transparentnega in ne transparentnega dela stavbnega ovoja. Odvisne so od U faktorja (toplotna prehodnost), površine ovoja in temperaturne razlike med notranjostjo in zunanostjo. Transmisijske izgube se zmanjša s povečanjem toplotne izolativnosti transparentnega in ne transparentnega stavbnega ovoja in s stavbnim ovojem, pri katerem izolacija ni prekinjena ali oslABLJENA (toplotni most). Ventilacijske toplotne izgube nastanejo pri prezračevanju. V stavbah je lahko vgrajeno naravno, mehansko ali hibridno prezračevanje. Pri vseh oblikah je ključnega

pomena zagotavljanje zadostne količine svežega zraka, saj ima ta direkten vpliv na počutje, učinkovitost in zdravje uporabnikov stavb. Naravno prezračevanje s pomočjo odpiranja oken predstavlja energijsko potraten način, vendar fiziološko najbolj zaželen način. Pri mehanskem prezračevanju je obvezna uporaba vračanja toplote, tako imenovana rekuperacija. Mehansko prezračevanje je s človeškega vidika udobja manj zaželeno, vendar lahko s tem drastično zmanjšamo izgube. Hibridno prezračevanje je kombinacija mehanskega in naravnega prezračevanja [35].

Pri energetske analizi objekt razdelimo na temperaturne cone (*angl. Zones*). Temperaturna cona je del stavbe, ki se v celoti ogreva in/ali hladi na enako temperaturo. Temperaturna cona je lahko tudi del stavbe, ki se uporablja za izrazito drugačne namene bivanja kot ostali deli stavbe, vendar se ogreva in/ali hladi na enako temperaturo. Temperaturne cone se definirajo glede na različne dejavnosti (različna dinamika uporabe), ogrevane-neogrevane dele stavbe, posebne zahteve (npr. zimski vrt, ipd.). PURES 2010 v 7. členu določa pogoje, ki morajo biti izpolnjeni, da je dosežena energetska učinkovitost stavbe.

V programih, ki hkrati omogočajo informacijsko modeliranje stavb in energetske analize, je potrebno model razdeliti na toplotne cone in definirati vse mehanske sisteme. Obstajajo programi za energetske analize, v katere se vnese podatke ročno. Tudi v takšnem primeru je lahko v pomoč BIM, iz katerega se pridobi podatke kot so volumen in ploščina. S pomočjo BIM in energetske analize se poišče najboljšo rešitev, ki poleg energetske učinkovitosti zadošča tudi investicijskim stroškom [29].

3.2.2 Pregled uporabljenih programskih opreme

Danes poznamo različne BIM programe. Dva od najbolj razširjenih sta ArchiCAD (Graphisoft) in Revit Architecture (Nemetschek). Program ArchiCAD ima vgrajen vtičnik Energy Evaluation, ki omogoča energetske analize modela. Za analizo visoko energetske učinkovitih objektov ponuja ArchiCAD vtičnik EcoDesigner Star, ki ima več funkcij od vtičnika Energy Evaluation. Programi Ecotect Analysis (Autodesk) in Green Building Studio (Autodesk) pa skupaj omogočata celotno trajnostno analizo. Green Building Studio omogoča analizo energetske učinkovitosti objekta, Ecotect Analysis pa analizo okoljskih vidikov trajnostne gradnje.

V okviru diplomske naloge je prikazan postopek izdelave energetske analize z uporabo 2D načrtov ter postopek izdelave trajnostne analize z uporabo informacijskega modela, pri čemer so uporabljeni naslednji programi:

- SketchUp – Na osnovi enostavnega 3D modela ter vtičnikov LSS Chronolux in Shadow Analysis je narejena analiza osončenosti. 3D model se uvozi v program Velux Daylight Visualizer v katerem se naredi analiza osvetljenosti prostorov .
- Ecotect Analysis – S tem programom je narejena analiza povprečne dnevne osončenosti in študija senc.
- ArchiCAD – V tem programu je narejen informacijski model z definiranimi konstrukcijskimi sklopi. S pomočjo vtičnika Energy Evaluation pa je narejena energetska analiza objekta.
- CostX – Program omogoča izdelavo elektronskih izmer količin iz 2D načrtov. Formati 2D načrtov so lahko dwg., pdf., jpeg., skenirani načrti. Na osnovi 2D načrtov so izmerjene vse količine, ki so potrebne za energetske analize objekta v programu Knauf Insulation Energija.

4 PRIMER PRIKAZA TRAJNOSTNE ANALIZE S POMOČJO BIM

4.1 Opis primera

4.1.1 Opis objekta

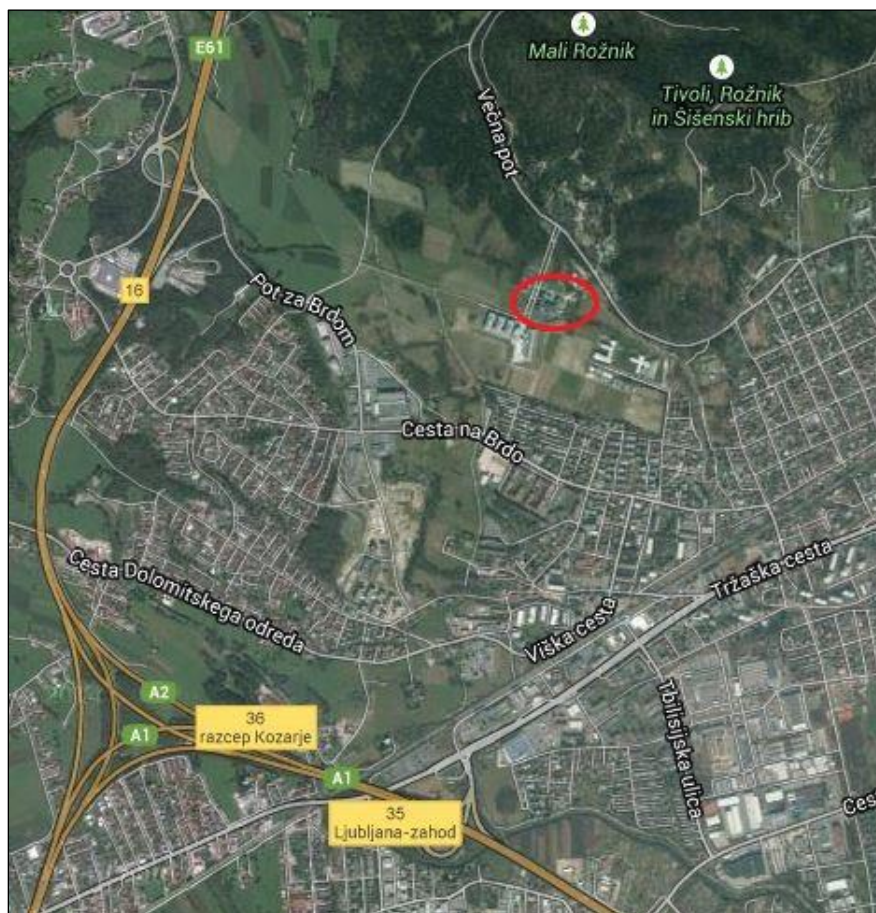
Predmet obravnave je florisno pravokotni objekt, ki ima pritličje, nadstropje in tehnično etažo s streho (P+N+T). Objekt je sestavljen iz petih povezovalnih objektov z oznakami A, B, C, D in E, ki so povezani s steklenimi paviljoni. Bruto florisni gabariti objekta so 150,8 x 23,3 m.

V objektu so različni tipi laboratorijev, kabineti ter drugi tehnični prostori.

4.1.2 Lokacija in orientacija objekta

Nameravan poseg je načrtovan na Brdu v mestni občini Ljubljana ob Večni poti pod Rožnikom. Severni in zahodni del objekta omejuje gozdni rob, južni del pa je načrtovan proti strugi Glinščice. Vzhodni rob definira dvosmerna cesta z odvodnim kanalom med pasovoma.

Objekt je orientiran tako, da je z daljšo stranico obrnjen proti jugovzhodu. Proti vzhodni in zahodni strani objekta so usmerjeni transparentni deli stavbnega ovoja.



Slika 2: Položaj obravnavane lokacije v Ljubljani

4.1.3 Geološko meteorološke značilnosti

S pomočjo Atlasa okolja [30] je izvedena preučitev zemljišča nameravane gradnje. Glede na geološke in meteorološke značilnosti je ugotovljeno naslednje:

- Povprečna letna temperatura zraka 1971 – 2000: 8-10 °C
- Povprečna letna najvišja dnevna temperatura zraka 1971 – 2000: 14-16°C
- Povprečna letna najnižja dnevna temperatura zraka 1971 – 2000: 4-6 °C
- Povprečna letna višina korigiranih padavin 1971-2000: 1400-1500 mm
- Povprečno število dni s snežno odejo v sezoni 1971–2000: spodnja meja 25 dni
- Povprečna skupna višina novozapadlega snega v sezoni 197-2000: 60 – 100 cm
- Največja snežna obtežba s povratno dobo 50 let 1951–2005: 1.5-2 kN/m²
- Povprečno trajanje sončnega obsevanja - zima 1971-2000: 200-240 ur
- Povprečno trajanje sončnega obsevanja - pomlad 1971-2000: 480-520 ur
- Povprečno trajanje sončnega obsevanja - poletje 1971-2000: 740-780 ur
- Povprečno trajanje sončnega obsevanja - jesen 1971-2000: 360-380 ur
- Povprečna letna hitrost vetra 10 m nad tlemi 1994-2001: 0-1 m/s
- Projektni pospešek tal: 0,25g

Obravnavano zemljišče leži na območju, ki je uvrščeno v razred srednje poplavne nevarnosti ter je na območju pogostega poplavljanja. Poplave pa neugodno vplivajo na energetsko bilanco in zato je v natančnejši analizi potrebno upoštevati nivo podtalnice. Debelina temeljne in talne plošče obravnavanega objekta je okrog 150 cm in je vkopana v teren.



Slika 3: Območje razreda srednje poplavne nevarnosti



Slika 4: Opozorilna karta pogostih poplav

4.2 Analiza modela

4.2.1 Program SketchUp

Za analizo zasnove objekta je potrebno izdelati konceptualni model pri katerem je pomembna geometrija ter pozicija. Pomembna je tudi geometrija sosednjih objektov in okoljska vegetacija. S pomočjo programa SketchUp je narejen enostaven model in je določena geografska lokacija objekta. Študija osončenosti je izvedena z vtičnikom LSS Chronolux, študija senc pa je izvedena z vtičnikom Shadow Analysis.

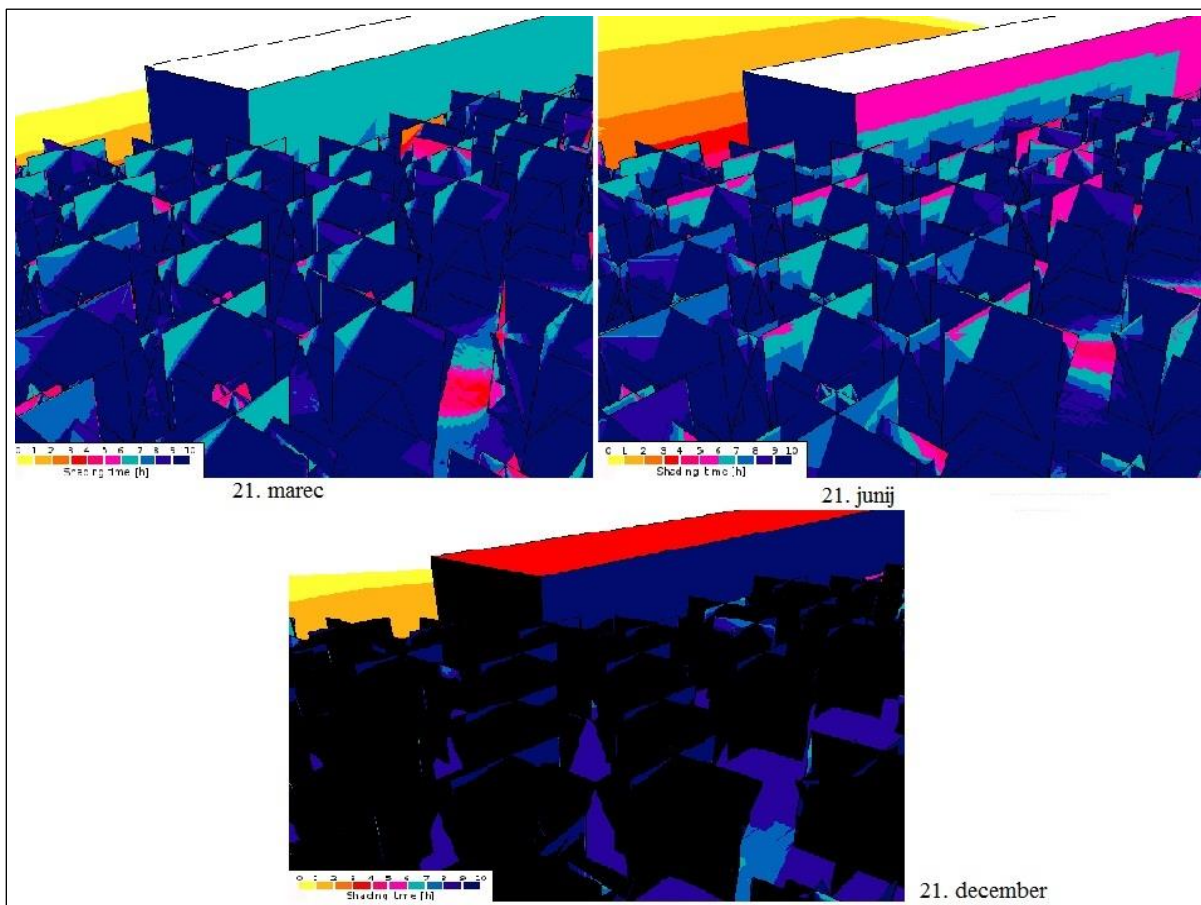
Analiza osončenosti: V analizi je upoštevan le vzhodni del objekta E. Na začetku se določi kritične točke na mestu transparentnih delov fasade. Analiza osončenosti je narejena za kemijski laboratorij, ki se nahaja v pritličju ter za kabinet v prvem nadstropju. S pomočjo spletne strani vesolje.net [31] je bila določena ura vzhoda in ura zahoda sonca v letu 2016. ob določenih datumih (21.marec, 21.junij in 21. december). Narejena je primerjava rezultatov s Tehnično smernico za graditev TSG-1-004:2010, ki je prikazana v tabeli 2 ter grafično v prilogi A.

Tabela 2: Analiza osončenosti s vtičnikom LSS Chronolux

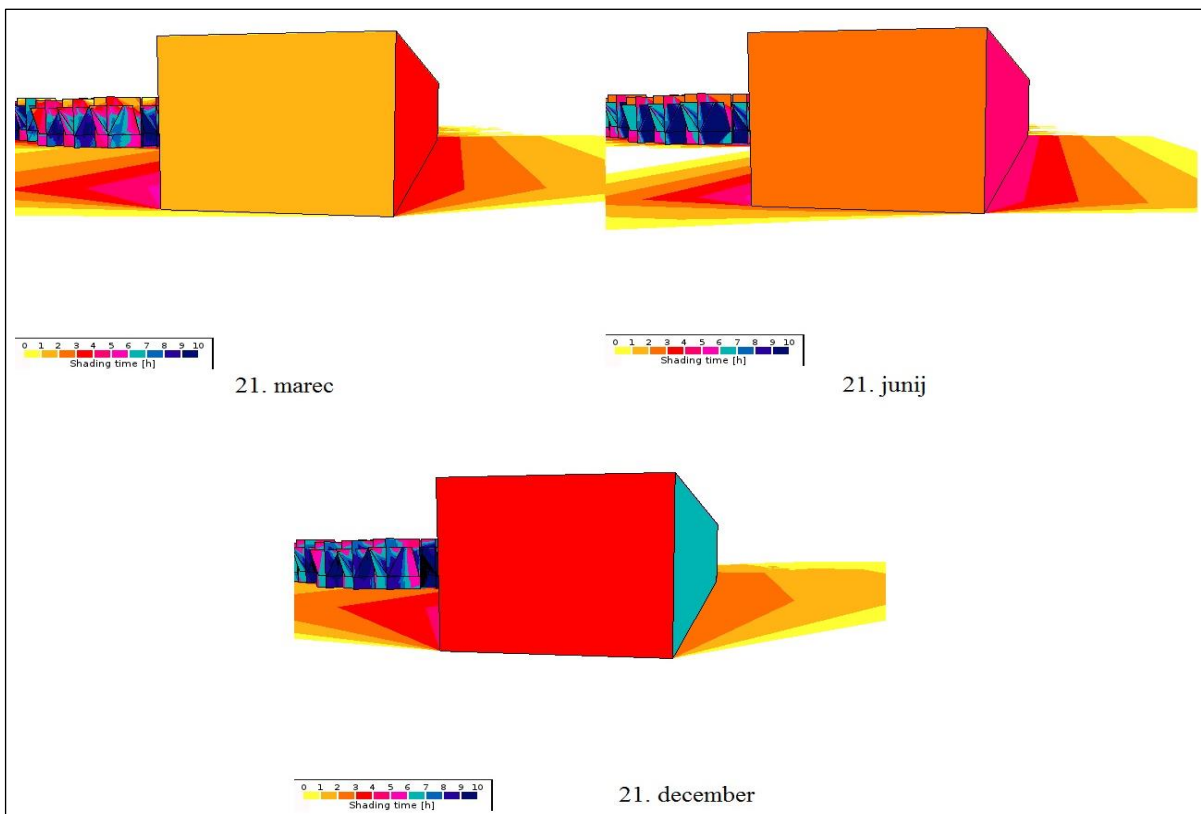
	Čas osončenja	Minimalne zahteve
Kemijski laboratorij v pritličju		
Kritična točka 1		
21.marec	5h 38min	4h
21.junij	6h 34min	6h
21.december	3h 35min	2h
Kritična točka 2		
21.marec	5h 38min	4h
21.junij	5h 39min	6h
21.december	3h 35min	2h
Kabinet v 1. nadstropju		
Kritična točka 1		
21.marec	5h 38min	4h
21.junij	6h 36min	6h
21.december	2h 38min	2h
Kritična točka 2		
21.marec	5h 38min	4h
21.junij	6h 08min	6h
21.december	3h 35min	2h

Iz zgornje tabele je razvidno, da izbrane kritične točke na transparentnem delu vzhodne fasade zadostujejo minimalnim zahtevam, saj gre za vzhodno fasado pred katero ni zunanjih ovir in je ne glede na datum pred dvanajsto uro opoldan dovolj osončena.

Analiza senc: Z vtičnikom Shadow Analysis je izvedena študija senc obravnavanega objekta. Objekt je postavljen tako, da na vzhodni in južni fasadi ni nobenih zunanjih ovir, katere bi zasenčile objekt. Z analizo je prikazano, kako sence vegetacije padajo na severno in zahodno fasado. Rezultati analize za severno in zahodno fasado so prikazani grafično z barvnimi shemami, kjer hladnejša barva pomeni večjo število senčenih ur. Analiza se lahko izvede pri različnih datumih. Slika 5 prikazuje rezultate analiz pri datumih 21. marec, 21.junij ter 21. december. Slika 6 prikazuje analizo južne fasade, iz katerih je vidno da je osenčenost odvisna samo od pozicije Sonca.



Slika 5: Analiza senc severne in zahodne fasade



Slika 6: Analiza senc južne fasade

Iz analiz je razvidno, da je objekt primerno orientiran, saj so transparentne površine na vzhodni in zahodni fasadi minimalno zasenčene. Druga možnost primerne orientacije bi bila ta, da bi bila daljša fasada južna in bi s tem ravno tako dobro izkoristili sončne dobitke, vendar pa bi verjetno imeli s takšno orientacijo problem s pregrevanjem objekta v poletnem času ter bi potrebe po hlajenju bile veliko večje, omjeni smo pa tudi s PUP.

Analiza osvetljenosti: Na podlagi modela izdelanega s programom SketchUp je s pomočjo programa Velux Daylight Visualizer narejena analiza osvetljenosti prostorov z dnevno svetlobo. V program je uvožen južni del objekta, narejena pa je analiza prostorov, ki so v tem delu umeščeni na vzhodno stran. Program sicer omogoča tudi 3D modeliranje, vendar je hitreje in enostavneje uvoziti že narejen model. V obravnavanem primeru je tudi zaradi arhitekture stavbnega ovoja model stavbe težko modelirati.

V modelu, ki je narejen v programu SketchUp, so že določene dimenzije prostorov, velikost in pozicija odprtín, različnim materialom pa so pripisane različne barve. V programu Velux moramo po uvozu modela iz programa SketchUp določiti površinske parametre, ki so odvisni od vrste materiala in od barve. Naslednji korak je določitev lokacije objekta, ki jo določimo z vnosom koordinat v program. V nadaljevanju je potrebno določiti višino na kateri se preučuje osvetljenost oz. višino delovne ravnine. Delovna ravnina je horizontalna površina na kateri se bo v nekem prostoru opravljalo večino dela za katerega je potrebna določena osvetljenost. Višina delovne ravnine je odvisna od namembnosti prostora. Standardna delovna ravnina je 85 cm nad tlemi. Preden se počene analizo je potrebno določiti še tip neba in letni čas.

Na koncu je izvedena analiza osvetljenosti (*angl. Illuminance*, [lux]), s katero se določi količnik dnevne svetlobe (*angl. Daylight factor* [%], v nadaljevanju KDS) za izbrani del objekta. KDS je razmerje med osvetljenostjo na neki točki v prostoru in osvetljenostjo na neovirani zunanji površini [33]. Po izvedeni analizi je narejena primerjava rezultatov s priporočenimi vrednostmi po SIST EN 12464-1:2014: Svetloba in razsvetljava – Razsvetljava na delovnem mestu - 1. del: Notranji delovni prostori, v katerem je za laboratorije stavbe določena osvetljenost:

- $E = 500 \text{ lux}$ (300 - 750 lux)
- $KDS = 5\%$ ($KDS_{\min} = 2,5\%$)

Pri analizi je izbrano oblačno nebo z neenakomerno distribucijo svetlobe, kjer je prisotna le difuzna komponenta, kar pomeni, da je intenziteta svetlobe razpršena po celotni hemisferi. Osvetljenost je analizirana v določenih prostorih ob zimskem in poletnem solsticiju ter ekvinokciju ob 12 uri. Rezultati so grafično prikazani v prilogi B ter v tabeli 3.

Tabela 3: Povprečne vrednosti osvetljenosti in KDS v izbranih prostorih

	Osvetljenost E [lux]	KDS [%]
Zoološki laboratorij v pritličju		
21.marec	218,7	3,7
21.junij	318,8	3,7
21.december	130,8	3,6
Kemijski laboratorij v pritličju		

	Osvetljenost E [lux]	KDS [%]
21.marec	226,5	3,8
21.junij	352,9	3,8
21.december	135,9	3,8
Kabinet v 1. nadstropju		
21.marec	257,0	3,6
21.junij	349,9	3,8
21.december	151,8	3,5
Večnamenski prostor v 1. nadstropju		
21.marec	254,5	3,8
21.junij	401,0	4,1
21.december	144,3	3,8

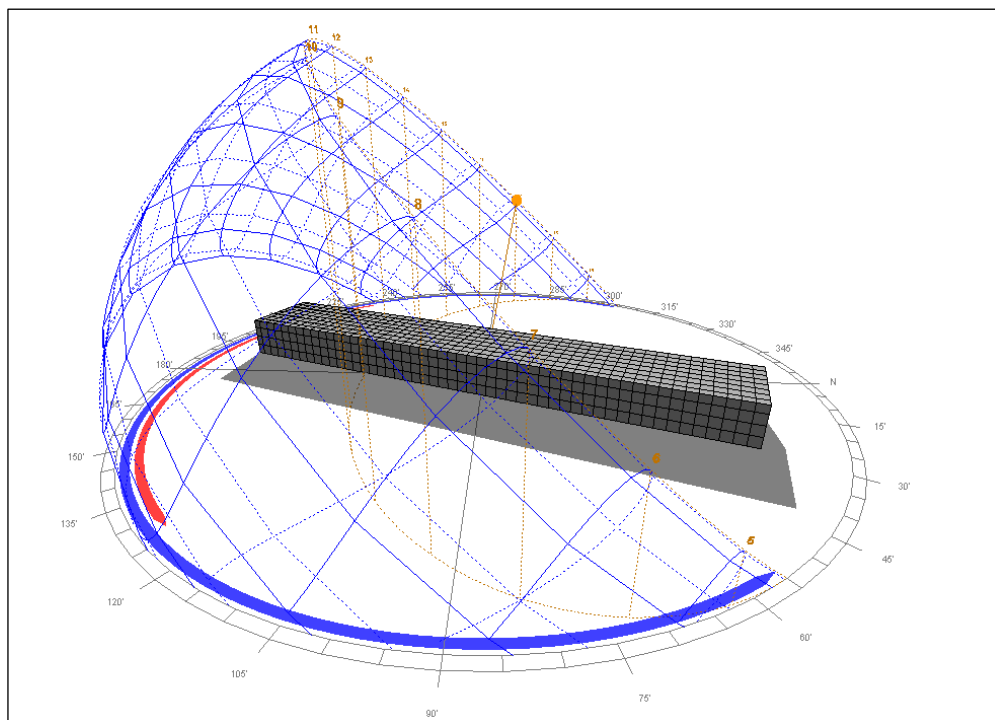
Narejene so analize prostorov, ki se nahajajo na vzhodni strani objekta E ob 12 uri. Zaradi izbrane ure rezultati pri določenih datumih ne izpolnjujejo minimalnih zahtev, saj se ob 12. uri sonce že premika proti zahodu in je vzhodna fasada že v senci objekta. V objekt so umeščena troslojna okna, ki so bolj izolativna od dvoslojnih, vendar pa prepuščajo precej manj svetlobe, kar je tudi razlog za manjšo osvetljenost obravnavanih prostorov. Drugi razlog za manjšo osvetljenost je tudi pozicija oken, katera so zamaknjena v notranjost sten. Da bi zagotovili ugodno bivalno okolje je v tem primeru potrebno dnevno svetlobo kombinirati z umetno. Glede na rezultate je minimalna moč umetne razsvetljave 10 W/m², kar nam zagotavlja dodatnih 300 lux osvetljenosti. Vrednosti osončenosti v spomladanskem času pa minimalnim zahtevam zadostijo. KDS zadovoljuje minimalne zahteve standarda v vsakem primeru.

4.2.2 Program Ecotect Analysis

Program Ecotect Analysis se uporablja za celovito analizo trajnostno grajenih stavb. Program ponuja široko paleto simulacij in energetskih analiz modela objekta. S pomočjo programa se lahko izračuna energetska bilanca stavbe, potrebo po ogrevanju in hlajenju ter stroške obratovanja. Program omogoča tudi prikaz senčenja glede na lego in pot sonca v odvisnosti od časa, vizualizacijo sevanja sončne energije ter izračun naravne osvetlitve.

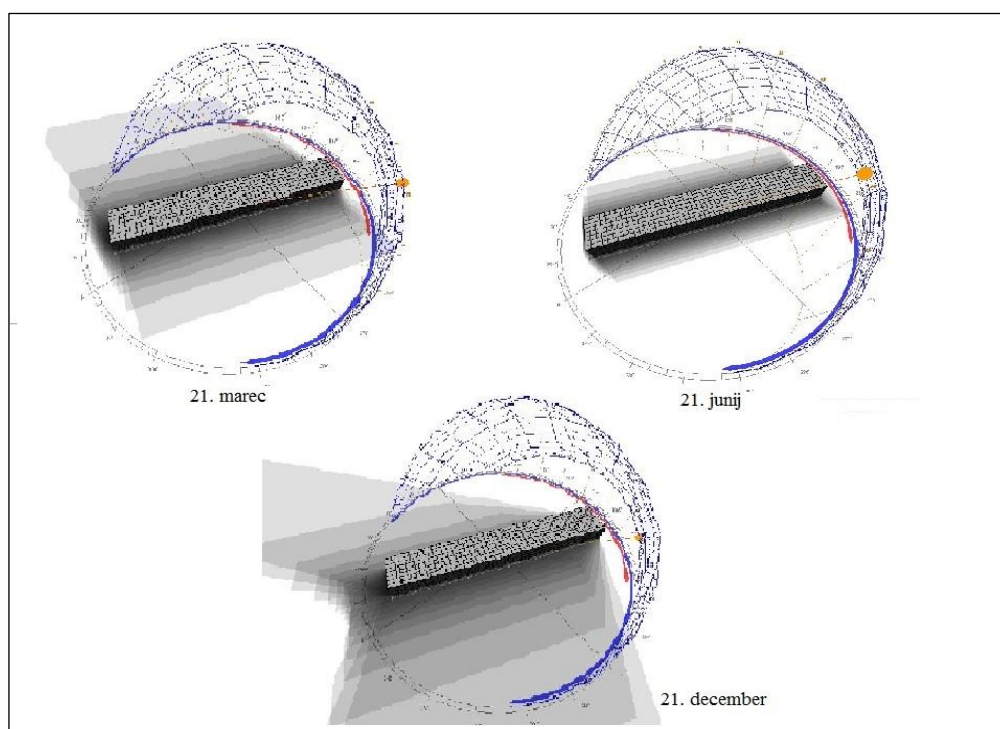
V obsegu diplomske naloge je s pomočjo programa Ecotect Analysis narejena študija senc ter analiza povprečne dnevne osončenosti.

Prvi korak analize s tem programom je definicija lokacije. Potrebno je uvoziti vremenske podatke za Ljubljano, kar je narejeno s pomočjo baze podatkov, ki so naloženi na spletni strani Ministerstva ZDA za energijo. Preko integrirane aplikacije Weather Manager se lahko pregleda vse vremenske podatke za določeno lokacijo kot so najtoplejši in najhladnejši dan, najsvetlejši in najbolj oblačen dan, povprečne, minimalne ali maksimalne temperature, ipd. Ker je za analizo pomembna geometrija objekta in lega zunanjih ploskev, s programom Ecotect Analysis je izdelan le konceptualni model. Slika 7 prikazuje konceptualni model in pot Sonca v času poletnega solsticija.



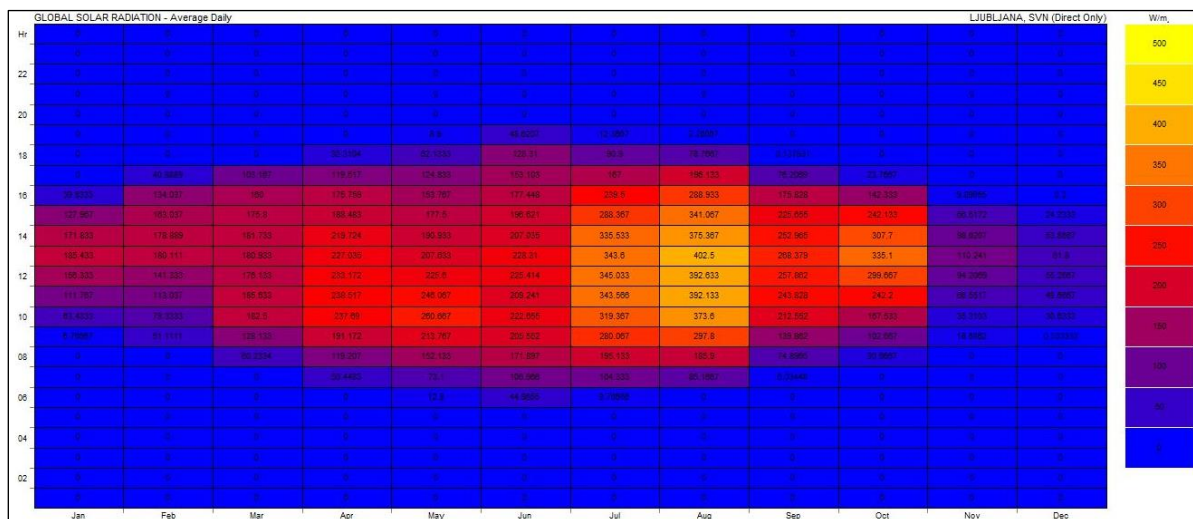
Slika 7: Pot Sonca - poletni solsticij

Študija senc: Program omogoča prikaz dnevne in letne poti sonca na nebu ter prikaz senc. Pozicijo sonca se lahko prilagaja ročno ali se vpiše točen čas in datum za katerega se opazuje spreminjanje senc. Pri analizi so upoštevane najbolj ugodne in najbolj neugodne razmere, zato so analizirani datumi 21. marec, 21. junij ter 21. december. Na sliki 8 so prikazani razponi padanja senc pri obravnavanih datumih.



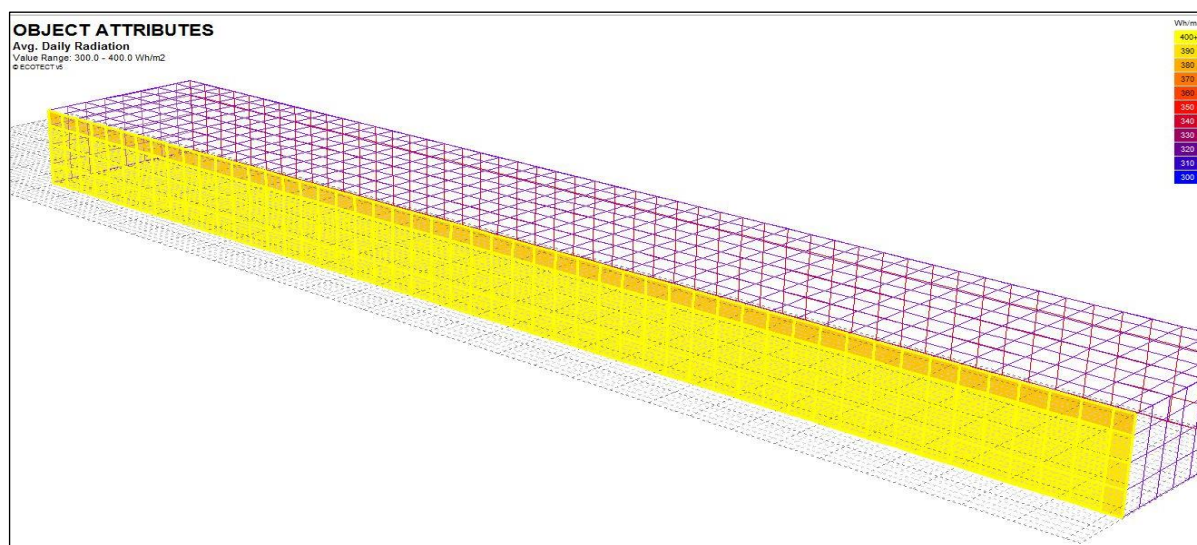
Slika 8: Prikaz razpona padanja senc

Analiza povprečne dnevne osončenosti: Zaradi lažje predstave je v programu za vsako fasado določena druga cona. Analiza osončenosti je narejena za vsako fasado posebej. Če obravnavamo ploskev fasade kot enotno, dobimo povprečno osončenost vsake fasade. Ker je pomembno kateri deli fasade so bolj oziroma manj osončeni, so fasade z namenom pridobitve točnejših rezultatov razdeljene na manjše ploskve. Pri analizi je upoštevan zimski čas med 1. decembrom in 28. februarjem. Rezultati temeljijo na barvnih shemah količinske osončenosti, ki je izražena v Wh/m^2 . Slika 9 predstavlja tipski diagram, ki prikazuje skupne sončne dobitke (*angl. Available Solar Radiation*) za horizontalne in vertikalne površine za celo leto. Ti sončni dobitki so seštevek vsote žarkov direktne in difuzne komponente in predstavljajo maksimalno sončno energijo. V nadaljevanju slike 10, 11, 12, 13 prikazujejo rezultate osončenosti vsake fasade posebej v zimskem času, tabela 4 pa prikazuje rezultate, ki predstavljajo mesečno količino prejete sončne energije ravno tako za vsako fasado posebej. V prilogi C pa so prikazani tipski diagrami (*angl. Incident Solar Radiation*).

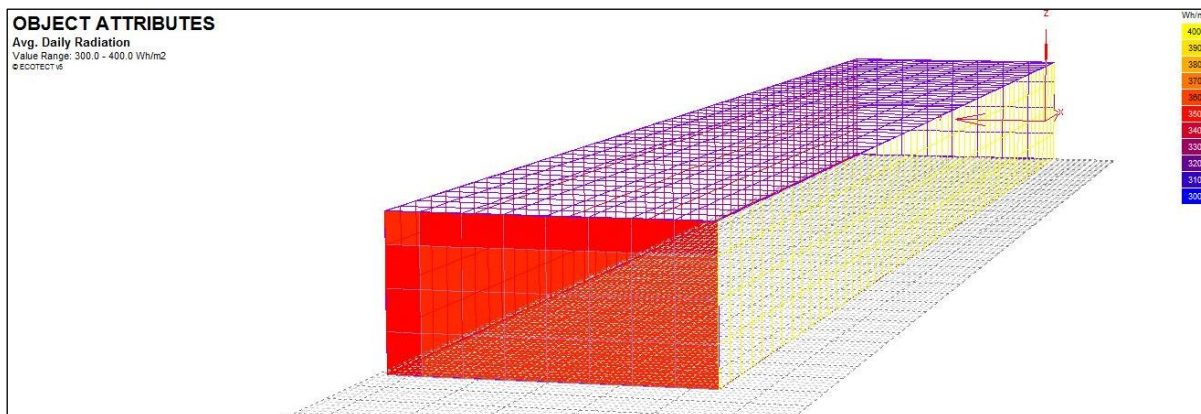


Slika 9: Available Solar Radiation

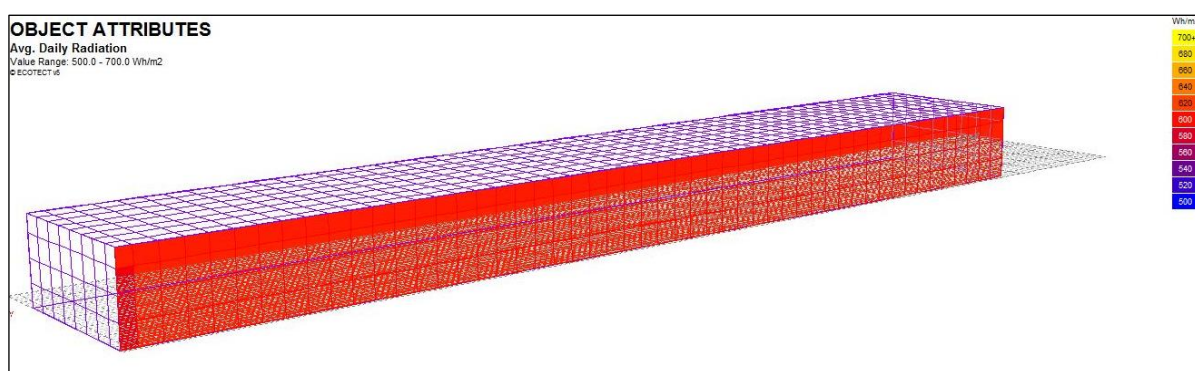
V zimskem času je zahodna fasada približno osončena s 400 Wh/m^2 (slika 10), severna s 350 Wh/m^2 (slika 11), vzhodna s 640 Wh/m^2 (slika 12) ter južna z 900 Wh/m^2 (slika 13).



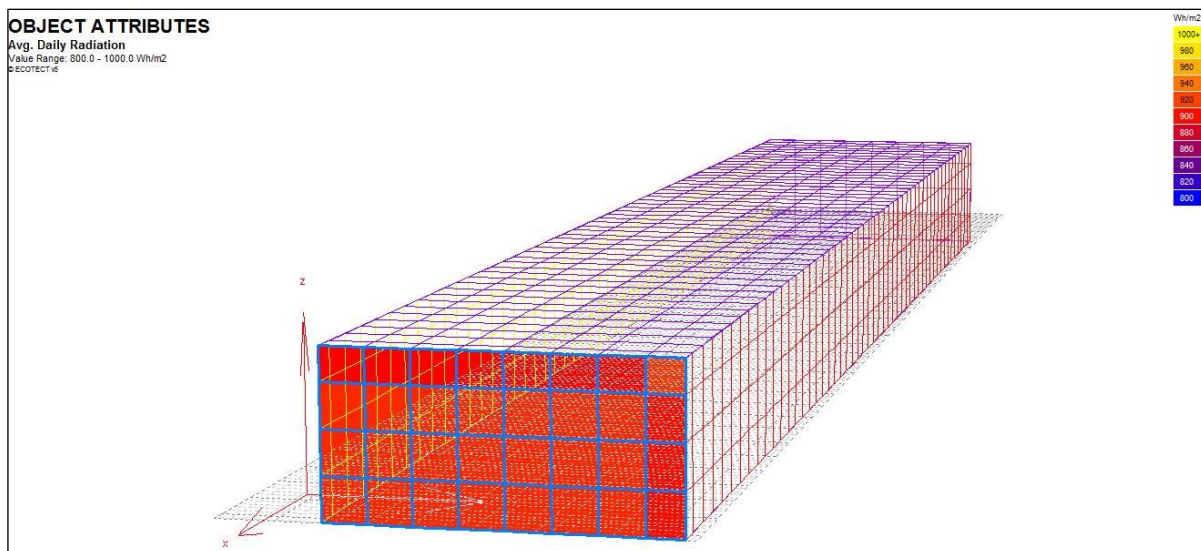
Slika 10: Sončno obsevanje - zahodna fasada



Slika 11: Sončno obsevanje - severna fasada



Slika 12: Sončno obsevanje - vzhodna fasada



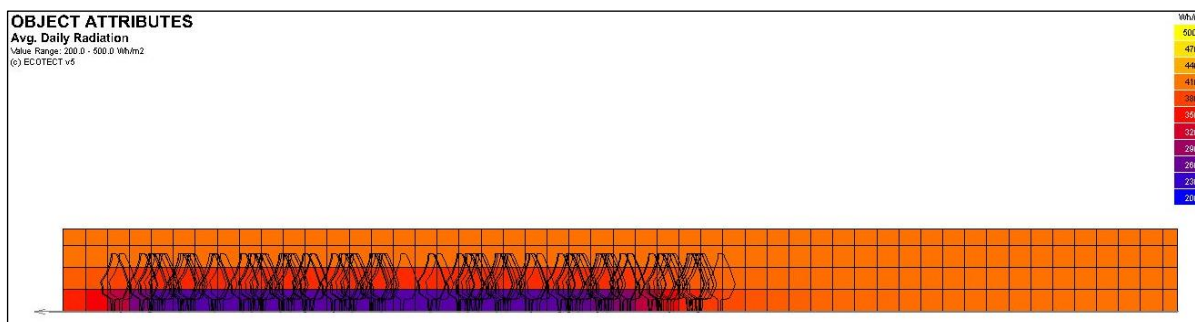
Slika 13: Sončno obsevanje - južna fasada

Iz rezultatov analiz je razvidno, da sta v zimskem času najbolj osončeni južna in vzhodna fasada. Celotna površina posamezne fasade je enakomerno osončena, saj je upoštevano, da pred nobeno ni nikakršnih zunanjih ovir.

Tabela 4: Prikaz mesečne količine prejete sončne energije za vsako fasado

MESEC	Zahodna fasada [Wh/m ²]	Severna fasada [Wh/m ²]	Vzhodna fasada [Wh/m ²]	Južna fasada [Wh/m ²]
Januar	30.74	0	308.85	682.55
Februar	87.49	0	362.91	780.83
Marec	159.65	7.78	611.04	849.02
April	262.54	64.33	800.37	876.18
Maj	311.96	123.26	813.58	522.61
Junij	447.27	219.01	775.4	486.99
Julij	441.46	258.32	1069.53	720.57
Avgust	472.61	138.11	1231.12	1078.60
September	222.64	16.48	701.97	904.75
Oktober	175.83	1.43	636.47	1229.24
November	22.71	0	164.04	272.02
December	16.15	0	108.42	223.36

Slika 14 prikazuje vpliv vegetacije na osončenost. Vegetacija je upoštevana pri analizi povprečne dnevne osončenosti zahodne fasade. Iz rezultatov je jasno razvidno, da se zaradi sence, ki jo povzroča vegetacija, zmanjšuje osončenost spodnjega dela fasade. Vegetacija na osončenost vpliva le na prvo etažo, saj je višina pritlične etaže 4 m. Del fasade, ki ni pod vplivom vegetacije, je enako osončen kot v predhodnem primeru.



Slika 14: Vpliv vegetacije na osončenost zahodne fasade

4.3 Energetska analiza objekta

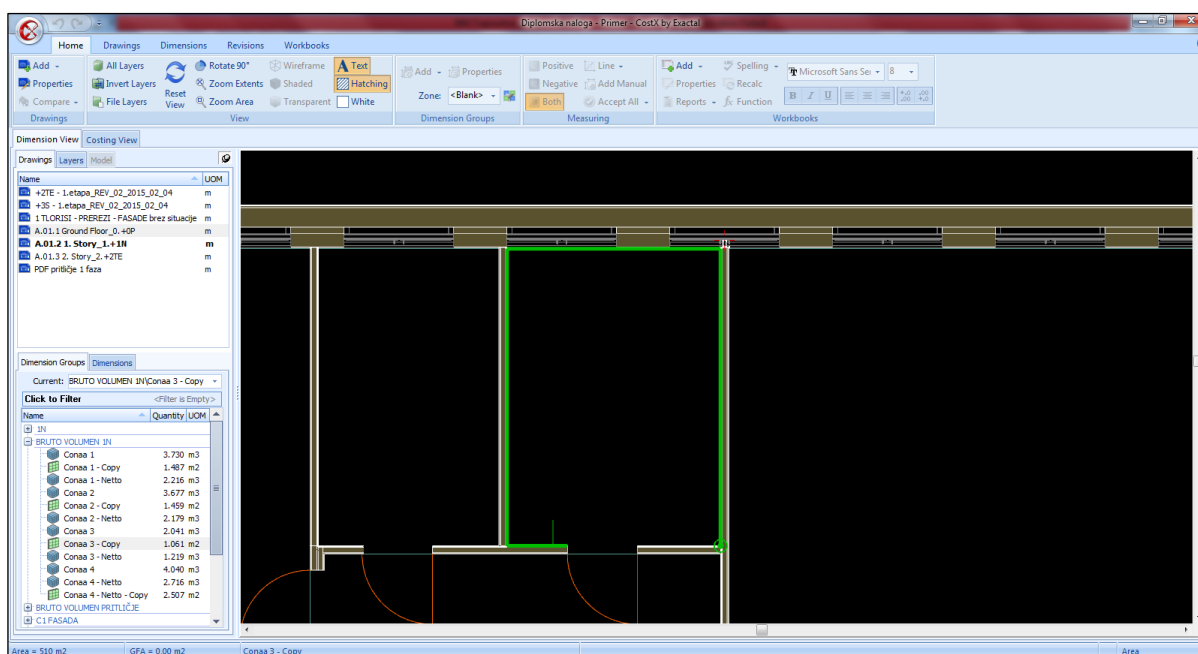
Objekt je analiziran s pomočjo dveh programov namenjenih energetski analizi objektov. V prvem primeru je prikazano, kako obravnavati objekte, ko se razpolaga samo z 2D načrti, ki ne zajemajo podatkov o površinah in volumnih prostorov. V drugem primeru je prikazan način izdelave energetske izkaznice s pomočjo modela BIM.

4.3.1 Program CostX in Knauf Insulation Energija

V tem delu je prikazan način obravnave primerov, ko so na voljo le 2D načrti formatov .dwg, .jpeg ali so skenirani. Za potrebe energetske analize je potrebno obravnavani objekt razdeliti na cone. Za vsako cono posebej je potrebno izmeriti površino in volumen. Te podatke se lahko pridobi s pomočjo »pešč«

računa, pri katerem je potrebno s pomočjo dimenzij iz načrtov izračunati ploščine in volumen ročno. Pri manjših objektih to pogosto ne predstavlja večjega problema, vendar je ta način zamuden in se lahko hitro kaj spregleda. Obravnavan objekt ima več kot 8 tisoč kvadratnih metrov, zato način »pešč« računa potrebnih količin ne pride v poštev. Vse potrebne količine so zato izmerjene s pomočjo programa CostX, ki omogoča uporabo različnih oblik načrtov in enostaven digitalen način izmer. Program je izdelalo podjetje Exactal.

V program CostX se uvozi .dwg načrte in se digitalno izmeri vse potrebne količine. Iz .dwg načrtov program CostX enostavno vektorsko prepozna vse elemente in tako hitro ter enostavno izmeri vse potrebne količine. Na sliki 15 so prikazane elektronske izmere površin s pomočjo programa CostX, v tabeli 5 pa so prikazane izmerjene količine. V prilogi D je priložen tudi celoten izvleček izmerjenih količin iz programa CostX.



Slika 15: Elektronske izmere površin

Objekt je razdeljen v 5 različnih con:

- Cona 1: Vzhodni del objekta (laboratoriji)
- Cona 2: Zahodni del objekta (kabineti)
- Cona 3: Srednji del objekta (tehnični prostori)
- Cona 4: Srednji del objekta (komunikacije)
- Cona 5: Rastlinjak

Tabela 5: Izmerjene količine s CostX

Cone	Neto uporabna površina (m ²)	Bruto uporabna površina (m ³)
1. cona	1784,93	4694,33
2. cona	1704,13	4515,92
3. cona	849,14	2224,74
4. cona	2203,58	5971,68
5. cona	211,08	943,89

Po izmeri vseh potrebnih podatkov sledi energetska analiza objekta s pomočjo programa Knauf Insulation Energija. Program je izdelalo podjetje Knauf Insulation. Ta program omogoča izračun energetske učinkovitosti objekta ter izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov. Račun se izvede v skladu s PURES 2010 in Tehnično smernico TSG-1-004:2010. Na začetku se v programu določi vrsto objekta, lokacijo in osnovne geometrijske podatke. Za tem se prične z vnosom podatkov o conah, kjer se določi geometrijske podatke, podatke o notranjih virih, ogrevanju, prezračevanju, hlajenju ter urne izmenjave zraka za vsako cono posebej. Vnese se tudi podatke o konstrukcijskih sklopih glede na to, kako se določi toplotno prehodnost sklopov. Vse podatke se vnaša v programu ročno, rezultati pa so po opravljeni analizi prikazani v tekstualni obliki in se jih lahko prikaže v obliki elaborata gradbene fizike ali v obliki energetske izkaznice stavbe.

V tabeli 6 je prikazana sestava posameznih konstrukcijskih sklopov, ki so upoštevani v izračunu, v tabeli 7 pa so prikazani podatki, ki so vneseni v program za vsako cono. Podatki o HVAC sistemih so ocenjeni glede na izkušnje s predhodnimi projekti. [39]

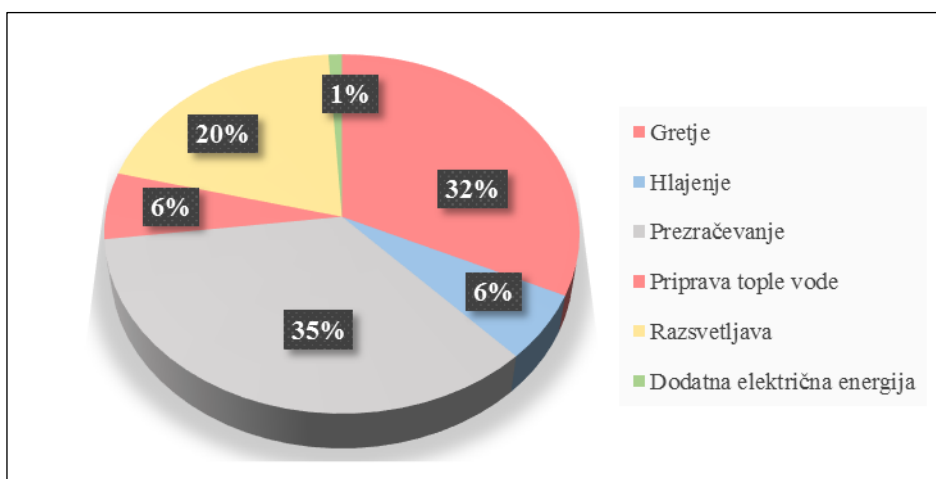
Tabela 6: Sestave konstrukcijskih sklopov

Temeljna in talna plošča	debelina (cm)	Zunanja stena sever/jug	debelina (cm)
AB talna plošča	15,0	strojni omet	1,5
PVC folija	0,02	AB stena	20,0
notarnje nasutje	40,0	mineralna volna	20,0
AB temeljna plošča	70,0	prezračevani sloj	3,0
bitumenska hidroizolacija	0,5	fasadni betonski panel	1,3
XPS toplotna izolacija	20,0		
podložni beton	10,0	Tlakovana streha	debelina (cm)
nasutje	30,0	strojni omet	1,5
Tlak T1	debelina (cm)	AB plošča	25,0
končni sloj – enomer	0,5	parna zapora	0,02
izravnalna masa	1,0	XPS toplotna izolacija v naklonu	1,0
cementni estrih	8,0	XPS toplotna izolacija	20,0
PE folija	0,02	bitumenska hidroizolacija	1,0
pohodni zvok - toplotna izolacija	2,5	XPS toplotna izolacija	10,0
XPS toplotna izolacija	8,0	geotekstil	0,05
Tlak T2	debelina (cm)	nasutje	5,0
končni sloj – keramika	1,5	tlakovci	5,0
lepilo	1,0		
cementni estrih	9,0	Zelena streha	debelina (cm)
PE folija	0,02	strojni omet	1,5
XPS toplotna izolacija	8,0	AB plošča	25,0
hidroizolacijski sloj	0,5	parna zapora	0,02
Zunanja stena vzhod/zahod	debelina (cm)	XPS toplotna izolacija v naklonu	1,0
strojni omet	1,5	XPS toplotna izolacija	20,0
AB stena	20,0	Bitumenska hidroizolacija	1,0
mineralna volna	20,0	XPS toplotna izolacija	10,0
mineralna volna	20,0	filc	0,05
prezračevani sloj	3,0	večslojni hranilni substrat	5,0
fasadni betonski panel	1,3	vegetacija	5,0

Tabela 7: Prikaz podatkov za različne cone

	1. cona	2.cona	3.cona	4.cona	5.cona
Notranji viri pozimi	15,7 W/m ²	15,7 W/m ²	0 W/m ²	10,2 W/m ²	14,8 W/m ²
Notranji viri poleti	15,7 W/m ²	15,7 W/m ²	0 W/m ²	10,2 W/m ²	14,8 W/m ²
Št. izmenjav zraka podnevi	4,1	3,9	0,5	0,5	0,5
Št. izmenjav zraka ponoči	1,8	1,8	0,5	0,5	0,5
Instalirana moč svetilk	11 W/m ²	11 W/m ²	11 W/m ²	11 W/m ²	11 W/m ²
Notranja temperatura pozimi	21 °C	21 °C	11 °C	20 °C	20 °C
Notranja temperatura poleti	26 °C	27 °C	21 °C	27 °C	27 °C
Prezračevanje	mehansko z rekuperacijo	mehansko z rekuperacijo	mehansko z rekuperacijo	naravno	mehansko z rekuperacijo
Ogrevanje	ogrevano	ogrevano	neogrevano	ogrevano	ogrevano
Hlajenje	klimatizirano	klimatizirano	neklimatizirano	neklimatizirano	klimatizirano

V izračunu je za potrebe ogrevanja kot vir energije upoštevan zemeljski plin ter nizekotemperaturni plinski kotel. Nazivna moč generatorja toplote je 1000 kW. Dobljeni rezultati so podani v prilogi E. Obravnavani primer je razvrščen v energetske razred A2. Letna primarna energija za delovanje stavbe znaša 188 kWh/m²a. Na spodnji sliki je glede na vire energije in energente prikazana celotna struktura porabe energije za delovanje stavbe. Obnovljiva energija, ki jo porabi stavba je ničelna, izpusti CO₂ pa so enaki 39 kg/m² na leto. Obravnavana stavba največ energije porabi za prezračevanje in ogrevanje.



Slika 16: Struktura porabe energije za delovanje objekta (Knauf Insulation Energija)

4.3.2 Program ArchiCAD in Energy Evaluation

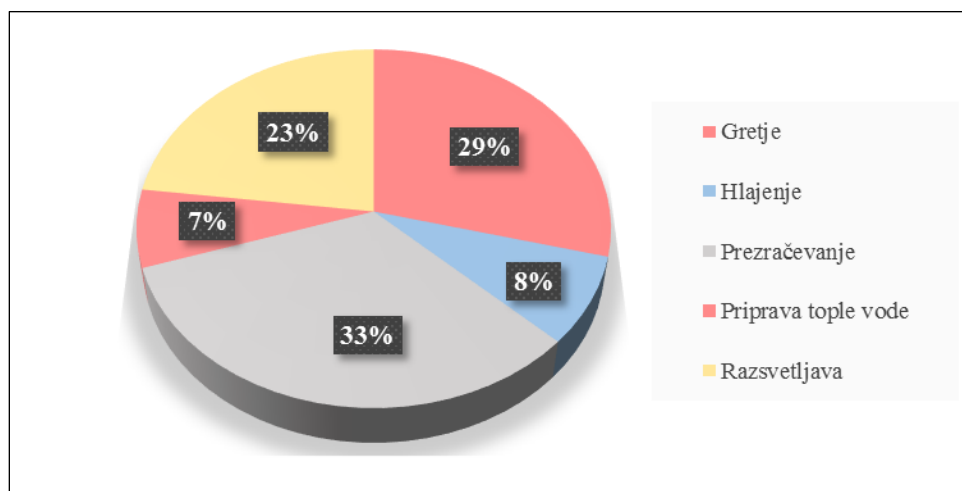
Energetska analiza v programu ArchiCAD se izvede s pomočjo vgrajenega dodatka Energy Evaluation. Pri modeliranju objekta je potrebno paziti, da so stiki med posameznimi elementi zvezni in natančno narejeni, saj v nasprotnem primeru program nebi prepoznal posamezne definirane cone. Na osnovi modela program določi površino ter lokacijo transparentnih delov (notranji, zunanji).

Energetska analiza je narejena za konkretni objekt, katerega model je bil pridobljen s strani mentorja. Obravnavani objekt je razdeljen na cone, enako kot v programu Knauf Insulation Energija. Vsaka cona je pripisana toplotni coni (*ang. Thermal Blocks*) in razdeljena na ogrevano in neogrevano. Za vsako cono je določena namembnost ter urnik uporabe. Upoštevano je dejstvo, da je objekt v obratovanju 16 ur dnevno, med vikendi in ponoči pa je nezaseden. Potrebno je definirati še HVAC sisteme in jih pripisati toplotnim conam. Podatki o temperaturah v conah, notranjih virih, razsvetljavi, U faktorjih in HVAC sistemih so definirani enako kot v programu Knauf Insulation Energija.

Tabela 8: Izmere količin s programom ArchiCAD

Cone	Neto uporabna površina (m ²)	Bruto uporabna površina (m ³)
1. cona	1784,92	4691,65
2. cona	1704,30	4516,82
3. cona	849,64	2220,12
4. cona	2203,39	5967,08
5. cona	211,61	944,10

Rezultati energetske analize iz programa ArchiCAD so prikazani na sliki 17. Primarna energija za delovanje stavbe znaša 172,9 kWh/m²a ter izpusti CO₂ znašajo 34,6 kg/m²a. Končni rezultati so podani v prilogi F.



Slika 17: Struktura porabe energije za delovanje objekta (ArchiCAD)

4.4 Primerjava rezultatov energetske analize objekta

S pomočjo programov Knauf Insulation Energija in Energy Evaluation je iz vrednotena primarna energija in emisije CO₂ ter potrebna letna energija za delovanje stavbe.

Knauf Insulation Energija zahteva podatke o geometriji objekta, neto uporabni površini ter prostornini ki jih vnesemo ročno. Če teh podatkov ni na voljo, jih je potrebno izmeriti s pomočjo računalniških orodij ali s »pešč« izračunom. Izračun s pomočjo vtičnika Energy Evaluation temelji na izdelanem informacijskem modelu v programu ArchiCAD, kjer so geometrijski podatki o neto uporabni površini in prostornini že določeni. Izmere količin določene s programom CostX, ki so vnesene v program Knauf Insulation Energija, so skoraj enake kot količine, ki jih program ArchiCAD določi samodejno. V tabeli 9 je prikazana primerjava izmerjenih neto uporabnih površin z zgoraj navedenimi programi.

Tabela 9: Primerjava izmerjenih neto uporabnih površin

Cone	CostX (m ²)	ArchiCAD (m ²)
1.cona	1784,93	1784,92
2.cona	1704,13	1704,30
3.cona	849,14	849,64
4.cona	2203,58	2203,39
5.cona	211,08	211,61

Program ArchiCAD za energetske analize potrebuje le osnovne podatke o HVAC sistemih kot je nazivna moč naprav za ogrevanje in hlajenje, vrsta prezračevanja, moč svetilk, urnik uporabe objekta ter število urnih izmenjav zraka. V primerjavi s programom ArchiCAD potrebuje Knauf Insulation Energija za energetske analize več in bolj natančne podatke o HVAC sistemih. Potrebno je definirati tip prezračevanja (centralni, lokalni), vrsto ogrevalnega sistema, vrsto hladilnega sistema ter podatke o razsvetljavi. Pri vseh teh sistemih je potrebno podrobno določiti vse tehnične podatke (nazivna moč, specifična raba energije, potrebno toploto za pripravo tople vode, ipd.). Ker se vse podatke vnaša ročno, je s tem omogočeno natančnejše upoštevanje Tehnične smernice za graditev TSG-1-004:2010.

U - faktorji, ki so določeni v programu Knauf Insulation Energija, so tudi vneseni v ArchiCAD zato so ti identični v obeh programih. Primerjava rezultatov energetskih analiz med obema programoma je prikazana v tabeli 10. Pri rezultatih je potrebno izpostaviti, da ni bilo na voljo vseh točnih podatkov.

Tabela 10: Primerjava rezultatov energetskih analiz

	Knauf Insulation Energija	Energy Evaluation
Primarna energija za delovanje stavbe (kWh/m ² a)	188	172,9
Izpusti CO ₂ (kg/m ² a)	39	34,6
Gretje (%)	32	29
Hlajenje (%)	6	8
Prezračevanje (%)	35	33
Priprava tople vode (%)	6	7
Razsvetljava (%)	20	23

5 ZAKLJUČKI IN SKLEP

Stavbe so ene izmed največjih porabnikov energije, saj porabijo več kot 40 % celotne energije sveta. Danes se človeštvo sooča z vedno večjimi energetske in klimatskimi katastrofami, cena fosilnih goriv pa bo še višja. Pojmi kot so energetska učinkovitost, trajnostna gradnja, skoraj ničenergetske hiše, pasivne hiše pa so zato danes v poljudnem in strokovnem besedišču vseskozi prisotni.

Pri trajnostnem načrtovanju je potrebno upoštevati trajnostne vidike, kot so okoljski, ekonomski, družbeni in zdravstveni vidiki. Za ovrednotenje trajnostno grajenih stavb danes obstaja več različnih metod. Večina metod obravnava le okoljske vidike, nekatere pa tudi ekonomske in družbene, zdravstveni pa so običajno zapostavljeni. Ker ljudje povprečno preživijo skoraj 80 odstotkov dneva v notranjem okolju, sta udobje ter kakovost bivalnega in delovnega okolja ena izmed najpomembnejših faktorjev pri trajnostnem načrtovanju.

V tej diplomski nalogi je definirana trajnostna gradnja na podlagi mnenja profesorja C. Kiberta, čigar definicija pravi »trajnostna gradnja je odgovorna za razvoj in upravljanje zdravega grajenega okolja, ki temelji na učinkoviti rabi resursov in ekoloških principih [7].« S trajnostnim načrtovanjem lahko pripomoremo k manjši onesnaženosti Zemlje ter porabi energije, hkrati pa zagotovimo udobje ter kvaliteto bivalnega in delovnega okolja. Diplomaska naloga obsega primer uporabe BIM za analizo trajnostnih vidikov ter preverjanje energetske učinkovitosti objekta. Obravnavani so tudi okoljski vidiki trajnostne gradnje, ki obravnavajo uporabo energije in izpuste CO₂ ter družbene vidike, ki so osredotočeni na primerno prostorsko osvetljenost.

Vsak investitor želi zgraditi objekt, ki bo ekonomsko upravičen, trajnostno grajene stavbe pa pogosto vidijo kot veliko dražje in ekonomsko neupravičene. V diplomski nalogi je prikazano, kako pomembna je zasnova in orientacija objekta pri novogradnjah. Na osnovi enostavnega 3D modela se zelo hitro analizira osončenost, osenčenost, osvetljenost objekta ter količina sončne energije, ki jo prejeme ovoj stavbe. V obravnavanem primeru se lahko zaključi, da je objekt ustrezno orientiran, saj so prostori, ki se nahajajo na vzhodni in zahodni strani dovolj osončeni.

V situaciji, ko bi bil objekt orientiran tako, da je daljša stranica obrnjena proti jugu, bi verjetno nastal problem zaradi pregrevanja, česar si v prostorih kot so laboratoriji in pisarne ne želimo, saj ima vročina negativen vpliv na učinkovitost delavca. Rezultati osvetljenosti prostorov na vzhodni strani ne zadostijo zahtevam TSG-1-004:2010, za kar je razlog troslojna zasteklitev in zamaknjenost oken v notranjost. Z namenom zagotovitve ugodnega bivalnega okolja je potrebno dnevno svetlobo kombinirati z umetno.

S programom Ecotect je narejena analiza povprečne dnevne osončenosti za vsako fasado. Rezultati kažejo, da vse fasade prejmejo celotno sončno energijo, saj pred fasadami ni nikakršnih ovir, ki bi preprečevale direkten padec sončnih žarkov na njihovo površino. Prikazan je tudi primer vpliva vegetacije na zmanjševanje količine prejete sončne energije.

V diplomski nalogi je energetska učinkovitost analizirana na dva načina. Prvi način je na podlagi 2D načrtov, drugi pa na osnovi BIM modela. Ko imamo na voljo samo 2D načrte brez izmerjenih površin

prostorov in je potrebno le-te izmeriti, je veliko enostavneje in natančneje storiti to s pomočjo elektronskih izmer. Elektronske izmere so narejene s programom CostX, ki je preprost in ima uporabniku prijazen vmesnik. S programom CostX so izmerjene vse potrebne količine različnih con, ki so potrebne za izdelavo energetske analize v programu Knauf Insulation Energija.

Knauf Insulation Energija zahteva natančno definiranje HVAC sistemov, zato je potrebno dobro poznavanje le-teh. Sam vnos podatkov o geometriji objekta, konstrukcijskih sklopih ter HVAC sistemih pa je precej zamuden, saj je potrebno vsako karakteristiko vnesti ročno.

Energetska analiza je narejena tudi na osnovi BIM, pri kateri je pomembno, da je informacijski model zelo natančno in zvezno narejen, saj program le tako točno zazna vsako določeno cono, v nasprotnem primeru pa program javi sistemsko napako in ne more nadaljevati z analizo. Na podlagi modela program izračuna podatke o toplotnih prehodnostih, uporabnih površinah in prostorninah con ter površinah transparentnega in netransparentnega dela. V programu ArchiCAD pa se energetska analiza izvede z vtičnikom Energy Evaluation, kjer je potrebno definirati le osnovne podatke o HVAC sistemih.

Opravljene analize lahko pri metodi LEED ocenjujemo v 3. kategoriji (energetska učinkovitost) in 5. kategoriji (kakovost notranjega okolja), pri metodi BREEAM v 2. kategoriji (zdravje in udobje uporabnikov) in 3. kategoriji (energija), pri metodi DGNB pa v 3. kategoriji (sociološko-kulturna in funkcionalna kakovost), 4. kategoriji (tehnična kakovost) in 6. kategoriji (kakovost lokacije).

Najpomembnejša ugotovitev je, da se lahko na enostavnih 3D modelih analizira le okoljske vidike trajnostne gradnje, z uporabo BIM modela pa se lahko analizira še ostale vidike, kot sta na primer stroškovna analiza HVAC sistemov in uporabljenih materialov.

VIRI

- [1] Začetek veljavnosti Kjotskega protokola. Vlada Republike Slovenije. 2013.
http://www.vlada.si/medijsko_sredisce/sporocila_ministrstev_in_vladnih_sluzb/novice_drzavnih_organov/article/zacetek_veljavnosti_kjotskega_protokola_31786/
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [2] Trajnostna gradnja. Green Building Council Slovenia. 2015.
<http://www.gbc-slovenia.si/wp-content/uploads/2013/07/OPEN-HOUSE-clanek-Gradbenik-priloga-PH1.pdf> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [3] Kibert, Charles J. 2013. Sustainable construction: green buildnig design and delivery – 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey: 543 str.
- [4] Trajnostni razvoj. Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj. 2015.
<http://www.planbaslovenijo.si/trajnostni-razvoj> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [5] Agenda 21 za Slovenijo, prispevek nevladnih organizacij. Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj. 1995. Ljubljana.
<http://www.umanotera.org/wp-content/uploads/1995/11/Agenda-21-za-Slovenijo.pdf>
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [6] K trajnostni gradnji počasi in vztrajno. 2014. Finance.
<http://www.finance.si/8357538/K-trajnostni-gradnji-po%C4%8Dasi-in-vztrajno>
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [7] International Initiative for Sustainable Build Environment Portugal. 2015.
<http://www.iisbeportugal.org/english/english.html> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [8] Kriteriji za trajnostno gradnjo in zeleno javno naročanje. Gradbeni inštitut, ZRMK. 2015.
http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/70-kriteriji_za_trajnostno_gradnjo_in_zeleno_javno_narocanje_gi_zrmk_sl.PDF
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [9] Na kratko o strategiji Evropa 2020. Evropa 2020. 2014.
http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/index_sl.htm
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [10] Ministerstvo za infrastrukturo Slovenija, Portal energetika. 2014.
<http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/akcijski-nacrt-za-skoraj-nic-energijske-stavbe/>
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)

- [11] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS, št. 52/2010
- [12] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministerstvo za okolje in prostor: 106 str.
- [13] Košir, M. 2014. Uvod v bioklimatsko načrtovanje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 33 str.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 15. 7. 2015.)
- [14] Medved, S. Varčna raba energije v stavbah. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: 52 str.
http://lab.fs.uni-lj.si/kes/energije_in_okolje/eo-predavanje-O4.pdf (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [15] Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj, 2014. Zbornik o zelenem javnem naročanju na področju stavb in vrednotenju trajnostnih stavb. Ljubljana: 100 str.
http://www.umanotera.org/upload/files/Umanotera_CEC5_brosura_KONCNI_ZA_INTERNE_T_mali.pdf (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [16] Jurjavčič P., Mladenovič A., Cotič Z., Leban J., Šprinzer M., Božič Cerar A., Priročnik za trajnostno rušenje objektov in recikliranje odpadkov. 2014. Ljubljana, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Gospodarska zbornica Slovenije in dr.: 39 str.
<http://www.re-birth.eu/prirocniki-za-uporabo-odpadkov/> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [17] Šijanec Zavrl M., Kolšek J., LCC kot osnova za trajnostno načrtovanje stavb in gospodarjenje z njimi. Gradbeni inštitut ZMRK.
<http://www.zrmk.si/Knjiznica/LCC%20kot%20osnova%20za%20trajnostno%20na%C4%8Drtovanje%20stavb%20in%20gospodarjenje%20z%20njimi.pdf> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [18] Kaj je sindrom nezdrave zgradbe. 2011. Energija Doma
<http://www.energijadoma.si/novice/svetovalnica/kaj-je-sindrom-nezdrave-zgradbe#.VciWkfntmkp> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [19] Ožbolt, M., Cerovšek, T. 2010. Integrirano timsko delo za celostno zasnovavo stavb. Gradbeni vestnik. 59, april 2010: 83-96 str.
- [20] U.S. Green Building Council. LEED. 2015.
<http://www.usgbc.org/leed> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [21] European green office. Znaki in certifikati. 2015.
http://www.eugreenoffice.eu/si/existing_labels_and_certifications_1 (Pridobljeno 21. 9. 2015.)

-
- [22] BREEAM
<http://www.breeam.org/> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [23] Struna Bregar, A., Kavčič, L. Intervju: Trajnostne stavbe so cenejše ter do človeka in okolja prijazne. Finance. 2015.
<http://www.finance.si/8815318/Intervju-Trajnostne-stavbe-so-cenej%C5%A1e-ter-do-%C4%8Dloveka-in-okolja-prijazne> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [24] DGNB, German Sustainable Building Council. 2015.
<http://www.dgnb.de/en/council/dgnb/> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [25] DGNB system. 2015.
<http://www.dgnb-system.de/si/> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [26] Smernica o trajnostni gradnji. Glasilo inženirske zbornice Slovenije, letnik 16., marec 2013.
http://www.gbc-slovenia.si/wp-content/uploads/2014/07/izs_novo_16_65.pdf
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [27] Cerovšek, T. 2010. Intervju: V tujini že zahtevajo uporabo BIM. Finance.
<http://www.finance.si/270866/Intervju-V-tujini-investitorji-%C5%BEE-zahtevajo-uporabo-BIM> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [28] Cerovšek, T. 2010. Informacijsko modeliranje zgradb (BIM). Gradbeni vestnik. 59, marec 2010: 71-72 str.
- [29] Krygiel, E., Nies B. 2008. Green BIM: successful sustainable design with building information modeling. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana: 241 str.
- [30] Atlas okolja. Arso. 2015.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [31] Vesolje.net, Portal o astronomiki in astronomiji. 2015.
<http://vesolje.net/koledar/koledar.php?mesec=6&leto=2017&kraj=Ljubljana&pogled=mesec#spremeni> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [32] Košir, M. 2014. Osončenost, vpliv na kvaliteto bivalnih razmer v stavbah. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 26 str.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 15. 7. 2015.)

- [33] Košir, M. 2014. Dnevna svetloba v bivalnem in delovnem okolju. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, 35 str.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 15. 7. 2015.)
- [34] SIST EN 12464-1:2011. Svetloba in razsvetljava – Razsvetljava na delovnem mestu – 1. del: Notranji delovni prostori.
- [35] Košir, M. 2014. Toplotna zaščita in učinkovita raba energije v stavbah. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 23 str.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 15. 7. 2015.)
- [36] Perkins, B., Stantec, W. 2007. Roadmap for the integrated design process. Vancouver, BC Green Building Roundtable: 8 str.
<http://www.greenspacencr.org/events/IDRoadmap.pdf> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [37] Integrated Design. Integralno energijsko načrtovanje stavb, smernice za postopek in MatrlD. 2015.
<http://www.integrateddesign.eu/downloads/ID-Process-Guide-SLO.pdf>
(Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [38] Projekt ReBirth. ReBirth.
<http://www.re-birth.eu/projekt-rebirth/> (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- [39] Cerovšek, T. 2015. Okvirna ocena za sisteme ogrevanja, prezračevanja in klimatskih naprav. Osebna komunikacija. (9. 9. 2015.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: ANALIZA OSONČENOSTI

PRILOGA B: ANALIZA OSVETLJENOSTI

PRILOGA C: ANALIZA POVPREČNE DNEVNE OSONČENOSTI

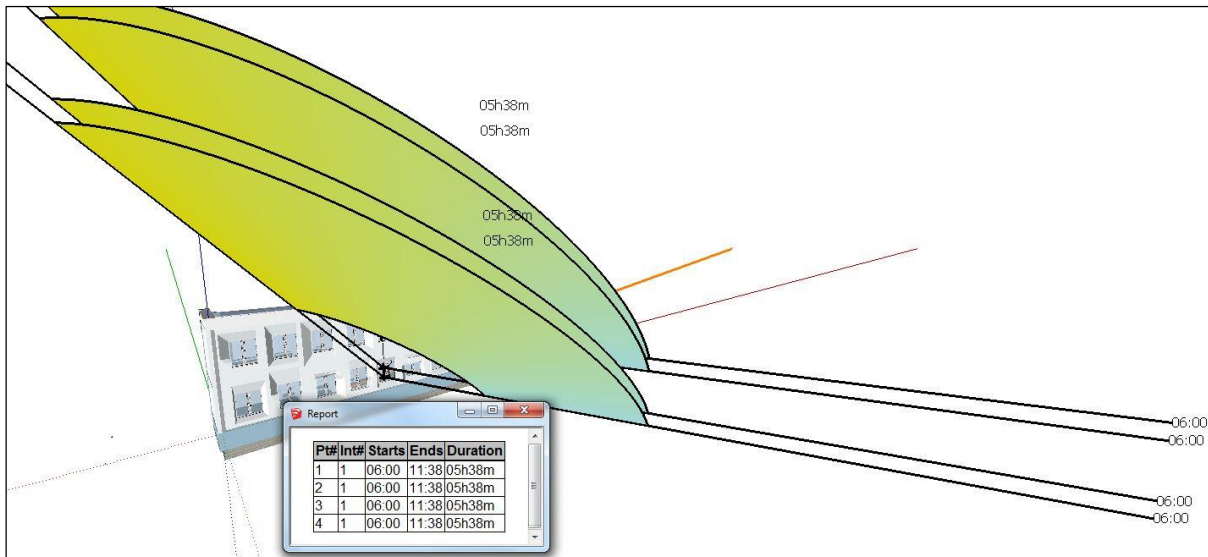
PRILOGA D: ELEKTRONSKE IZMERE KOLIČIN

PRILOGA E: REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE – KNAUF INSULATION ENERGIJA

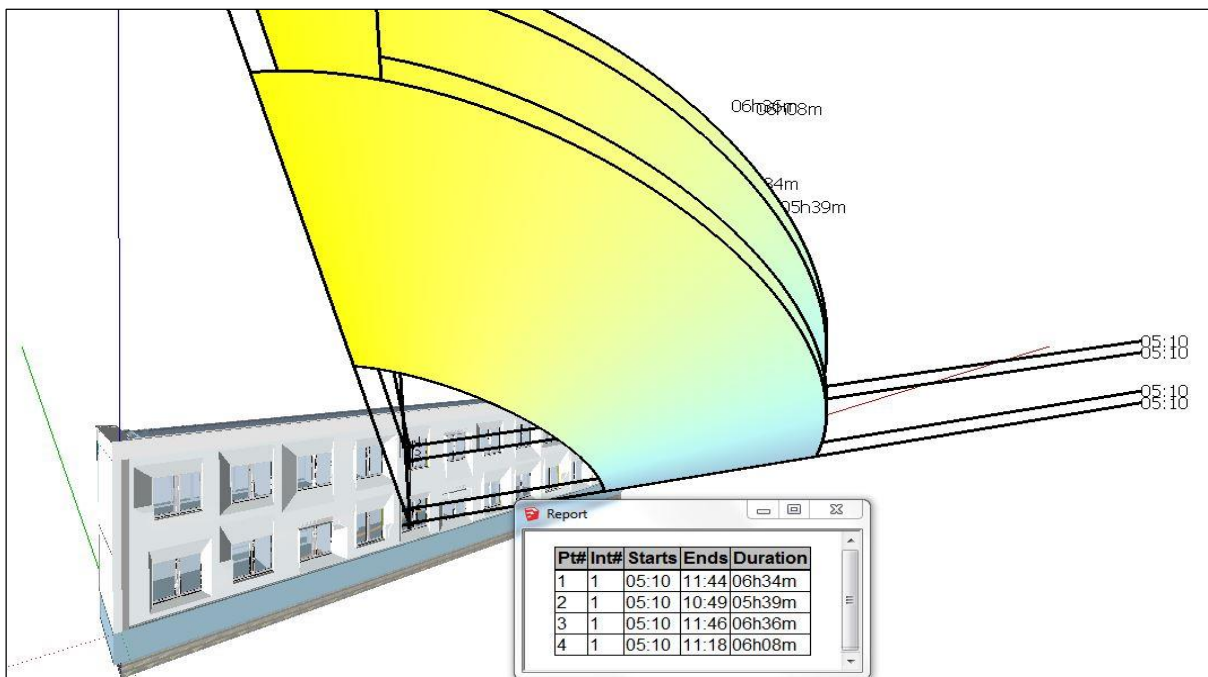
PRILOGA F: REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE – ENERGY EVALUATION

PRILOGA A: ANALIZA OSONČENOSTI

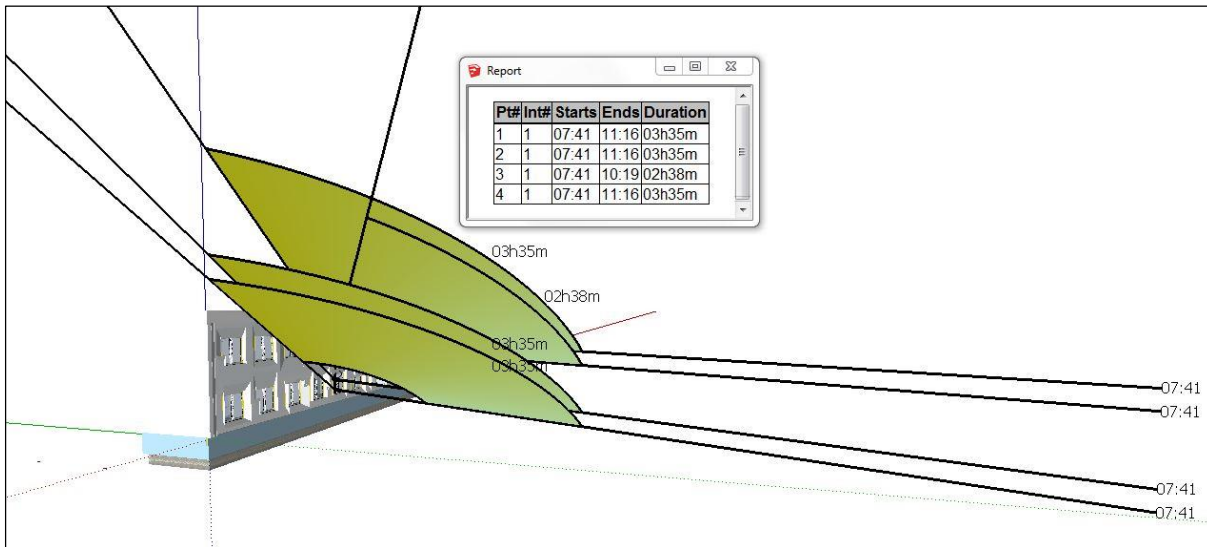
Prikazani so rezultati analize osončenosti s programom SketchUp – vtičnik LSS Chronolux



21. marec



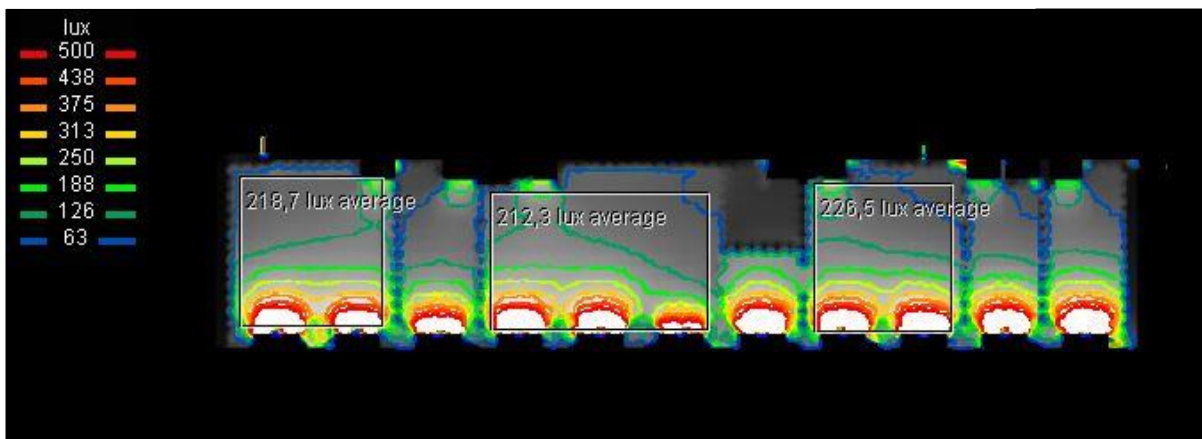
21. junij



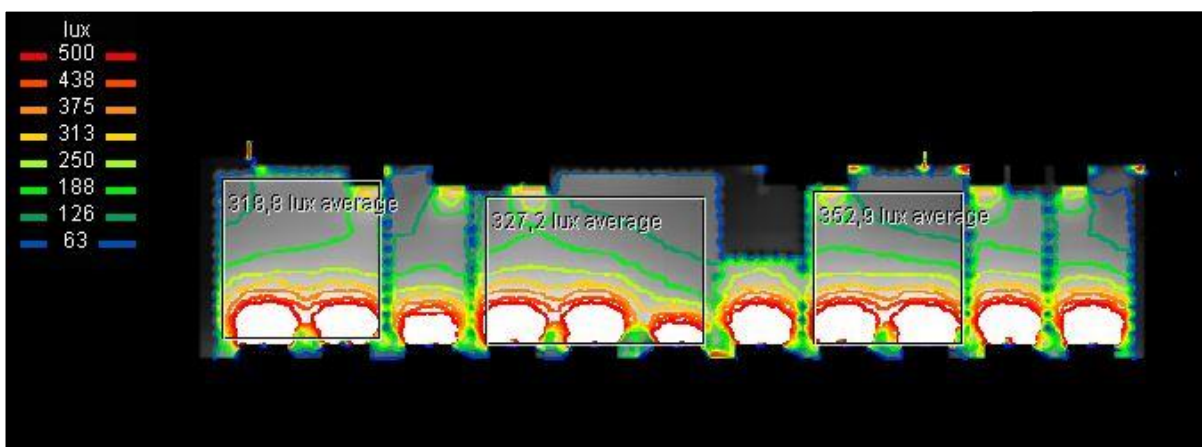
21. december

PRILOGA B: ANALIZA OSVETLJENOSTI

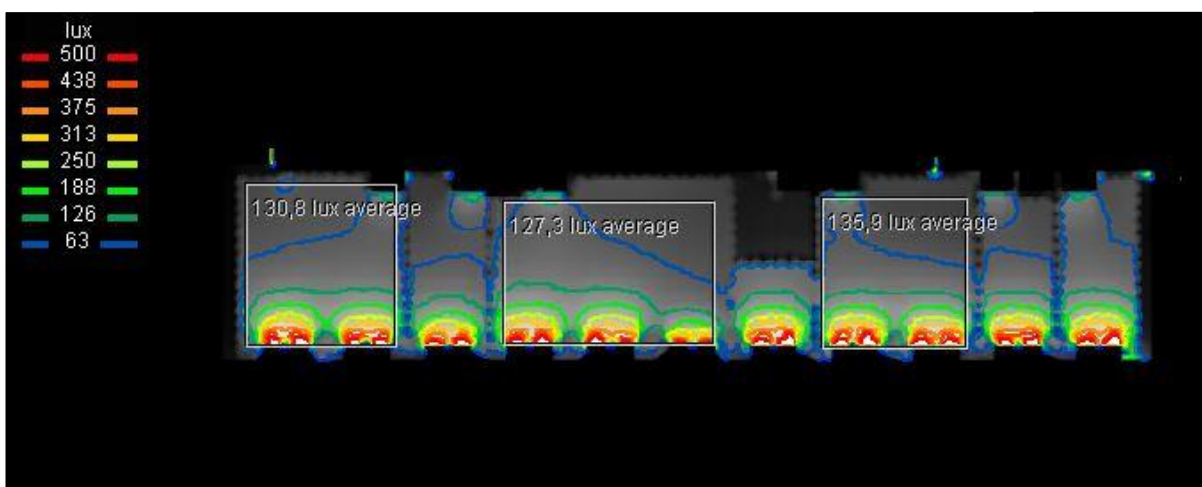
Prikazani so grafični rezultati analize osvetljenosti s programom Velux Daylight Visualizer.



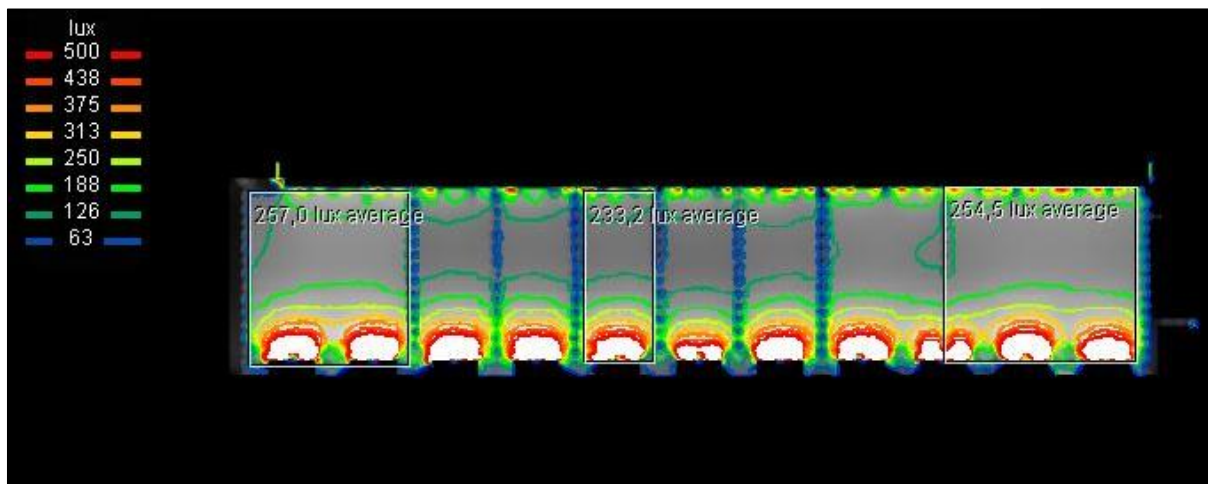
Osvetljenost pritličja, 21.marec



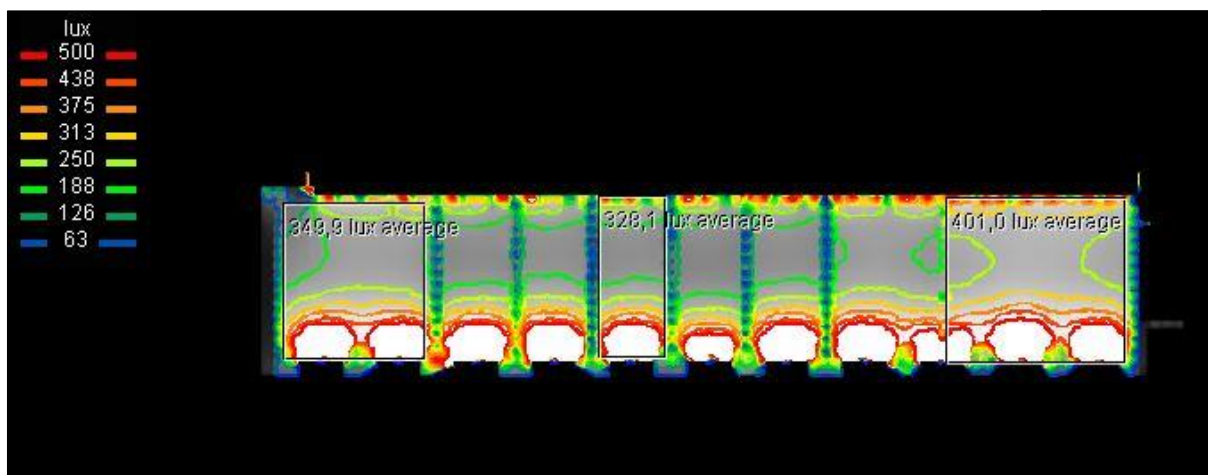
Osvetljenost pritličja, 21.junij



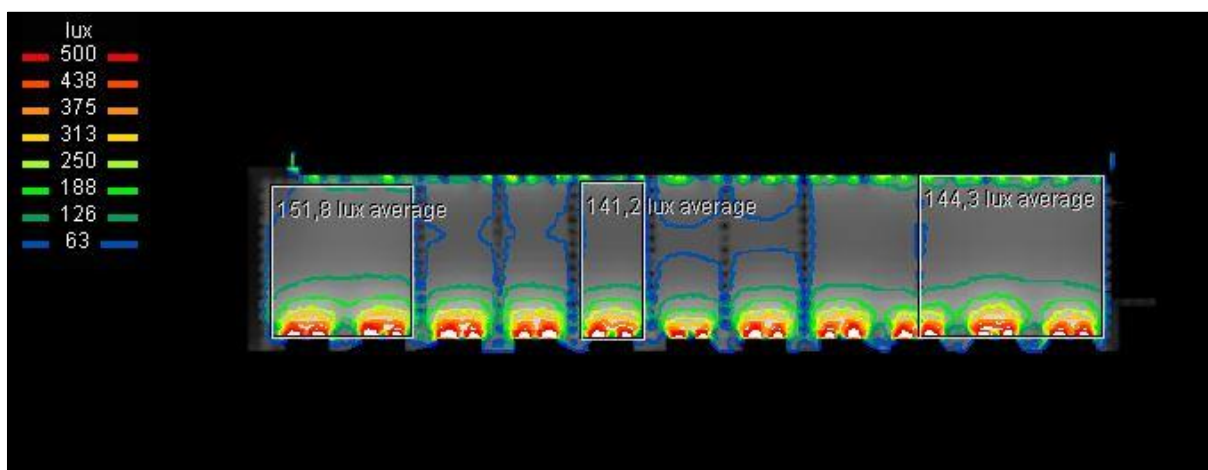
Osvetljenost pritličja, 21.december



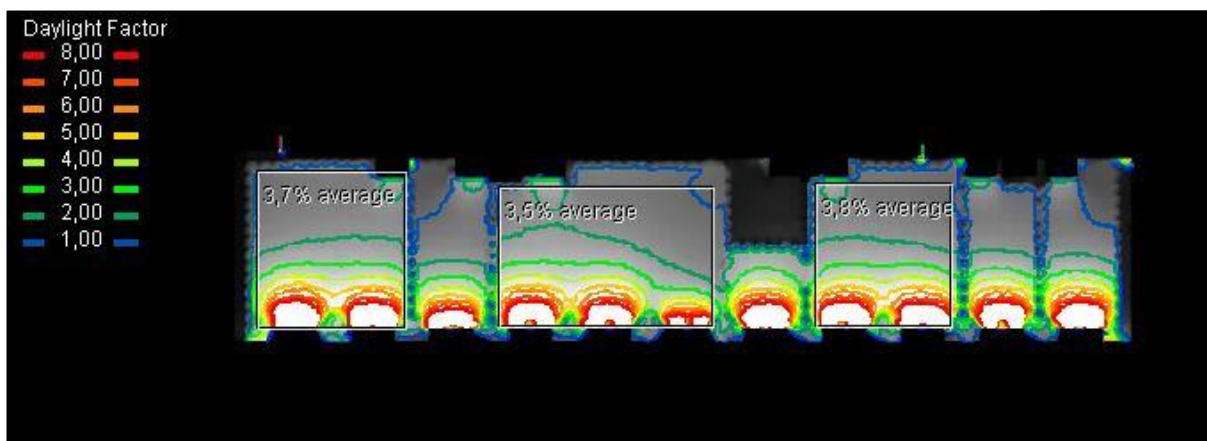
Osvetljenost 1N, 21. marec



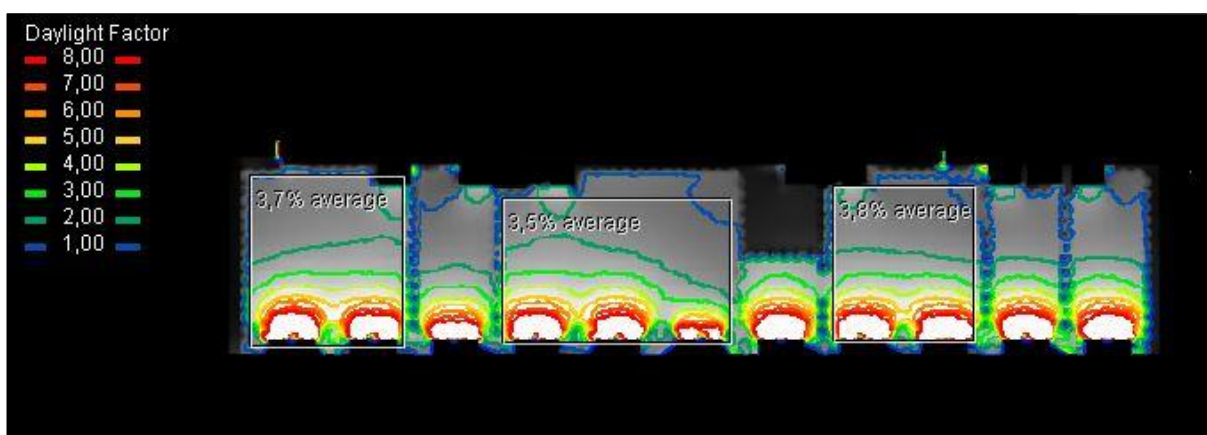
Osvetljenost 1N, 21. junij



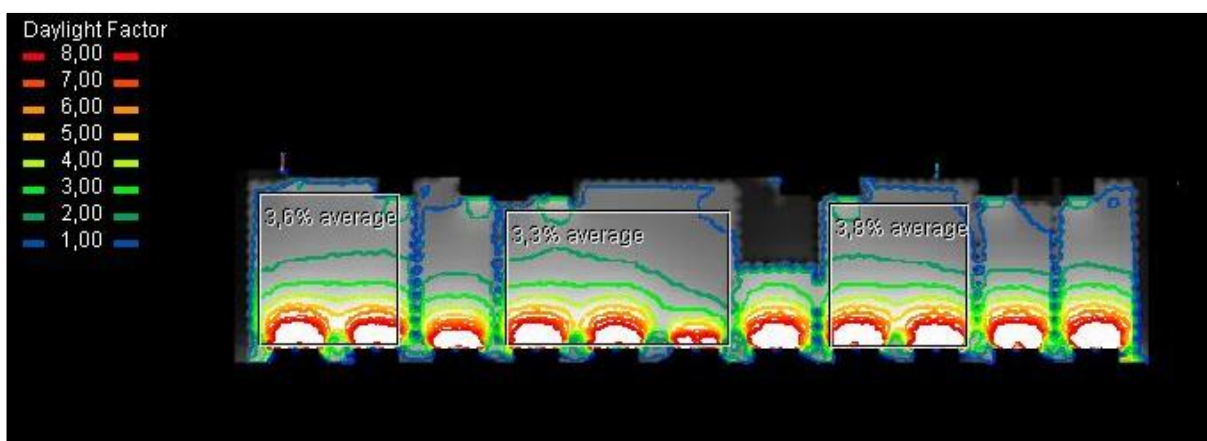
Osvetljenost 1N, 21. december



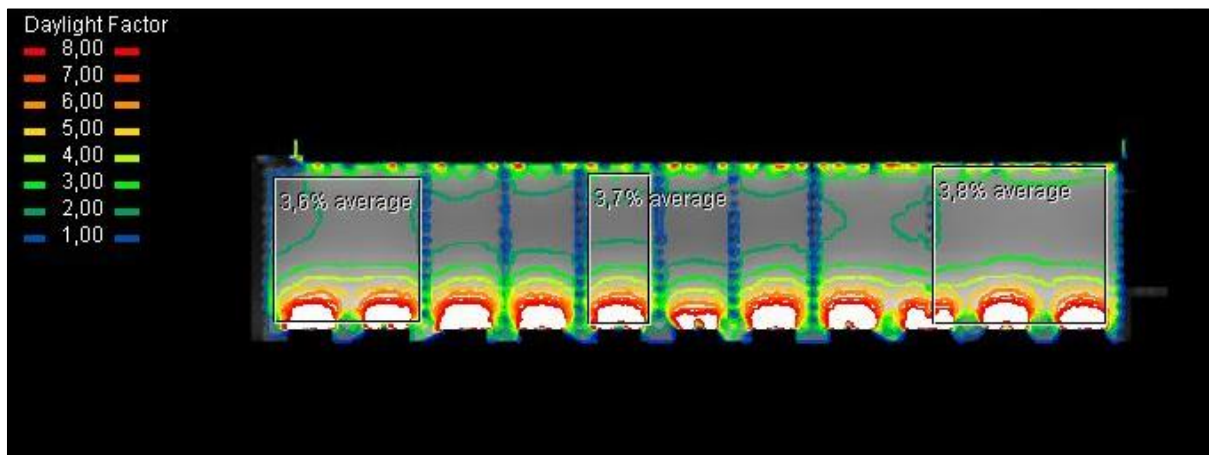
KDS pritličja, 21.marec



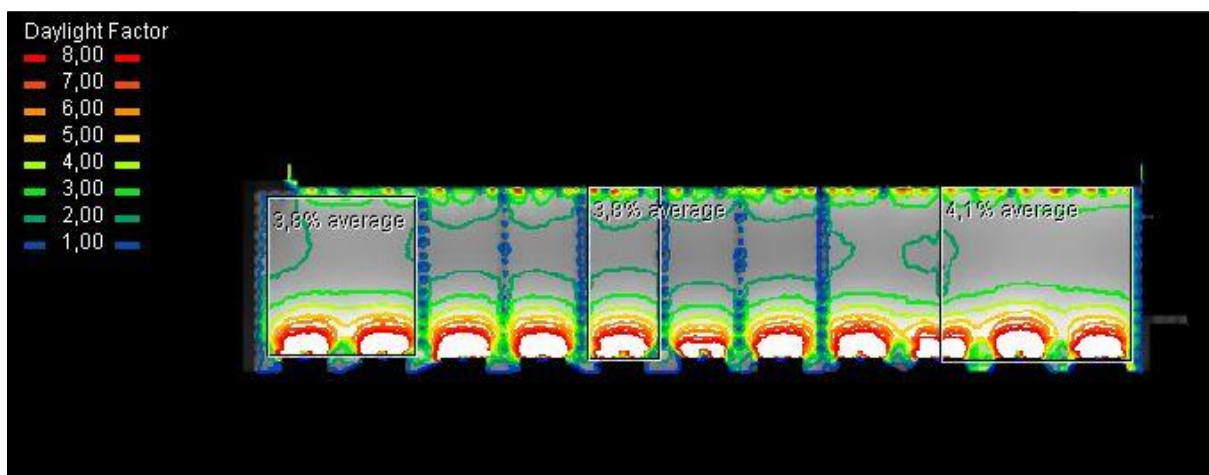
KDS pritličja 21.junij



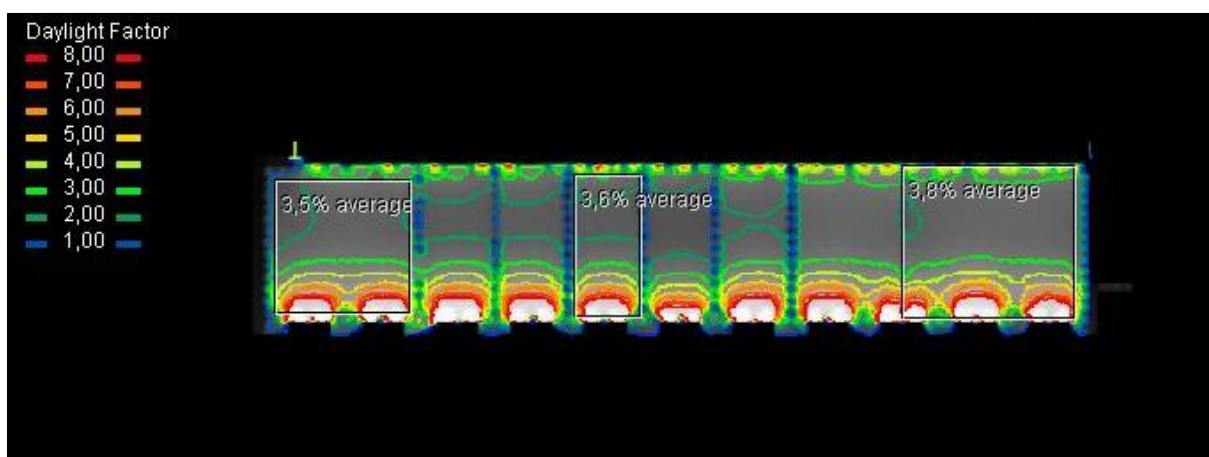
KDS pritličja, 21.december



KDS 1N, 21.marec



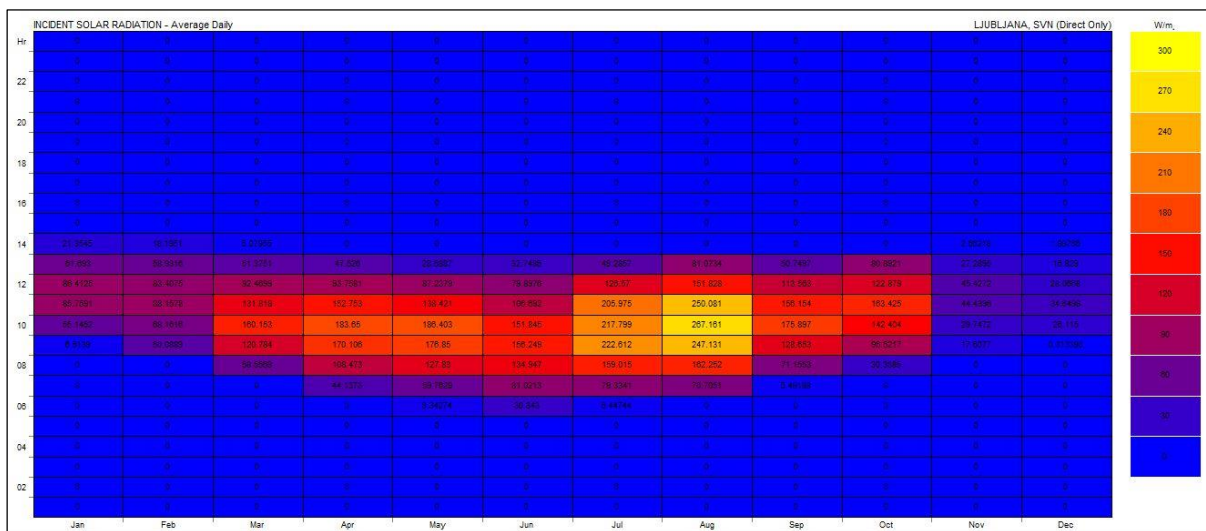
KDS 1N, 21.junij



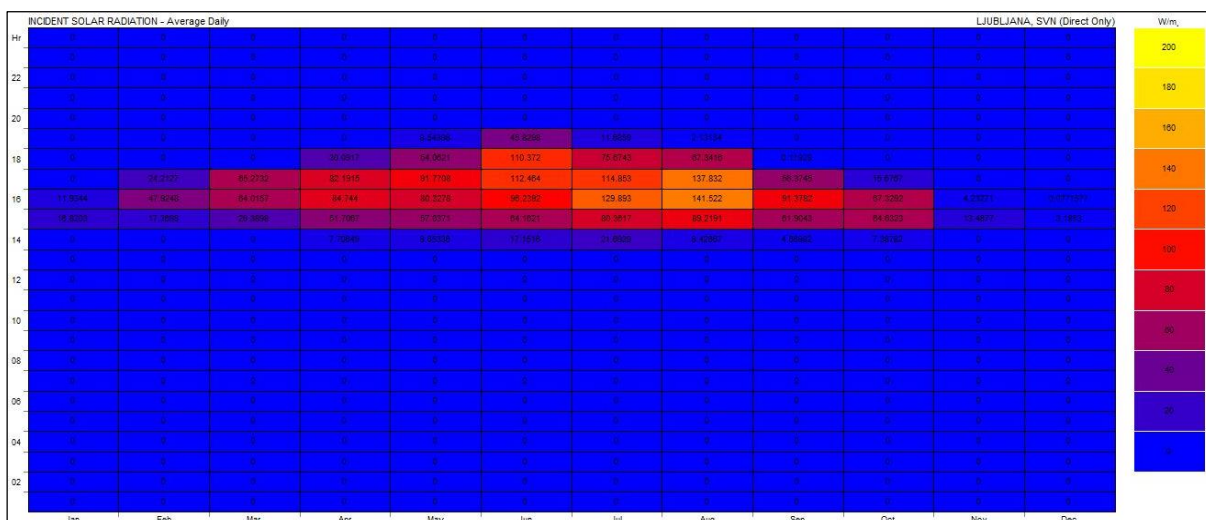
KDS 1N, 21.december

PRILOGA C: ANALIZA POVPREČNE DNEVNE OSONČENOSTI

Prikazani so grafični rezultati analize osončenosti s programom Ecotect Analysis.



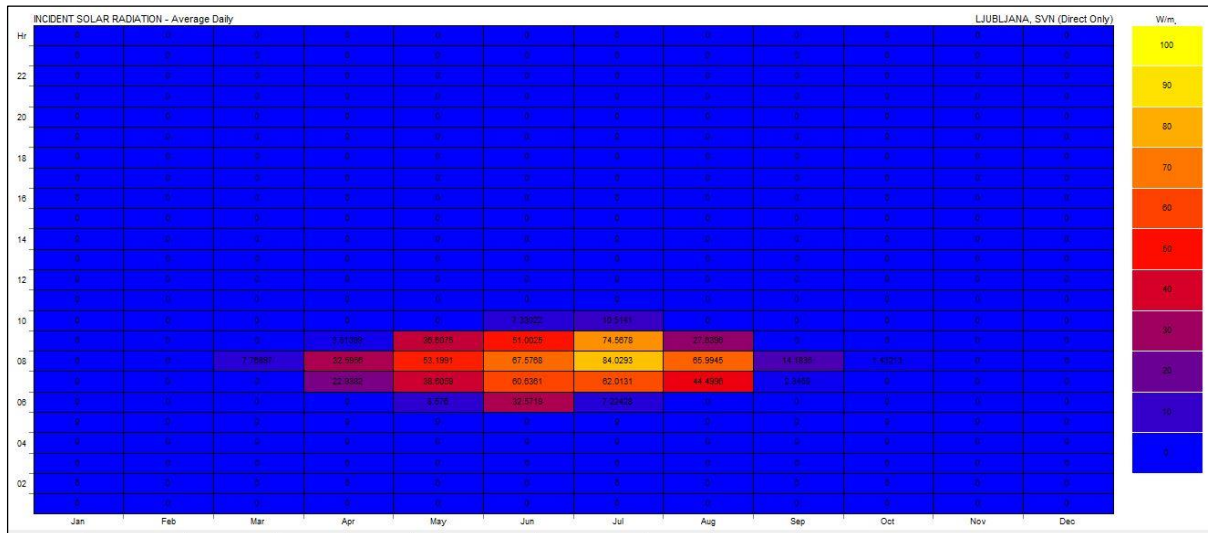
Incident Solar Radiation - Fasada vzhod



Incident Solar Radiation - Fasada zahod



Incident Solar Radiation - Fasada jug



Incident Solar Radiation - Fasada sever

PRILOGA D: ELEKTRONSKE IZMERE KOLIČIN

Prikazane so elektronsko izmerjene količine s programom CostX

Project: Diplomaska naloga

Details: Izmere koli in objekta

Building: Obravnavani primer

Opis		Koli ina	Enota
	1. CONA - LABORATORIJI		
Pritli je	Neto površina	892.07	m2
	Neto prostornina	2,346.13	m3
	Bruto prostornina	3,652.12	m3
1. Nadstropje	Neto površina	892.86	m2
	Neto prostornina	2,348.20	m3
	Bruto prostornina	3,782.48	m3
Skupaj	Neto površina	1784,93	m2
	Neto prostornina	4694,33	m3
	Bruto prostornina	7434,6	m3
Fasada	Netransparentni del fasade	1,313.95	m2
	Transparentni del fasade	302.40	m2
Streha	Površina	834.13	m2
Tla	Površina	987.06	m2
Notarnje stene (P+1N)	Površina	2,298.47	m2
	2. CONA - KABINETI/PISARNE		
Pritli je	Neto površina	854.39	m2
	Neto prostornina	2,264.11	m3
	Bruto prostornina	3,615.72	m3
1. Nadstropje	Neto površina	849.74	m2
	Neto prostornina	2,251.81	m3
	Bruto prostornina	3,493.48	m3
Skupaj	Neto površina	1704,13	m2
	Neto prostornina	4515,92	m3
	Bruto prostornina	7109,20	m3

Project: Diplomska naloga

Details: Izmere koli in objekta

Building: Obravnavani primer

Opis		Koli ina	Enota
Fasada	Netransparentni del fasade	1,313.95	m2
	Transparentni del fasade	302.40	m2
Streha	Površina	833.96	m2
Tla	Površina	951.51	m2
Notarnje stene (P+1N)	Površina	2245.65	m2
3. CONA - TEHNI NI PROSTORI			
Pritli je	Neto površina	421.30	m2
	Neto prostornina	1,103.81	m3
	Bruto prostornina	1,723.24	m3
1. Nadstropje	Neto površina	427.84	m2
	Neto prostornina	1,120.93	m3
	Bruto prostornina	1,887.47	m3
Skupaj	Neto površina	849,14	m2
	Neto prostornina	2224,74	m3
	Bruto prostornina	3610,81	m3
Fasada	Netransparentni del fasade	127.95	m2
	Transparentni del fasade	58.92	m2
Streha	Površina	510.13	m2
Tla	Površina	465.75	m2
Notarnje stene (P+1N)	Površina	2,244.67	m2

Project: Diplomska naloga

Details: Izmere koli in objekta

Building: Obravnavani primer

Opis		Koli in	Enota
4. CONA - KOMUNIKACIJE			
Pritli je	Neto površina	1,107.76	m2
	Neto prostornina	3,002.02	m3
	Bruto prostornina	3,799.09	m3
1. Nadstropje			
	Neto površina	1,095.82	m2
	Neto prostornina	2,969.66	m3
	Bruto prostornina	3,898.15	m3
Skupaj			
	Neto površina	2203,58	m2
	Neto prostornina	5971,68	m3
	Bruto prostornina	7697,24	m3
Fasada			
	Netransparentni del fasade	0.00	m2
	Transparentni del fasade	260.34	m2
Streha			
	Površina	1,009.89	m2
Tla			
	Površina	984.22	m2
Notarnje stene (P+1N)			
	Površina	0.00	m2
5. CONA - RASTLINJAK			
Tehni na etaža			
	Neto površina	211.08	m2
	Neto prostornina	943,89	m3
	Bruto prostornina	982.92	m3
Fasada			
	Netransparentni del fasade	0.00	m2
	Transparentni del fasade	273.77	m2
Streha			
	Površina	102.17	m2

PRILOGA E: REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE – KNAUF INSULATION ENERGIJA

ELABORAT GRADBENE FIZIKE ZA PODROČJE UČINKOVITE RABE ENERGIJE V STAVBAH

izdelan za stavbo

DN / Obravnavani primer

Izračun je narejen v skladu po »Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010« in Tehnični smernici TSG-1-004:2010.

Številka elaborata: 1

Status projekta: za PGD

Projektivno podjetje: LR

Odgovorni projektant: LR

Elaborat izdelal: Lucijana Radosevic.

Ljubljana, 10.09.2015



PODATKI O PROJEKTU

Projekt: DN / Obravnavani primer

Stavba	DN / Obravnavani primer
Investitor Naziv oz. fizična oseba, naslov	DN
Lokacija stavbe (kraj, naselje, ulica)	Ljubljana , Brdo
Katastrska(e) občina(e)	BRDO
Parcelna(e) številka(e)	12345
Koordinate lokacije stavbe (Y, X)	Y: 459356 X: 100920
Namembnost: (stanovanjska, poslovna, ...)	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo 12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje 12711 Stavbe za rastlinsko pridelavo
Etažnost:	P+2N

Naziv: Cona 1 - Laboratoriji
in znanstvenoraziskovalno delo

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje

Bruto ogrevana prostornina	7434,6 m ³		
Neto ogrevana prostornina	4694,33 m ³		
Neto uporabna površina	1784,93 m ²		
Faktor oblike f _o (za stavbo)	0,36 m ⁻¹		
Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja z (za stavbo)	0,122		
Povprečna letna temperatura T _L	9,7 °C		
Zunanja zimska projektna temperatura	-13 °C		
Temperaturni primankljaj za ogrevanje (Kdan/a)	3300 Kdan/a		
Temperaturni primanjkljaj za hlajenje (TPR)	-		
Ogrevana s prekinitvami	DA		
Notranja temperatura pozimi	21 °C	poleti	27 °C
Vrsta			
Notranji viri pozimi	15,7 W/m ²	poleti	15,7 W/m ²
Način gradnje	Težka gradnja (ro		835,35 MJ/K

KNAUFINSULATION

	zunanjega zidu ≥ 1000 kg/m ²)		
Vlažnost zraka	65 %		
Prezračevanje	Mehansko z vračanjem toplote		
Izmenjava zraka pozimi	3,3 h ⁻¹	poleti	3,3 h ⁻¹
Prezračevanje zraka pozimi	15648 m ³ /h	poleti	15648 m ³ /h
Število izmenjav pri 50 Pa	1,5 h ⁻¹		
Lega	Mesto		
Zavetrovanost fasad	Vetru izpostavljena ena fasada		
Izkoristek vračanja toplote	65		

Naziv: Cona 2 - Kabineti/Pisarne
in znanstvenoraziskovalno delo

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje

Bruto ogrevana prostornina	7109,2 m ³		
Neto ogrevana prostornina	4515,92 m ³		
Neto uporabna površina	1704,13 m ²		
Faktor oblike f _o (za stavbo)	0,36 m ⁻¹		
Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja z (za stavbo)	0,122		
Povprečna letna temperatura T _L	9,7 °C		
Zunanja zimska projektna temperatura	-13 °C		
Temperaturni primankljaj za ogrevanje (Kdan/a)	3300 Kdan/a		
Temperaturni primanjkljaj za hlajenje (TPR)	-		
Ogrevana s prekinitvami	DA		
Notranja temperatura pozimi	21 °C	poleti	27 °C
Vrsta			
Notranji viri pozimi	15,6 W/m ²	poleti	15,6 W/m ²
Način gradnje	Težka gradnja (ro zunanjega zidu ≥ 1000 kg/m ²)		797,53 MJ/K
Vlažnost zraka	65 %		
Prezračevanje	Mehansko z vračanjem toplote		
Izmenjava zraka pozimi	3,2 h ⁻¹	poleti	3,2 h ⁻¹
Prezračevanje zraka pozimi	14451 m ³ /h	poleti	14451 m ³ /h
Število izmenjav pri 50 Pa	1,5 h ⁻¹		
Lega	Mesto		

KNAUFINSULATION

Zavetrovanost fasad	Vetru izpostavljena ena fasada		
Izkoristek vračanja toplote	65		

Naziv: Cona 3 - Tehnični prostori
uvrščene drugje

Vrsta: 12740 Druge stavbe, ki niso

Bruto ogrevana prostornina	3610,81 m ³		
Neto ogrevana prostornina	2224,74 m ³		
Neto uporabna površina	849,14 m ²		
Faktor oblike f _o (za stavbo)	0,36 m ⁻¹		
Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja z (za stavbo)	0,122		
Povprečna letna temperatura T _L	9,7 °C		
Zunanja zimska projektna temperatura	-13 °C		
Temperaturni primankljaj za ogrevanje (Kdan/a)	3300 Kdan/a		
Temperaturni primanjkljaj za hlajenje (TPR)	-		
Ogrevana s prekinitvami	NE		
Notranja temperatura pozimi	11 °C	poleti	21 °C
Vrsta			
Notranji viri pozimi	0 W/m ²	poleti	0 W/m ²
Način gradnje	Težka gradnja (ro zunanjega zidu >= 1000 kg/m ²)		397,4 MJ/K
Vlažnost zraka	65 %		
Prezračevanje	Mehansko z vračanjem toplote		
Izmenjava zraka pozimi	0,5 h ⁻¹	poleti	0,5 h ⁻¹
Prezračevanje zraka pozimi	1112 m ³ /h	poleti	1112 m ³ /h
Število izmenjav pri 50 Pa	1,5 h ⁻¹		
Lega	Mesto		
Zavetrovanost fasad	Vetru izpostavljenih več fasad		
Izkoristek vračanja toplote	65		

Naziv: Cona 4 - Komunikacije
in znanstvenoraziskovalno delo

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje

Bruto ogrevana prostornina	7697,24 m ³		
Neto ogrevana prostornina	5971,68 m ³		
Neto uporabna površina	2203,58 m ²		
Faktor oblike f _o (za stavbo)	0,36 m ⁻¹		
Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja z (za stavbo)	0,122		
Povprečna letna temperatura T _L	9,7 °C		
Zunanja zimska projektna temperatura	-13 °C		
Temperaturni primankljaj za ogrevanje (Kdan/a)	3300 Kdan/a		
Temperaturni primanjkljaj za hlajenje (TPR)	-		
Ogrevana s prekinitvami	DA		
Notranja temperatura pozimi	20 °C	poleti	27 °C
Vrsta			
Notranji viri pozimi	10,2 W/m ²	poleti	10,2 W/m ²
Način gradnje	Lahka gradnja		396,64 MJ/K
Vlažnost zraka	65 %		
Prezračevanje	Naravno		
Izmenjava zraka pozimi	0,5 h ⁻¹	poleti	0,5 h ⁻¹
Prezračevanje zraka pozimi	2986 m ³ /h	poleti	2986 m ³ /h
Število izmenjav pri 50 Pa			
Lega	Mesto		
Zavetrovanost fasad	Vetru izpostavljenih več fasad		
Izkoristek vračanja toplote			

Naziv: Cona 5 - Rastlinjak
pridelavo

Vrsta: 12711 Stavbe za rastlinsko

Bruto ogrevana prostornina	982,92 m ³		
Neto ogrevana prostornina	943,89 m ³		
Neto uporabna površina	211,08 m ²		
Faktor oblike f _o (za stavbo)	0,36 m ⁻¹		
Razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja z (za stavbo)	0,122		
Povprečna letna temperatura T _L	9,7 °C		
Zunanja zimska projektna temperatura	-13 °C		
Temperaturni primankljaj za ogrevanje (Kdan/a)	3300 Kdan/a		

KNAUFINSULATION

Temperaturni primanjkljaj za hlajenje (TPR)	-		
Ogrevana s prekinitvami	DA		
Notranja temperatura pozimi	20 °C	poleti	27 °C
Vrsta			
Notranji viri pozimi	14,8 W/m ²	poleti	14,8 W/m ²
Način gradnje	Lahka gradnja		37,99 MJ/K
Vlažnost zraka	65 %		
Prezračevanje	Mehansko z vračanjem toplote		
Izmenjava zraka pozimi	0,5 h ⁻¹	poleti	0,5 h ⁻¹
Prezračevanje zraka pozimi	472 m ³ /h	poleti	472 m ³ /h
Število izmenjav pri 50 Pa	1,5 h ⁻¹		
Lega	Mesto		
Zavetrovanost fasad	Vetru izpostavljenih več fasad		
Izkoristek vračanja toplote	65		

SPISEK KONSTRUKCIJ

Projekt: DN / Obravnavani primer

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Zunanja stena
Naziv konstrukcije	Armirano betonska stena Vzhod	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,086 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000
Betonski votlaki	20	0,74	1600
steklena volna KNAUF INSULATION TI 140 W	10	0,037	15
steklena volna KNAUF INSULATION TI 140 W	10	0,037	15
steklena volna KNAUF INSULATION UNIFIT 035	20	0,035	20
Paroprepustna folija	0,01	0,19	459
VERT. Al-folija, d=3cm	3	0,044	1
RIEDER FibreC	1,3	2	2100

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Zunanja stena
Naziv konstrukcije	Armirano betonska stena Jug	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,159 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d	topl. prevodnost	gostota
----------------------	---	------------------	---------

KNAUFINSULATION

	[cm]	[W/mK]	[kg/m ³]
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000
Betonski votlaki	20	0,74	1600
steklena volna KNAUF INSULATION UNIFIT 035	20	0,035	20
Paroprepustna folija	0,01	0,19	459
VERT. Al-folija, d=3cm	3	0,044	1
RIEDER FibreC	1,3	2	2100

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Notranje stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Pregradna stena		
Toplotna prehodnost	0,427 W/m ² K Ustreza	Difuzija vodne pare	Ustreza

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
kamena volna KNAUF INSULATION FKD-S d = 60-240 mm	7,5	0,036	100
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Medetažna konstrukcija		
Toplotna prehodnost	0,42 W/m ² K Ustreza	Difuzija vodne pare	Ustreza

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	0,02	0,19	1000
kamena volna KNAUF INSULATION DF	2,5	0,037	115
XPS KI Polyfoam C-350 d = 30 - 40 mm	4	0,033	35
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Mavčno.kart.plošče-do 15mm	1,5	0,21	900

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Ravna streha
Naziv konstrukcije	Zelena streha		
Toplotna prehodnost	0,109 W/m ² K Ustreza	Difuzija vodne pare	Ustreza

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Ozelenitev	10	2	1750
Drenažni sloj	10	1,4	1750
XPS KI Polyfoam C-350 d = 80 - 120 mm	10	0,036	35
Bitumen	1	0,17	1100

XPS KI Polyfoam C-350 d > 120 mm	20	0,036	35
XPS KI Polyfoam C-350 d = 30 - 40 mm	1	0,033	35
KI parna zapora LDS 100	0,02	0,19	964
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Podaljšana apnena malta (1800)	1,5	0,87	1800

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Zunanja stena
Naziv konstrukcije	Armirano betonska stena Sever	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,159 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000
Betonski votlaki	20	0,74	1600
steklena volna KNAUF INSULATION UNIFIT 035	20	0,035	20
Paroprepustna folija	0,01	0,19	459
VERT. Al-folija, d=3cm	3	0,044	1
RIEDER FibreC	1,3	2	2100

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Zunanja stena
Naziv konstrukcije	Armirano betonska stena Zahod	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,086 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000
Betonski votlaki	20	0,74	1600
steklena volna KNAUF INSULATION TI 140 W	10	0,037	15
steklena volna KNAUF INSULATION TI 140 W	10	0,037	15
steklena volna KNAUF INSULATION UNIFIT 035	20	0,035	20
Paroprepustna folija	0,01	0,19	459
VERT. Al-folija, d=3cm	3	0,044	1
RIEDER FibreC	1,3	2	2100

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Zunanja stena
Naziv konstrukcije	Armirano betonska stena Jug	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,159 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000
Betonski votlaki	20	0,74	1600
steklena volna KNAUF INSULATION UNIFIT 035	20	0,035	20
Paroprepustna folija	0,01	0,19	459
VERT. Al-folija, d=3cm	3	0,044	1
RIEDER FibreC	1,3	2	2100

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo		
------	--	--	--

Naziv konstrukcije	Armirano betonska stena Sever	Tip konstrukcije	Zunanja stena
Toplotna prehodnost	0,159 W/m ² K Ustreza	Difuzija vodne pare	Ustreza

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000
Betonski votlaki	20	0,74	1600
steklena volna KNAUF INSULATION UNIFIT 035	20	0,035	20
Paroprepustna folija	0,01	0,19	459
VERT. Al-folija, d=3cm	3	0,044	1
RIEDER FibreC	1,3	2	2100

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Notranje stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Pregradna stena	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,427 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
kamena volna KNAUF INSULATION FKD-S d = 60-240 mm	7,5	0,036	100
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Medetažna konstrukcija	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,42 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	0,02	0,19	1000
kamena volna KNAUF INSULATION DF	2,5	0,037	115
XPS KI Polyfoam C-350 d = 30 - 40 mm	4	0,033	35
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Mavčno.kart.plošče-do 15mm	1,5	0,21	900

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Ravna streha
Naziv konstrukcije	Zelena streha	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,11 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
----------------------	-----------	----------------------------	---------------------------------

KNAUFINSULATION

Ozelenitev	10	2	1750
Drenažni sloj	10	1,4	1750
XPS KI Polyfoam C-ULTRAGRIP d = 80 - 120 mm	10	0,036	35
Bitumen	1	0,17	1100
XPS KI Polyfoam C-350 d > 120 mm	20	0,036	35
XPS KI Polyfoam C-ULTRAGRIP d =20 - 40 mm	1	0,033	35
KI parna zapora LDS 100	0,02	0,19	964
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200

Cona	12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje	Tip konstrukcije	Notranje stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Pregradna stena	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,427 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
kamena volna KNAUF INSULATION FKD-S d = 60-240 mm	7,5	0,036	100
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200
Polne mavčne plošče	1,25	0,58	1200

Cona	12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje	Tip konstrukcije	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Medetažna konstrukcija	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,456 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Keramične ploščice	1,5	0,87	1700
JUBIZOL LEPILO	1	0,93	1602
Cementni estrih	6	1,4	2200
Polietilenska folija	0,02	0,19	1000
XPS KI Polyfoam C-500 d = 50 - 60 mm	6	0,035	40
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Mavčno.kart.plošče-do 15mm	1,5	0,21	900

Cona	12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje	Tip konstrukcije	Ravna streha
Naziv konstrukcije	Tlakovana streha	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,11 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Betonski elementi (2400)	5	2,04	2400
Gramozno nasutje	5	1,4	1750
Geotekstil	0,5	0,1	100

KNAUFINSULATION

XPS KI Polyfoam C-350 d = 80 - 120 mm	10	0,036	35
Bitumen	1	0,17	1100
XPS KI Polyfoam C-350 d > 120 mm	20	0,036	35
XPS KI Polyfoam C-350 d = 30 - 40 mm	1	0,033	35
KI parna zapora LDS 100	0,02	0,19	964
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Podaljšana apnena malta (1800)	1,5	0,87	1800

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah
Naziv konstrukcije	Medetažna konstrukcija	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,42 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	0,02	0,19	1000
kamena volna KNAUF INSULATION DF	2,5	0,037	115
XPS KI Polyfoam C-350 d = 30 - 40 mm	4	0,033	35
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Mavčno.kart.plošče-do 15mm	1,5	0,21	900

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Ravna streha
Naziv konstrukcije	Tlakovana streha	Difuzija vodne pare	Ustreza
Toplotna prehodnost	0,109 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Betonski elementi (2400)	5	2,04	2400
Gramozno nasutje	5	1,4	1750
Geotekstil	0,5	0,1	100
XPS KI Polyfoam C-ULTRAGRIP d = 80 - 120 mm	10	0,036	35
Bitumen	1	0,17	1100
XPS KI Polyfoam C-350 d > 120 mm	20	0,036	35
XPS KI Polyfoam C-ULTRAGRIP d =20 - 40 mm	1	0,033	35
KI parna zapora LDS 100	0,02	0,19	964
Betoni s kam. agregati (2200)	25	1,51	2200
Lahka mavčna malta	1,5	0,47	1000

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Tla na terenu
Naziv konstrukcije	Tla T1	Difuzija vodne pare	
Toplotna prehodnost	0,05 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	1,5	0,19	1000

KNAUFINSULATION

kamena volna KNAUF INSULATION DF	25	0,04	115
XPS KI Polyfoam C-500 d = 80 mm	8	0,04	40
Betoni s kam. agregati (2200)	15	1,51	2200
PVC folija, mehka	1	0,19	1200
Gramoz, suh	40	0,81	1700
Betoni s kam. agregati (2200)	70	1,51	2200
Bitumen	0,5	0,17	1100
XPS KI Polyfoam XtraPluS d = 180 - 200 mm	20	0,04	35
Betoni s kam. agregati (2200)	10	1,51	2200
Gramozno nasutje	25	1,4	1750

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	Tip konstrukcije	Tla na terenu
Naziv konstrukcije	Tla T1	Difuzija vodne pare	
Toplotna prehodnost	0,05 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	1,5	0,19	1000
kamena volna KNAUF INSULATION DF	25	0,04	115
XPS KI Polyfoam C-500 d = 80 mm	8	0,04	40
Betoni s kam. agregati (2200)	15	1,51	2200
PVC folija, mehka	1	0,19	1200
Gramoz, suh	40	0,81	1700
Betoni s kam. agregati (2200)	70	1,51	2200
Bitumen	0,5	0,17	1100
XPS KI Polyfoam XtraPluS d = 180 - 200 mm	20	0,04	35
Betoni s kam. agregati (2200)	10	1,51	2200
Gramozno nasutje	25	1,4	1750

Cona	12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje	Tip konstrukcije	Tla na terenu
Naziv konstrukcije	Tla T1	Difuzija vodne pare	
Toplotna prehodnost	0,027 W/m ² K Ustreza		

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	1,5	0,19	1000
kamena volna KNAUF INSULATION DF	25	0,04	115
XPS KI Polyfoam C-500 d = 80 mm	8	0,04	40
Betoni s kam. agregati (2200)	15	1,51	2200
PVC folija, mehka	1	0,19	1200
Gramoz, suh	40	0,81	1700
Betoni s kam. agregati (2200)	70	1,51	2200
Bitumen	0,5	0,17	1100
XPS KI Polyfoam XtraPluS d = 180 - 200 mm	20	0,04	35
Betoni s kam. agregati (2200)	10	1,51	2200
Gramozno nasutje	25	1,4	1750

Cona	12630 Stavbe za izobraževanje		
------	-------------------------------	--	--



Naziv konstrukcije	in znanstvenoraziskovalno delo Tla T2	Tip konstrukcije	Tla na terenu
Toplotna prehodnost	0,016 W/m ² K Ustreza	Difuzija vodne pare	

Sloji v konstrukciji	d [cm]	topl. prevodnost [W/mK]	gostota [kg/m ³]
Bitumenski teraco	3	0,7	2500
Pvc tlak	0,5	0,19	1200
Cementni estrih	8	1,4	2200
Polietilenska folija	1,5	0,19	1000
kamena volna KNAUF INSULATION DF	25	0,04	115
XPS KI Polyfoam C-500 d = 80 mm	8	0,04	40
Betoni s kam. agregati (2200)	15	1,51	2200
PVC folija, mehka	1	0,19	1200
Gramoz, suh	40	0,81	1700
Betoni s kam. agregati (2200)	70	1,51	2200
Bitumen	0,5	0,17	1100
XPS KI Polyfoam XtraPluS d = 180 - 200 mm	20	0,04	35
Betoni s kam. agregati (2200)	10	1,51	2200
Gramozno nasutje	25	1,4	1750

IZPIS ANALIZE KONSTRUKCIJ

Projekt: DN / Obravnavani primer

Naziv cone: Cona 1 - Laboratoriji	Namembnost: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo
-----------------------------------	--

Konstrukcije na ovoju stavbe

Naziv	Tip	A (m ²)	As (m ²)	U (W/m ² K)	Difuzija v. pare	b	Smer	Naklon	g	g.Fs.Fc	Ht (W/K)
Armirano betonska stena Vzhod	Zunanja stena	907		0,09	Ustreza	1					77,64
Armirano betonska stena Jug	Zunanja stena	51,2		0,16	Ustreza	1					8,16
Armirano betonska stena Sever	Zunanja stena	51,2		0,16	Ustreza	1					8,16
Zelena streha	Ravna streha	834,1		0,11	Ustreza	1					91,25
Tla T1	Tla na terenu	932,62		0,05		1					46,66
Zasteklitev okna	Okno Schuco AWS 90.SI	302,4	138,8	0,83		1	J	0	0,51	0,27	250,99

Notranje konstrukcije

Naziv	Tip	U (W/m ² K)	Ustreznost
Pregradna stena	Notranje stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,43	Ustreza
Medetažna konstrukcija	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,42	Ustreza

Toplotni mostovi

Naziv	Dolžina (m)	ψ W/K

Naziv cone: Cona 2 - Kabineti/Pisarne	Namembnost: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo
---------------------------------------	--

Konstrukcije na ovoju stavbe

Naziv	Tip	A (m ²)	As (m ²)	U (W/m ² K)	Difuzija v. pare	b	Smer	Naklon	g	g.Fs.Fc	Ht (W/K)
-------	-----	------------------------	-------------------------	---------------------------	---------------------	---	------	--------	---	---------	-------------



Armirano betonska stena Zahod	Zunanja stena	907	0,09	Ustreza	1						77,64
Armirano betonska stena Jug	Zunanja stena	51,2	0,16	Ustreza	1						8,16
Armirano betonska stena Sever	Zunanja stena	51,2	0,16	Ustreza	1						8,16
Zelena streha	Ravna streha	834,1	0,11	Ustreza	1						91,43
Tla T1	Tla na terenu	919,34	0,05		1						46,11
Zasteklitev okna	Okno Schuco AWS 90.SI	302,4	138,8	0,83	1	Z	0	0,51	0,27		250,99

Notranje konstrukcije

Naziv	Tip	U (W/m ² K)	Ustreznost
Pregradna stena	Notranje stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nastanovanjskih stavbah	0,43	Ustreza
Medetažna konstrukcija	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nastanovanjskih stavbah	0,42	Ustreza

Toplotni mostovi

Naziv	Dolžina (m)	ψ W/K

Naziv cone: Cona 3 - Tehnični prostori	Namembnost: 12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje
--	---

Konstrukcije na ovoju stavbe

Naziv	Tip	A (m ²)	As (m ²)	U (W/m ² K)	Difuzija v. pare	b	Smer	Naklon	g	g.Fs.Fc	Ht (W/K)
Tlakovana streha	Ravna streha	373,9		0,11	Ustreza	1					40,96
Tla T1	Tla na terenu	441,66		0,03		1					11,77
Zasteklitev okna	Okno Schuco AWS 90.SI	21,33	9,79	0,83		1	S	0	0,51	0,27	17,7
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	94,75	38,37	0,89		1	J	0	0,45	0,24	83,85

Notranje konstrukcije

Naziv	Tip	U (W/m ² K)	Ustreznost
Pregradna stena	Notranje stene med ogrevanimi	0,43	Ustreza



	prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nastanovanjskih stavbah		
Medetažna konstrukcija	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nastanovanjskih stavbah	0,46	Ustreza

Toplotni mostovi

Naziv	Dolžina (m)	ψ W/K

Naziv cone: Cona 4 - Komunikacije	Namembnost: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo
-----------------------------------	--

Konstrukcije na ovoju stavbe

Naziv	Tip	A (m ²)	As (m ²)	U (W/m ² K)	Difuzija v. pare	b	Smer	Naklon	g	g.Fs.Fc	Ht (W/K)
Tlakovana streha	Ravna streha	1036,8		0,11	Ustreza	1					113,39
Tla T2	Tla na terenu	1080,82		0,02		1					16,82
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	105,36	42,67	0,89		1	V	0	0,45	0,24	93,24
Zasteklitev vrata	Vhodna vrata	24,8	0	0,9		1	V	0	0	0	22,32
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	105,36	42,67	0,89		1	Z	0	0,45	0,24	93,24
Zasteklitev vrata	Vhodna vrata	24,8	0	0,9		1	Z	0	0	0	22,32

Notranje konstrukcije

Naziv	Tip	U (W/m ² K)	Ustreznost
Medetažna konstrukcija	Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nastanovanjskih stavbah	0,42	Ustreza

Toplotni mostovi

Naziv	Dolžina (m)	ψ W/K



Naziv cone: Cona 5 - Rastlinjak	Namembnost: 12711 Stavbe za rastlinsko pridelavo
---------------------------------	--

Konstrukcije na ovoju stavbe

Naziv	Tip	A (m ²)	As (m ²)	U (W/m ² K)	Difuzija v. pare	b	Smer	Naklon	g	g.Fs.Fc	Ht (W/K)
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	72,66	29,43	0,89		1	S	0	0,45	0,19	64,3
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	47	19,04	0,89		1	V	0	0,45	0,19	41,6
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	47	19,04	0,89		1	Z	0	0,45	0,19	41,6
Zasteklitev	Fasadna zasteklitev Schuco FW 50+	27,9	11,3	0,89		1	J	0	0,45	0,19	24,69

Notranje konstrukcije

Naziv	Tip	U (W/m ² K)	Ustreznost

Toplotni mostovi

Naziv	Dolžina (m)	ψ W/K

LETNA POTREBNA TOPLOTA ZA OGREVANJE STAVBE

Projekt: DN / Obravnavani primer

Naziv: Cona 1 - Laboratoriji

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Ogrevanje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube	7903	6490	5389	4172	1217					3952	5910	7185	42217
Prezrač. izgube	32046	26313	21850	16916	4934					16023	23964	29133	171179
Dobitki not. virov	20849	18832	20849	20177	10088					20849	20177	20849	152671
Dobitki sončnega sevanja	3946	6727	11872	16860	10189					8223	4093	3003	64914
Učinkovitost dobitkov	0,99	0,96	0,79	0,57	0,30					0,67	0,95	0,98	
Toplota za gretje (Q_{NH})	15444	8277	1517	147	1					416	6808	12851	45461

Naziv: Cona 2 - Kabineti/Pisarne

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Ogrevanje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube	7897	6485	5384	4169						3949	5906	7179	40968
Prezrač. izgube	29655	24350	20220	15654						14828	22176	26959	153842
Dobitki not. virov	19779	17865	19779	19141						19779	19141	19779	135262
Dobitki sončnega sevanja	3946	6727	11872	16860						8223	4093	3003	54724
Učinkovitost dobitkov	0,99	0,96	0,77	0,55						0,66	0,95	0,98	
Toplota za gretje (Q_{NH})	14121	7330	1214	106						328	6076	11744	40919

Naziv: Cona 3 - Tehnični prostori

Vrsta: 12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje

Ogrevanje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube	1377	1037									778	1148	4340
Prezrač. izgube	1283	966									724	1069	4043
Dobitki not. virov	0	0									0	0	0
Dobitki sončnega sevanja	1369	2334									1420	1042	6166
Učinkovitost dobitkov	1,00	0,86									0,98	1,00	
Toplota za gretje (Q_{NH})	1291	6									105	1175	2577



Naziv: Cona 4 - Komunikacije

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Ogrevanje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube	5645	4613	3764	2862						2688	4163	5108	28843
Prezrač. izgube	15861	12962	10574	8040						7553	11695	14351	81036
Dobitki not. virov	16723	15104	16723	16183						16723	16183	16723	114361
Dobitki sončnega sevanja	2426	4136	7299	10366						5056	2517	1847	33647
Učinkovitost dobitkov	0,91	0,82	0,59	0,41						0,47	0,78	0,88	
Toplota za gretje (Q_{NH})	4112	1766	225	23						46	1209	3061	10442

Naziv: Cona 5 - Rastlinjak

Vrsta: 12711 Stavbe za rastlinsko pridelavo

Ogrevanje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube	2690	2198	1793	1364						1281	1984	2434	13745
Prezrač. izgube	953	779	635	483						454	702	862	4867
Dobitki not. virov	2324	2099	2324	2249						2324	2249	2324	15895
Dobitki sončnega sevanja	2240	3819	6739	9571						4668	2324	1705	31067
Učinkovitost dobitkov	0,70	0,49	0,27	0,16						0,25	0,56	0,71	
Toplota za gretje (Q_{NH})	439	97	9	1						5	140	421	1112

LETNI POTREBNI HLAD ZA HLAJENJE STAVBE

Projekt: DN / Obravnavani primer

Naziv: Cona 1 - Laboratoriji

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Hlajenje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube					2410	3129	2515	2874	3059				13987
Prezrač. izgube					26560	34477	27709	31668	33711				154124
Dobitki not. virov					10757	20169	20841	20841	14791				87400
Dobitki sončnega sevanja					4891	9883	10590	9176	4609				39148
Učinkovitost dobitkov					0,51	0,69	0,80	0,73	0,50				
Hlad za hlajenje (Q _{NC})					798	4090	7228	4890	926				17932

Naziv: Cona 2 - Kabineti/Pisarne

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Hlajenje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube					2409	3126	2513	2872	3057				13976
Prezrač. izgube					24529	31840	25590	29246	31132				142336
Dobitki not. virov					10232	19185	19824	19824	14069				83135
Dobitki sončnega sevanja					4891	9883	10590	9176	4609				39148
Učinkovitost dobitkov					0,53	0,71	0,82	0,75	0,52				
Hlad za hlajenje (Q _{NC})					820	4215	7401	5012	938				18386

Naziv: Cona 3 - Tehnični prostori

Vrsta: 12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje

Hlajenje	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Skupaj
	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/m	kWh/a
Trans. izgube					415	333	115	230	489				1581
Prezrač. izgube					1017	817	281	563	1198				3876
Dobitki not. virov					0	0	0	0	0				0
Dobitki sončnega sevanja					1697	3429	3675	3184	1599				13584
Učinkovitost dobitkov					0,99	1,00	1,00	1,00	0,91				
Hlad za hlajenje (Q _{NC})					285	2279	3278	2392	66				8300

Naziv: Cona 4 - Komunikacije

Vrsta: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Hlajenje	Jan kWh/m	Feb kWh/m	Mar kWh/m	Apr kWh/m	Maj kWh/m	Jun kWh/m	Jul kWh/m	Avg kWh/m	Sep kWh/m	Okt kWh/m	Nov kWh/m	Dec kWh/m	Skupaj kWh/a
Trans. izgube					1804	2341	1882	2151	2289				10467
Prezrač. izgube					5068	6578	5287	6042	6432				29408
Dobitki not. virov					8634	16188	16727	16727	11871				70147
Dobitki sončnega sevanja					3007	6076	6511	5642	2834				24070
Učinkovitost dobitkov					0,99	1,00	1,00	1,00	0,98				
Hlad za hlajenje (Q_{NC})					4871	13361	16072	14185	6116				54605

Naziv: Cona 5 - Rastlinjak

Vrsta: 12711 Stavbe za rastlinsko pridelavo

Hlajenje	Jan kWh/m	Feb kWh/m	Mar kWh/m	Apr kWh/m	Maj kWh/m	Jun kWh/m	Jul kWh/m	Avg kWh/m	Sep kWh/m	Okt kWh/m	Nov kWh/m	Dec kWh/m	Skupaj kWh/a
Trans. izgube					860	1116	897	1025	1091				4988
Prezrač. izgube					801	1040	836	955	1017				4648
Dobitki not. virov					1201	2251	2326	2326	1651				9755
Dobitki sončnega sevanja					2160	4364	4676	4052	2035				17285
Učinkovitost dobitkov					0,94	0,98	0,99	0,98	0,92				
Hlad za hlajenje (Q_{NC})					1799	4504	5286	4434	1754				17777

ENERGIJSKA UČINKOVITOST STAVBE

Projekt: DN / Obravnavani primer

ENERGIJSKA UČINKOVITOST STAVBE

Toplota		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	leto
Qf,h - dovedena toplota za ogrevanje	kWh/m	56209	29233	5659	393	0	0	0	0	0	1405	24920	47067	164886
Qf,w - dovedena toplota za toplo vodo	kWh/m	9564	8644	9592	9292	11948	0	0	0	0	9599	9264	9566	77470
Qf - toplota in hlad za delovanje stavbe	kWh/m	65773	37877	15251	9685	11948	0	0	0	0	11004	34185	56633	242356
Qove - toplota iz OVE v Qf	kWh/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Električna energija		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	leto
Ww+aux + Ww+aux - potrebna el. energija za ogrevanje in toplo vodo	kWh/m	440	242	61	15	3	3	3	3	3	24	213	374	1383
Wc+aux - potrebna električna energija za hlajenje	kWh/m	0	0	0	0	2440	13200	20973	15097	3074	0	0	0	54785
Wv+aux - potrebna električna energija za prezračevanje	kWh/m	18600	16800	18600	18000	18600	18000	18600	18600	18000	18600	18000	18600	219000
Wlight - potrebna električna energija za razsvetljava	kWh/m													126068
Wf - potrebna električna energija za delovanje stavbe	kWh/m	19040	17042	18661	18015	21043	31203	39575	33700	21077	18624	18213	18974	401236

KAZALNIKI ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI STAVBE			Ustreznost
H't - koeficient specifičnih transmisijskih izgub	W/m ² K	0,171	DA
H't dovoljeno	W/m ² K	0,454	
QNH - potrebna toplota za ogrevanje stavbe	kWh/a	100511	
QNH/Ve	kWh/m ³ a	3,7	DA
QNH/Ve dovoljeno	kWh/m ³ a	6,9	
Qf - toplota in hlad za delovanje stavbe	kWh/a	242356	
Wf - potrebna električna energija za delovanje stavbe	kWh/a	401236	



Qp - potrebna primarna energija za delovanje stavbe	kWh/a	1269681	
Qp/Au	kWh/m ² a	188	NE
Qp/Au dovoljeno	kWh/m ² a	176,8	
f _{OVE} - delež obnovljivih virov energije	%	0	NE
letni izpust CO ₂	kg/a	261126	

Ogrevana površina		6753	m ²
Hlajena površina		3700	m ²
Notranji dobitki pozimi		12	W/m ²
Specifična moč svetilk		11	W/m ²

TABELARIČNI IZPIS ENERGIJSKIH LASTNOSTI STAVBE

Projekt: DN / Obravnavani primer

Potrebna energija za stavbo

[kWh/a]

		C1	C2	C3	C4	C5
		Ogrevanje		Hlajenje		Topla voda
		Občutena toplota	Latentna toplota (navlaž.)	Občutena toplota	Latentna toplota (navlaž.)	
L1	Toplotni dobitki stavbe in vrnjene toplotne izgube	444569		433487		
L2	Prehod toplote	545080		379392		
L3	Potrebna energija	100511		54095		112487

Toplotne izgube sistema in pomožna energija

[kWh/a]

		C1	C2	C3	C4	C5
		Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Prezračevanje	Razsvetljava
L4	Električna energija	1369	54785	14	219000	126068
L5	Toplotne izgube	475157	7032	2359		
L6	Vrnjene toplotne izgube	410680	0	187		
L7	V razvodni sistem oddana toplota	115233	0	77470		

Proizvedena energija

[kWh/a]

	Vrsta generatorja	Nizkotemperaturni kotel			
	Sistem oskrbe	Ogrevanje + topla voda			
L8	Oddaja toplote	192703			
L9	Pomožna energija	190			
L10	Toplotne izgube gen.	52678			
L11	Vrnjena toplota	3026			
L12	Vnesena energija	242356			
L13	Proizvodnja elektrike	0			
L14	Energent	Zemeljski plin			

Kazalniki - primarna energija

		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		dovedena energija					
		Zemeljski plin	Električna energija	skupaj			
1	Dovedena energija	242356	401236				
2	Faktor pretvorbe	1,1	2,5				
3	Primarna energija	266591	1003090	1269681			

Kazalniki - emisije CO₂

		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		dovedena energija					
		Zemeljski plin	Električna energija	skupaj			
1	Dovedena energija	242356	401236				
2	Specifične emisije	0,2	0,53				
3	Emisije CO ₂ (kg)	48471	212655	261126			

Celotna raba energije in emisije CO₂

Toplotne potrebe stavbe (brez sistemov)	Lastnosti sistemov (toplotne izgube, vračljiva toplota)	Dovedena energija (vsebovana v energentih)	Energijski kazalniki (z upoštevanjem utežnih faktorjev)
Ogrevanje: 100511 Topla voda: 112487 Hlajenje: 117000	Toplota: 477516 Hlad: 0 Elektrika: 56168 Pomožna toplota: - Pomožen hlad: - Razsvetljava: 126068 Prezračevanje: 219000	Elektrika: 401236 Zemeljski plin: 242356	Primarna energija: 1269681 Emisije CO ₂ : 261126
		Oddana energija (vsebovana v energentih)	Primarna e.: 0 Emisije CO ₂ : 0
		Elektrika: 0 Toplota: 0	
		Energija proizvedena iz obnovljivih virov energije	
		Elektrika: 0 Toplota: 0	

Št. Elaborata: 1	Projektant: LR	
Kraj, datum: Ljubljana, 10.09.2015	Odgovorni projektant: LR _____	Izdelovalec: Lucijana Radosevic _____

PRILOGA F: REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE – ENERGY EVALUATION

Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

Key Values

General Project Data

Project Name:
 City Location:
 Latitude: 46,05° N
 Longitude: 14,47° E
 Altitude: 295,00 m
 Climate Data Source: SVN_Ljublj...40_IWEC.epw
 Evaluation Date: 23.9.2015 3:42:21

Building Geometry Data

Gross Floor Area: **6753,89** m²
 Treated Floor Area: **6314,97** m²
 External Envelope Area: **10702,77** m²
 Ventilated Volume: **18265,21** m³
 Glazing Ratio: **3** %

Building Shell Performance Data

Infiltration at 50Pa: **2,55** ACH
 Outer Heat Capacity: **28.17** J/m²K

Heat Transfer Coefficients

U value [W/m²K]
 Building Shell Average: **0,34**
 Floors: **0,04 - 0,46**
 External: **0,04 - 0,89**
 Underground: **--**
 Openings: **0,90 - 1,52**

Specific Annual Values

Net Heating Energy: **45,15** kWh/m²a
 Net Cooling Energy: **0,41** kWh/m²a
 Total Net Energy: **45,56** kWh/m²a
 Energy Consumption: **83,41** kWh/m²a
 Fuel Consumption: **83,23** kWh/m²a
 Primary Energy: **172,89** kWh/m²a
 Fuel Cost: **4,53** EUR/m²a
 CO₂ Emission: **34,60** kg/m²a

Degree Days

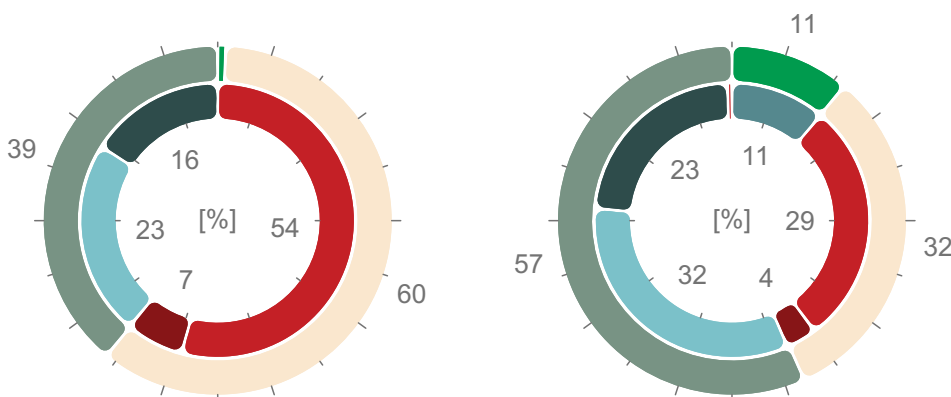
Heating (HDD): **5063,75**
 Cooling (CDD): **1051,10**

Energy Consumption by Sources

Source Type	Energy				CO ₂ Emission kg/a
	Source Name	Quantity MWh/a	Primary MWh/a	Cost EUR/a	
Renewable	External Air	4	120	NA	0
Fossil	Natural Gas	318	350	13558	127526
Secondary	Electricity	206	620	15078	90968
Total:		529	1091	28636	218495

Energy Quantity

Primary Energy



Quantity by Source:

Primary by Source:

[MWh/a] 0

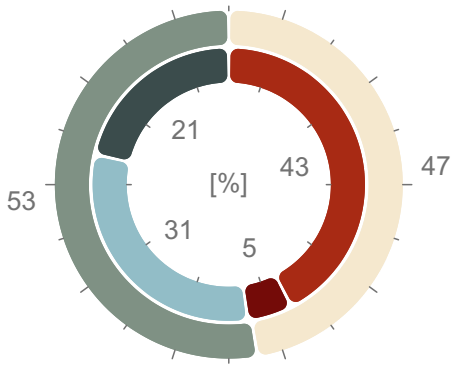
529592

1091807

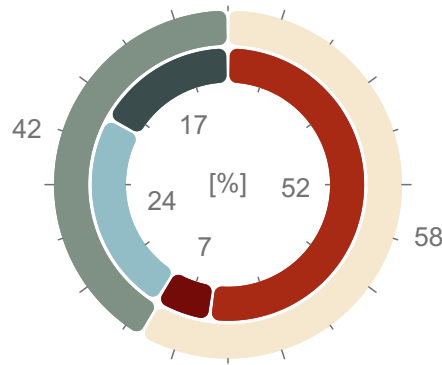
Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

Energy Cost



CO₂ Emission



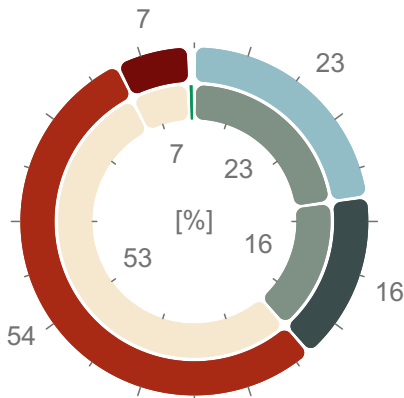
Energy Targets

- Heating
- Service Hot-Water Heating
- Cooling
- Ventilation Fans
- Lighting
- Equipment

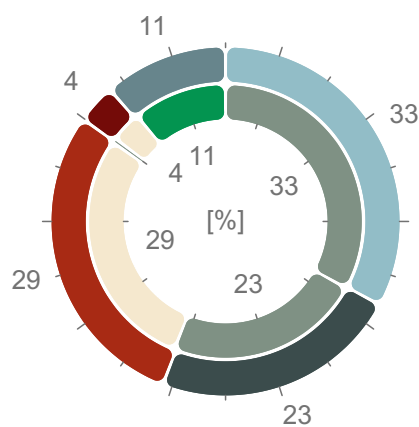
Energy Consumption by Targets

Target Name	Energy			CO ₂ Emission kg/a
	Quantity MWh/a	Primary MWh/a	Cost EUR/a	
■ Heating	285	317	12183	114113
■ Cooling	2	125	104	628
■ Service Hot-Water	35	39	1526	14325
■ Ventilation Fans	119	359	8730	52671
■ Lighting & Appliances	83	250	6092	36756
Total:	526	1091	28636	218495

Energy Quantity



Primary Energy



Quantity by Target:

Primary by Target:

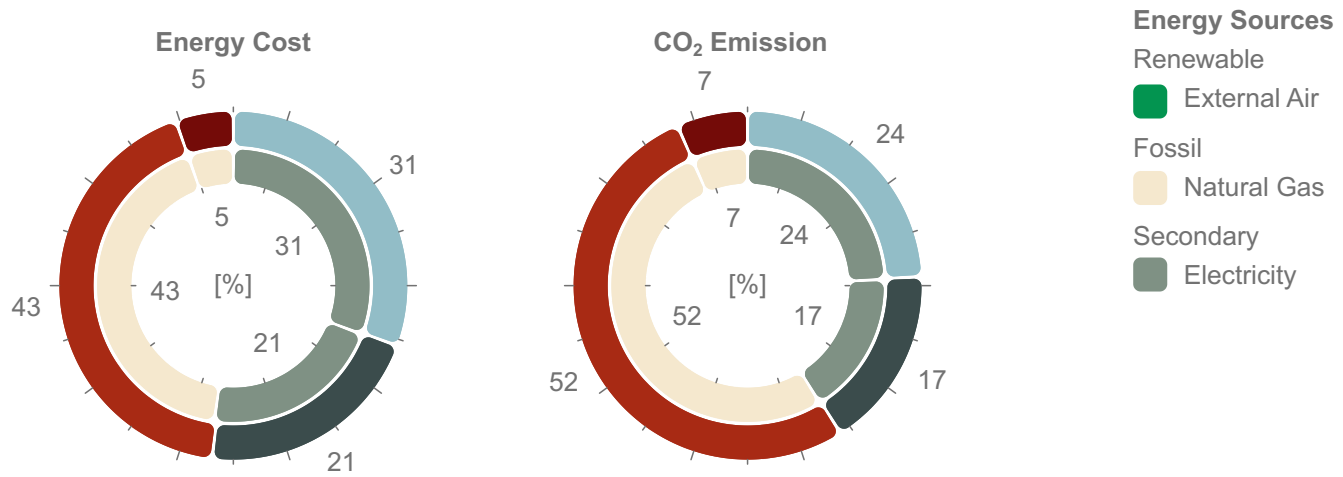
[MWh/a]0

526735

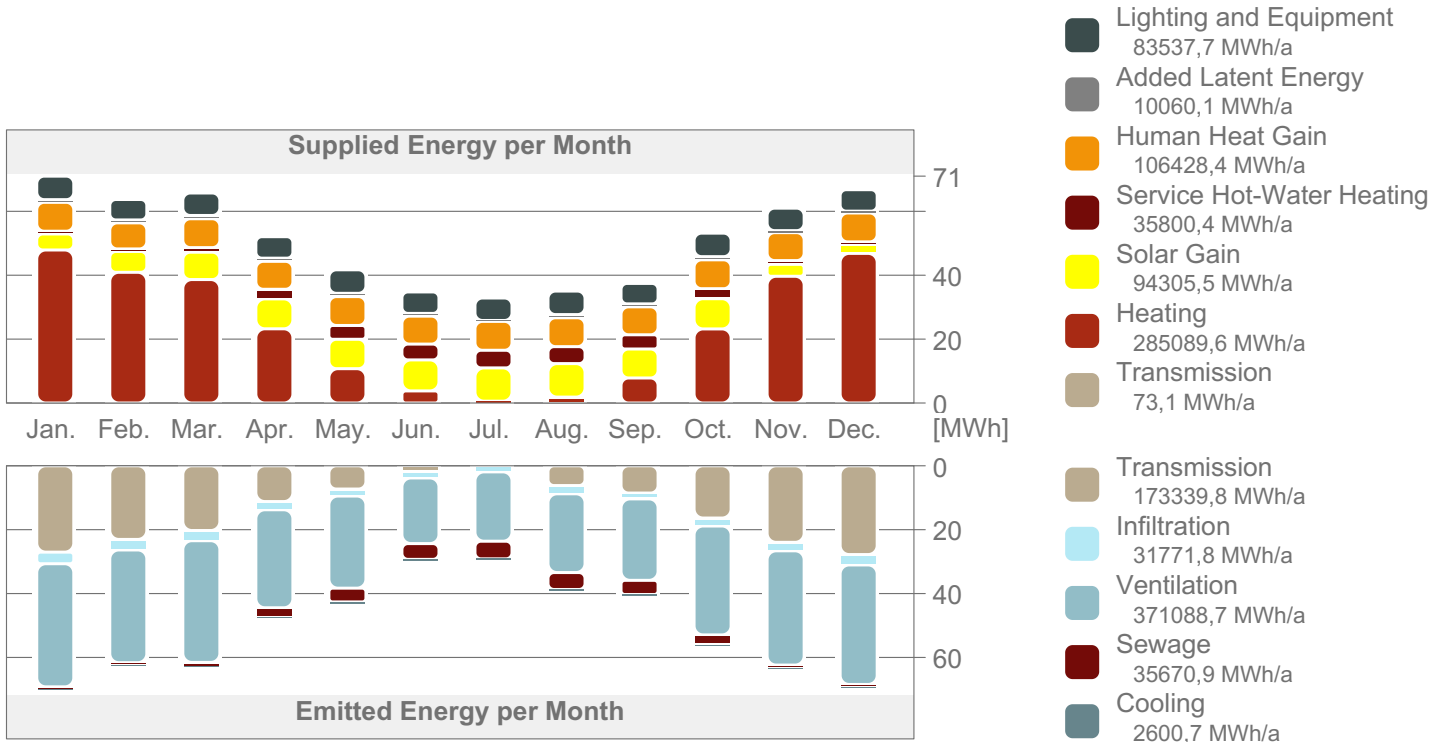
1091807

Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]



Project Energy Balance









Thermal Blocks

Thermal Block	Zones Assigned	Operation Profile	Gross Floor Area m ²	Volume m ³
001 Laboratorij	79	Laboratoriji	1784,92	4664,60
002 Kabineti pisarne	81	Pisarne/Kabineti	1704,30	4497,57
003 Tehnični prostori	57	Tehnični prostori	849,68	2200,72
004 Komunikacije	56	Komunikacije	2203,39	5958,24
005 Rastlinjak	1	Rastlinjak	211,61	944,10
Total:	274		6753,89	18265,21

Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

Environmental Impact

Source Type		Source Name	Primary Energy kWh/a	CO ₂ emission kg/a
Renewable	 	External Air	120868	0
Fossil	 	Natural Gas	350698	127526
Secondary	 	Electricity	620240	90968
Total:			1091807	218495