

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:

Zadel, L., 2016. Energetska sanacija vrta v Postojni. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Dovjak, M., somentor Kunič, R.): 61 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5982/>

Datum arhiviranja: 4-10-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Zadel, L., 2016. Energetska sanacija vrta v Postojni. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Dovjak, M., co-supervisor Kunič, R.): 61 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5982/>

Archiving Date: 4-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

LUKA ZADEL

ENERGETSKA SANACIJA VRTCA V POSTOJNI

Diplomska naloga št.: 280/B-GR

**ENERGETIC RENOVATION OF KINDERGARTEN IN
POSTOJNA**

Graduation thesis No.: 280/B-GR

Mentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 27. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA:

Spodaj podpisani/-a študent Luka Zadel, vpisna številka 26109920, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Sanacija vrtca v Postojni.

IZJAVLJAM1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani

Datum: 15.9.2016

Podpis študenta:

Luka Zadel

Bibliografsko-dokumentacijska stran z izvlečkom

UDK: 727:373.23:620.9:697.1(497.4)(043.2)
Avtor: Luka Zadel
Mentor: doc. dr. Mateja Dovjak
Somentor: doc. dr. Roman Kunič
Naslov: Energetska sanacija vrtca v Postojni
Tip dokumenta: Dipl.nal.
Obseg in oprema: 61 str., 44 tab., 28 sl., 5 graf., 1 pril.
Ključne besede: Toplotna izolacija, poraba energije, konstrukcijski sklop, sanacija, toplotni most, Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES).

Izvleček:

Tema moje diplomske naloge predstavlja prenovu starejšega, že dobro izrabljenega javnega objekta, za katerega bi lahko rekli, da ga je načel »zob časa«. V samem postopku prenavljanja in določanja novih energetskih zahtev za javni objekt sem se držal evropske Direktive o energetski učinkovitosti stavb EPBD iz leta 2010 ter PURES-a iz slovenske zakonodaje. Namen diplomske naloge je določiti vrsto ukrepov, s katerimi bi zadostil energetskim zahtevam iz prej omenjenih zakonov in pravilnikov. Navedel sem nekaj uporabnih in lažje izvedljivih sanacijskih ukrepov, kot so na primer nova okna, povečana debelina toplotne izolacije na zunanji steni in strehi ipd. Za računanje toplotne prehodnosti konstrukcijskih elementov sem uporabil program TEDI, za računanje energetske bilance pa program TOST. Z naštetimi ukrepi in izračuni sem zadostil energetskim pogojem.

Bibliographic-documentalistic information and abstract

UDC:	727:373.23:620.9:697.1(497.4)(043.2)
Author:	Luka Zadel
Supervisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak Ph.D.
Cosupervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič Ph.D.
Title:	Energetic renovation of kindergarten in Postojna
Document type:	Graduation thesis – University studies
Scope and tools:	61 p., 44 tab., 28 fig., 5 graph., 1 ann.
Keywords:	Thermal insulation, energy consumption, construction complex, thermal bridge, rebuild/restoration.

Abstract:

The theme of my bachelor's degree is energetic renovation of an older public building. The required standards in the process of renovation were the European energy efficiency directive (EPBD) and local Slovenian legislation. The purpose of my bachelor's degree was to name the measures that are needed to help the kindergarten in Postojna to become an energy sufficient building. These measures are, for example, the replacement of old windows with new ones and an additional layer of thermal insulation on the external walls and roof. The definition of thermal transitivity was calculated with the program TEDI and the final analysis of energy balance was calculated using the program TOST. With these measures, mentioned above, I have reached the demanded terms of energy sufficiency.

Zahvala:

Za vso pomoč, ki sem jo dobil pri izdelavi diplomske naloge, bi se rad zahvalil somentorju doc.dr. Romanu Kuniču in mentorici doc.dr. Mateji Dovjak. Zahvala gre tudi gopodu Robertu Ozbiču iz občine Postojna, ki mi je priskrbel vso potrebno dokumentacijo vrtca. Hvaležen sem tudi za pomoč in podporo, ki sem jo dobil s strani prijateljev in družine.

KAZALO VSEBINE

1.	UVOD:	1
1.1	Namen in potek diplomske naloge.....	3
1.2	Na kratko o Evropski direktivi o energetske učinkovitosti stavb EPBD	4
2.	NAJBOLJ POGOSTI IZRAZI	5
2.1	Energetska sanacija	5
2.2	Nizko energijske zgradbe:.....	6
2.3	Prehod toplote čez konstrukcijski sklop:.....	6
2.4	Toplotni most	6
3.	IZBRANI OBJEKT DIPLOMSKE NALOGE.....	8
3.1	TEDI, TOST in U-wert	10
3.2	Sestava konstrukcijskih elementov	11
3.2.1	Stena pod terenom.....	11
3.2.2	Zunanja stena nad terenom	12
3.2.3	Predelna stena.....	13
3.2.4	Tla	14
3.2.5	Medetažna konstrukcija	16
3.2.6	Streha	17
3.3	Trenutno stanje objekta, energenti, poraba, stroški.....	18
3.4	Termografski pregled in toplotni mostovi.....	22
3.5	Temperaturne cone objekta in računanje v programu TOST za trenutno stanje	25
3.6	Vstavljanje podatkov v program TOST	26
3.6.1	Faktor osenčenosti:	28
3.6.2	Temperaturne cone.....	28
3.7	Opis temperaturnih con	29
3.7.1	Netransparentni del zunanjih sten	31
3.8	Rezultati energetske analize.....	35
3.8.1	Analiza rezultatov:.....	35
4.	NABOR MOŽNIH SANACIJSKIH UKREPOV.....	36
4.1	Investicijski ukrepi	36
4.1.1	Ukrep 1: Postavitev toplotne izolacije na strehi.....	36
4.1.2	Ukrep 2: Postavitev toplotne izolacije na zunanji steni pod terenom in na površini cokla.	38
4.1.3	Ukrep 3: Povečanje debeline toplotne izolacije na zunanji steni nad terenom.....	39
4.1.4	Ukrep 4: Povečanje toplotne izolacija v medetažnih elementih. Strop kleti in strop pritličja.	41
4.1.5	Ukrep 5:Postavitev toplotne izolacije v tleh.....	44
4.1.6	Ukrep 6: Zamenjava stavbnega pohištva, kot so okna in vrata.....	47
4.1.7	Ukrep 7: Manjša gostota moči svetilk.	49
5.	REZULTATI VSEH UKREPOV	50
6.	VPLIV RADON Rn^{222} (Bq/ m ³)	52
7.	ZAKLJUČEK:.....	53
8.	VIRI:.....	54

Kazalo slik:

Slika 1: Energijski razredi po PURES-u.	5
Slika 2: Prehod toplote čez steno.....	6
Slika 3: Primer kombiniranega toplotnega mostu.	7
Slika 4: Primer konstrukcijskega toplotnega mostu.	7
Slika 5: Satelitska slika vrtca v Postojni.....	8
Slika 6: Faza gradnje.	9
Slika 7: Satelitski posnetek in prikaz prizidka	9
Slika 8: Konstrukcijski sklop zunanje stene nad terenom, obstoječe stanje.....	13
Slika 9: Sestava predelne stene.....	14
Slika 10: Tla na terenu - pritličje.....	15
Slika 11: Tla pod terenom - klet.....	15
Slika 12: Strop kletnih prostorov.....	16
Slika 13: Sestava podstrešja.	17
Slika 14: Sestava strehe.....	18
Slika 15: Kotlovnica.....	21
Slika 16: Peči za sistem DOLB.	21
Slika 17: Ventili ogrevalnega sistema.	21
Slika 18: Fasada (leva slika), in termografska slika fasade (desno).....	22
Slika 19: Zunanja vrata (leva slika), termografska slika zunanjih vrat (desna slika).....	23
Slika 20: Okna (leva slika), termografska slika oken (desna slika).....	23
Slika 21: Cokel (leva slika), termografska slika cokla (desna slika).....	24
Slika 22: Nevidna poškodba (leva slika), termografska slika nevidne poškodbe (desna slika).	24
Slika 23: Kombiniran toploni most (leva slika), termografska slika kombiniranega toplotnega mostu (slika desno).	24
Slika 24: Primer kombiniranega toplotnega mostu (leva slika), termografska slika kombiniranega toplotnega mostu (slika desno).....	25
Slika 25: Načrt pritličja faze 3.....	25
Slika 26: Temperaturne cone.....	29
Slika 27: Primer okna v vrtcu Postojna.	32
Slika 28: Koncentracija radona po Sloveniji.....	52

Kazalo tabel:

Tabela 1: Razdeljenost prostora po fazah.....	10
Tabela 2: Prerez zunanje stene pod terenom, obstoječe stanje.....	12
Tabela 3: Prerez zunanje stene nad terenom, obstoječe stanje.....	12
Tabela 4: Predelna stena nad različnima conama, obstoječe stanje.	13
Tabela 5: Pritlična tla na terenu, obstoječe stanje.	14
Tabela 6: Kletna tla pod terenom, obstoječe stanje.	15
Tabela 7: Medetažna konstrukcija med kletjo in pritličjem, obstoječe stanje.....	16
Tabela 8: Medetažna konstrukcija podstrešja, obstoječe stanje	17
Tabela 9: Streh, obstoječe stanje.	18
Tabela 10: Letna poraba energije in stroški v vrtcu Postojna.....	19
Tabela 11: Meritve ekstremov stanja mikroklimе v vrtcu Postojna.....	20
Tabela 12: Meritve ekstremov v času ledoloma.....	20
Tabela 13: Podatki o načinu ogrevanja in hlajenja vrtca.....	26
Tabela 14: Klimatski podatki.	26
Tabela 15: Klimatski podatki razdeljeni po mesecih.....	27
Tabela 16: Računska podobdobja.....	28
Tabela 17: Opis kondicioniranih con.	30
Tabela 18: Prezračevanje.....	31
Tabela 19: Podatki zunanjih sten in streh temperaturnih con.....	31
Tabela 20: Transparentni elementi temperaturnih con, trenutno stanje.	32
Tabela 21: Podatki tal temperaturnih con.....	33
Tabela 22: Predelne stene med temperaturnimi conami.....	33
Tabela 23: Topla voda.....	34
Tabela 24: Razsvetljava.....	34
Tabela 25: Izračuni energetske analize.....	35
Tabela 26: Sestava strehe, prenovljeno stanje.	36
Tabela 27: Rezultati analize.	37
Tabela 28: Sestava zunanje stene pod terenom, prenovljeno stanje.....	38
Tabela 29: Rezultati analize.	39
Tabela 30: Sestava zunanje stene nad terenom, prenovljeno stanje.	39
Tabela 31: Rezultati analize.	40
Tabela 32: Sestava medetažne konstrukcije med kletjo in pritličjem, prenovljeno stanje.	41
Tabela 33: Rezultati analize.	42
Tabela 34: Medetažna konstrukcija podstrešja, prenovljeno stanje.	42
Tabela 35: Rezultati analize.	43
Tabela 36: Sestava kletnih tal pod terenom, prenovljeno stanje.	44
Tabela 37: Rezultati analize.	45
Tabela 38: Sestava pritličnih tal na terenu, prenovljeno stanje.	45
Tabela 39: Rezultati analize.	46
Tabela 40: Karakteristike novih oken.....	47
Tabela 41: Rezultati analize.	48
Tabela 42: Primerjava svetilk in njihove moči ter gostota moči svetilk.	49
Tabela 43: Rezultati vseh ukrepov skupaj.....	50
Tabela 44: Ustrezni rezultati analize.	51

Kazalo grafikonov:

Grafikon 1: Delež celotne porabljene energije v različnih tipih javnih stavb	2
Grafikon 2: Delež porabljene energije za ogrevanje v različnih tipih javnih stavb.....	2
Grafikon 3: Delež porabljene električne energije v različnih tipih stavb	2
Grafikon 4: Razdeljenost prostora v vrtcu.....	10
Grafikon 5: Letni stroški obratovanja vrtca v Postojni.....	19

1. UVOD:

V gradbeništvu se pogosto soočamo s problematiko vgrajevanja sodobne tehnologije, s katero pripomoremo h kakovostnejšemu projektiranju načrtovanih stavb. Najpomembnjšo vlog ima sicer konstruktivni del projektiranja, kamor spada tudi skrbna izbira materiala, saj zagotovi varnost in uporabnost stavbe, vendar dandanes posvečamo veliko pozornosti tudi stavbarskemu delu projektiranja, ki bolj obsežno obravnava konstrukcijske sklope različnih elementov in njihovo obnašanje v dinamičnem zunanjem okolju. V praksi vidimo, da vlagatelje najbolj zanimajo stroški izgradnje in stroški uporabe prostorov, oziroma kakšna je količina porabe električne energije in energije za ogrevanje prostorov, zato so analize energetske bilance še kako pomembne. Zaradi naraščajočih cen energije in zaostrovanja predpisov pa je treba investitorjem zagotoviti, da bo njihov stroškovni prihranek za energijo čim višji, saj si le tako lahko zagotovimo tržno konkurenčnost, obenem pa si želimo doseči, da bo končni izdelek kakovosten, predvsem če govorimo o udobju uporabnikov.[26]

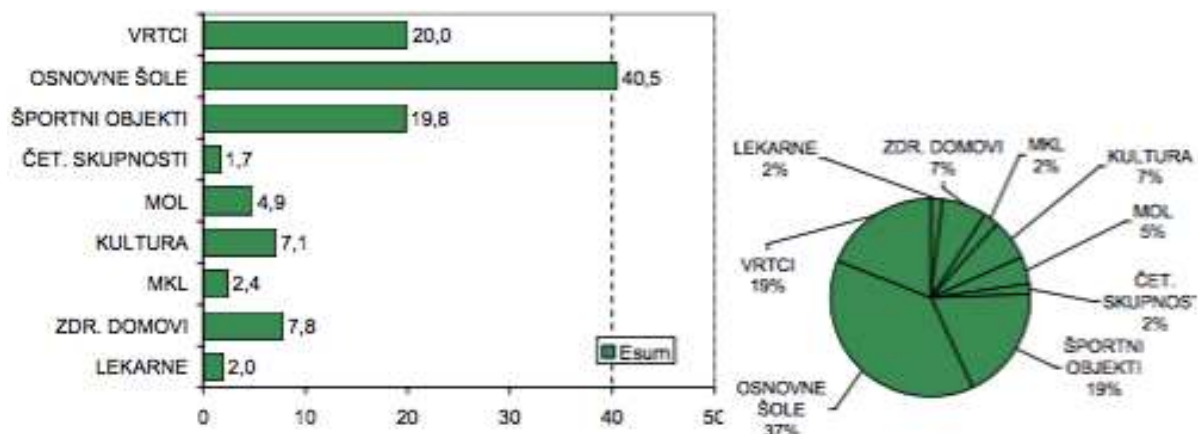
Podatki na Statističnem uradu Slovenije (SURs) so pokazali, da največji strošek v stavbah predstavlja ogrevanje in to kar 70%. Ostalih 30% energije gre za pripravo tople vode, razsvetljava in ostale električne naprave. Kadar govorimo o renovacijah stavb, pogosto mislimo objekte, ki so že prešli vsaj polovico življenske dobe, oziroma objekte, ki jih smatramo že kot starejše. Z optimalno izvedbo prenove, pod katero štejemo že tržno uveljavljene ukrepe (npr. inštalacija toplotne izolacije na zunanjih stenah, strehah, stropovih in tleh, menjava zasteklitev, posegi na ogrevalnim sistemu ipd.), lahko prenovljen objekt prihrani tudi do 60% potrebne energije za ogrevanje. Energetska bilanca je torej zelo odvisna od kakovosti izvedbe in od tehnologije vgradnje, predvsem pa od vzdrževanja. Pomembno je tudi, da uporabimo čim bolj varčne ogrevalne sisteme, električne naprave in razsvetljave.[26]

Javne stavbe predstavljajo izjemno pomemben delež pri rabi energije. Na podlagi analiz iz leta 2009, ki jih je gradbeni inštitut ZRMK izdelal v Mestni občini Ljubljana (MOL), lahko razberemo, da so ravno javne stavbe tiste, pri katerih je lahko potencial prihranka energije največji. Za razliko od stanovanjskih stavb, ki imajo več ali manj isti namen, se javne stavbe razlikujejo med seboj po funkciji, ki jo opravljajo. Prav tako se med seboj razlikujejo glede na tipe in tehnologije gradnje, zato je za prihodnje načrtovanje in izvedbo ukrepov energetske sanacije zelo pomembno poznavanje energijske potratnosti določenih vrst objektov.[26]

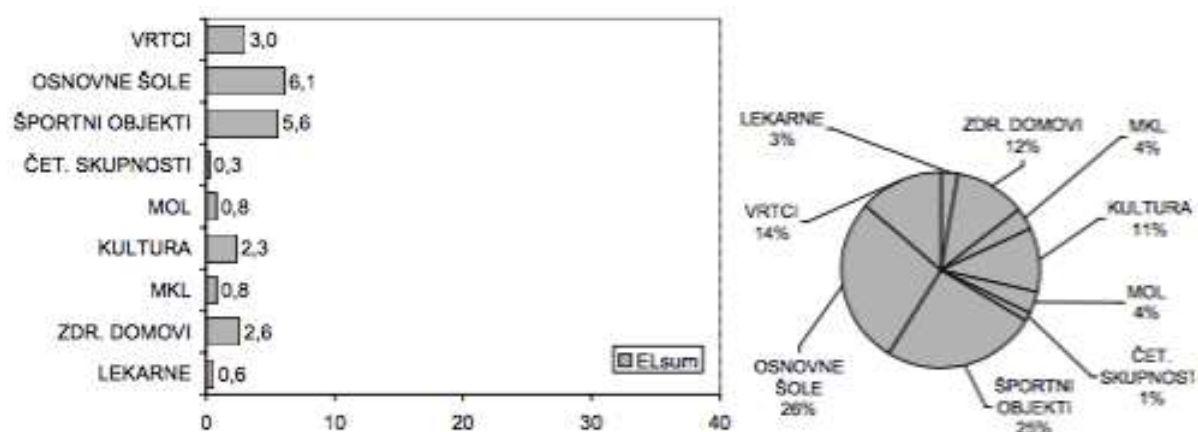
Za Mestno občino Ljubljana (MOL) so bile opravljene različne ankete, ki za posamezni tip javnih stavb prikazujejo delež porabljene energije v razmerju s skupno porabljeno energije. Rezultati so pokazali, da so javne stavbe glede na letno porabo energije najbolj potrošne. Poraba goriv in električne energije predstavljata kar 83% (84GWh/a) energije za ogrevanje prostorov, preostali delež pa

predstavlja 17% (22 GWh/a). Največje deleže zavzemajo osnovne šole (37%) ter športni objekti in otroški vrtci (19%).[26] Rezultati so prikazani v grafikonu:

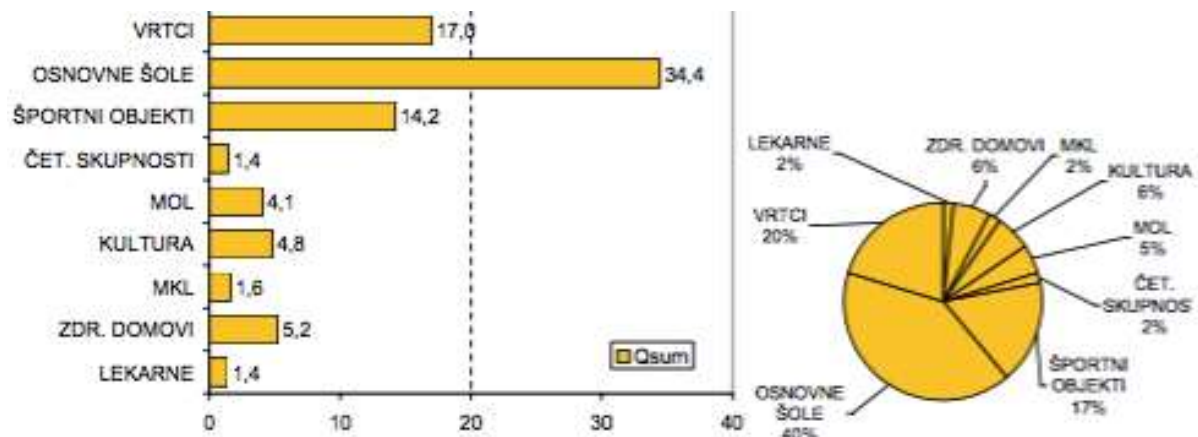
Grafikon 1: Delež celotne porabljene energije v različnih tipih javnih stavb



Grafikon 2: Delež porabljene energije za ogrevanje v različnih tipih javnih stavb



Grafikon 3: Delež porabljene električne energije v različnih tipih stavb



Način in potek prenove stavbe je odvisen od investicijske naložbe. Treba se je zavedati, da je dandanašnja praksa pokazala, da je treba v začetni fazi naprej izdelati konkretne energetske analize, s katerimi zagotovimo, da bo prostor čimbolj energetsko učinkovit. Med tovrstne analize spada predvsem iskanje vzrokov za potratnost energije, končni rezultati pa so predlagani ukrepi in njihova implementacija. V gradbeništvu je treba stremeti k čimboljšemu razmerju med vloženimi sredstvi in prihrankom energije na letnem nivoju. Smiselno je, da poskušamo izvesti ukrepe, ki so cenejši oziroma bolj učinkoviti. Splošno priznani ukrepi, s katerimi lahko zlahka dosežemo zastavljene cilje, so tesnenje oken oziroma njihova zamenjava, toplotna izolacija sten, streh in tal, ustrezno prezračevanje prostorov itn.[26]

1.1 Namen in potek diplomske naloge

Izbira teme za diplomsko nalogo sloni na lastni želji, saj sem želel obravnavati objekt, ki ga poznam že več let. V tekstu je torej obravnavan otroški vrtec v Postojni, ki je v lasti občine – njegova javna funkcija verjetno ne potrebuje dodatne razlage. Stavba je po izgledu zastarela, stavbni ovoj pa ima že spran videz. Količina toplotne izolacije v stenah je premajhna, da bi lahko stavbo obravnavali kot energetsko učinkovito. Dokaz v prid tej predpostavki je energetska analiza iz leta 2014, ki jo je opravila občina, kjer rezultati kažejo prekomerno porabo energije za ogrevanje. Namen naloge je predstaviti ukrepe, s katerimi bomo (teoretično) lahko zadostili pogojem energetske učinkovitosti, kot jih narekuje PURES.

Pričetek naloge je bil precejšen izziv. Za izvedbo analize je bilo treba pridobiti podatke o dimenzijah stavbe in lastnosti KS, ki jo sestavljajo. Prav tako je bilo treba pridobiti podatke o načinu in distribuciji ogrevanja, kar pomeni, da sem za tako velik prostor rabil podatke o prostorih, ki so ogrevani in neogrevani. Na podlagi fizičnih načrtov, tlorisov etaž in prečnih prerezov sem izračunal vse podatke, ki so bili nujni za nadaljevanje analize. Seveda je bilo treba preučiti tudi obstoječo zakonodajo in predpise. Podatke o lokaciji in orientaciji objekta sem pridobil s pomočjo Google zemljevida, ki je dostopen preko spleta.

Za izračun energetske bilance sem uporabil programe TOST, TEDI in U-wert. TOST in TEDI sta programa, ki so ju razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo (FGG) in delujeta s pomočja baze programa EXCEL. Program TEDI sem uporabil za izračun toplotne prehodnosti KS. V programu so vsi podatki o lastnostih klasičnih gradbenih materialov že podani, če pa določen material v podatkovni bazi še ne obstaja, ga je mogoče dodati. S tem programom sem določil toplotno prehodnost obstoječih in novih KS in njihovo ustreznost primerjal z zahtevanimi pogoji. Rezultati, t. j. podatki v preglednicah, prikazujejo, če KS odgovorja ali ne. S pomočjo teh rezultatov sem opravil še analizo energetske bilance v programu TOST. Program za končno analizo upošteva predpise po TSG4 in PURES-u. Načeloma bi lahko pri predpisih oziroma enačbah za izračun lahko upošteval tudi standard SIST EN 13789, vendar bom v okviru naloge upošteval kar TSG4. S predlaganimi ukrepi bom torej

izvedel novo analizo energetske bilance in upošteval njihovo optimalno kombinacijo pri energetske analizi, da bo stavba ustrezala pogojem energetske učinkovitosti. Glavni cilj je zadostiti pogojem, ki jih določa PURES.

Splošen potek je naslednji:

- izračun toplotnih prehodnosti KS v obstoječem in novem stanju,
- energetska analiza obstoječega stanja,
- možni ukrepi za izboljšanje energetske porabe,
- prikaz končnih rezultatov.

1.2 Na kratko o Evropski direktivi o energetske učinkovitosti stavb EPBD

V zadnjih dveh desetletjih se je okoljska ozaveščenost s časom večala, kot tudi cene energentov. Cilji za prihodnost so znižanje toplogrednih plinov, stroškov bivanja v stavbah, odvisnosti od fosilnih goriv itn. [1]

Prva direktiva o energetske učinkovitosti stavb EPBD/91/ES je bila izdana leta 2002, osem let kasneje ji je sledila novejša direktiva EPBD 2010/31/EU. Določila starejše direktive o energetske učinkovitosti stavb [1] se navezujejo na:

- ustanovitev enotnega računskega sistema določanja energijskih lastnosti stavb in njenih emisij,
- najmanjše možne vrednosti energetske učinkovitosti novih in celovitoma prenovljenih že obstoječih stavb,
- uvedbo energetskega certificiranja stavb,
- opravljanje konstantnih pregledov naprav za ogrevanje in hlajenje.

Slednja, novejša direktiva pa je še bolj zaostрила določene zahteve pri omejevanju rabe energije v stavbah iz direktive leta 2002. Če izključimo ovoj stavbe, so poostritve zajemale določene sisteme v stavbah, kot so ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljava in priprava tople vode. Direktiva iz leta 2010 sledi podnebno-energetski politiki 20-20-20, kar pomeni, da želi znižati porabo energije in emisivnost toplogrednih plinov za 20 odstotkov ter tudi povečati končno rabo energije iz obnovljivih virov za 20 odstotkov. Eden od glavnih ciljev Evropske direktive je izboljšanje energetske razmer v starejših objektih in opustitev gradnje novih energijskih objektov. Prav tako morajo biti do leta 2020 vse nove gradnje skoraj nič energetske. Nove javne stavbe morajo biti na ta način zgled ostalim, a morajo izpolnjevati enake pogoje glede energetske učinkovitosti, le da za njih velja rok do leta 2018. Po pričakovanjih naj bi z ukrepi Evropske direktive EPBD Evropa do leta 2020 dosegla ne samo 5–6% odbitka pri končni energiji Evrope, ampak tudi znižanje količine toplogrednih plinov do 210 Mt, hkrati naj bi v Evropi nastalo celo do 450.000 novih delovnih položajev.[1]

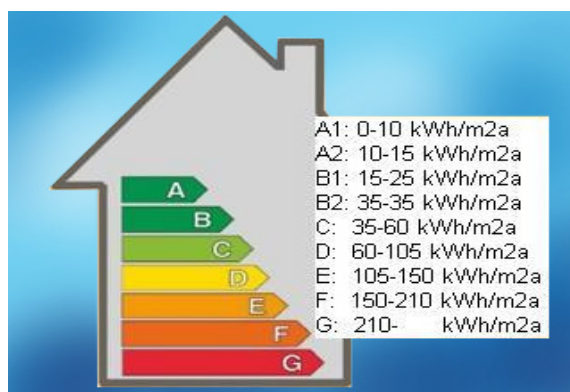
V **slovenski zakonodaji** je Evropska direktiva o energetske učinkovitosti stavb pustila pečat v Zakonu o graditvi objektov, v Energetskem zakonu in v Zakonu o varstvu okolja.[3]

V **Zakonu o graditvi objektov** so opisani enotni sistemi računanja energijskih vrednosti ter zahteve za večje prenove in nove objekte. Vsebuje Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju besedila PURES, ki skupaj s tehnično smernico TSG-1-004, delita pravila Evropske direktive o URE – učinkoviti rabi energije in povečanja uporabe OVE – obnovljivih virov energije. Poleg PURES-a sta v tem zakonu opisana še pravilnika za prezračevanje in klimatizacijo.[3]

Energetski zakon določa s pravilniki načine in pogoje izdelave oziroma izdaje energetskih izkaznic stavb ter njihovo uporabo. Primer energijskih razredov podan spodaj na sliki 1. Določa tudi pogoste nadzore ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah.[3]

Zakon o varstvu okolja določa tudi javne službe, ki bodo vršile nadzore kot so čiščenje zračnikov, dimnih vodov, peči in podobno. Takšni ukrepi bodo še dodatno prispevali k učinkoviti rabi energije, varstvu človekovega zdravja in požarni varnosti.[3]

Slika 1: Energijski razredi po PURES-u.



Vir: [2]

2. NAJBOLJ POGOSTI IZRAZI

2.1 Energetska sanacija:

Energetsko sanacijo lahko z drugimi besedami opišemo kot energijsko prenavo objekta. Ponavadi izvajamo energetsko prenavo na starejših objektih, ki jih je že načel »zob časa« in so posledično tudi potratni. Z ukrepi, kot so zamenjava oken, stavbnega pohištva in toplotne izolacije ipd., lahko močno izboljšamo energijske lastnosti zgradbe. Ena izmed glavnih energijskih lastnosti, ki se na ta način izboljša, je poraba energije za ogrevanje in hlajenje. Energetska sanacija je tudi ključna pri zagotavljanju daljše življenjske dobe objekta, hkrati pa tudi zviša njegovo tržno vrednost. Pri javnih stavbah je energijska prenova prav tako pomembna, saj izboljša delovne razmere in v ekološkem smislu tudi bolje obratuje v okolju.[4]

2.2 Nizko energijske zgradbe:

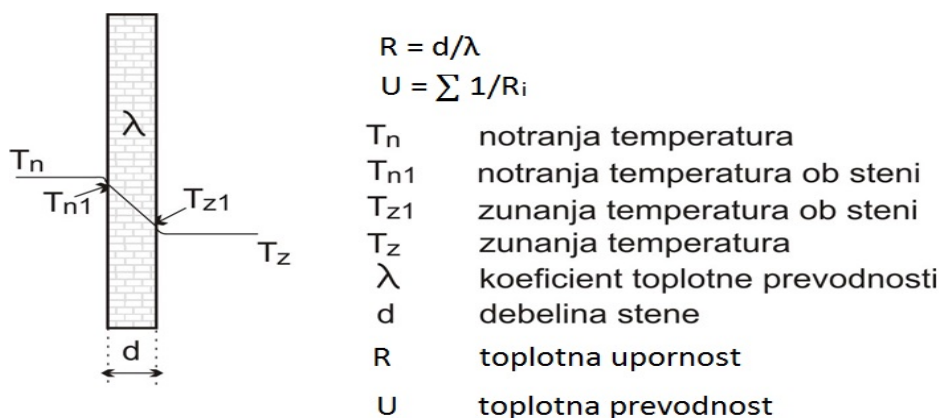
Že iz samega imena lahko razberemo, da gre za zgradbe z nizko porabo energije. Če smo bolj natančni, so to zgradbe, ki porabijo nekje med 15 in največ do 60 kWh/ m²a energije. V primerjavi z objekti, ki so bili zgrajeni 10 let nazaj ali več, so takšne zgradbe neprimerljivo varčnejše. Glavne naloge takšne zgradbe so bistveno zmanjšanje toplotnih izgub in uspešno izkoriščanje naravnih virov kot so voda, zrak, sončna energija, geotermalna energija itn. Posledica takšne dobre izolativnosti zgradbe je manjša potrebna moč za ogrevanje. Določene pasivne hiše proizvedejo več energije kot je porabijo. Z naraščanjem potreb po elektriki in fosilnih gorivih prav tako narašča cena le teh. To so le eni izmed mnogih pokazateljev, da povpraševanje in potreba po tovrstnih stavbah naraščata.[5]

2.3 Prehod toplote čez konstrukcijski sklop:

Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov se izraža z faktorjem U (W/ m²K), ta pa predstavlja količino toplotnega toka P (W), ki pri stacionarnih pogojih preide skozi konstrukcijski sklop površine 1m² pri temperaturni razliki 1K med notranjo in zunanjo stranjo zidu. Pokaže nam izolacijske lastnosti KS. Faktor U je odvisen od debeline in sestave KS.[6]

Različni materiali imajo različno toplotno prevodnost (lambda - λ) W/mK. Definicija te lastnosti je količina toplote (W), ki se prenese v eni uri skozi 1m debel KS, površine 1 m², kjer je med notranjostjo in zunajostjo razlika v temperaturi 1K. Bolj izolativni materiali, kot sta steklena volna ali ekspanziran polistiren, pa imajo zelo nizko toplotno prevodnost. Na to fizikalno lastnost ima vlaga negativen vpliv. Primer prehoda toplote čez steno je ilustrativno prikazan spodaj na sliki 2.[6]

Slika 2: Prehod toplote čez steno.



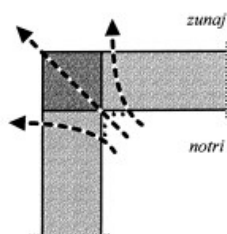
Vir slike 1: [7]

2.4 Toplotni most

Toplotni most je pogosto uporabljen izraz pri govoru o konstrukcijskih sklopih in toplotni izolativnosti objekta. Gre za neugoden pojav na zunanjem ovoju konstrukcije, ki negativno vpliva na material v zunanjem konstrukcijskem sklopu in na notranje bivalne razmere. Drugi negativni vplivi toplotnega mostu so povečani stroški za ogrevanje, možnost nastajanja kondenzacije na steni in hkrati nastanek plesni, kar lahko posledično vodi tudi do zdravstvenih problemov. Najboljši način, da se izognemo takšnim težavam, so zveznost toplotne izolacije, dobro izolirane podrobnosti na objektu in zrakotesnost spojev, da ne pride do konvekcijskih toplotnih mostov. Pri konvekcijskem toplotnem mostu pride do prehoda navlaženega zraka skozi konstrukcijski sklop zaradi netesnosti.[8]

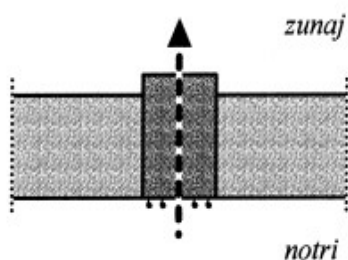
Poznamo pa še kostrukcijski in geometrijski toplotni most. V praksi pogosto nastopata oba hkrati, zato imata skupno ime - kombinirani toplotni most, ki ga opisuje slika 3.

Slika 3: Primer kombiniranega toplotnega mostu.



Pri konstrukcijskem toplotnem mostu je pogost vzrok nezvezna toplotna izolacija po ovoju zgradbe ali potek neprimerne toplotne zaščite čez različne materiale.[8] Primer je viden na sliki 4.

Slika 4: Primer konstrukcijskega toplotnega mostu.



Vir slik 3 in 4; [9]

Geometrijski toplotni most ponavadi najdemo na mestu kjer toplota prehaja in notranje (manjše) površine na zunanjo (večjo). Tipičen primer takega toplotnega mostu je vogal na steni ali stropu.[8]

3. IZBRANI OBJEKT DIPLOMSKE NALOGE

Vrtec Postojna je ustanova, kjer potekajo vzgojno-varstvene in izobraževalne dejavnosti za »malčke« prvega in drugega starostnega obdobja. Ker je ta vrtec matična enota šestim manjšim, tu poteka priprava hrane za vseh šest lokacij. V javnih ustanovah, kot so vrtci, je treba ohranjati konstantno ugodno bivalno okolje za otroke. To v starejši, že malo načeti zgradbi v Postojni sicer dosežajo, a za veliko ceno. Če upoštevamo samo porabo energije za toploto, vrtec porabi 173,5 kWh/m²a, s tem spada v potrati F razred energijske lestvice stavb. To pa seveda ni cenovno ugodno, če ogrevamo tako velik objekt. Ta podatek sem vzel iz energetskega pregleda vrtca, v nadaljevanju pa bom izračunal še svojega. V zimskem letnem času je objekt skoraj v celoti ogrevan na enako temperaturo –izjeme so prostori, kjer je spravljena hrana in še nekaj drugih. Zasedenost učilnic in ostalih prostorov poteka le pet dni v tednu, vendar pozimi to ne pomeni velike razlike v ogrevanju, saj se tudi čez vikend vzdržuje temperatura približno 20°C, iz katere lahko na začetku delovnega tedna hitro spet vzpostavijo nazaj ugodno bivalno okolje.[11]

Zgoraj omenjeno javno stavbo, ki jo je potrebno energetsko obnoviti oziroma prenoviti v skoraj nič energijsko stavbo, si lasti in vodi Občina Postojna. Vrtec obiskuje približno 360 otrok v 21 oddelkih, za katere skrbi 45 strokovnih delavcev in približno 21 tehničnih in administrativnih uslužbencev. Zračno sliko zgradbe prikazuje slika 5 spodaj.[11]

Slika 5: Satelitska slika vrtca v Postojni.

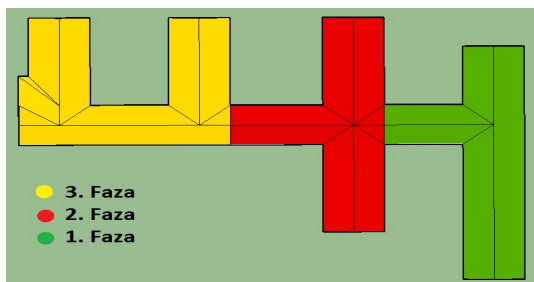


Vir: [10]

Vrtec se nahaja na Cesti na Kremenco 4, 6230 Postojna. Leži na 11.859 m² veliki parceli blizu centra mesta. Neto tlorisna površina objekta je 2284m². Po dolžini meri 88.5m, njegova višina pa meri

4,8m. Zgradba je dvoetažni objekt s kletjo in pritlično etažo. Tlorisno razvejan vrtec je bil zgrajen leta 1975 po metodi montažne gradnje. Leta 2008 se je na objektu izvršila prenova fasade (objekt je bil na novo prebarvan), leto za tem pa je sledila renovacija strehe. Istega leta, kot je bila obnovljena fasada, je objekt dobil prizidek v velikosti 215m² neto notranjih tlorisnih površin. Dozidan je bil tudi najbolj južni del vrta. Na sliki 6 in sliki 7 spodaj se lepo vidi novi prizidek in razdelitev objekta na prvo, drugo in tretjo fazo.[11]

Slika 6: Faza gradnje.



Slika 7: Satelitski posnetek in prikaz prizidka

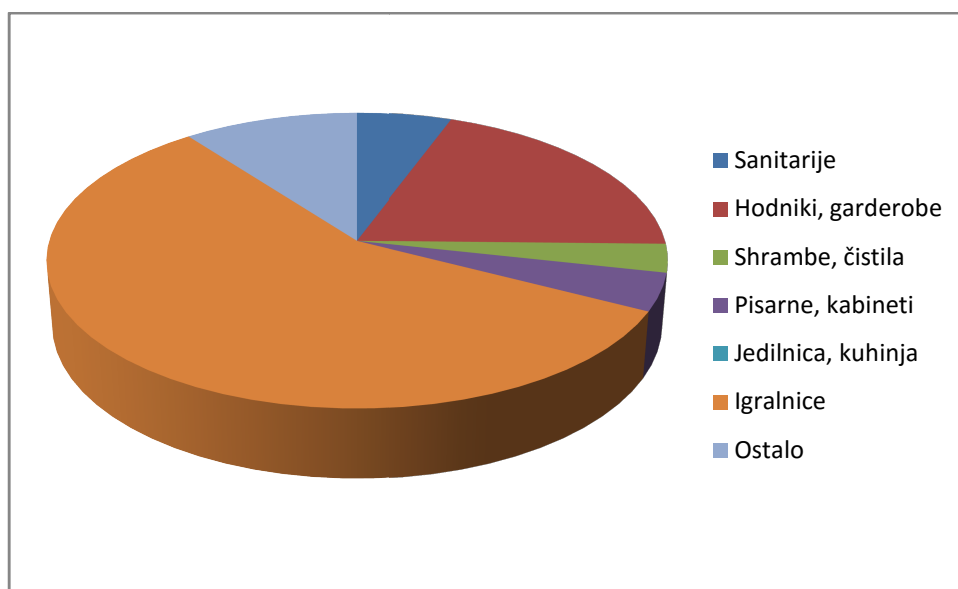


Razpored in velikost igralnic, pisarn in drugih prostorov je prikazan v spodnji tabeli 1 in grafu 1. Velik delež površine vrta predstavljajo igralnice, kjer se otroci največ zadržujejo. To pomeni, da je potrebno najbolj ogrevati prav največje prostore v vrtcu.[12]

Tabela 1: Razdeljenost prostora po fazah.

m ²	Sanitarije	Hodniki, garderobe	Shrambe, čistila	Pisarne, kabineti	Jedilnica, kuhinja	Igralnice	Ostalo	Skupaj
1.faza	46,7	162,97	25,68	34,1	0	472,39	85,7	612
2.faza	63,33	153,93	98,64	0	78,98	260,44	19,2	674,5
3.faza	54,47	201,52	19,71	44,05	153,57	238,02	74,6	786
Klet	7,15	47,82	48,07	0	0	0	109	211,7
Skupaj	171,6	566,24	192,1	78,15	232,55	970,85	288	2284

Grafikon 4: Razdeljenost prostora v vrtcu



3.1 TEDI, TOST in U-wert

To sta programa, ki sem ju pridobil na naši fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, s katerima sem izvedel vse potrebne izračune in analize rezultatov glede toplotnih prehodnosti, potrebne energije za ogrevanje ipd. S programom TEDI sem dobil podatke pri računanju toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov in prehodu difuzije vodne pare skozi sloje v konstrukcijskem elementu.

Pri vsem tem sem si pomagal še z spletnim programom U-wert, ki je nemški proizvod in bolj nazorno pokaže sloje v konstrukcijskem sklopu. Vse slike (8–14) konstrukcijskih sklopov v nadaljevanju sem pridobil s pomočjo tega programa.[13]

Program TOST sem uporabil kasneje, ko sem začel računati energetske bilanco objekta. V program je treba vnesti podatke o tlorisu, površinah transparentnih in netransparentnih elementov objekta, podatke o kondicioniranih conah, na koncu pa program poda rezultate; izračuna letno primarno porabo energije, letno potrebno toploto za ogrevanje in potreben hlad za hlajenje. Prav tako nam poda podatke o energetskih izgubah in dobitkih objekta ter izpust plina CO₂ na letni ravni. Vse rezultate program primerja z zakonsko določenimi zahtevami. To je le nekaj od glavnih rezultatov, ki nam jih poda program.

3.2 Sestava konstrukcijskih elementov

Pod konstrukcijske elemente štejemo stene (notranje, zunanje, pod oz nad terenom), strehe, medetažne konstrukcije in tla. Pri pridobivanju informacij o lastnostih takšnih konstrukcijskih elementov na primeru vrtca v Postojni nisem uspel dobiti faktorja toplotne prehodnosti za steno pod terenom, predelno steno, tla pod terenom, stropno konstrukcijo v kleti in stropno konstrukcijo podstrešja, dobil pa sem njihovo sestavo. S pomočjo programa TEDI sem pridobil manjkajoče faktorje, pri navajanju plasti pa sem poskušal najti (vsaj po fizikalnih karakteristikah) približno enake materiale, kot so opisani v načrtih. Objekt je vendarle star 41 let in danes ne zasledimo več takšnih gradbenih materialov. Za steno nad terenom in streho pa sem uspel dobiti faktor toplotne prehodnosti U (W/m^2K). Podatke sem dobil iz energetskega poročila, ki je bil narejen pred dvema leti in projektne dokumentacije izvajalcev del Marles Maribor – projektivni biro. Montažno etažo tvorijo elementi sistema »Marles«. Togost elementov okvirne konstrukcije je dosežena z žebliji pribito iverico na okvirje. Leseni elementi so v celoti impregnirani in s tem zaščiteni pred glivami in insekti. Impregnacija tudi delno zmanjšuje gorljivost.[11],[12]

V spodnjih tabelah (2–9) sem opisal znane in izračunane konstrukcijske sklope ter primerjal njihovo trenutno toplotno prehodnost z zahtevami iz tehničnih smernic TSG-1-004. Materiali v spodaj opisanih konstrukcijskih elementih potekajo od notranjega (toplega) dela elementa proti zunanjemu (hladnemu) delu.

3.2.1 Stena pod terenom

Stena pod terenom v podkletenem delu vrtcane vsebuje toplotne izolacije. Sestavljajo jo le 30 cm debela nosilna betonska stena z minimalno armaturo, hidroizolacija in notranji omet, kot je prikazano v spodnji tabeli 2. Ker nisem našel zakonsko zahtevane največje dovoljene toplotne prehodnosti zunanje stene proti terenu, sem predpostavil enake zahteve kot pri zunanji steni nad terenom.[12]

Tabela 2: Prerez zunanje stene pod terenom, obstoječe stanje.

Zunanja stena pod terenom			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Skupni Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Zaključni grobi omet	0,01	0,81	
Betonska stena z minimalno armature	0,29	2,04	
Bitumenski trak - Hidroizolacija	0,01	0,17	KS ne ustreza
			$U = 2,05 > U_{max} = 0,28$

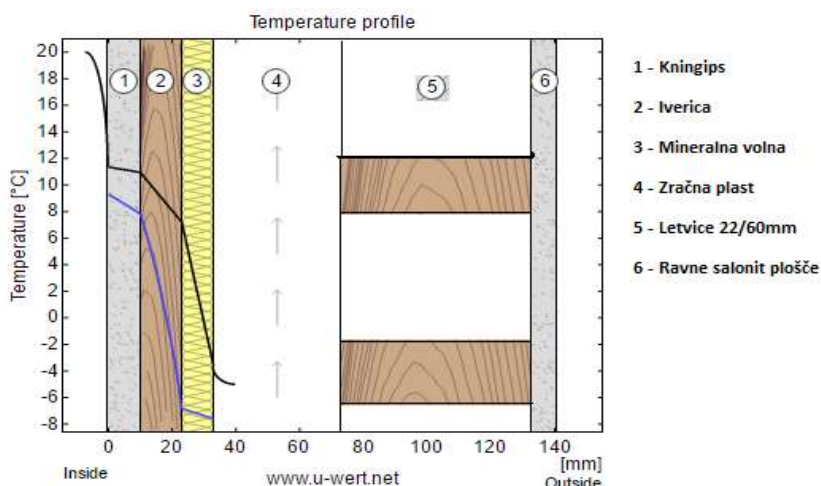
3.2.2 Zunanja stena nad terenom

Kot podloga zunanjim montažnim stenam služi spodnji venec dimenzij 92/44 mm, ki je vsakih 120 cm vsidran v betonsko ploščo. V zgornjem delu so stene povezane z zgornjim vencem enakih dimenzij kot spodnji. Montažni elementi imajo debelino 14 cm, modularno širino 120 cm in 60 cm ter so nosilni. Višina elementov je 296 cm. Podrobna sestava je razvidna v spodnji tabeli 3 in sliki 8.[12]

Tabela 3: Prerez zunanje stene nad terenom, obstoječe stanje.

Zunanja stena nad terenom			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Kningips	0,01	0,7	
Iverka + alu folija	0,013	0,12	
Utrjena mineralna volna	0,01	0,041	
Zračna plast + pergamin lepenka 1 mm	0,04	0,25	
Letvice 22/60 mm	0,06		
Ravne salonit plošče	0,008	0,56	KS ne ustreza
			$U = 1,476 > U_{max} = 0,28$

Slika 8: Konstruktivski sklop zunanje stene nad terenom, obstoječe stanje.



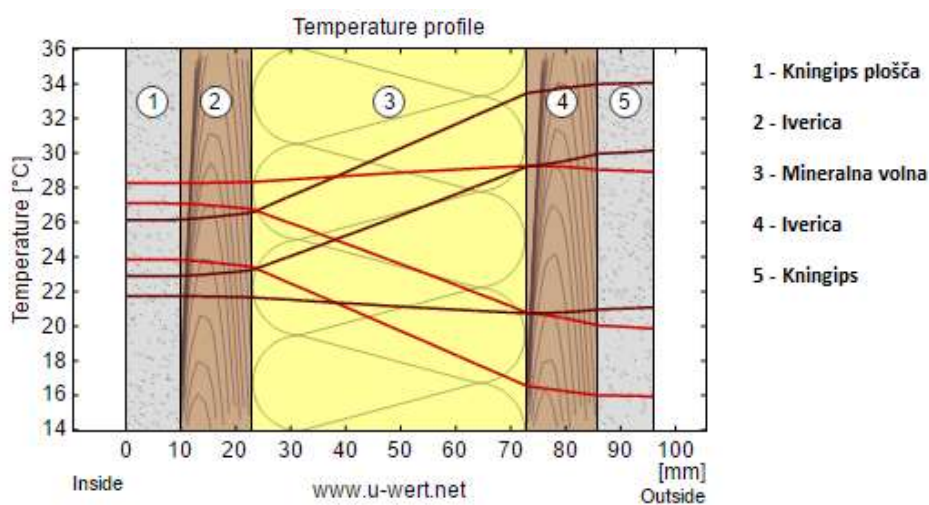
3.2.3 Predelna stena

Predelne stene imajo debelino 10 cm in modularno širino 120 cm in 60 cm. Dimenzije zgornjega venca so 53/22 mm, spodnjega pa 80/32 mm. Predelni element je prav tako impregniran za zaščito proti glivam in insektom ter zmanjšuje gorljivost. Prikaz je viden v spodnji tabeli 4 in sliki 9. To je edini konstrukcijski element v vrtcu, ki odgovarja toplotnim zahtevam.[12]

Tabela 4: Predelna stena med različnima conama, obstoječe stanje.

Predelna stena med različnima conama			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Kningips plošča	0,01	0,58	
Iverica	0,013	0,12	
Mineralna volna	0,05	0,041	
Iverica	0,013	0,12	
Kningips plošča	0,01	0,58	KS ustreza
			$U = 0,578 < U_{max} = 0,6$

Slika 9: Sestava predelne stene.



3.2.4 Tla

Vrtec ima dve sestavi tal, eno pod terenom in eno na terenu. Prva je v podkletenem delu, druga pa v nepodkletenem delu vrtca. Za razliko od pritlične sestave tal pod terenom v kletnih prostorih v sestavi tal ni mogoče zaslediti toplotne izolacije. V tabelah 5 in 6 ter slikah 10 in 11 je to podrobno opisano in prikazano.[12]

Tabela 5: Pritlična tla na terenu, obstoječe stanje.

Tla na terenu - pritličje			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Parket	0,008	0,21	
Cementni estrih	0,032	1,4	
Polietilenska folija			
Stiropor	0,02	0,039	
Polietilenska folija			
Bitumenski trak - hidroizolacija	0,01	0,17	
Betonska plošča z minimalno armature	0,1	2,04	
Nasutje	0,2	1,4	KS ne ustreza
			$U = 1,036 > U_{max} = 0,35$

Slika 10: Tla na terenu - pritliče.

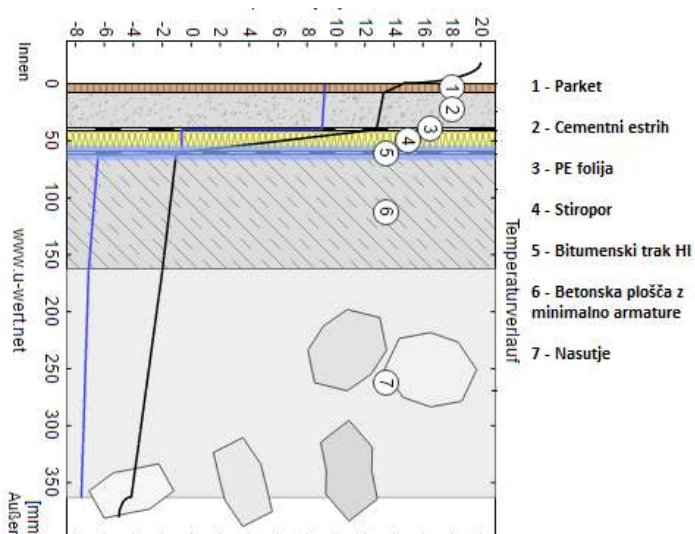
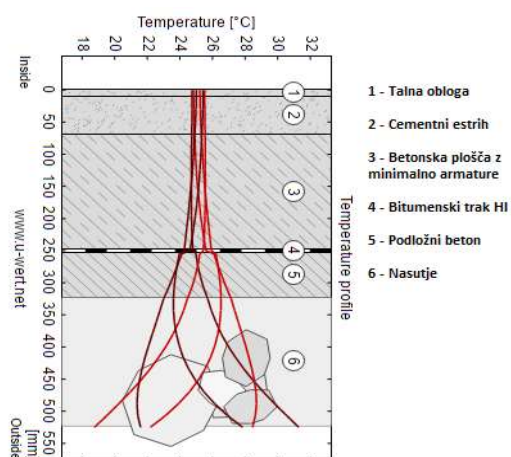


Tabela 6: Kletna tla pod terenom, obstoječe stanje.

Tla pod terenom - klet			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Cementni estrih	0,06	1,4	
Betonska plošča z minimalno armature	0,18	2,04	
Bitumenski trak HI	0,01	0,17	
Podložni beton	0,07	0,47	
Nasutje	0,2	1,4	KS ne ustreza
			$U = 1,594 > U_{max} = 0,35$

Slika 11: Tla pod terenom - klet.



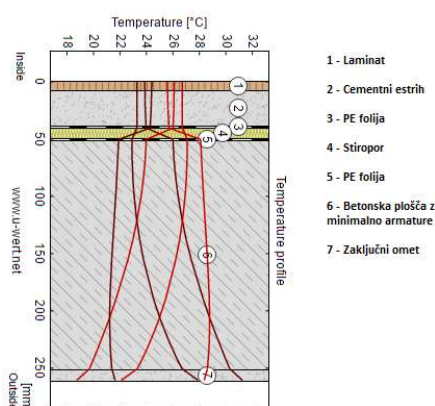
3.2.5 Medetažna konstrukcija

V vrtcu opazimo dva sklopa stropnih konstrukcij: medetažno konstrukcijo med kletjo in pritličjem ter podstrešno konstrukcijo. Obe sta po celotni površini enake. To je bolj podrobno opisano v spodnjih tabelah 7 in 8 ter slikah 12 in 13.[12]

Tabela 7: Medetažna konstrukcija med kletjo in pritličjem, obstoječe stanje.

Medetažna konstrukcija: klet - pritličje			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Parket	0,008	0,21	
Cementni estrih	0,032	1,4	
Polietilenska folija			
Stiropor	0,01	0,039	
Polietilenska folija			
Betonska plošča z minimalno armature	0,2	2,04	
Zaključni omet	0,01	0,7	KS ne ustreza
			$U = 1,639 > U_{max} = 0,35$

Slika 12: Strop kletnih prostorov.

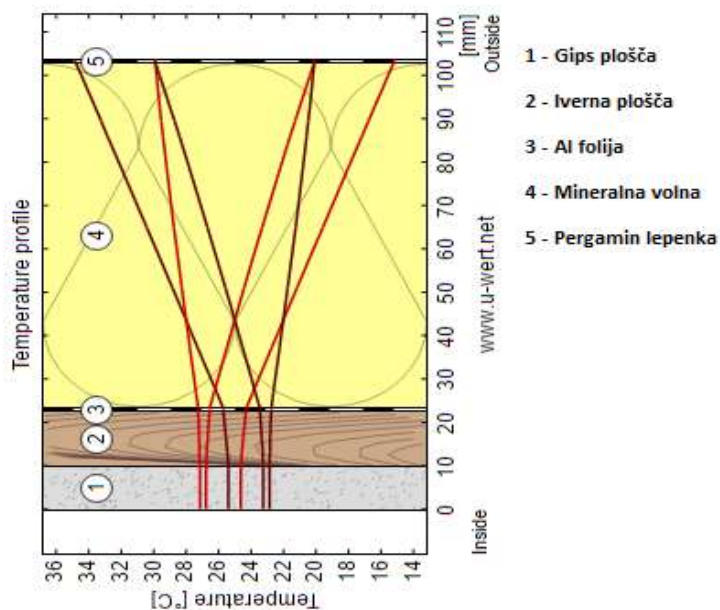


Na podstrešju imajo v zgornjem delu, t. j. v pasu slemena objekta, širine 24 cm položene stropne plošče iz neskobljanih desk, ki omogočajo hojo po konstrukciji.[12]

Tabela 8: Medetažna konstrukcija podstrešja, obstoječe stanje.

Medetažna konstrukcija - podstrešje			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Gips plošča	0,01	0,58	
Iverna plošča	0,013	0,12	
Al folija			
Mineralna volna	0,08	0,041	
Pergamin lepenka			KS ne ustreza
			$U = 0,445 > U_{max} = 0,2$

Slika 13: Sestava podstrešja.



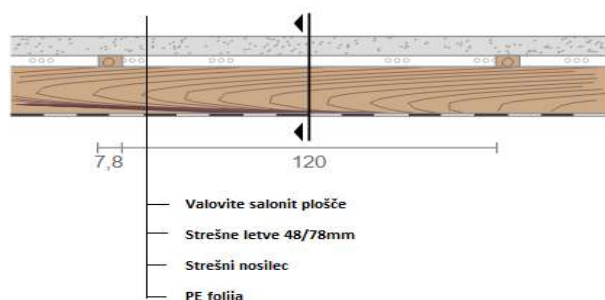
3.2.6 Streha

Strešno konstrukcijo tvorijo predalčni nosilci pod naklonom 17,5 stopinj. Razmak med njimi je 120 cm. Za strešne nosilce je bil uporabljen smrekov les. Strešne letve imajo presek 48/78 mm in so podkonstrukcija za valovite salonitne plošče v razmaku 105 cm. V tabeli 9 in sliki 14 je opisana sestava strehe, ki ne vsebuje toplotne izolacije.[12]

Tabela 9: Streha, obstoječe stanje.

Streha			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Parna ovira			
Strešni nosilec			
Strešne letve 48/78			
Valovite salonit plošče	0,008	0,56	KS ne ustreza
			$U = 3,276 < U_{max} = 0,2$

Slika 14: Sestava strehe.



3.3 Trenutno stanje objekta, energenti, poraba, stroški

V prostorih v zgradbah, kot so bolnice, šole, knjižnice, vrtci, poslovne stavbe ipd., je ugodna mikroklima pomemben dejavnik, saj je temeljnega pomena za ugodno bivanje. Vpliva lahko na razpoloženje, koncentracijo, učinkovitost dela in zadovoljstvo ljudi v mikroklimi. Ugodno notranje okolje lahko pokvarijo preprih, slabo prezračevanje, prevroč ali prehladen prostor, pa tudi vertikalne temperaturne razlike, ko nam je v glavo vroče, v noge nas pa zebe. Zato je treba za uspešno sanacijo oziroma dobro izbrane sanacijske ukrepe predmet prenove dobro preučiti in opraviti določene meritve.[11]

Za določanje stanja notranjega prostora potrebujemo meritve, kot so temperatura, vlažnost, hitrost zraka in tudi osvetljenost prostora. Iz meritev, ki sledijo v nadaljevanju besedila, je razvidno, da je trenutno stanje vrtca zelo slabo. Vrtec je že dodobra načel »zob časa«. To se še kako dobro pozna na

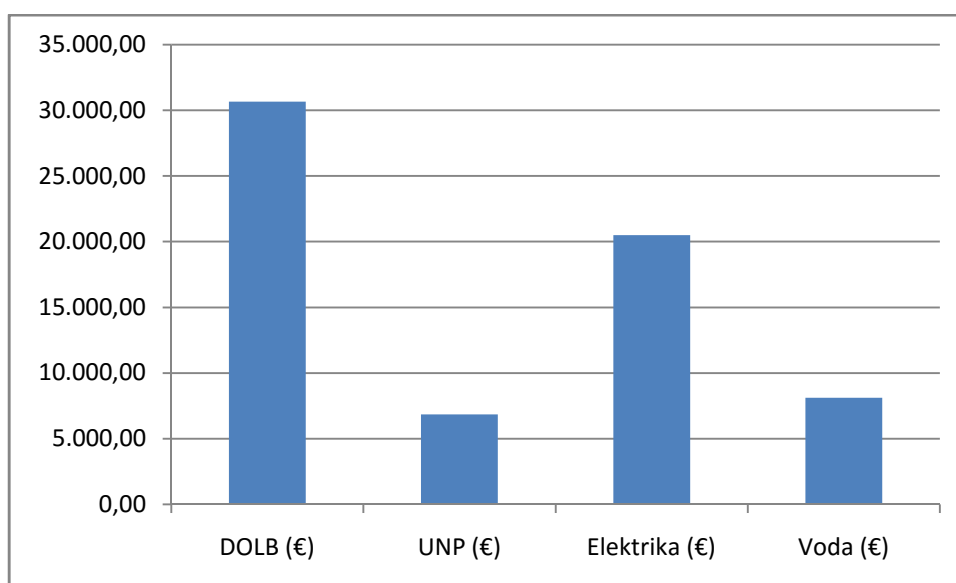
stroških, ki so potrebni za ogrevanje objekta. Podatke o stroških porabe in cen energentov sem dobil iz energetskega pregleda. V zimskem obdobju se ogrevajo s pomočjo DOLB (daljinskega ogrevanja na lesno biomaso) in UNP (utekočinjen naftni plin). Ta dva energenta se uporabljata tudi za zagotavljanje potreb sanitarne vode. Za druge naprave kot so naprave za osvetlitev prostorov, računalniki, televizije, električni stroji in še druge opreme, se uporablja električna energija. Plinski štedilniki in pečice v kuhinji obratujejo na UNP. V spodnji tabeli 10 so podani letni stroški obratovanja vrtca.[11]

Tabela 10: Letna poraba energije in stroški v vrtcu Postojna.

Energent	Letna poraba	Enota	Letna emisija CO2 (kg)	Letni strošek (EUR)	EUR/MWh
DOLB	349,97	MWh	115.488	30.662,00	87,61
UNP	7.200	l	10.759	6.851,87	136,93
Voda	4.143	m ³	0	8.106	
Elektrika	119,24	MWh	63.198	20.501,50	171,93
Skupaj:	519,25	MWh	189.445	66.121,33	

V cene so všteti vsi prispevki in omrežnine. Kot sem že prej omenil, je zgradba v slabem stanju in draga za ogrevanje. Ker je na leto potrebnih 173,6 kWh/m²a za ogrevanje, to pomeni, da objekt spada v energetske razred F. V spodnjem grafikonu 5 so prikazani stroški v evrih. Te podatke so vzeti iz energetskega poročila.[11]

Grafikon 5: Letni stroški obratovanja vrtca v Postojni



Prej omenjen energetska pregled vrtca je naročila občina Postojna, izvedlo pa ga je podjetje NI-BO Podjetniško svetovanje Robert Likar s.p. Podjetje je izvajalo meritve zraka oziroma notranjega okolja v zimskem času, natančneje med 28. 1. in 28. 2. 2014. Opravljenih je bilo več meritev in sicer v skladu s priporočili o meritvah notranjega okolja. Merjenje zraka v prostoru in določanje njegovih lastnosti je potekalo tudi v času neugodnega naravnega pojava – ledoloma. V tem času je vrtec ostal brez energije, kar se lepo pozna na rezultatih meritev. Rezultati največjih in najmanjših meritev so podani v sledečih tabelah 11 in 12.[11]

Opomba: Največje vrednosti temperature in vlage niso nastopile istočasno.

Tabela 11: Meritve ekstremov stanja mikroklimе v vrtcu Postojna.

	Temperatura (°C)	Vlaga (% rh)
Maksimalna vrednost	26,2	55,9
Minimalna vrednost	16,3	30

Tabela 12: Meritve ekstremov v času ledoloma.

Meritve v času ledoloma (31.1.2014 - 3.2.2014)	Temperatura (°C)	Vlaga (% rh)
Maksimalna vrednost	20,2	44
Minimalna vrednost	10,7	39,5

Meritve so pokazale, da je stanje mikroklimе v vrtcu ugodno – v nekaterih prostorih morda še predobro. Zasedil sem, da je bila najvišja temperatura v vrtcu izmerjena v igralnici in je znašala visokih 26,2 °C. Takšna temperatura je blizu zgornjim vrednostim ugodnega notranjega okolja. Iz meritev sem gotovil, da ima vrtec v Postojni sicer ugodno mikroklimo, ampak za to plačujejo veliko ceno. [11]

Strojna oprema, ki skrbi za ugodno stanje v vrtcu, se nahaja v kotlovnici, ta pa je stacionirana južno od objekta, na parkirišču. To je vidno na sliki 15.[11]

Slika 15: Kotlovnica.



Kotlovnica je bila prenovljena, vendar so v njej še vedno plinski kotli, s pomočjo katrih se lahko vrtec ogreva v primeru izpada trenutnega glavnega ogrevalnega sistema. V nadaljevanju je na slikah 16 in 17 prikazan še kurilni sistem.[11]

Slika 16: Peči za sistem DOLB.



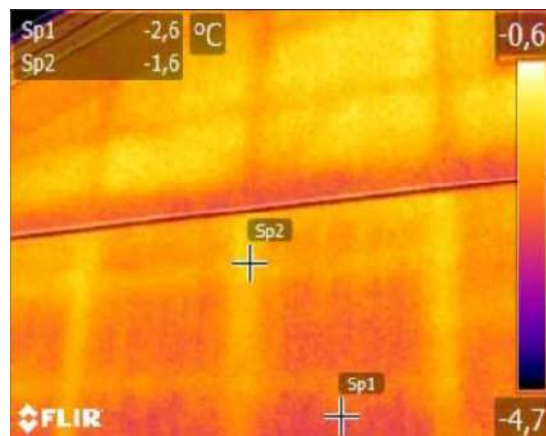
Slika 17: Ventili ogrevalnega sistema.



3.4 Termografski pregled in toplotni mostovi

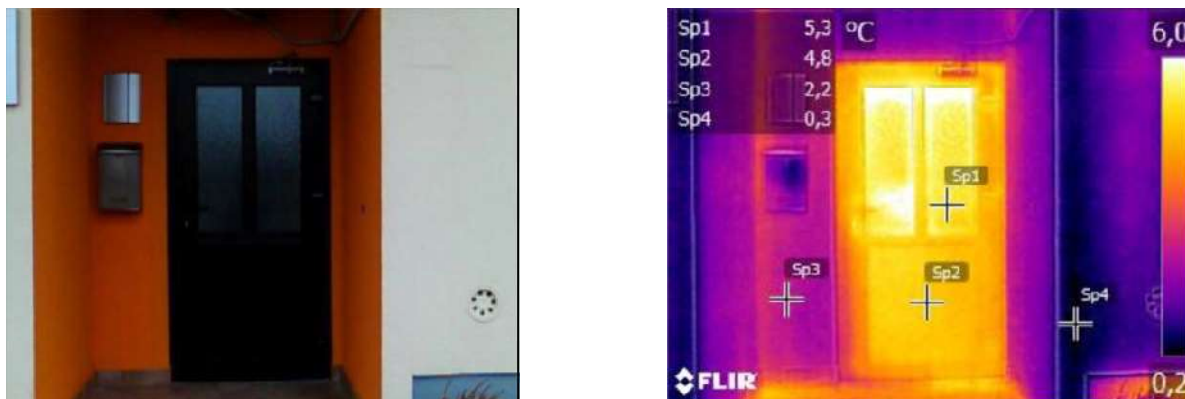
Za potrditev predpostavke, da vrtec izpolnjuje pogoje ugodne mikroklimne na podlagi večjih računov, bom zdaj predstavil še termografski pogled objekta. Prej omenjeno podjetje, ki je pred dvema leti izvajalo energetske pregled, je posnelo s toplotno (infrardečo ali IR) kamero nekaj primerov toplotnih mostov, slabih izolacij, dotrajanih transparentnih elementov, nevidnih poškodb in podobno. Termografski pregled je bil narejen 18.2.2014 in sicer v dopoldanskem času, ko je bilo vreme oblačno z relativno vlažnostjo 93 %, zunanja temperatura pa je dosegla 2,5 °C. Slike, ki so bile posnete s toplotno kamero, nam kažejo temperaturo posnetega objekta. Prikazala se je gosto obarvana slika, iz katere lahko s pomočjo barvne lestvice razberemo točno temperaturo v določeni točki. Toplota prehaja od toplega k hladnemu zraku, kar pomeni, da v zimskem času toplota prehaja iz ogrevanih prostorov proti zunanosti. V primeru slabe toplotne izolativnosti bodo zunanji posnetki svetlejši od notranjih. Termografske posnetke teh napak oziroma dotrajanosti elementov sem navedel spodaj v slikah 18–24. [11]

Slika 18: Fasada (leva slika), in termografska slika fasade (desno).



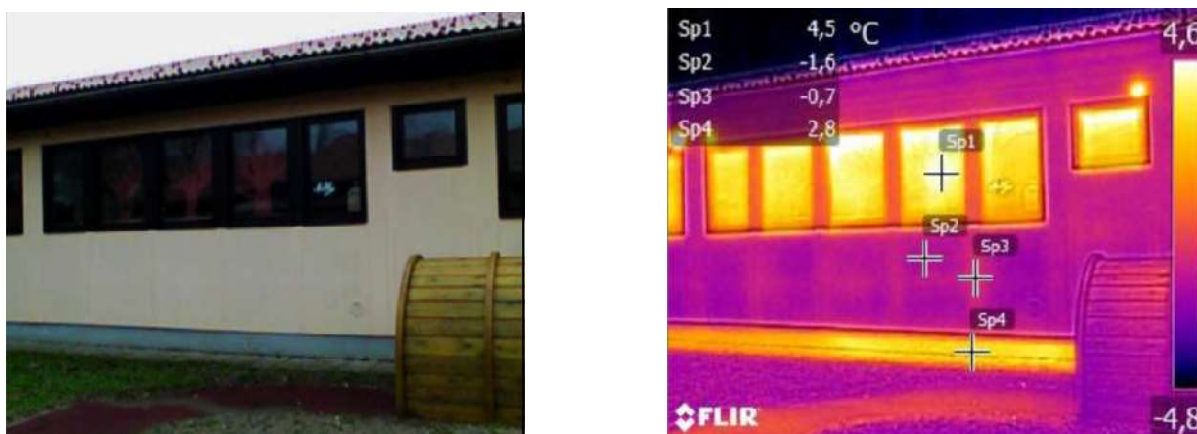
Na zgoraj podanih slikah lahko opazimo primer slabe toplotne izolativnosti. Na levi sliki fasade je možno opaziti nastanek plesni in alg.

Slika 19: Zunanja vrata (leva slika), termografska slika zunanjih vrat (desna slika).



Iz barvne lestvice lahko razberemo, da znaša temperaturna razlika med vrati in stenami kar 5°C. Ta element tudi predstavlja veliko večino toplotne izgube in ga je treba sanirati.

Slika 20: Okna (leva slika), termografska slika oken (desna slika).



Slika nas ne preseneča, saj je jasno, da se večina toplotne izgubi skozi transparentne elemente stavbe. Okna so dotrajana in ne tesnijo več tako kot so včasih, zato menim, da je zamenjava oken kar pomemben, če ne celo nujen ukrep v vrtcu. Pojav pod okni bom opisal pri naslednjem posnetku.

Slika 21: Cokel (leva slika), termografska slika cokla (desna slika).



Ta problem se pojavlja po celotnem ovoju objekta; prikazuje neizoliranost cokla, kar pa lahko povzroča hladna tla in slabše razmere znotraj stavbe.

Slika 22: Nevidna poškodba (leva slika), termografska slika nevidne poškodbe (desna slika).



Na sliki lahko opazimo primer kombiniranega toplotnega mostu. To je idealno mesto za nastanek plesni in mikroorganizmov.

Slika 23: Kombiniran toploni most (leva slika), termografska slika kombiniranega toplotnega mostu (desna slika).



Slika 24: Primer kombiniranega toplotnega mostu (leva slika), termografska slika kombiniranega toplotnega mostu (desna slika).

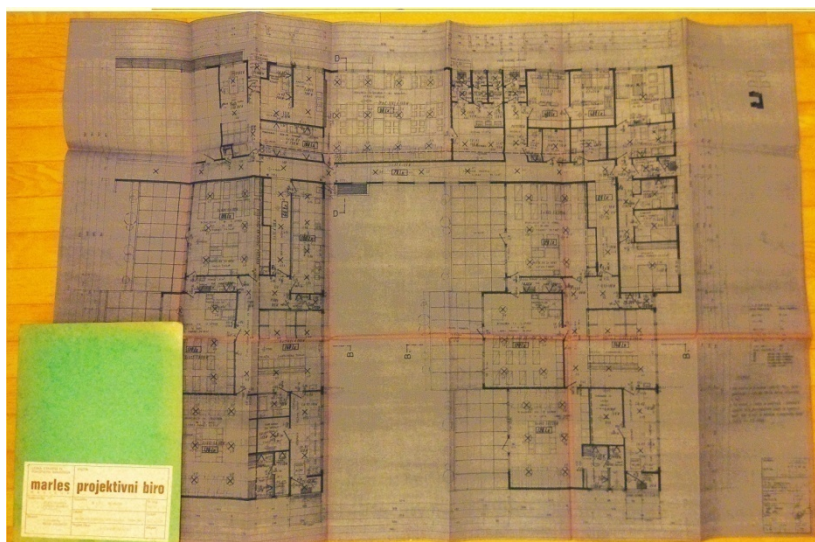


Te slike so lep primer kombiniranega toplotnega mostu. Možnost za nastanek plesni je tu velika.

3.5 Temperaturne cone objekta in računanje v programu TOST za trenutno stanje

S programom TOST bom izračunal trenutno energetsko bilanco vrtca. Preden pa lahko program to izračuna, je seveda treba vstaviti nekaj podatkov o samem objektu. Te sem dobil iz prvotnih starih načrtov podjetja Marles – projektivni biro in iz energetskega pregleda objekta. Najprej v programu opredelimo in poimenujemo objekt, nato pa predstavimo podatke o investitorju, projektantu in vrsti stavbe. Vrtec v Postojni je javna stavba. Primer načrtov je prikazan na sliki 25.

Slika 25: Načrt pritličja faze 3.



Vir slike 25: [12]

3.6 Vstavljanje podatkov v program TOST

Vstaviti je treba podatke, kot so prikazani na spodnjih tabelah (13–24).

Za mejne vrednosti (PURES, 21. člen) sem upošteval določila po 1. januarju 2015. Upošteval sem poenostavljen način upoštevanja toplotnih mostov (TSG-01-004-3.1.2), več o tem pa bom povedal v nadaljevanju. Vrsta dokumentacije je izvedbena. Način ogrevanja vrtca lahko vidimo na tabeli 13.

Tabela 13: Podatki o načinu ogrevanja in hlajenja vrtca.

Toplotna prevodnost zemljine λ_g (w/mK)	2		
	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Energent	Daljinskotoplota s kogeneracijo (DOLB)	Električna energija	Daljinska toplota s kogeneracijo (DOLB)
Učinkovitost sistema:			
Generacija	0,8	1	0,8
Distribucija	0,8	1	0,8
Emisija	0,78	1	1

Objekt se v ogrevalni sezoni ogreva s pomočjo daljinske toplote s kogeneracijo (Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso DOLB in utekočinjen naftni plin UNP). Isti sistem skrbi tudi za oskrbo s toplo vodo.[11]

Tabela 14: Klimatski podatki.

Koordinate	
X:	70019
Y:	439137
Temperaturni primanjkljaj DD (dan-K)	3700
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	8,5
Letna sončna energija (kWh/m²)	1084
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	275
Začetek ogrevalne sezone (dan)	245
Konec ogrevalne sezone (dan)	155

Tabela 15: Klimatski podatki razdeljeni po mesecih.

Mesec	Povprečna temperatura °C	Globalnosončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°C)					Ogrevanje(dnevi)
		Horiz.	S	V	J	Z	
Jan	-1	111	31	56	167	74	31
Feb	1	175	41	79	216	119	28
Mar	4	293	66	133	248	166	31
Apr	7	442	110	207	256	219	30
Maj	12	511	119	233	223	227	31
Jun	16	541	137	228	208	249	4
Jul	18	578	127	242	227	264	0
Avg	17	498	105	216	255	238	0
Sep	13	340	79	152	243	171	28
Okt	9	210	58	99	200	112	31
Nov	4	111	36	59	127	60	30
Dec	1	87	28	47	122	52	31
Ogrevana sezona	5,7	2334	586	1090	1817	1226	275

V program vstavimo koordinate objekta in na podlagi le teh program določi projektno temperaturo, letno sončno energijo in podobno kar vidimo na zgornji tabeli 15.

Tabela 16: Računska podobdobja.

Časovna podobdobja				
	Dan (h)	Noč (h)	Vikend (h)	Nezasedenost (dnevi)
Januar	264	288	192	
Februar	230	250	192	
Marec	264	288	192	
April	253	275	192	
Maj	264	288	192	
Junij	46	50	0	
Julij	0	0	0	
Avgust	0	0	0	
September	230	250	192	
Oktober	264	288	192	
November	253	275	192	
December	264	288	192	
Ogrevalna sezona	2332	2540	1728	

V računskih podobdobjih sem upošteval le ogrevalno sezono, ki traja dobrih devet mesecev. Vrtec je javna ustanova, ki obratuje pet dni v tednu, od 5:30 ure zjutraj in do 17:00 ure popoldne.[11]

3.6.1 Faktor osenčenosti:

Objekt ne leži v bližini večjih zgradb, zaradi katerih bi lahko prišlo do osenčenosti. Prav tako vrtec nima izzidkov in večjih nadstreškov, zato bom predpostavil faktor osenčenosti $F_{sh,ob} = 1,0$. Vrtec nima montirane nočne izolacije. Senčila sicer ima, vendar jih ne bom upošteval, saj bi rad najprej dobil mejne vrednosti objekta. V nadaljevanju, ko bom našteval in primerjal sanacijske ukrepe, bom še preveril, kakšno razliko predstavljajo senčila. Če bodo vrednosti zanemarljive, senčil ne bom upošteval.

3.6.2 Temperaturne cone

Vrtec je izobraževalna ustanova za otroke prvega in drugega starostnega obdobja. Zelo pomembno je, da se temperature v prostorih, kjer se gibljejo otroci, ne spreminja preveč. Idealna temperatura znaša med 20 in 23 °C. V našem primeru to pomeni, da se v vrtcu veliko prostorov ogreva

na enako temperaturo. To velja tudi za, garderobe, sanitarije, jedilnice in nekatere druge prostore. Trenutno je temperatura v zimskem času v ogrevanem delu vrtca enaka 23°C. Poleti pa termometer v vrtcu pokaže tudi do 25°C. Drugi prostori, kot so shramba, shramba za čistila, veternik, soba za pripravo mesa, kurilnica in garaža, se v zimskem obdobju ne ogrevajo in imajo povprečno temperaturo 19°C.[11]

Na račun takšnih temperaturnih delitev prostorov, v programu TOST uvedemo kondicionirane (ogrevane) in nekondicionirane (neogrevane) cone. Zaradi lažjega računanja bom naredil več ogrevanih in neogrevanih con, razdeljenih po etažah. Za prostore iz prve in druge neogrevane cone bom predpostavil temperaturo prostora 19°C v zimskem času. Predpostavil bom, da se ti prostori ogrevajo na račun ogrevanih prostorov, na katere mejijo. Kot je prikazano v spodnjem besedilu, sem vrtec razdelil na več temperaturnih con (slika 26):

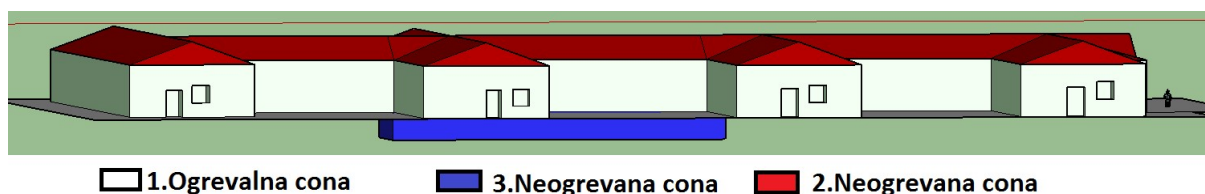
1. *Kondicionirana cona*; prostori v pritlični etaži, ki se ogrevajo.

1. *Nekondicionirana cona*; prostori, v pritličju, ki se ne ogrevajo.

2. *Nekondicionirana cona*; neogrevano podstrešje.

3. *Nekondicionirana cona* v neogrevani kleti; celotna površina kleti.

Slika 26: Temperaturne cone.



3.7 Opis temperaturnih con

Za podroben opis posamezne temperaturne cone potrebujemo na primer podatka o neto prostornini (V_e) in uporabni površini cone (A_u) v tabeli 17. Navesti je treba še vrsto konstrukcije glede na toplotno kapaciteto. Podatke za opis temperaturnih con, kot so projektna notranja temperatura poleti in pozimi in povprečna moč dobitkov notranjih virov, bom v nadaljevanju navedel s pomočjo tabel in krajših dopisov. Za povprečne moči dobitkov notranjih virov za vrtec sem našel podatek, ki upošteva vrednost 4W/m^2 . [17] Ker program TOST zahteva, da je ta podatek podan v (Watt), sem dano vrednost pomnožil z uporabno površino vrtca. [18]

Tabela 17: Opis kondicioniranih con.

Vhodni podatki	1.kondicionirana cona	1.nekondicionirana cona	2.nekondicionirana cona - podstrešje	3. negrevana cona - klet
Neto prostornina V_e (m^3)	4669,28	1734,8	2391	508,25
Uporabna površina cone Au (m^2)	1667,6	619,6	2288	211,77
Vrsta konstrukcije gledena toplotno kapacitet	Lahka			
Efektivna toplotna kapaciteta C (MJ/K)	183,44			
Projektna notranja temperatura (C)	Poleti	Zima		
Dan	25	23		
Noč	22	19		
Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
	6670	/	/	/

V vrtcu poteka le naravno prezračevanje. Za urno izmenjavo zraka sem predpostavil $0,7 h^{-1}$ čez dan in $0,4 h^{-1}$ čez noč, saj so okna že stara in ne tesnijo, tako kot so včasih (tabela 18). V vrtcu je zelo pomembno zračenje, ki poteka pogosto na dnevni ravni in je naravno.

Tabela 18: Prezračevanje.

Vhodni podatki	1.kondicionirana cona		1.nekondicionirana cona - pritličje		2.nekondicionirana cona - podstrešje		3.neogrevana cona - klet	
	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč
Vrsta prezračevanja	Naravno		Naravno		Naravno		Naravno	
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem (h^{-1})	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem (h^{-1})	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2

3.7.1 Netransparentni del zunanjih sten

Zunanjim stenam sem odštel transparentne elemente, kot so okna in vrata. Poleg površine netransparentnega dela zunanje stene sem moral še podati toplotno prevodnost tega elementa, ki pa sem ga izračunal s programom TEDI (tabela 19). V programu TOST sem uporabil poenostavljen način (TSG-01-004-3.1.2) upoštevanja toplotnih mostov [18]. To pomeni, da se toplotnih mostov pri izračunu ne upošteva oziroma ne vplivajo na končne rezultate. V nadaljevanju jih pri drugih konstrukcijskih sklopih prav tako nisem upošteval. Predpostavka, da so toplotni mostovi dovolj majhni, da ne vplivajo na nastanek plesni in toplotno prevodnost konstrukcijskih elementov, velja za celoten objekt.

Tabela 19: Podatki zunanjih sten in streh temperaturnih con.

Vhodni podatki	1.ogrevana cona - pritličje		1.neogrevana cona - pritličje		2.neogrevana cona - podstrešje		3.neogrevana cona - klet		R (zun. Stene) m^2K/W
	A(m^2)	U(W/m^2K)	A(m^2)	U(W/m^2K)	A(m^2)	U(W/m^2K)	A(m^2)	U(W/m^2K)	
Netransparentni del zunanjih sten	749,3	1,476	239	1,476	/	/	211,77	2,05	0,49
Streha	/	/	/	/	2391	3,276	/	/	/

Okna v vrtcu predstavljajo kar zajeten del površine zahodne in južne fasade; imajo lesen okvir in njihove lastnosti tesnenja niso več to, kar so nekoč bile. Zasteklitev je dvojna, s steklom B kvalitete z debelino 3 mm, po JUS standardih [12]. To so vsi podatki, ki sem jih zasledil v načrtih, zato sem ostale

potrebne podatke predpostavil in sicer s pomočjo navodil za program TOST. Predpostavke sem uporabil pri izračunu toplotne prehodnosti okna in sicer sem vzel dvojno zasteklitev z 10mm razmaka. Hkrati je sledila predpostavka celotnega sončnega obsevanja in faktorja okvirja.[18] Podatki so vidni v spodnji tabeli 20. Vrtec ima dva tipa vrat: vrata na igrišče, prav tako stara in izdelana, so v celoti zastekljena in sem jih upošteval skupaj z okni. Primer okna je prikazan na spodnji sliki 27.

Tabela 20: Transparentni elementi temperaturnih con, trenutno stanje.

Transparentni elementi				
Vhodni podatki	1.ogrevana	1.neogrevana	2.neogrevana cona-	3.neogrevana
Smeri neba:	cona	cona-pritličje	podstrešje	cona-klet
Sever (m2)	63,4	36,74	0	0
Zahod (m2)	82,9	1,6	0	14,1
Jug (m2)	181,2	0	0	0
Vzhod (m2)	10,6	29,25	0	6,84
Toplotna prehodnost U(W/m²K)	2,8	2,8	2,8	2,8
Prehod celotnega sončnega sevanja g_{glw}	0,76	0,76	0,76	0,76
Faktor okvirja F_f	0,58	0,58	0,58	0,58

Slika 27: Primer okna v vrtcu Postojna.



Kljub obsežnosti objekta sem se s pomočjo dobre razdelitve temperaturnih con izognil večjim problemom pri izračunih in merjenjih tal in njihovega obsega na terenu (tabela 21). V 1.ogrevalni in 1.neogrevalni temperaturni coni, ki se nahajata v pritličju, sem moral odšteti etažno površino, na kateri

se coní srečata s stropno površino kleti. Na ta način sem se izognil morebitnemu računu povprečnih toplotnih uporov med medetažno konstrukcijo klet–pritličje in tla na terenu–pritličje.[12]

Tabela 21: Podatki tal temperaturnih con.

Vhodni podatki	1.ogrevana cona - pritličje	1.neogrevana cona - pritličje	2.neogrevana cona - podstrešje	3.neogrevana cona - klet
Debelina zunanje stene nad nivojem terena d(m)	0,14	0,14	0,14	0,3
Površina tal Af (m ²)	1527,6	533,1	/	211,77
Izpostavljeni obseg tal P(m)	406,4	143,5	74,5	75,72
Toplotni upor tal R(m ² K/W)	0,965	0,965	/	0,63

Predelne stene v pritličju med ogrevano in neogrevano cono predstavljajo t. i. »sendvič« montažni element debeline 10 cm s 5 cm vmesne mineralne volne. Za predelne elemente med pritličjem (ogrevane in neogrevane cone) in podstrešjem ter kletjo sem vzel površino in toplotno prehodnost prav teh medetažnih konstrukcij (tabela 22). [11]

Tabela 22: Predelne stene med temperaturnimi conami.

Vhodni podatki	1.ogrevana cona - pritličje		1.neogrevana cona - pritličje		2.neogrevana cona - podstrešje		3.neogrevana cona - klet	
	A(m ²)	U(W/m ² K)	A(m ²)	U(W/m ² K)	A(m ²)	U(W/m ² K)	A(m ²)	U(W/m ² K)
Elementi proti drugim conam:								
1.NC - pritličje	1014,4	0,578	/	/	619,6	0,445	211,7	1,036
2.NC - podstrešje	1667,6	0,445	619,6	0,445	/	/	/	/
3.NC z NK - klet	140	1,036	86,5	1,036	/	/	/	/

Tabela 23: Topla voda.

Topla voda	
Vrsta stavbe	Šola s tuši
Število dni zagotavljanja tople vode	365
Referenčna površina	915,85

Površina učilnic

V programu v zadnjem zavihtku vpišemo še število dni zagotavljanja tople vode in gostoto moči svetilk. V navodilih programa TOST sem našel podatek za referenčno površino, ki se upošteva pri objektih, kot je vrtec (tabela 23).[18] Gostoto moči svetilk sem dobil iz energetskega pregleda vrtca, kjer je opisana skupna moč vseh svetilk, katero sem delil z površino objekta (tabela 24).[11]

Tabela 24: Razsvetljava.

Razsvetljava	
Vrsta stavbe	Stavba za izobraževanje
Gostota moči svetilk PN (W/m^2)	22,7
Zasilna razsvetljava	NE
Avtomatsko vodenje rezsvetljave	NE
Nadzorni sistem stalne osvetljenosti Fc	NE
Upoštevanje zasedenosti Fo	Ročno
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe Fd	Ročno
Maksimalna gostota moči svetilk PN za izbran tip stavbe (W/m^2)	13
Izračunana gostota moči svetilk PN za obravnavano stavbo (W/m^2)	11,9

3.8 Rezultati energetske analize

Tabela 25: Izračuni energetske analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H'T$ (W/m^2K)		0,52	0,37
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)		1.299.436	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		441.209	106.638
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		0	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m^2a)	264,58	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m^3a)	94,49	22,84
Letni izpust CO_2 (kg)		395.345	
Letni izpust CO_2 na enoto kondicionirane prostornine (kg/m^3a)		84,67	

Iz tabele 25 je razvidno, da trenutno stanje vrtca ne ustreza energetskim zahtevam.

3.8.1 Analiza rezultatov:

Z rezultati energetske bilance lahko podkrepimo trditve o slabem stanju objekta, slabi sestavi in slabih faktorjih prehodnosti konstrukcijskih elementov. Po pričakovanjih sta letna potrebna toplota za ogrevanje (Q_{NH}) in koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe ($H't$) večja od dovoljenih vrednosti za tak objekt. Natančneje sta Q_{NH} in $H't$ 4,14-krat večja od dovoljene vrednosti, ki jo predpisuje program TOST.

4. NABOR MOŽNIH SANACIJSKIH UKREPOV

Vsi zgoraj navedeni podatki in rezultati kažejo na dokaj veliko energetska neučinkovitost vrtca v Postojni; vrtec je vsekakor nujno potreben prenove. V nadaljevanju bom zato navedel nekaj sanacijskih ukrepov, s katerimi bom poskusil predstaviti, kako bi vrtec lahko dosegel vsaj največje dovoljene energetske pogoje. Pri sanaciji in izbiri novih materialov bom pozoren tudi na njihovo ceno. Ukrepe in analize rezultatov energetske bilance bom navajal posamično, da bom lahko sproti spremljal njihov učinek na objekt.

4.1 Investicijski ukrepi

1. Postavitev toplotne izolacije na strehi.
2. Postavitev toplotne izolacije na zunanji steni pod terenom in na površini cokla.
3. Povečanje debeline toplotne izolacije na zunanji steni nad terenom.
4. Povečanje debeline toplotne izolacije na medetažnih konstrukcijah.
5. Povečanje debeline toplotne izolacije v tleh na terenu, v območju pritličja, in postavitev toplotne izolacije v tleh pod terenom, v območju kleti.
6. Zamenjava dotrajanega stavbnega pohištva kot so okna in vrata.
7. Zmanjšanje gostota moči svetilk.

4.1.1 Ukrep 1: Postavitev toplotne izolacije na strehi.

Tabela 26: Sestava strehe, prenovljeno stanje.

Streha			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Parna zapora			
XPS 50	0,03	0,043	
Kamena volna	0,16	0,038	
Parna ovira			
Strešni nosilec			
Strešne letve 48/78			
Valovite salonit plošče	0,008	0,56	Konstrukcijski sklop ustreza
			$U = 0,197 > U_{max} = 0,2$

Trenutno je streha neizolirana in ima v bistvu le funkcijo hidroizolacije mrzlega podstrešja. Sestavljena je iz valovitih salonitnih plošč, strešnih letev in strešnega nosilca ter parne ovire, ki predstavlja sekundarno kritino. Toplotno izolacijo (KNAUF INSULATION Unifit 035) sem namestil pod parno oviro, med špirovce, ki imajo debelino 16cm. Ko sem računal toplotno prehodnost tega elementa, sem za toplotno izolacijo vzel drug material s podobnimi fizikalnimi lastnostmi, saj omenjeni material ni na razpolago. Nato sem dodal še 3 cm Fragmat EPS50 toplotne izolacije, ki je pokrila notranje površine strešnega nosilca, in kameno volno – s tem se lahko izognemo linijskim toplotnim mostovom. Na notranjo stran strehe sem postavil še parno zaporo, ki omogoča, da streha lahko »dih«. To pomeni, da je streha difuzijsko odprta ali, z drugo besedo, paroprepustna, a le za parne zapore, kar pomeni, da se bo v primeru navlaževanja streha še vedno lahko izsušila. Kameno volno pa sem izbral zato, ker je negorljiva (razred A1). V primeru požara bi tako otroci imeli več časa za evakuacijo.[14] Z ukrepom sem zadostil mejnim vrednostim (tabela 26).

Tabela 27: Rezultati analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,51	0,37	1,92
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)		1.253.812	-	3,51
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)		415.238	106.638	5,89
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)		1	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	249	-	
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	88,93	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		380.289		3,81
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		81,44		

Ukrep 1 ne zadosti energetskim zahtevam.

4.1.2 Ukrep 2: Postavitev toplotne izolacije na zunanji steni pod terenom in na površini cokla.*Tabela 28: Sestava zunanje stene pod terenom, prenovljeno stanje.*

Zunanja stena pod terenom			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Notranji omet	0,01	0,7	
Kamena volna	0,12	0,038	
Parna ovira	0,0002		
Betonska stena z minimalno armature	0,29	2,33	
Bitumenski trak - Hidroizolacija	0,01	0,17	Konstruktivski sklop ustreza
			$U = 0,274 < U_{max} = 0,35$

Slabo toplotno izolativnost zunanje stene pod terenom v kletnih prostorih sem izboljšal z namestitvijo kamene volne (Knauf Insulation DP-3) v debelini 12 cm. Ponovno sem izbral kameno volno zaradi njenih dobrih lastnosti pri nevarnosti požara, saj spada v razred negorljivosti A1. Ko sem računal toplotno prehodnost tega elementa, sem za toplotno izolacijo vzel drug material s podobnimi fizikalnimi lastnostmi, saj tega ni med razpoložljivimi. Zaradi lažje in cenejše izvedbe ukrepa sem jo namestil na notranjo stran zunanje stene. Pred izolacijo sem dal parno oviro. Za končno obdelavo sem izvedel osnovni omet. [14] Konstruktivski sklop odgovarja energetskim zahtevam (tabela 27).

Tabela 29: Rezultati analize.

Končni podatek	Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)	0,52	0,37	0,00
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)	1.291.918	-	0,58
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)	436.930	106.638	0,97
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)	0	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	262,01	-
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	93,58	22,84
Letni izpust CO ₂ (kg)	392.864		0,63
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)	84,14		

Ukrep 2 ne zadosti energetskim zahtevam.

4.1.3 Ukrep 3: Povečanje debeline toplotne izolacije na zunanji steni nad terenom.

Tabela 30: Sestava zunanje stene nad terenom, prenovljeno stanje.

Zunanja stena nad terenom			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Kningips MKP	0,01	0,7	
Iverkica + alu folija	0,013	0,12	
Utjena mineralna volna	0,01	0,041	
Zračna plast + lepenka	0,04	0,25	
Letvice 22/60	0,06		
Mavčno kartonska plošča	0,02	0,23	
Kamena volna	0,12	0,038	
Fasadni omet	0,01	0,7	Konstrukcijski sklop ustreza
			U = 0,263 < U _{max} = 0,28

Izolacija iz kamene volne lahko močno izboljša bivalne pogoje, saj je visoko toplotno izolativna, negorljiva (razred A1) in hkrati visoko paropropustna (Knauf Insulation SMARTWALL N C1).[14] Ko sem računal toplotno prehodnost tega elementa, sem za toplotno izolacijo vzel drug material s podobnimi fizikalnimi lastnostmi, saj ta ni na razpolago.

Tabela 31: Rezultati analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,37	0,37	28,85
Letna raba primarne energije Qp (kWh)		1.110.980	-	14,50
Letna potrebna toplota za ogrevanje QNH (kWh)		333.929	106.638	24,32
Letni potrebni hlad za hlajenje QNC (kWh)		6	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	QNH/Au (kWh/m ² a)	200,25	-	
	QNH/Ve (kWh/m ³ a)	71,52	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		333.153		15,73
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		71,35		

Ukrep 3 ne ugotovi energetskim zahtevam.

4.1.4 Ukrep 4: Povečanje toplotne izolacija v medetažnih elementih. Strop kleti in strop pritličja.

Najprej bom izvedel ukrepe na stropu pritličja.

Tabela 32: Sestava medetažne konstrukcije med kletjo in pritličjem, prenovljeno stanje.

Medetažna konstrukcija: klet - pritličje			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Parket	0,008	0,21	
Cementni estrih	0,032	1,4	
Polietilenska folija			
Stiropor	0,01	0,039	
Polietilenska folija			
Betonska plošča z minimalno armature	0,2	2,04	
Kamena volna	0,1	0,036	
Zaključni omet	0,01	0,7	Konstrukcijski sklop ustreza $U = 0,302 < U_{max} = 0,35$

Zaradi lažje izvedbe sem na spodnjo (kletno) stran konstrukcijskega sklopa dodal toplotno izolacijo (dvoslojne plošče Tektalan A2-E31-035/2). To so izolacijske plošče, ki so enostavne za postavitve in zagotavljajo zaščito stropa z vidika toplotne in požarno-varne zaščite. Sestavljene so iz zunanjih lesno-vlaknastih plošč in so v sredini zapolnjene s kameno volno. Na stropno konstrukcijo jih je mogoče pritrditi s pomočjo betonskih vijakov. Ko sem računal toplotno prehodnost tega elementa, sem za toplotno izolacijo ponovno vzel drug material s podobnimi fizikalnimi lastnostmi, saj ta ni na razpolago. Z izvedbo izolacije na spodnji strani stropa sem tudi naredil neprekinjeno toplotno povezavo po celotnem obodu kleti (strop, zunanje stene in tla). S tem ukrepom sem tudi omilil problem mrzlih tal v zimskem obdobju.[14]

Tabela 33: Rezultati analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,52	0,37	0,00
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)		1.274.322	-	1,93
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)		426.914	106.638	3,24
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)		1	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	256,01	-	
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	91,43	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		387.058		2,10
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		82,89		

Tabela 34: Medetažna konstrukcija podstrešja, prenovljeno stanje.

Medetažna konstrukcija - podstrešje			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Gips plošča	0,01	0,58	
Iverna plošča	0,013	0,12	
Al folija			
Kamena volna	0,2	0,04	
Parna ovira			Konstrukcijski sklop ustreza
U = 0,193 < U _{max} = 0,2			

Najbolj preprost element za sanacijo je prav gotovo nepohodno podstrešje, kakršnega ima izbrani vrtec v Postojni. Hkrati pa je tudi najbolj pomemben, če ne nujen element, pri katerem je treba posvetiti veliko pozornost toplotni izolativnosti in še posebej požarni odpornosti. To je tudi eden

izmed razlogov, zakaj sem se v tem in tudi v drugih primerih odločil za kameno volno. Staro, 8 cm debelo toplotno izolacijo, sem zamenjal z 20 cm nove izolacije (Knauf Insulation DP-3). [14] Nad kameno volno sem položil še parno oviro.

Tabela 35: Rezultati analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,51	0,37	1,92
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)		1.227.695	-	5,52
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)		400.371	106.638	9,26
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)		2	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	240,09	.	
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	85,75	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		371.670		5,99
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		79,6		

Ukrep 4 ne ugotovi energetskim zahtevam.

4.1.5 Ukrep 5: Postavitev toplotne izolacije v tleh.

Najprej bom opisal postavitev izolacije v tleh v območju kleti, nato pa še povečanje debeline izolacije v tleh v območju pritličja.

Tabela 36: Sestava kletnih tal pod terenom, prenovljeno stanje.

Tla pod terenom – klet			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Keramične ploščice	0,01	1,28	
Cementni estrih	0,06	1,4	
Pohodne toplotno izolacijske plošče	0,1	0,037	
Parna ovira			
Betonska plošča z minimalno armature	0,18	2,04	
Bitumenski trak HI	0,01	0,17	
Podložni beton	0,07	0,47	
Nasutje	0,2	1,4	Konstruktivski sklop ustreza
			$U = 0,301 < U_{max} = 0,35$

V primeru tal sem našel zanimivo rešitev, to so pohodne toplotno izolacijske plošče in kamene volne (Knauf Insulation pohodna talna plošča DF) [14]. Svetla višina etaže je najmanjša razdalja med stropom in tlemi. [15] V mojem primeru znaša svetla višina kletne etaže, po dodani stropni in talni izolaciji, 220cm – to pa je hkrati minimalna dovoljena svetla višina etaže. [16] Izvedba takšnega ukrepa je nekoliko dražja, saj je potrebno razstaviti obstoječa tla in narediti nova.

Tabela 37: Rezultati analize.

Končni podatek	Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)	0,52	0,37	0,00
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)	1.299.381	-	0,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)	441.178	106.638	0,01
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)	0	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	264,56	.
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	94,48	22,84
Letni izpust CO ₂ (kg)	395.327		0,00
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)	84,67		

Prvi del ukrepa 5 ne zadosti energetskim zahtevam.

Tabela 38: Sestava pritličnih tal na terenu, prenovljeno stanje.

Tla na terenom - pritličje			
Material	Debelina (m)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)	Faktor toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Parket	0,008	0,21	
Cementni estrih	0,032	1,4	
Polietilenska folija			
Stiropor	0,1	0,039	
Polietilenska folija			
Bitumenski trak - hidroizolacija	0,01	0,17	
Betonska plošča z minimalno armature	0,1	2,33	
Nasutje	0,2	1,4	Konstruktivski sklop ustreza
			U = 0,332 < U _{max} = 0,35

Pri sestavi pritličnih tal na terenu nisem veliko spremenil. Toplotna izolacija ostaja enaka (EPS70), le njena debelina se spremeni na 10 cm. Konstruktivski sklop ustreza dovoljenim zahtevam. Spremembo izolativnosti tal (v kleti in pritličju) sem izvedel posamično.

Tabela 39: Rezultati analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,48	0,37	7,69
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)		1.244.370	-	4,24
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)		409.862	106.638	7,10
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)		2	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	245,78	,	
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	87,78	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		377.173		4,60
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		80,78		

Drugi del ukrepa 5 ne zadosti energetskim zahtevam.

4.1.6 Ukrep 6: Zamenjava stavbnega pohištva, kot so okna in vrata.

Tabela 40: Karakteristike novih oken.

Transparentni elementi				
Vhodni podatki	1.ogrevana cona	1.neogrevana cona-pritličje	2.neogrevana cona-podstrešje	3.neogrevana cona-klet
Sever (m ²)	63,4	36,74	0	0
Zahod (m ²)	82,9	1,6	0	14,1
Jug (m ²)	181,2	0	0	0
Vzhod (m ²)	10,6	29,25	0	6,84
Toplotna prehodnost U(W/m²K)	1,09	1,09	1,09	1,09
Prehod celotnega sončnega sevanja g,glw	0,58	0,58	0,58	0,58
Faktor okvirja Ff	0,3	0,3	0,3	0,3

Okna predstavljajo v vrtcu veliko površino zunanjih sten, zato menim, da je sanacija oken eden najbolj pomembnih, če ne celo najpomembnejši ukrep, ki ga lahko izvršimo na tem objektu. Zaradi oken in vrat prihaja do velike toplotne izgube, kar je lepo prikazano na zgornjih termografskih posnetkih (sliki 19 in 20). Okna in okvirji so elementi, ki so lahko odgovorni za visoke stroške, zato je treba izbrati energijsko učinkovita okna.[20] Karakteristike novih oken sem izbral na podlagi zahtev PURES-a [19] in spomočjo navodil za program TOST.[18] Nova okna so dvojno zastekljena Low-e, med stekli je plin kripton (tabela 39). Odločil sem se, da bodo novi okvirji prav tako leseni, saj lesena okna bolj »dihajo« kot na primer plastična in kovinska. Najboljša kombinacija okvirja je sicer les-aluminij, vendar so taka okna izredno draga. Faktor okvirja sem predpostavil $F_f = 0,3$. Nova vrata bodo imela boljše toplotnoizolativne lastnosti, faktor toplotne prehodnosti novih vrat bo znašal $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Istočasno s tem ukrepom, bom izvedel še en podukrep in sicer bom zmanjšal čas prezračevanja, saj nova okna bolj tesnijo. Vzel bom minimalne dovoljene vreznosti in sicer čez dan $0,5\text{h}^{-1}$ in čez noč $0,2\text{h}^{-1}$.

Tabela 41: Rezultati analize.

Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,43	0,37	17,31
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)		1.103.257	-	15,10
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)		329.512	106.638	25,32
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)		21	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	197,6	.	
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	70,57	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		330.600		16,38
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		70,8		

Ukrep 6 ne ugotovi energetskim zahtevam.

4.1.7 Ukrep 7: Manjša gostota moči svetilk.

Trenutno v vrtcu uporabljajo večinoma fluorescenčne svetilke različnih moči, kar pa je dandanes potratna izbira osvetlitve. Fluorescenčne svetilke z leti oddajajo manj svetlobe za razliko od LED svetilk. LED svetilke so varčnejše, saj delujejo na manjši napetosti in oddajajo bolj čisto svetlobo.[21] Našel sem primerne LED svetilke, ki bi lahko zamenjala trenutne, z enako svetilnostjo (svetilnost se meri v lumenih).[22] Z zamenjavo svetilk, bi zmanjšali gostoto moči svetilk za 40 %.S tem bi letno rabo primarne energije vrtca znižali za 13 %.

Tabela 42: Primerjava svetilk in njihove moči ter gostota moči svetilk.

Približno enake svetilnosti			
FLUO svetilke	LED svetilke	Število svetilk	
1x18W	1x9W	1	
1x58W	1x28W	5	
3x58W	3x28W	17	
2x58W	2x28W	228	
2x18W	2x9W	119	
Žarnica			
100W	20W	2	
60W	16W	40	
Skupna moč svetilk:	36950 W	21927 W	412
Gostota moči svetilk:	16,15 W/m ²	9,58 W/m ²	
	Prihranek	40%	

Ukrep 7 ne ugotovi energetskim zahtevam.

5. REZULTATI VSEH UKREPOV

V spodnji tabeli 43 sem, uvedel vse spremembe pri vseh ukrepih in dobil naslednje rezultate.

Tabela 43: Rezultati vseh ukrepov skupaj.

Končni podatek	Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)	0,2	0,37	61,54
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)	610.676	-	53,00
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)	129.291	106.638	70,70
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)	9.160	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	77,53	,
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	27,69	22,84
Letni izpust CO ₂ (kg)	184.667		53,29
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)	39,55		

Vsi ukrepi skupaj ne zadostijo energetskim zahtevam, zato bom nekatere izmed njih še zaostрил. Kljub velikemu številu ukrepov, še vedno nismo zadostili pogojem letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{nh}. Kot je zgoraj v tabeli napisano, smo koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub zmanjšali za 61,5 %, letno rabo primarne energije za 53 % in letno potrebno toploto za ogrevanje za 70,7 %. To so pozitivni rezultati, vendar kljub temu nezadostni. Najbolj učinkoviti ukrepi so bili povečanje toplotne izolacije na zunanji steni nad terenom, na podstrešju in zamenjava oken. Ko sem navajal ukrepe in izbiral debelino izolacije ter vrsto oken sem poskušal ugoditi zahtevam le teh posameznih elementov. Sedaj bom poskušal te tri ukrep, ki so najbolj pripomogli k sanaciji stavbe, še povečati, ker me zanima koliko izolacije in kakšna okna so potrebna, da bo vrtec ugajal zahtevam za energetsko učinkovit objekt. Končno stanje teh treh elementov bo sicer dražje in sklopi bodo debelejši, ampak ugodijo zahtevam po PURES-u. Okna so troslojna low-e Kr (10mm) (U=0.87 W/m²K, g=0.53, Ff=0.3),(18) zunanja stena nad terenom postane debela 30 cm (U=0,14 W/m²K) in bolj izolirano podstešje debeline 32 cm (U=0,131 W/m²K). Po takšnih drastičnih ukrepih dobimo naslednje rezultate (tabela 44), ki končno ustrezajo pravilniku o učinkoviti rabi energije v tavbah.

Tabela 44: Ustrezni rezultati analize.

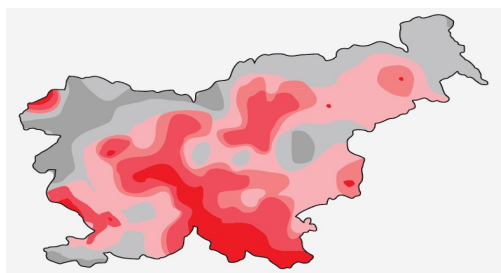
Končni podatek		Izračunan	Največji dovoljen	Prihranek %
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'T (W/m ² K)		0,17	0,37	67,31
Letna raba primarne energije Q _p (kWh)		573.518	-	55,86
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q _{NH} (kWh)		106.499	106.638	75,86
Letni potrebni hlad za hlajenje Q _{NC} (kWh)		10314	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	63,86	.	
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	22,81	22,84	
Letni izpust CO ₂ (kg)		172.064		56,48
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine (kg/m ³ a)		36,85		

Ukrepi so zadostili energetske zahtevam.

6. VPLIV RADON Rn^{222} (Bq/m^3)

Radon predstavlja večjo nevarnost v zaprtih prostorih, kot na prostem. Je radioaktiven plin, ki nima ne barve, ne vonja in ne okusa. Njegov nastanek je pogojen z radioaktivnim razpadom urana. Najdemo ga v zemljinah in kamninah, včasih tudi v vodi. Problem nastajanja prevelike koncentracije radona v znotraj stavb, predstavlja problem tudi v Sloveniji. V prostori, kjer so povišane koncentracije radona, je večja nevarnost za obolenji, kot je pljučni rak [23]. Največje koncentracije najdemo na jugovzhodnem in osrednjem delu države (slika 28).

Slika 28: Koncentracija radona po Sloveniji.



Vir slike. [23]

V Sloveniji je v šolah in vrtcih največja dovoljena količina radona $400 Bq/m^3$. Nekaj raziskav je bilo opravljenih in ugotovili so, da v 46 vrtcih in 77 šolah je bila ta količina radona presežena. Posebej občutljivi so otroci, saj imajo manjšo kapaciteto pljuč in večjo frekvenco dihanja [23]. Za povečano količino radona v zaprtih prostorih, sta v večini primerov odgovorna geologija in struktura tal ter način in kvaliteta gradnje. Ker ima radon nizko kemijsko reaktivnost, se v večini primerov ne veže na drugo snov. To je tudi razlog, da radon nima otežene poti čez razpoke v kamninah in temeljnih. Še eden od podobnih razlogov za lahko prehajanje radona v stavbe, je nižji atmosferski tlak od tlaka plina v zemlji [24]. V Postojnski regiji so našli večje koncentracije radona in sicer $5750 Bq/m^3$. Za vrtec v Postojni ne morem trditi, da vsebuje ta škodljivi plin, vendar lahko pa vseeno navedem ukrepe za sanacijo tega plina.

Navedel bom nekaj ukrepov, ki v primerih povišane koncentracije radona v stavbah, omejujejo njegovo preseganje največje dovoljene količine ($400 Bq/m^3$) [25].

- Najbolj učinkoviti so posegi v temeljnih tleh, talnih ploščah. Potrebna je ustrezna zatesnitev vseh razpok in špranj v temeljnih tleh in stenah pod terenom.
- Z uporabo ventilatorjev lahko zagotovimo nižji tlak pod temeljno ploščo.
- V prostoru lahko ustvarimo stanje v katerem je prostor malce pod tlakom, v primerjavi okolico in terenom pod temeljno ploščo. To dosežemo tako, da dovedemo več zunanjšega in odvajajo manj notranjšega zraka.
- Pomembna je tudi ustrezna zatesnitev dovodnih poti (kanalizacijske, vodovodne in elektroinštalacijske cevi), kjer je možnost vstopa radona.

7. ZAKLJUČEK:

Tematika diplomske naloge je sanacija vrtca v Postojni. To je javna zgradba, zgrajena leta 1975. Objekt je bil delan po načinu montažne gradnje. Tema diplomske naloge, je bila prenoviti to javno stavbo tako, da bodo njene nove karakteristike odgovarjale zahtevam po pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah. Na kratko, namen je bil zmanjšati porabo primarne energije in toplotne energije, pod mejo pravilnika. Kot je vidno iz gornjih rezultatov, je trenutna poraba vrtca bila kar 4 – krat večja od dovoljene. Ta stavba dandanes spada med bolj potratne, natančneje v energijski razred F. Pri izračunu posegov na objektu sem si pomagal s programi, ki sem jih dobil s strani fakultete za gradbeništvo in geodezijo (TOST, TEDI). Ob temeljitem in obširnem pregledu tega 2280 m² neto uporabne površine velikega vrtca, kar mi je tudi vzelo največ časa, sem ugotovil, da trenutnim zahtevam ustrezajo le predelne stene v pritlični etaži. Vse ostale konstrukcijske sklope sem dodelal tako, da so na koncu energetske analize, zadostovali trenutnim energijskih zahtevam stavb. Med samim pisanjem diplomske naloge, so mi največ preglavic povzročali 41 let stari načrti. Nekaj stvari sem moral odpraviti v Postojno ponovno zmeriti. Opravil sem tudi kar nekaj klicev na občino Postojna, kjer so mi pomagali razrešiti vse težave, na katere sem naletel. Tako sem tudi dobil energetska poročila vrtca iz leta 2014, ki sem ga dodal med priloge. Ko sem navedel vse ustrezne ukrepe, sem dobil rezultate, ki ustrezajo današnjim energetskim zahtevam. Z energetska analizo sem vrtcu zmanjšal letno potrebno toploto za ogrevanje, za skoraj 76 odstotkov.

Če država in njene občine, želijo doseči cilje Evropske direktive o energetska učinkovitosti stavb EPBD, se bo moralo izvajati in investirati več kot se trenutno. Zahteve so visoke ampak od končenga stanja bodo imeli vsi samo koristi.

VIRI

- [1] DIREKTIVA 2010/31/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb: <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/epbd-20022010/> (Pridobljeno 8. 8. 2016.)
- [2] Vir slike 1:
https://www.google.si/search?q=energetske+razredi&client=opera&biw=1600&bih=790&source=lms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiO5PXXVqOfOAhXLaxQKHYYGoD08Q_AUIBigB#tbm=isch&q=energijske+razredi&imgc=YKdFigqN6b_HHM%3A (Pridobljeno 8. 8. 2016.)
- [3] Slovenska zakonodaja, Vir <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/prenos-v-slovensko-zakonodajo/> (Pridobljeno 8. 8. 2016.)
- [4] Energetska sanacija; <http://www.kolektorgradbeniingeniring.com/storitve-in-produkti/energetska-sanacija-stavb>, <http://www.knaufinsulation.si/energetske-prenove-objektov> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [5] Nizko energijske stavbe; <http://www.ziher-hise.si/nizkoenergijskahisa.aspx> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [6] Prehod toplote čez KS; (<http://www.proform.si/index.php/slovar/196>, <http://www.stavbarstvo.com/toplotna-prehodnost.php>), (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [7] Vir Slike 2;
https://www.google.si/search?q=toplotni+tok+skozi+steno&client=opera&sa=X&biw=1600&bih=790&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwjGn6bSqefOAhWfKSwKHa9bBd8QsAQIPQ&dpr=1#imgc=K_IpoZyPDuCRPM%3A (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [8] Toplotni most; <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [9] Vir slik 3,4; <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF> (Pridobljeno 9. 8. 2016.)
- [10] Vir slike 5; Atlas okolja <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF> (Pridobljeno 10. 8. 2016.)
- [11] Energetske pregled vrtca iz leta 2014, priložen k prilogi.
- [12] Načrti projektivnega biroja Marles.

- [13] Program U-wert; <https://www.u-wert.net/berechnung/u-wert-rechner/> (Pridobljeno 10. 8. 2016.)
- [14] Novi izolacijski materiali iz kamene volne, ter njene prednosti.
<http://www.knaufinsulation.si/sites/si.knaufinsulation.net/files/KI-SOLA-IZOLIRANJA-casopis.pdf> (Pridobljeno 14. 8. 2016.)
- [15] Svetla višina etaže <http://www.najdi.si/najdi/svetla+visina/tip-dokumenta/excel> (Pridobljeno 14. 8. 2016.)
- [16] Najmanjša dovoljena svetla višina etaže <https://www.uradni-list.si/1/content?id=101837> (Pridobljeno 14. 8. 2016.)
- [17] Dobitki notranjih virov [file:///C:/Users/Luka/Downloads/2012-01-3613-2009-01-3362-npb1-p5%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Luka/Downloads/2012-01-3613-2009-01-3362-npb1-p5%20(1).pdf) (Pridobljeno 14. 8. 2016.)
- [18] Navodila TOST
- [19] Zahteve za okna <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT379.htm> (Pridobljeno 15. 8. 2016.)
- [20] Okna <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-03.PDF> (Pridobljeno 15. 8. 2016.)
- [21] LED svetilke <http://blog.metrospherelight.com/2014/09/led-vs-fluorescent-tubes-comparison-in.html> (Pridobljeno 15. 8. 2016.)
- [22] Primerjava LED z Fluo <http://www.designrecycleinc.com/led%20comp%20chart.html> (Pridobljeno 15. 8. 2016.)
- [23] Radon po Sloveniji in njegove lastnosti <http://sanacijaradona.si/radon/> (Pridobljeno 18. 8. 2016.)
- [24] Prehajanje radona v prostore http://radonizmeri.si/o_radonu/o_radonu/ (Pridobljeno 18. 8. 2016.)
- [25] Ukrepi za znižanje količine radona <http://www.nijz.si/sl/problematika-povisanih-koncentracij-radona-v-vertcih-in-solah-0> ,
file:///C:/Users/Luka/Downloads/UNI_Marusic_Blaz_1980.pdf (Pridobljeno 18. 8. 2016.)
- [26] Analiza stanja na področju rabe energije v javnih stavbah MOL;
file:///C:/Users/Luka/Downloads/raba_energije_javne_stavbe_mol.pdf (Pridobljeno 8. 8. 2016.)

SEZNAM PRILOG**Priloga A: Energetski pregled vrta v Postojni****A1**

Priloga A: Energetski pregled vrta v Postojni