

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:

Habazin, S., 2014. Analiza vplivnih parametrov na oblikovanje nizkoenergijske stavbe na primer vzgojnoizobraževalnega objekta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Kristl, Ž., Dovjak, M.): 44 str.

Datum arhiviranja: 11-09-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Habazin, S., 2014. Analiza vplivnih parametrov na oblikovanje nizkoenergijske stavbe na primer vzgojnoizobraževalnega objekta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kristl, Ž., Dovjak, M.): 44 pp.

Archiving Date: 11-09-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

SANJA HABAZIN

**ANALIZA VPLIVNIH PARAMETROV NA
OBLIKOVANJE NIZKOENERGIJSKE STAVBE NA
PRIMER VZGOJNOIZOBRAŽEVALNEGA OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 100/B-GR

**ANALYSIS OF INFLUENCING FACTORS ON THE
DESIGN OF LOW-ENERGY BUILDINGS IN THE CASE
OF EDUCATIONAL FACILITY**

Graduation thesis No.: 100/B-GR

Mentor:
doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:
prof. dr. Bogdan Zgonc

Somentorica:
dr. Živa Kristl
asist. dr. Mateja Dovjak

Član komisije:
izr. prof. dr. Marijan Žura

Ljubljana, 28. 03. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Sanja Habazin izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Analiza vplivnih parametrov na oblikovanje nizkoenergijskega objekta na primeru vzgojnoizobraževalnega objekta«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 25.2.2014

Sanja Habazin

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 699.86:727:373(497.4)(043.2)
Avtor: Sanja Habazin
Mentor: doc. dr. Mitja Košir
Somentor: doc. dr. Živa Kristl
Naslov: Analiza vplivnih parametrov na oblikovanje nizkoenergijske stavbe na primeru vzgojnoizobraževalnega objekta
Tip dokumenta: Diplomsko delo - univerzitetni študij - B
Obseg in oprema: 44 str., 22 pregl., 22 sl., 14 graf., 7 pril.
Ključne besede: nizkoenergijska stavba, faktor toplotne prehodnosti, letna potrebna toplota za ogrevanje, transmisijske izgube, ventilacijske izgube

Izveček:

V diplomski nalogi sem raziskovala parametre, ki igrajo ključno vlogo pri klasifikaciji neke stavbe v energijski razred in raziskavo izvedla na vzgojnoizobraževalnem objektu Osnovne šole Šmarjeta. Predvsem zaradi sprememb v zakonodaji, splošnega varovanja okolja in dragih energentov se trend gradnje in obnove stavb usmerja v nizkoenergijske objekte, zato je tematika diplomske naloge zelo aktualna. V konkretnem primeru me je zanimalo, kateri parametri so najbolj odločilni pri energetski prenovi in kako vplivajo na porabo energije za ogrevanje prostorov, pripravo sanitarne vode ipd. Za oceno obstoječega in saniranega stanja sem uporabila računalniška programa TEDI in TOST, ki ju je razvila Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente UL FGG. Z njima sem izračunala faktor toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov, koeficient specifičnih transmisijskih izgub, letno rabo primarne energije, letno potrebno toploto za ogrevanje ter letni potrebni hlad za hlajenje - za obstoječe stanje in stanje po prenovi stavbe. Ugotovila sem, da so različni ukrepi, ki jih izvedemo pri sanaciji, različno učinkoviti. S kombinacijo teh ukrepov sem znižala letno potrebno toploto za ogrevanje skoraj za polovico, vendar stavba kljub temu ne zadosti vsem pogojem, ki jih mora izpolnjevati nizkoenergijska stavba. Prišla sem do zaključka, da vsake stavbe ob sanaciji vendarle ni mogoče racionalno spremeniti v nizkoenergijski objekt in da toga zakonodaja ni prizanesljiva do takih primerov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 699.86:727:373(497.4)(043.2)
Author: Sanja Habazin
Supervisor: Mitja Košir, Ph.D
Cosupervisor: Živa Kristl, Ph.D
Title: Analysis of influencing factors on the design of low-energy building in the case of educational facility
Document type: Graduation Thesis - University studies - B
Notes: 44 p., 22 tab., 22 fig., 14 graph., 7 ann.
Key words: Low-energy building, heat transfer factor, annual heat required for heating, transmission losses, ventilation losses

Abstract:

In graduation thesis I investigated the parameters that play a key role in the classification of a building in energy class and carried out a survey on the educational facility Osnovna šola Šmarjeta. Mainly due to changes in legislation, the general protection of the environment and expensive energy, construction and renovation trend of buildings focuses on low-energy buildings and that is why the thesis topic is very relevant. In this case, I was wondering which parameters are most crucial for energy renovation and how they affect on energy consumption for space heating, hot water, etc. In order to assess the existing and renovated state I used a computer program TEDI and TOST, developed by the Department of Building and construction elements UL FGG. With TOST and TEDI I calculated the heat transfer factor of construction elements, specific heat loss coefficient, the annual primary energy consumption, annual heat required for heating and annual energy required for cooling – for existing situation and the situation after renovation of the building. I found that the various measures, which are carried out at renovation, are effective differently. With the combination of these measures, I managed to lower the annual heat required for heating by almost half, but the building still does not meet all requirements to be met by low-energy buildings. I came to conclusion that each building at energy renovation, can not be rationally transformed into low-energy facility and rigid law is not lenient to such cases.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitji Koširju za dosegljivost za moja vprašanja in za pomoč pri izdelavi diplomske naloge, ter somentorici doc. dr. Živi Kristl za predloge pri pisanju naloge.

Hvala tudi najbližjim, prijateljem in kolegom na fakulteti, ki so mi pomagali tekom študijskih let.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1. UVOD	1
2. TEORETIČNI DEL.....	2
2.1 Doseganje cilja zmanjšanja emisij CO ₂	2
2.2 Okoljski vidiki.....	2
2.2.1 Kriterij za nizkoenergijske stavbe	3
2.3 Primer vzgojnoizobraževalnega objekta - Osnovna šola Šmarjeta	4
2.3.1 Opis stavbe	6
2.3.2 Zakaj energetska prenova?	7
3. TEMATSKI DEL.....	9
3.1 Konstrukcijski sklopi v objektu.....	9
3.1.1 Zunanje stene.....	9
3.1.2 Lastnosti zunanjih sten	9
3.1.3 Tla	11
3.1.4 Lastnosti tal	12
3.1.5 Strehe.....	13
3.1.6 Lastnosti strehe.....	13
3.2 Potek izračuna s programom TOST za obstoječe stanje	15
3.2.1 Analiza rezultatov obstoječega stanja	26
3.3 Predlagane intervencije	27
3.4 Energetska prenova	27
3.4.1 Zunanje stene.....	27
3.4.2 Streha.....	29
3.4.3 Okna in vrata	31
3.4.4 Toplotni mostovi	32
3.4.5 Tla	34
3.4.6 Predelni konstrukcijski sklopi	35

3.5	Končni predlog energetske sanacije	36
4.	Analiza ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti.....	38
5.	Zaključek.....	41
VIRI	43

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovni opis zunanjih sten	6
Preglednica 2: Debelina toplotne izolacije na strehi	6
Preglednica 3: Obodne stene in njihove lastnosti.....	10
Preglednica 4: Tla in njihove lastnosti	12
Preglednica 5: Strehe in njihove lastnosti	14
Preglednica 6: Izkoristek sistema za ogrevanje in pripravo tople vode	16
Preglednica 7: Tipi linijskih toplotnih mostov, njihove vrednosti ψ in dolžine, ki jih zavzemajo v posamezni temperaturni coni	22
Preglednica 8: Toplotna prehodnost transparentnih elementov	24
Preglednica 9: Rezultati, ki jih izračuna program TOST za obstoječe stanje stavbe	26
Preglednica 10: Efektivni U-faktorji zunanjih sten po energetske prenovi	28
Preglednica 11: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	29
Preglednica 12: Efektivni U-faktorji streh po energetske prenovi.....	30
Preglednica 13:Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	30
Preglednica 14: Efektivni U-faktorji stavbnega pohištva po energetske prenovi	31
Preglednica 15: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	32
Preglednica 16:Tipi linijskih toplotnih mostov, njihove vrednosti ψ in dolžine, ki jih zavzemajo v posamezni temperaturni coni po izvedbi ukrepov sanacije.....	33
Preglednica 17: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	33
Preglednica 18: Efektivni U-faktorji tal po energetske prenovi.....	34
Preglednica 19: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	34
Preglednica 20: Efektivni U-faktorji predelnih sten po energetske prenovi	35
Preglednica 21: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	35
Preglednica 22: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja.....	36

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Deleži posameznih konstrukcijskih sklopov v stavbi (cona 1) - zunanje stene	19
Grafikon 2: Deleži posameznih konstrukcijskih sklopov v stavbi (cona 2) - zunanje stene	20
Grafikon 3: Deleži posameznih konstrukcijskih sklopov v stavbi (cona 3) - zunanje stene	20
Grafikon 4: Delež, ki ga zavzemajo odprtine glede na površino zunanjih sten	22
Grafikon 5: Delež transparentnih površin glede na orientacijo v coni 1	23
Grafikon 6: Delež transparentnih površin glede na orientacijo v coni 2	23
Grafikon 7: Delež transparentnih površin glede na orientacijo v coni 3	23
Grafikon 8: Odstotek, ki ga zavzema posamezna vrsta transparentnega elementa	24
Grafikon 9: Koefficient H'_T pred energetsko prenovo zunanjih sten in po prenovi	28
Grafikon 10: Koefficient specifičnih transmisijskih izgub $H'T$ pri obstoječem stanju in po prenovi	36
Grafikon 11: Primerjava kako izboljšave posameznih konstrukcijskih sklopov vplivajo na koefficient H'_T	38
Grafikon 12: Primerjava kako posamezne izboljšave konstrukcijskih sklopov vplivajo na letno porabo energije za ogrevanje QNH	39
Grafikon 13: Letna potrebna toplota za ogrevanje za obstoječe stanje, kombinacijo ukrepov in izračunano vrednost po PURES-u 2010	39
Grafikon 14: Primerjava kako posamezne izboljšave konstrukcijskih sklopov vplivajo na zmanjšanje transmisijskih izgub v coni 1	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Kriterij za razvrstitev objektov glede na energetske potrebe (vir [9]: http://www.klimaaktiv.at)	4
Slika 2: Pogled na stavbo z južne strani (vir: lasten)	4
Slika 3: Lokacija Osnovne šole Šmarjeta (vir: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja)	5
Slika 4: Objekt Osnovne šole Šmarjeta s severne strani. (vir: lasten)	7
Slika 5: Dotrajanost oken na objektu (vir: lasten)	8
Slika 6: Poškodovana fasada (vir: lasten)	8
Slika 7: Shema zunanjih sten različnih izvedb v pritličju	9
Slika 8: Shema zunanjih sten različnih izvedb v nadstropju	9
Slika 9: Shema razporeditve različnih sestav tal v kleti	11
Slika 10: Shema razporeditve različnih sestav tal v pritličju	11
Slika 11: Shema razporeditve različnih sestav tal v nadstropju	11
Slika 12: Shema pozicij različnih izvedb strehe	13
Slika 13: Uvodna stran programa TOST	15
Slika 14: Preglednica v programu TOST, v katero vpisujemo čas v katerem se objekt ne ogreva.	17
Slika 15: Temperaturna cona v kletnih prostorih	17
Slika 16: Temperaturne cone v pritličju	18
Slika 17: Temperaturne cone v nadstropju	18
Slika 18: Podatki o prezračevanju prostora v posamezni coni	19
Slika 19: Vrste toplotnih mostov, ki se pojavljajo na obravnavani stavbi (povzeto po ISO 14683:2007 (E), Annex A, Figure A.1)	21
Slika 20: Določanje površin predelnih elementov v TOST-u	25
Slika 21: Določanje parametrov za zagotavljanje tople vode in razsvetljave	25
Slika 22: Vrste izgub in njihove vrednosti v obstoječem stanju stavbe	27

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

g	Prepustnost sončnega sevanja
H'_T	Koeficient specifičnih transmisijskih izgub skozi površino ovoja
Q_{NC}	Letni potrebni hlad za hlajenje stavbe
Q_{NH}	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe
Q_P	Letna primarna energija
U	Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov
T.I.	Transmisijske izgube
V.I.	Ventilacijske izgube
SK.I.	Skupne izgube
N.D.	Notranji dobitki
S.D.	Solarni dobitki
SK.D.	Skupni dobitki

1. UVOD

Dragi energenti, ekološka ozaveščenost in vremenski pogoji, ki postajajo vedno bolj ekstremni in neugodni, silijo graditelje in investitorje v bolj premišljeno gradnjo, obnovo in uporabo stavb. Ljudje se vedno bolj zavedajo prednosti alternativnih virov energije in smisla trajnostnega razvoja. Poleg naštetega pa se uporabniki vse bolj zavedajo pomembnosti kvalitetnega bivalnega okolja, kako ga zagotoviti in kako kar najbolj izkoristiti bivalni prostor.

Slovenija je na podlagi Direktive o energetske učinkovitosti stavb (EPBD-r) [1] izdelala strategijo, ki usmerja gradnjo in obnovo v smeri nizkoenergijskih objektov. Pravilnik, ki uveljavlja strategijo, je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [2], ki je z manjšimi popravki v veljavi že od leta 2010. Kljub temu pa država, kot zakonodajalec, še vedno ni točno definirala kaj je skoraj nič energetskega objekt, čeprav se leto 2019 – leto s katerim bodo morale biti vse novozgrajene javne stavbe nizkoenergijske – nezadržno približuje.

Objekti namenjeni izobraževanju spadajo med tiste, ki morajo po EPBD-r direktivi ustrezati skoraj nič energijskemu objektu že leta 2019, kar pomeni, da se bo v naslednjih letih pospešeno prilagajalo, obnavljalo in izboljševalo stavbe te vrste.

V diplomski nalogi bom preučevala vpliv posameznih ukrepov oz. parametre, ki vplivajo na energetske učinkovitost stavbe. Izbrala sem objekt, ki je namenjen za vzgojnoizobraževalno rabo in je tipičen primer gradnje iz 70. let 20. stoletja.

Objekt Osnovne šole Šmarjeta je eden izmed mnogih v Sloveniji, ki potrebuje celovito in premišljeno prenovo, da bo zadostil poostrenim zahtevam zakonodaje ter, da bo uporabnikom predstavljal zdravo, udobno in vzpodbudno okolje, s tem pa omogočil trajno rabo tudi za naslednje generacije.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 Doseganje cilja zmanjšanja emisij CO₂

Zaradi pospešenega razvoja industrije, kmetijstva, izredno povečanega transporta po svetu in zaradi skokovite porabe energentov, se povečuje količina emisij, ki onesnažujejo okolje, s tem se stanje okolja vsako leto poslabšuje. Gre za povečevanje koncentracije toplogrednih plinov, katerih posledice so segrevanje ozračja in spreminjanje klimatskih danosti. Le-te lahko privedejo do katastrofalnih vplivov na življenje na Zemlji.

Da bi zmanjšali vse te negativne vplive na okolje, je bil podpisan (in v večini držav ratificiran) Kjotski sporazum, ki zahteva zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Slovenija, članica EU, se je obvezala, da bo v letih 2008-2012 zmanjšala emisije za 8% v primerjavi z letom 1986.

Kot ena od posledic Kjotskega protokola in Podnebno – energetskega paketa Evropske unije (20/20/20 do 2020) [3], je nastala Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD-r), ki ureja stanje v gradbenem sektorju z vidika emisij in porabe energije. EPBD-r pomembno prispeva k cilju, da se do leta 2020 količina emisij zmanjša vsaj za 20%, predvsem pa k zmanjševanju porabe energije za 20% na račun izboljšanja energetske učinkovitosti [3]. Ker pa imajo članice Evropske skupnosti težave pri uresničevanju teh ciljev, je Evropska komisija sprejela še eno direktivo (Energy Efficiency Directive - EED), ki z dodatnimi ukrepi na različnih področjih usmerja gospodarski sektor k zmanjšanju porabe energije. Eden izmed ukrepov je letna energetska obnova 3% javnih stavb, ki imajo vsaj 250 m² uporabne površine, kar daje zgled in pospešuje izvajanje energetskih prenov[4].

Da bodo zahteve direktive EPBD-r uresničene, je Ministrstvo za okolje in prostor izdalo PURES 2010. PURES 2010 določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah [2]. Bolj podrobno pa so zahteve obravnavane v Tehnični smernici TSG-1-004:2010. Le-ta se uporablja pri projektiranju različnih stavb in vsebuje priporočene vrednosti za različna področja [5].

2.2 Okoljski vidiki

Objekte moderne gradnje, ki za svoje potrebe porabijo manj energije kot objekti klasične gradnje, imenujemo nizkoenergijski objekti. Gradnja takšnih objektov zmanjšuje porabo fosilnih goriv kot so kurilno olje, zemeljski plin in premog, kar spodbuja trajnostno gradnjo in razvoj. Trajnostna gradnja je sorodna s trajnostnim razvojem. Ta si prizadeva za razvoj v sedanosti ne da bi kakorkoli ogrozil naslednje generacije. Je zapleten pojem, ki zajema okoljski, ekonomski in socialni vidik [6].

V gradbeništvu je pojem trajnostnega razvoja izrednega pomena zato, ker je to dejavnost z velikimi masnimi tokovi (najsi gre za material za gradnjo, kurjavo ipd.), ker gradbeni sektor proizvede kar 60% vseh odpadkov in ker imajo produkti, ki jih ustvari ta panoga, dolgo življenjsko dobo [7].

Pri sodobni gradnji ne smemo pozabiti na kakovost bivalnega okolja, ki mnogokrat trpi na račun želje po zmanjševanju energetske potratnosti. Nizkoenergijski objekt lahko postane umeten, neprijeten, mehanski prostor, ki izgublja stik z naravnim okoljem, stanovalcem pa ne omogoča kvalitetnega in predvsem zdravega bivanja.

2.2.1 Kriterij za nizkoenergijske stavbe

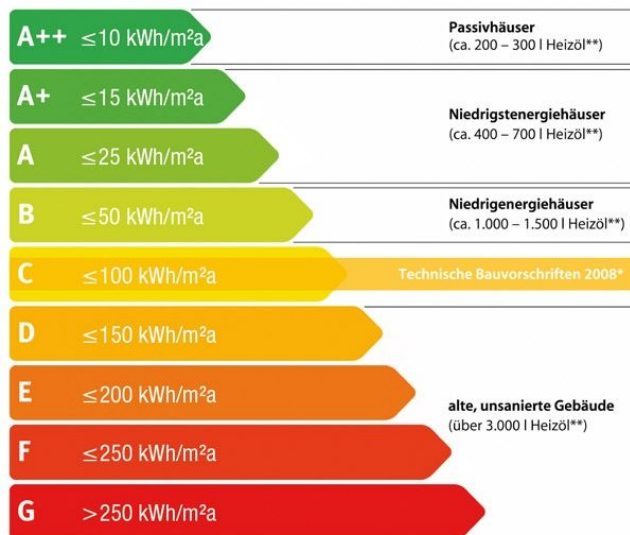
Univerzalnega kriterija, kdaj gre za nizkoenergijski objekt, ni. Izraz poznamo že iz 90. let prejšnjega stoletja. Glede na razvoj tehnike in gradbene prakse v več kot 20. letih je termin sicer ostal isti, pojmovanje energetske učinkovitosti stavb pa se je vrednostno zaostrovalo.

Vsaka država v Evropski uniji ima svoje zakone, pravilnike in standarde glede energetske učinkovitosti stavb. Standarde v posamezni državi določajo nevladne organizacije in niso obvezni, razen, če zakonodajalec s podzakonskim aktom uzakoni obvezno uporabo določenega standarda.

Različne vrednosti v pravilnikih pa so podane glede na:

- metode izračuna,
- klimatsko območje,
- način uporabe objekta,
- razmerje med zahtevo po ogrevanju in oskrbo z energenti [7].

V Sloveniji še nimamo uradno definiranega pojma »nizkoenergijskega objekta«. Avstrija, s podobnim podnebjem, ima dobro urejeno terminologijo in klasifikacijo objektov glede na njihovo energetsko potratnost. K temu je pripomogel program klima:aktiv [8], ki se zavzema za zniževanje emisij z uporabo obnovljivih virov energije na več področjih, tudi v gradbeništvu. Po avstrijskem pravilniku je torej za nizkoenergijski objekt potrebno 50 kWh/m²a (ali manj) za ogrevanje (slika 1).



Slika 1: Kriterij za razvrstitev objektov glede na energetske potratnost (vir [9]: <http://www.klimaaktiv.at>)

2.3 Primer vzgojnoizobraževalnega objekta - Osnovna šola Šmarjeta

Osnovna šola Šmarjeta se nahaja na vzpetini ob gozdu na začetku vasi Šmarjeta (slika 2 in 3). Je pomembna za tamkajšnje prebivalce, saj jo obiskujejo šolarji iz številnih okoliških vasi: Žalovič, Šmarjeških Toplic, Družinske vasi, Bele Cerkve, Orešja, Vinice pri Šmarjeti, Zbur,...

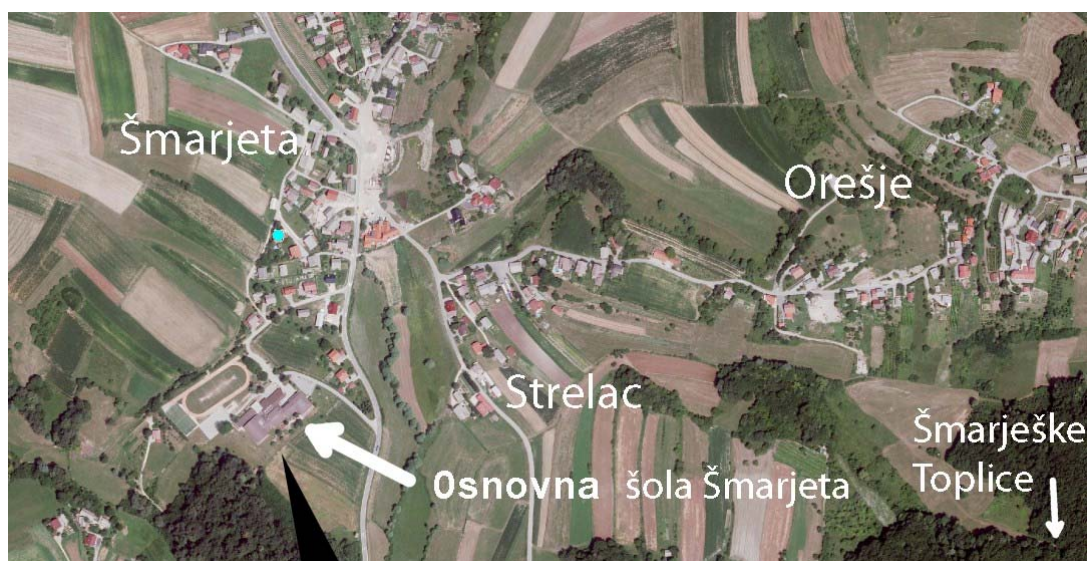


Slika 2: Pogled na stavbo z južne strani (vir: lasten)

Šola je bila zgrajena leta 1970 in je nadomestila podružnično šolo v Beli Cerkvi. Bila je pomembna pridobitev, saj je bil predhodni objekt star in neprimeren za uporabo v vzgojnoizobraževalne namene. Tudi zaradi nove osnovne šole sta kraja Šmarjeta kot Šmarješke Toplice pridobila na pomembnosti in razvoju in sta danes središče občine Šmarješke Toplice.

Zaradi prostorske stiske so leta 1990 dozidali nekaj učilnic in telovadnico. Ob uvedbi devetletnega šolskega programa je bila nujna dozidava novega dela, ki vključuje tudi prenovljen vrtec.

Leta 2009 je bila izvedena obsežna prenova prostorov šolske kuhinje, ki je vključevala rušenje in dozidavo nekaterih sten, izpeljavo dostavne poti in seveda sodobno opremljeno kuhinjo z vsemi potrebnimi prostori.



Slika 3: Lokacija Osnovne šole Šmarjeta (vir: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

2.3.1 Opis stavbe

Ker se je objekt, kakršen je danes, gradil v več »fazah« oz. obdobjih, so tudi lastnosti teh delov različne (preglednica 1), skupno jim je le to, da gre za klasično zidano gradnjo. Pri prvi fazi izgradnje objekta iz leta 1970 gre za nosilno konstrukcijo iz opečnih votlakov, debeline 39 cm, brez toplotne izolacije (izjema je severna stran objekta, vidna na sliki 4, ki je izolirana s toplotno izolacijo debeline 5 cm), na zunanji strani ometano s fasadnim ometom. Taka izvedba je značilna za gradnjo v 70. letih, ki se zaradi pomanjkanja in varčevanja z gradbenim materialom ni bistveno razlikovala od gradnje do leta 1940. Dozidava v letu 1990 je deloma iz armiranega betona in zidu iz opečnih votlakov, debeline 20 cm, s toplotno izolacijo debeline 5 cm in ometanega s fasadnim ometom. Prizidek novih učilnic nad vrtcem (l. 2003) ter prizidek nove kuhinje (l. 2009) sta izvedena z zidom iz opečnih votlakov, debeline 29 cm, izolacijo debeline 10 cm, ter fasadnim ometom.

Preglednica 1: Osnovni opis zunanjih sten

Zunanja stena	Vrsta nosilne konstrukcije	Debelina nosilne konstrukcije	Toplotna izolacija	Debelina toplotne izolacije
Osnovna (1970)	Opečni votlak	39 cm	Ne (prisotna samo na severni strani)	5 cm
Dozidava (1990)	Kombinacija armiranega betona in opečnih votlakov	20 cm	Da	5 cm
Dozidava (2003)	Opečni votlaki	29 cm	Da	10 cm

Streha je poševna z izjemo ravne strehe nad kuhinjo. Kritina je vlakneno cementna (»valovitka«), starosti 10 in 7 let.

Toplotna izolacija na strehi starega dela (iz leta 1970 in 1990), vključno s telovadnico, je izvedena v debelini 10 cm, na območju nad jedilnico pa je sploh ni. Na novem delu šole (prizidek iz leta 2003) v debelino meri 20 cm (preglednica 1 in 2).

Preglednica 2: Debelina toplotne izolacije na strehi

Streha	Toplotna izolacija	Debelina toplotne izolacije
Osnovna (1970)	Da	10 cm
Dozidava (1990)	Da (razen na območju nad jedilnico, kjer je ni)	10 cm
Dozidava (2003)	Da	20 cm

Tla na terenu so praktično neizolirana, tanjši sloj izolacije v obliki plute ali mineralne volne je vgrajen zgolj zaradi zvočne izolacije proti udarnem zvoku.

Na starejšem delu so okenski okviri leseni z enojno zasteklitvijo ($U=2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$), na novejšem prizidku (2003) pa aluminijasti z dvojno zasteklitvijo ($U=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Leta 2003 je bila zamenjana centralna peč na kurilno olje. Naprav za alternativno pridobivanje energije (izkoriščevanje obnovljivih virov) ni [10].



Slika 4: Objekt Osnovne šole Šmarjeta s severne strani. (vir: lasten)

2.3.2 Zakaj energetska prenova?

Energetska prenova objekta je potrebna, da bi izboljšali bivalne razmere, zmanjšali emisije toplogrednih plinov v ozračje, porabo energije in povečali učinkovitost obstoječih virov in posledično zmanjšali obratovalne stroške ter hkrati zadostili pravilniku PURES 2010. OŠ Šmarjeta trenutno ne ustreza sodobnim zahtevam glede energetske učinkovitosti, saj stavbno pohištvo in stavbni ovoj ne dosegata zahtevanih toplotno izolacijskih značilnosti, poškodovana sta zaradi mehanskih in vremenskih vplivov (sliki 5 in 6), ter tehnično neustrezna, saj okna ne tesnijo in ne zagotavljajo ustrezne zrakotesnosti.



Slika 5: Dotrajanost oken na objektu (vir: lasten)



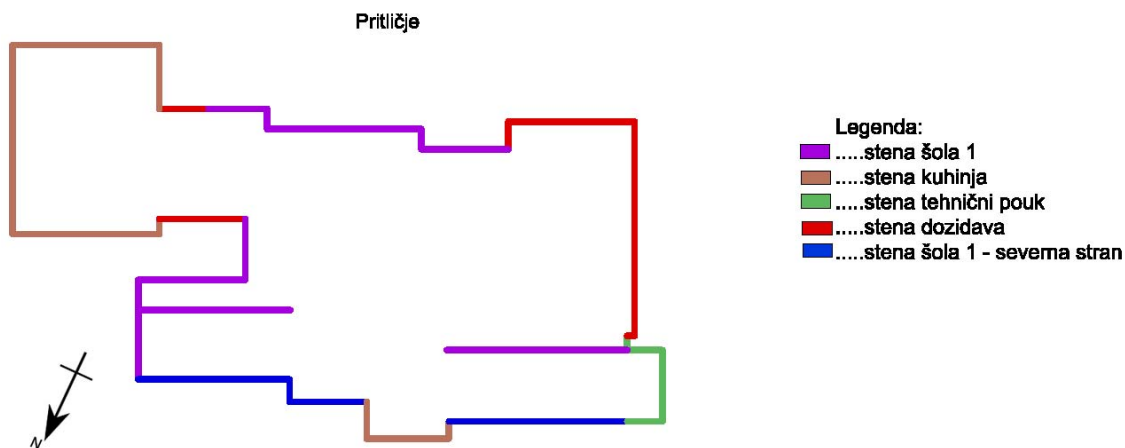
Slika 6: Poškodovana fasada (vir: lasten)

3. TEMATSKI DEL

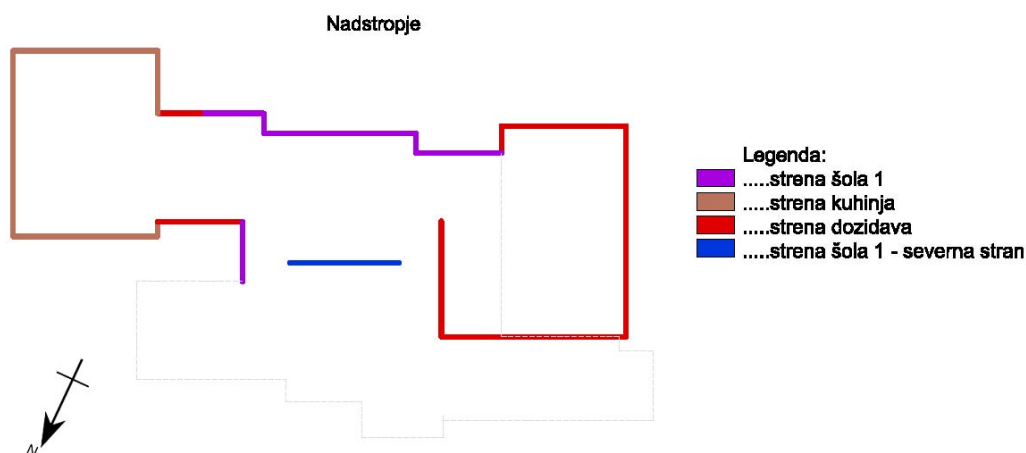
3.1 Konstrukcijski sklopi v objektu

3.1.1 Zunanje stene

Objekt obdajajo stene v petih različnih izvedbah, zato so različne tudi njihove vrednosti toplotnih prehodnosti. Pozicionirane so tako, kot prikazujeta slika 7 in slika 8:



Slika 7: Shema zunanjih sten različnih izvedb v pritličju



Slika 8: Shema zunanjih sten različnih izvedb v nadstropju

3.1.2 Lastnosti zunanjih sten

V zunanji steni, ki sem jo poimenovala Stena šola 1 (priloga A, slika A.1), ne prihaja do nastanka kondenza, izračunana toplotna prehodnost pa znaša $1,168 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tudi na severni strani (priloga A, slika A.2) v steni ne prihaja do nastanka kondenza, toplotna prehodnost znaša $0,482 \text{ W/m}^2\text{K}$.

V steni, ki z zunanje strani obdaja kuhinjo in novejši prizidek iz leta 2003 (priloga A, slika A.3), ne pride do nastanka kondenza, toplotna prehodnost znaša $0,322 \text{ W/m}^2\text{K}$.

V steni, ki je bila dozidana leta 1990 (priloga A, slika A.4) prihaja do nastanka kondenza v toplotni izolaciji, zato ta konstrukcijski sklop ne ustreza zahtevam PURES-a 2010 niti glede na faktor toplotne prehodnosti, niti glede difuzije vodne pare (priloga D, diagram D.1 in D.2).

V zunanji steni, ki obdaja učilnico za tehnični pouk (priloga A, slika A.5), pride do nastanka kondenza v ekspaniranem polistirenu, vendar je čas izsuševanja toplotne izolacije (30 dni) krajši od najdaljšega dovoljenega časa (60 dni). Zato je problematičen le visok faktor toplotne prehodnosti -

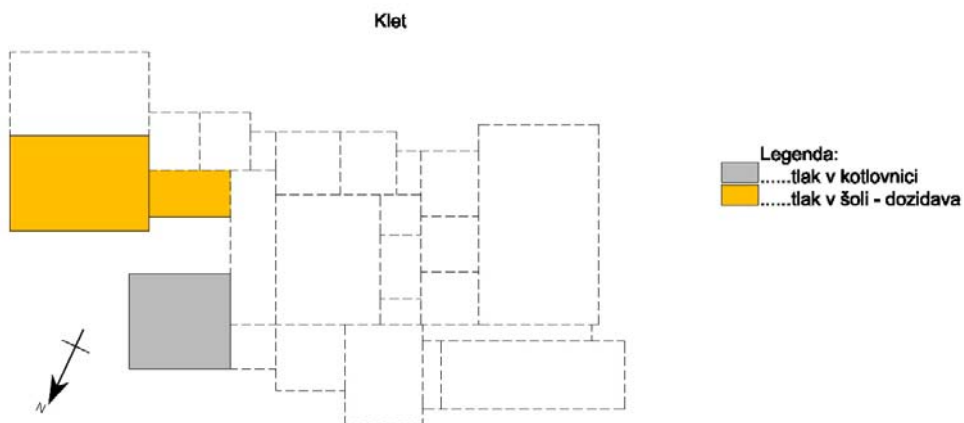
$U=0,537 \text{ W/m}^2\text{K}$ (priloga E, diagram E.1 in E.2). Pomembnejše lastnosti obodnih sten so navedene v preglednici 3.

Preglednica 3: Obodne stene in njihove lastnosti

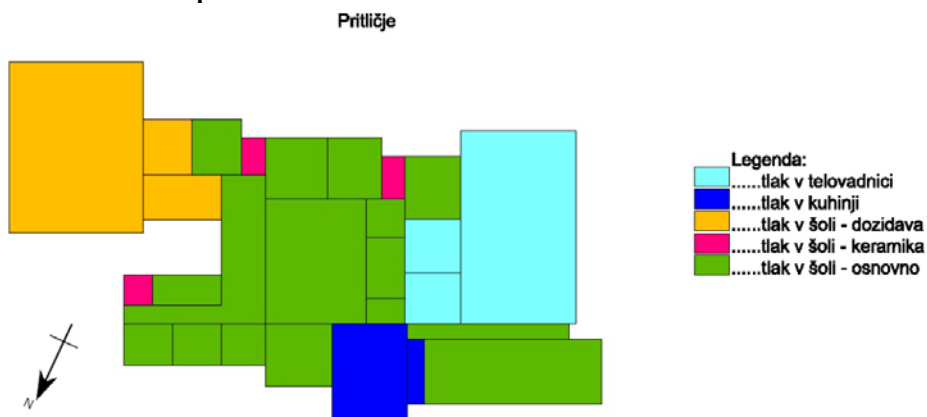
Konstrukcijski sklop	Faktor toplotne prehodnosti U [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Nastajanje kondenza v vsaj enem od slojev	Opombe
Stena šola 1	1,168	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Stena šola 1 (severna stran)	0,482	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Stena kuhinja	0,322	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Stena dozidava	0,642	Kondenz nastane v sloju toplotne izolacije	Previsok U faktor
Stena tehnični pouk	0,537	Kondenz nastane v sloju toplotne izolacije	Čas sušenja toplotne izolacije (30 dni) je krajši od najdaljšega dovoljenega časa (60 dni), previsok U faktor

3.1.3 Tla

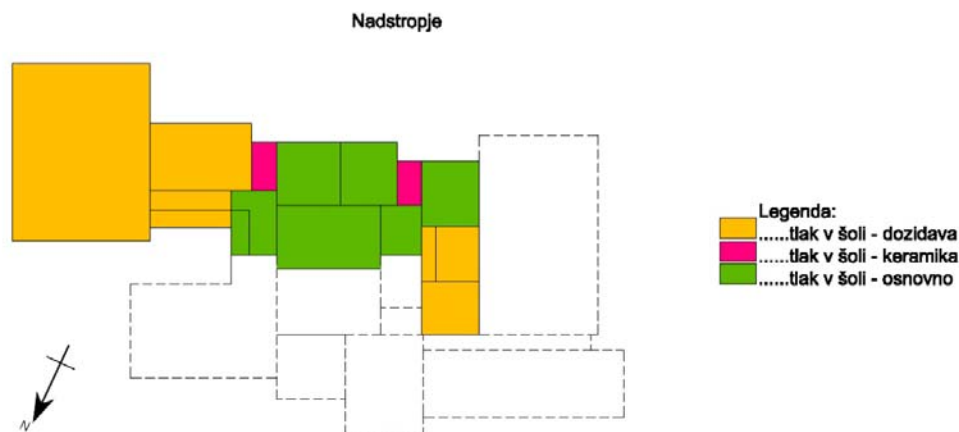
Tla v delu stavbe iz leta 1970 in prizidkih se razlikujejo glede na sestavo. Razporeditev različnih izvedb tal prikazuje slike 9, 10 in 11.



Slika 9: Shema razporeditve različnih sestav tal v kleti



Slika 10: Shema razporeditve različnih sestav tal v prilježju



Slika 11: Shema razporeditve različnih sestav tal v nadstropju

3.1.4 Lastnosti tal

Sestava tal nad in v kotlovnici je prikazan na sliki B.1 (priloga B: Tla). Toplotna prehodnost ($U=0,768$ W/m²K) ne ustreza največji dovoljeni toplotni prehodnosti po PURES-u 2010, ki znaša $U_{\max}=0,300$ W/m²K. V tem konstrukcijskem sklopu ne prihaja do nastanka kondenza.

Tla v telovadnici (priloga B, slika B.2) ne ustrezajo zahtevam PURES-a 2010 glede toplotne prehodnosti ($U=0,534$ W/m²K), toda ne pride do nastajanja kondenza.

Tudi tla v sanitarijah in dozidanem delu stavbe iz leta 1990 (priloga B, slika B.3 in B.4) ne zadoščata zahtevam PURES-a 2010 glede toplotne prehodnosti ($U=0,861$ W/m²K in $U=0,517$ W/m²K). Pri obeh izvedbah ne pride do nastajanja kondenza.

Toplotna prehodnost tal v kuhinji (priloga B, slika B.5) močno presega največjo dovoljeno vrednost. U faktor znaša $2,185$ W/m²K). Do nastanka kondenza kljub temu ne prihaja.

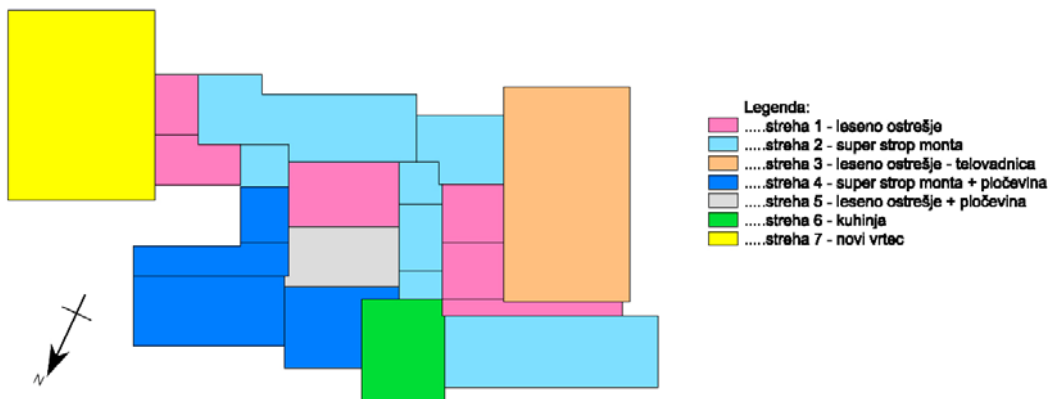
U faktor tal v prvotnem delu stavbe iz leta 1970 (priloga B, slika B.6), $U=0,843$ W/m²K, je višji od največjega dovoljenega po PURES-u 2010, zato tudi ta konstrukcijski sklop ni ustrezen. Do nastanka kondenza ne prihaja. Lastnosti tal so zbrane v preglednici 4.

Preglednica 4: Tla in njihove lastnosti

Konstrukcijski sklop	Faktor toplotne prehodnosti U [W/m ² K]	Nastajanje kondenza v vsaj enem od slojev	Opombe
Tlak v kotlovnici	0,768	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Tlak v telovadnici	0,534	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Tlak v kuhinji	2,185	Ne pride do nastanka kondenza	Izredno visok U faktor
Tlak v šoli - dozidava	0,517	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Tlak v šoli - keramika	0,851	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Tlak v šoli -osnovno	0,843	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor

3.1.5 Strehe

Objekt je pokrit s sedmimi različnimi konstrukcijskimi sklopi streh, ki sem jih poimenovala glede na glavne značilnosti (slika 12). Tako kot pri stenah in tleh, sem tudi pri strehah za vsak sistem s programom TEDI [11] izračunala koeficient toplotne prehodnosti U in sorazmerno s kvadraturu, ki jo zavzame, izračunala povprečno toplotno prehodnost.



Slika 12: Shema pozicij različnih izvedb strehe

3.1.6 Lastnosti strehe

Program TEDI izračuna, da v Strehi 1 (priloga C, slika C.1) sicer prihaja do nastanka kondenza, vendar je čas izsuševanja (11 dni) pod največjo dovoljeno mejo (60 dni). Toplotna prehodnost tega konstrukcijskega sklopa znaša $0,285 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Za Streho 2 (priloga C, slika C.2) izračun navlaževanja ni potreben, saj do nastanka kondenza ne pride, toplotna prehodnost znaša $0,514 \text{ W/m}^2\text{K}$.

V Strehi 3 (priloga C, slika C.3) prihaja do nastanka kondenza v območju sekundarne kritine. Zaradi tega in zaradi neustreznega koeficienta toplotne prehodnosti ($0,360 \text{ W/m}^2\text{K}$), je ta konstrukcijski sklop neustrezen.

V Strehi 4 (priloga C, slika C.4) ne prihaja do nastanka kondenza, toplotna prehodnost znaša $0,974 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Streha 5 (priloga C, slika C.5) je problematična, tako kot je Streha 3. Tu nastaja kondenz v sloju med mavčno kartonskimi ploščami in parno zaporo, U -faktor pa je zelo visok ($2,698 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Pri zasnovi Strehe 6 na sliki C.6 (priloga C) je očitno, da gre za novejšo izvedbo (iz leta 2009) in tako ustreza toplotni prehodnosti po PURES-u 2010. V njej ne prihaja do nastanka kondenza, U faktor pa znaša $0,166 \text{ Wm}^2\text{K}$. Konstrukcijski sklop je ustrezen.

Podobno kot Streha 6, tudi Streha 7 (priloga C, slika C.7) ustreza sodobnim normativom glede toplotne prehodnosti ($U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$). Do nastanka kondenza v konstrukcijskem sklopu ne prihaja. Lastnosti strehe so povzete v preglednici 5.

Preglednica 5: Strehe in njihove lastnosti

Konstrukcijski sklop	Faktor toplotne prehodnosti U [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Nastajanje kondenza v vsaj enem od slojev	Opombe
Streha 1 - leseno ostrešje	0,285	Pride do nastanka kondenza	Čas sušenja toplotne izolacije (11 dni) je krajši od najdaljšega dovoljenega časa (60 dni), previsok U faktor
Streha 2 - super strop monta	0,514	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Streha 3 - leseno ostrešje telovadnica	0,360	Pride do nastanka kondenza	Zaradi nastajanja kondenza in previsokega U faktorja je konstrukcijski sklop neustrezen.
Streha 4 - super strop monta + pločevina	0,974	Ne pride do nastanka kondenza	Previsok U faktor
Streha 5 - leseno ostrešje + pločevina	2,698	Pride do nastanka kondenza	Zaradi nastajanja kondenza in previsokega U faktorja je konstrukcijski sklop neustrezen.
Streha 6 - kuhinja	0,166	Ne pride do nastanka kondenza	Konstrukcijski sklop ustreza zahtevam PURES-a 2010
Streha 7 - novi vrtec	0,192	Ne pride do nastanka kondenza	Konstrukcijski sklop ustreza zahtevam PURES-a 2010

3.2 Potek izračuna s programom TOST za obstoječe stanje

Pri izračunu energetske bilance stavbe sem uporabila računalniški program TOST [12].

TOST se izvaja v Excel-u in temelji na Tehnični smernici TSG-1-004:2010 ter standardih SIST EN ISO 10077, SIST EN ISO 13370, SIST EN ISO 13790 in SIST EN ISO 14683 [13].

Program je narejen tako, da nas po korakih vodi med zavihki in od nas zahteva vnos podatkov za posamezna področja, ki jih potrebuje za izračun energetske bilance stavbe.

V prvih dveh zavihkih (Projekt, Stavba in projektant) določimo osnovne informacije o objektu, projektantih, naročnikih, klasifikacijo stavbe, katastrsko občino in parcelno številko ipd (slika 13).

Podatki o projektu, objektu, projektantu in osnovni podatki za račun

Projekt Stavba in projektant Splošni podatki Klimatski podatki Računska podobdobja NI, senčenje Podatki o conah Rezultati Obnovljivi viri Beležka

Investitor /

Stavba OŠ Šmarjeta

Lokacija stavbe Šmarjeta 1, 8220 Šmarješke Toplice

Katastrska(e) občina(e) 1466 GORENJA VAS

Parcelna(e) številka(e) 1835/6

Vrsta stavbe Nestanovanjska stavba Šifra 1111

Etažnost 2

Projektant /

Odgovorni vodja projekta /

Izdelovalec izkaza /

Izdelano na podlagi izkaza /

Datum izdelave izkaza /

[Uredba o uvedbi in uporabi enotne klasifikacije vrst objektov](#)
[Metodološka pojasnila in navodila](#)

Diploma Sanja Habazin

Slika 13: Uvodna stran programa TOST

V zavihku Splošni podatki se določi način izračuna (izbrala sem »po 1. januarju 2015«, saj gre za energetska prenovo objekta, ki mora zadoščati strožjim kriterijem), način upoštevanja toplotnih mostov (izbiramo med upoštevanjem standardov SIST EN ISO 13789 [14] in SIST EN ISO 14683 [15] ali SIST EN ISO 13789 in EN ISO 10211 ali s katalogi in računalniškimi simulacijami ali tehničnimi smernicami TSG-01-004-3.1.2), za koeficient toplotne prevodnosti zemljine pa sem izbrala faktor $\lambda_g=2,0$ W/mK. Objekt Osnovne šole Šmarjeta se ogreva z ekstra lahkim kurilnim oljem. Za

učinkovitost centralne peči sem predpostavila 80% izkoristek, zaradi izgub pri ceveh je distribucija 80% učinkovita, emisija ogrevalnih teles (radiatorji) pa 96% učinkovita (preglednica 6).

Objekt se v večini prostorov ne ohlaja mehansko, zato sem predpostavila da so na tem mestu vsi koeficienti enaki 1,0. Topla voda se pridobiva z ogrevanjem na ekstra lahko kurilno olje pri čemer je izkoristek generatorja in distribucije 80% (kot pri ogrevanju), emisija armatur pri umivalnikih in pomivalnih koritih pa 100% učinkovita (preglednica 6).

Preglednica 6: Izkoristek sistema za ogrevanje in pripravo tople vode

	Ogrevanje			Topla voda		
	Generacija	Distribucija	Emisija	Generacija	Distribucija	Emisija
Izkoristek	0,80	0,80	0,96	0,80	0,80	1,00

Naslednji zavihek v programu od nas zahteva vnos točnih koordinat lege objekta. Pri tem iz podatkovne baze na spletni strani Ministrstva za okolje in prostor samodejno naloži pomembne klimatske podatke o povprečni letni temperaturi v kraju, začetku in koncu ogrevalne sezone, povprečnih temperaturah v posameznih mesecih v letu ter podatke o količini sončnega obsevanja. Osnovna šola Šmarjeta stoji na koordinatah X=81000 in Y=519000 [16].

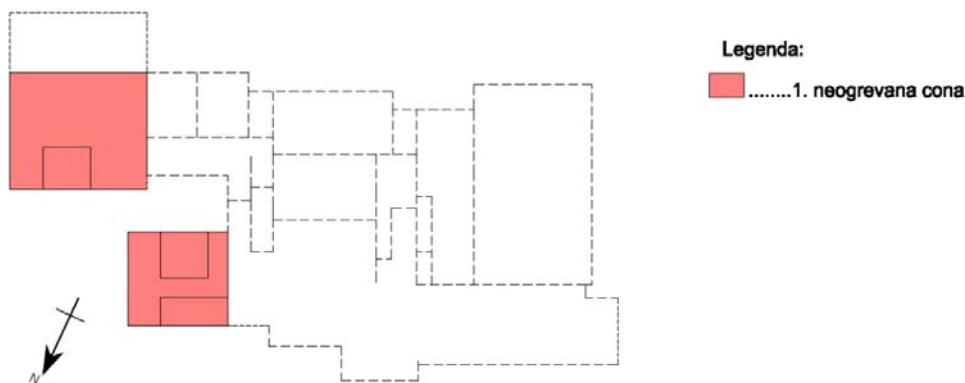
Izkaže se, da je naslednji korak v programu TOST precej pomemben, še posebej v primeru vzgojnoizobraževalnega objekta, saj gre za določanje časovnih obdobij, v katerih se stavba (ne)uporablja. Vemo, da so osnovne šole zaprte ob vikendih in šolskih počitnicah. Vse te dni sem upoštevala v stolpcu »Nezasedeno« oz. »Vikend«. Ponoči šola ni ogrevana, zato sem predpostavila, da je to vsak delovni dan od 20. ure zvečer do 5. zjutraj. Te ure sem vpisala v stolpec »Noč« (slika 14). Nočne izolacije objekt nima. Prepostavila sem 100% osončenost vseh delov stavbe, zato faktorjev osončenosti objekta $F_{sh,ob}$ nisem spreminjala ($F_{sh,ob}=1,00$). Upoštevala sem uporabo zunanjih žaluzij v mesecih maj, junij, julij, avgust.

Mesec	Trajanje časovnega podobdobja t_{sub} (h)			Dni _{nezas}
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
JAN	335	169	192	2
FEB	220	116	192	6
MAR	379	173	192	0
APR	309	147	192	3
MAJ	335	169	192	2
JUN	260	124	192	6
JUL	0	0	0	31
AVG	0	0	0	31
SEP	320	160	192	2
OKT	320	160	192	3
NOV	320	160	192	2
DEC	240	120	192	8
V ogrevalni sezoni	5520	0	0	

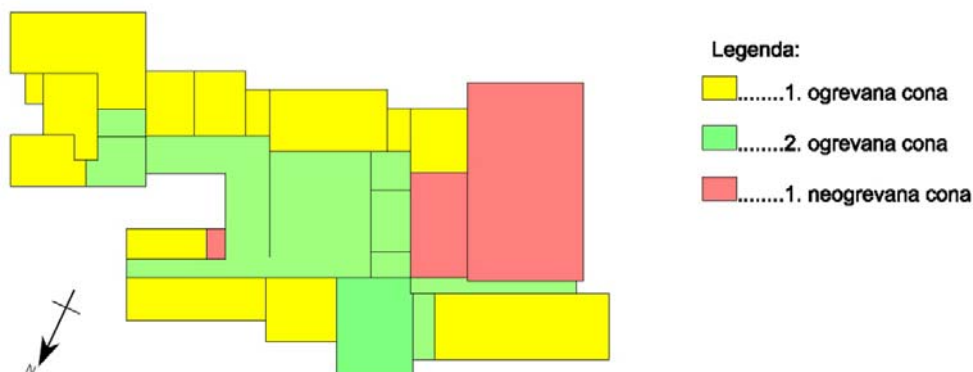
Slika 14: Preglednica v programu TOST, v katero vpisujemo čas v katerem se objekt ne ogreva.

Pomembno poglavje predstavljajo temperaturne cone. Ogrevane cone se delijo glede na temperaturo na katero se ogrevajo posamezni prostori. Za vsako cono je potrebno določiti projektno notranjo temperaturo za zimski in poletni čas.

Za prvo ogrevano cono sem izbrala vse učilnice, knjižnico, igralnice, previjalnice, zbornico in sanitarije, ki so ogrevane na 21°C, predvidena temperatura poleti pa je 26°C (slika 16 in slika 17). Za drugo ogrevano cono sem določila vse hodnike, kuhinjo, jedilnico, oder, garderobe ob odru in prostore za arhiv, ki se ogrevajo na 20°C, temperatura poleti pa je 26°C (slika 16 in slika 17). Tretja cona pa predstavlja telovadnico, shrambo orodja, prostore ob telovadnici ter kletne prostore (slike 15, 16 in 17) in je predpostavljena kot neogrevana cona, saj se ta del šole tudi dejansko ne ogreva.



Slika 15: Temperaturna cona v kletnih prostorih



Slika 16: Temperaturne cone v pritličju

Slika 17: Temperaturne cone v nadstropju¹

Povprečno moč dobitkov notranjih virov ϕ_i podaja standard SIST EN ISO 13790 [17] in za stavbe namenjene za izobraževanje le-ta znaša 7 W/m^2 . Notranje vire čez dan predstavljajo ljudje, delujoči računalniki in ostali električni aparati in svetila. Ponoči se ta vrednost zmanjša, saj večina električnih naprav ne deluje, oz. so samo priključeni na električno omrežje, in znaša $1,5 \text{ W/m}^2$. V obdobju, ko objekt ni v uporabi, sem predpostavila, da tudi dobitkov notranjih virov ni.

Prezračevanje je zagotovljeno zgolj z odpiranjem oken oz. z nezrakotesnostjo stavbnega ovoja.

Mehanskega prezračevanja v objektu ni. Pri naravnem prezračevanju sem predpostavila, da zaradi starosti oken le-ta ne zagotavljajo več zadostnega tesnjenja in je zaradi tega prezračevanje nekoliko večje, kot bi bilo sicer ($n=0,9$).

Vhodne vrednosti so predstavljene na sliki 18.

¹ Pri shemi je v nadstropju obarvan zračni prostor telovadnice.

Osnovni podatki		Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Vrsta prezračevanja		Naravno	Naravno	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})		1,00	0,60	0,60	0,60
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h^{-1})		0,90	0,90	0,90	0,90

Slika 18: Podatki o prezračevanju prostora v posamezni coni

V zavihku »Stene, streha« TOST od nas zahteva neto površino zunanjih sten, torej površino sten brez upoštevanja odprtih zaradi oken in vrat, ter pripadajočo toplotno prehodnost U . Potrebna je pazljivost, saj zunanje stene ne pripadajo samo eni coni, temveč več conam.

Objekt Osnovne šole Šmarjeta se je, kot je že omenjeno v poglavju 1.3.1 Lastnosti stavbe, gradil in dozidal v različnih časovnih obdobjih. Zato se konstrukcijski sklopi med seboj razlikujejo in imajo posledično tudi različne vrednosti toplotnih prehodnosti skozi zunanjo steno. Za potrebe izračuna sem toplotno prehodnost izračunala iz sorazmernega deleža vsake od različic zunanjih sten po enačbi (1):

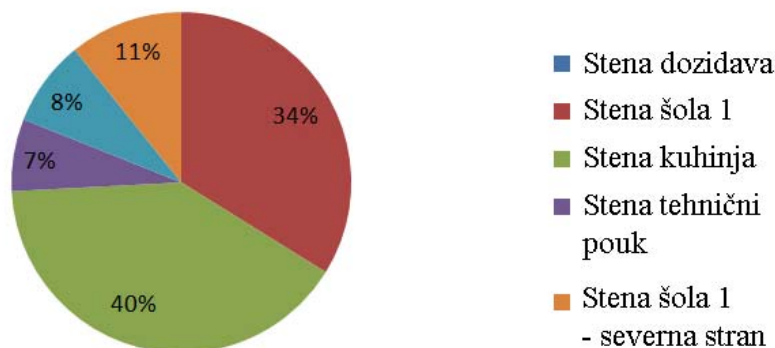
$$\bar{U} = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

\bar{U} povprečna toplotna prehodnost zunanjih sten za eno cono

U_n toplotna prehodnost posameznega konstrukcijskega sklopa

A_n neto površina, ki jo zajema posamezen konstrukcijski sklop v eni coni

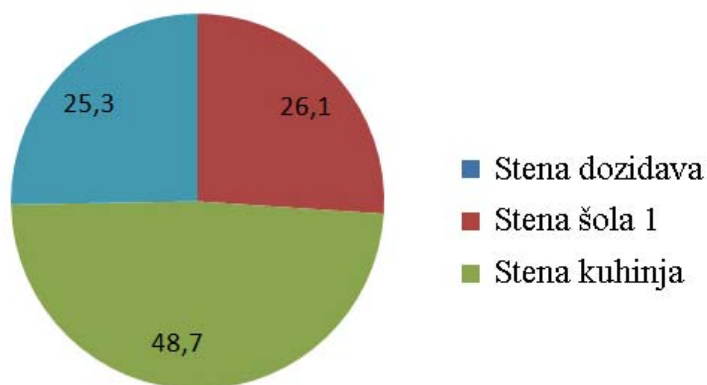
Zakaj je to pomembno, prikazuje grafikon 1:



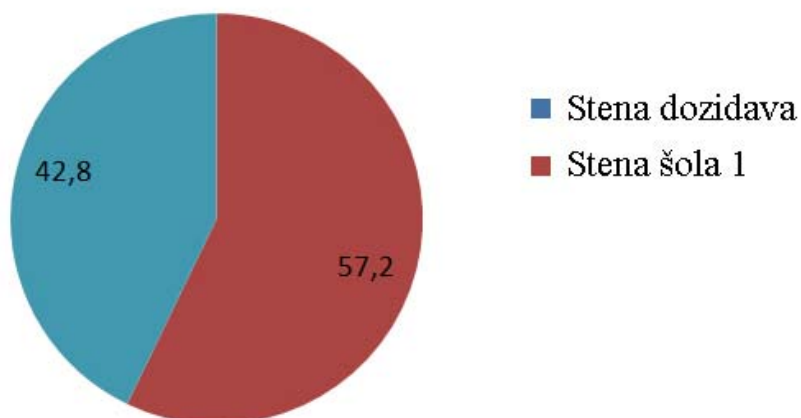
Grafikon 1: Deleži posameznih konstrukcijskih sklopov v stavbi (cona 1) - zunanje stene

Največji del izračunanih površin v coni 1 prispeva novejši del objekta, ki je bolj toplotno izoliran. S 34% pa mu sledi del zunanjih sten, ki sploh ni toplotno izoliran. Iz tega izhaja, da je vrednost povprečne toplotne prehodnosti dvakrat večja od najnižje toplotne prehodnosti ($U=0,322 \text{ W/m}^2\text{K}$), ki v tem primeru prevladuje. Izračunan povprečni U faktor je $0,666 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Do podobnih ugotovitev pridem tudi pri con 2 in con 3 (grafikon 2 in grafikon 3). Povprečni U faktor za cono 2 znaša $0,623 \text{ W/m}^2\text{K}$, za cono 3 pa $0,943 \text{ W/m}^2\text{K}$.



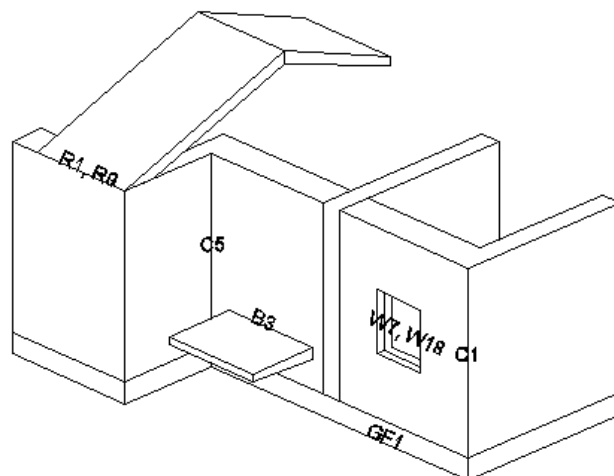
Grafikon 2: Deleži posameznih konstrukcijskih sklopov v stavbi (cono 2) - zunanje stene



Grafikon 3: Deleži posameznih konstrukcijskih sklopov v stavbi (cono 3) - zunanje stene

Ko sem izračunala povprečne toplotne prehodnosti za vsako cono, sem preverila vsako zunanjo steno, stik med zunanjo steno in tlemi, ter stik med zunanjo steno in streho ali se pojavijo toplotni mostovi. Pomagala sem si s preglednico A.2 iz standarda SIST EN ISO 14683:2008(E) [14].

Na sliki 19 so prikazani toplotni mostovi, ki se pojavijo v stavbi in jih je potrebno upoštevati pri analizi.



Slika 19: Vrste toplotnih mostov, ki se pojavljajo na obravnavani stavbi (povzeto po ISO 14683:2007 (E), Annex A, Figure A.1)

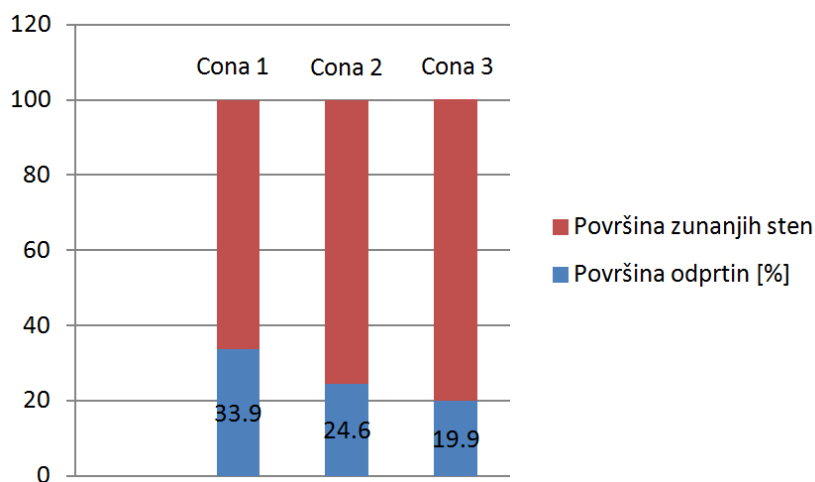
V vogalih objekta, na stiku med streho in zunanjo steno, pri balkonu in odprtinah ter ob talni plošči pride do poudarjenih linijskih toplotnih prehodov – toplotnih mostov. V času izgradnje stavbe toplotnim mostovom projektanti še niso namenjali posebne pozornosti, zato kritični detajli niso izpeljani tako kot bi se jih obravnavalo danes. Na teh mestih je toplotni tok povečan, kar povečuje energijske izgube, zato jih je nujno upoštevati pri energetski bilanci. Toplotni mostovi pa na račun znižanja notranje površinske temperature ne predstavljajo le energijske izgube, ampak tudi posredno vplivajo na trajnost gradbene konstrukcije in na zdravje človeka [18].

V preglednici 7 so navedene dolžine linijskih toplotnih mostov, ki se pojavijo v stavbi. Ker gre za stavbo večjih dimenzij, so dolžine območij s povečanim toplotnim tokom velike in jih ne smemo zanemariti.

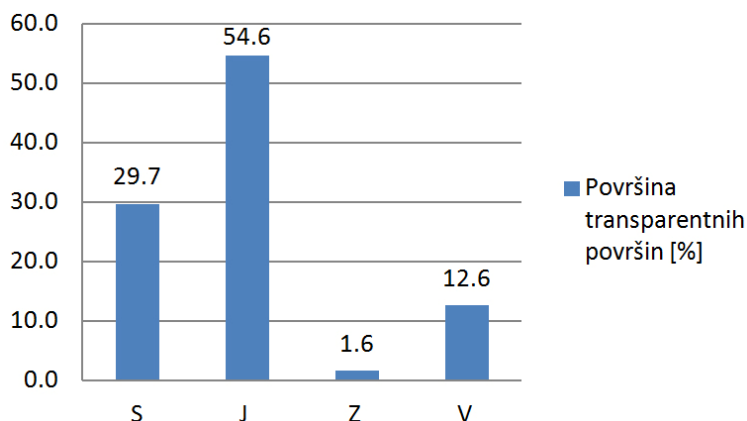
Preglednica 7: Tipi linijskih toplotnih mostov, njihove vrednosti ψ in dolžine, ki jih zavzemajo v posamezni temperaturni coni

Tipi toplotnih mostov	Cona 1	Cona 2	Cona 3
R1 ($\psi=0,55$ W/mK)	196,61 m	52,6 m	92,66 m
R9 ($\psi=-0,05$ W/mK)	128,39 m	31,66 m	0 m
C1 ($\psi=-0,05$ W/mK)	69,76 m	15,84 m	41 m
C5 ($\psi=0,05$ W/mK)	41,75 m	28,63 m	3,75 m
GF5 ($\psi=0,6$ W/mK)	170,25 m	47,26 m	217,22 m
W7 ($\psi=0,45$ W/mK)	510,88 m	131,3 m	236,4 m
W18 ($\psi=0,2$ W/mK)	203,98 m	111,46 m	0 m
B1 ($\psi=0,90$ W/mK)	6,5 m	0 m	0 m

Naslednji korak od nas zahteva informacije o odprtinah v zunanjih stenah in njihovi orientaciji (grafikon 4). Prva ogrevana cona, v katero spadajo učilnice, igralnice in knjižnica, ima največji delež odprtin – oken in vrat.

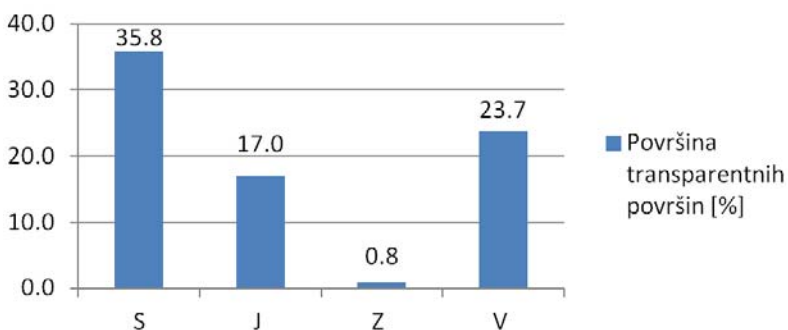
**Grafikon 4: Delež, ki ga zavzemajo odprtine glede na površino zunanjih sten**

Pri coni 1 (grafikon 5) je največ odprtin (54,6%) usmerjenih proti jugu, kar je s stališča nizkoenergijske gradnje dobrodošlo. Proti severni strani je obrnjenih kar 29,7% odprtin in sicer zato, ker manj neposredne dnevne svetlobe na tej strani omogoča bolj enakomerno osvetljenost v učilnicah. Na zahodni strani najdemo minimalno število odprtin, saj ni učnih prostorov, ki bi bili orientirani na to stran.



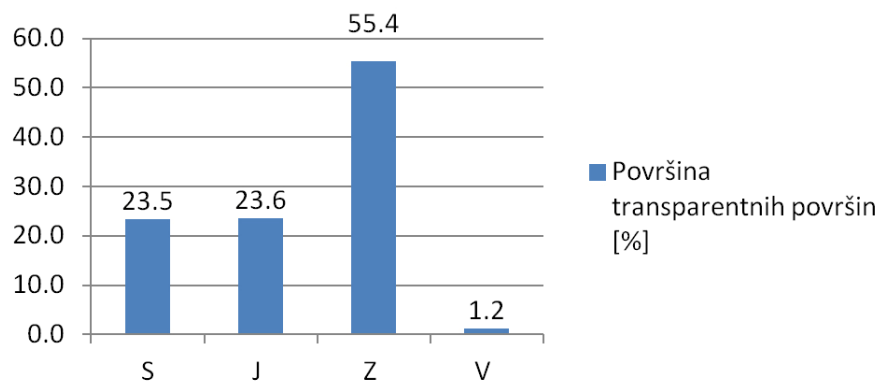
Grafikon 5: Delež transparentnih površin glede na orientacijo v coni 1

Grafikon 6 prikazuje, da je v coni 2 večina transparentnih površin na severni in vzhodni strani (hodniki in vhodi v stavbo).



Grafikon 6: Delež transparentnih površin glede na orientacijo v coni 2

Neogrevana cona ima pričakovano največ transparentnih površin usmerjenih zahodno, zaradi pozicije telovadnice z velikimi okni (grafikon 7).



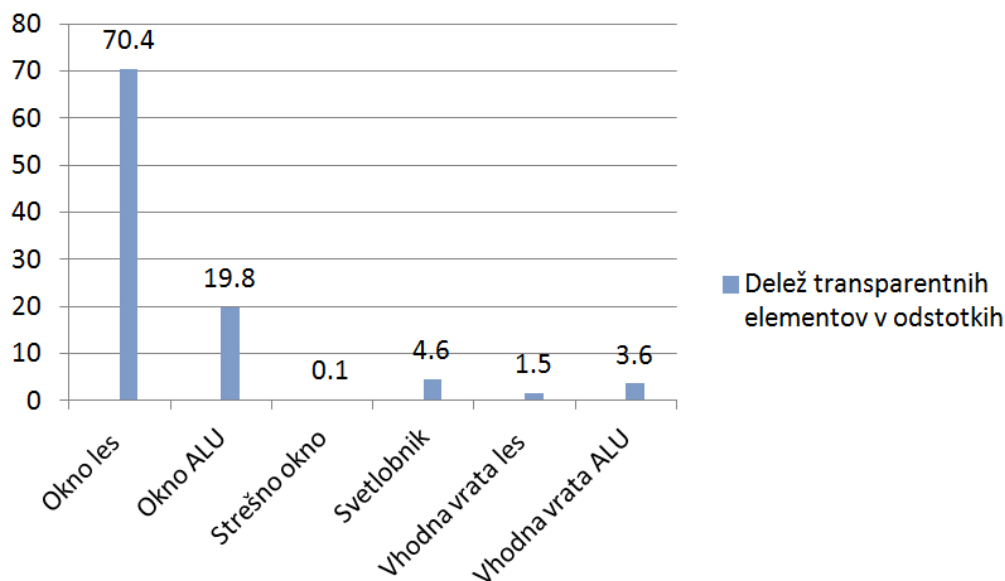
Grafikon 7: Delež transparentnih površin glede na orientacijo v coni 3

Toplotna prehodnost in g-faktor posameznih tipov oken sta prikazana v preglednici 8. Podatke o toplotni prehodnosti stavbnega pohištva sem pridobila iz tehničnega poročila stavbe, pripadajoče g-faktorje pa sem izračunala po standardu SIST EN ISO 13790. G-faktor predstavlja prepustnost stekla za sončno energijo, kar je pri objektih, s tako velikimi zasteklenimi površinami, zelo pomembno [16].

Preglednica 8: Toplotna prehodnost transparentnih elementov

Tip okna	U [W/m ² K]	g-faktor (-)	A(m ²)		
			Cona 1	Cona 2	Cona 3
Okno les	2,2	0,77	312,63	38,27	131,84
Okno ALU	1,6	0,68	113,17	26,68	/
Strešno okno	1,0	0,6	/	0,55	0,303
Svetlobnik	2,53	0,7	7,60	24,20	/
Vhodna vrata les	2,2	/	3,90	6,72	5,16
Vhodna vrata ALU	1,6	/	11,84	12,95	/

Iz grafikona 8 je jasno, da največji delež predstavljajo lesena okna, ki so bila vgrajena ob izgradnji prvotnega dela stavbe leta 1970.



Grafikon 8: Odstotek, ki ga zavzema posamezna vrsta transparentnega elementa

V TOST sem nato vnašala površine konstrukcijskih sklopov preko katerih so v stiku toplotne cone. Na sliki 20 je konkreten primer stikovanja cone 1 s cono 2 in stikovanje cone 1 in neogrevane cone 3.

	Netransparentni del					Transparentni del		Toplotni most pri tleh	
	A (m ²)	U (W/m ² K)	Ogrevan element			A _w (m ²)	U _w (W/m ² K)	ψ (W/mK)	l (m)
			U _o (W/m ² K)	R _i (m ² K/W)	ξ (-)				
Predelni element proti 2. OC	797,62	1,138				175,31	2,600	0,000	0,00
Predelni element proti 1. NC	552,18	0,774	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00

Slika 20: Določanje površin predelnih elementov v TOST-u

Zadnji korak za posamezno cono je določevanje priprave tople vode in razsvetljave (slika 21).

Prvo ogrevano cono predstavljajo predvsem učilnice, zato sem za referenčno površino uporabila prav njihovo površino. Število dni zagotavljanja tople vode sem izračunala iz dejanskega števila ur uporabe objekta po enačbi (2):

$$\text{Št. dni zagotavljanja tople vode} = \frac{3038 \text{ ur}}{24 \text{ ur}} \cong 127 \text{ dni} \quad (2)$$

Topla voda

Vrsta stavbe: Šola brez tušev

Število dni zagotavljanja tople vode: 127

Referenčna površina (m²): 1509,40 Površina učilnic

Razsvetljava

Vrsta stavbe: 7 - 1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo

Gostota moči svetilk PN (W/m²): 13,0 Maksimalna gostota moči svetilk PN za izbran tip stavbe (W/m²): 13

Zasilna razsvetljava: DA Izračunana gostota moči svetilk PN za obravnavano stavbo (W/m²): 13,0

Avtomatsko vodeneje razsvetljave: NE

Nadzorni sistem stalne osvetljenosti F_c (-): NE

Upoštevanje zasedenosti F_o (-): Ročno

Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe F_o (-): Ročno

Pomoč

Slika 21: Določanje parametrov za zagotavljanje tople vode in razsvetljave

Za gostoto moči svetilke sem določila maksimalno vrednost za stavbe za izobraževanje – 13 W/m² [5].

3.2.1 Analiza rezultatov obstoječega stanja

Preglednica 9: Rezultati, ki jih izračuna program TOST za obstoječe stanje stavbe

	Izračunana vrednost	Največja dovoljena vrednost
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	3080,69	/
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	10012,25	/
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	6045,51	/
Oblikovni faktor f_0	0,60	/
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,61	0,40
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	1116988	/
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	428602	117868
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	4426	/
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ²)	139,13
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	42,81
		11,77

TOST izračuna, da je poraba energije objekta večja, kot je dovoljena po PURES 2010 (preglednica 9). Neto uporabna površina stavbe A_u , kondicionirana prostornina stavbe V_e in površina toplotnega ovoja stavbe A so lastnosti stavbe in jih ne moremo spreminjati. Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T je razmerje med toplotnimi izgubami stavbe in njeno celotno zunanjo površino [2]. Pove nam moč toplotnih izgub na enoto površine pri temperaturni razliki 1K [19]. V trenutnem stanju vrednost specifičnih transmisijских izgub presega dovoljeno vrednost, zmanjšamo pa jo tako, da zmanjšamo prehod toplote skozi ovoj stavbe – torej izboljšamo zasnovo posameznih konstrukcijskih sklopov.

Od zrakotesnosti in toplotne izoliranosti ovoja je neposredno odvisna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} , medtem, ko letna raba primarne energije Q_p vsebuje tudi energijo, ki jo porabimo za pripravo tople vode, razsvetljavo in hlajenje stavbe, upošteva neučinkovitost sistemov kot tudi tip energenta. Pri Osnovni šoli Šmarjeta gre za veliko število uporabnikov, zato je tudi letna raba primarne energije velika - znaša 1116988 kWh. Transmisijske izgube znašajo 416 010 kWh, kar je skoraj trikrat več (159 160 kWh) kot znašajo prezračevalne izgube. Notranji dobitki doprinesejo 72 436 kWh energije, solarni dobitki pa na račun velikih transparentnih površin prispevajo 124 137 kWh, kar je skoraj enako kot energija, ki uhaja zaradi prezračevanja (slika 22).

kWh	1. kondicionirana cona	2. kondicionirana cona	3. kondicionirana cona	Kondicionirana cona s KK	Stavba
Transmisijske izgube	250.363	165.647	0	0	416.010
Ventilacijske izgube	97.557	61.602	0	0	159.160
Skupne izgube	347.920	227.249	0	0	575.170
Notranji dobitki	45.034	27.402	0	0	72.436
Solarni dobitki	97.640	23.254	0	3.243	124.137
Skupni dobitki	142.674	50.656	0	3.243	196.574

Slika 22: Vrste izgub in njihove vrednost v obstoječem stanju stavbe

Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} po izračunih v TOST-u za več kot trikrat presega dovoljeno toploto za ogrevanje (preglednica 9). Posledično je tudi letna potrebna toplota na kondicionirano prostornino presežena – ta znaša $42,81 \text{ kWh/m}^3\text{a}$, največja dovoljena pa je $11,77 \text{ kWh/m}^3\text{a}$.

3.3 Predlagane intervencije

Transmisijske izgube, torej izgube toplote zaradi toplotnega prehoda skozi zunanji ovoj stavbe, predstavljajo daleč največji delež izgub (slika 22). Zato je v prvi vrsti smiselno izvesti ukrepe, ki zajemajo zmanjšanje toplotne prehodnosti na:

- vseh zunanjih stenah,
- strehi,
- na mestih, kjer se pojavljajo toplotni mostovi.

Dodatno pa bi bilo zaradi starih in dotrajanih oken ter vrat smiselno zamenjati stavbno pohištvo z novim in namestiti kvalitetna senčila, za preprečevanje poletnega pregrevanja.

3.4 Energetska prenova

3.4.1 Zunanje stene

Nujni ukrep pri zmanjšanju toplotnih izgub je dodatna toplotna izolacija zunanjih sten.

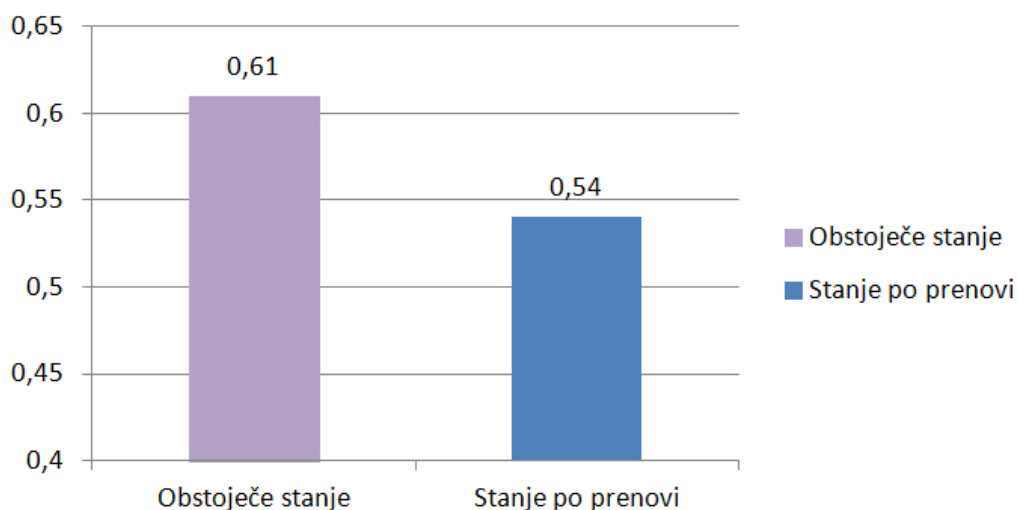
S programom TEDI ugotovim, da je za izpolnjevanje osnovne zahteve ($U < 0,28 \text{ W/mK}$) za zunanje stene ustrezna že 15 cm debela toplotna izolacija s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$. Glede na to, da je objekt zastarel in da je težko naknadno izvesti nekatere detajle, ki bi pripomogli k energetski učinkovitosti, sem se odločila, da uporabim največjo, še optimalno [20] debelino toplotne izolacije – 26 cm.

U – faktorji zunanjih sten se zato zmanjšajo in so navedeni v preglednici 10.

Preglednica 10: Efektivni U-faktorji zunanjih sten po energetski prenovi

Zunanja stena	Koeficient toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Stena šola 1	0,118
Stena kuhinja	0,142
Stena tehnični pouk	0,124
Stena dozidava	0,125
Stena šola 1 – severna stran	0,118

Vpliv povečanja debeline toplotne izolacije se kaže v tem, da se koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub opazno zmanjša (iz 0,61 na 0,54 W/m²K), vendar še vedno ni pod dovoljeno mejo (0,40 W/m²K), kar prikazuje grafikon 9:

**Grafikon 9: Koeficient H'T pred energetsko prenovo zunanjih sten in po prenovi**

Iz preglednice 11 ugotovim, da se letna raba primarne energije Q_P zmanjša za 6,4%, letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} pa za 10,3%.

Pri povečanju debeline toplotne izolacije ugotovim, da je potrebna energija za ohlajanje Q_{NC} za 7% večja. S težavo pojavljanja pregrevanja v poletnih mesecih se predvsem zaradi velikih steklenih površin sooča večina nizkoenergijskih objektov.

Preglednica 11: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA				
	STANJE								
H_T (W/m ² K)	0,61		0,54		-11,5 %				
Q_P (kWh)	1116988		1045114		-6,4 %				
Q_{NH} (kWh)	428602		384471		-10,3 %				
Q_{NC} (kWh)	4426		4756		7,5 %				
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	139,13		124,8		-10,3 %				
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	42,81		38,4		-10,3 %				
Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	
T.I. ² (kWh)	250363	165647	217417	153567	32946,0	12080,0	-13,2	-7,3	%
V.I. ³ (kWh)	97557	61602	97554	61602	3,0	0,0	0,0	0,0	%
SK.I. ⁴ (kWh)	347920	227249	314971	215169	32949,0	12080,0	-9,5	-5,3	%
N.D. ⁵ (kWh)	45034	27402	45034	27402	0,0	0,0	0,0	0,0	%
S.D. ⁶ (kWh)	97640	23254	95946	23666	1694,0	-412,0	-1,7	1,8	%
SK.D. ⁷ (kWh)	142674	50656	140981	51068	1693,0	-412,0	-1,2	0,8	%

Največje zmanjšanje izgub zaradi toplotne prehodnosti je občutiti na zunanjih stenah, ki obdajajo 1. ogrevano cono – izgube zmanjšamo za 13,2% (preglednica 11). Pri 2. ogrevani coni je učinek nekoliko manjši, kar lahko pripišem nižji notranji temperaturi, na katero je ogret prostor, in zato manjšemu toplotnemu toku skozi zunanje stene. Pri izgubah zaradi prezračevanja prostorov ne pride do sprememb, saj nimajo neposredne povezave z debelino toplotne izolacije na zunanjem ovojju.

3.4.2 Streha

Tako kot pri zunanjih stenah, sem tudi pri strehi dodala toplotno izolacijo na mesta, kjer je sploh ni, povsod drugje pa sem povečala debelino toplotne izolacije.

Ker sem upoštevala dejstvo, da mora biti rešitev tudi izvedljiva, zaradi zasnove konstrukcijskih sklopov nisem povsod uporabila optimalne debeline toplotne izolacije. Novi učinkoviti koeficienti toplotne prehodnosti so navedeni v preglednici 12.

² T.I. - transmisijske izgube

³ V.I. - ventilacijske izgube

⁴ SK.I. - skupne izgube

⁵ N.D. - notranji dobitki

⁶ S.D. - solarni dobitki

⁷ SK.D. - skupni dobitki

Preglednica 12: Efektivni U-faktorji streh po energetski prenovi

Streha	Koeficient toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Streha 1 – leseno ostrešje	0,144
Streha 2 – super strop-monta	0,187
Streha 3 – leseno ostrešje-telovadnica	0,161
Streha 4 – super strop – monta+pločevina	0,192
Streha 5 – leseno ostrešje+pločevina	0,158
Streha 6 - kuhinja	0,166
Streha 7 – novi vrtec	0,192

Preglednica 13:Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA				
	STANJE		STANJE PO PRENOVI		STANJE PO PRENOVI		STANJE PO PRENOVI		
H _T (W/m ² K)	0,61		0,48		-21,3	%			
Q _P (kWh)	1116988		988723		-11,5	%			
Q _{NH} (kWh)	428602		350140		-18,3	%			
Q _{NC} (kWh)	4426		4822		8,9	%			
Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	139,13		113,66		-18,3	%			
Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	42,81		34,97		-18,3	%			
Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	
T.I. ⁸ (kWh)	250363	165647	220537	114659	29826,0	50988,0	-11,9	-30,8	%
V.I. ⁹ (kWh)	97557	61602	97554	61012	3,0	590,0	0,0	-1,0	%
SK.I. ¹⁰ (kWh)	347920	227249	318091	175671	29829,0	51578,0	-8,6	-22,7	%
N.D. ¹¹ (kWh)	45034	27402	45034	25395	0,0	2007,0	0,0	-7,3	%
S.D. ¹² (kWh)	97640	23254	95716	22837	1924,0	417,0	-2,0	-1,8	%
SK.D. ¹³ (kWh)	142674	50656	140751	48232	1923,0	2424,0	-1,3	-4,8	%

⁸ T.I. - transmisijske izgube⁹V.I. - ventilacijske izgube¹⁰ SK.I. - skupne izgube¹¹ N.D. - notranji dobitki¹² S.D. - solarni dobitki¹³ SK.D. - skupni dobitki

Rezultati, ki jih izračuna program TOST (preglednica 13), kažejo na dejstvo, da ima v tem primeru toplotno izolirana streha precej večji vpliv na prihranek energije, kot zelo dobro izolirane zunanje stene.

Koeficient izgub zaradi toplotne prehodnosti ovoja H'_T je dvakrat manjši v primerjavi s koeficientom pri dobro izoliranih zunanjih stenah (-21,3%). Prav tako se zmanjšata tudi letna raba primarne energije Q_P in letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} .

Z dodano toplotno izolacijo na strehi zmanjšamo transmisijske izgube za 11,9% v prvi ogrevani coni, ter za 30,8% v drugi ogrevani coni. Ta cona ima v obstoječem delu precejšen del strehe popolnoma neizoliran.

3.4.3 Okna in vrata

Večina oken, vrat, svetlobnih kupol in strešnih oken je močno dotrajanih in potrebnih zamenjave. Pri teh sem se odločila za okvir iz lesa. Nisem pa upoštevala zamenjave stavbnega pohištva, ki je bilo vgrajeno pri dozidavi leta 2003 in 2009, saj ustreza zahtevam PURES-a 2010. Lastnosti stavbnega pohištva na prenovljenem objektu so navedene v preglednici 14.

Preglednica 14: Efektivni U-faktorji stavbnega pohištva po energetske prenovi

Stavbno pohištvo	Koeficient toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Okno – les (leseni okvir)	1,1
Okno – ALU (ni potrebno zamenjati)	1,6
Svetlobna kupola	2,0
Vhodna vrata – les (leseni okvir)	1,3
Vhodna vrata – ALU (okvir iz aluminija)	1,6
Strešno okno	1,0 ¹⁴

Glede na obstoječe stanje se z zamenjavo stavbnega pohištva koeficient H'_T zmanjša za 8,2% (preglednica 15). Zmanjšanje izgub pri prehodu toplote skozi ovoj stavbe je pri zamenjavi stavbnega pohištva manj izrazito kot pri dodajanju toplotne izolacije. Dejstvo je, da pri slabo izoliranem toplotnem ovoju stavbe, tudi zelo kvalitetna okna in vrata ne naredijo bistvene razlike pri celotni energetske učinkovitosti.

¹⁴ strešno okno Velux GGLz zasteklitvijo --65G

Preglednica 15: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA			
	STANJE							
H'_T (W/m ² K)	0,61		0,56		-8,2		%	
Q_P (kWh)	1116988		1056741		-5,4		%	
Q_{NH} (kWh)	428602		391540		-8,6		%	
Q_{NC} (kWh)	4426		4749		7,3		%	
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	139,13		127,09		-8,7		%	
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	42,81		39,11		-8,6		%	
Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2
T.I. ¹⁵ (kWh)	250363	165647	224596	159424	25767,0	6223,0	-10,3	-3,8
V.I. ¹⁶ (kWh)	97557	61602	92145	57415	5412,0	4187,0	-5,5	-6,8
SK.I. ¹⁷ (kWh)	347920	227249	316740	216839	31180,0	10410,0	-9,0	-4,6
N.D. ¹⁸ (kWh)	45034	27402	45034	27402	0,0	0,0	0,0	0,0
S.D. ¹⁹ (kWh)	97640	23254	89923	24087	7717,0	-833,0	-7,9	-3,6
SK.D. ²⁰ (kWh)	142674	50656	134957	51489	7717,0	-833,0	-5,4	-1,6

3.4.4 Toplotni mostovi

Da bi zagotovili čim večjo energetske učinkovitost objekta, ne smemo zanemariti vpliva, ki ga povzročajo toplotni mostovi.

Toplotni most pri stikovanju zunanje stene in strehe rešim z neprekinjeno speljano toplotno izolacijo (R9), okna in vrata pa ob zamenjavi namestim tako, da je toplotna izolacija speljana do okvirja (W18). Toplotnega mostu med zunanjo steno in tlemi ne moremo odpraviti, prav tako tudi toplotnih mostov na vogalih stavbe (C1 in C5), saj gre za geometrijske toplotne mostove in zato tu vpliv ostane enak kot pri obstoječem stanju. Vrste toplotnih mostov in njihove lastnosti so navedene v preglednici 16.

¹⁵ T.I. - transmisijske izgube

¹⁶ V.I. - ventilacijske izgube

¹⁷ SK.I. - skupne izgube

¹⁸ N.D. - notranji dobitki

¹⁹ S.D. - solarni dobitki

²⁰ SK.D. - skupni dobitki

Preglednica 16: Tipi linijskih toplotnih mostov, njihove vrednosti ψ in dolžine, ki jih zavzemajo v posamezni temperaturni coni po izvedbi ukrepov sanacije

Tipi toplotnih mostov	Cona 1	Cona 2	Cona 3
R9 ($\psi=-0,05$ W/mK)	325 m	84,26m	92,66 m
C1 ($\psi=-0,05$ W/mK)	69,76 m	15,84 m	41 m
C5 ($\psi=0,05$ W/mK)	41,75 m	28,63 m	3,75 m
GF5 ($\psi=0,6$ W/mK)	170,25 m	47,26 m	217,22 m
W18 ($\psi=0,2$ W/mK)	714,86 m	242,79 m	236,4 m
B1 ($\psi=0,90$ W/mK)	6,5 m	0 m	0 m

Ob upoštevanju vseh navedenih ukrepov zmanjšamo koeficient transmisij iz izgub za 8,2%, letna potrebna toplota za ogrevanje objekta pa se zmanjša za 6,4% (preglednica 17).

Preglednica 17: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA				
	STANJE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA				
H_T (W/m ² K)	0,61		0,56		-8,2 %				
Q_P (kWh)	1116988		1072126		-4,0 %				
Q_{NH} (kWh)	428602		401059		-6,4 %				
Q_{NC} (kWh)	4426		4630		4,6 %				
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	139,13		130,18		-6,4 %				
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	42,81		40,06		-6,4 %				
Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	
T.I. ²¹ (kWh)	250363	165647	227572	159956	22791,0	5691,0	-9,1	-3,4	%
V.I. ²² (kWh)	97557	61602	97554	61602	3,0	0,0	0,0	0,0	%
SK.I. ²³ (kWh)	347920	227249	325126	221558	22794,0	5691,0	-6,6	-2,5	%
N.D. ²⁴ (kWh)	45034	27402	45034	27402	0,0	0,0	0,0	0,0	%
S.D. ²⁵ (kWh)	97640	23254	96095	23342	1545,0	-88,0	-1,6	0,4	%
SK.D. ²⁶ (kWh)	142674	50656	141130	50744	1544,0	-88,0	-1,1	0,2	%

²¹ T.I. - transmisijske izgube

²² V.I. - ventilacijske izgube

²³ SK.I. - skupne izgube

²⁴ N.D. - notranji dobitki

²⁵ S.D. - solarni dobitki

²⁶ SK.D. - skupni dobitki

3.4.5 Tla

Kot je že omenjeno v poglavju 1.3.1 Opis stavbe, tla, razen sloja mineralne volne oz. plute, ki služi kot zvočna izolacija, niso toplotno izolirana.

V programu TEDI sem dodala 15cm debel sloj ekstrudiranega polistirena, s tem izračunani koeficienti toplotne prehodnosti padejo pod $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (preglednica 18), kar je precej manj kot zahteva PURES 2010 ($U_{\max}=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Preglednica 18: Efektivni U-faktorji tal po energetski prenovi

Tla	Koeficient toplotne prehodnosti U ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Tlak v kotlovnici	0,175
Tlak v telovadnici in garderbonih prostorih	0,207
Tlak v kuhinji	0,207
Tlak v šoli – dozidava 1990	0,207
Tlak v šoli – keramika	0,196
Tlak v šoli – osnovno	0,196

Kljub izvedenemu ukrepu je učinek precej manjši v primerjavi s predhodno predstavljenimi ukrepi.

Koeficient specifičnih transmisijjskih izgub se namreč zmanjša za 3,3%, letna potrebna toplota Q_{NH} pa pade za 2,0% (preglednica 19). V obeh conah so transmisijjske izgube le malo zmanjšane.

Glede na obsežnost posega, ki bi bil potreben za dodajanje toplotne izolacije v tleh, in učinek ukrepa, je potreben razmislek, če je tak ukrep sploh smiseln.

Preglednica 19: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA			
	STANJE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA			
H_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,61		0,59		-3,3 %			
Q_p (kWh)	1116988		980258		-12,2 %			
Q_{NH} (kWh)	428602		420054		-2,0 %			
Q_{NC} (kWh)	4426		4623		4,5 %			
Q_{NH}/A_u ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)	139,13		136,35		-2,0 %			
Q_{NH}/V_e ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	42,81		41,95		-2,0 %			
Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2
T.I. ²⁷ (kWh)	250363	165647	243157	163535	7207,0	2112,0	-2,9	-1,3 %
V.I. ²⁸ (kWh)	97557	61602	97554	61602	3,0	0,0	0,0	0,0 %
SK.I. ²⁹ (kWh)	347920	227249	340711	225137	7210,0	2112,0	-2,1	-0,9 %

²⁷ T.I. - transmisijjske izgube

²⁸ V.I. - ventilacijske izgube

²⁹ SK.I. - skupne izgube

N.D. ³⁰ (kWh)	45034	27402	45034	27402	0,0	0,0	0,0	0,0	%
S.D. ³¹ (kWh)	97640	23254	96594	23322	1080,0	-68,0	-1,1	0,3	%
SK.D. ³² (kWh)	142674	50656	141629	50724	1080,0	-68,0	-0,7	0,1	%

3.4.6 Predelni konstrukcijski sklopi

Zahteve PURES-a 2010 glede toplotne prehodnosti predelnih sten med različnimi toplotnimi conami so precej manj stroge kot v primeru zunanjega ovoja. Za doseg zahtev pravilnika je zadostoval dodatek 2 cm debelega ekspandiranega polistirena na enostran stene (preglednica 20).

Preglednica 20: Efektivni U-faktorji predelnih sten po energetski prenovi

Predelna stena	Koeficient toplotne prehodnosti U (W/m ² K)
Predelna stena – enojna	0,802
Predelna stena – dvojna (ostane brez sprememb)	0,888

Ta ukrep se pričakovano izkaže za najmanj učinkovitega, saj se koeficient specifičnih transmisijskih izgub praktično ne spremeni, potrebna energija za ogrevanje objekta se zmanjša zgolj za 1% (preglednica 21). Dodajanje toplotne izolacije na predelno steno bi bilo smiselno samo tam, kjer mejita ogrevana in neogrevana cona.

Preglednica 21: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		STANJE PO PRENOVI		RAZLIKA				
	STANJE		STANJE		STANJE		STANJE		
H _T (W/m ² K)	0,61		0,61		0,0				%
Q _P (kWh)	1116988		1107559		-0,8				%
Q _{NH} (kWh)	428602		422879		-1,3				%
Q _{NC} (kWh)	4426		4425		0,0				%
Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	139,13		137,27		-1,3				%
Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	42,81		42,24		-1,3				%
Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	
T.I. ³³ (kWh)	250363	165647	250016	159977	347,0	5670,0	-0,1	-3,4	%
V.I. ³⁴ (kWh)	97557	61602	97557	61602	0,0	0,0	0,0	0,0	%
SK.I. ³⁵ (kWh)	347920	227249	347573	221579	347,0	5670,0	-0,1	-2,5	%

³⁰ N.D. - notranji dobitki

³¹ S.D. - solarni dobitki

³² SK.D. - skupni dobitki

³³ T.I. - transmisijske izgube

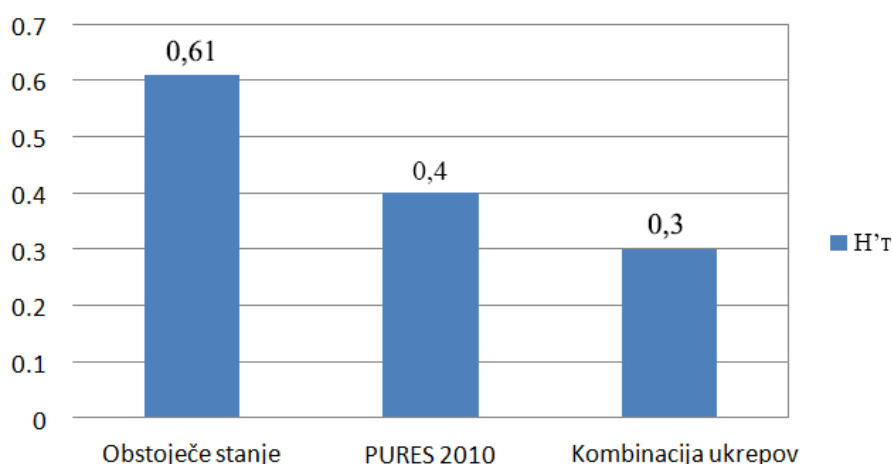
³⁴ V.I. - ventilacijske izgube

³⁵ SK.I. - skupne izgube

N.D. ³⁶ (kWh)	45034	27402	45034	27402	0,0	0,0	0,0	0,0	%
S.D. ³⁷ (kWh)	97640	23254	97680	23139	-40,0	115,0	0,0	-0,5	%
SK.D. ³⁸ (kWh)	142674	50656	142715	50540	-41,0	116,0	0,0	-0,2	%

3.5 Končni predlog energetske sanacije

Za energetske prenove sem kombinirala tri ukrepe: zmanjšala sem toplotno prehodnost zunanjih sten in streh, vpliv toplotnih mostov, ki se pojavijo na zunanjih stenah, znižala na minimum, ter zamenjala okna in vrata. Za to sem se odločila na podlagi izračunov v poglavju 2.4, saj so se ti ukrepi izkazali kot najbolj učinkoviti in zmerno invazivni.



Grafikon 10: Koefficient specifičnih transmisijskih izgub H'_T pri obstoječem stanju in po prenovi

Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T se ob navedenih ukrepih zmanjša za 50%. To pomeni, da so toplotne izgube skozi zunanji ovoj močno zmanjšane. Sedaj je koefficient H'_T v dovoljenih mejah, saj znaša 0,3. Največji dovoljeni H'_T je namreč 0,4 (grafikon 10).

Preglednica 22: Primerjava rezultatov obstoječega in prenovljenega stanja

	OBSTOJEČE		
	STANJE	STANJE PO PRENOVI	RAZLIKA
H'_T (W/m ² K)	0,61	0,3	-50,8 %
Q_P (kWh)	1116988	814122	-27,1 %
Q_{NH} (kWh)	428602	241775	-43,6 %
Q_{NC} (kWh)	4426	6387	44,3 %
Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	139,13	78,48	-43,6 %
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	42,81	24,15	-43,6 %

³⁶ N.D. - notranji dobitki

³⁷ S.D. - solarni dobitki

³⁸ SK.D. - skupni dobitki

Izgube in dobitki	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	Cona 1	Cona 2	
T.I. ³⁹ (kWh)	250363	165647	137049	90354	113314,0	75293,0	-45,3	-45,5	%
V.I. ⁴⁰ (kWh)	97557	61602	90971	56341	6586,0	5261,0	-6,8	-8,5	%
SK.I. ⁴¹ (kWh)	347920	227249	228019	146695	119901,0	80554,0	-34,5	-35,4	%
N.D. ⁴² (kWh)	45034	27402	44622	24452	412,0	2950,0	-0,9	-10,8	%
S.D. ⁴³ (kWh)	97640	23254	67229	23662	30411,0	-408,0	-31,1	1,8	%
SK.D. ⁴⁴ (kWh)	142674	50656	111851	48113	30823,0	2543,0	-21,6	-5,0	%

Letna raba primarne energije Q_P se zmanjša za -27,1% in je 814122 kWh, od tega se letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} zmanjša skoraj za polovico (preglednica 22). Iz tega sledi, da je tudi letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine manjša za 43,6% in znaša 24,15 kWh/m³a. Vendar ta še vedno ne zadošča PURES-u 2010, saj mora biti le-ta manjša od 11,77 kWh/m³. Precej pa se poveča tudi energija potrebna za hlajenje objekta Q_{NC} in sicer za 44,3%, kar je posledica znižanja toplotne prehodnosti stavbnega ovoja. S tem se v poletnih mesecih zmanjšajo transmisijske izgube ter s tem "hlajenje" stavbe s pomočjo transmisijskih izgub.

³⁹ T.I. - transmisijske izgube

⁴⁰ V.I. - ventilacijske izgube

⁴¹ SK.I. - skupne izgube

⁴² N.D. - notranji dobitki

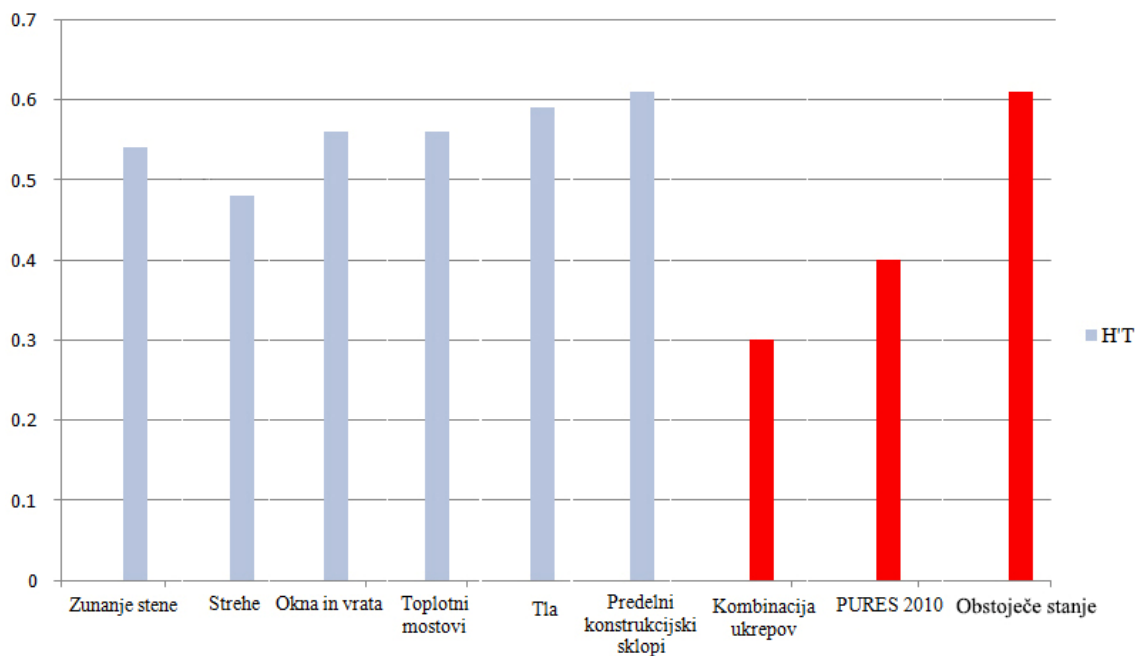
⁴³ S.D. - solarni dobitki

⁴⁴ SK.D. - skupni dobitki

4. Analiza ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti

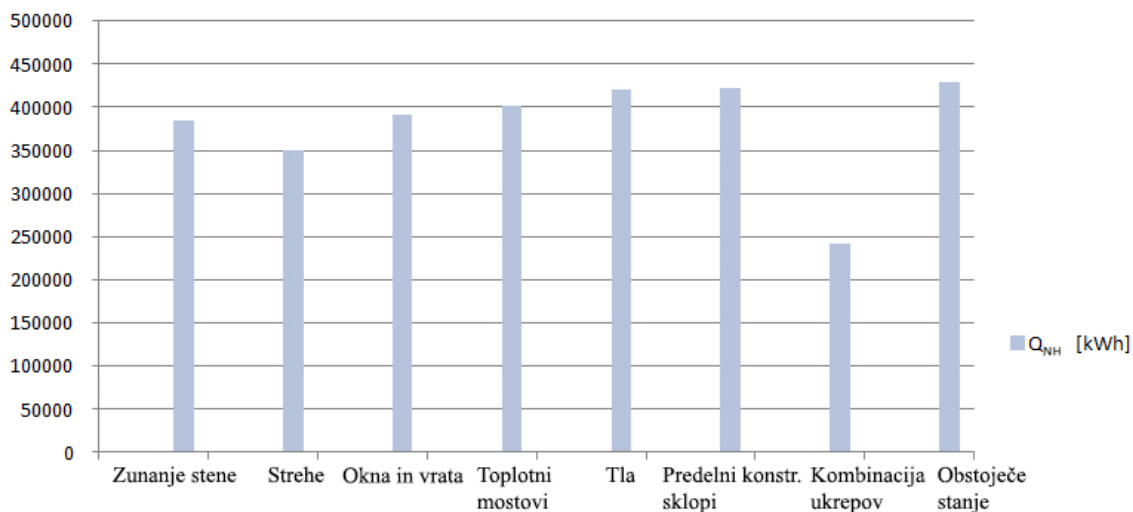
Energetska prenova mora biti učinkovita in čim manj zahtevna za izvedbo, hkrati pa mora zagotoviti kvalitetne bivalne in delovne pogoje za uporabnike stavbe. Če saniramo zunanje stene in streho ter stavbno pohištvo (okna in vrata), bomo minimalno posegali v nosilno konstrukcijo stavbe in bivalni prostor v njej. Medtem, ko je dodatna izolacija v tleh eden izmed manj učinkovitih ukrepov, predstavlja namestitve te toplotne izolacije izrazit poseg v notranjost stavbe. Podobno je z izboljšavami toplotne prehodnosti predelnih sten. Toplotni mostovi na zunanjih stenah in na tleh imajo večji vpliv, vendar njihovega vpliva ni mogoče povsod (racionalno) zmanjšati na minimum. Upoštevati je potrebno tudi, da ni vsak ukrep izvedljiv.

Iz grafikona 11 je razvidno, da je najbolj učinkovit ukrep za znižanje koeficienta specifičnih transmisijskih izgub izoliranje strešne konstrukcije. Kombinacijo ukrepov sem v graf priložila zaradi boljše preglednosti, kako pozitivno deluje več hkratnih ukrepov izboljšanja zunanjega ovoja.



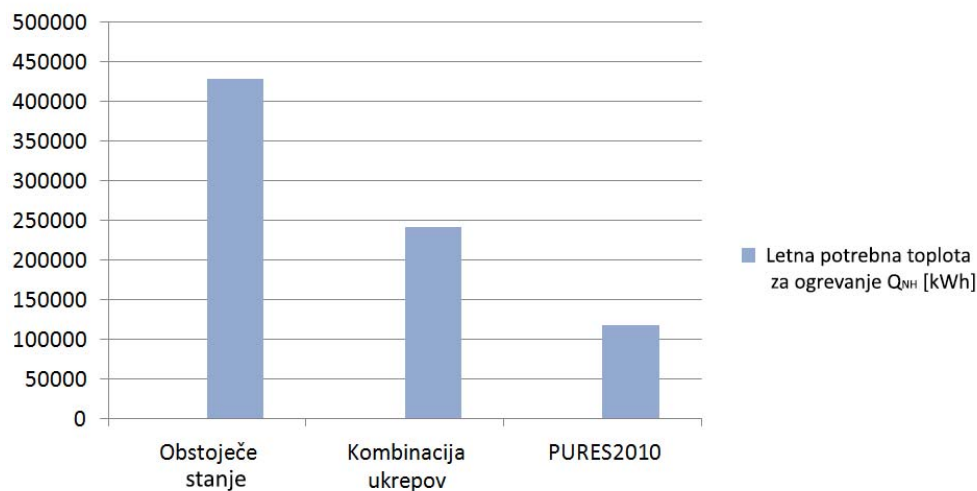
Grafikon 11: Primerjava kako izboljšave posameznih konstrukcijskih sklopov vplivajo na koeficient H'_T

Posledica zmanjšanja koeficienta H'_T je tudi zmanjšanje letne porabe energije za ogrevanje Q_{NH} , ki je eden izmed glavnih faktorjev, ki zanima tako strokovnjake kot laike: koliko bo v sezoni stavba porabila za ogrevanje? V primeru Osnovne šole Šmarjeta jo najbolj zmanjša izboljšava strešnih konstrukcijskih sklopov (grafikon 12).



Grafikon 12: Primerjava kako posamezne izboljšave konstrukcijskih sklopov vplivajo na letno porabo energije za ogrevanje Q_{NH}

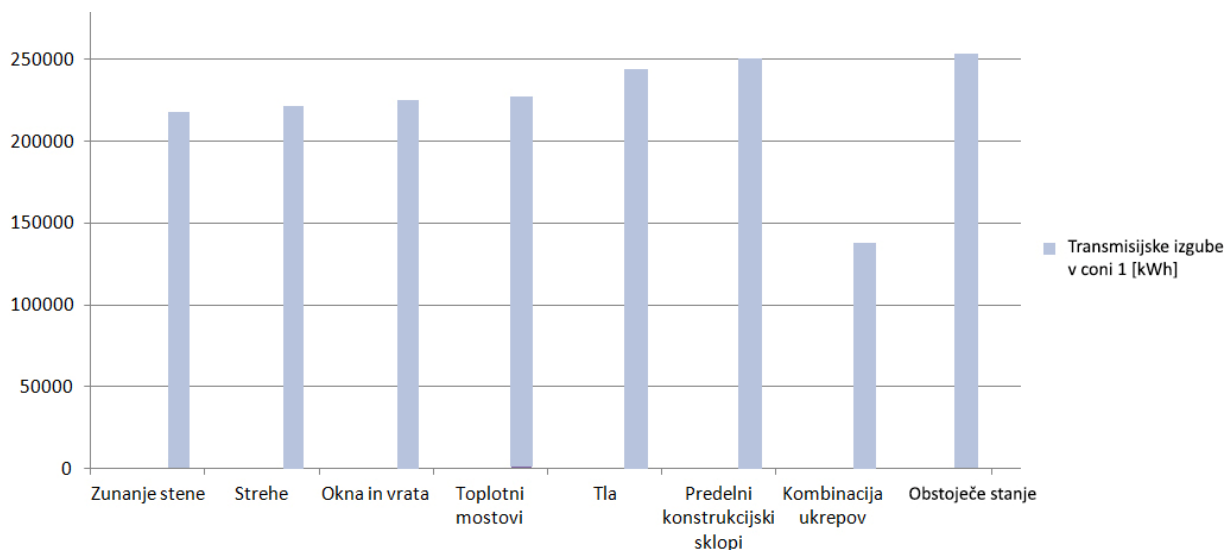
Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja, kombinacije vplivov in vrednosti izračunane po PURES-u 2010 je prikazana na grafikonu 13. Kljub kombiniranim ukrepom letna potrebna toplota za ogrevanje še vedno ni pod dovoljeno mejo po PURES-u 2010. To pomeni, da ta stavba kljub energetske sanaciji in bistveno nižji porabi energije še vedno ne bo zadostovala zakonskim zahtevam.



Grafikon 13: Letna potrebna toplota za ogrevanje za obstoječe stanje, kombinacijo ukrepov in izračunano vrednost po PURES-u 2010

V poglavju 2.2.1 sem ugotovila, da v primeru stavbe Osnovne šole Šmarjeta največje toplotne izgube predstavljajo transmisijske izgube - izgube zaradi prehajanja toplote skozi ovoj stavbe, ki povzročajo

večjo potrebno letno energijo za ogrevanje. Zato me je zanimalo za koliko se zmanjšajo te izgube s kombinacijo ukrepov v primerjavi s posameznimi ukrepi in obstoječim stanjem.



Grafikon 14: Primerjava kako posamezne izboljšave konstrukcijskih sklopov vplivajo na zmanjšanje transmisijskih izgub v con 1

Dobro izolirane zunanje stene in streha imata bistven vpliv na zmanjšanje transmisijskih izgub (grafikon 14). Predelni konstrukcijski sklopi na zmanjšanje izgub praktično nimajo vpliva, zanimivo pa je, da tudi tla ne, ki imajo v povprečju dodane 15 cm toplotne izolacije.

V drugi ogrevani con 2 povečana izolacija na stregah bistveno vpliva na zmanjšanje transmisijskih izgub, celo bolj kot je bilo to razvidno iz diagrama za cono 1 (priloga F, grafikon F.1). V con 2 se namreč izgube precej zmanjšajo na račun dodane toplotne izolacije nad prostori jedilnice, kjer je prej sploh ni bilo. V grafikonu (priloga F, grafikon F.1) je predstavljen vpliv na zmanjšanje transmisijskih izgub z različnimi ukrepi.

Razmerje med transmisijskimi in ventilacijskimi izgubami se spreminja. Pri con 1 je najbolj očitna sprememba pri kombinaciji ukrepov (priloga G, grafikon G.1), kjer ventilacijske izgube dosegajo več kot polovico transmisijskih izgub. To pomeni, da transmisijske izgube zlahka zmanjšamo, ventilacijske pa ne in imajo pri energetski sanaciji bistveno večji pomen, kot jim je bil dan v preteklosti. Pri zmanjšanju ventilacijskih izgub bi morali razmisliti tudi o namestitvi mehanskega prisilnega prezračevanja, ki obenem ohranja večji del toplote zraka, vendar je pri takšnih ukrepih potrebna previdnost, saj je kvalitetno in zadostno prezračevanje ključnega pomena za zdravo notranje okolje. Ugotovitve veljajo tudi za grafikon G.2 (priloga G) za cono 2.

5. Zaključek

Namen diplomske naloge je bil raziskati vpliv posameznih ukrepov s katerimi skušamo objekt narediti energijsko učinkovitega. Obravnavala sem vplive posameznih ukrepov na stavbo in jih primerjala med seboj.

Pri energetski prenovi so ključni podatki o zgradbi velikost, (okvirno) število uporabnikov, orientacija stavbe, faktor oblike in sestava toplotnega ovoja.

Pri Osnovni šoli Šmarjeta so toplotne izgube skozi stavbni ovoj oz. transmisijske izgube tiste, ki predstavljajo največji delež v energijski bilanci te stavbe. Te izgube so odvisne od sestave konstrukcijskega sklopa – faktorja toplotne prehodnosti, in oblike stavbe. Manjši kot bo faktor toplotne prehodnosti nekega konstrukcijskega sklopa, manjše bodo transmisijske izgube. To dokazuje zelo ugoden vpliv prenove zunanjih sten in strehe na znižanje letne potrebne toplote za ogrevanje. Objekt sem si prizadevala prenoviti na tak način, da bo ustrezal trenutnim zahtevam po energetsko učinkoviti stavbi in da bi dokazala, da vsi predvideni ukrepi niso enako učinkoviti oz. racionalni. Ugotovila sem, da je v primeru Osnovne šole Šmarjeta najbolj učinkovita in najmanj invazivna kombinacija sanacije celotnega zunanjega ovoja (zunanje stene in strehe), stavbnega pohištva in preprečevanja nastanka toplotnih mostov na zunanjih stenah.

Spoznala sem kako pomembne so toplotne cone. To so območja v stavbi, ki se med seboj razlikujejo glede na različno ogrevanost/neogrevanost. Pri nizkoenergijskem objektu si moramo prizadevati, da manj ogrevane cone razporedimo ob obodu (ob zunanjih stenah) in jugu, bolj ogrevane cone pa so v jedru, če je seveda to mogoče. Težimo tudi k temu, da neogrevane cone niso umeščene med ogrevane cone.

Z vidika toplotnih mostov sem ugotovila, da morajo biti nizkoenergijski objekti grajeni bolj kompaktno v primerjavi s klasičnimi – manj razgibano, saj vsak vogal stavbe predstavlja geometrijski toplotni most. Pomembna je tudi orientacija objekta in pri tem smiselna zasteklitev ter uporaba senčil. Načeloma je potrebno veliko premisleka o primerni uskladitvi med razgibanostjo stavbe, orientaciji transparentnih delov ovoja in načinu uporabe le-te (temperaturne cone, prezračevanje, način ogrevanja, število uporabnikov...)

Kljub kombinaciji ukrepov s katero bi sanirali obravnavano stavbo, pa še vedno ne zadostimo popolnoma zahtevam PURES-a 2010, predvsem glede letne potrebne energije za ogrevanje Q_{NH} , čeprav je ta manjša kar za 43% v primerjavi z obstoječim stanjem. Letno porabo energije stavbe bi bilo možno dodatno še zmanjšati z uporabo lokalnega prezračevanja z vračanjem toplote s čimer bi lahko zmanjšali prezračevalne izgube stavbe. Dodatni ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti pa bi bili še pridobivanje energije iz različnih alternativnih virov kot je sončna energija ali toplote okolja (s pomočjo toplotne črpalke). Pregrevanje objekta v poletnih mesecih bi lahko zmanjšali s

premišljeno ozelenitvijo okolice (listopadna vegetacija, ki poleti daje senco, pozimi pa omogoča osončenost) ali uporabo premičnih senčil. Glede na konkretno lokacijo Osnovne šole Šmarjeta, bi lahko razmislili tudi o izkoristku geotermalne energije za ogrevanje, saj so v bližini tudi terme Šmarješke Toplice.

VIRI

- [1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, 18. 6. 2010.
- [2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010.
- [3] Podnebno-energetski paket EU (20/20/20 do 2020). 2013.
http://www.arhiv.svps.gov.si/si/podnebni_ukrepi/podnebna_politika_v_sloveniji/evropska_unija/
(Pridobljeno 25. 7. 2013.)
- [4] Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 25. oktobra 2012 o energetske učinkovitosti, spremembi direktiv 2009/125/ES in 2010/30/EU ter razveljavitvi direktiv 2004/8/ES in 2006/32/ES. Uradni list Evropske unije, 14. 11. 2012.
- [5] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor 2010.
- [6] Steger, U. et al. 2005. Sustainable Development and Innovation in the Energy Sector. Berlin. Springer Berlin Heidelberg: str. 31, 34, 35.
- [7] Thullner, K. 2010. Low-energy buildings in Europe - Standards, criteria and consequences; A study of nine European countries, str. 28
- [8] Austria klima:aktiv. 2012.
<http://www.uncsd2012.org/content/documents/519AUSTRIA%20klima%20aktiv.pdf>
(Pridobljeno 2. 8. 2013.)
- [9] <http://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/erneuerbarewaerme/Erneuerbare-Waerme-fuer-Eigenheime/Heizsystem.html> (Pridobljeno 2. 8. 2013.)
- [10] Ramovš, T. 2013. DIIP projekta energetske sanacije OŠ Šmarjeta. Osebna komunikacija (10. 7. 2013.)
- [11] Krainer, A. Predan, R. 2012. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [12] Krainer, A. Predan, R. 2012. Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [13] Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. 2012.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/programi/TOSTNavodila%20ZOE%202012.pdf> (Pridobljeno 10. 6. 2013.)
- [14] SIST EN ISO 13789:2008. Toplotne značilnosti stavb – Toplotni koeficienti pri prenosu toplote in prezračevanja – Računska metoda (ISO 13789:2007).
- [15] SIST EN ISO 14683:2008. Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2007).

[16] Agencija RS za okolje, Atlas okolja. 2013.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL%40Arso&initialExtent=519811.44%2C82164.94%2C1.32292 (Pridobljeno 14. 6. 2013.)

[17] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.

[18] Durini, P. 2012. Toplotni mostovi. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Durini): str. 23.

[19] Žveglič, L. 2006. Primerjalna analiza ukrepov za zmanjševanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Žveglič): str. XV.

[20] Ekonomična debelina toplotne izolacije v ovoju stavbe. 2012.

<http://www.knaufinsulation.si/sites/si.knaufinsulation.net/files/ekonomicna-debelinaTIImaj2012.pdf>
(Pridobljeno 6. 8. 2013.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: ZUNANJE STENE

Slika A.1: Prerez zunanje stene prvotnega dela iz leta 1970	A1
Slika A.2: Prerez zunanje stene na severni strani prvotnega dela iz leta 1970	A1
Slika A.3: Prerez zunanje stene kuhinje in prizidka iz leta 2003	A2
Slika A.4: Prerez zunanje stene dozidave iz leta 1990	A2
Slika A.5: Prerez zunanje stene pri učilnici za tehnični pouk	A3

PRILOGA B: TLA

Slika B.1: Prerez tal v kotlovnici	B1
Slika B.2: Prerez tal v telovadnici in garderobnih prostorih	B1
Slika B.3: Prerez tal v sanitarijah	B1
Slika B.4: Prerez tal v dozidanem delu iz leta 1990	B2
Slika B.5: Tlak v kuhinji	B2
Slika B.6: Prerez tal v delu stavbe iz leta 1970	B2

PRILOGA C: STREHE

Slika C.1: Streha nad delom stavbe zgrajenim leta 1970 krita z "valovitko" (streha 1)	C1
Slika C.2: Streha nad delom stavbe zgrajenim leta 1970 (streha 2)	C1
Slika C.3: Streha nad telovadnico (streha 3)	C1
Slika C.4: Pločevinasta streha nad delom stavbe zgrajenim leta 1970 (streha 4)	C2
Slika C.5: Streha nad jedilnico (streha 5)	C2
Slika C.6: Streha nad kuhinjo (streha 6)	C2
Slika C.7: Streha nad dozidanim delom iz leta 2003 (streha 7)	C2

PRILOGA D: KONSTRUKCIJSKI SKLOP ZUNANJA STENA DOZIDAVA 1990 - DIAGRAMI

Diagram D.1: Potek temperature skozi konstrukcijski sklop (zunanja stena dozidava 1990)	D1
Diagram D.2: Parni tlak v konstrukcijskem sklopu (stena dozidava 1990)	D1

PRILOGA E: KONSTRUKCIJSKI SKLOP ZUNANJA STENA TEHNIČNI POUK - DIAGRAMI

Diagram E.1: Potek temperature skozi konstrukcijski sklop (zunanja stena tehnični pouk)	E1
Diagram E.2: Parni tlak v konstrukcijskem sklopu (zunanja stena tehnični pouk)	E1

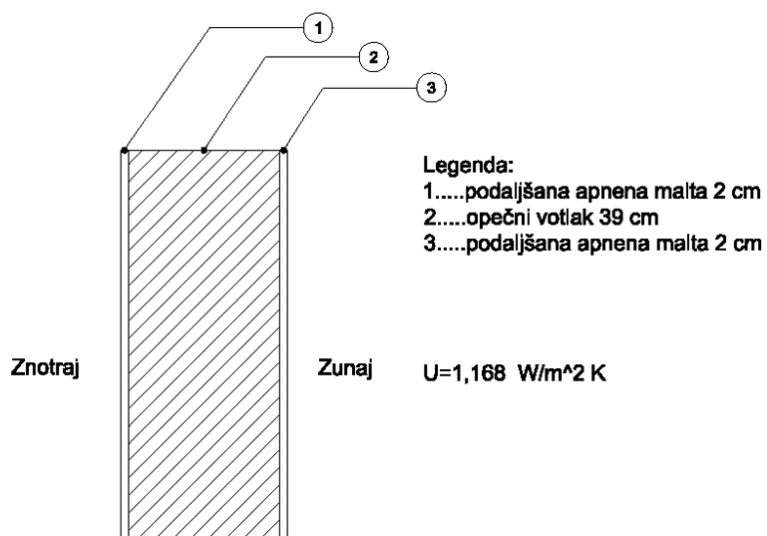
PRILOGA F: TRANSMISIJSKE IZGUBE V CONI 2

Grafikon F.1: Transmisijske izgube v coni 2	F1
----------------------------------------------------	-----------

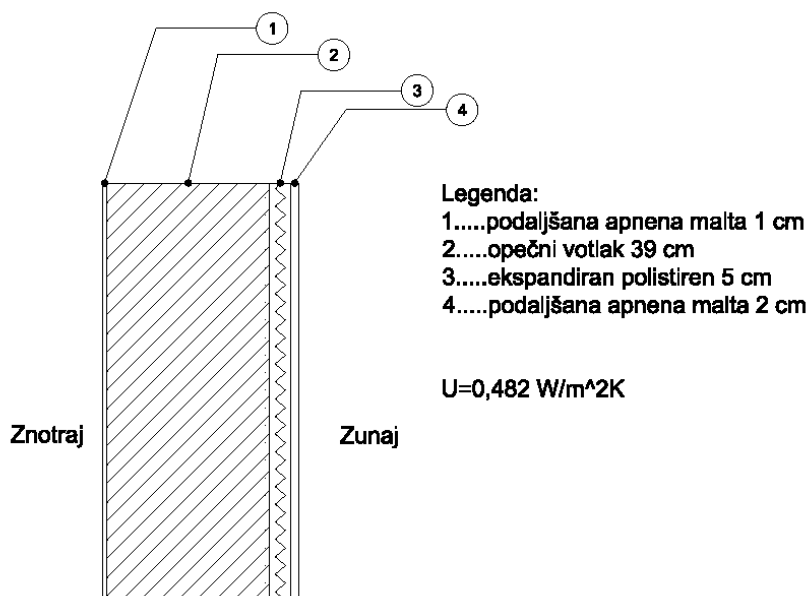
PRILOGA G: RAZMERJE TRANSMISIJSKIH IN VENTILACIJSKIH IZGUB

Grafikon G.1: Razmerje med transmisijskimi in ventilacijskimi izgubami v coni 1 (izgube v kWh)	G1
Grafikon G.2: Razmerje med transmisijskimi in ventilacijskimi izgubami v coni 2 (izgube v kWh)	G2

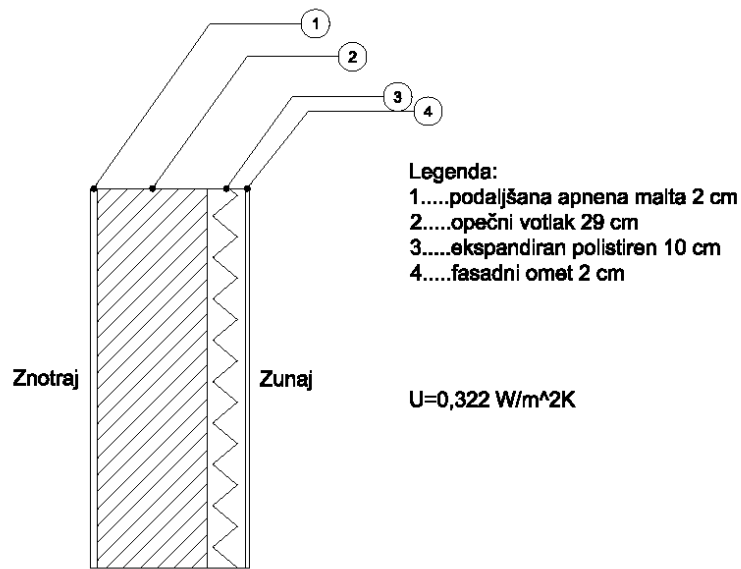
PRILOGA A: ZUNANJE STENE



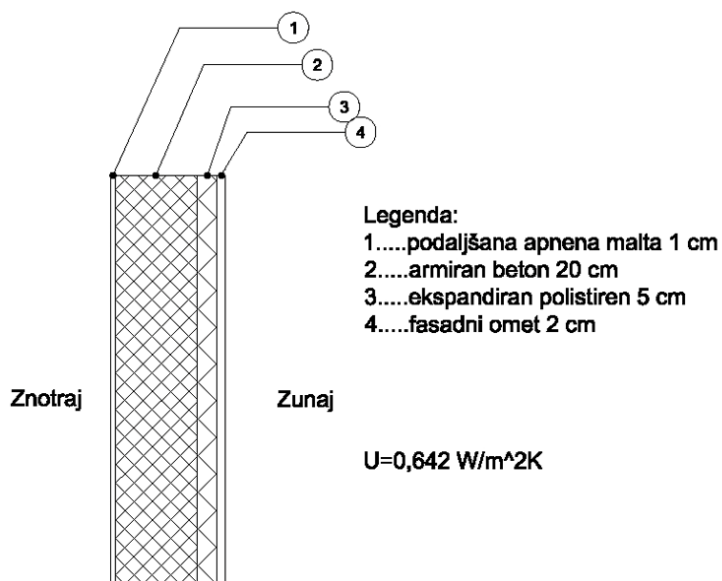
Slika A.1: Prerez zunanje stene prvotnega dela iz leta 1970



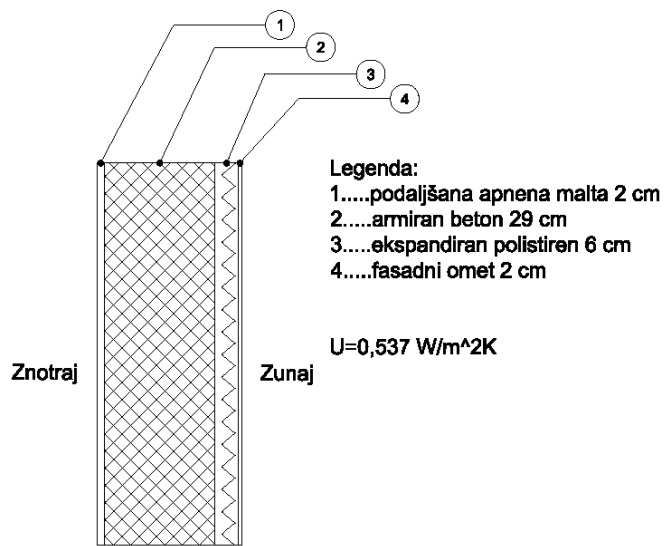
Slika A.2: Prerez zunanje stene na severni strani prvotnega dela iz leta 1970



Slika A.3: Prerez zunanje stene kuhinje in prizidka iz leta 2003

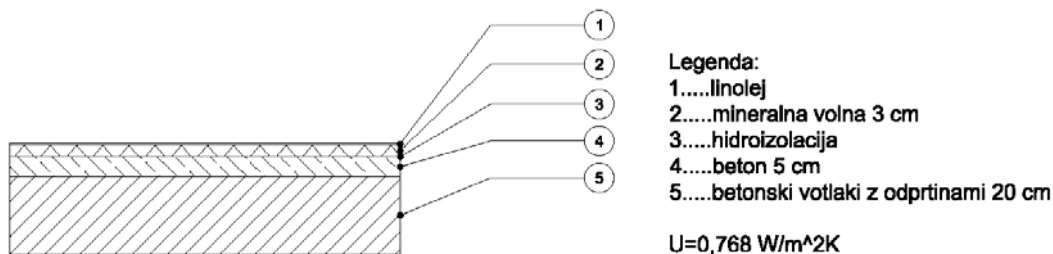


Slika A.4: Prerez zunanje stene dozidave iz leta 1990

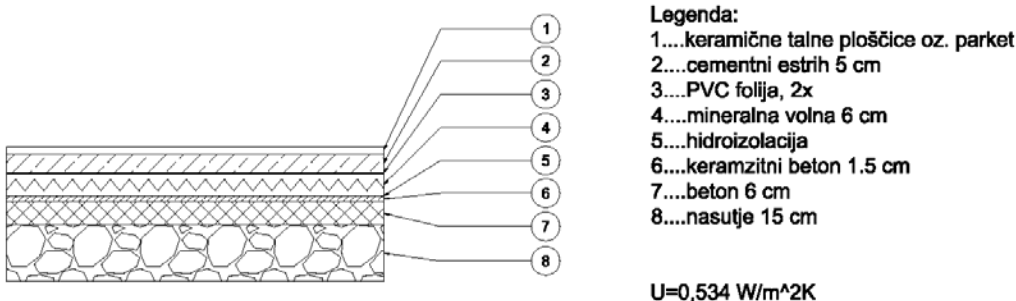


SlikaA.5: Prerez zunanje stene pri učilnici za tehnični pouk

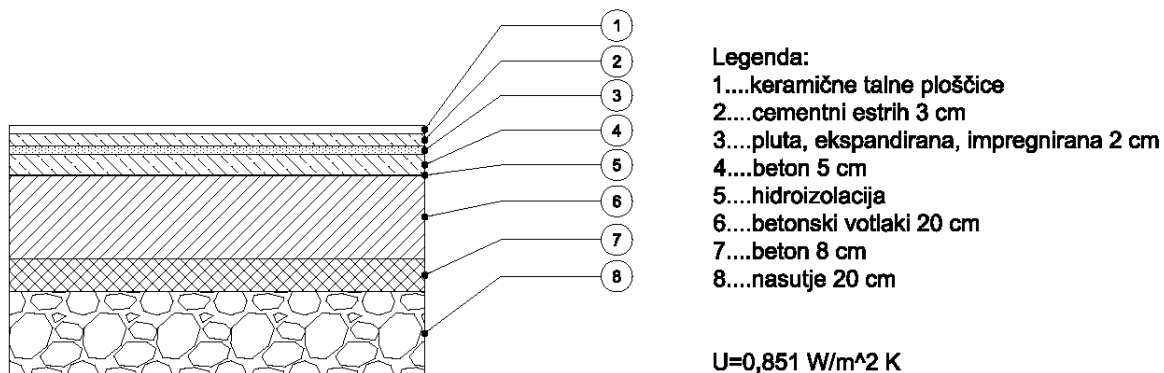
PRILOGA B: TLA



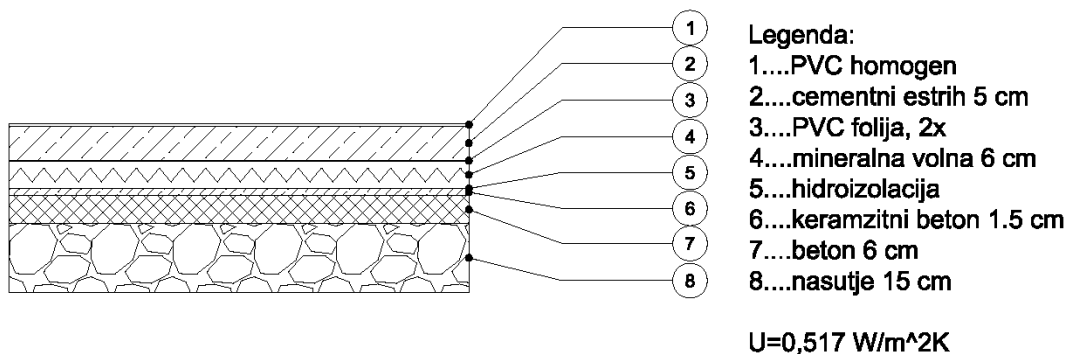
Slika B.1: Prerez tal v kotlovnici



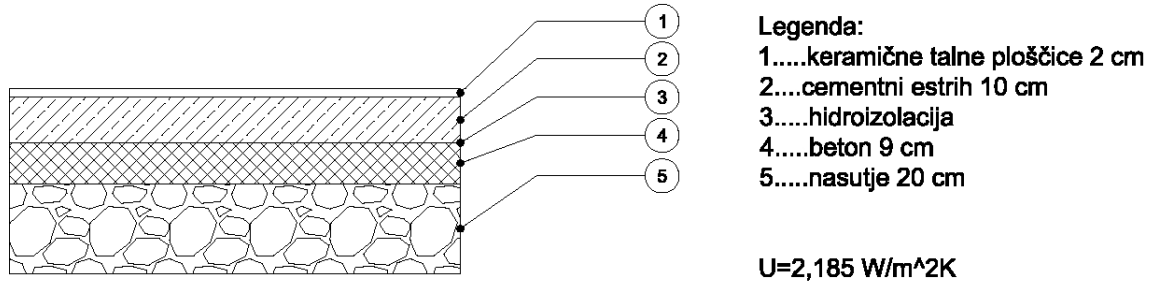
Slika B.2: Prerez tal v telovadnici in garderobnih prostorih



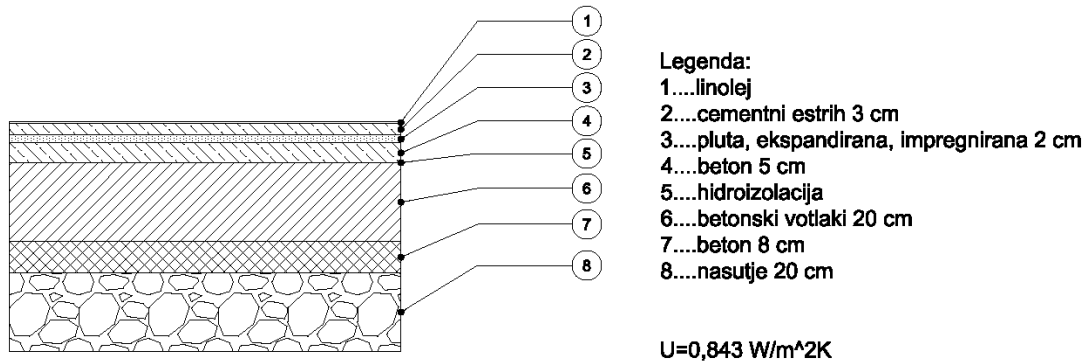
Slika B.3: Prerez tal v sanitarijah



Slika B.4: Prerez tal v dozidanem delu iz leta 1990

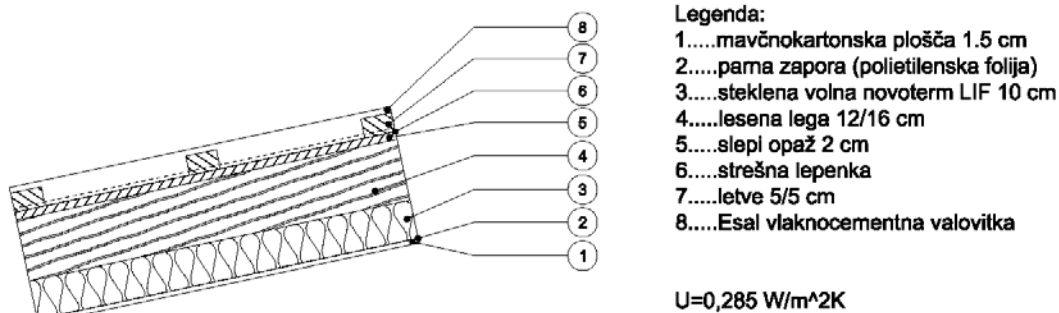


Slika B.5: Tlak v kuhinji

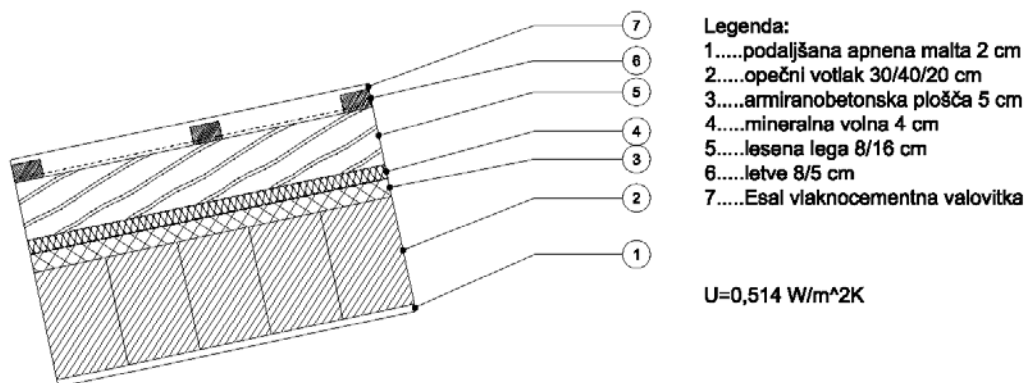


Slika B.6: Prerez tal v delu stavbe iz leta 1970

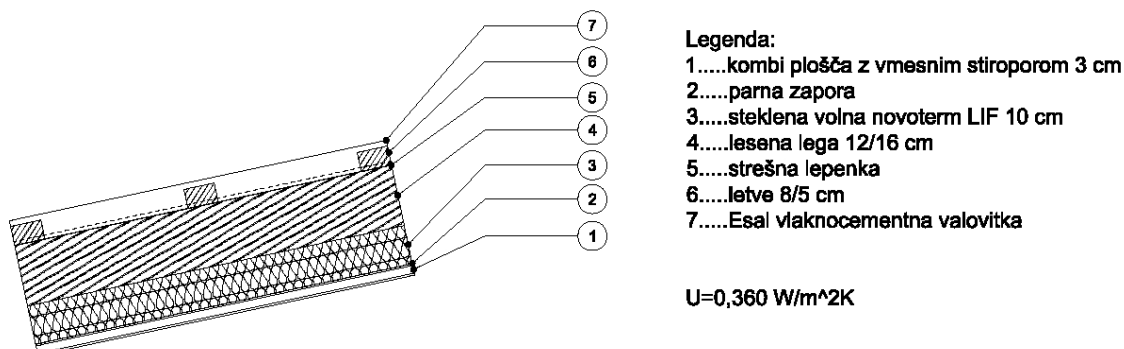
PRILOGA C: STREHE



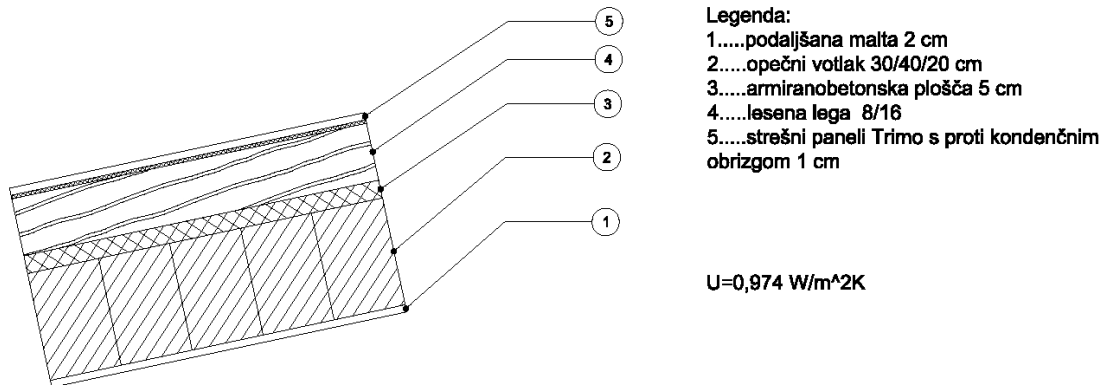
Slika C.1: Streha nad delom stavbe zgrajenim leta 1970 krita z "valovitko" (streha 1)



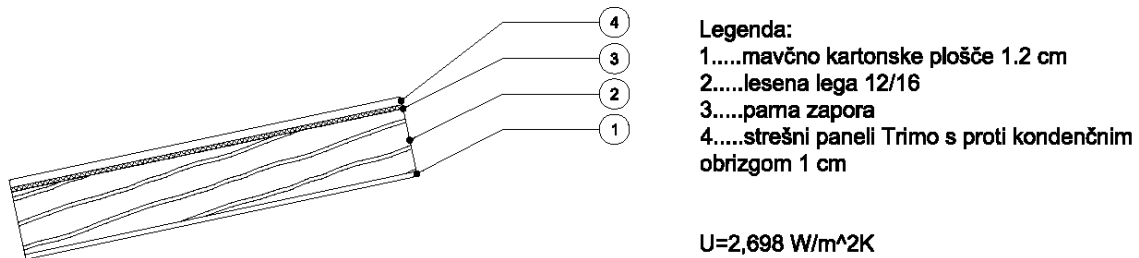
Slika C.2: Streha nad delom stavbe zgrajenim leta 1970 (streha 2)



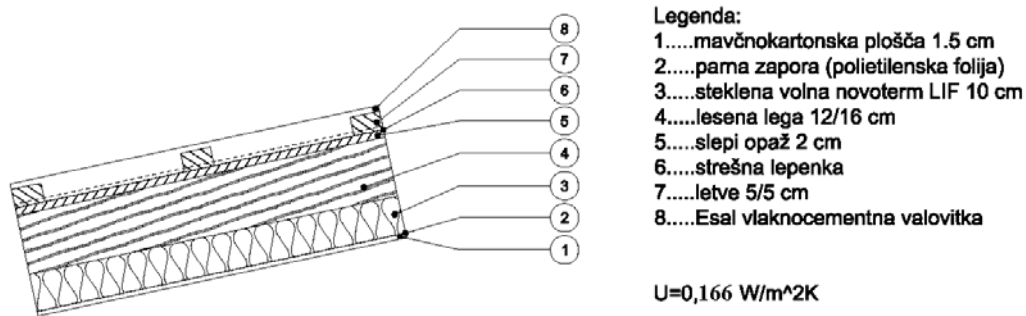
Slika C.3: Streha nad telovadnico (streha 3)



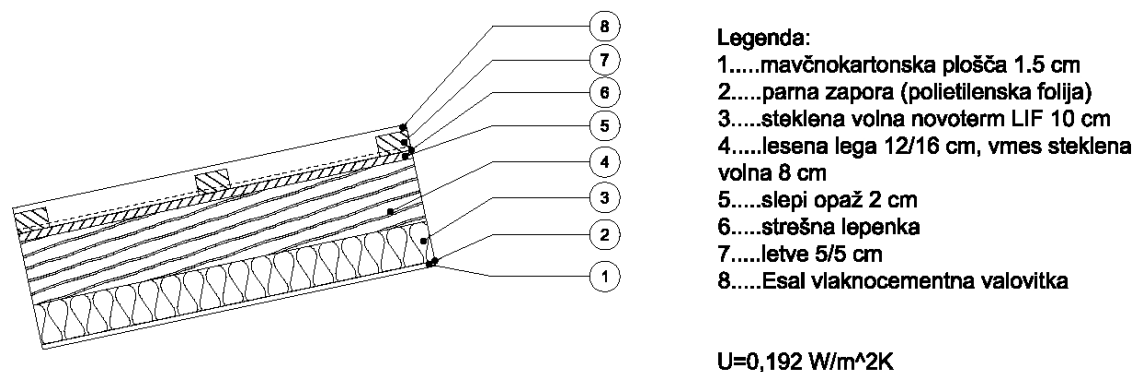
Slika C.4: Pločevinasta streha nad delom stavbe zgrajenim leta 1970 (streha 4)



Slika C.5: Streha nad jedilnico (streha 5)



Slika C.6: Streha nad kuhinjo (streha 6)



Slika C.7: Streha nad dozidanim delom iz leta 2003 (streha 7)

PRILOGA D: KONSTRUKCIJSKI SKLOP ZUNANJA STENA DOZIDAVA 1990 - DIAGRAMI

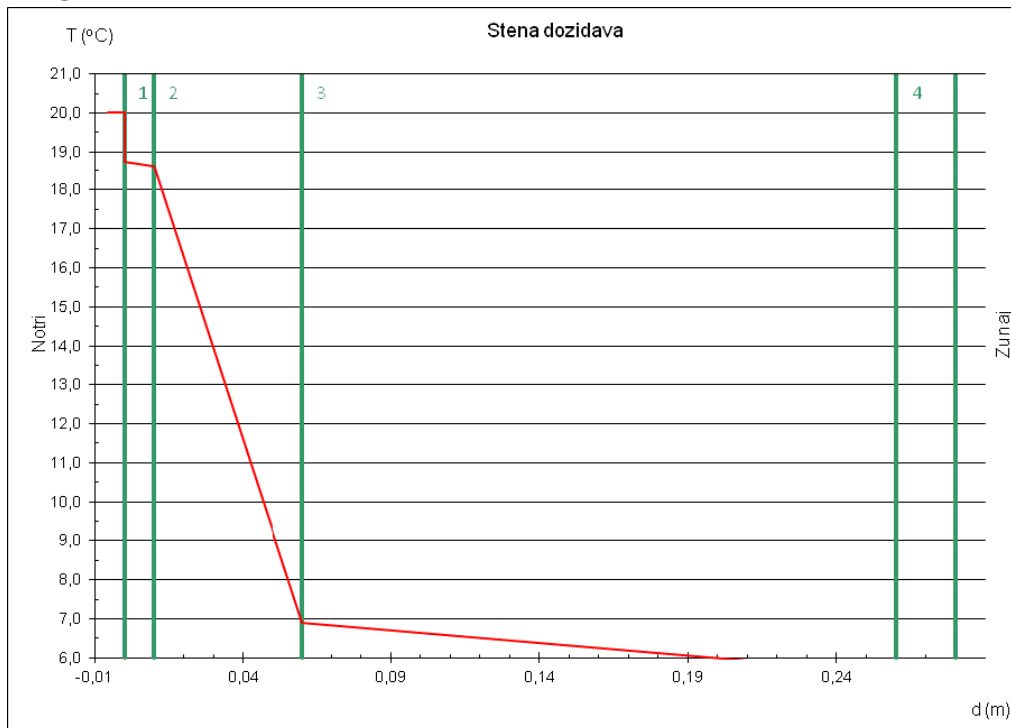


Diagram D.1: Potek temperature skozi konstrukcijski sklop (zunanja stena dozidava 1990)

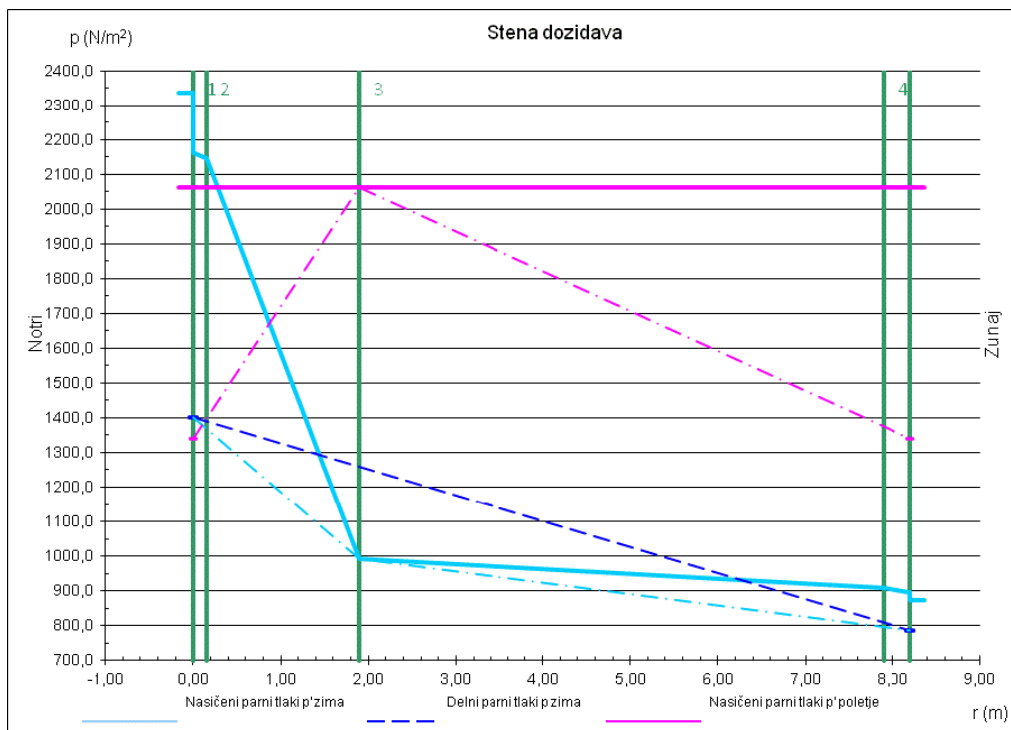


Diagram D.2: Parni tlak v konstrukcijskem sklopu (stena dozidava 1990)

PRILOGA E: KONSTRUKCIJSKI SKLOP ZUNANJA STENA TEHNIČNI POUK - DIAGRAMI

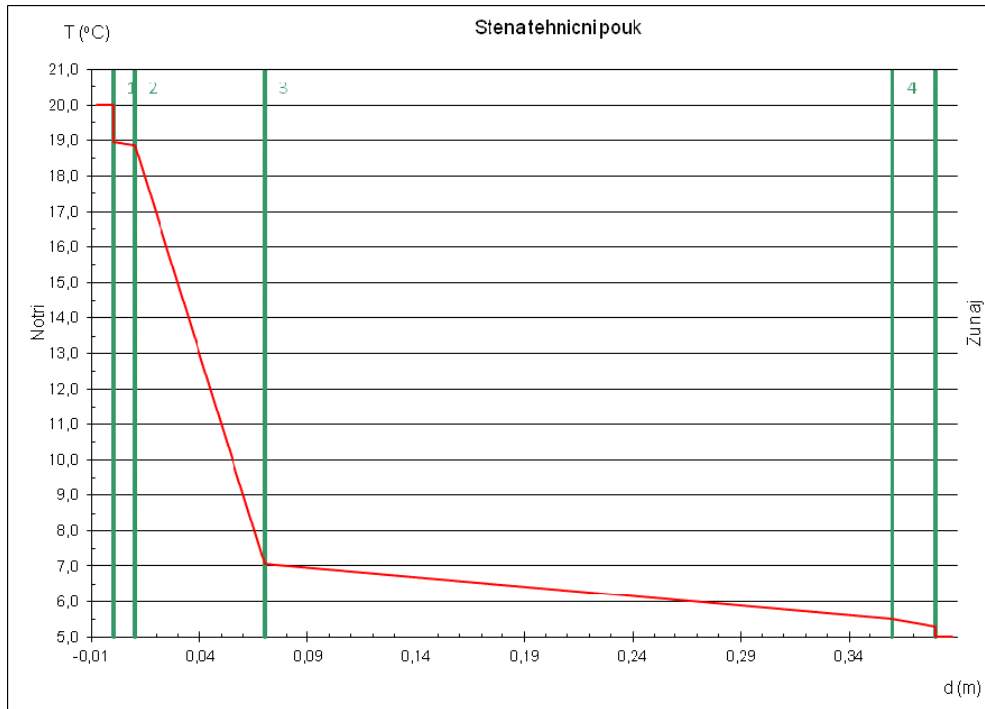


Diagram E.1: Potek temperature skozi konstrukcijski sklop (zunanja stena tehnični pouk)

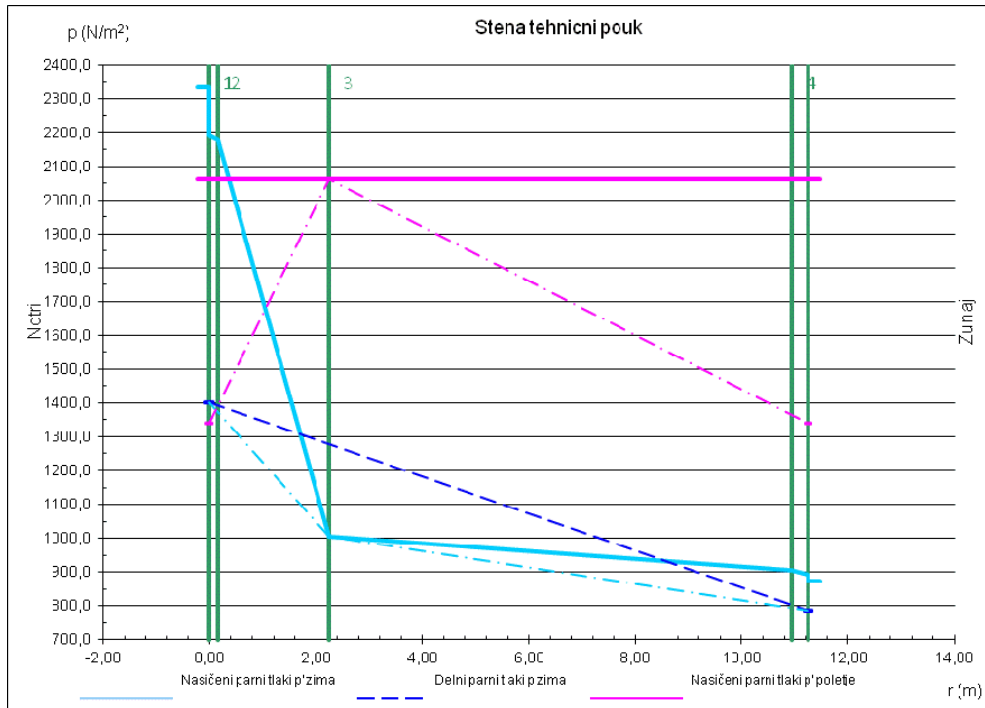
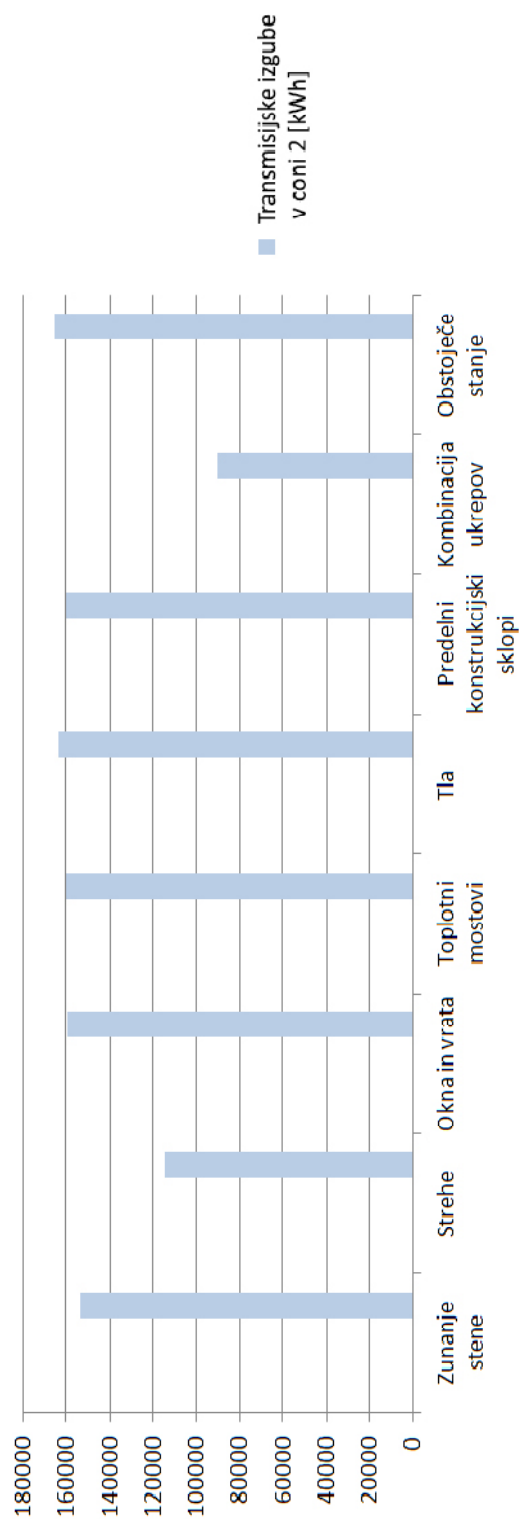
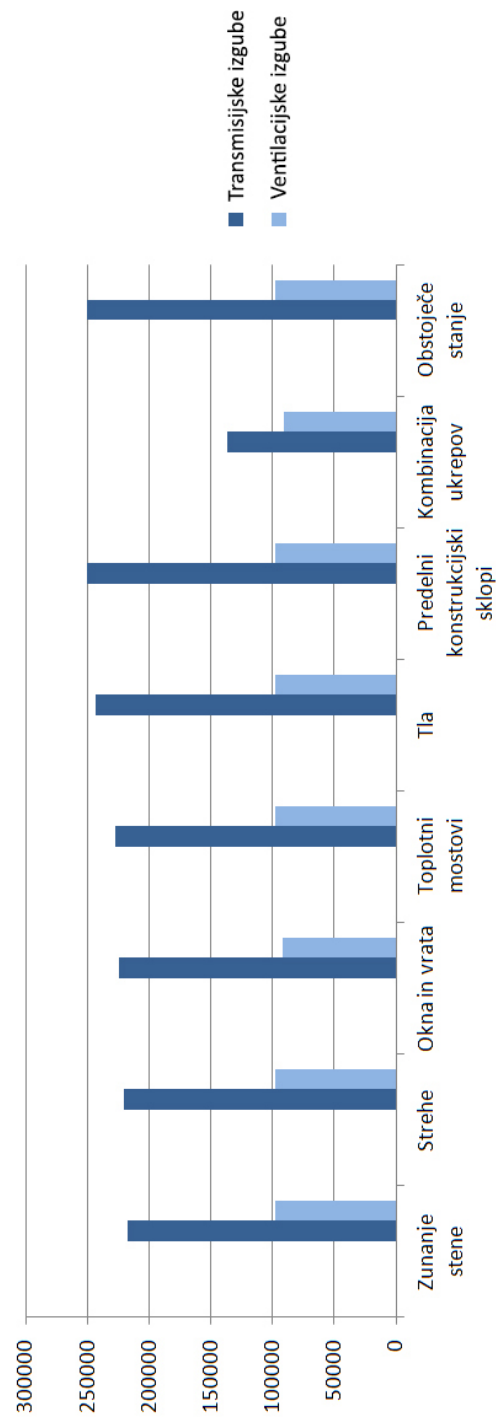


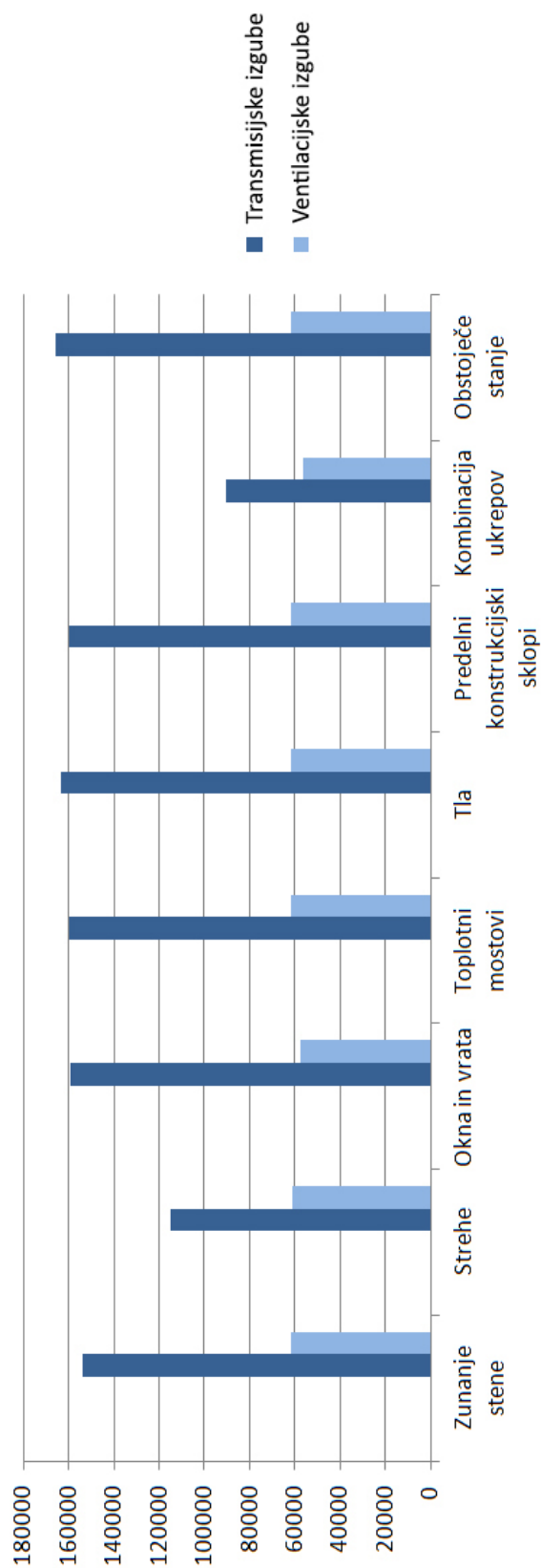
Diagram E.2: Parni tlak v konstrukcijskem sklopu (zunanja stena tehnični pouk)

PRILOGA F: TRANSMISIJSKE IZGUBE V CONI



Grafikon F.1: Transmisijske izgube v con 2

PRILOGA G: RAZMERJE TRANSMISIJSKIH IN VENTILACIJSKIH IZGUB**Grafikon G1: Razmerje med transmisijskimi in ventilacijskimi izgubami v coni 1 (izgube v kWh)**



Grafikon G2: Razmerje med transmisijskimi in ventilacijskimi izgubami v coni 2 (izgube v kWh)