

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:

Skvarča, M., 2013. Primerjalna študija maksimalne dovoljene energije za ogrevanje glede na lokacijo po PURES 2010. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kristl, Ž., somentor Košir, M.): 27 str.

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:

Skvarča, M., 2013. Primerjalna študija maksimalne dovoljene energije za ogrevanje glede na lokacijo po PURES 2010. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., co-supervisor Košir, M.): 27 pp.

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

PRVOSTOPENJSKI
ŠTUDIJSKI PROGRAM OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO (VS)
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

MATJAŽ SKVARČA

**PRIMERJALNA ŠTUDIJA MAKSIMALNE DOVOLJENE
ENERGIJE ZA OGREVANJE GLEDE NA LOKACIJO PO
PURES 2010**

Diplomska naloga št. 43/OG-MK

**COMPARATIVE STUDY OF THE MAXIMUM ALLOWED
ENERGY FOR HEATING DEPENDING ON THE LOCATION
ACCORDING TO PURES 2010**

Graduation thesis No.: 43/OG-MK

Mentorica:

doc.dr. Živa Kristl

Somentor:

doc.dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

doc. dr. Tomo Cerovšek

Ljubljana, 26. 09. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Matjaž Skvarča izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Primerjalna študija maksimalne dovoljene energije za ogrevanje glede na lokacijo po PURES 2010«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 16.9.2013

Skvarča Matjaž

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 697:699.86(043.2)

Avtor: Matjaž Skvarča

Mentorica: doc.dr. Živa Kristl

Somentor: doc.dr. Mitja Košir

Naslov: Primerjalna študija maksimalne dovoljene energije za ogrevanje glede na lokacijo po PURES 2010.

Tip dokumenta: Dipl. nal.-VSŠ

Obseg: 27str., 8 preg., 3 sl. 5graf.

Ključne besede: PURES 2010, faktor oblike, QNH/Ve, povprečna letna zunanja temperatura

Izvleček: Izdelana je primerjalna študija maksimalne dovoljene energije za ogrevanje glede na lokacijo po PURES 2010.

Začel sem s pregledom veljavne zakonodaje in predstavil metodo izračuna po standardu SIST EN ISO 13790. V nadaljevanju sem podrobno predstavil glavne vhodne in robne pogoje. Nato sem predstavil program TOST, v katerem sem opravil vse izračune. Analiziral sem pet dimenzijsko različnih stavb na desetih različnih lokacijah po Sloveniji. Skupaj sem pripravil 50 različnih stavb. Rezultate sem predstavil po posameznih stavbah (po enakih faktorjih oblike), kasneje pa sem jih še primerjal med seboj. Grafično in tabelarično sem predstavil tudi relativne spremembe maksimalne dovoljene energije med posameznimi stavbami. Pri vsaki stavbi sem komentiral zakaj je prišlo do takšnih rezultatov in razlik, v primerjavi z ostalimi. V zaključku dela sem predstavil glavno ugotovitev: kako faktor oblike in lokacija vplivata na maksimalno dovoljeno energijo.

BIBLIOGRAPHIC– DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND THE ABSTRACT

UDK: 697:699.86(043.2)

Author: Matjaž Skvarča

Supervisor: Assist, Prof. Živa Kristl, Ph.D.

Co-supervisor: Assist. Mitja Košir, Ph.D.

Title: Comparative study of maximum allowed energy for heating depending on the location according to PURES 2010.

Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies

Notes: 27 pages, 8 tables, 3 images, 5 charts

Key words: PURES 2010, factor of design, QNH/Ve, average year outside temperature

Abstract: This thesis contains a comparative study of the maximum allowable energy for heating depending on the location according to PURES 2010 (Rules on the effective use of energy in buildings).

We started by reviewing the legislation in force and presenting the method of calculation according to the SIST EN ISO 13790 standard. After that follows a detailed presentation of the main baseline and boundary conditions and of the TOST program, which was used in the analysis. We analysed five different buildings on ten different locations in Slovenia and we made fifty different calculations for the buildings altogether. The results were presented separately for each individual object (by the same design factors), and later we also made a comparison with other buildings. In addition, we presented the relative changes of the maximum allowable energy between individual buildings and provided the results in graphs and tables. We then commented on the final results for each building separately. We provided an explanation on why we got such results in comparison with others buildings. In the final part of this thesis we presented the main findings: what is the influence of the location and the design factor on the maximum allowable energy.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc.dr. Živi Kristl in somentorju doc.dr. Mitji Koširju.

Posebna zahvala gre tudi staršem, ker sta me razumela in podpirala pri študiju. Hkrati bi se rad zahvalil tudi prijateljem in puncu Marjetki, za vso motivacijo ter pomoč pri študiju.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Preglede literature.....	1
2 ZAKONODAJA	3
2.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010 (PURES 2010)	3
2.2 Tehnična smernica TSG-1-004:2010; učinkovita raba energije	3
3 PRISTOP K IZRAČUNU	5
3.1 Faktor oblike in lokacija objekta	7
4 UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA	9
5 IZHODIŠČA IN ROBNI POGOJI	10
5.1 SPECIFIKE POSAMEZNIH STAVB	14
5.1.1 Stavba 1 ($f_0 = 1,0m - 1$)	14
5.1.2 Stavba 2 ($f_0 = 0,8m - 1$)	15
5.1.3 Stavba 3 ($f_0 = 0,6m - 1$)	16
5.1.4 Stavba 4 ($f_0 = 0,4m - 1$)	17
5.1.5 Stavba 5 ($f_0 = 0,2m - 1$)	18
5.1.6 Primerjava rezultatov	20
6 ZAKLJUČEK	24
VIRI	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790.	5
Slika 2: Potek izračuna za določite potrebne energije za ogrevanje in ohlajanje.....	7
Slika 3: Primerjava med posameznimi izbranimi stavbami.	10

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Graf povprečne letne zunanje temperature in sevanja glede na lokacijo	12
Grafikon 2: QNH/Ve glede na faktor oblike in lokacijo	20
Grafikon 3: Graf relativnih sprememb izraženih v % na posamezni lokaciji.....	22
Grafikon 4: Relativne spremembe dovoljene energije po stavbah	23
Grafikon 5: Dovoljena energija za ogrevanje glede na lokacijo objekta.....	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Predstavljene so vrednosti faktorja oblike, dolžina osnovne stranice, kondiciran volumen in celotna površina ovoja stavbe	10
Preglednica 2: Preglednica s koordinatami X,Y, TL in sončnim sevanjem.....	11
Preglednica 3: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 1.....	15
Preglednica 4: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 2.....	16
Preglednica 5: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 3.....	17
Preglednica 6: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 4.....	18
Preglednica 7: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 5.....	19
Preglednica 8: Preglednica maksimalne dovoljene energije za ogrevane v primerjavi z drugimi stavbami v %	21

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Kot že naslov diplomske naloge pove, se bom ukvarjal s povezavo med maksimalno dovoljeno energijo za ogrevanje in lokacijo stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010 (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS št. 52/2010, 30.6.2010, v nadaljevanju PURES 2010).

Vsi izračuni se opirajo na PURES 2010, ki je trenutno krovni pravilnik pri načrtovanju stavb v Sloveniji z gledišča energetske učinkovitosti. V diplomskem delu se bom osredotočil predvsem na aspekt PURES-a 2010, ki se tiče omejitve maksimalne porabe energije za ogrevanje stavbe. Preučeval bom vpliv lokacije in oblike stavbe na omejitev maksimalne dovoljene energije za ogrevanje. Oba parametra predstavljata pomembna vidika o bioklimatskem načrtovanju stavb, ki temelji na čim boljšem izkoristku danega okolja. Živimo v času, ko je potrebno paziti na porabo energije. Zavedati se moramo, da veliko privarčujemo z zmanjšanjem potrebne energije za ogrevanje. S tem pa tudi manj obremenimo okolje, v katerem živimo. Zato moramo celoten trud usmeriti k načrtovanju stavb z majhnimi potrebami po ogrevanju oziroma hlajenju.

Diplomsko delo bom zastavil na način, da v začetku povem nekaj o samih pravilnikih in predpisih, nato bom predstavil podatke in robne pogoje, ki jih bom uporabil v programu TOST (Predan, R., Krainer, A. 2013. Program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISTO 13790 in TSG-1-004:2010; računalniški program UL FGG). Podrobneje bom predstavil koncept faktorja oblike in izbrane lokacije stavbe. Izbral bom 5 različnih stavb in 10 različnih lokacij. V programu TOST bom izvedel celoten izračun potrebne energije za ogrevanje in največje dovoljene energije, nato pa bom dobljene rezultate predstavil v grafični in tabelarni obliki.

Namen diplomskega dela je ugotoviti, kakšna je povezava med faktorjem oblike in lokacijo stavbe po Sloveniji v povezavi z največjo dovoljeno energijo za ogrevanje. Poskušal bom ugotoviti, zakaj pride do takšnih rezultatov in jih razložil. Pričakujem lahko, da bo največja maksimalna dovoljena energija za ogrevanje v gorskem svetu in na posameznih specifičnih lokacijah. Najnižja pa tam, kjer je povprečna letna temperatura višja, torej v slovenskem primorju. Ostali kraji naj bi imeli dovoljeno energijo nekje med tema dvema lokacijama. Pričakujem tudi, da bodo imele stavbe z manjšim faktorjem oblike nižjo maksimalno dovoljeno energijo za ogrevanje od tistih stavb, ki so bolj kompaktna (stavbe z višjim faktorjem oblike).

1.1 Preglede literature

Navedem lahko, da pri pregledu literature nisem našel ničesar podobnega. Večina prebrane literatura se osredotoča predvsem na zmanjšanje porabe energije v povezavi z ogrevanjem ali z drugimi

spreminjajočimi se parametri, kot so spreminjanje velikosti in oblika oken[3], ali pa z zagotovitvijo ustrezne toplotne izolativnosti. Čeprav gre za tematiko, ki je specifična za slovensko okolje, saj je vezana na zahteve PURES-a 2010, sem pričakoval, da se bo v znanstveni ali strokovni literaturi pojavil kakšen članek o obravnavani tematiki. Tema je pomembna predvsem zato, ker obstaja sum, da formula, ki definira maksimalno dovoljeno porabo energije za ogrevanje pri določenih kombinacijah izbranih lokacij in faktorjev oblike, postavlja načrtovalcem nesmiselne oziroma nerealne zahteve.

2 ZAKONODAJA

Pri diplomski nalogi se bom v celoti opiral na PURES 2010 in Tehnično smernico TSG-1-004:2010 (Tehnična smernica za graditev, TSG-1-004:2010: *Učinkovita raba energije*, v nadaljevanju tehnična smernica). Osnova za nacionalno zakonodajo sta Direktiva 31/2010/EU (Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list EU, 18.6.2010, v nadaljevanju EPBD-r) in Uredba 305/2011 (Uredba št. 305/2011 Evropskega parlamenta in sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS).

2.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010 (PURES 2010)

»Ta pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 30/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb.« (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS, št 52/2010, 30.6.2010)

Slovenija je članica Evropske unije (v nadaljevanju EU), zato mora poskrbeti, da bodo vsi standardi, ki veljajo po Evropi, veljali tudi pri nas. 19. maja 2010 je EU sprejela novo Direktivo o energetske učinkovitosti stavb – EPBD-r, dostopna v Evropskem uradnem listu pod imenom Direktiva 2010/31/EU [4]. Bistvo prenovljene direktive EPBD-r je, da bo zajela vse stavbe, primerjava med stavbami bo omogočala enotno metodo za določanje rabe energije in minimalne zahteve, ki bodo stroškovno učinkovite.

Vseh tem smernic in zahtev Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS št. 93/2008, 30.9.2008) ni izpolnjeval. Zato se je v praksi raje uporabljal Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2002 (Uradni list RS, št. 42/2002, 15.5.2002), kar je omogočala slovenska zakonodaja, saj sta bila oba pravilnika v uporabi v času prehodnega obdobja. Tako je bila Slovenija primorana leta 2010 sprejeti nov pravilnik. Od takrat naprej uporabljamo PURES 2010. Ta zajema oblikovanje računske metodologije za določanje energijske lastnosti stavbe, postavitev minimalnih zahtev za novogradnje in minimalnih zahtev za učinkovito rabo energije pri večjih prenovah stavb [8].

2.2 Tehnična smernica TSG-1-004:2010; učinkovita raba energije

»Tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije določa gradbene ukrepe oziroma rešitve iz PURES 2010 in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba

tehnične smernice je obvezna.« Vir: (Tehnična smernica za graditev, TSG-1-004:2010: *Učinkovita raba energije*, str. 7).

Tehnična smernica pokriva štiri večja področja:

- zagotavljanje učinkovite rabe energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, klimatizacije, priprave tople pitne vode in razsvetljave,
- določa potrebne izračune s katerimi lahko preverimo rabo energije v stavbah različne namembnosti,
- osnovne podatke materialov, kadar podatki proizvajalca niso na voljo in
- metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe, ki temelji na določbah veljavnih slovenskih standardov [9].

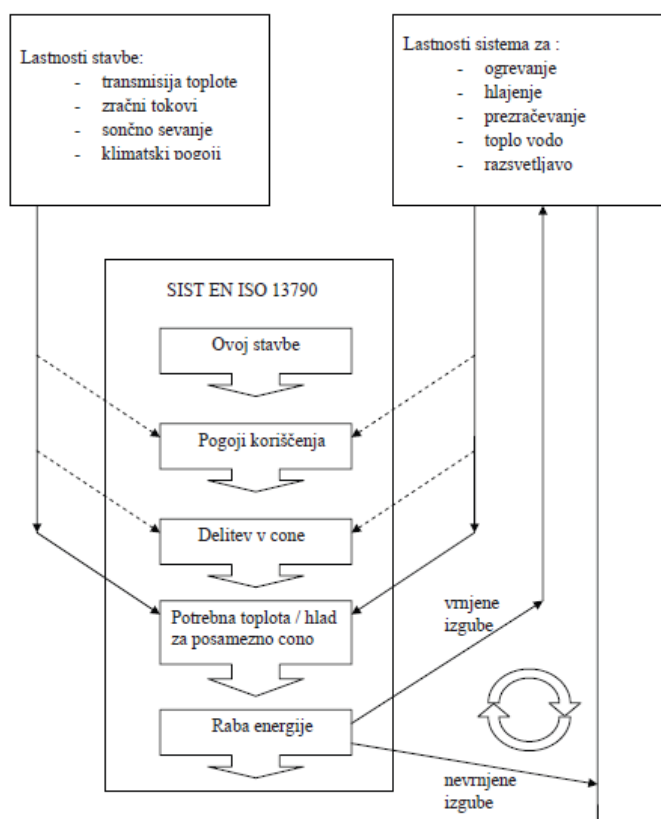
3 PRISTOP K IZRAČUNU

Pri analizi povezave med največjo dovoljeno energijo za ogrevanje po PURES 2010 in lokacijo ter obliko stavbe sem se odločil, da bom hipotetično stavbo obravnaval kot nestanovanjsko. V tem primeru moram za določanje največje dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} stavbe preračunati na enoto kondiciranega volumna V_e , ta ne sme presegati:

$$\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,32(45 + 60 f_0 - 4,4 T_L) \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{a}} \right). \quad (1)$$

Pri čemer je f_0 faktor oblike, T_L pa povprečna letna temperatura zunanjega zraka [1].

V diplomski nalogi raziskujem vpliv lokacije in oblike stavbe na maksimalno dovoljeno energijo za ogrevanje Q_{NH} . »Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe« je potreba po toploti, ki jo je potrebno v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja, določenega po standardu SIST EN ISO 13790 (Q_{NH} , (kWh))[9]. Ves postopek mora biti skladen s standardom SIST EN ISO 13790 in nacionalnimi posebnostmi, ki so določene v tehnični smernici. Podroben postopek izračuna je prikazan v tehnični smernici. Celotna struktura postopka izračuna je prikazana na sliki 1 (Vir: Tehnična smernica TSG – 1 – 0004: 2010 z dne 22.6.2010, str. 29).



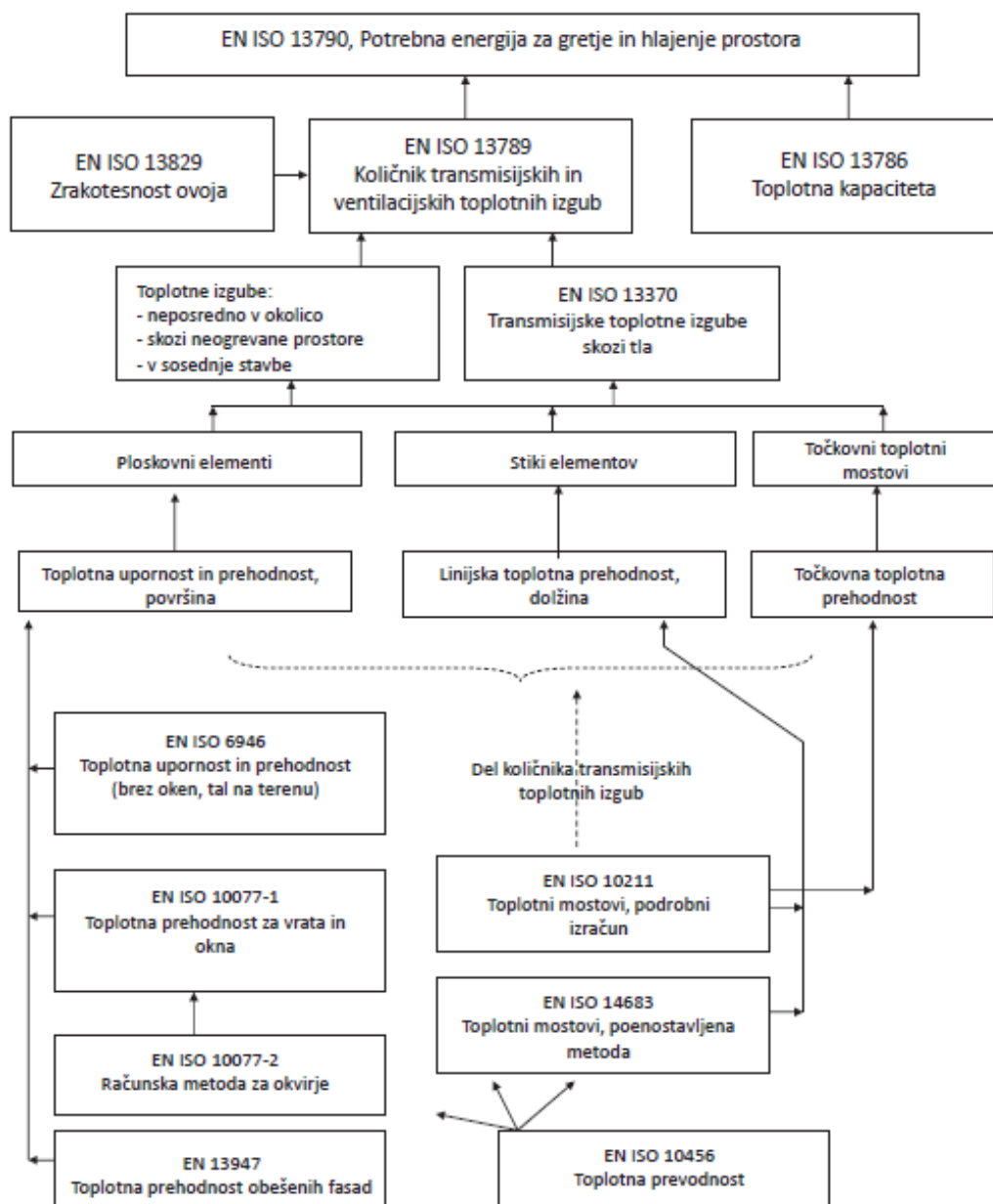
Slika 1: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790.

Potrebno energijo za ogrevanje določimo na osnovi toplotne bilance v posameznih temperaturnih conah. V izračun so upoštevani transmisijski toplotni tokovi med cono in zunanjim okoljem stavbe, ventilacijski toplotni tokovi med cono in zunanjim zrakom, transmisijski in ventilacijski toplotni tokovi med posameznimi conami, ki so v stiku, notranji toplotni dobitki, toplotni dobitki zaradi sončnega sevanja skozi odprtine stavbe in druge elemente konstrukcije, akumulacija toplote zaradi mase stavbe in potrebna energija za ogrevanje, ki je dovedena za vzdrževanje minimalne temperature v ogrevani coni.

Podatki, ki jih upoštevamo pri izračunu potrebne energije za ogrevanje so:

- transmisijske in ventilacijske lastnosti;
- toplotni dobitki notranjih virov, lastnosti glede na sončnega sevanje;
- meteorološki podatki;
- opis stavbe in sistemov, koriščenje;
- zahteva za toplotno ugodje ;
- podatki o sistemih za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljave, priprava tople vode;
- podatki o conah;
- izgube energije, vrnjene in nevrnjene izgube;
- pretok zrake, temperatura zraka;
- regulacija.

Slika 2 (Vir: (Tehnična smernica TSG – 1 – 0004: 2010 z dne 22.6.2010, str. 31) prikazuje potek računskih korakov za določitev potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Kot je vidno iz slike moramo upoštevati zrakotesnost ovoja, ki je definiran v standardu EN ISO 13829, količnik transmisijskih in ventilacijskih izgub definiranih po standardu EN ISO 13789 ter toplotno kapaciteto po standardu EN ISO 13786. Količnik transmisijskih in ventilacijskih izgub je odvisen od toplotnih izgub v okolico skozi neogrevane prostore in morebitne sosednje stavbe.



Slika 2: Potek izračuna za določite potrebne energije za ogrevanje in ohlajanje

3.1 Faktor oblike in lokacija objekta

V diplomski nalogi bom posebno pozornost namenil lokaciji stavbe in njenemu faktorju oblike. To sta tudi edina parametra, ki ju bom variiral pri stavbah, vključenih v primerjavo. Pomembna sta, saj samo ta dva faktorja vplivata na vrednost maksimalne dovoljene energije za ogrevanje. Bolj kompaktne stavbe, tiste z večjim faktorjem oblike, imajo višjo vrednost maksimalne dovoljene energije. To je razvidno tudi iz enačbe 1, saj je faktor oblike pomnožen z vrednostjo 60, ki je nato prišteta ostalima dvema členoma enačbe. Medtem ko povprečna letna temperatura T_L , ki je odvisna od lokacije stavbe, zmanjšuje vrednost dovoljene energije. Na primer: če je povprečna letna temperatura večja, bo posledično manjša maksimalna dovoljena energija, ki jo potrebujemo za ogrevanje stavbe ob enakem faktorju oblike.

Faktor oblike je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino stavbe

$$f_0 = \frac{A}{V_e} [m^{-1}], \quad (2)$$

$$V_e = 0.8V [m^3]. \quad (3)$$

A – zunanja površina stavbe (m^2), V_e – kondicionirana prostornina stavbe (m^3). V – prostornina stavbe (m^3)

PURES 2010 omejuje maksimalno in minimalno vrednost faktorja oblike, in sicer: $f_0 < 0,2 \rightarrow f_0 = 0,2$ in $f_0 > 1,0 \rightarrow f_0 = 1,0$ [1].

Lokacija stavbe je pomembna, saj določa povprečno mesečno zunanjo temperaturo θ_e , povprečno letno zunanjo temperaturo T_L ($^{\circ}C$), kot tudi globalno sevanje j . Posredno pa izbor lokacije vpliva tudi na trajanje ogrevalne sezone. Vsi ti parametri imajo neposreden vpliv na izračun potrebne letne energije za ogrevanje Q_{NH} , kot tudi na maksimalno dovoljeno energijo za ogrevanje.

θ_e - povprečna mesečna temperatura zraka, določena s karto projektne zunanje temperature.

T_L ($^{\circ}C$) – povprečna letna temperatura zunanjega zraka, ki se jo določi za posamezno lokacijo stavbe. Odčitamo jo preko karte povprečne letne temperature, ki je dostopna na spletni strani: http://www.geodetska-uprava.si/DHTML_HMZ/wm_ppp.htm.

Na povprečno letno temperaturo najbolj vpliva tip podnebja. Močen vpliv nanjo ima tudi relief, saj je temperatura zelo odvisna od nadmorske višine. Povprečna letna temperatura se na vsakih 1000m spusti za $5,3^{\circ}C$. Poleg nadmorske višine vpliva tudi izpostavljenost (nagib in orientacija terena). V hladni polovici leta se v zaprtih dolinah in kotlinah pogosto pojavijo jezera hladnega zraka s temperaturnim obratom. To pa lahko zmanjša povprečno letno temperaturo zunanjega zraka. Najvišja povprečna temperatura bo na obali, v Vipavski dolini in v Brdih. Srednja povprečna letna temperatura bo v nižjih predelih Slovenije, najvišja pa v gorah, kjer ne preseže $0^{\circ}C$ [13].

Trajanje ogrevalne sezone – število dni med začetkom in koncem ogrevalne sezone.

Globalno sončno obsevanje j ($\frac{kWh}{m^2}$) – energija toplotnega sončnega obsevanja na vodoravno površino v določenem časovnem obdobju.

4 UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA

Program TOST [2] je program za izračun energetske bilance stavb po PURES 2010, ki upošteva vse napotke iz SIST EN ISO 13790 in tehnične smernice. Razvili so ga na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

Program izračuna energetsko bilanco stavbe ter rezultate avtomatsko uredi v obliko, potrebno za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti o toplotni zaščiti stavbe po PURES 2010. V programu lahko izračunamo porabo toplote za ogrevanje bivalnih in ne bivalnih stavb po mesečni metodi. Podatke vnašamo skozi serijo zaporedno nanizanih zavihkov, ki si vsebinsko sledijo do samih rezultatov.

Program deluje v okolju Microsoft Excel in ima nekaj predpostavk:

- v skladu s PURES 2010 je potrebno upoštevati zunanji sistem določanja mer po standardu SIST EN ISO 13790,
- od toplotnih mostov med posameznimi conami se upošteva le tiste pri tleh, med ogrevanimi in neogrevanimi conami,
- točkovne toplotne mostove se zanemari v celoti,
- tudi izmenjavo zraka med posameznimi conami se v splošnem zanemari.

Od drugih podobnih programov, kot so USRA4, Energija 2010 in ArchiMAID, se razlikuje po pravilnem upoštevanju tal, kar vodi do pravilne vrednosti H'_T . V njem lahko definiramo steklenjak, kot specifično neogrevano cono in druge specialne elemente ovoja. Strojno opremo stavbe v TOST-u podamo s tipom energenta in faktorjem izkoristka pri generaciji, distribuciji in emisijah. Takšen način podajanja je primeren za projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja. TOST, za razliko od drugih zgoraj naštetih programov, pravilno upošteva 7. in 12. člen PURES-a 2010. Saj faktor f_0 ni omejen na vrednosti med 1,0 in 0,2. To nas pripelje do pravilne vrednosti maksimalne dovoljene energije za ogrevanje[15].

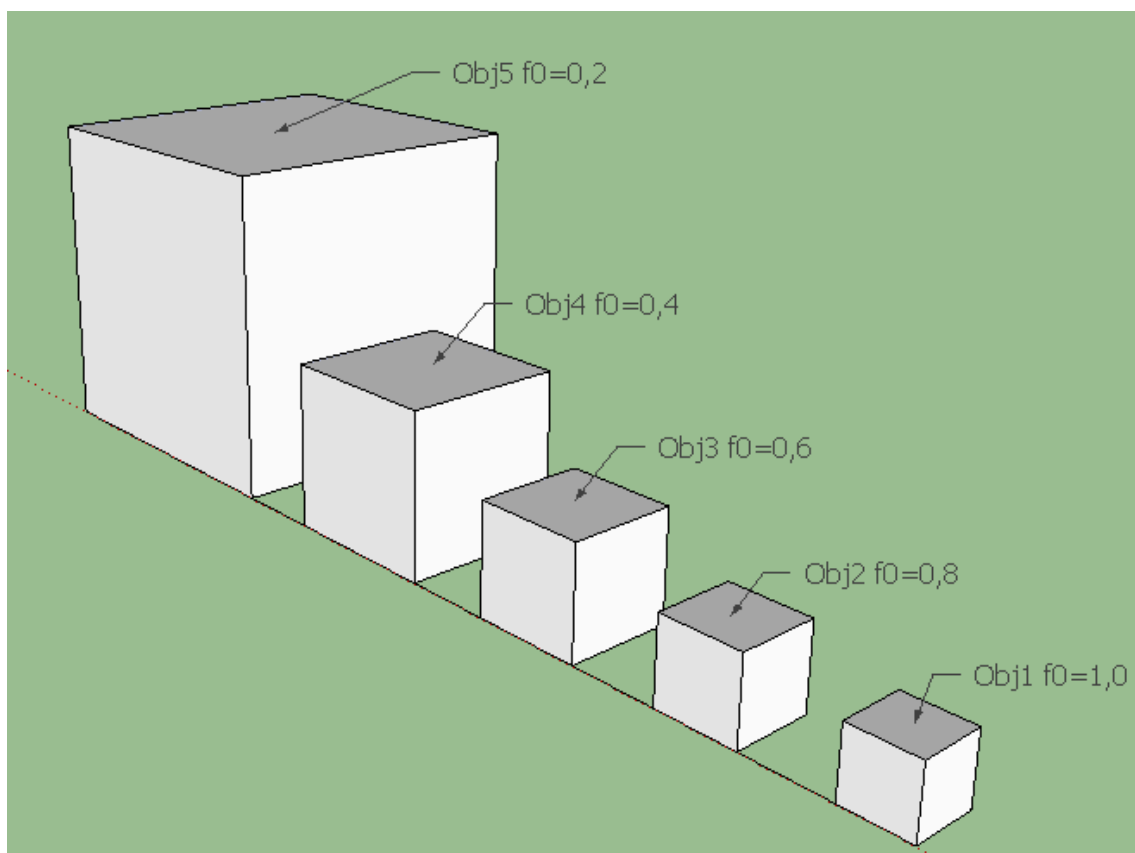
5 IZHODIŠČA IN ROBNI POGOJI

V nadaljevanju diplomske naloge bom predstavil izhodišča, ki so bila predpostavljena pri izvedbi simulacij.

Za začetek sem izhajal iz enostavne stavbe v obliki kocke, saj ta predstavlja najenostavnejši način za izračun zelenih rezultatov. Za analizo sem si izbral najbolj reprezentativne faktorje oblike, ki so znašali 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0. Nato sem iz izbranih faktorjev oblike določil dimenzije odgovarjajoče stavbe kockaste oblike. Uporabil sem enačbi 2 in 3. Faktorji oblike f_0 in dimenzije stranic a , kondicirani volumni V_e , in njihove površine A , so podani v preglednici 1, primerjava med posameznimi izbranimi stavbami pa je vidna na sliki 3.

Preglednica 1: Predstavljene so vrednosti faktorja oblike, dolžina osnovne stranice, kondiciran volumen in celotna površina ovoja stavbe

	Stavba 5	Stavba 4	Stavba 3	Stavba 2	Stavba 1
$f_0[m^{-1}]$	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$a[m^2]$	37,5	18,75	12,5	9,38	7,5
$V_e[m^3]$	42187,50	5273,44	1562,50	660,23	337,50
$A[m^2]$	8437,50	2109,38	937,50	527,91	337,50



Slika 3: Primerjava med posameznimi izbranimi stavbami.

Že v začetku je bilo potrebno opredeliti, kakšno vrsto stavbe bom izbral, saj je od tega odvisno v kakšni obliki bom dobil rezultate. Če bi izbral stanovanjsko stavbo, bi dobil rezultat $\frac{Q_{NH}}{A}$. Izbral sem nestanovanjsko stavbo, pri kateri se bodo mejne vrednosti primerjale z 21. členom PURES-a, ki bo vstopil v veljavo po 1. januarju 2015. Skladno s standardom EN SIST 13789 /SIST EN ISO 14683, bi moral upoštevati toplotne mostove. Vendar bom v mojem primeru smatral, da je ovoj stavbe izdelan tako, da do nastanka toplotnih mostov ne pride. V programu TOST lahko spremenim vrednost toplotne prevodnosti zemljine $\lambda_g \left(\frac{W}{mK}\right)$, vendar je ne bom spreminjal, saj je za izračun nepomembna. Tako je vrednost toplotne prevodnosti zemljine v vseh primerih enaka $2,0 \frac{W}{mK}$.

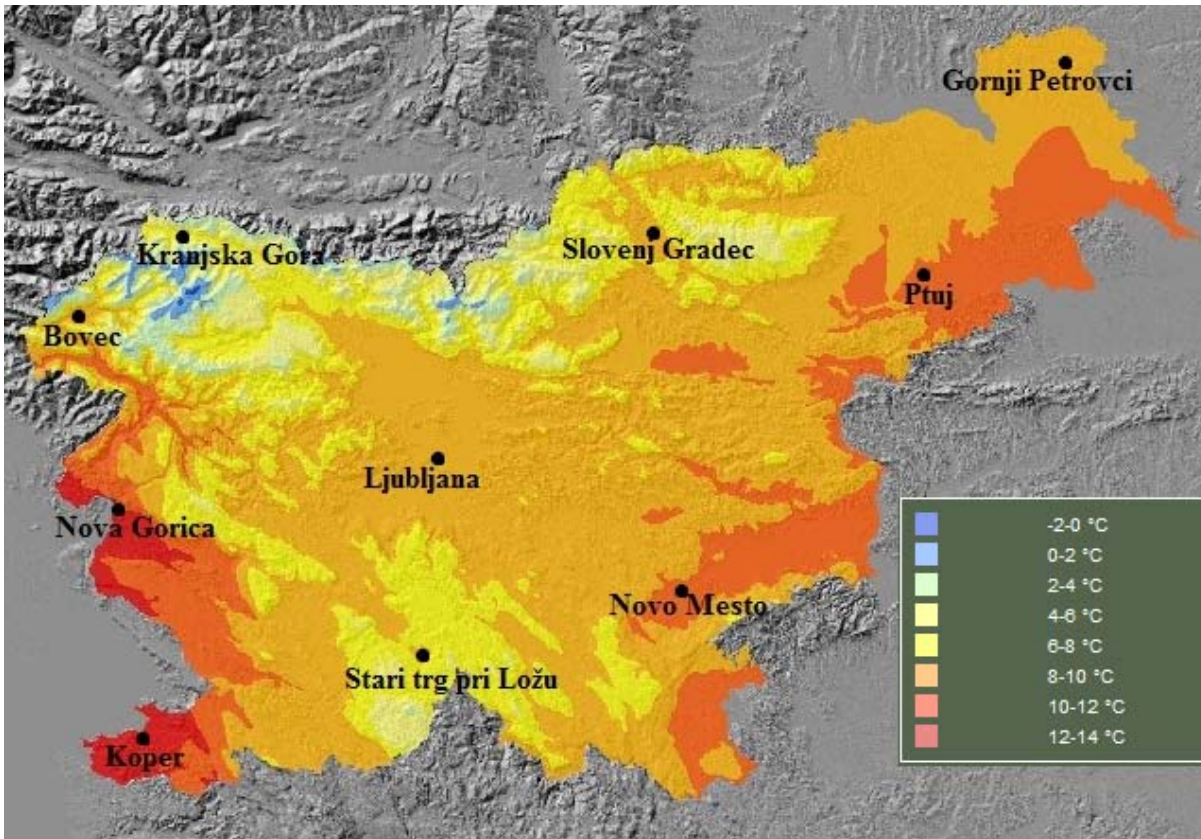
Bolj pomembno je ogrevanje, za katero se uporablja energent lesna biomasa, ki generira s standardnim kotlom, razreda A, 90% učinkovitost. Učinkovitost distribucije je 95%, saj predpostavimo, da gre za izolirane cevi, ki so znotraj ogrevanih prostorov. Visoko učinkovitost ima tudi emisija, za katero se uporabljajo radiatorji s ploskovnim ogrevanjem razreda A. Učinkovitost le-teh znaša 96%.

Pri hlajenju predpostavimo, da ima stavba vgrajeno toplotno črpalko razreda A, ki ima 350% učinkovitost generacije in 95% distribucije. Emisije so, tako kot pri ogrevanju, 96% učinkovite skozi ploskovno hlajenje razreda A.

Naslednji ključen vhodni podatek je lokacija stavb. Poiskati sem moral različne lokacije po Sloveniji. Kraje sem izbiral v internetni aplikaciji Atlas okolja (Ljubljanski urbanistični zavod d.d. 2008. Atlas okolja: spletna aplikacija v uporabi Agencije RS za okolje) tako, da sem na karti Slovenije poiskal kraje, ki so najbolj reprezentativni. To pomeni, da sem vključil kraje z največjo in najmanjšo povprečno letno temperaturo med leti 1971– 2000. Izbrani kraji s pripadajočimi koordinatami ter vrednostmi povprečnih temperatur so prikazani v preglednici 2 kot tudi na sliki 4 (Vir: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso, pridobljeno: 27.7.2013).

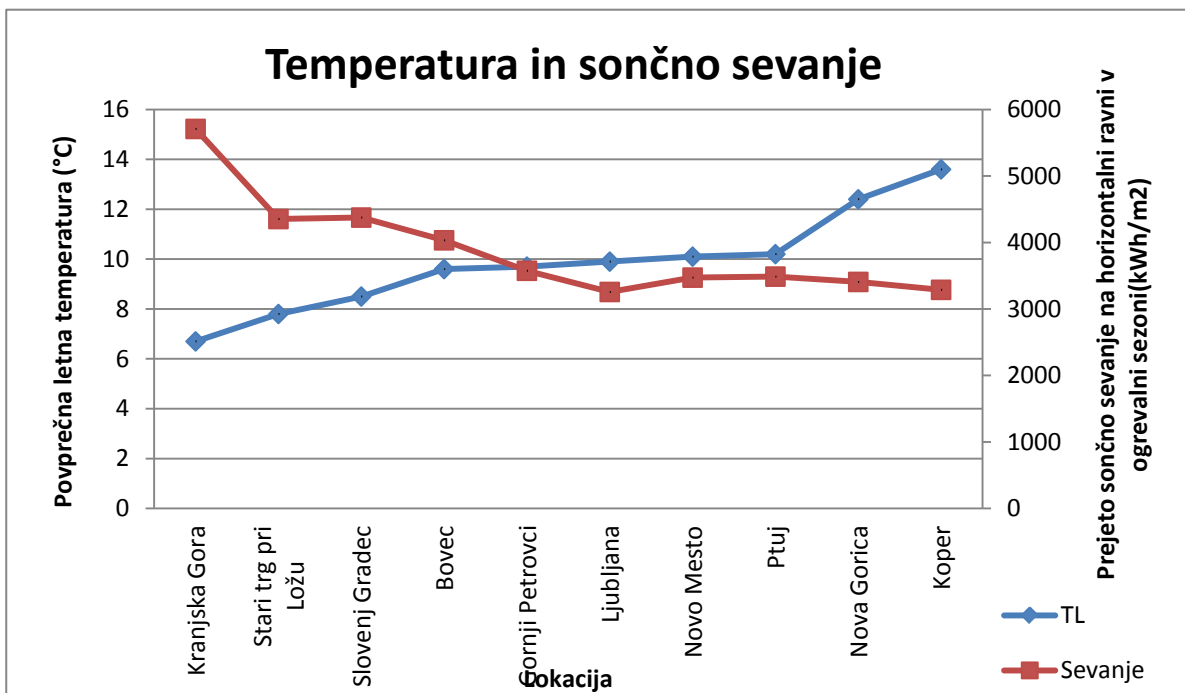
Preglednica 2: Preglednica s koordinatami X,Y, TL in sončnim sevanjem

Kraj	Koordinata X	Koordinata Y	$T_L(^{\circ}C)$	Sončno sevanje (J+V+Z) ogrev. sez. ($\frac{kWh}{m^2}$)
Kranjska Gora	149 650	407 420	6,7	5708
Stari trg pri Ložu	636 35	459 191	7,8	4353
Slovenj Gradec	151 509	506 818	8,5	4375
Bovec	133 624	388 898	9,6	4033
Gornji Petrovci	185 180	593 374	9,7	3575
Ljubljana	10 1351	462 229	9,9	3256
Novo Mesto	73 133	513 796	10,1	3472
Ptuj	142 229	567 467	10,2	3487
Nova Gorica	91 257	395 977	12,4	3407
Koper	44 406	401 090	13,6	3288



Slika 4: slika prikazuje izbrane kraje po Sloveniji na karti povprečne letne zunanje temperature iz obdobja 1971-2000

Kraji, kot so Kranjska Gora, Stari trg pri Ložu in Slovenj Gradec, prejmejo več sončnega sevanja, kot kraji, ki so locirani v zaprtih dolinah in kotlinah ali pa na primorskem, kjer je več oblačnih oziroma meglenih dni. To nazorno prikazuje tudi grafikon 1.



Grafikon 1: Graf povprečne letne zunanje temperature in sevanja glede na lokacijo

S tem, ko sem programu TOST podal koordinate posameznih mest, je le-ta naložil odgovarjajoče podatke za izbrano lokacijo.

Programu sem podal računski podobdobja, ki sem jih smiselno definirali. Torej, računski podobdobja so obdobja, v katerih bo potrebno stavbo ogrevati oziroma hladiti zato, da bomo dosegli želene dnevne oziroma nočne temperature. Na primer: pri mesecu januarju sem določil, da bo 558ur ogrevanja; ostalih 186 ur v mesecu pa bo ogrevanih na nižjo temperaturo (slika 5). Povprečno to na dan nanese 18h ogrevanja in 6h ogrevanja na nižjo temperaturo. Podobdobja so definirana tudi za poletne mesece, saj moramo takrat stavbo hladiti, pri čemer zopet porabljamo energijo.

Mesec	Trajanje časovnega podobdobja t_{sub} (h)			Dni _{nezas}
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
JAN	558	186	0	0
FEB	504	168	0	0
MAR	558	186	0	0
APR	510	210	0	0
MAJ	496	248	0	0
JUN	441	279	0	0
JUL	465	279	0	0
AVG	496	248	0	0
SEP	510	210	0	0
OKT	558	186	0	0
NOV	534	186	0	0
DEC	558	186	0	0
V ogrevalni sezoni	4800	0	0	

Slika 5: Računska pod obdobja v programu TOST

Pri analizi sem senčenje stavbe povsem zanemaril. Tako stavba ni senčena zaradi naravnih ali umetnih ovir v okolici, kot tudi ne uporablja senčil na transparentnih delih ovoja stavbe.

Zadnji parametri, ki jih moram podati, da dobim izračunan Q_{NH} , so podatki o conah v stavbi. Te bom podal v nadaljevanju za vsako stavbo posebej, saj so si med seboj različni. Zaradi dodatne poenostavitve bom izbral samo 1 ogrevano cono. V nadaljevanju so predstavljene stavbe, od stavbe z največjim faktorjem oblike 1,0 do stavbe z najmanjšim faktorjem oblike, 0,2.

Za prezračevanje stavbe sem uporabil naravno prezračevanje z urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem $0,7h^{-1}$ po dnevi in $0,5h^{-1}$ ponoči. Minimalna izmenjava zraka pa je bila nastavljena na $n_{min} = 0,5h^{-1}$, tako podnevi kot ponoči.

5.1 SPECIFIKE POSAMEZNIH STAVB

V nadaljevanju je predstavljen podroben prikaz posameznih stavb in primerjava med lokacijami posamezne stavbe. Vsi objekti so kockaste geometrije. Vse konstrukcije so srednje težke glede na toplotno kapaciteto. Povprečna moč notranjih dobitkov je v vseh primerih enaka petkratniku uporabne površine ($5 \frac{W}{m^2}$). Vse stavbe imajo enako notranjo temperaturo poleti in pozimi (slika 6).

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{ph} (°C)	20,0	18,0	20,0	20,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{pc} (°C)	24,0	24,0	26,0	26,0

Slika 6: Projektna notranja temperatura v programu TOST

U faktorje za stene, streho in tla sem pridobil iz tehnične smernice. Uporabil sem kar tiste, ki so navedeni kot največji dovoljeni. Zunanje stene imajo U faktor $0,28 \frac{W}{m^2K}$. Streha ima tako U faktor $0,2 \frac{W}{m^2K}$. Tla so predvidena kot tla na terenu, vendar ne bom upošteval izolacije, ki bi jo lahko namestili na robu tal. Tla na terenu imajo U faktor $0,3 \frac{W}{m^2K}$. Zastekljene površine pa $U_w = 1,17 \frac{W}{m^2K}$, in $g_{gl,w} = 0,58$. Vse stavbe imajo enako razmerje med zastekljenimi površinami in osnovnim ovojem. Na južni strani stavbe sem predpostavil 50% zasteklitve. Na vzhodni in zahodni pa bo le 25% vse površine zastekljene. Na severni strani stavbe sploh ne bo steklenih površin. Pri zastekljenih površinah sta U_w in $g_{gl,w}$ faktorja privzeta po podatkih proizvajalca Pilkington iz leta 2008 za dvojno low-e zasteklitev, z argonskim polnjenjem in razmikom med stekloma 16mm [17]. Notranjih sten nisem posebej obravnaval, zato jih tudi zaradi poenostavitve izračuna ne bom uporabljal. Potrebno je navesti, da je pri izračunu debelina sten 0,3m, višina posamezne etaže pa 2,5m. S tem sem dosegel enako razmerje uporabnih površin med stavbami.

Energija za pripravo tople vode in razsvetljavo je bila zanemarjena, saj ne vpliva na končni rezultat potrebne energije za ogrevanje stavb.

5.1.1 Stavba 1 ($f_0 = 1, 0m^{-1}$)

Stavba 1 ima največji faktor oblike ($1,0m^{-1}$), med vsemi naslednjimi stavbami. Njegova osnovna stranica meri 7,50m in ploščina posamezne ploskve meri $56,25m^2$. Uporabna površina cone je tako $119,53m^2$, ki se razprostira preko treh nadstropji. V_e znaša $337,50m^3$. Povprečna moč dobitkov notranjih virov stavbe z zgornjimi dimenzijami je 598W. Površina strehe in severne stene je $56,25m^2$.

Stene, ki ležijo na druge smeri neba, imajo drugačne površine, saj sem na njih predpostavil 50% pokritost stene s steklom na južni strani in 25% zastekljenih površin na vzhodni in zahodni strani. Tako je na južni strani $28,13m^2$ netransparentnega konstrukcijskega sklopa in $28,13m^2$ zastekljene površine. Na vzhodu in zahodu stavbe je $14,06m^2$ zastekljenih površin, ostalo je netransparentni del. Tla so predvidena kot tla na terenu in sicer dimenzij $7,5 \times 7,5m^2$, z obsegom 30m.

V preglednici 3 so predstavljeni rezultati izračuna za izbrane lokacije.

Preglednica 3: Q_{NH}/V_e in največja dovoljena energija za stavbo 1

Kraj	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	Največja dovoljena (kWh/m ³ a)
Koper	9,54	14,45
Nova Gorica	11,69	16,14
Bovec	16,66	20,08
Novo Mesto	17,36	19,38
Ptuj	17,82	19,24
Gornji Petrovci	19,35	19,94
Ljubljana	19,74	19,66
Slovenj Gradec	20,45	21,63
Kranjska Gora	23,69	24,17
Stari trg pri Ložu	23,73	22,62

Iz zgornjih rezultatov lahko sklepamo, da je najnižja potrebna energija za ogrevanje v Kopru in Novi Gorici. Sledijo ostali kraji. Največja potrebna energija je v krajih z najnižjo letno temperaturo, to sta v našem primeru kraja Kranjska Gora in Stari trg pri Ložu.

5.1.2 Stavba 2 ($f_0 = 0,8m^{-1}$)

Faktor oblike za drugo stavbo znaša $0,8m^{-1}$. Osnovna stranica le tega pa znaša 9,38m. Ploščina posamezne stranice znaša $87,98m^2$. Bruto kondicionirana prostornina stavbe znaša $660,23m^3$. Uporabna površina se razprostira preko treh etaž in skupaj znaša $233,83m^2$. Povprečna moč dobitkov notranjih virov stavbe pa znaša 1169W. Streha, severna fasada in tla na terenu imajo vse enako površino in sicer $87,98m^2$. Medtem, ko ima južna stran stavbe $43,99m^2$, zahodna in vzhodna pa $65,99m^2$ netransparentnega konstrukcijskega sklopa. Na južni fasadi je tudi $43,99m^2$ zastekljenih površin, na vzhodni in zahodni pa $22m^2$.

Preglednica 4 prikazuje končne rezultate stavbe 2.

Preglednica 4: QNH/V_e in največja dovoljena energija za stavbo 2

Kraj	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	Največja dovoljena (kWh/m ³ a)
Koper	7,40	10,61
Nova Gorica	9,21	12,29
Bovec	13,38	16,23
Novo Mesto	14,00	15,53
Ptuj	14,4	15,39
Gornji Petrovci	15,68	16,09
Ljubljana	16,01	15,81
Slovenj Gradec	16,58	17,78
Kranjska Gora	19,22	20,32
Stari trg pri Ložu	19,21	18,77

Kot pri prvi stavbi, je tudi tu najmanjša potrebna energija za ogrevanje v Kopru in Novi Gorici. Ostala mesta, ki so malo bolj oddaljena od morja, pa imajo večjo potrebo po energiji. Največjo denimo imata Kranjska Gora in Stari trg pri Ložu.

Če primerjamo največjo dovoljeno energijo za ogrevanje pri stavbi, s faktorjem oblike 1,0, s stavbo, s faktorjem oblike 0,8, opazimo trend manjšanja maksimalne dovoljene energije. Največja relativna sprememba pri maksimalni dovoljeni energiji med stavbama 1 in 2 je v Kopru, in sicer kar 26,6%. Najmanjša pa v Kranjski Gori, in sicer 15,9%. Povprečna relativna sprememba je malo manj kot petina vrednosti, in sicer 19,9%. Takšen trend manjšanja maksimalne dovoljene energije za ogrevanje v stavbi, je posledica nižanja povprečne letne temperature. Drugi vzrok pa so večje dimenzije stavbe (manjši faktor oblike), ki že v enačbi za maksimalno dovoljeno energijo zmanjšuje vrednost v primerjavi z večjim faktorjem oblike.

5.1.3 Stavba 3 ($f_0 = 0,6m^{-1}$)

Tretja stavba ima faktor oblike $0,6m^{-1}$. Osnovna stranica tega objekta meri 12,5m. V_e je pri tem objektu $1562,5m^3$. Uporabne površine v petih etažah je $332,03m^2$. Povprečna moč dobitkov notranjih virov znaša 1660W. Ploščina stranice, ki sem jo uporabil pri strehi, tleh na terenu in severni fasadi, znaša $156,25m^2$. Fasada na jugu je pokrita s $78,13m^2$, na zahodu in vzhodu pa s $39,06m^2$ zasteklitve. Netransparentnega ovoja stavbe je na južni strani $78,13m^2$ na vzhodni in zahodni pa $117,19m^2$.

Rezultati stavbe 3 so prikazani v preglednici 5.

Preglednica 5: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 3

Kraj	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	Največja dovoljena (kWh/m ³ a)
Koper	8,02	6,77
Nova Gorica	9,80	8,46
Bovec	14,06	12,40
Novo Mesto	14,27	11,70
Ptuj	14,61	11,56
Gornji Petrovci	15,75	12,26
Ljubljana	15,93	11,98
Slovenj Gradec	16,83	13,95
Kranjska Gora	19,59	16,49
Stari trg pri Ložu	19,19	14,94

Stavba 3 nam ponudi enake rezultate in sklepanja kot stavba pred njim. Torej največja potrebna energija je v Kranjski Gori in Starem trgu pri Ložu. Najmanjša pa v obalnem Kopru in Novi gorici.

Relativne spremembe med stavbama 2 in 3 se gibljejo med 36,2% v Kopru in 18,9%. Povprečna relativna sprememba maksimalne dovoljene energije za ogrevanje je tokrat 24,9%. Kar je kar 5 odstotnih točk več kot pa med stavbama 1 in 2. Vidimo, da se relativne spremembe večajo z manjšanjem faktorja oblike.

5.1.4 Stavba 4 ($f_0 = 0,4m^{-1}$)

$0,4m^{-1}$ znaša faktor oblike za četrto stavbo z osnovno stranico $18,75m^2$. Uporabna površina v tej stavbi znaša $800,43m^2$ in se razprostira preko sedmih nadstropij. Bruto kondicionirana prostornina stavbe je $5273,44m^3$. V stavbi je kar za 4002W povprečne moči dobitkov notranjih virov. Streha, severna fasada in tla na terenu, imajo površino $351,56m^2$. Ostale fasade vsebujejo tudi zastekljene površine, zato je na jugu nezastekljene površine $157,78m^2$, na vzhodni in zahodni pa $263,67m^2$. Zastekljenih površin na južni fasadi je enako kot nezastekljenih torej $157,78m^2$. Na vzhodni in zahodni fasadi pa je transparentnih površin $87,89m^2$.

Rezultate so predstavljeni v preglednici 6.

Preglednica 6: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 4

Kraj	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	Največja dovoljena (kWh/m ³ a)
Koper	7,52	2,93
Nova Gorica	9,12	4,62
Bovec	13,15	8,56
Novo Mesto	13,07	7,86
Ptuj	13,32	7,72
Gornji Petrovci	14,32	8,42
Ljubljana	14,35	8,14
Slovenj Gradec	15,45	10,11
Kranjska Gora	17,74	11,10
Stari trg pri Ložu	17,26	12,65

Izredno majhna potreba po energiji za ogrevanje je pri četrti stavbi, saj ima velike odprtine, skozi katere lahko priteka sončno sevanje, ki pozimi ogreva prostore. Še vedno je najmanjša potrebna energija za ogrevanje v Kopru in Novi Gorici. Največja pa v Kranjski Gori in v Starem trgu pri Ložu.

Če pogledamo povprečno relativno spremembo med stavbama 3 in 4, ter jo primerjamo s povprečno relativno spremembo med stavbama 2 in 3, lahko opazimo še večje razlike. Ta vrednost sedaj naraste na 9 odstotnih točk. Prej pa je bila samo 5 odstotnih točk (med objektoma 1 in 2 ter 2 in 3). Povprečna relativna sprememba znaša med stavbama 3 in 4 kar 33,9 odstotnih točk. V Kopru je ta kar 56,7%. Nato pa se ta zmanjša na 23,3%, ki jo dosežemo v Kranjski Gori.

5.1.5 Stavba 5 ($f_0 = 0,2m^{-1}$)

Stavba 5 ima najmanjši faktor oblike, ki znaša le $0,2m^{-1}$. Stranica te stavbe meri 37,50m. Volumen stavbe z upoštevanjem notranjih sten in medetažnih konstrukcij meri $42187,5m^3$. Uporabnih površin znotraj stavbe je $2988,28m^2$ in ima 15 etaž. Povprečna moč dobitkov notranjih virov pa 14941W. Severna fasada ima površino $1406,25m^2$, prav tolikšno imata tudi streha in tla na terenu. Zahodna in vzhodna fasada ima posamezno $351,56m^2$ zastekljenih površin. Ostalih $1054,69m^2$ je netransparenten konstrukcijski sklop. Južna fasada ima polovico svoje površine $703,13m^2$ transparentnih površin.

Preglednica 7 vsebuje končne rezultate stavbe 5.

Preglednica 7: QNH/Ve in največja dovoljena energija za stavbo 5

Kraj	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	Največja dovoljena (kWh/m ³ a)
Koper	7,98	0,00*
Nova Gorica	9,62	0,78
Bovec	13,52	4,72
Novo Mesto	13,02	4,02
Ptuj	13,48	3,88
Gornji Petrovci	14,17	4,58
Ljubljana	14,05	4,30
Slovenj Gradec	15,34	6,27
Kranjska Gora	17,83	8,81
Stari trg pri Ložu	16,88	7,26

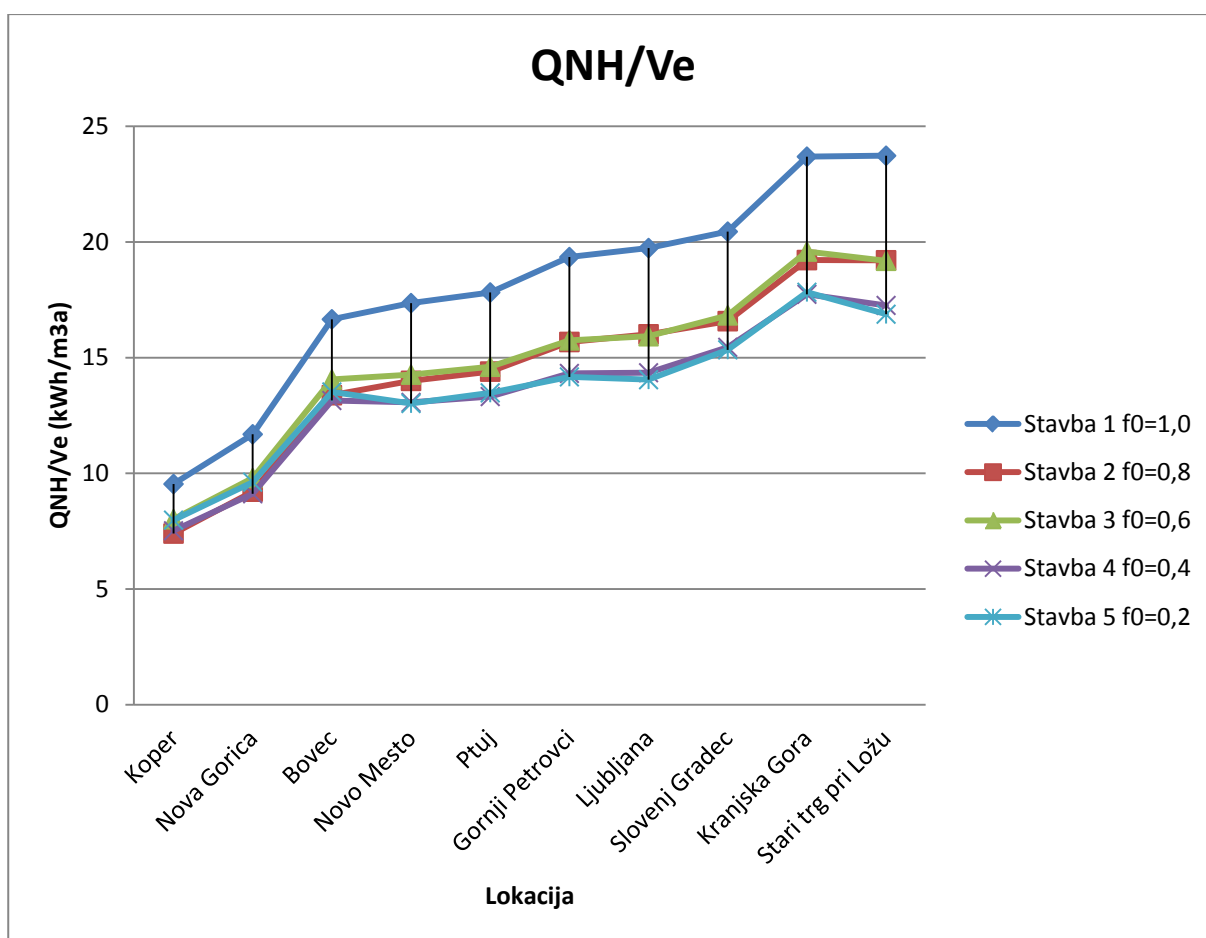
*Pri največji dovoljeni energiji za ogrevanje pri Kopru je vrednost negativna, vendar ker energija ne mora biti negativna, TOST privzame vrednost $0,00 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{a}}$. Dejanska izračunana vrednost po predpisani formuli iz PURES-a je $-0,91 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{a}}$.

Energija, potrebna za ogrevanje, je pri tej stavbi zelo različna, saj se pri lokacijah z visoko povprečno temperaturo približa stavbi 3 s faktorjem oblike 0,6. Potem pa se pri srednjih letnih povprečnih temperaturah, glede na ostale kraje, spusti na mejo, kjer bi morala potekati že od samega začetka. Še vedno je najmanjša potreba po energiji v Kopru in Novi Gorici. Največja potreba po energij, ki jo bomo morali porabiti za dosežene zelene temperature, ostaja v Kranjski Gori in Starem trgu pri Ložu.

Pri primerjavi med relativnimi spremembami med stavbama 4 in 5 opazimo, da je pri Kopru ta relativna sprememba kar 100%. Relativna sprememba se manjša proti krajem z nižjo povprečno letno temperaturo zunanega zraka. Tako je v Kranjski Gori ta sprememba le še 30,4%. Povprečna relativna sprememba je 52,2%. Kar je 18,3 odstotnih točk več kot med stavbama 3 in 4.

5.1.6 Primerjava rezultatov

Na grafikonu 2 je prikazan graf, ki potrjuje izhodiščno hipotezo, ki pravi, da bomo morali v priobalnih lokacijah dovesti najmanj energije za doseganje zelene notranje temperature. Najvišja potreba po energiji pa bo v visokogorju ter na specifičnih lokacijah po Sloveniji, kot je Bloška planota in podobne lokacije. Ostali kraji imajo povprečno potrebo po energiji med zgornjo in spodnjo vrednostjo. Če sklepamo iz dobljenih rezultatov, bi bilo najugodnejše graditi na slovenski obali, saj bi tam potrebovali najmanj energije za ogrevanje. Najbolj neekonomično s stališča energije, potrebne za ogrevanje, pa bi bilo graditi v visokogorju oziroma na Bloški planoti ali kakšni drugi specifični lokaciji z nizko povprečno letno temperaturo.



Grafikon 2: QNH/Ve glede na faktor oblike in lokacijo

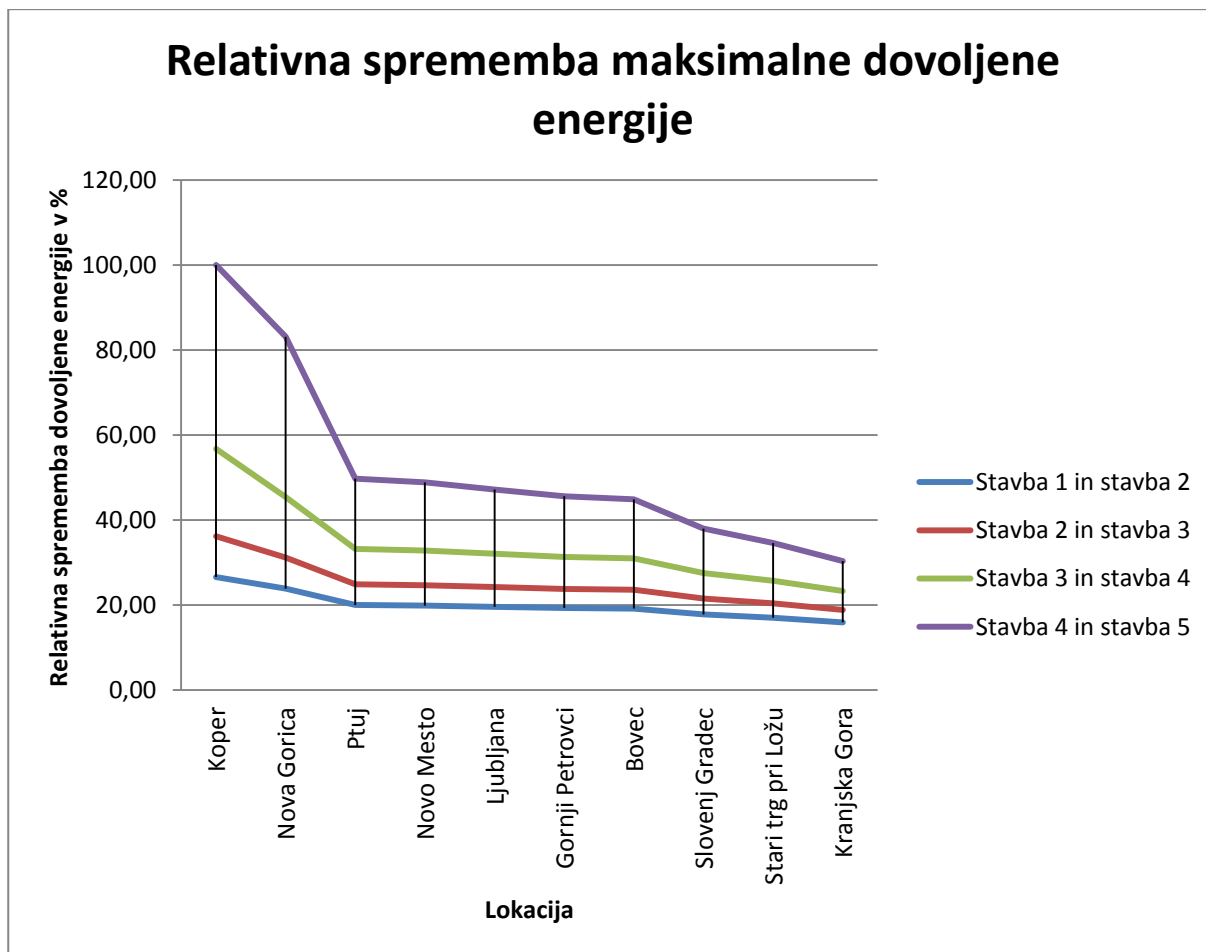
Najmanjša potreba energije je v vseh objektih med 7 in $10 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{a}}$. Te vrednosti nastopijo v Kopru. Malo višje med 9 in $12 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{a}}$, pa v Novi Gorici. Takšne vrednosti v teh krajih so posledica vpliva višjih mesečnih povprečnih temperatur ter velike količine sončnega sevanja. Zaradi ugodnega vpliva primorske klime, ki se razteza po dolini Soče proti Bovcu, je manjša potreba po energiji za ogrevanje tudi tukaj. Ostala mesta znotraj države imajo dokaj podobne potrebe po energiji. Ljubljana ima zaradi vpliva urbaniziranih površin (mestna klima) višjo temperaturo od okolice. Izjemi sta Kranjska Gora, ki

je locirana v slovenskih Julijskih Alpah in na njeno temperaturo vpliva nadmorska višina, ter Stari trg pri Ložu, ki je del Bloške planote. Bloška planota je znana po izredno nizkih zimskih temperaturah, na katere vpliva oblika tamkajšnjega površja (inverzija zraka).

V preglednici 8 so prikazane relativne spremembe med posameznimi objekti in lokacijami pri maksimalni dovoljeni energiji za ogrevanje po PURES 2010. Poudariti je potrebno izredno zmanjšanje maksimalne dovoljene energije stavbe s faktorjem oblike 0,4 na stavbo 0,2 pri lokaciji stavbe v Kopru. V tem primeru je za lokacijo stavbe v Kopru in faktor oblike 0,2 po PURES 2010 zahtevana negativna poraba energije za ogrevanje, kar je nesmiselna zahteva. Ta primer pa nam ponudi tudi jasen odgovor na vprašanje, kaj vpliva na maksimalno dovoljeno energijo med stavbami z istimi lokacijami. To je faktor oblike. Z grafikona 3 lahko tudi razberemo, da so največje relativne spremembe prisotne med stavbama z najnižjima faktorjema oblike. Na podlagi te ugotovitve je možno sklepati, da omejitev maksimalne dovoljene energije za ogrevanje v PURES 2010 preferirajo stavbe z višjim faktorjem oblike.

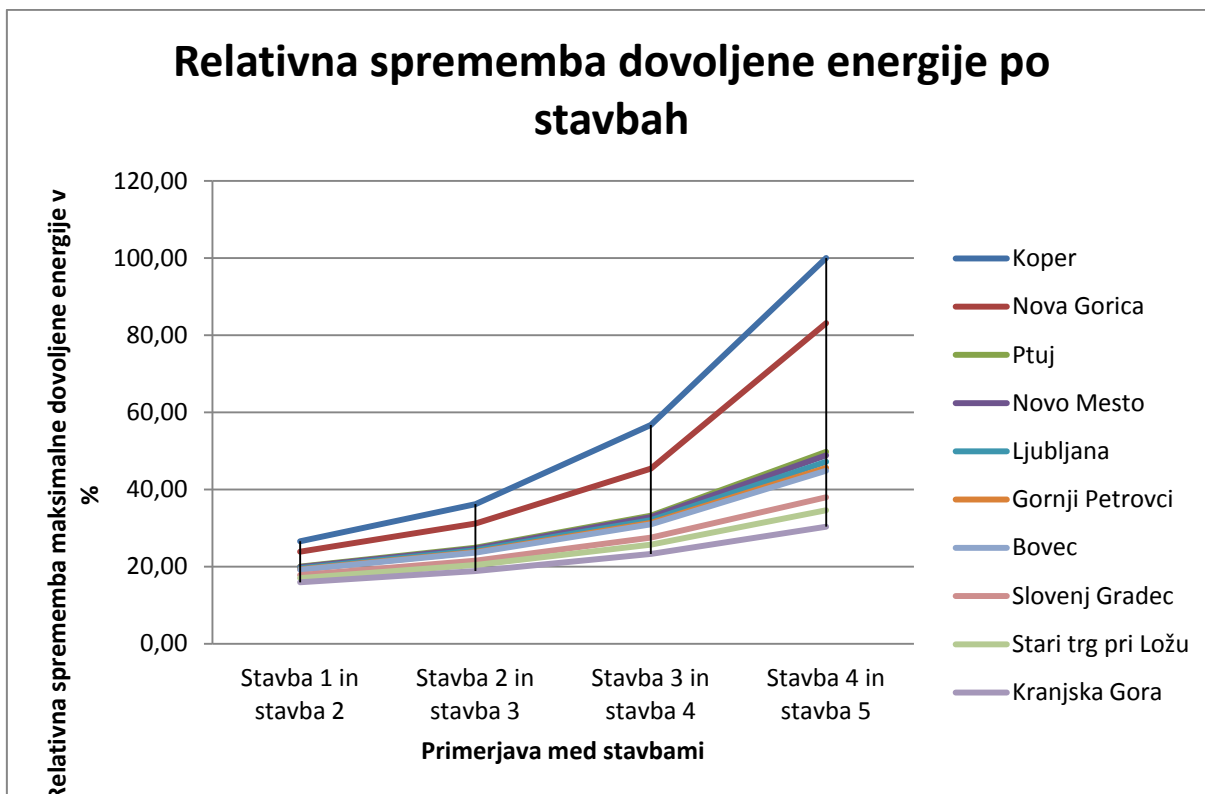
Preglednica 8: Preglednica maksimalne dovoljene energije za ogrevane v primerjavi z drugimi stavbami v %

Kraj	Relativne spremembe v % za maksimalno dovoljeno energijo za ogrevanje			
	Stavb1(f0=1,0) in stavb2(f0=0,8)	Stavb2(f0=0,8) in stavb3(f0=0,6)	Stavb1(f0=0,6) in stavb2(f0=0,4)	Stavb1(f0=0,4) in stavb2(f0=0,2)
Koper	26,57	36,19	56,72	100,00
Nova Gorica	23,85	31,16	45,39	83,12
Ptuj	20,01	24,89	33,22	49,74
Novo Mesto	19,87	24,66	32,82	48,85
Ljubljana	19,58	24,23	32,05	47,17
Gornji Petrovci	19,31	23,80	31,32	45,61
Bovec	19,17	23,60	30,97	44,86
Slovenj Gradec	17,80	21,54	27,53	37,98
Stari trg pri Ložu	17,02	20,40	25,70	34,59
Kranjska Gora	15,93	18,85	23,29	30,36
POVPREČJE	19,91	24,93	33,90	52,23



Grafikon 3: Graf relativnih sprememb izraženih v % na posamezni lokaciji

Grafikon 3 nam prikaže spreminjanje relativne spremembe dovoljene energije na isti lokaciji in med različnimi stavbama. Razberemo lahko, da je največja relativna sprememba v Kopru in nato v Novi Gorici, kjer je tudi najvišja povprečna letna temperatura. Najmanjše relativne spremembe pa so v krajih z nižjo povprečno letno temperaturo. Ostali kraji imajo srednjo relativno spremembo in sicer od 20 do 50%.

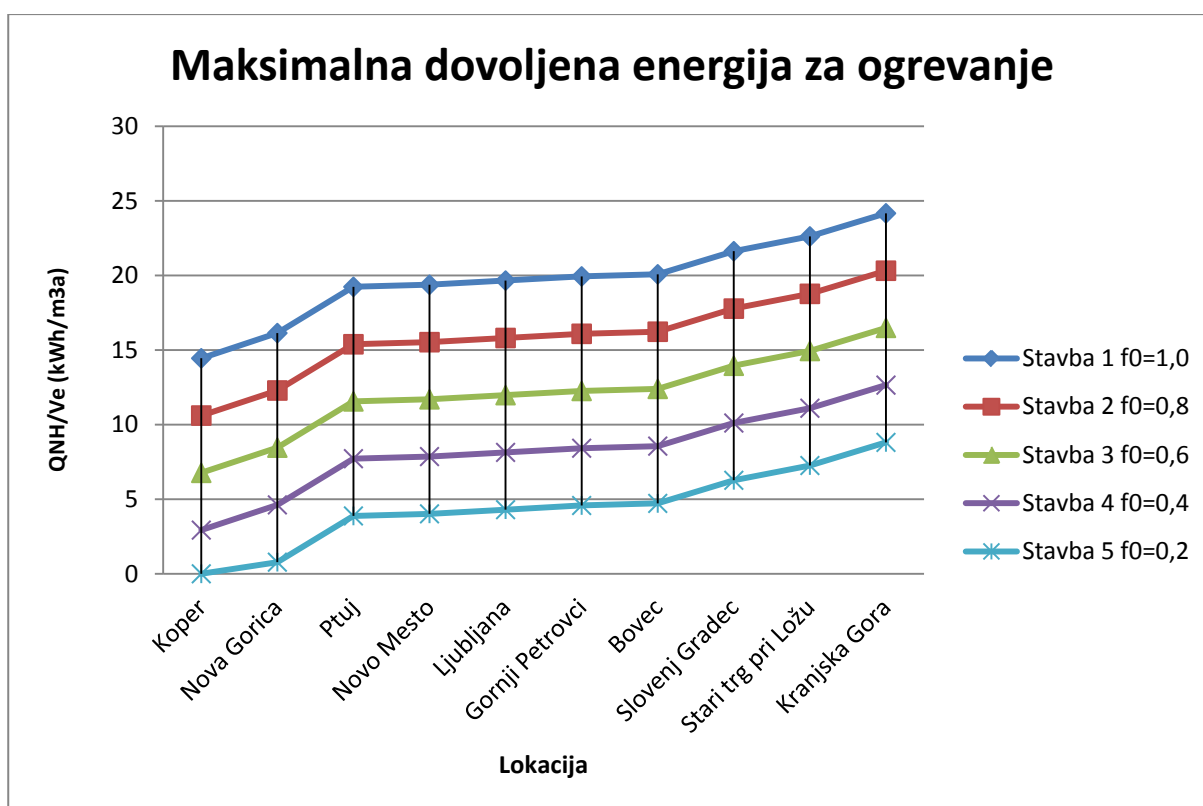


Grafikon 4: Relativne spremembe dovoljene energije po stavbah

Povprečje spremembe relativne temperature med stavbama 1 in 2 je 19,9%. Torej se stavbi s faktorjem oblike $0,8m^{-1}$ zmanjša maksimalna dovoljena energija, v primerjavi s stavbo s faktorjem oblike $1'0m^{-1}$ kar za 19,9%. Še bolj se zmanjša dovoljena energija med stavbama 2 in 3, in sicer kar za 24,9% kar je 5 odstotnih točk več kot pri stavbi 2, glede na stavbo 1. Ta povprečna relativna sprememba dovoljene energije naraste na 33,9%, ko primerjamo dovoljeno energijo stavbe s faktorjem $0,4m^{-1}$ na stavbo s faktorjem $0,6m^{-1}$. Ta sprememba je kar za 9 odstotnih točk večja, kot pa pri primerjavi stavbe 2 in 3. Največja povprečna relativna sprememba maksimalne dovoljene energije pa je med stavbama s faktorjema $0,4m^{-1}$ in $0,2m^{-1}$, kjer se ta energija zmanjša za povprečno 52,2%. Za takšno razliko je kriv faktor oblike.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem že od začetka izhajal iz hipoteze, da bo najnižja maksimalna dovoljena energija za ogrevanje v primorskem delu Slovenije, najvišja pa v visokogorju ali pa na specifičnih lokacijah po Sloveniji. To hipotezo lahko potrdimo z grafikonom 5, ki nam prikazuje prav to. Najnižja maksimalna dovoljena energija za ogrevanje je v Kopru in Novi Gorici. To sem pričakoval, saj mora biti v teh dveh krajih ta pogoj najbolj strog. Tam je namreč najmanjša potreba po energiji za ogrevanje, kar je posledica ugodne in mile klime. Srednje vrednosti so v Bovcu, v Novem Mestu, na Ptuj, v Slovenj Gradcu in v Ljubljani. Višje vrednosti maksimalne dovoljene energije so v visokogorju in lokacijah z nizkimi povprečnimi letnimi temperaturami.



Grafikon 5: Dovoljena energija za ogrevanje glede na lokacijo objekta

Potrdim lahko tudi začetno trditev, ki pravi da bodo stavbe z manjšim faktorjem oblike imele manjšo maksimalno dovoljeno energijo. To je prav tako razvidno iz grafikona 5, kjer se maksimalna dovoljena energija manjša z manjšanjem faktorja oblike. Kar pomeni, da bo imela stavba z oblikovnim faktorjem $1,0m^{-1}$ večjo maksimalno dovoljeno energijo, kot pa stavba z oblikovnim faktorjem manjšim od $1,0m^{-1}$.

Zato stavbe z velikimi zunanji površinami ne moremo zgraditi tam, kjer je visoka povprečna letna temperatura, saj le-ta ne bo ustrezal pogoju:

$$\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,32(45 + 60 f_0 - 4,4 T_L) \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{a}} \right). \quad (1)$$

Iz tega lahko sklepam, da PURES 2010 ne predvideva oziroma načrtno ne dopušča gradnje stavb, ki imajo veliko površino zunanjega ovoja na lokacijah z visoko povprečno letno temperaturo. Hkrati pa neposredno spodbuja gradnjo kompaktnih stavb (visoki faktorji oblike). Lahko pa se vprašamo o smiselnosti takšne omejitve, saj je iz gledišča bioklimatskega načrtovanja smiselno v področjih z milejšo klimo graditi stavbe z nižjim faktorjem oblike. Ta omogoča večjo interakcijo z okoljem (zaradi velikih površin stavbnega ovoja) ter tako boljše izkoriščanje klimatskih danosti. Predvsem zajema sončno sevanje in hlajenje s pomočjo prezračevanja. Gradnja kompaktnih stavb (visoki faktor oblike) je smiselna predvsem na zelo hladnih lokacijah z majhno količino sončnega sevanja, saj tako zmanjšamo transmissijske izgube stavbe. Omejitve slovenskega pravilnika PURES 2010 ne upoštevajo te osnovne predpostavke smiselnega načrtovanja po principih bioklimatskega načrtovanja, kjer je ravno izkoriščanje okoljskih danosti v dobro stavbe, primarnega pomena. To je moč doseči s kompaktnimi stavbami v mrzlih krajih oziroma z izkoriščanjem tople klime v toplejših krajih. Slovenski pravilnik neupravičeno ali pa vsaj neargumentirano diskreditira načrtovanje določenega tipa stavb.

Sam sem mnenja, da bo potrebno v prihodnosti PURES 2010 popraviti, in sicer ravno z vidika bioklimatskega načrtovanja. Če hočemo do leta 2020 doseči cilj glede skoraj nič energijski hiši, moramo omogočiti oziroma celo spodbujati načrtovanje stavb, ki v čim večjem obsegu optimalno izkoriščajo danosti okolja, saj bomo le na takšen način lahko dosegli skoraj nič energijske stavbe.

VIRI

- [1] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010: 7840, 30.6.2010:
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (pridobljeno 31. 7. 2013)
- [2] Krainer A., Predan R., 2013. Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG: 47 str.
- [3] Pajek, L. 2012. Parametrična študija osvetljenosti in porabe energije za ogrevanje. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (samozaložba L. Pajek): 30 str.
- [4] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list EU, 18.6.2010: 23 str.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(pridobljeno 31. 7. 2013)
- [5] Uredba št. 305/2011 Evropskega parlamenta in sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS: 39 str.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>
(pridobljeno 31. 7. 2013)
- [6] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 93/2008: str. 12698 – 12717
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200893&stevilka=3939> (pridobljeno 31. 7. 2013)
- [7] Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 42/2002: str. 4114 - 4138
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2012> (pridobljeno 31. 7. 2013)
- [8] Šijanec Zavrl, M. 2009. Zakaj je potrebna prenova PURES 2008 in izhodišča pri pripravi PURES 2010. <http://www.izs.si/index.php?id=1056> (pridobljeno 31. 7. 2013)
- [9] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije, Ministrstvo za okolje in prostor.
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (pridobljeno 31. 7. 2013)
- [10] SIST EN ISO 13829:2010. Kakovost vode - Določevanje genotoksičnosti vode in odpadne vode z umu-preskusom
- [11] SIST EN ISO 13789:2008. Toplotne značilnosti stavb - Toplotni koeficienti pri prenosu toplote in prezračevanja - Računska metoda
- [12] SIST EN ISO 13786:2008. Toplotne značilnosti delov stavb - Dinamične toplotne značilnosti - Računske metode
- [13] Agencija republike Slovenije za okolje, 2006. Podnebne razmere v Sloveniji (obdobje 1971-2000), , 2006. http://www.arso.gov.si/vreme/podnebnje/podnebnje_razmere_Slo71_00.pdf (pridobljeno 31. 7. 2013)
- [14] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov

[15] Košir, Mitja, Krainer, Aleš, Šestan, Primož, Kristl, Živa. Študija delovanja programske opreme za izračun porabe energije v stavbah – Study of computer software performance for calculation of energy use in buildings. Gradbeni Vestnik. 62; 3 : 61–71.

[16] Ljubljanski urbanistični zavod d.d. 2008. Atlas okolja: spletna aplikacija v uporabi Agencije RS za okolje. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (pridobljeno 31. 7. 2013)

[17] Krainer A., Predan R., Računalniški program TOST (uporabniški priročnik) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG: 47 str.