



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Strojništvo

Modul: Orodjarstvo

## **PROJEKTIRANJE OGREVANJA IN HLAJENJA SAMOSTOJNE HIŠE**

Mentor: mag. Matiček Tacer, univ. dipl. ing. str.  
Lektorica: Mojca Pogačnik Dolenc, prof. slov.

Kandidat: Anže Krajnc

Ljubljana, junij 2020

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svojemu mentorju, mag. Matičku Tacerju, za pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

## IZJAVA

Študent Anže Krajnc izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Matička Tacerja.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

Diplomska naloga predstavlja postopek projektiranja ogrevalnega sistema. Projekt vključuje ogrevanje, hlajenje in prezračevanje prostorov. Sledi izbira seval, izračun moči in njihova postavitve. Gre za energetske rešitve sodobne hiše, kjer je možno združiti več elementov za udobno bivanje v hladnih zimskih in v vročih poletnih dnevih. Načrt za končno izbiro in postavitve energetskega sistema se prične pri preračunu toplotnih izgub hiše, ki nam dajejo jasno sliko o potrebni toplotni moči.

## **KLJUČNE BESEDE**

- ogrevanje,
- hlajenje,
- toplotne izgube,
- sevala.

## **ABSTRACT**

The diploma thesis presents the process of planning a heating system. The project includes heating, cooling and ventilation. This is followed by the choice of radiators, the calculation of power and their placement. In short, it is an energy solution of a modern house, where it is possible to combine several elements for a comfortable stay in the cold winter and hot summer days. The plan for the final selection and installation of the energy system begins with the calculation of heat losses of the house, which give us a clear picture of the required heat output.

## **KEYWORDS**

- Heating
- Cooling
- Heat loss
- Radiators

## KAZALO

1. UVOD.....	1
1.1. Predstavitev problema .....	1
1.2. Cilj naloge.....	1
1.3. Predstavitev okolja.....	1
1.4. Predpostavke in omejitve.....	1
1.5. Metoda dela.....	2
2. ENERGIJA .....	2
2.1. Delitev energij.....	2
2.1.1. Delitev energij po lastnostih .....	2
2.1.2. Delitev energije po uporabi .....	3
2.1.3. Delitev energij pri pretvarjanju.....	3
2.2. Primarne energije .....	4
2.2.1. Neobnovljive oblike primarne energije.....	4
2.2.2. Obnovljive oblike primarne energije .....	5
3. TOPLOTA KOT ENERGIJA .....	5
3.1. Prenos toplote.....	5
3.1.1. Prevod toplote – kondukcija.....	6
3.1.2. Prestop toplote – konvekcija.....	6
3.1.3. Sevanje toplote – radiacija.....	7
3.1.4. Prehod toplote .....	7
4. TOPLOTNE IZGUBE.....	8
4.1. Transmisijske toplotne izgube .....	9
4.1.1. Direktne toplotne izgube v zunanost – okolico.....	9
4.1.2. Toplotne izgube skozi neogrevan prostor v zgradbi .....	10
4.1.3. Toplotne izgube v vertikalni smeri – skozi tla zgradbe.....	11
4.1.4. Toplotne izgube dveh ogrevanih prostorov z različnimi projektnimi temperaturami .....	13
4.2. Poenostavljen postopek izračuna transmisijskih toplotnih izgub.....	14
4.3. Prezračevalne toplotne izgube.....	14
4.3.1. Naravno prezračevanje prostorov .....	15
4.3.2. Umetno – mehansko prezračevanje prostorov .....	15
4.3.3. Potreba po minimalni količini svežega zraka za bivalne prostore .....	16
4.3.4. Infiltracija zraka .....	16
4.3.5. Presežek pretoka odvedenega zraka iz ogrevanega prostora .....	16
4.4. Poenostavljen postopek izračuna prezračevalnih toplotnih izgub.....	17
4.5. Vpliv režima prekinjenega ogrevanja zgradbe.....	17
4.6. Potrebna toplotna moč za ogrevanje zgradbe.....	17
4.7. Poenostavljen postopek izračuna potrebne toplotne moči za ogrevanje zgradbe .....	18

4.8. Potrebna toplotna moč za sanitarno toplo vodo .....	19
5. ENERGETSKI IZRAČUN DRUŽINSKE HIŠE .....	19
5.1. Tehnični podatki hiše .....	19
5.2. Lokacija in klimatski podatki hiše .....	19
5.3. Vrste, lastnosti in sestava elementov zgradbe .....	20
5.4. Izračun transmisijskih toplotnih izgub hiše .....	26
5.5. Izračun prezračevalnih toplotnih izgub hiše.....	30
5.6. Celotna toplotna izguba hiše.....	32
5.7. Potrebna toplotna moč za ogrevanje zgradbe .....	33
5.8. Ogrevanje – vir .....	33
5.9. Hlajenje – vir .....	34
5.10. Prezračevanje – vir .....	34
5.11. Sevala za ogrevanje in hlajenje prostorov .....	34
5.12. Izračun moči stropnih seval.....	35
5.13.1 Tloris kleti in postavitve seval.....	38
5.13.2. Tloris pritličja in postavitve seval .....	39
5.13.3. Tloris mansarde in postavitve seval .....	40
6. ZAKLJUČEK .....	41
7. VIRI IN LITERATURA.....	43
8. PRILOGE .....	44

## KAZALO SLIK

Slika 1: Osnovna delitev oblik energije .....	3
Slika 2: Sestava strehe in lastnosti vgrajenih materialov .....	21
Slika 3: Sestava stropa in lastnosti vgrajenih materialov .....	22
Slika 4: Sestava stropa v pritličju in lastnosti vgrajenih materialov .....	23
Slika 5: Sestava tal in lastnosti vgrajenih materialov.....	24
Slika 6: Sestava zunanje stene in lastnosti vgrajenih materialov .....	25
Slika 7: Karakteristike zgradbe za izračun z računalniškim programom .....	27
Slika 8: Učinkovitost ogrevanja.....	35
Slika 9: Stropni paneli.....	37
Slika 10: Tloris kleti in razporeditev vej na razdelilniku .....	38
Slika 11: Tloris pritličja in postavitve seval .....	39
Slika 12: Tloris mansarde in postavitve seval .....	40

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Tehnični podatki hiše .....	19
Tabela 2: Klimatski podatki lokacije hiše .....	19

Tabela 3: Toplotna upornost glede na smer toplotnega toka .....	20
Tabela 4: Sestava strehe in lastnosti vgrajenih materialov .....	21
Tabela 5: Sestava stropa in lastnosti vgrajenih materialov .....	22
Tabela 6: Sestava stropa v pritličju in lastnosti vgrajenih materialov .....	23
Tabela 7: Sestava tal in lastnosti vgrajenih materialov .....	24
Tabela 8: Sestava zunanje stene in lastnosti vgrajenih materialov .....	25
Tabela 9: Podani podatki posameznih elementov in njihove lastnosti.....	26
Tabela 10: Transmisijske toplotne izgube.....	28
Tabela 11: Tabela z izračuni transmisijskih toplotnih izgub vseh prostorov v zgradbi .....	29
Tabela 12: Izračun prezračevalnih toplotnih izgub .....	30
Tabela 13: Tabela z izračuni .....	31
Tabela 14: Izračun vseh toplotnih izgub hiše z računalniškim programom.....	32
Tabela 15: Projekt s pretoki, močjo in tlačnimi padci na razdelilniku.....	39
Tabela 16: Projekt s pretoki, močjo in tlačnimi padci na razdelilniku.....	40
Tabela 17: Projekt s pretoki, močjo in tlačnimi padci na razdelilniku.....	41

# 1. UVOD

## 1.1. Predstavitev problema

Razvoj industrije in zahteve posameznika po udobju v življenju danes zahtevajo več energije, kar pa negativno vpliva na okolje. Zavedanje o porabi energiji in količini naravnih virov nas je prisililo k omejevanju potreb. Zmanjšanje rabe energije v stavbah je smernica, ki je pomembna za vse uporabnike. Vsi objekti bodo v prihodnosti potrebovali energetska izkaznica, iz katere bo razvidna poraba energije, ki je odvisna od načina gradnje. Za izboljšanje stanja je zato pomembno poznati stanje današnjih zgradb in predlagati rešitve, ki bodo pripomogle k povečanju energijske učinkovitosti in manjšemu izpustu toplote v okolico.

Želja investitorja nizkoenergijske hiše je imeti sodoben ogrevalni sistem, ki je enostaven in prijazen do uporabnika, hkrati pa omogoča udobno bivanje. Problem se pojavlja pri pravilnem izračunu toplotnih izgub zgradbe, izbiri in implementaciji izbranega ogrevalnega sistema ter načinu uporabe le-tega.

## 1.2. Cilj naloge

Hiša temelji na naravnih materialih. Ogrevanje in hlajenje prostorov morata biti učinkoviti, poleg tega pa mora biti v hiši svež zrak. Cilj naloge je narediti projekt za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje hiše. Izhodišče projekta je izračun toplotnih izgub celotne hiše. Za izračun vseh izgub potrebujemo podatke o velikosti in legi prostorov v hiši, o sestavi in debelini vgrajenih gradbenih elementov ter vse ostale podatke, ki vplivajo na izračun. Treba je določiti toplotno moč, izbiro in postavitve seval, velikost prezračevalne naprave ter vrsto in moč ogrevalne naprave. Skratka, ponuditi moramo energetska-ekonomični ogrevalni in prezračevalni sistem ter prikazati deleže toplotnih izgub in predlagati rešitve.

## 1.3. Predstavitev okolja

Diplomska naloga se nanaša na projekt novogradnje enodružinske hiše, ki vključuje zahteve investitorja, to pa sta nizka poraba energije in udobno bivanje.

## 1.4. Predpostavke in omejitve

Proizvajalec zgradb je hišo postavil glede na smernice o učinkoviti rabi energije, ki jih določa PURES, in to potrjuje s certifikati vgrajenih materialov in testom zrakotesnosti. Smernice in omejitve so upoštevane že pridobitvi gradbenega dovoljenja.



## 1.5. Metoda dela

Projektiranje smo začeli s primerjalno metodo izračuna toplotnih izgub. Uporabili smo podatke o hiši, lokaciji in lastnostih vgrajenih gradbenih elementov. Sledijo poenostavljeni ročni izračuni toplotnih izgub po standardu SIST EN 12831 in detajlni z Uponsorjevim HSE- heat&energy 4.13. računalniškim programom v SIST EN ISO 1264 standardom. S primerjalno metodo smo ugotovili, da se ročni izračun in izračun z računalniškim programom ujemata. Izračun toplotnih izgub se podrobno nanaša na vse faktorje, ki jih je treba upoštevati tako v detajlnem postopku kot tudi po poenostavljeni metodi. Na podlagi izračuna toplotnih izgub smo izbrali sistem za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje.

## 2. ENERGIJA

Energija spada med osnovne dele našega vesolja. Uvrščamo jo med naravne pojave in spada med fizikalne prapojuje, kamor uvrščamo tudi materijo. Energija v grškem pomenu besede – ergon pomeni moč, delo in ima tudi pomen življenjske vitalnosti. Energija zagotavlja vsakodnevno normalno življenje človeštva, rastlin in živali. Vse, kar delamo, je povezano z energijo, ki jo neprestano črpamo iz energijskih virov v obliki različnih primarnih energij. Zavedanje o pomembnosti obnovljivih in neobnovljivih virov je bistvenega pomena za vse uporabnike. Neobnovljivi viri predstavljajo problem, saj so količinsko omejeni in nepovratni.

### 2.1. Delitev energij

Energije razvrščamo po lastnostih. Delimo jih lahko na nakopičene in prehodne energije ali pa glede na obnovljivost in neobnovljivost virov.

#### 2.1.1. Delitev energij po lastnostih

Nakopičene energije predstavljata potencialna energija v obliki geodetskih potencialnih energij in notranja energija, ki se pojavlja v treh oblikah:

1. Jedrsko notranjo energijo predstavlja jedrsko gorivo. Deluje na ravni atomskih jeder v obliki jedrskih sil.
2. Kalorično notranjo energijo najdemo v vulkanski lavi in deluje na ravni molekul, kjer termično nihajo molekule.
3. Kemično notranjo energijo najdemo v gorivu, ki deluje na ravni atomov, shranjena je v obliki kemijskih vezi.

Kinetično energijo najdemo v obliki vetra, vztrajnika ali vodnih tokovih.

Prehodne energije predstavljajo toplota, delo električnega toka, energija elektromagnetnega sevanje v obliki svetlobe, energija zvočnega valovanja kot zvok in mehanska energija kot mehansko delo.

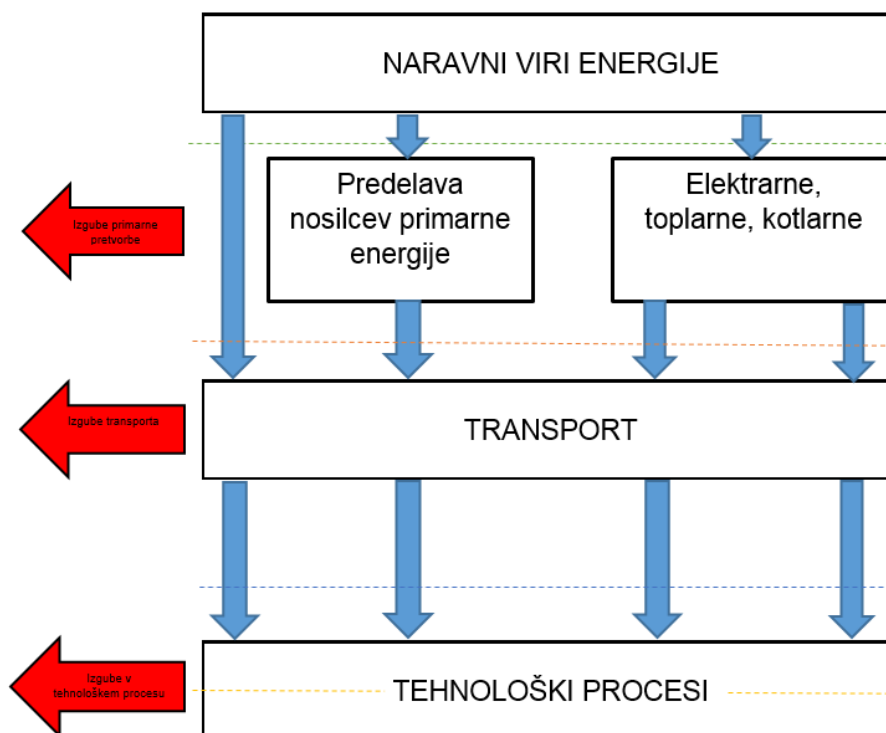
### 2.1.2. Delitev energije po uporabi

Po uporabi se energije delijo na obnovljive in neobnovljive oblike energije. Med neobnovljive vire energije štejemo fosilna goriva, premog, nafto, zemeljski plin in jedrska goriva. Med obnovljive vire energije štejemo naravne vire, kot so sonce v obliki sevanja, veter, biomasa, energija vode, zemlja kot geotermalna energija in luna kot učinek plimovanja.

### 2.1.3. Delitev energij pri pretvarjanju

Energije v svoji naravni obliki niso primerne za uporabo v industriji, prometu in gospodinjstvu. Potrebno jih je pretvoriti v nam koristno obliko in jih transportirati do končnih uporabnikov. Uporabne oblike energije so mehansko delo, električna energija, toplota, svetloba in zvok. Osnovna delitev oblik energije je prikazana na spodnji sliki.

#### Osnovna delitev oblik energije



Slika 1: Osnovna delitev oblik energije  
(Vir: Zapiski pri predmetu Energetika)

Primarna energija je vedno nakopičena energija. Predstavlja energijo nosilcev primarne energije brez tehnične pretvorbe. To so fosilna goriva, geotermalna energija, potencialna energija vode, kinetična energija vetra, biomasa, naravni uran, sončno sevanje.

Sekundarna energija nastane po pretvorbi iz primarne energije. Na splošno razlikujemo tri oblike pretvarjanja primarnih energij. Obstaja v obliki nasekanih drv, trgovskega premoga, zemeljskega plina, energije električnega toka na pragu elektrarne.

Končna energija je oblika energije, ki je enaka sekundarni, vendar je količinsko zmanjšana zaradi izgub transporta. Je energija, ki je na razpolago uporabniku na mestu uporabe pred zadnjo tehnično pretvorbo. Izkazuje se v obliki energije električnega toka, daljinske toplote ali stisnjene zraka.

Koristna energija predstavlja del končne energije, ki jo namerava uporabnik uporabiti v obliki mehanskega dela, toplote, zvoka ali električne energije. Poenostavljeno lahko rečemo, da je koristna energija tisti del končne energije, ki je koristno uporabljen.

## 2.2. Primarne energije

Primarne energije so pojav narave v različnih oblikah. Primarne energije potrebuje tako ekosistem kot tudi človek za zadovoljevanje svojih potreb. Večinoma se v prvotni obliki ne predstavljajo kot primarne, ampak so posledica delovanja gravitacijske, geotermalne in sončne energije ter drugih primarnih energij. Za potrebe energetike so potrebne tehnične spremembe primarne energije. Primarno energijo poimenujemo po nosilcih primarne energije, kot so vodna in sončna energija in druge.

Primarne energije delimo glede na:

- **vrste** primarnih energij: predstavljajo jih biomasa, kinetična energija vetra, sončna energija, notranja energija premoga, energija radioaktivnih snovi, potencialna energija vode;
- **nosilce** primarnih energij; predstavljajo jih naravni uran, voda, veter, les, sončno sevanje, premog;
- **vire** primarnih energij; predstavljajo jih reke, vetrovne pokrajine, nahajališča premoga in uranove rude, obsevanost zemeljske površine, gozd.

### 2.2.1. Neobnovljive oblike primarne energije

1. Jedrska energija se nahaja v obliki jedrske fizije in jedrske fuzije. Jedrska fizija je proces cepitev težkih atomskih jeder urana in plutonija. Jedrska fuzija nastaja s spajanjem lahkih atomskih jeder vodika.

2. Notranjo, kemično vezano, energijo fosilnih goriv predstavljajo črni in rjavi premog, lignit in šota.
3. Plinasta goriva predstavlja zemeljski plin.
4. Kapljevita goriva predstavlja nafta.
5. Kemično vezana energija je energija odpadkov, med katere štejemo nenevarne komunalne odpadke in neobnovljive industrijske odpadke.

### 2.2.2. Obnovljive oblike primarne energije

1. Sončna energija se kaže v obliki direktne vpadle sončne energije s sprejemniki toplote in sončnimi celicami – fotovoltaike, kjer poteka neposredna pretvorba svetlobe v električno energijo. Indirektna vpadla sončna energija je v obliki biomase, energije vetra, geodetske potencialne energije vodnih mas in energije morja (energija valov, energija morskih tokov in notranja energija morja).
2. Kalorična notranja energija zemeljske skorje je v obliki geotermalne vode.
3. Gravitacijska energija je v obliki energije bivačice.

## 3. TOPLOTA KOT ENERGIJA

Toplota je ena od oblik energije in jo uvrščamo med prehodne energije. Je energija, ki prehaja pod pritiskom temperature s toplejšega telesa na hladnejše telo. Prenos toplote s toplejšega telesa na hladnejše poteka toliko časa, da se temperaturi teles izenačita. Ob izenačitvi temperatur obeh teles se proces prehajanja energij zaključi in takrat govorimo o temperaturnem ravnovesju. Kadar prehaja notranja energija zaradi temperaturne razlike s telesa na telo, se pojavlja prehodna energija, ki jo imenujemo toplota. Za pojav toplote je potrebna temperaturna razlika, ki je lahko poljubno majhna (Oman, 1963).

### 3.1. Prenos toplote

Termodinamika je veda, ki opisuje zakonitosti pri prenosu toplote. Zasnovana je po prvem in drugem zakonu termodinamike. Ena izmed stvari, ki jih opredeljuje termodinamika, je tudi prenos toplote. Prenos delimo na:

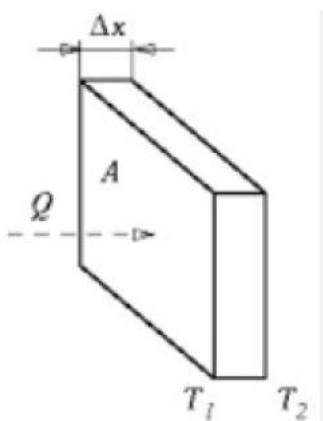
- prenos s prevodom oziroma kondukcijo toplote,
- prenos toplote s prestopom oziroma konvekcijo,
- prenos toplote s sevanjem oziroma žarčenjem.

### 3.1.1. Prevod toplote – kondukcija

Prenos toplote s prevodom poteka skozi trde, tekoče in plinaste snovi. Proces prenosa toplote poteka pod vplivom temperaturnega gradienta na osnovi prenosa kinetične energije med molekulami.

Prevod toplote skozi steno homogenega materiala znane debeline določa Fourierev zakon prevoda toplote. Prevod izračunamo po enačbi (1)

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{\lambda}{\Delta x} (T_1 - T_2) \quad [W/m^2] \quad (1)$$



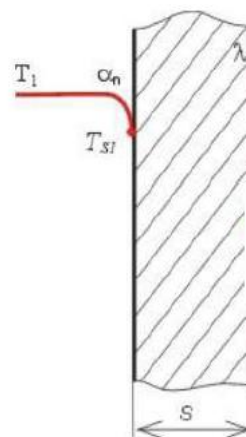
$q$  – gostota toplotnega toka [ $W/m^2$ ]  
 $Q$  – toplota [ $J$ ]  
 $\lambda$  – toplotna prevodnost stene [ $W / mK$ ]  
 $\Delta x$  – debelina ravne stene [ $m$ ]  
 $A$  – površina stene [ $m^2$ ]  
 $T$  – temperatura [ $K$ ]

### 3.1.2. Prestop toplote – konvekcija

To je način prenosa med steno trdnih snovi in plinov ali tekočin v gibanju, ki poteka med zrakom in steno. Gre za potek medsebojnega gibanja molekul z različnimi temperaturami, ki ob neprestanem dotikanju prenašajo toploto druga na drugo. Vredno je omeniti, da pri naravnem prestopu toplote prihaja do termosifonskega učinka.

$$q = \frac{Q}{A} = \alpha (T_1 - T_{s1}) \quad [W/m^2] \quad (1)$$

$q$  – gostota toplotnega toka [ $W/m^2$ ]  
 $\alpha$  – toplotna prestopnost [ $W/m^2 K$ ]  
 $Q$  – toplota [ $J$ ]  
 $T_{1,s1}$  – začetna in končna temperatura [ $K$ ]  
 $S$  – debelina stene [ $m^2$ ]



### 3.1.3. Sevanje toplote – radiacija

Sevanje poteka v obliki toplotnega sevanja oziroma elektromagnetnega valovanja, in sicer prav tako v vakuumu, kot poteka prenos toplote med soncem in zemljo. Toplotna izmenjava s sevanjem je opisana s Stefan-Boltzmannovim zakonom, ki opisuje oddajanje energije telesa v obliki elektromagnetnega valovanja s sevanjem črnega telesa.

$$q = \frac{Q}{A} = \varepsilon \sigma \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad [W/m^2] \quad (1)$$

$q$  – gostota toplotnega toka [ $W/m^2$ ]

$Q$  – toplota [ $J$ ]

$A$  – površina stene [ $m^2$ ]

$\varepsilon$  – emisijski koeficient sivega telesa

$\sigma$  – konstanta sevanja črnega telesa, kjer je  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [W/m^2K^4]$

$T_{1,2}$  – začetna in končna temperatura [ $K$ ]

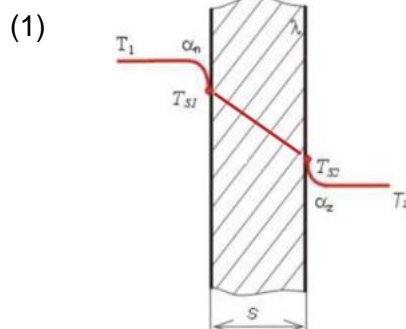
### 3.1.4. Prehod toplote

Prehod toplote vključuje prevod toplote in prestop toplote, kar poenostavlja izračun pri prenosu toplote. Poteka med tekočino na eni strani skozi steno na tekočino, ki je na drugi strani stene ob določeni površini.

$$q = \frac{Q}{A} = \alpha_n (T_1 - T_{s1}) \quad [W/m^2]$$

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{\lambda}{S} (T_{s1} - T_{s2}) \quad [W/m^2]$$

$$q = \frac{Q}{A} = \alpha_z (T_{s2} - T_2) \quad [W/m^2]$$



Iz enačb za prenos toplote izrazimo temperaturno razliko in nato enačbe seštejemo in uredimo rezultat v osnovno obliko. Po enačbi (2) izračunamo toplotno prehodnost.

$$q = \frac{Q}{A} = U(T_1 - T_2) \quad [W/m^2] \quad (1)$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z} \quad [m^2 K/W] \quad (2)$$

$q$  - gostota toplotnega toka [ $W$ ]

$Q$  - toplota [ $J$ ]

$A$  - površina stene [ $m^2$ ]

$\alpha$  - toplotna prestopnost [ $W/m^2 K$ ]

$\lambda$  - toplotna prevodnost [ $W/m K$ ]

$S$  - debelina stene [ $m$ ]

$U$  - toplotna prehodnost [ $W/m^2 K$ ]

$T_{1,2}$  - začetna in končna temperatura [ $K$ ]

## 4. TOPLOTNE IZGUBE

Toplotne izgube v zgradbah so negativen dejavnik in strošek uporabnika. Stremeti moramo k zmanjšanju toplotnih izgub ter vnaprej predvideti ustrezne ukrepe za učinkovito rabo energije. Udobnost bivanja v zgradbah in prijetno vzdrževanje mikroklima v prostoru lahko zagotovimo z dovajanjem ali odvajanjem toplote. Upoštevati moramo skupek faktorjev, kot so vpliv okolice in notranji procesi v zgradbi, da uravnotežimo stalno dovajanje ali odvajanje toplote.

Pozimi zagotavljamo željene temperature v prostorih z ogrevanjem, poleti pa jih ob pretoplih dnevih zagotavljamo s hlajenjem. Količina dovedene in odvedene toplote je odvisna od toplotnih izgub zgradbe.

Toplotne izgube po standardu SIST EN 12831 je možno izračunati na dva načina. Detajlni način natančno opredeljuje izgube, upoštevajoč linijske toplotne izgube, notranje dimenzije prostorov za izračun izgub. Poenostavljeni način izračuna že sam pove, da se določeni elementi izračunajo s predpostavljenimi faktorji, ki jih upoštevamo v izračunu.

Celotna toplotna izguba ogrevanega prostora je seštevek projektnih transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub ogrevanega prostora. Izračunamo jo po enačbi (3):

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W] \quad (3)$$

$\Phi_{T,i}$  = projektne transmisijske toplotne izgube ogrevanega prostora [ $W$ ]

$\Phi_{V,i}$  = projektne prezračevalne toplotne izgube ogrevanega prostora [ $W$ ]

## 4.1. Transmisijske toplotne izgube

Transmisijske toplotne izgube predstavljajo izgube iz ogrevanega prostora skozi stene v okolico, tla, stene, strop, okna ali neogrevan prostor.

Transmisijske toplotne izgube ogrevanega prostora zapišemo z enačbo (4):

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (4)$$

$H_{T,ie}$  – koeficient transmisijskih toplotnih izgub ogrevanega prostora v zunanost – okolico skozi ovojo zgradbe [ $W/K$ ]

$H_{T,iue}$  – koeficient transmisijskih toplotnih izgub ogrevanega prostora v zunanost – okolico skozi neogrevan prostor [ $W/K$ ]

$H_{T,ig}$  – koeficient transmisijskih toplotnih izgub ogrevanega prostora skozi tla, ki predstavljajo zunanost in obdajajo zgradbo [ $W/K$ ]

$H_{T,ij}$  – koeficient transmisijskih toplotnih izgub ogrevanega prostora v sosednji ogrevan prostor, z večjo temperaturno razliko med prostoroma [ $W/K$ ]

$\theta_{int,i}$  – notranja projektna temperatura ogrevanega prostora [ $^{\circ}C$ ]

$\theta_e$  – zunanja projektna temperatura oziroma temperatura okolice [ $^{\circ}C$ ]

### 4.1.1. Direktno toplotne izgube v zunanost – okolico

Izračun koeficienta transmisijskih toplotnih izgub iz ogrevanega prostora v okolico je sestavljen in odvisen od toplotnih lastnosti materiala gradbenih elementov zgradbe in toplotnih mostov prostora, ki meji z zunanostjo – okolico: bodisi s steno, stropom, tlemi, okni in ostalimi elementi. Enačba (5) za izračun koeficienta toplotnih izgub je sledeča:

$$H_{T,e} = \sum_k A_K U_k e_k + \sum_k \psi_l l_l e_l \quad [W/K] \quad (5)$$

$A_K$  – površina elementa zgradbe [ $m^2$ ]

$U_k$  – toplotna prehodnost elementa zgradbe [ $W/m^2 K$ ]

$\psi_l$  – linijska toplotna prehodnost toplotnega mosta [ $W/m K$ ]

$l_l$  – dolžina linijskega toplotnega mosta [ $m$ ]

$e_k, e_l$  – korekcijska faktorja od odvisnosti izpostavljenosti elementov vplivu okolja, kot so hitrost vetra, absorbiranje vlage, neenakomerna izoliranost zgradbe. Najdemo jih v nacionalnem dodatku standarda EN 12831, v primeru, da jih ne dobimo, vzamemo vrednost 1.



Linijsko toplotno prehodnost lahko izračunamo in določimo tudi po poenostavljeni metodi in je zapisana z enačbo (6):

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{TM} \quad [W/m^2 K] \quad (6)$$

$U_{kc}$  – korigirana toplotna prehodnost elementa zgradbe ob upoštevanju linijskih toplotnih mostov  $[W/m^2 K]$

$U_k$  – toplotna prehodnost elementa zgradbe  $[W/m^2 K]$

$\Delta U_{TM}$  – korekcijski faktor, odvisen od lastnosti gradbenega elementa zgradbe

Korekcijske faktorje  $\Delta U_{TM}$  izberemo iz tabele glede na vodoravne, navpične elemente zgradbe in odprtine.

#### 4.1.2. Toplotne izgube skozi neogrevan prostor v zgradbi

Koeficient toplotnih izgub ogrevanega prostora, ki se nahaja med neogrevanim prostorom in okolico, zapišemo z enačbo (7):

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k U_k b_u + \sum_k \psi_l l_l b_u \quad [W/K] \quad (7)$$

$b_u$  – temperaturni redukcijski faktor, ki je posledica temperaturne diference med neogrevanim prostorom in zunanostjo – okolico

Redukcijski temperaturni faktor lahko vzamemo iz tabele ali ga izračunamo glede na podane podatke in se zapišejo na sledeči način:

- znana temperatura neogrevanega prostora  $\theta_u$ :

$$b_u = \frac{\theta_{int,1} - \theta_u}{\theta_{int,1} - \theta_e}$$

- neznan temperatura neogrevanega prostora  $\theta_u$ :

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

$H_{iu}$  – koeficient toplotnih izgub ogrevanega prostora v neogrevan prostor ob upoštevanju transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub iz ogrevanega v neogrevan prostor

$H_{ue}$  – koeficient toplotnih izgub neogrevanega prostora v okolico ob upoštevanju transmisijskih toplotnih izgub v zunanost – okolico in tla ter prezračevalne toplotne izgube med neogrevanim prostorom in zunanostjo – okolico

### 4.1.3. Toplotne izgube v vertikalni smeri – skozi tla zgradbe

Vpliv na toplotne izgube sten in tal, ki so v stiku z zemljo posredno ali neposredno, vključuje več dejavnikov. Toplotne izgube so odvisne od površine in obsega talne površine zgradbe, globine vkopanih kletnih tal pod nivojem zemlje in toplotnih lastnosti tal. Toplotne izgube proti tlom lahko izračunamo po detajlnem postopku ali v poenostavljeni obliki, kjer vpliv toplotnih mostov ni upoštevan.

Izračun koeficienta transmisijskih toplotnih izgub iz ogrevanega prostora proti tlom v stacionarnem stanju po poenostavljenem postopku je zapisan z enačbo (8):

$$H_{T,g} = f_{g1} f_{g2} (\sum_k A_K U_{equiv,k}) G_w \quad [W / K] \quad (8)$$

V primeru neogrevanih prostorov v stiku s tlemi za izračun toplotnega toka se faktorji tal  $f_{g1}$ ,  $f_{g2}$  in  $G_w$  ne upoštevajo zaradi vpliva ničnosti.

$f_{g1}$  – korekcijski faktor za upoštevanje vpliva letnega nihanja zunanje temperature. Če vrednosti niso podane v nacionalnem dodatku standarda EN 12831, uporabimo vrednost  $f_{g1} = 1,45$ .

$f_{g2}$  – faktor temperaturnega znižanja zaradi vpliva difference med povprečno letno zunanjo temperaturo in zunanjo projektno temperaturo

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,1} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$A_K$  – površina elementa zgradbe v stiku s tlemi [ $m^2$ ]

$U_{equiv,k}$  – ekvivalentna toplotna prehodnost elementa zgradbe, ki je določena na podlagi tipologije talne konstrukcije. Ekvivalentne toplotne prehodnosti so podane v tabelah, določene s standardom EN 13370. Ekvivalentna toplotna prevodnost  $U_{equiv,k}$  je odvisna od prevodnosti talne konstrukcije zgradbe  $U$  in karakterističnega parametra  $B'$ .

$G_w$  – je korekcijski faktor za upoštevanje vpliva podtalnice do 1 metra pod nivojem kleti, tal oziroma talne konstrukcije. Faktor izračunamo po postopku, ki ga določa standard EN 13370 v nacionalnem dodatku standarda. V primeru, da podatki niso zapisani v nacionalnem dodatku standarda, upoštevamo vrednost  $G_w = 1$  za odmik med nivojem podtalnice in talno konstrukcijo  $>1$  metra ter  $G_w = 1,15$  v primeru manjšega odmika od enega metra.

Karakteristični parameter  $B'$  je zapisan z enačbo (9):

$$B' = \frac{A_g}{0,5 P} \quad [m] \quad (9)$$

$A_g$  – površina tlorisa talne konstrukcije zgradbe, ki predstavlja celoten tloris zgradbe [ $m^2$ ]

$P$  – obseg tlorisa talne konstrukcije zgradbe, ki ga obravnavamo [ $m$ ]

Po standardu EN 13370 se za izračun karakterističnega parametra  $B'$  upošteva celotna zgradba.

Izračun toplotnega toka skozi talno konstrukcijo na površine okolice za slabo ali neizoliranost talnih konstrukcij, kjer je  $d_t < B'$ :

$$U_{equiv,bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right)$$

$\lambda$  – toplotna prevodnost zemlje [ $W/m K$ ]

$d_t$  – skupna ekvivalentna debelina talne konstrukcije zgradbe [ $m$ ], ki se izračuna po enačbi (10):

$$d_t = w + \lambda(R_{Si} + R_f + R_{Se}) \quad (10)$$

$w$  – debelina zunanjih sten zgradbe v nivoju tal [ $m$ ]

$R_{Si}$  – toplotna upornost prestopa toplote na notranji strani zgradbe [ $m^2 K/W$ ]

$R_f$  – toplotna upornost talne konstrukcije zgradbe [ $m^2 K/W$ ]

$R_{Se}$  – toplotna upornost prestopa toplote zgradbe v okolico [ $m^2 K/W$ ]

V primeru, da so tla primerno toplotno izolirana in je  $d_t \geq B'$ , se ekvivalentna toplotna prevodnost tal na površini zemlje zapiše z enačbo (11):

$$U_{equiv,bf} = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t} \quad (11)$$

- za toplotni tok skozi vkopano talno konstrukcijo – tla v kleti, kjer je z višina nivoja zunanjih tal na kletno konstrukcijo tal. Za slabo izoliranost ali neizoliranost tal ob pogoju, da je  $(d_t + 0,5z) < B'$ , se enačba zapiše:

$$U_{equiv,bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0,5z} + 1\right)$$

V primeru dobro izoliranih tal, kjer je  $(d_t + 0,5z) \geq B'$ , ekvivalentno toplotno prevodnost izračunamo z enačbo:

$$U_{equiv,bf} = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t + 0,5z}$$

- toplotni tok skozi steno, ki je vkopana v kleti pod nivojem okolice; enačba upošteva skupno ekvivalentno debelino zidu in skupno ekvivalentno debelino talne konstrukcije. V večini primerov je  $d_w \geq d_t$ , če pa je  $d_w < d_t$ , pa v enačbi zamenjamo  $d_t$  vrednost z  $d_w$ .

$$U_{equiv,bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left( 1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left( \frac{z}{d_w} + 1 \right)$$

$d_w$  – skupna ekvivalentna debelina zidu [m]

$$d_w = \lambda(R_{Si} + R_w + R_{Se})$$

Ekvivalentno toplotno prevodnost za tla ali stene zgradbe glede na lego najdemo v tabelah.

#### 4.1.4. Toplotne izgube dveh ogrevanih prostorov z različnimi projektnimi temperaturami

Toplotne izgube med dvema ogrevanima prostoroma v zgradbi se lahko pojavljajo in upoštevajo med bivalnim prostorom in kopalnico v zgradbi. Za izračun, kjer ima bivalni prostor projektno temperaturo 20 °C, medtem ko je projektna temperatura kopalnice 24 °C, pogosto uporabljamo sledečo enačbo, ki pa ne vključuje vpliva toplotnih mostov. Izračun koeficienta transmisijskih toplotnih izgub je zapisan z enačbo (12):

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} A_k U_k \quad [W/K] \quad (12)$$

$H_{T,ij}$  – koeficient toplotnih izgub sosednjih ogrevanih prostorov, kjer ima en prostor bistveno različno temperaturo od sosednjega prostora

$f_{ij}$  – korekcijski faktor, ki je potreben zaradi vpliva temperaturnih razlik med sosednjim prostorom in zunanjo projektno temperaturo. Korekcijski faktor izračunamo na sledeč način:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{int,j}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$A_k$  – površina elementa zgradbe [ $m^2$ ]

$U_k$  – toplotna prehodnost elementa zgradbe [ $W/m^2K$ ]

## 4.2. Poenostavljen postopek izračuna transmisijskih toplotnih izgub

Poenostavljen postopek izračuna skupnih transmisijskih toplotnih izgub ogrevanega prostora je izražen z enačbo (13).

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k A_k U_k (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (13)$$

$f_k$  – korekcijski faktor za element – k

$A_k$  – površina elementa stavbe – k [ $m^2$ ]

$U_k$  – toplotna prehodnost elementa stavbe – k [ $W/m^2 K$ ]

Korekcijske faktorje poiščemo v tabeli, kjer so opredeljeni glede na pogoje, ki vplivajo na transmisijske toplotne izgube.

## 4.3. Prezračevalne toplotne izgube

Prezračevalne toplotne izgube predstavljajo izgube skozi odprtine na površino zgradbe in predstavljajo segrevanje dovedenega svežega zraka za zagotavljanje ustrezne kvalitete zraka za bivanje v prostorih. Prezračevalna toplotna izguba ogrevanega prostora je zapisana z enačbo (14):

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (14)$$

$H_{V,i}$  – koeficient prezračevalnih toplotnih izgub ogrevanega prostora [ $W/K$ ]

Koeficient prezračevalnih toplotnih izgub ogrevanega prostora izračunamo po enačbi (15):

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \rho c_p \quad [W/K] \quad (15)$$

$\dot{V}_i$  – volumenski pretok zraka skozi meje ogrevanega prostora [ $m^3/s$ ]

$\rho$  – gostota zraka pri temperaturi  $\theta_{int,j}$  [ $kg/m^3$ ]

$c_p$  – specifična toplota zraka pri temperaturi  $\theta_{int,j}$  [ $kJ/kgK$ ]

Ob upoštevanju, da sta gostota in specifična toplota zraka konstantni, lahko enačbo zapišemo drugače:

$$H_{V,i} = 0,34 \dot{V}_i \quad [W/K]$$

$\theta_{int,i}$  – notranja projektna temperatura ogrevanega prostora - i [ $^{\circ}C$ ]

$\theta_e$  – zunanja projektna temperatura [ $^{\circ}C$ ]

### 4.3.1. Naravno prezračevanje prostorov

Naravno prezračevanje poteka po sistemu stanja dovedenega zraka, ki je enako stanju zunanega zraka. Toplotne izgube so v tem primeru odvisne od temperaturne razlike med projektno notranjo in zunanjo temperaturo zraka. Pretok zraka za ogrevani prostor je določen kot maksimalna vrednost med pretokom zraka zaradi infiltracije kot posledica netesnosti ovoja in minimalne potrebe količine zraka za vzdrževanje higienskega minimuma.

$$\dot{V}_i = \max \left\{ \begin{array}{l} \dot{V}_{inf,i} \\ \dot{V}_{min,i} \end{array} \right\} \quad [m^3/h]$$

### 4.3.2. Umetno – mehansko prezračevanje prostorov

Umetno prezračevanje oziroma prisilno prezračevanje zagotavlja, da ima vstopni zrak drugačne toplotne lastnosti kot zunanji zrak zaradi toplotnega prenosnika – rekuperacije, centralnega predgrevanja zunanega vstopnega zraka ali zaradi dovajanja zraka iz sosednjih prostorov. S tem prihranimo energijo in reguliramo vlažnost čistega vstopnega zraka.

Izračun pretoka zraka za ogrevani prostor zapišemo z enačbo (16):

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} f_{V,i} + \dot{V}_{mech,inf,i} \quad [m^3/h] \quad (16)$$

$\dot{V}_{inf,i}$  – pretok zraka v ogrevani prostor zaradi netesnosti ovoja zgradbe  $[m^3/h]$

$\dot{V}_{su,i}$  – pretok svežega zraka v ogrevani prostor, ki je določen s projektom o mehanskem prezračevalnem sistemu  $[m^3/h]$

$\dot{V}_{mech,inf,i}$  – presežek pretoka odvedenega zraka iz ogrevanega prostora  $[m^3/h]$

$f_{V,i}$  – temperaturni redukcijski faktor, zapisan z enačbo (17):

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (17)$$

$\theta_{su,i}$  – temperatura dovedenega zraka v ogrevani prostor. Vstopna temperatura je različna, saj lahko zajema zrak iz centralnega prezračevalnega sistema, sosednjih ogrevanih ali neogrevanih prostorov ali zunanji zrak iz okolice. V primeru rekuperacije, kjer se uporablja  $\theta_{su,i}$  – toplota odpadnega oziroma izstopnega zraka, moramo upoštevati tudi faktor izkoristka naprave. Potreba po pretoku zraka –  $\dot{V}_i$  mora biti enaka ali večja potrebni minimalni količini zraka.

#### 4.3.3 Potreba po minimalni količini svežega zraka za bivalne prostore

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, 42/2002) določa minimalno količino svežega zraka v prostoru zaradi higienskih pogojev bivanja v zgradbah. Izračunamo in določimo jo lahko na osnovi potrebnega števila izmenjav zraka v bivalnih prostorih ali pa vzamemo vrednosti, določene glede na vrsto prostora, kot so kuhinja, pisarna, bivalni prostori, sejna soba.

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min}V_i \quad [m^3/h]$$

$n_{min}$  – minimalno število izmenjav zraka na uro [ $m^3/h$ ]

$V_i$  – prostornina ogrevanega prostora [ $m^3$ ]

#### 4.3.4. Infiltracija zraka

Infiltracija zraka v zgradbah je odvisna od lokacije zgradbe, hitrosti in smeri vetra ter stopnje zaščite zgradbe pred vetrom. Predstavlja vdor zunanjega zraka –  $\dot{V}_{inf,i}$  v ogrevani prostor skozi razpoke in druge odprtine zaradi netesnosti ovoja zgradbe. Količina zraka, ki infiltrira v zgradbo, je odvisna od razlike tlaka v zgradbi in okolici. Z enačbo (18) jo zapišemo:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2V_i n_{50} e_i \varepsilon_i \quad [m^3/h] \quad (18)$$

$n_{50}$  – število izmenjav zraka na uro kot rezultat razlike zračnega tlaka 50 Pa med notranjostjo in zunanostjo zgradbe [ $h^{-1}$ ]

$e_i$  – koeficient zaščitenosti

$\varepsilon_i$  – višinski korekturni faktor ob upoštevanju naraščanja hitrosti vetra z višino

#### 4.3.5. Presežek pretoka odvedenega zraka iz ogrevanega prostora

Presežek pretoka odvedenega zraka iz ogrevanega prostora je nadomeščen z zunanjim zrakom in ga zapišemo z enačbo (19):

$$\dot{V}_{mech,inf} = \max \left\{ \dot{V}_{ex} - \dot{V}_{su}, 0 \right\} \quad [m^3/h] \quad (19)$$

$\dot{V}_{mech,inf,i}$  – presežek pretoka odvedenega zraka iz ogrevanega prostora [ $m^3/h$ ]

$\dot{V}_{ex}$  – pretok odvedenega zraka za celotno zgradbo [ $m^3/h$ ]

$\dot{V}_{su}$  – pretok dovedenega zraka za celotno zgradbo [ $m^3/h$ ]

Če želimo izračunati presežek odvedenega zraka za posamezni prostor, ga izračunamo s pomočjo razmerja prostornin prostora:

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \dot{V}_{mech,inf} \frac{V_i}{\sum_i V_i} \quad [m^3/h]$$

#### 4.4. Poenostavljen postopek izračuna prezračevalnih toplotnih izgub

Prezračevalne toplotne izgube ogrevanega prostora lahko izračunamo tudi na poenostavljen način, ki je zapisan z enačbo (20):

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \dot{V}_{min,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (20)$$

Minimalna potrebna količina zraka je pomembna zaradi higienskega minimuma in jo lahko zapišemo z enačbo, ki določa potrebno minimalno število izmenjav zraka na uro –  $n_{min}$  ali s pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, 42/2002)

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} V_i \quad [m^3/h]$$

#### 4.5. Vpliv režima prekinjenega ogrevanja zgradbe

Vpliv prekinjenega ogrevanja se v zgradbah pojavlja med dnevnim in nočnim režimom ogrevanja zgradbe, ob vikendih, praznikih. Potrebno dodatno toplotno moč za segrevanje prostorov moramo upoštevati le v primeru prekinjenega ogrevanja zgradbe. Poenostavljeno metodo izračuna zapišemo z enačbo (21):

$$\Phi_{RH,i} = A_i f_{RH} \quad [W] \quad (21)$$

$A_i$  – talna površina ogrevanega prostora [ $m^2$ ]

$f_{RH}$  – korekcijski faktor za upoštevanje časa segrevanja v odvisnosti od predpostavljenega znižanja temperature prostora

#### 4.6. Potrebna toplotna moč za ogrevanje zgradbe

Potrebna moč za ogrevanje prostora je zapisana z enačbo (22):

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (22)$$

$\Phi_{RH,i}$  – dodatna toplotna moč – akumulacija zaradi prekinjenega gretja [ $W$ ]



Izračun potrebne moči za ogrevanje zgradbe ali njenega dela se zapiše:

$$\Phi_{HL} = \sum_i \Phi_{T,i} + \sum_i \Phi_{V,i} + \sum_i \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

Vsota prezračevalnih izgub je odvisna od vrste prezračevanja. V zgradbah z naravnim prezračevanjem izračunamo prezračevalne izgube na sledeč način:

$$\sum_i \dot{V}_i = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \sum_i \dot{V}_{inf,i} \\ \sum_i \dot{V}_{min,i} \end{array} \right\} \quad [m^3/h]$$

Pri stavbah z mehanskim prezračevanjem se vsota prezračevalnih izgub izračuna:

$$\sum_i \dot{V}_i = 0,5 \sum_i \dot{V}_{inf,i} + (1 - \eta_V) \sum_i \dot{V}_{su,i} + \sum_i \dot{V}_{mech,inf,i} \quad [m^3/h]$$

$\dot{V}_{ex}$  – pretok odvedenega zraka za celotno zgradbo  $[m^3/h]$

$\dot{V}_{su}$  – pretok dovedenega zraka za celotno zgradbo  $[m^3/h]$

#### 4.7. Poenostavljen postopek izračuna potrebne toplotne moči za ogrevanje zgradbe

Poenostavljen postopek izračuna skupnih toplotnih izgub ogrevanega prostora je zapisan z enačbo (23):

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) f_{\Delta\theta,i} \quad [W] \quad (23)$$

$\Phi_{T,i}$  = projektne transmisijske toplotne izgube ogrevanega prostora  $[W]$

$\Phi_{V,i}$  = projektne prezračevalne toplotne izgube ogrevanega prostora  $[W]$

$f_{\Delta\theta,i}$  – korekcijski temperaturni faktor za upoštevanje višje temperature obravnavanega prostora glede na sosednji prostor. Takšen faktor se upošteva v primeru izračuna kopalnice, kjer je projektna temperatura 24 °C. Vrednost korekcijskega faktorja  $f_{\Delta\theta,i} = 1,6$ .

Potrebno moč za ogrevanje prostora izračunamo z enačbo (24):

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (24)$$

Potrebna moč za ogrevanje zgradbe ali njenega dela je določena z enačbo (25):

$$\Phi_{HL} = \sum_i \Phi_{T,i} + \sum_i \Phi_{V,i} + \sum_i \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (25)$$

## 4.8. Potrebna toplotna moč za sanitarno toplo vodo

Priprava tople sanitarne vode zahteva 300 W toplotne energije na osebo za predvidenih 50 l dnevne potrebe tople vode na posameznika.

## 5. ENERGETSKI IZRAČUN DRUŽINSKE HIŠE

### 5.1. Tehnični podatki hiše

Družinska hiša je produkt slovenskega proizvajalca. Hiša ima tri etaže, klet, pritličje in mansardo. Tehnični podatki hiše, prikazani v tabeli 1, so bili posredovani po opravljenem razgovoru investitorja ter željah o majhni porabi energije in visokem udobju bivanja.

Širina zgradbe (m)	9,36
Dolžina zgradbe (m)	12,36
Površina tal na zemlji (m)	108
Število nadstropij	3
Višina zgradbe (m)	5,6
Volumen ogrevanih prostorov (m <sup>3</sup> )	577
Površina ogrevanih prostorov (m <sup>2</sup> )	231

Tabela 1: Tehnični podatki hiše

### 5.2. Lokacija in klimatski podatki hiše

Lokacija hiše je na Gorenjskem. Zaradi varstva podatkov investitorja hiše ne bomo locirali in bomo vzeli potrebne klimatske podatke za Gorenjsko, ki jih potrebujemo za izračune. Podatki so prikazani v spodnji tabeli.

Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura okolice (°C)	9,8
Temperaturni primanjkljaj - Kdan	3500
Notranja projektna tem. ogrevanja (°C)	20/24

Tabela 2: Klimatski podatki lokacije hiše

### 5.3. Vrste, lastnosti in sestava elementov zgradbe

Lastnosti vgrajenih materialov so pomembne za izračun toplotnih izgub. Pomemben podatek je toplotna prehodnost materialov, ki določa toplotne izgube skozi stene in je odvisna tudi od debeline stene materiala, skozi katerega prehaja. Če je sestava elementa večslojna, je potrebno upoštevati vse sestave in lastnosti vgrajenih materialov.

Toplotne prehodnosti homogenih gradbenih konstrukcij in njen izračun nam omogoča standard SIST EN ISO 6946.

Upornost skupne toplotne konstrukcije za ravne in homogene plasti s pravokotnim tokom na površino konstrukcije nam določa enačba (26):

$$R = R_{\alpha i} + \sum_j R_{\lambda j} + R_{\alpha e} = R_{\alpha i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{\alpha e} \quad [m^2 K/W] \quad (26)$$

$R$  – toplotna upornost elementa zgradbe  $[m^2 K/W]$

$R_{\alpha i}$  – toplotna upornost prestopa toplote na notranji strani  $[m^2 K/W]$

$R_{\lambda j}$  – toplotna upornost prevoda toplote posameznega homogenega sloja  $[m^2 K/W]$

$R_{\alpha e}$  – toplotna upornost prestopa toplote na zunanji strani  $[m^2 K/W]$

$d_j$  – debelina posameznega homogenega sloja  $[m]$

$\lambda_j$  – toplotna prevodnost posameznega homogenega sloja  $[W/mK]$

Toplotna upornost prestopa toplote je odvisna od smeri toplotnega toka. Glede na smer imamo različne vrednosti navedene v spodnji tabeli.

Smer toplotnega toka	$R_{\alpha i}$	$R_{\alpha e}$
horizontalno	0,13	0,04
Vertikalno – navzgor	0,10	0,04
Vertikalno – navzdol	0,17	0,04

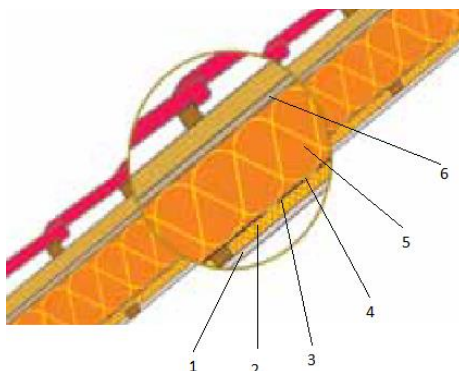
Tabela 3: Toplotna upornost glede na smer toplotnega toka  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Toplotno prehodnost homogene gradbene konstrukcije zapišemo z enačbo (27):

$$U_k = \frac{1}{R} \quad [W/m^2 K] \quad (27)$$

$U_k$  – toplotna prehodnost elementa zgradbe  $[W/m^2 K]$

Sestava strehe in lastnosti vgrajenih materialov so prikazani na spodnji sliki in v tabeli.

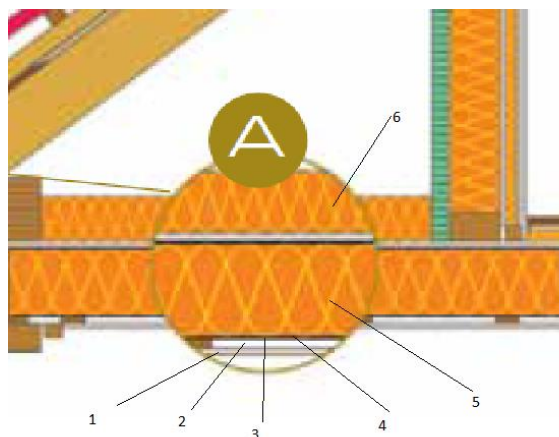


Slika 2: Sestava strehe in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Material – streha	Toplotna prevodnost materiala – $\lambda$ – [W/m K]	Debelina materiala $d$ – [mm]
Mavčno kartonska plošča	0,260	13
Lesena izolacijska plošča	0,039	40
Zaprti zrak	0,042	4
Eko natur folija	0,200	0
Lesena izolacijska plošča	0,039	220
Lesena vlaknena plošča	0,047	22
$U_k$ – toplotna prehodnost zunanje stene 0,151 [W/m <sup>2</sup> K]		Skupna debelina – d 29,9

Tabela 4: Sestava strehe in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Sestava stropa in lastnosti vgrajenih materialov so prikazani na spodnji sliki in v tabeli.

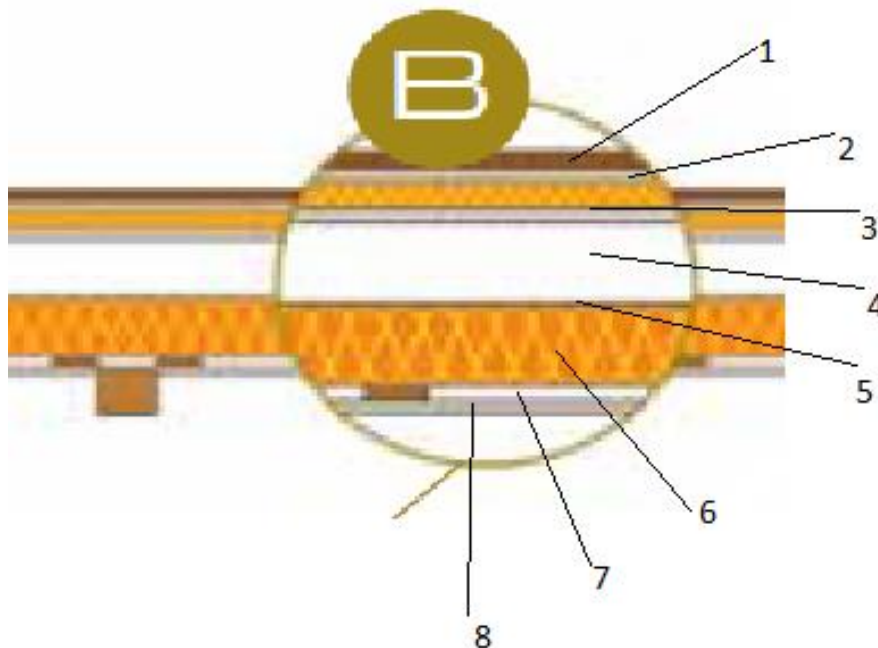


Slika 3: Sestava stropa in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Material – strop	Toplotna prevodnost materiala – $\lambda$ – [W/m K]	Debelina materiala $d$ – [mm]
Mavčno kartonska plošča	0,260	13
Lesena izolacijska plošča	0,039	40
Zaprti zrak	0,042	4
Eko natur folija	0,200	0
Lesena izolacijska plošča	0,039	200
Lesena izolacijska plošča	0,039	100
$U_k$ – toplotna prehodnost zunanje stene 0,121 [W/m <sup>2</sup> K]		Skupna debelina – d 35,7

Tabela 5: Sestava stropa in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Sestava stropa v pritličju in lastnosti vgrajenih materialov so prikazani na spodnji sliki in v tabeli.

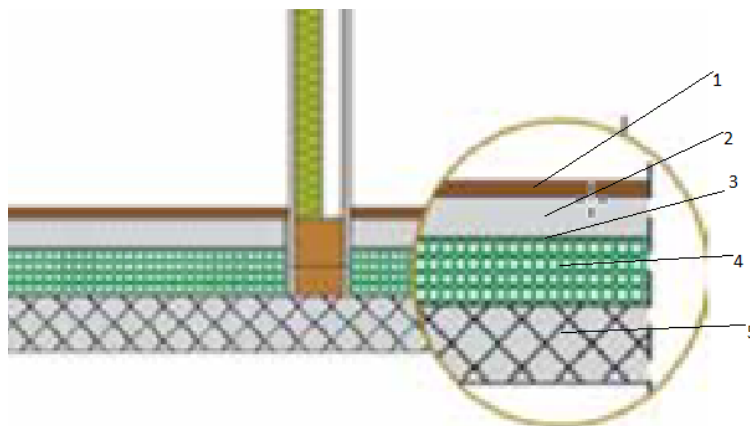


Slika 4: Sestava stropa v pritličju in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Material – strop pritličja	Toplotna prevodnost materiala- $\lambda$ – [W/m K]	Debelina materiala $d$ – [mm]
Keramika	0,260	10
Cementni estrih	0,039	50
PE folija	0,042	0
XPS	0,200	20
OSB plošča	0,039	18
Lesena izolacijska plošča	0,039	210
Zaprti zrak	0,117	22
Mavčno kartonska plošča	0,260	13
$U_k$ – toplotna prehodnost zunanje stene 0,187 [W/m <sup>2</sup> K]		Skupna debelina – d 34,3

Tabela 6: Sestava stropa v pritličju in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Sestava tal in lastnosti vgrajenih materialov so prikazani na spodnji sliki in v tabeli.

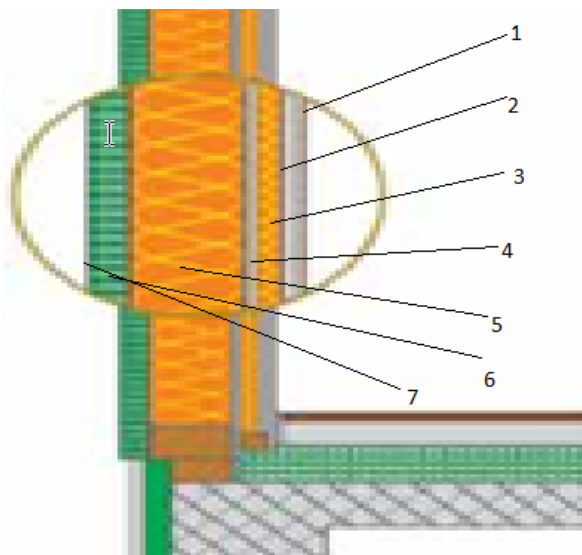


Slika 5: Sestava tal in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Material – tla	Toplotna prevodnost materiala – $\lambda$ – [W/m K]	Debelina materiala $d$ – [mm]
Podna podloga	0,130	10
Cementni estrih	1,100	60
PE folija	0,200	0
Stiropor EPS	0,037	120
Betonska plošča	1,400	160
Kombi plošča	0,050	100
Omet	0,980	20
$U_k$ – toplotna prehodnost zunanje stene 0,210 [W/m <sup>2</sup> K]		Skupna debelina – d 47,0

Tabela 7: Sestava tal in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Sestava zunanje stene in lastnosti vgrajenih materialov so prikazani na spodnji sliki in v tabeli.



Slika 6: Sestava zunanje stene in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

Material – zunanje stene	Toplotna prevodnost materiala – $\lambda$ – [W/m K]	Debelina materiala $d$ – [mm]
Mavčna vlaknena plošča	0,320	15
Zaprti zrak	0,108	20
Lesena izolacijska plošča	0,039	40
OSB plošča	0,130	15
Lesena izolacijska plošča	0,039	160
Fasadna lesna plošča	0,042	60
Ometi	0,9	7
$U_k$ – toplotna prehodnost zunanje stene 0,157 [W/m <sup>2</sup> K]		Skupna debelina – d 31,7

Tabela 8: Sestava zunanje stene in lastnosti vgrajenih materialov  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)



Gradbena konstrukcija – element	Koeficient prenosa toplote $W/m^2K$
Strešno okno	1,10
Notranja vrata	2,00
Vhodna vrata	1,40

Tabela 9: Podani podatki posameznih elementov in njihove lastnosti  
(Vir: Marles tehnologija – interno gradivo)

#### 5.4. Izračun transmisijskih toplotnih izgub hiše

Skupne transmisijske toplotne izgube ogrevanega prostora izračunamo po poenostavljeni metodi:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k A_k U_k (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W]$$

$f_k$  – korekcijski faktor za element – k

$A_k$  – površina elementa stavbe – k [ $m^2$ ]

$U_k$  – toplotna prehodnost elementa stavbe – k [ $W/m^2 K$ ]

Korekcijske faktorje poiščemo v tabeli, kjer so opredeljeni glede na pogoje, ki vplivajo na transmisijske toplotne izgube.

Izračun transmisijskih toplotnih izgub kuhinje, jedilnice in dnevne sobe predstavlja skupni prostor, ki leži v pritličju med dvema ogrevanima etažama. Vpliv transmisijskih izgub prostora je skozi steklene površine in zunanje stene v okolico. Velikost steklenih površin je  $26,2 m^2$ , medtem ko je površina zunanjih sten  $49,03 m^2$ . Korekcijska faktorja za izolirane toplotne mostove in okna razberemo iz tabele, kjer sta oba faktorja  $f_k = 1$ .

Izračun transmisijskih toplotnih izgub skozi steklene površine, kjer je  $U_k = 1 W/m^2 K$  podan s strani proizvajalca hiše:

$$\Phi_{T,i1} = \sum_k f_k A_k U_k (\theta_{int,i} - \theta_e) = 1 * 26,2 * 1(20 - (-13)) = 864,6 W/m^2 K$$

Izračun transmisijskih toplotnih izgub skozi steno v okolico, kjer je  $U_k = 0,16 W/m^2 K$ :

$$\Phi_{T,i2} = \sum_k f_k A_k U_k (\theta_{int,i} - \theta_e) = 1 * 49,3 * 0,16 * (20 - (-13)) = 258,9 W/m^2 K$$

Skupne transmisijske toplotne izgube prostora so:

$$\Phi_{T,i} = \Phi_{T,i1} + \Phi_{T,i2} = 864,6 + 258,9 = 1123,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmisijske toplotne izgube prostora oziroma potrebne toplotne moči izračunamo še z detajlno metodo. Uporabimo Uponsorjev HSE - heat&energy 4.13. program s SIST EN ISO 1264 standardom.

Izračun z računalniškim programom vsebuje vrsto karakteristik zgradbe, ki so navedene na spodnji sliki. Nekateri podatki, kot sta dolžina in širina prostora, so podani že v začetni fazi izračuna, zato tu niso navedeni, a so upoštevani.

En. zgr	01	Nadstropje: 1 / Pritličje		Številka / Oznaka	101 / Dnevna soba
Temp. v prostoru		$\theta_n$	20,0 °C	<b>Infiltracija</b>	
Min. stopnja izmenj. zraka		$n_{min}$	1,5 1/h	Tesnost	$n_{50}$ 1,00 1/h
<b>Dimenzije</b>				Faktor senčenja	$e$ 0,02 [-]
Širina prostora		$w_{sv}$	--- m	Višina nad zemljo	$h$ 1,40 m
Dolžina prostora		$l_{sv}$	--- m	Koef. korekc. višine	$\epsilon$ 1,00 [-]
Površina prostora		$A_{sv}$	53,19 m <sup>2</sup>	<b>Mehansko prezračevanje</b>	
Višina nadstr. med osmi		$h_o$	2,80 m	Volumski tok dovajanega zraka	$\dot{V}_{dov}$ 65,0 m <sup>3</sup> /h
Debeline tal		$d_{tal}$	0,30 m	- Temperatura	$\theta_{dovm}$ 15,1 °C
Višina prostora		$h_{sv}$	2,50 m	- Koefic.temp.redukcije	$f_{v,sup}$ 0,15 [-]
Prostornina prostora		$V_R$	132,97 m <sup>3</sup>	volumski tok izrabljenega zraka	$\dot{V}_{odstr}$ 60,0 m <sup>3</sup> /h
<b>Zemlja</b>				Mehanska infiltracija iz bližnjih prostorov	$\dot{V}_{meh,inf,i,j}$ 0,0 m <sup>3</sup> /h
Globina pod zemljo		$z$	0,00 m	- Temperatura	$\theta_{meh,inf,i,j}$ °C
Obseg tal na zemlji		$P$	m	- Koefic.temp.redukcije	$f_{v,meh,inf,i,j}$ [-]
Karak. dim. tal[ X ] za prostor		$B'$	m	Mehanska infiltracija od zunaj	$\dot{V}_{mech,inf,e}$ m <sup>3</sup> /h

Slika 7: Karakteristike zgradbe za izračun z računalniškim programom

Preračun in izračun transmisijskih toplotnih izgub je prikazan v tabeli 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Usmerjenost gradbene konstrukcije	Tip gradbene konstrukcije	Količina	Širina	Višina/širina	Bruto površina	Površina okni/vrat	Neto površina	Toplotne izgube proti	Temperatura na drugi strani	Korekcijski faktor	Koef. prenosa topl.	Dovolj. topl. mostovi	Prilagojen koeficient prenosa toplote	Koeficient toplotnih izgub	Toplotne izgube skozi gradbeno konstrukcijo	
		n	b	l/h	A <sub>brutto</sub>	A <sub>odbitek</sub>	A <sub>neto</sub>	zun/zenog/neo	θ <sub>ds</sub>	e <sub>k</sub> /b <sub>u</sub>	U	ΔU	U <sub>c/equiv</sub>	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>	
			m		m <sup>2</sup>				°C	f <sub>ij</sub> /t <sub>q2</sub>	W/(m <sup>2</sup> ·K)			W/K	W	
--	NS	1	0,82	2,80	2,3	0,0	2,3	HR	20,0	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0	
--	NS	1	1,15	2,80	3,2	1,9	1,3	HR	20,0	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0	
--	NV	1	0,90	2,10	1,9	0,0	1,9	HR	---	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0	
--	NS	1	0,55	2,80	1,5	0,0	1,5	HR	20,0	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0	
--	NS	1	1,05	2,80	2,9	0,0	2,9	HR	20,0	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0	
S	ZS	1	7,88	2,80	22,0	1,6	20,4	g	-13,0	1,00	0,16	0,05	0,21	4,29	142	
S	ZO	1	2,70	0,60	1,6	0,0	1,6	g	---	1,00	1,00	0,05	1,05	1,70	56	
--	NS	1	1,55	2,80	4,3	0,0	4,3	HR	20,0	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0	
--	NS	1	4,22	2,80	11,8	0,0	11,8	HR	20,0	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0	
V	ZS	1	8,88	2,80	24,8	14,3	10,6	g	-13,0	1,00	0,16	0,05	0,21	2,22	73	
V	ZO	1	3,40	2,10	7,1	0,0	7,1	g	---	1,00	1,00	0,05	1,05	7,50	247	
V	ZO	1	3,40	2,10	7,1	0,0	7,1	g	---	1,00	1,00	0,05	1,05	7,50	247	
J	ZS	1	6,42	2,80	18,0	8,4	9,6	g	-13,0	1,00	0,16	0,05	0,21	2,01	66	
J	ZO	1	3,40	2,10	7,1	0,0	7,1	g	---	1,00	1,00	0,05	1,05	7,50	247	
J	ZO	1	2,10	0,60	1,3	0,0	1,3	g	---	1,00	1,00	0,05	1,05	1,32	44	
<b>Transmisijske toplotne izgube</b>								<b>H<sub>T</sub> / Φ<sub>T</sub></b>							<b>34,04</b>	<b>1123</b>

Tabela 10: Transmisijske toplotne izgube

Primerjava rezultata toplotnih izgub prostora med poenostavljeno metodo in detajlno z računalniškim programom ni pokazala razlik v izračunu.

	Prostor	Tem. prostora $\theta_{int,i}$ (°C)	Površina prostora $A(m^2)$	Volumen prostora $V_i(m^3)$	Koeficient toplotnih izgub $H_T(W/K)$	Transmisijske toplotne izgube $\Phi_T(W)$
Klet	WC	19	2,9	7,1	0,8	28
	Kurilnica	19- no	4,4	10,9	0	0
	Pralnica	20	7,4	18,4	3,7	123
	Kolesarnica	17- no	12,8	31,9	1,9	0
	Fitnes	20	26,3	65,7	12	396
	Savna	20	8,5	21,4	3	99
	Shramba	17- no	12,8	30,5	0	0
	Hodnik in stopnišče	20	13,8	34,5	4,9	163
Pritličje	Dnevna soba, kuhinja, jedilnica	20	53,2	132,9	34	1123
	Kabinet	20	11,8	29,5	2,8	94
	WC	20	4,3	10,9	0,9	32
	Vhod	20	8,2	20,6	6,7	221
	Hodnik in stopnišče	20	10,7	26,8	7,5	249
Mansarda	Kopalnica	24	10,9	27,2	11	407
	Spalnica	20	16,8	41,9	11,1	367
	Soba JV	20	15,5	38,7	10,9	360
	Soba J	20	14,1	35,2	7,6	252
	Soba JZ	20	15	37,5	10,9	358
	Hodnik in stopnišče	20	14,1	35,2	5,1	167
Transmisijske toplotne izgube						4439

Tabela 11: Tabela z izračuni transmisijskih toplotnih izgub vseh prostorov v zgradbi

## 5.5. Izračun prezračevalnih toplotnih izgub hiše

Prezračevalne toplotne izgube izračunamo po poenostavljeni metodi:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \dot{V}_{min,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W]$$

$\Phi_{V,i}$  – prezračevalne toplotne izgube [W]

$\theta_{int,i}$  – notranja projektna temperatura ogrevanega prostora [°C]

$\theta_e$  – zunanja projektna temperatura [°C]

Izračun vključuje minimalno higiensko količino svežega zraka, ki ga izračunamo:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} V_i \quad [m^3/h]$$

$\dot{V}_{min,i}$  – minimalna količina svežega zraka [m<sup>3</sup>/h]

$n_{min}$  – minimalno število izmenjav zraka na uro [h<sup>-1</sup>]

$V_i$  – prostornina ogrevanega prostora [m<sup>3</sup>]

Primer izračuna za kopalnico v mansardi:

Kopalnica tlorisno meri 10,9 m<sup>2</sup> in je visoka 2,5 m. Izračunan volumen prostora je 27,17 m<sup>3</sup>.

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \dot{V}_{min,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) = 0,34 * 40,7(24 - (-13)) = 513 \text{ W}$$

Izračunamo minimalno količino potrebnega svežega zraka:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} V_i = 1,5 * 27,17 = 40,7 \text{ m}^3$$

$n_{min}$  – minimalno število izmenjav zraka na uro za kopalnico po tabeli, kjer je vrednost za kopalnico potrebnih izmenjav zraka  $n_{min}=1,5$  [h<sup>-1</sup>].

Izračun prezračevalnih toplotnih izgub z računalniškim programom je prikazan v spodnji tabeli:

Min. zračni tok prezračevanja	$\dot{V}_{min}$	40,8 m <sup>3</sup> /h	513
z infiltracijo	$\dot{V}_{inf}$	1,1 m <sup>3</sup> /h	14
z mehanskim dovodnim ventilatorjem	$\dot{V}_{sup} \cdot f_{v,sup}$	0,0 m <sup>3</sup> /h	
z odvodnim ventilatorjem	$\dot{V}_{mech,inf,e} + \dot{V}_{mech,inf,ij} \cdot f_{v,meh,inf,ij}$	4,3 m <sup>3</sup> /h	54
<b>Volumski tok prezračevanja</b>	<b><math>\dot{V}</math></b>	<b>40,8 m<sup>3</sup>/h</b>	
<b>Toplotne izgube zaradi prezračevanja</b>	<b>H<sub>v</sub> / Φ<sub>v</sub></b>	<b>13,9</b>	<b>513</b>

Tabela 12: Izračun prezračevalnih toplotnih izgub

Izračun prezračevalnih toplotnih izgub s poenostavljeno in detajlno metodo ni pokazal nobenih razlik med izračuni.

	Prostor	Tem. prostora $\theta_{int,i} (^{\circ}C)$	Volumen prostora $V_i (m^3)$	Min. stopnja izmenjave zraka $n_{min} (h^{-1})$	Volumenski tok prezračē. $\dot{V}_{min,i} (m^3/h)$	Prezraēe. toplotne izgube $\Phi_{V,i} (W)$
Klet	WC	20	7,1	0,5	3,6	40
	Kurilnica	19- no	10,9	0	0	0
	Pralnica	20	18,4	0,5	9,2	103
	Kolesarnica	17- no	31,9	0	0	0
	Fitnes	20	65,7	0,5	32,9	369
	Savna	20	21,4	1,5	32,1	360
	Shramba	17- no	30,5	0	0	0
	Hodnik in stopnišče	20	34,5	0	0	0
Pritličje	Dnevna soba, kuhinja, jedilnica	20	132,9	1,5	199,4	2238
	Kabinet	20	29,5	0,5	15	165
	WC	20	10,9	1,5	16,3	183
	Vhod	20	20,6	0	0	0
	Hodnik in stopnišče	20	26,8	0	0	0
Mansarda	Kopalnica	24	27,2	1,5	41	513
	Spalnica	20	41,9	0,5	21	235
	Soba JV	20	38,7	0,5	19	217
	Soba J	20	35,2	0,5	18	197
	Soba JZ	20	37,5	0,5	19	211
	Hodnik in stopnišče	20	35,2	0	0	0
Prezračevalne toplotne izgube						4831

Tabela 13: Tabela z izračuni

Zgradba ima vgrajeno prezračevalno napravo z odvzemom energije povratka odpadnega zraka. Ob upoštevanju 50% izkoristka naprave izračunamo prezračevalne toplotne izgube zgradbe:

$$\Phi_{V,i} = \Phi_{V,i} * 0,5 = 4831 * 0,5 = 2415,5 W$$

Hiša ima ob upoštevanju izkoristka prezračevalne naprave 2415,5 W prezračevalnih toplotnih izgub.

## 5.6. Celotna toplotna izguba hiše

Celotno toplotno izgubo sestavlja seštevek transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub.

$$\Phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad [W]$$

$$\phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 4439 + 2415,5 = 6854,5 \text{ W}$$

$\Phi_{T,i}$  = projektne transmisijske toplotne izgube ogrevanega prostora [W]

$\Phi_{V,i}$  = projektne prezračevalne toplotne izgube ogrevanega prostora [W]

Izračun vseh toplotnih izgub hiše z računalniškim programom je prikazan v spodnji tabeli.

Toplotne izgube - koeficienti		W/K	
Toplotne izgube zaradi koeficienta prenosa toplote	$\Sigma H_{T,e}$		134
Toplotne izgube zaradi prezračevanja	$\Sigma H_V$		73
Koeficient skupnih toplotnih izgub	$A_{wU}$		207
Toplotne izgube v zgradbi		W	
Skupne toplotne izgube zaradi toplotnega prenosa	$\Phi_{T,Bld}$		4439
<b>Skupne toplotne izgube zaradi prezračevanja</b>			
Min. zračni tok prezračevanja	$\Phi_{V,min,Bld} = 0,5 \cdot \Sigma \Phi_{V,min}$		2416
z infiltracijo	$\Phi_{V,inf,Bld} = \zeta \cdot \Sigma \Phi_{V,inf}$		102
z mehanskim dovodnim ventilatorjem	$\Phi_{V,su,Bld}$		338
z odvodnim ventilatorjem	$\Phi_{V,su,Bld}$		107
<b>Skupne toplotne izgube zaradi prezračevanja</b>	<b><math>\Phi_{V,Bld}</math></b>		<b>2416</b>
Standardna toplotna obremenitev		$\Phi_{HL,Bld}$ W	
Standardna toplotna obremenitev		$\Phi_{HL,Bld}$	6854 W
Dodatna toplotna obremenitev (zaradi začasne prekinitev ogrevanja) (zaradi začasnega znižanja temperature)		$\Phi_{RH,Bld}$ W	
Dodatna toplotna obremenitev (zaradi začasne prekinitev ogrevanja) (zaradi začasnega znižanja temperature)		$\Phi_{RH,Bld}$	---
Projektna toplotna obremenitev objekta		$\Phi_{HL,Des,Bld}$ W	
Projektna toplotna obremenitev objekta		$\Phi_{HL,Des,Bld}$	6854 W
Relative vrednosti			
Toplotna obremenitev / ogrevane površine zgradbe	$A_{N,bld}$	233 m <sup>2</sup>	$\Phi_{HL,Bld} / A_{N,bld}$ 29,4 W/m <sup>2</sup>
Toplotna obremenitev / ogrevana prostornina zgradbe	$V_{N,bld}$	584 m <sup>3</sup>	$\Phi_{HL,Bld} / V_{N,bld}$ 11,7 W/m <sup>3</sup>
Površina prenosa toplote	A	539 m <sup>2</sup>	
Spec. koef. transmisije toplotnih izgub	$H_T^*$		0,25 W/(m <sup>2</sup> ·K)

Tabela 14: Izračun vseh toplotnih izgub hiše z računalniškim programom

Iz računalniškega izračuna razberemo vrsto podatkov. Najdemo skupno toplotno obremenitev prostora, ki nam pove, koliko moči potrebujemo na kvadratni meter, da vzdržujemo temperaturo. Omembe vreden je tudi koeficient skupnih toplotnih izgub, ki nam pokaže potrebno moč za temperaturni dvig ene stopinje v hiši.

## 5.7. Potrebna toplotna moč za ogrevanje zgradbe

Izračun potrebne toplotne moči za zgradbe je enak toplotnim izgubam hiše, saj zaradi neprekinjenega ogrevanja hiše korekcijskega faktorja ne upoštevamo.

$$\Phi_{HL} = \sum_i \Phi_{T,i} + \sum_i \Phi_{V,i} + \sum_i \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$\sum_i \Phi_{T,i}$  – vsota vseh transmisijskih toplotnih izgub zgradbe [W]

$\sum_i \Phi_{V,i}$  – vsota vseh prezračevalnih izgub zgradbe [W]

$\sum_i \Phi_{RH,i}$  – dodatna toplotna moč – akumulacija zaradi prekinjenega gretja [W]

$$\Phi_{HL} = \sum_i \Phi_{T,i} + \sum_i \Phi_{V,i} + \sum_i \Phi_{RH,i} = 4439 + 2415,5 + 0 = 6854,5 \text{ W}$$

Hiša za ogrevanje potrebuje 6855 W toplotne moči.

Potrebno je dodati, da se na prehodu medija od kurilne naprave do prostora izgubi vsaj 15 % energije. To izgubo moramo prišteti celotnim toplotnim izgubam, da dobimo realno vrednost potrebne toplotne moči za ogrevanje hiše.

$$\Phi_{HL} = 6854,5 * 1,15 = 7882,67 \text{ W}$$

Potrebna moč vira energije potrebuje slabih 8 kW.

## 5.8. Ogrevanje – vir

Hiša ima nizkotemperaturni režim ogrevanja. Vir energije za ogrevanje prostorov je Kronoterm reverzibilna zunanja kompaktna on/off toplotna črpalka TČZ ZVR 10/11 E1 zrak/voda, ki omogoča ogrevanje in hlajenje hiše ter pripravo sanitarne tople vode. Toplotna črpalka deluje med  $-20$  in  $35$  °C in omogoča najvišji dvižni vod  $55$  °C. V pomoč je vgrajen 6-kW pretočni električni grelec, ki se vključi po potrebi. Ogrevalni sistem sestavljata 200-litrski zalogovnik in 300-litrski bojler za pripravo sanitarne tople vode. Zalogovnik je obvezen sestav ogrevalnega sistema ob vgradnji on/off toplotne črpalke, saj preprečuje prekomerno vklopjanje kompresorja za potrebe ogrevanja in preprečuje okvaro le-tega. Bojler količinsko ustreza potrebam štiričlanske družine z dvema kopalnicama.



## 5.9. Hlajenje – vir

Energijo za hlajenje bo zagotavljala reverzibilna toplotna črpalka, ki hladi vodo in jo hrani v zalogovniku. Ohlajeno vodo pošiljamo v ogrevalni sistem skozi mešalni ventil do treh razdelilnih omaric v vsaki etaži, ki preko regulacije zagotavlja konstanto temperaturo dvižnega voda na 19 °C. Hlajenje poteka izključno po stropnem razvodu.

## 5.10. Prezračevanje – vir

V hišo bo vgrajeno prisilno prezračevanje, ki se izvaja preko centralnega Heliosovega rekuperatorja KWL 500. Obratovalno območje naprave poteka od -20 do 40 °C in ima maksimalni pretok zraka  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Prezračevanje ima ob regulacijskem ventilatorju vgrajen rekuperator – entalpijski ploščati protitočni toplotni izmenjevalec, ki omogoča vračanje toplote, vlage in svežega zraka v bivalne prostore ob izhodu odpadnega zraka. Za zaščito proti zmrzali na dovodu svežega zraka iz okolice je pred rekuperatorjem vgrajen predgrelec z močjo 1 kW.

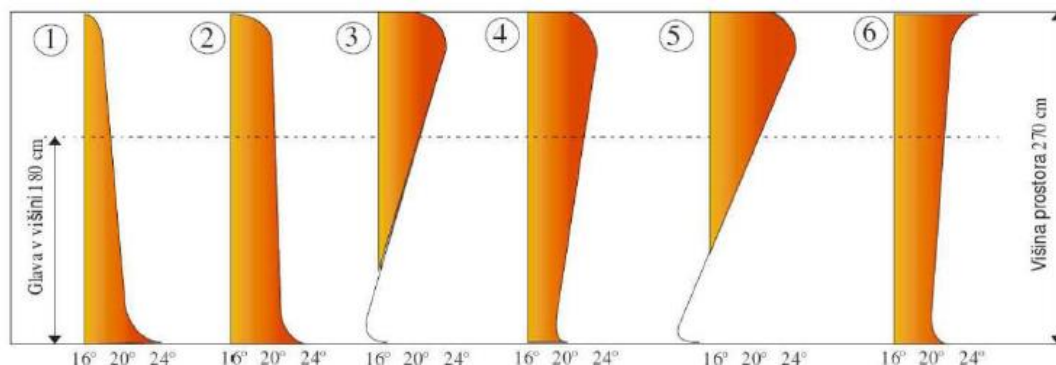
Razvod cevi za dovod in odvod zraka v prostore poteka skozi dušilec zvoka glede na potrebe po izmenjavi zraka.

## 5.11. Sevala za ogrevanje in hlajenje prostorov

Ogrevanje prostorov bo potekalo s stropnim in talnim razvodom cevi. Hlajenje prostorov bo potekalo izključno s stropnim razvodom. Stropni paneli bodo položeni na mavčno konstrukcijo in bodo nameščeni v pritličju in mansardi. Kopalnica v mansardi bo imela dodatno položeno talno gretje. Pritličje hiše bo pokrito s stropnimi paneli v skupnem bivalnem prostoru, ki ga sestavljajo kuhinja, jedilnica in dnevna soba ter v kabinetu. Preostalemu delu pritličja, to so vhod, hodnik in kopalnico, bomo energijo dovajali preko talnega razvoda cevi. Kletne prostore, stranišče, pralnico in hodnik bomo ogrevali s talnim razvodom, z izjemo sobe za prosti čas, kjer bo ogrevanje potekalo preko stropnega razvoda. Sevala za stropno gretje in hlajenje so lasten produkt in smo jih prilagodili potrebam za montažo suhega mavčnega stropa. Prednost in izbira stropnih postavitev seval na talni razvod so sledeče:

- ni omejitve toplotne moči,
- manjša upornost pri prehodu toplote z medija v prostor,
- večja odzivnost in nadzor temperature prostora,
- možnost pasivnega hlajenja.

Učinkovitost ogrevanja po Kollmarju grafično ponazarja z vertikalno porazdelitvijo temperature v prostoru pri različnih sistemih ogrevanja ter njihovo učinkovitost. Na spodnji sliki je prikazana učinkovitost ogrevanja.



Slika 8: Učinkovitost ogrevanja  
(Vir: Zapiski pri predmetu Energetika)

1. najboljše možno ogrevanje – teoretično
2. talno ogrevanje
3. radiatorsko ogrevanje na notranji steni
4. radiatorsko ogrevanje na zunanji steni
5. ogrevanje z zrakom
6. stropno ogrevanje

## 5.12. Izračun moči stropnih seval

Pomemben dejavnik za hišo je podatek, koliko znaša koeficient skupnih toplotnih izgub zgradbe. Ta podatek nam pove, koliko energije potrebujemo, da hišo segrejemo ali ohladimo za eno stopinjo. Prostori v hiši imajo različne toplotne izgube. Na podlagi teh lahko določimo tudi potrebe moči po hlajenju. Za hišo znaša 207 W/K.

Izračun toplotnih izgub skupnega prostora kuhinje, jedilnice, dneвне sobe nam poda skupno toplotno obremenitev prostora.

$$\begin{aligned}\Phi_K &= \Phi_{T,k} + \Phi_{V,k} \quad [W] \\ \Phi_K &= 1123 + 2238 \cdot 0,5 \\ \Phi_K &= 2242 \text{ W}\end{aligned}$$

V izračunu je upoštevan izkoristek prezračevalne naprave. Iz rezultata skupnih toplotnih izgub prostora lahko izračunamo, koliko moči potrebujemo, da prostor ogrejemo ali ohladimo za eno stopinjo – koeficient skupnih toplotnih izgub prostora. Koeficient izračunamo tako, da skupne toplotne izgube prostora delimo z razliko notranje projektne temperature in projektne temperature okolice.

$$H_{t1} = \frac{\Phi_k}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{2242}{20 - (-13)} = 67,94 \text{ W/K}$$

Izračune moči seval v pritličju smo pridobili iz Uponsorjevega računalniškega programa in jih vnesli v tabelo. Skupni prostor – kuhinja, jedilnica, dnevna soba – ima po dve talni in dve stropni zanki. Vsaka stropna zanka ima na stropu vzporedno vezanih šest panelov po  $1,5 \text{ m}^2$ .

Moč stropnega panela izračunamo iz podatkov, ki smo jih dobili pri izračunu dnevne sobe, in iz izbrane projektne temperature prostora  $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Izberemo zanko šestih panelov s skupno močjo  $q = 704 \text{ W}$ , kjer je temperatura dvižnega voda  $\theta_V = 35 \text{ }^\circ\text{C}$  in povratka  $\theta_R = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Povprečna temperatura medija je  $\theta_H = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Diferenca med projektno temperaturo prostora in povprečno temperaturo medija:

$$\Delta\theta_H = \theta_H - \theta_i = 32,5 - 20 = 12,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Izračun moči posameznega panela:

$$Q_1 = \frac{704}{6} = 117,3 \text{ W}$$

Izračun moči panela na površino:

$$q_2 = \frac{117,3}{1,5} = 78,2 \text{ W/m}^2$$

Izračun koeficienta moči zanke:

$$q_z = \frac{q}{\Delta\theta_H} = \frac{704}{12,5} = 56,32 \text{ W/K}$$

Izračun koeficienta moči panela:

$$q_p = \frac{q_z}{6} = \frac{56,32}{6} = 9,3 \text{ W/K}$$

Koeficient hladilne moči posamezne zanke v kuhinji, jedilnici, dnevni sobi je  $56,32 \text{ W/K}$ . V tem prostoru imamo dve zanki. Skupni koeficient hladilne moči stropnih panelov je  $112,64 \text{ W/K}$  in presega potrebnih  $67,94 \text{ W/K}$ . S tem presežkom ohranjamo v prostoru udobnih  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  pri zunanji temperaturi  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Stropni paneli so prikazani na spodnji sliki.



Slika 9: Stropni paneli

### 5.13. Načrtovanje stropnega in talnega razvoda cevi za ogrevanje in hlajenje

Sevala projektiramo po izračunu toplotnih izgub zgradbe in glede na izbiro ogrevalnega režima ogrevanja. Izračun naj vsebuje celotne toplotne izgube zgradbe brez upoštevanja izkoristkov prezračevalnih naprav. Projektne temperature so določene v projektu, ki so podlaga za izračun potrebnih moči in površin seval. Stropni paneli imajo moč  $80\text{--}100\text{ W/m}^2$ . Največja toplotna moč pri talnem razvodu cevi je omejena na  $50\text{ W/m}^2$ . Na podlagi rezultatov o izgubah določimo potrebno površino seval in določimo pretoke. Hlajenje poteka po stropnih panelih in mora biti predimenzionirano za zmožnost hlajenja glede na temperaturo dvižnega voda, ki znaša  $19\text{ }^\circ\text{C}$ .

Potrebe po toplotni moči prostora določijo razmik med cevmi za talno gretje ter določijo pretok in temperaturo. Cevi za talno gretje so velikosti 16/2 in so položene v obliki polža. Dolžina cevi je odvisna od masnega pretoka in tlačnega padca, ki ne sme biti večji od 25 kPa na zanko.

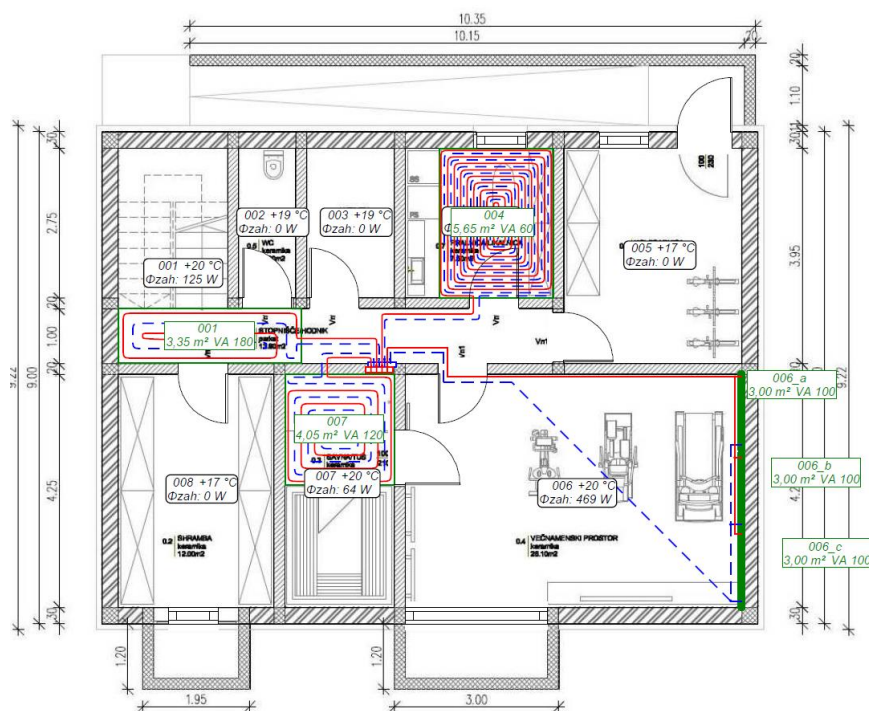
Tudi pri stropnem razvodu je potrebno upoštevati tlačne padce in temu prilagoditi dolžino cevi. Paneli so sestavljeni iz ekspaniranega polistirena, v katerem so položene cevi  $9,9 \times 1,1$  in prekrite z lepilom v velikosti  $1,5\text{ m}^2$ . V panelu so cevi, dolge 18 do 19 m. Po izračunih jih v vzporedni vezavi ne sme biti več kot osem skupaj. To jim omejujejo tako tlačni padci v ceveh kot tudi prehodni in reducirni elementi, spojke, ki povečujejo upor.

Naš talni razvod je prilagojen potrebam izgub prostorov in je določen z dolžino položenih cevi in potrebnim masnim pretokom. Talni razvod v posameznih prostorih pokriva vse toplotne potrebe, v nekaterih pa deluje kot dodatek za večje udobje bivanja ali višje temperature prostora.

Ogrevalni sistem je lahko napolnjen tudi z drugim medijem, npr. glikol. V večini primerov se uporablja voda, saj je cenovno najugodnejša. Voda ima dobro specifično toploto in viskoznost, ki je pomembna pri uporabi pretoka medija skozi cevi.

### 5.13.1 Tloris kleti in postavitve seval

Na sliki 10 je prikazana razporeditev vej na razdelilniku v kleti, v tabeli 15 pa so zbrani pridobljeni podatki.



Slika 10: Tloris kleti in razporeditev vej na razdelilniku

Klet – razporeditev vej na razdelilniku:

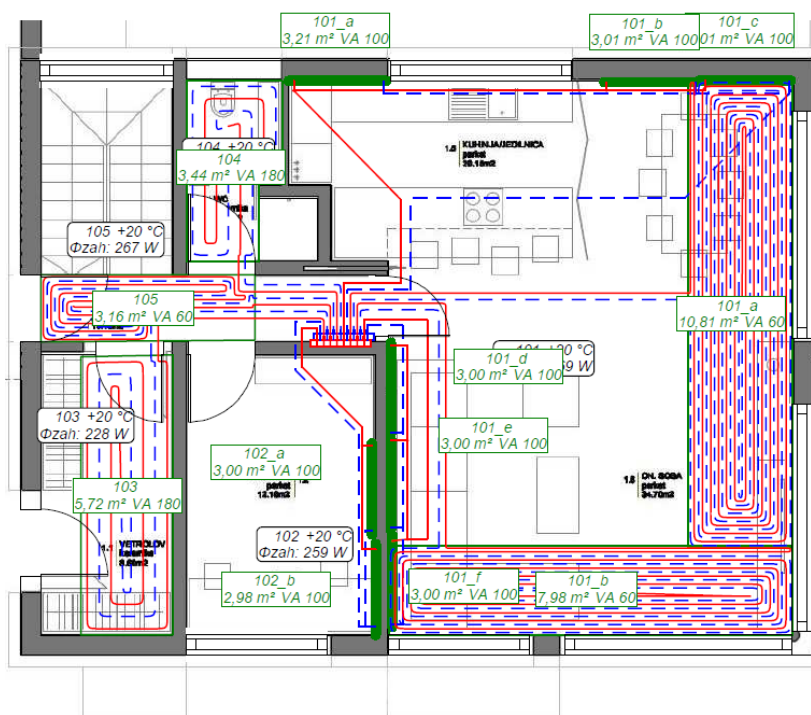
1. hodnik in stopnišče – talno
2. pralnica – talno
3. fitnes – stropno: 8 stropnih panelov
4. savna – talno

Klet	t/s	Zahteva [W]	$\Delta\theta$ [K]	Površina [m <sup>2</sup> ]	Razmik [mm]	Dolžina cevi [m]	Pretok [l/min]	Tlačni padec [kPa]
Hodnik in stopnišče	t	122/122	12,7	3,4	220	20,5	0,1	21,5
Pralnica	t	203/203	12,8	5,7	220	33,1	0,2	21,2
Fitnes	s	765/765	8,3	12	80	150	1,4	17,7
Savna	t	432/432	10,5	5,6	55	107	0,7	19,8

Tabela 15: Projekt s pretoki, močjo in tlačnimi padci na razdelilniku

### 5.13.2. Tloris pritličja in postavitve seval

Na sliki 11 je prikazana razporeditev vej na razdelilniku v pritličju.



Slika 11: Tloris pritličja in postavitve seval

Pritličje – razporeditev vej na razdelilniku:

1. dnevna soba, jedilnica, kuhinja – talno
2. dnevna soba, jedilnica, kuhinja – talno
3. dnevna soba, jedilnica, kuhinja – stropno: 6 stropnih panelov
4. dnevna soba, jedilnica, kuhinja – stropno: 6 stropnih panelov
5. kabinet – stropno: 4 stropni paneli

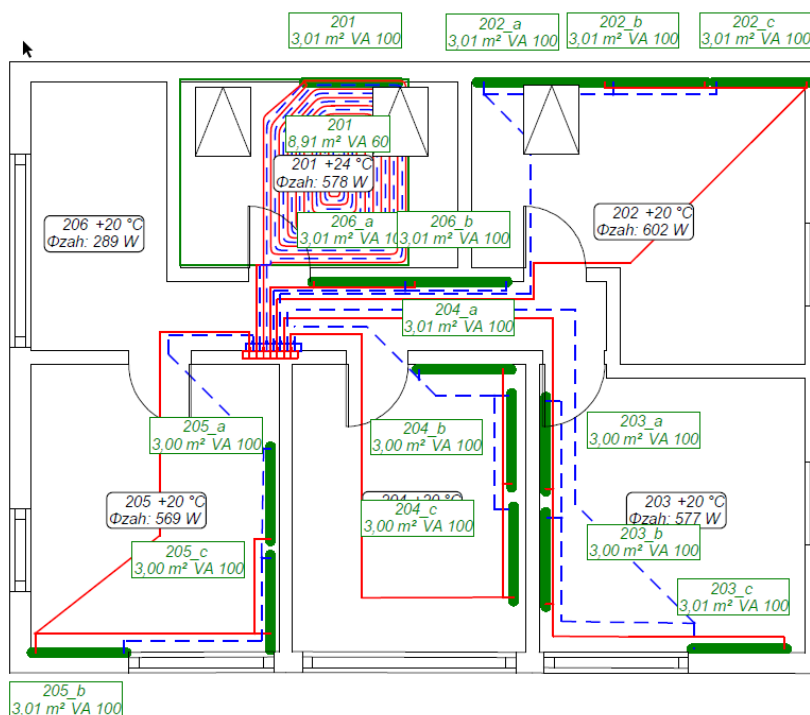
6. vhod – talno
7. WC – talno
8. hodnik in stopnišče – talno

Pritličje	t/s	Zahteva [W]	$\Delta\theta$ [K]	Površina [m <sup>2</sup> ]	Razmik [mm]	Dolžina cevi [m]	Pretok [l/min]	Tlačni padec [kPa]
Dnevna soba, jedilnica, kuhinja	t	3361/969	7	11,5	110	116,4	2,3	2,9
	t	3361/987	7	11,7	110	117	1,4	2,3
	s	3361/704	5	9	80	112,5	2	10,5
	s	3361/701	5	9	80	112,5	2,1	11,5
Kabinet	s	259/259	12	6	80	75	0,3	19,3
Vhod	t	225/225	12	5,7	220	34,6	0,3	20,1
WC	t	214/214	13	3,4	55	69,4	0,2	19,9
Hodnik in stopnišče	t	261/261	9,3	3,2	55	58	0,3	19,8

Tabela 16: Projekt s pretoki, močjo in tlačnimi padci na razdelilniku

### 5.13.3. Tloris mansarde in postavitve seval

Na sliki 12 je prikazana razporeditev vej na razdelilniku v mansardi.



Slika 12: Tloris mansarde in postavitve seval

Mansarda – razporeditev vej na razdelilniku pretokov:

1. kopalnica – talno
2. kopalnica – stropno: 4 stropni paneli
3. kopalnica – stropno: 4 stropni paneli
4. spalnica – stropno: 6 stropnih panelov
5. soba JV – stropno: 6 stropnih panelov
6. soba J – stropno: 6 stropnih panelov
7. soba JZ – stropno: 6 stropnih panelov
8. hodnik in stopnišče – stropno: 4 stropni paneli

Mansarda	t/s	Zahteva [W]	$\Delta\theta$ [K]	Površina [ $m^2$ ]	Razmik [mm]	Dolžina cevi [m]	Pretok [l/min]	Tlačni padec [kPa]
Kopalnica	t	920/356	9,1	7,6	55	141	0,6	17,2
	s	920/282	6	6	80	75	0,8	16,6
	s	920/281	6	6	80	75	0,7	16,8
Spalnica	s	602/602	7,5	9	80	112,5	1,3	15,3
Soba JV	s	577/577	8,1	9	80	112,5	1,1	15,8
Soba J	s	450/450	10,9	9	80	112,5	0,7	17,5
Soba JZ	s	569/569	8,3	9	80	112,5	1,1	16,1
Hodnik in stopnišče	s	175/175	12,6	6	80	75	0,2	18,5

Tabela 17: Projekt s pretoki, močjo in tlačnimi padci na razdelilniku

Tabele s toplotnimi izgubami prostora in potrebno močjo ne upoštevajo izkoristka rekuperatorja v prezračevalnih toplotnih izgubah.

## 6. ZAKLJUČEK

Primerjalni izračun toplotnih izgub z detajlno in poenostavljeno metodo nima medsebojnih rezultatskih odstopanj. Zanimiv je delež toplotnih izgub. Prvo polovico predstavljajo transmisijske, medtem ko drugo polovico predstavljajo prezračevalne toplotne izgube. Visok delež prezračevalnih toplotnih izgub prikazuje dobre lastnosti vgrajenih materialov in nujnost vgradnje prezračevalne naprave z visokim izkoristkom. Učinkovita prezračevalna naprava s povratkom odpadne energije zraka bi zagotovila za tretjino manj toplotnih izgub hiše in prihranek energije pri ogrevanju.

Ogrevanje in hlajenje vključno z izbiro toplotne črpalke kot ogrevalne naprave je prava izbira. Toplotna črpalka nima negativnega vpliva na okolje. Toplotna črpalka zraka pridobiva energijo iz zraka in uporablja elektriko za delovanje kompresorja v



Carnotovem krožnem procesu, ki prenaša energijo na ogrevalni medij. Toplotna črpalka, ki ogreva in hladi medij in ga pošilja preko mešalnega ventila, je primer celovite rešitve ogrevanja in hlajenja sodobne hiše. Lahko bi povečali površino stropnih seval, s katerimi bi povečali moč za bolj učinkovito gretje in hlajenje prostorov.

Prezračevanje je pomemben sestav hiše, ki pa ima droben deficit. V zimskem času se srečujemo z nizko relativno vlažnostjo zunanlega zraka. Ta prehaja preko toplotnega izmenjevalca v bivalne prostore, saj naprava nima možnosti dodajanja vlage dovedenemu zraku. S tem se pojavi težava suhega zraka v bivalnih prostorih. Podoben problem srečujemo tudi v poletnih dnevih, ko je relativna vlažnost zraka na vhodu v napravo previsoka in je ne moremo odvesti iz zraka. Skratka, priprava zraka ali klimatizacija je zelo dobrodošla, saj bi z znižanjem relativne vlažnosti zraka poleti lahko v stropne panele pošiljali nižjo temperaturo medija. S tem bi povečali moč hlajenja in preprečili kondenzacijo na stropnih panelih. Klimatizacija zraka zagotavlja optimalne željene pogoje za bivanje in povečuje moč gretja in hlajenja hiše preko vpihanega zraka.

## 7. VIRI IN LITERATURA

Anže Krajnc s. p. (2011). Krog, ogrevalni sistemi, Interno gradivo in dokumentacija projekta hiše.

Arkar, C. (2017). *Gradbena fizika - gradivo računskih in eksperimentalnih vaj in gradivo za vaje tehnologija inštalacij*. Pridobljeno 19. novembra 2020 z naslova <https://docplayer.gr/71058720-Univerza-v-ljubljani-fakulteta-za-strojninstvo-gradbena-fizika-gradivo-racunskih-in-eksperimentalnih-vaj-izr-prof-dr-ciril-arkar.html>

Jemec, I. (2018). Zapiske predavanj: *Avtomatizacija in robotika*.

MARLES TEHNOLOGIJA. Marles hiša – moj hiša. PDF. (2013).

Oman, J. (2005). *Generatorji toplote*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.

Podjetje Uponsor. (2011). *Uponsor sistem ometa za stropno in stensko hlajenje/ogrevanje*. Pridobljeno 31. septembra 2020 z naslova <https://www.ponsor.si/izdelki/stropno-ogrevanje-in-hlajenje/thermatop-m>

Podjetje Uponsor. (2014). *Uponsor Minitec technical guide*. Pridobljeno 13. septembra 2020 z naslova <https://www.ponsor.si/UponsorInternet/DirectDownload?did=B79588901D2E42438334E5F9FCF91D61>

Prek, M. (2013). *Izračun projektne toplotne moči za ogrevanje*. Pridobljeno 10. junija 2020 z naslova <http://lab.fs.uni-lj.si/los1/images/vaje/toplotne%20izqube%20-%20izracun%20projektne%20toplotne%20moi.pdf>

*Prezračevanje Agregat. Prezračevalni sistemi*. (2020). Pridobljeno 13. septembra 2020 z naslova <https://www.agregat.si/prezracevalni-sistemi/centralni-rekuperatorji/stenska-izvedba/kwl-ec-500w>

Puhar, J. (1993). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Tacer, M. (2018). Zapiske predavanj in učno gradivo: *Energetika*.

Uradni list Republike Slovenije. (2009). *Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe*. Pridobljeno 6. julija 2020 z naslova [https://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2009-077-03362-OB~P005-0000.PDF](https://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-077-03362-OB~P005-0000.PDF)

## 8. PRILOGE

### Priloga 1: Slika parametrov za ogrevanje v Uponor programu

Nadstropje: 0 Klet; Enota v zgradbi: Privzeto

Dvojni stanovanjski razdelilec: 001; Dobavljeno po: (navidezno) ( $\theta_d = 35,3 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Število izhodov: 4; Nastavitve na: d.v.; G: 153,2 kg/h;  $\Delta p_{min}$  1,91 kPa;  $\Delta p$  21,48 kPa

Prostor: 001;  $\theta_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Phi$  zah = 122 W;  $\Phi$  presežek = 0 W; Rezultat.  $\Phi_{po} = 122 \text{ W}$ ;

Št. RC: 1;

001	122	13	BC:	3,4	220	23,6/38	20,5	10,7	0,09	0,10
Brez - 0,000							5,3+15,2	0,025	21,39	0,01

Prostor: 004;  $\theta_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Phi$  zah = 203 W;  $\Phi$  presežek = 0 W; Rezultat.  $\Phi_{po} = 203 \text{ W}$ ;

Št. RC: 1;

004	203	13	BC:	5,7	220	23,5/38	33,1	17,7	0,23	0,20
Brez - 0,000							7,6+25,7	0,041	21,23	0,02

Prostor: 006;  $\theta_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Phi$  zah = 765 W;  $\Phi$  presežek = 0 W; Rezultat.  $\Phi_{po} = 765 \text{ W}$ ;

Št. RC: 4;

006_a	191	8,5	BC:	3	80	28,0/64	37,5	20,0		
Brez - 0,000							0,0+37,5	0,119		
006_b	191	8,4	BC:	3	80	28,0/64	37,5	20,2		
Brez - 0,000							0,0+37,5	0,121		
006_c	192	8	BC:	3	80	28,0/64	37,6	22,3		
Brez - 0,000							0,0+37,6	0,133		
006_d	191	8,3	BC:	3	80	28,0/64	37,5	20,5		
Brez - 0,000							0,0+37,5	0,123		

Prostor: 007;  $\theta_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Phi$  zah = 432 W;  $\Phi$  presežek = 0 W; Rezultat.  $\Phi_{po} = 432 \text{ W}$ ;

Št. RC: 1;

007	432	11	BC:	5,6	55	27,1/77	106,9	41,8	1,72	0,70
Brez - 0,000							4,3+102,5	0,098	19,64	0,12

### Priloga 2: Slika razdelilnikov in tlačnih padcev

