

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**INVESTICIJA V OGREVALNI SISTEM
STANOVANJSKE HIŠE S TOPLOTNO ČRPALKO**

DIPLOMSKO DELO

Matjaž Jejčič

Mentor: asist. Drago Papler, mag. gosp. inž.

Nova Gorica, 2012

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju asist. Dragu Paplerju, mag. gosp. inž. za nasvete in dane informacije, predvsem pa za odzivnost pri pripravi diplomske naloge.

NASLOV

Investicija v ogrevalni sistem stanovanjske hiše s toplotno črpalko

IZVLEČEK

Svetovne potrebe po energiji so čedalje večje, sorazmerno rastejo tudi cene primarnih energentov. Velik problem postaja tudi onesnaževanje okolja z izpusti toplogrednih plinov. Posledično se na trgu pojavljajo razni produkti za izkoriščanje alternativne energije, ki nam jo daje narava v neomejenih količinah. Med te spadajo tudi toplotne črpalke, katere so se uveljavile na trgu, predvsem v zadnjih nekaj letih. Tehnologija se je, kot na mnogih področjih, tudi tukaj zelo razvila. Toplotne črpalke so postale široko uporabne in cenovno sprejemljive. S časom postajajo nepogrešljive na vseh področjih ogrevanja in hlajenja. V diplomski nalogi smo obdelali področje toplotnih črpalk za ogrevanje objektov. Opisali smo tehnologijo delovanja toplotnih črpalk, najpogosteje uporabljene toplotne vire, različne izvedbe glede na izkoriščanje primarnega vira toplote in podobno. Naredili smo pregled skozi zgodovino razvoja toplotnih črpalk. Opisali smo zakonodajo na tem področju, zahteve in ugodnosti, ki jih imamo, če se odločimo za investicijo. Izdelali smo praktičen primer izračuna investicije za vgradnjo toplotne črpalke v novogradnjo stanovanjske hiše. Nanaša se na konkretni objekt – stanovanjsko hišo Marles. Na podlagi podatkov o toplotni prehodnosti konstrukcije in klimatskih podatkov predvidene lokacije objekta smo izdelali izračun toplotnih izgub objekta. Glede na toplotne potrebe objekta smo dimenzionirali toplotno črpalko. Izbrali smo najugodnejšo ponudbo in izdelali analizo investicije vgradnje za posamezno vrsto toplotne črpalke. Naložbe smo ekonomsko ovrednotili in preverili kazalnike uspešnosti. Ugotovili smo, da je za izbrani objekt najugodnejša investicija v toplotno črpalko zrak/voda.

KLJUČNE BESEDE

toplotna črpalka, ogrevalni sistem, toplotne izgube, toplotni vir, hladivo, kolektor, uparjalnik, grelna število, ekonomska upravičenost investicije

TITLE

A heating system investment of a dwelling house with a heat pump

ABSTRACT

World's needs for energy are increasing and proportionally the prices of primary energy sources are increasing, as well. Moreover, the pollution with the greenhouse gases is a growing problem. Therefore, new products are appearing on the market – such products that are using the alternative energy sources – the sources given by nature in limitless quantities. One of such products are also heat pumps, which have appeared a few years ago and are widely used and affordable. They are becoming indispensable for heating and cooling methods. In this thesis we took a closer look at heat pumps as a heating method, we have described the technology behind the heat pump, the most useful resources for its operation, different implementations basing on different heat source the pump is using etc. We made a review through history of development and informed ourselves about basic legislation in this area. We also described both demands and benefits one would have, deciding for such investment. We calculated an investment plan for a new-built house – Marles, and also heat losses, taking into notice the heat transmittance of the same construction (Marles) and the climate data for intended location. According to facility's heat needs we dimensioned the heat pump, selected most prosperous offer and made the analysis of investing into different kinds of heat pump. All the investments were then evaluated through economic and performance aspect. We concluded that the best investment for chosen facility would be the heat pump operating with air/water.

KEYWORDS

heat pump, heating system, heat loss, heat source, refrigerant, collector, evaporator, coefficient of performance, viability of investment

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Opredelitev področja in opis problema.....	2
2	TEHNOLOGIJE TOPLOTNIH ČRPALK.....	3
2.1	Osnovne značilnosti toplotnih črpalk	3
2.2	Kako delujejo toplotne črpalke.....	4
2.2.1	Načini obratovanja toplotnih črpalk	6
2.3	Tehnične zahteve za vgradnjo toplotnih črpalk.....	6
2.4	Viri toplote	7
2.5	Osnovne izvedbe toplotnih črpalk	8
2.5.1	Toplotna črpalka zemlja/voda.....	8
2.5.2	Toplotna črpalka voda/voda.....	11
2.5.3	Toplotna črpalka zrak/voda	12
2.6	Hlajenje s toplotno črpalko	13
3	ZAKONODAJA IN RAZVOJ.....	14
3.1	Zgodovina toplotnih črpalk	14
3.2	Uporaba v Sloveniji	15
3.3	Zakonske zahteve pri vgradnji	15
3.4	Sofinanciranje.....	16
4	TEHNIČNI OPIS OBJEKTA IN ENERGETSKI IZRAČUN	17
4.1	Opis obravnavanega objekta	17

4.2	Določitev toplotnih karakteristik objekta.....	19
4.2.1	Podatki o toplotni prehodnosti konstrukcije	21
4.2.2	Klimatski podatki	24
4.2.3	Ostali podatki	25
4.2.4	Toplotne izgube po posameznih prostorih.....	25
4.3	Določitev ogrevalnih potreb objekta.....	28
5	DIMENZIONIRANJE TOPLOTNE ČRPALKE	31
5.1	Toplotna črpalka zemlja/voda	31
5.1.1	Določitev zemeljskega kolektorja (voda/glikol)	32
5.1.2	Zemeljska sonda.....	33
5.1.3	Dimenzioniranje toplotnega hranilnika	34
5.2	Toplotna črpalka voda/voda	35
5.3	Toplotna črpalka zrak/voda	36
6	ANALIZA INVESTICIJSKIH STROŠKOV	38
6.1	Toplotna črpalka zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem	38
6.2	Toplotna črpalka zemlja/voda z uporabo zemeljske sonde.....	41
6.3	Toplotna črpalka voda/voda	43
6.4	Toplotna črpalka zrak/voda	43
7	KALKULACIJA INVESTICIJE Z UPORABO DINAMIČNIH METOD	46
7.1	Neto sedanja vrednost investicije	47
7.1.1	Neto sedanja vrednost investicije za toplotno črpalko zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem.....	48

7.1.2	Neto sedanja vrednost investicije za toplotno črpalko zemlja/voda z zemeljsko sondo.....	50
7.1.3	Neto sedanja vrednost investicije za toplotno črpalko zrak/voda	51
7.2	Interna stopnja donosnosti (prihranka)	52
7.2.1	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem.....	53
7.2.2	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko zemlja/voda z zemeljsko sondo.....	55
7.2.3	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko zrak/voda	56
7.3	Ostali kazalniki učinkovitosti in uspešnosti.....	57
7.3.1	Kazalnik gospodarnosti	57
7.3.2	Kazalnik donosnosti naložb	58
7.3.3	Kazalnik donosnosti odhodkov	59
8	ZAKLJUČEK	60
9	LITERATURA	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Delež posamezne vrste energije v sistemu toplotne črpalke pri grelnem številu 4 (Geosonda d. o. o.)	4
Slika 2: Proces delovanja toplotne črpalke (Termotehnika d. o. o.).....	5
Slika 3: Osnovne izvedbe zemeljskih kolektorjev (Grobovšek, 2009)	10
Slika 4: Hiša Marles Aurora (Marles hiše d. o. o.).....	17
Slika 5: Tloris pritličja (Marles hiše d. o. o.)	18
Slika 6: Tloris mansarde (Marles hiše d. o. o.)	18
Slika 7: Konstrukcija Marles Mega N10 (Marles hiše d. o. o.).....	23

KAZALO TABEL

Tabela 1: Pregled sestave tlaka (Ostrouška, 2011).....	24
Tabela 2: Toplotne izgube – dnevna soba.....	26
Tabela 3: Toplotne izgube – soba 1.....	26
Tabela 4: Toplotne izgube – kopalnica 1.....	27
Tabela 5: Toplotne izgube – spalnica.....	27
Tabela 6: Raba tople sanitarne vode in potrebna energija za segretje (Arhem d. o. o., 2012).....	28
Tabela 7: Tehnični podatki za TČ zemlja/voda (Termotehnika d. o. o., 2012).....	32
Tabela 8: Tehnični podatki za TČ voda/voda (Termotehnika d. o. o., 2012).....	35
Tabela 9: Tehnični podatki za TČ zrak/voda (Termotehnika d. o. o., 2012).....	37
Tabela 10: Sestavni deli sistema TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem ter pripadajočimi cenami (Termotehnika d. o. o., 2012).....	39
Tabela 11: Sestavni deli sistema TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo ter pripadajočimi cenami (Termotehnika d. o. o., 2012).....	41
Tabela 12: Sestavni deli sistema TČ zrak/voda s pripadajočimi cenami (Termotehnika d. o. o., 2012).....	43
Tabela 13: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem.....	49
Tabela 14: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo.....	50
Tabela 15: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zrak/voda.....	52
Tabela 16: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem pri različnih diskontnih stopnjah.....	54

Tabela 17: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo pri različnih diskontnih stopnjah	55
Tabela 18: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zrak/voda pri različnih diskontnih stopnjah	56
Tabela 19: Kazalniki gospodarnosti (E) za posamezno vrsto toplotne črpalke	58
Tabela 20: Kazalniki donosnosti naložb (D) za posamezno vrsto toplotne črpalke ..	58
Tabela 21: Kazalniki donosnosti odhodkov (Do) za posamezno vrsto toplotne črpalke	59

UPORABLJENE KRATICE

- TČ zemlja/voda – toplotna črpalka zemlja/voda
- TČ voda/voda – toplotna črpalka voda/voda
- TČ zrak/voda – toplotna črpalka zrak/voda
- SIST EN ISO – Slovenski standard na področju ugotavljanja skladnosti
- COP – coefficient of performance (grelno število)
- SPF – Seasonal performance factor (letno grelno število)
- ZDA – Združene države Amerike
- PURES 2 – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
- DDV – davek na dodano vrednost
- NSV – neto sedanja vrednost

1 UVOD

Čas je, da začnemo resno razmišljati o zamenjavi fosilnih energentov z obnovljivimi viri energije. Med te spadajo vodna energija, energija vetra, sončna energija, biomasa in geotermalna energija. Zamenjava se seveda ne more zgoditi čez noč, ampak postopoma skozi leta, desetletja. Koliko časa bo to trajalo je v veliki meri odvisno tudi od nas samih ter naših odločitev o izbiri energentov. Zato moramo pri tovrstnih odločitvah dobro pretehtati vsa dejstva, ki se pri tem porajajo. Večina evropskih držav ponuja določena sredstva za investicije v sisteme z izrabo obnovljivih virov energije. Med njimi je tudi Slovenija, ki v sklopu evropske politike sofinancira izgradnjo tovrstnih sistemov. Evropska unija zavezuje svoje članice k zviševanju deleža uporabe obnovljivih virov energije in s tem zmanjševanja izločanja škodljivih snovi v ozračje.

Z množično uporabo ogrevalnih sistemov s toplotnimi črpalkami bi bistveno zmanjšali izpuste škodljivih emisij v ozračje in zagotovili dvig deleža uporabe obnovljivih virov energije. S toplotnimi črpalkami izkoriščamo nizkotemperaturno toploto okolice, ki jo s pomočjo električne energije dogrevamo na primerno temperaturo za ogrevanje. To je neizčrpen vir brezplačne in čiste energije. V osnovi je to sončna toplota, ki je shranjena v zemlji, kamninah in podtalnicah. S subvencioniranjem s strani države se je trend uporabe toplotnih črpalk močno povečal, predvsem zaradi nižjih stroškov začetne investicije. Skrajni čas je, da začnemo razmišljati in izkoriščati čistejšo energijo, ki nam jo daje narava v neomejenih količinah. S sodobno tehnologijo jo znamo vedno bolje izkoriščati in s tem tudi zmanjšujemo energetske odvisnosti od lobijev, ki manipulirajo s cenami fosilnih goriv.

1.1 Opredelitev področja in opis problema

V prihodnosti načrtujemo gradnjo stanovanjske hiše. Pri tem se pojavi kup vprašanj in negotovosti. Eno teh je, kakšen način ogrevanja izbrati. Izbira je velika; nekateri še vedno prisegajo na klasične načine ogrevanja, drugi pa se odločijo za alternativne načine, ki so danes vse pogostejše v uporabi. To gre pripisati predvsem visokim cenam fosilnih goriv ter ne-obetavnim napovedim za prihodnost. Poleg cen energentov je problem tudi onesnaževanje okolja, kar pa se še vedno v veliki meri zapostavlja. Za svojo hišo hočemo imeti zanesljiv in praktičen ogrevalni sistem, ki je poleg tega tudi varčen in energetsko čim manj odvisen od razmer na svetovnem trgu. V medijih se pojavlja veliko informacij in reklam o toplotnih črpalkah, kot zelo učinkovitem in poceni načinu ogrevanja. Da ne bi bila odločitev prenačljena smo se odločili raziskati čim več dejstev o toplotnih črpalkah. V diplomski nalogi smo raziskali tehnologijo delovanja toplotnih črpalk in opisali vse mogoče izvedbe le teh. Poizvedeli smo, kakšna je zakonodaja na tem področju glede zahtev ter finančnih spodbud pri vgradnji. Izbrali smo potencialno novogradnjo ter zanjo izdelali izračun toplotnih izgub. Glede na toplotne potrebe objekta smo določili zahtevano moč toplotne črpalke. Dimenzionirali smo toplotno črpalko in sestavne dele sistema, za posamezno vrsto toplotne črpalke. Pridobili smo nekaj ponudb različnih toplotnih črpalk in izbrali najustreznejše. Analizirali smo investicijske stroške ter stroške obratovanja. Z ekonomskimi kazalniki smo ovrednotili investicije in jih primerjali s stroški porabe kurilnega olja za ogrevanje istega objekta. Cilj te diplomske naloge je, da se prepričamo ali je izbira toplotne črpalke za primarni način ogrevanja pri novogradnji smotrna in pametna odločitev.

2 TEHNOLOGIJE TOPLOTNIH ČRPALK

2.1 Osnovne značilnosti toplotnih črpalk

Toplotna črpalka je naprava, ki omogoča prenos toplotne energije iz sistema (toplotnega hranilnika) nižjega temperaturnega nivoja, v sistem (toplotni hranilnik) višjega temperaturnega nivoja, z uporabo dodatne energije (dela) s pomočjo levega krožnega procesa ustreznega hladiva. Zahvaljujoč tej lastnosti so toplotne črpalke zelo primerne kot vir grelne in hladilne moči v sistemih ogrevanja, priprave sanitarne tople vode, prezračevanja in klimatizacije. Tako je praktično vsaka hladilna naprava v bistvu toplotna črpalka.

Toplotne vire za toplotne črpalke glede na poreklo in obstojnost temperaturnega nivoja delimo na tri osnovne skupine:

1. Naravni vir z v glavnem spremenljivimi temperaturami:
 - okoliški zrak.
2. Naravni vir z razmeroma konstantnimi temperaturami:
 - površinske vode (vodotoki in jezera), morja in oceani,
 - podzemne vode,
 - slojevita tla,
 - sončna energija (solarni toplotni sistemi).
3. Umetni vir:
 - odpadni, izrabljeni ali onesnaženi zrak iz prostorov ali industrijskih procesov (t.i. odpadna toplota),
 - odpadne vode.

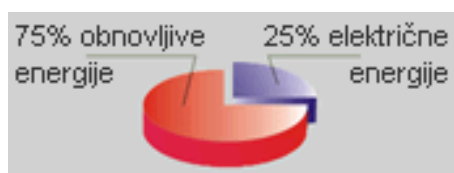
Ker so toplotni viri, ki jih izkoriščamo, v večji meri obnovljivi, se toplotne črpalke uvrščajo med naprave, oziroma sisteme, za izkoriščanje obnovljivih virov energije. Osnovna zamisel uporabe toplotnih črpalk kot vira grelne moči v sistemih ogrevanja, priprave sanitarne tople vode, prezračevanja in klimatizacije, temelji na možnosti izkoriščanja dela brezplačne in neomejene toplote iz neposredne okolice (Grobovšek, 2009). Obkrožajo nas neizmerne količine energije, katerih potencial ostaja

neizkoriščen. Energetska vrednost zraka, zemlje in podzemne vode je v splošnem prenizka za neposredno rabo pri ogrevanju, toda predstavlja zelo visoko podlago, ki jo je samo potrebno nadgraditi na zelen nivo. Toplotna črpalka ne proizvaja celotne količine energije, potrebne za ogrevanje, temveč zgolj zvišuje temperaturo prvotnega vira na zeleno raven. Razmerje med pridobljeno toploto Q_{TC} in vloženim delom P_{EL} imenujemo **grelno število** (ε). Označujemo ga tudi z oznako COP (Coefficient of performance). To je določeno kot kvocient med toploto, ki jo toplotna črpalka oddaja in električno močjo, ki jo potrebuje za pogon kompresorja (Geosonda d. o. o.).

$$\varepsilon(\text{COP}) = \frac{Q_{TC}}{P_{EL}} \quad (1)$$

Njegova vrednost je odvisna vrste toplotne črpalke, predvsem pa od temperature ogrevalnega in ogrevanega medija. Sodobne toplotne črpalke dosegajo grelni število v povprečju od 3 do 5 in tudi več. To pomeni, da npr. za 1 kWh vložene električne energije pridobimo od 3 kWh do 5 kWh toplote (Geosonda d. o. o.).

Ker pa se grelni število ε (COP), zaradi spremembe temperature med virom toplote in ogrevalnim sistemom spreminja, se je uvedlo tudi letno grelni število SPF (Seasonal performance factor). Računa se ga glede na razmerje med toploto, ki jo dovedemo grelnemu mediju in celotno porabljeno električno energijo preko cele sezone (Grobovšek, 2007). Slika 1 prikazuje delež posamezne energije v sistemu toplotne črpalke pri grelnem številu 4.

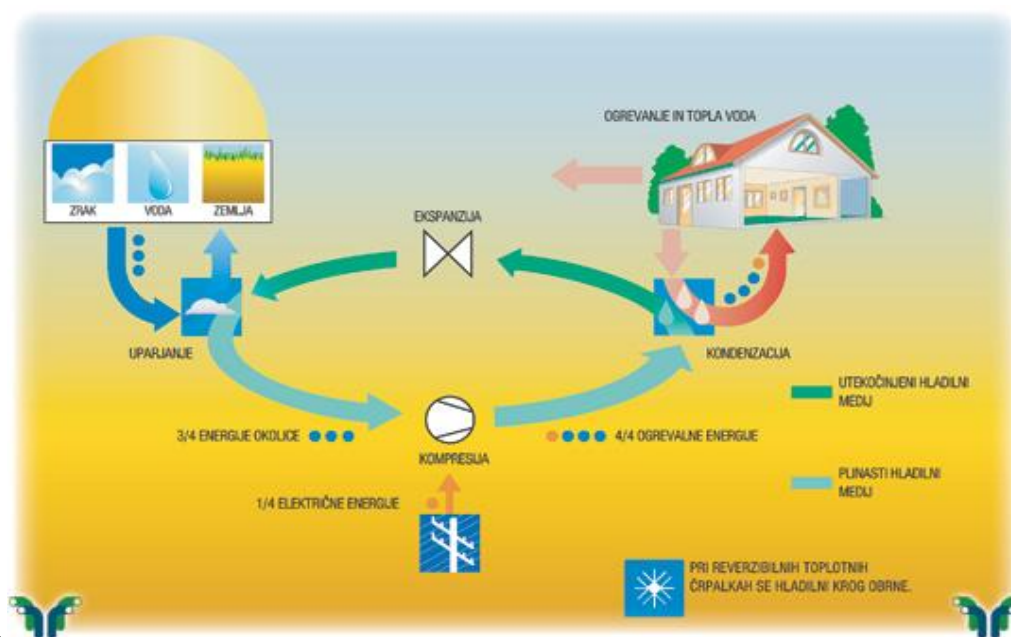


Slika 1: Delež posamezne vrste energije v sistemu toplotne črpalke pri grelnem številu 4 (Geosonda d. o. o., 2011)

2.2 Kako delujejo toplotne črpalke

Toplotne črpalke so naprave, ki izkoriščajo toploto iz okolice in jo pretvarjajo v uporabno toploto za ogrevanje prostorov in sanitarne vode. Pridobljena toplota je rezultat termodinamičnega procesa. Toplota, ki jo iz okolice črpajo toplotne črpalke,

je v različne snovi akumulirana sončna energije, zato predstavlja obnovljivi vir energije. Toplotne črpalke izkoriščajo toploto zraka, podtalne in površinske vode, toploto akumulirano v zemlji in kamnitih masivih, lahko pa izkoriščajo tudi odpadno toploto, ki se sprošča pri različnih tehnoloških procesih. Toplotne črpalke snovem iz okolice odvezemajo toploto na nižjem temperaturnem nivoju ter jo oddajajo v ogrevalni sistem na višjem temperaturnem nivoju. Da je to mogoče, je potrebno v takšen krožni proces dovesti dodatno pogonsko energijo. Večina toplotnih črpalk za pogon uporablja električno gnan kompresor. Z obrnitvijo krožnega procesa lahko toplotne črpalke uporabimo tudi za hlajenje. Toplotna črpalka potrebuje za prenos toplote delovni medij, ki s spremembo svojega agregatnega stanja prenaša toploto iz okolice v poljuben ogrevalni sistem. Kot delovno sredstvo se uporabljajo hladiva, katera imajo pri tlaku okolice temperaturo uparjanja med $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proces poteka po zaključenem tokokrogu. Hladivo odvzame toploto okoliškemu mediju in se v uparjalniku upari. Zatem potuje skozi sesalni vod do kompresorja, kjer se mu zaradi vložene mehanke dela zvišata tlak in temperatura. Po tlačnem vodu pride uparjeno hladivo v kondenzator, kjer kondenzira pri višji temperaturi in odda kondenzacijsko toploto mediju, ki ga ogreva. Utekočinjeno in ohlajeno hladivo potuje skozi ekspanzijski ventil, kjer se mu zniža tlak ter od tu nazaj v uparjalnik. Ta krožni proces se ponavlja, dokler deluje toplotna črpalka (Papler in Basej, 2010). Na sliki 2 je shematsko prikazan proces delovanja toplotne črpalke.



Slika 2: Proces delovanja toplotne črpalke (Termotehnika d. o. o., 2011)

2.2.1 Načini obratovanja toplotnih črpalk

Toplotna črpalka je lahko edini vir ogrevanja. Takrat je njeno obratovanje monovalentno, kar pomeni, da toplotna črpalka pokrije vse potrebe po toploti. V primeru da toplotna črpalka pokriva toplotne izgube le do določene zunanje temperature, pri nižji pa se vključi drugi vir toplote, je takšno obratovanje bivalentno alternativno. V primeru bivalentno vzporednega obratovanja toplotna črpalka deluje neprekinjeno, pri nižjih zunanjih temperaturah, ko ne pokriva vseh toplotnih potreb zgradbe, se vključijo dodatni viri toplote. Možen način obratovanja je še bivalentno delno vzporedno obratovanje, kjer lahko z regulacijo izberemo poljubno obratovanje, pri različnih zunanjih temperaturah (Grobovšek, 2009).

2.3 Tehnične zahteve za vgradnjo toplotnih črpalk.

Glede na različne izvedbe toplotnih črpalk se tudi nekoliko razlikujejo pogoji za vgradnjo in učinkovito delovanje. V osnovi pa morajo biti zagotovljeni pogoji kot so:

- razpoložljivost toplotnega vira dovolj visoke in razmeroma konstantne temperature skozi celotno ogrevalno sezono;
- majhna oddaljenost toplotnega vira in ponora;
- zmeren temperaturni nivo toplotnega ponora (nizkotemperaturni sistem ogrevanja);
- veliko število ur uporabe med letom (zaradi večje izkoriščenosti).

Kadar se toplotne črpalke uporabljajo v sistemih ogrevanja je smiselno uporabiti nizkotemperaturno toplovodno ogrevanje. Najučinkovitejši so sistemi površinskega ogrevanja (talnega, stenskega), čeprav se lahko uporabljajo tudi radiatorji, ki so prilagojeni nizkotemperaturnemu delovanju. To pomeni, da obstoječi sistemi ogrevanja se brez večjih predelav in stroškov ne morejo prilagoditi za uporabo toplotne črpalke. Zato je smiselno le-te vgrajevati v novogradnje, ki se jih predhodno projektira v ta namen (Grobovšek, 2009).

2.4 Viri toplote

Zrak: Toplota zunanjega zraka je neizčrpen vir, katerega izdatnost je največja v poletnem času. Njegova slabost je manjša razpoložljivost v zimskem času, ko naš ogrevalni sistem potrebuje največ dovedene toplote. Kljub temu je možno izkoriščati energijo zunanjega zraka do temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Primeren je kot toplotni vir za segrevanje sanitarne vode in za ogrevanje prostorov, predvsem na področjih z milejšo klimo (pri nas na Primorskem) (Papler in Basej, 2010).

Podtalna voda: Toplota podtalnice je za izkoriščanje s toplotno črpalko zelo ugoden energijski vir. Njena prednost je sorazmerno konstanten temperaturni nivo na približno od $+6$ do $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Praviloma je njeno izkoriščanje gospodarno, če njena temperatura ni nižja od $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Izvedba sistema s toplotno črpalko je tehnično zahtevnejša in povezana z večjimi investicijskimi stroški. Toplotne črpalke za izkoriščanje toplote podtalnice največkrat uporabljamo za ogrevanje zgradb in pripravo sanitarne vode (Papler in Basej, 2010).

Površinska voda: Površinska voda kot toplotni vir ni tako zanimiva za izkoriščanje, saj se njena temperatura spreminja v odvisnosti od temperature okoliškega zraka. Kljub temu so za izkoriščanje zanimive predvsem stoječe vode kot so jezera ali morje in počasi tekoče vode, kjer je temperatura vode na določeni globini dokaj konstanta. Pri nas uporaba toplotnih črpalk za izkoriščanje toplote površinskih vod ni razširjena (Papler in Basej, 2010).

Zemlja in kamniti masivi: Toplota, akumulirana v zemlji in kamnitih masivih, predstavlja zanesljiv vir toplote, katerega prednost je njegova konstantna vrednost razpoložljive toplote. Povprečni odzvem toplote iz zemlje na globini 1,5 do 2,0 m znaša od 15 do 35 W/m^2 (Papler in Basej, 2010).

Sončna energija: Neposredna uporaba sončne energije kot toplotnega vira temelji na sistemih z veliko akumulacijo sončne energije, na primer sončne strehe, ograje, posebni sprejemniki vkopani v tla ali vgrajeni v masivne betonske površine in podobno. V gospodinjstvih takšni sistemi niso doživeli široke uporabe, predvsem zaradi visoke cene. Neposredno sončno energijo je ceneje izkoriščati z direktnimi solarnimi sistemi (Papler in Basej, 2010).

Odpadna toplota: Odpadna toplota pri najrazličnejših tehnoloških procesih je zanimiv in največkrat cenejši vir toplote, vendar ne toliko uporaben v gospodinjstvih kot v obrti in industriji. Toplota, ki nastaja pri različnih tehnoloških procesih kot stranski produkt, je od vseh do sedaj naštetih virov največkrat na najvišjem temperaturnem nivoju. Težavo pri uporabi lahko predstavlja kemična agresivnost vira toplote (Papler in Basej, 2010).

Dodatni vir energije: Pri izgradnji toplotne črpalke je smotrno vzpostaviti tudi alternativni vir energije, ki ga uporabimo le v ogrevalnih konicah. Potreba po pokritju ogrevalnih konic se ne pojavi vsako leto, kadar pa se, se pojavi le za krajše časovno obdobje. Pri načrtovanju novogradnje običajno izberemo za dodatno ogrevanje električni grelec, saj je investicijsko najugodnejše.

2.5 Osnovne izvedbe toplotnih črpalk

Glede na medij (okolico), ki ga hladimo in medij, ki ga ogrevamo, poznamo tri osnovne izvedbe toplotnih črpalk: TČ zrak/voda, TČ voda/voda in TČ zemlja/voda. Pri označevanju vrste toplotnih črpalk na prvo mesto postavimo medij, ki ga hladimo oziroma mu odvzemamo toploto, na drugo mesto pa medij, ki ga grejemo.

2.5.1 Toplotna črpalka zemlja/voda

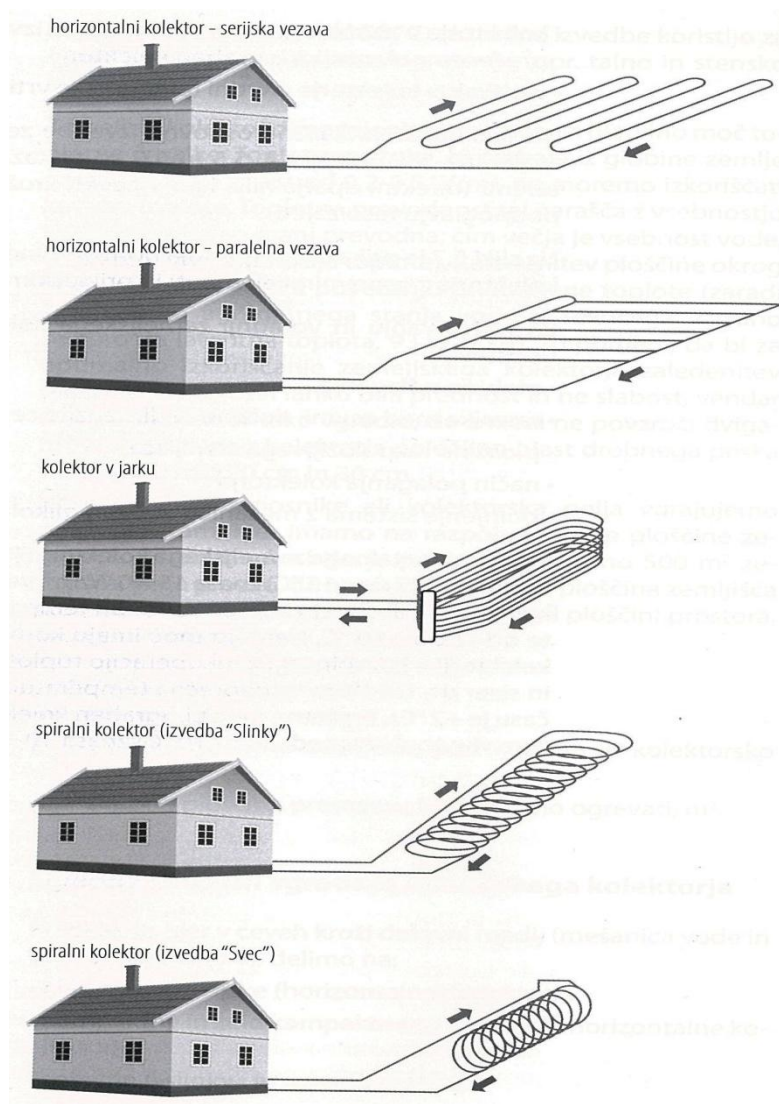
Glede na to, da prvotni vir energije poteče iz zemlje, ogrevan medij pa je voda, se tovrsten način izrabe obnovljivega vira imenuje sistem zemlja/voda. V večini primerov črpamo toploto zemlje iz površinskih slojev, manj pa iz njenih globin. Temperatura zemlje na prvih desetih metrih globine se med letom zaradi atmosferskih vplivov spreminja, medtem ko je v globinah stalna in se povečuje za 4 - 5 °C na vsakih 100 m globine. Glede na način izkoriščanja zemeljske toplote, ločimo dve osnovni izvedbi TČ zemlja/voda: za izkoriščanje toplote zemlje iz površinskih slojev uporabljamo t.i. zemeljske kolektorje, za črpanje toplote kamnin iz globin pa toplotne sonde (Grobovšek, 2009).

Uporaba zemeljskih kolektorjev: Odvzem toplote je izveden s cevmi iz umetne mase, ki so položene v zemlji na večji površini. Po ceveh kroži delovni medij (mešanica vode in glikola), ki ga zemlja ogreje za nekaj stopinj. Toplota iz okolice

prestopa preko delovnega medija z lediščem pri $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. S tem je zagotovljeno, da delovni medij med obratovanjem ne zmrzne. Kolektorje, kjer v ceveh kroži delovni medij delimo na:

- klasične zemeljske (horizontalne) kolektorje;
- kompaktne in zelo kompaktne vertikalne in horizontalne kolektorje;
- spiralne (»slinky« in »svec« izvedba);
- kolektorje v zbiralnem jarku – kompaktna izvedba;
- vertikalne kolektorje v vrtini (energetske vrtine).

Najpogosteje pa vgrajujemo horizontalne cevne prenosnike. Cevni prenosnik je v bistvu uparjalnik, ki ga položimo v zemljo v eni ali več plasteh. Povprečni odvzem moči iz tal na globini od 1,5 do 2 m znaša od 15 do 40 W/m^2 . Za 1 kW toplotne moči potrebujemo od 20 do 40 m^2 zemeljske površine. Horizontalne prenosnike vgrajujemo predvsem tam, kjer imamo na razpolago večje površine zemljišča. Za družinsko hišo je potrebno približno 500 m^2 zemljišča. Na sliki 3 so prikazane osnovne izvedbe zemeljskih kolektorjev. Čeprav pridobljena iz zemlje, je tovrstna energija prvotno sončnega izvora. V tla pride s sončnim sevanjem in padavinami. Za vgradnjo horizontalnih kolektorjev niso potrebna posebna dovoljenja (Grobovšek, 2009).



Slika 3: Osnovne izvedbe zemeljskih kolektorjev (Grobovšek, 2009)

Direktni zemeljski uparjalnik ima, z razliko od klasičnih kolektorjev, namesto vode z glikolom, v ceveh kolektorja hladivo. Zemeljski kolektorji (cevni razvodi) so bakrene cevi, zaščitene z umetno maso in položene v zemljo. Cevi so položene v fini pesek ali mivko (zrnatost od 0,3 do 1,5 mm). V ceveh kroži hladivo neposredno iz toplotne črpalke, ki odvzema toploto iz zemlje. Ostali del procesa poteka na enak način kot pri klasičnem uparjalniku. Pri direktnem zemeljskem uparjalniku je nekoliko višji izkoristek toplote zemlje, ker ni izgub pri prenosu toplote iz kolektorja na uparjalnik. To pomeni, da zadošča manjša površina zemlje za odvzem toplote, kot pri klasičnem sistemu. Direktni uparjalnik pa ni mogoče uporabljati pri zemeljski sondi (globinski vrtini), prav tako ni mogoč proces hlajenja v poletnem času (Grobovšek, 2009).

Vgradnja zemeljske sonde: Toplotno energijo kamnin zajamemo s tehnologijo zemeljskih sond, ki jih imenujemo tudi geosonde. Temperatura kamnin je že na desetih metrih konstantna, neodvisna od atmosferskih pogojev. Znaša okrog 10 °C in se z globino zvišuje. Voda pomešana z glikolom kroži skozi cevi vgrajene v vrtino in se pod vplivom okoliških kamnin segreva. Za nekaj Celzijevih stopinj segreta tekočina se nato vodi do toplotne črpalke, kjer se ji odvzema toplota. Ohlajena tekočina znova vstopa v vrtino. V primeru hlajenja je proces obrnjen, krožeča voda v ogrevalnem sistemu se ohlaja na račun segrevanja okoliških kamnin. Vrtine za sistem geosonda so v splošnem globoke od 30 do 60 metrov (največ 150 m). Cevi v njih so polietilenske, premera 1 col. Znotraj ene vrtine sta po dve cevi, dovodna in odvodna, povezani v zanko. Med dvema zankama je pri vgradnji prisotna tudi injektirna cev. Skozi njo se vbrizgava snov, ki po strditvi hkrati utrjuje geosonde in povečuje toplotno prevodnost vrtine. V povprečju je po 1 metru geosonde mogoče pridobiti približno 55 W energije. Za zadovoljitev toplotnih potreb dobro izolirane individualne hiše pri srednjem geotermičnem potencialu kamnin zadostuje ena 100-metrška vrtina. Za vgradnjo geosonde je potrebno pridobiti dovoljenje za izvedbo del na podlagi rudarskega projekta (Geosonda d. o. o.).

Geosonde se najpogosteje vgrajuje na gosto poseljenih območjih, kjer ni prostora za vgradnjo zemeljskega kolektorja. Izvedene so v dveh osnovnih izvedbah in sicer:

- kot dvojna U-cev (skozi en krak vstopa ohlajeni delovni medij, skozi drugi pa se v toplotno črpalko vrača segret delovni medij);
- kot koaksialna cev (notranja cev je iz PE, skozi njo teče hladni delovni medij, medtem ko skozi zunanjo jekleno cev teče do toplotne črpalke segret delovni medij).

Sistem geosonde je poleg sistema TČ voda/voda tudi najučinkovitejši za pasivno hlajenje poleti, ker je temperatura v globinah konstantna (Ensvet).

2.5.2 Toplotna črpalka voda/voda

S TČ voda/voda izkoriščamo toploto podtalnice ali površinskih voda. Podzemna voda predstavlja ugoden vir energije za ogrevanje, saj je njena temperatura le malo odvisna od temperature zraka in se giblje med 8 °C in 12 °C. Za zajemanje

podzemne vode se izdelata vrtna ali skoplje vodnjak. Vodo na površje črpamo s potopno črpalko in jo naprej vodimo do toplotne črpalke, ki ji odvzame nekaj Celzijevih stopinj. Po izstopu iz ogrevalnega sistema se ohlajena voda vrača v vodonosnik, iz katerega je odvzeta oziroma, kjer to dopuščajo razmere, v površinski vodotok. Gre torej za odprt krožni proces. Zaradi visokega in konstantnega temperaturnega nivoja je grelna število visoko. Večje so toplotne potrebe objekta, večji pretok vode mora zagotoviti potopna črpalka. Za pokritje toplotnih potreb objekta 10 kW je v času delovanja ogrevalnega sistema potrebno črpati približno 0,5 l/s. Sistem s podtalnico je tudi zelo učinkovit za proces hlajenja objekta s pomočjo toplotne črpalke. Pred izvedbo izvrtine je potrebno od pristojnih organov pridobiti dovoljenja za izkoriščanje podtalnice. Žal pa pri nas ni povsod podtalnice v zadostnih količinah in kakovosti. Poleg podtalnice lahko izkoriščamo tudi rečno, morsko ali jezersko vodo. Te vode pa se pozimi ohlajajo in poleti segrevajo, zato uporabljamo zaprt sistem odvzema toplote. Kolektor položimo na dno vodnega zajetja, njegovo dolžino pa prilagodimo energetskim potrebam objekta. V kolektorju se hladivo ogreje za nekaj stopinj, z obtočno črpalko pa ga vodimo do toplotne črpalke, ki mu toploto odvzame. Tudi ko se temperatura vode približuje 0 °C sistem še vedno deluje (Grobvšek 2009).

2.5.3 Toplotna črpalka zrak/voda

Sistem zajema zraka za ogrevanje objektov in sanitarne vode imenujemo zrak/voda. Temperatura zraka je močno odvisna od letnih časov. V poletnem času so zelo ugodni pogoji za ogrevanje sanitarne vode, saj je temperatura prvotnega vira - zraka visoka. Manj ugodna, toda še vedno sprejemljiva za ogrevanje objektov, je zimska temperatura zraka v krajih z milimi zimami (pri nas na Primorskem). Tudi v krajih s celinskim podnebjem se vgrajujejo toplotne črpalke zrak/voda, toda tam je njihov izkoristek v zimskem času zelo zmanjšan. Zrak je sam po sebi zelo slab toplotni prevodnik; veliko več toplote kot s kondukcijo, prenaša s konvekcijo, torej z gibanjem. Zato so sestavni del toplotnih črpalk na zrak konvektorji, ki ustvarjajo umetno gibanje zraka, usmerjeno proti uparjalniku. Toplotne črpalke na zrak se v splošnem uporabljajo samo za ogrevanje. S stranskim produktom procesa ogrevanja - ohlajenim zrakom, pa je možno hladiti prostor, v katerem je toplotna črpalka nameščena (Geosonda d. o. o.).

2.6 Hlajenje s toplotno črpalko

Toplotna črpalka in hladilna naprava delujeta na enakem termodinamičnem procesu. V kombinaciji obeh sistemov, lahko nekatere komponente koristimo v dvojni funkciji. Pri procesu ogrevanja, toplotna črpalka odvzema toploto okolici in jo na višjem temperaturnem nivoju oddaja v prostor. Za potrebe hlajenja pa se ta proces obrne. Z odvzemanjem toplote se prostor ohlaja, pridobljena toplota pa se oddaja v okolico. Ločimo dva načina hlajenja in sicer:

1. **Pasivno hlajenje:** pri tem načinu koristimo razpoložljiv medij na nizkem temperaturnem nivoju (talna voda, zemlja itd.). Toploto (hlad) prenašamo preko toplotnega prenosnika na hladilno/ogrevalni sistem. Kompresor pri tem načinu ne deluje, kar pomeni tudi zelo majhno rabo energije (samo za pogon črpalke).
2. **Aktivno hlajenje:** pri tem načinu toplotna črpalka deluje v reverzibilnem načinu obratovanja, kar pomeni, da uparjalnik in kondenzator zamenjata vlogi. Toplotna črpalka deluje na principu hladilnika.

Poznamo tudi mirno hlajenje. Izvaja se s pomočjo talnih, stenskih ali stropnih ogreval. Temperatura hladilne vode, zaradi kondenzacije, ne sme biti nižja od 17 °C. Pri dinamičnem hlajenju hladimo s pomočjo ventilatorskih konvektorjev. Na ta način je temperatura lahko tudi nižja od temperature rosišča. Temperatura se ohlajenemu zraku niža še zaradi latentnega prenosa toplote (kondenzacija), kar učinkuje tudi na vlaženje zraka (Grobvšek, 2009).

3 ZAKONODAJA IN RAZVOJ

3.1 Zgodovina toplotnih črpalk

Pospešena uporaba toplotnih črpalk se je začela v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, princip njihovega delovanja pa je poznan že od začetka devetnajstega stoletja. Že leta 1832 je francoski fizik Nicolas Leonard Sadi Carnot opisal krožni proces, ki se imenuje po njemu (Carnotov proces) in predstavlja teoretično osnovo za delo današnjih hladilnih naprav in toplotnih črpalk. Beseda »toplotna črpalka« (ang. heat pump) je nastala v dvajsetih letih prejšnjega stoletja, ko so bili v ZDA in Veliki Britaniji izvedeni prvi sistemi ogrevanja, ki so jih uporabljali kot vir toplote. Leta 1938 je bila vgrajena TČ voda/voda v sistem ogrevanja skupščine kantona Zurich, pri čemer je bila kot vir toplote uporabljena voda reke Limmat. V letih po drugi svetovni vojni je začela uporaba toplotnih črpalk naraščati. Na začetku v ZDA, kjer so jih uporabljali za ogrevanje in hlajenje prostorov, v šestdesetih letih pa se je njihova uporaba začela vračati v Evropo. V času prve velike naftne krize v sedemdesetih letih, se je njihova uporaba močno povečala. Po vsem svetu so številni proizvajalci opreme za ogrevanje iskali rešitve za zamenjavo fosilnih goriv z drugimi viri, med katerimi je bila ena od njih uporaba odpadne toplote oziroma toplote iz okolice s pomočjo toplotnih črpalk. Kljub vsemu trudu tedanje tehnične rešitve in izvedbe toplotnih črpalk niso dajale pričakovanih rezultatov glede učinkovitosti in so bile po koncu krize pozabljene. V začetku devetdesetih let je s porastom standarda prebivalcev razvitih držav začela naraščati tudi ekološka zavest, istočasno pa je prišlo tudi do povišanja cen energentov. Tako se je ponovno pojavilo zanimanje za uporabo toplotnih črpalk in jih je bilo že leta 1995 na svetovni ravni vgrajenih okoli 55 milijonov. Zahvaljujoč razvoju novih tehnologij in tehniških rešitev, ki so pripomogle k povečanju učinkovitosti, zmanjšanju dimenzije in mase, je uporaba toplotnih črpalk v zadnjem desetletju vedno večja in lahko pričakujemo, da se bodo v bližnji prihodnosti, kot osnovni vir toplote, uporabljale v večini nizkotemperaturnih sistemov ogrevanja (Grobvšek, 2009).

3.2 Uporaba v Sloveniji

V Sloveniji uporabljamo toplotne črpalke predvsem za segrevanje sanitarne vode, vir toplote je okoliški zrak, medtem ko je toplotnih črpalk za ogrevanje prostorov manj. Predvsem v zadnjih nekaj letih se je povpraševanje po toplotnih črpalkah močno povečalo. Razlog za to gre iskati predvsem v visokih cenah fosilnih goriv (nafta, zemeljski plin). Najpogostejša je uporaba TČ zrak/voda zaradi nižje začetne investicije in enostavne vgradnje. Prvo večjo toplotno črpalko za ogrevanje objektov je na Primorskem vgradilo podjetje Geosonda d. o. o., leta 2005 v osnovni šoli v Hruševju. Toplotna črpalka je moči 35 kW in uporablja sistem geosond. Od vgradnje je šolski objekt prihranil približno 70.000 litrov kurilnega olja.

3.3 Zakonske zahteve pri vgradnji

Za koriščenje nekaterih vrst toplotnih črpalk je potrebno pridobiti uradna dovoljenja.

- Sistem TČ voda/voda:

V primeru koriščenja podtalnice moramo pridobiti dovoljenje za raziskavo podzemnih voda. Vloga za pridobitev dovoljenja mora vsebovati:

1. podatke o prosilcu;
2. podatke o vodonosniku:
 - opis vodonosnika in mesta izvajanja raziskave,
 - predvidena izdatnost zajetja in
 - predvideni maksimalni odvzem vode;
3. vlogi mora biti priložena:
 - tehnična dokumentacija o objektih in napravah,
 - izpis iz veljavne prostorske dokumentacije,
 - kopija načrta parcele z vrisom vseh objektov,
 - izjava lastnika nepremičnine na kateri se bo nahajala predvidena vrtina (v primeru, ko prosilec ni lastnik nepremičnine),
 - hidrogeološke raziskave ali strokovne osnove za izdelavo vrtine,
 - mnenje pristojnega izvajalca gospodarske javne službe,
 - za vrtine globlje od 30 m, rudarski projekt vrtine po predpisih o rudarstvu ali projektno dokumentacijo za vrtino po predpisih o graditvi objektov,

- za vrtine globlje od 200 m, revidirani rudarski projekt vrtine po predpisih o rudarstvu ali revidirano projektno dokumentacijo za vrtino po predpisih o graditvi objektov,
 - druga ustrezna strokovna mnenja v skladu s predpisi, ki urejajo vode in izdajo dovoljenja za raziskave podzemnih voda.
- Za pridobitev dovoljenja za sistem TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo so enake zahteve kot za sistem TČ voda/voda pod 1. točko in pod 3. točko brez zadnje alineje.
 - Pri sistemu TČ zemlja/voda z vodoravnim zemeljskim kolektorjem ne potrebujemo posebnih dovoljenj.
 - Pri sistemu TČ zrak/voda ravno tako ne potrebujemo posebnih dovoljenj za vgradnjo (Uradni list RS 79/2007) (Termotehnika d. o. o.).

3.4 Sofinanciranje

V letu 2010 je bilo na Eko sklad j. s. vloženih 331 vlog za sofinanciranje investicije v toplotno črpalko. Od tega jih je 277 izpolnjevalo pogoje za dodelitev nepovratnih sredstev. Iztržili so 356.380 EUR od skupno odobrenih 485.837 EUR nepovratnih sredstev. Za leto 2011 letno poročilo še ni objavljeno. V letu 2012 je za ukrepe učinkovite rabe energije in rabe obnovljivih virov energije na stanovanjskih stavbah na voljo 10 milijonov evrov. Pri vgradnji toplotnih črpalk se sofinancira nabava in montaža toplotne črpalke, ki dosega minimalno predpisano grelno število. Višina dodeljenih sredstev znaša največ 25 % priznanih stroškov naložbe in ne več kot 2.500 EUR za toplotno črpalko za ogrevanje in pripravo sanitarne tople vode po sistemu voda/voda ali zemlja/voda in ne več kot 1.000 EUR oz. 1.500 EUR za bolj učinkovito TČ zrak/voda ($COP \geq 3,7$). Višina spodbude za toplotno črpalko za ogrevanje sanitarne vode znaša največ 25 % priznanih stroškov naložbe in ne več kot 250 EUR. Po predvidevanjih bodo na ta način spodbudili k odločitvi za izvedbo tovrstnih naložb najmanj 3.500 občanov ter za to namenili 2,4 mio EUR nepovratnih sredstev (Eko sklad j. s.).

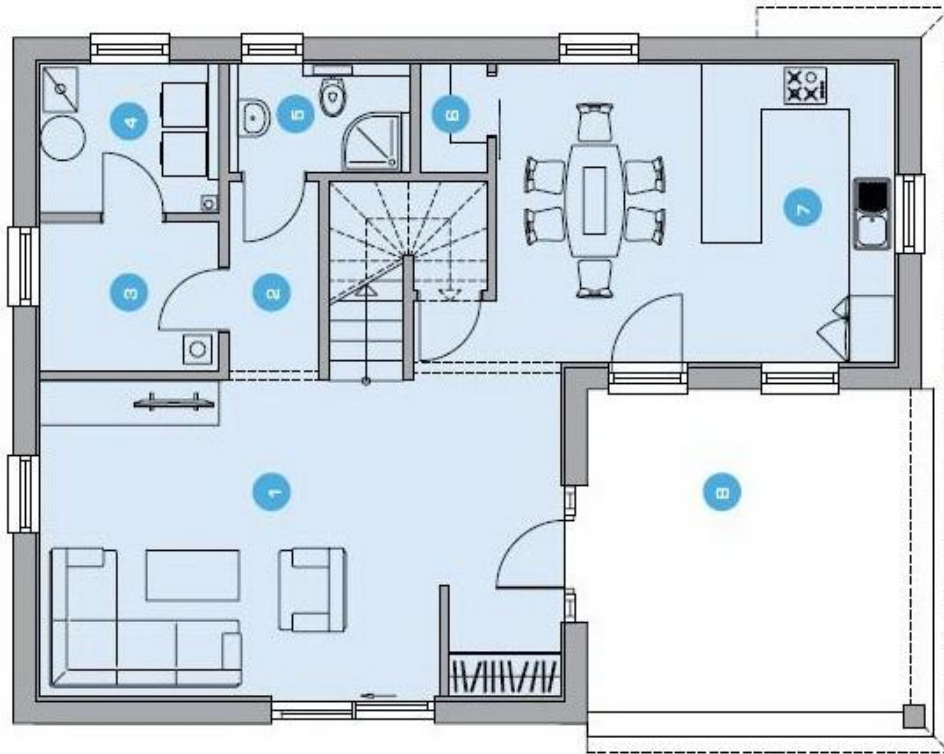
4 TEHNIČNI OPIS OBJEKTA IN ENERGETSKI IZRAČUN

4.1 Opis obravnavanega objekta

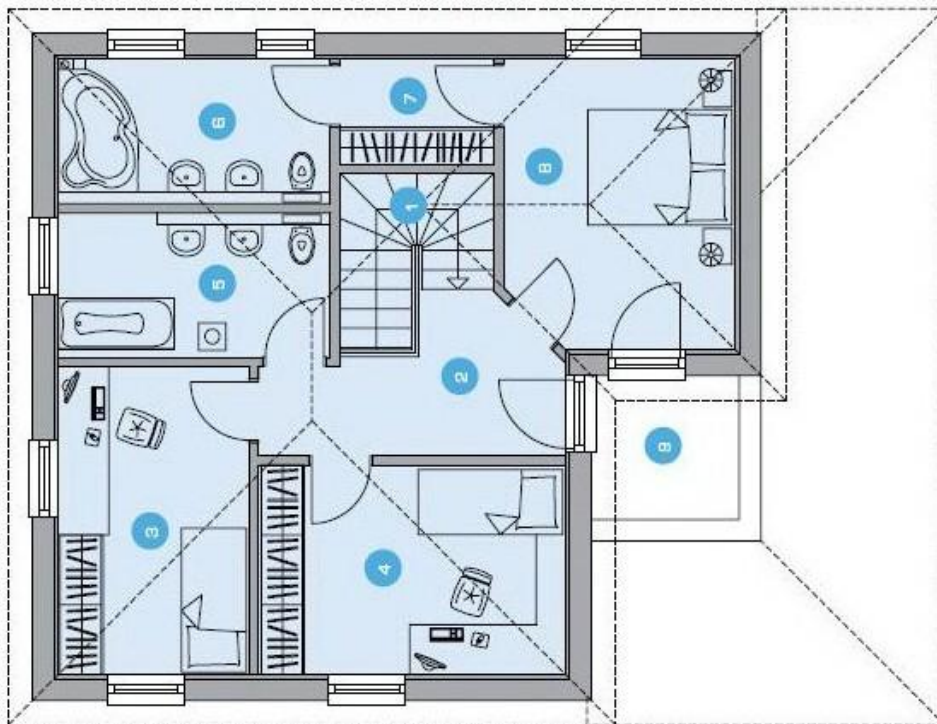
Obravnavani objekt bo enostanovanjska mansardna hiša kot potencialni objekt postavitve. Locirana bo na Primorskem, natančneje na Krasu, kar je pomembno pri izbiri vrste toplotne črpalke. Hiša bo montažne izvedbe, izdelalo jo bo podjetje Marles hiše Maribor d. o. o. Hiša je prilagojena mediteranskemu podnebju. Zunanje dimenzije objekta so 9,12 x 9,97 m. V pritličju se nahajajo kuhinja z jedilnico, dnevna soba, hodnik, kopalnica, shramba ter manjša soba. V mansardi so spalnica, dve sobi, hodnik, dve kopalnici, galerija in stopnišče. V pritličju je 70,03 m² notranjih prostorov ter 18,90 m² terase, v mansardi pa 65,45 m² notranjih prostorov ter 4,20 m² balkona. Skupno torej 158,58 m² uporabnih površin, ogrevanih pa 135,48 m². Objekt bo zgrajen do IV. gradbene faze. Ogrevan bo s talnim površinskim ogrevanjem. Na sliki 4 je prikazana Marles hiša model Aurora. Na sliki 5 je prikazan tloris pritličnih prostorov, na sliki 6 pa tloris mansardnih prostorov.



Slika 4: Hiša Marles Aurora (Marles hiše d. o. o., 2011)



Slika 5: Tloris pritličja (Marles hiše d. o. o., 2011)



Slika 6: Tloris mansarde (Marles hiše d. o. o., 2011)

4.2 Določitev toplotnih karakteristik objekta

Celotna raba energije v stavbi je odvisna od transmisijskih in ventilacijskih izgub, sončnih dobitkov, notranjih virov in tudi od uporabnikov. Kako natančno pa je mogoče upoštevati vse toplotne izgube in dobitke, pa je odvisno od mnogih faktorjev in približnih ocen (Ensvet).

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (Q_{NH}), je potreba po toploti, ki jo moramo v enem letu dovesti v stavbo, da dosežemo notranje projektne temperature. Določamo jo skladno s standardom SIST EN ISO 13790 (Ur. list RS, št. 52/2010).

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije (Ur. list RS, št. 42/2002) postavlja nove zahteve in sicer glede dovoljene potrebne letne toplote za stanovanjske stavbe izražene v kWh/m²a. Dotedanji predpisi so določali dovoljeno potrebno toplotno moč za ogrevanje stavbe (W/m³), s tem predpisom in nadaljnjimi pa opisujemo energijsko učinkovitost stavbe v odvisnosti od oblikovnega faktorja stavbe, s podatkom o potrebni letni rabi energije na enoto uporabne površine stavbe (kWh/m²a) (Ensvet).

Trenutno je v veljavi Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah - PURES 2, ki z razliko od prejšnjih pravilnikov zahteva tudi to, da je minimalno 25% celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije v stavbi oziroma, da je delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode pridobljen na enega od naslednjih načinov (Ur. list RS, št. 52/2010):

- najmanj 25 odstotkov iz sončnega obsevanja;
- najmanj 30 odstotkov iz plinaste biomase;
- najmanj 50 odstotkov iz trdne biomase;
- najmanj 70 odstotkov iz geotermalne energije;
- najmanj 50 odstotkov iz toplote okolja.

Pri izračunu transmisijskih izgub upoštevamo toplotne prehodnosti ovoja stavbe, temperaturni primanjkljaj in površino gradbenega elementa, ki temelji na zunanji zrak oziroma na notranji prostor z nižjo temperaturo. Izračun se izdela po enačbi (2) (Berdajs, 2004):

$$Q_T = k \cdot (T_N - T_Z) \cdot A \quad (2)$$

kjer je:

Q_T [W] – transmisijske toplotne izgube

k [W/m²K] – koeficient toplotne prehodnosti za določeno površino

A [m²] – površina gradbenega dela

T_N [K] – notranja temperatura

T_Z [K] – zunanja temperatura, oziroma temperatura v sosednjem prostoru

Ventilacijske izgube zaradi prezračevanja (kontrolirano ali nekontrolirano prezračevanje, določeno s stopnjo prezračevanja na neto prostornino stavbe) je zelo težko natančno predvideti. Te izgube lahko precej odstopajo od predvidenih in lahko imajo zaradi tega velik vpliv na rabo energije v stavbi. Za izračun se upošteva urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim, računana na neto ogrevano prostornino stavbe, ki znaša za stanovanjske stavbe najmanj $n = 0,5/h$ oziroma se določi v skladu s tehničnim predpisom, ki ureja prezračevanje in klimatizacijo stavb (Ur. list RS, št. 77/2009).

Ventilacijske toplotne izgube se računa po enačbi (3) (Berdajs, 2004):

$$Q_V = n \cdot q \cdot c \cdot (T_N - T_Z) \quad (3)$$

kjer je:

Q_V [W/m³] – ventilacijske toplotne izgube

n [1/h] – koeficient izmenjave notranjega zraka z zunanjim

c [J/kgK] – specifična toplota zraka

q [kg/m³] – gostota zraka

T_N [K] – notranja temperatura

T_Z [K] – zunanja temperatura

Če pomnožimo $q \cdot c$ dobimo prostorninsko toplotno kapaciteto zraka, ki je konstanta in znaša $q \cdot c = 1200 \text{ J/m}^3\text{K}$.

Prispevek notranjih toplotnih virov pri potrebni toploti za ogrevanje stavbe po poenostavljeni metodi znaša na enoto neto uporabne površine stavbe:

4 W/m² stanovanjske stavbe, šole in njim podobne stavbe,

6 W/m² ne-stanovanjske stavbe, kot so gostinske, upravne in pisarniške, trgovske in njim podobne stavbe z večjim številom naprav.

Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi (Ur. list RS, št. 77/2009).

Pri izračunu celotnih energijskih potreb se upoštevajo tudi dobitki energije sončnega sevanja skozi prozorne konstrukcije, ki pa jih bomo v našem primeru, zaradi majhne površine le- teh, zanemarili.

4.2.1 Podatki o toplotni prehodnosti konstrukcije

Marles ponuja na izbiro več različnih tipov konstrukcij, z različno sestavo izolacije in posledično temu različno toplotno prehodnostjo. Najosnovnejša je Basic N6, skupne debeline 240 mm in toplotno prehodnostjo 0,19 W/m²K. Ta je primerna za toplejša podnebja, v našem primeru bi še zadostovala. Nadgradnja te je Mega N10 z debelino 296 mm in toplotno prehodnostjo 0,15 W/m²K. Naslednja kategorija so fasadni sistemi za nizkoenergijske in pasivne hiše, v izbiro ponujajo tudi tako imenovane »Eko« konstrukcije, kjer so vgrajeni naravni materiali. Seveda je tudi cena temu primerna. Glede na ceno in toplotne karakteristike konstrukcije smo se odločili za sistem Mega N10, prikazan na sliki 7. Od podjetja Marles hiše d. o. o. smo pridobili podatke o sestavi in toplotni prehodnosti posameznih sten, ki sestavljajo konkretni objekt, kar nam predstavlja bazo za izračun toplotnih izgub objekta.

1. Zunanja stena: $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$;

- 2 mm – dekorativni fasadni omet,
- 2,5 mm – armirani omet,
- 100 mm – neopor,
- 2 mm – disperzijsko lepilo,
- 15 mm – mavčno vlaknena plošča,
- 160 mm – 60/160 nosilna lesena konstrukcija + mineralna volna (140 mm),
- 0,2 mm – PE folija,
- 15 mm – mavčno vlaknena plošča.

2. Notranja stena: $U = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- 15 mm – mavčno vlaknena plošča,

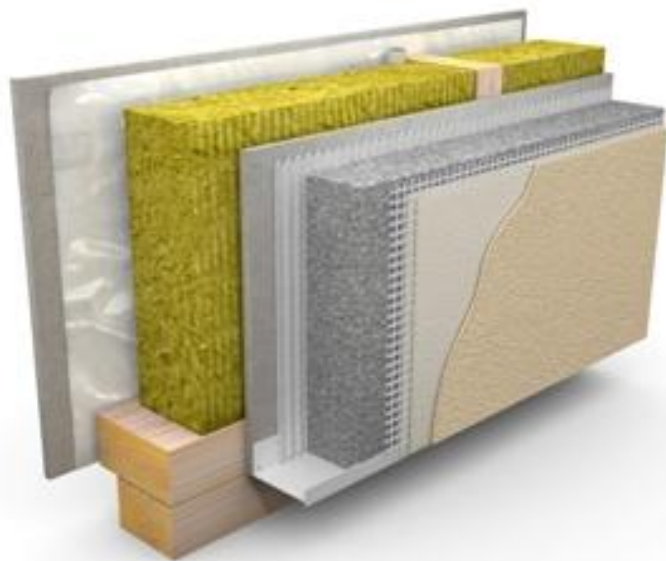
- 100 mm – 60/100, 80/100 nosilna lesena konstrukcija + mineralna volna (50 mm),
- 15 mm – mavčno vlaknena plošča.

3. Strop pritličja: $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 90 mm – estrih + podna obloga,
- 18 mm – OSB plošča,
- 210 mm – stropne lege, mineralna volna (100 mm),
- 22 mm – stropne letve,
- 12,5 mm – mavčno kartonska plošča.

4. Strop mansarde (Strešna poševnina): $R_w \geq 50 \text{ dB}$; $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 48 mm – strešne letve,
- 48 mm – kontra letve,
- 0,3 mm – difuzijsko odprta strešna folija,
- 220 mm – strešni špirovec, mineralna volna (220 mm),
- 0,2 mm – PE folija,
- 44 mm – stopne letve,
- 12,5 mm – mavčno kartonska plošča.



Slika 7: Konstrukcija Marles Mega N10 (Marles hiše d. o. o., 2011)

Tlak: Izvedba tlaka je prepuščena investitorju oziroma jo za doplačilo k osnovni investiciji izvede podjetje Marles. Odločili smo se, da tlak izvedemo v lastni režiji. Naredili bomo plavajoči estrih s kombinacijo izolacij. Toplotno prehodnost te konstrukcije bomo izračunali glede na njeno sestavo. Iz projekta, ki je bil izdelan s programom Gradbena fizika Ursa 4.0 za objekt Marko Žiberna smo uporabili podatke, ki so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1: Pregled sestave tlaka (Ostrouška, 2011)

sloj	material	debelina [cm]	gostota [kg/m ³]	spec. toplota [J/kgK]	toplot. prevod. [W/mK]	dif. odpor.	Toplot. odpor. [m ² K/W]
1	PARKET	2,000	700	1670	0,210	15	0,095
2	BETON	6,000	2.200	960	1,510	30	0,040
3	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1250	0,190	80000	0,001
4	URSA XPS	10,000	35	1500	0,036	150	2,778
5	MINERALNA VOLNA	4,000	250	840	0,035	1	1,143
6	VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOLACIJA 1100	1,000	1100	1460	0,190	14000	0,053
7	BETON	20,000	2.200	960	1,51	30	0,132

Najprej izračunamo nadomestno toplotno upornost konstrukcije:

$$R_u = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$$

$$R_u = 0,095 + 0,040 + 0,001 + 2,778 + 1,143 + 0,053 + 0,132$$

$$R_u = 4,242 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Iz tega sledi izračun toplotne prehodnosti konstrukcije:

$$U = \frac{1}{R_u} = \frac{1}{4,242} = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4)$$

Okna: Odločili smo se za vgradnjo PVC oken s standardnim 5-komornim profilom ter dvoslojnim termoizolacijskim steklom s toplotno prehodnostjo $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Po podatkih podjetja Alukomen Holding d. d., ki proizvaja tovrstna okna, znaša toplotna prehodnost le-teh približno $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.2.2 Klimatski podatki

Povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka najhladnejšega meseca je $2,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka najtoplejšega meseca je $21,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Povprečni temperaturni primanjkljaj je 2900 Kdni. Začetek kurilne sezone je 265. dan in konec 145. dan v letu. Računska projektna temperatura je $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ (Ostrouška, 2011).

4.2.3 Ostali podatki

Ostali podatki o objektu, ki jih tudi upoštevamo pri izračunu toplotnih izgub:

- Objekt bo delno podkleten, kletni prostori pa bodo neogrevani. Glede na to predpostavimo, da bo najnižja možna temperatura kletnih prostorov 0 °C in to temperaturo tudi upoštevamo za izračun izgub skozi tla.
- V mansardnem delu so višine stropov različne, zato predpostavimo enotno višino tudi v zgornjem delu, ki znaša 250 cm.
- Notranja vrata so zajeta v površino notranjih sten.

4.2.4 Toplotne izgube po posameznih prostorih

Glede na podatke o toplotnih prehodnostih smo izdelali izračun transmisijskih toplotnih izgub ter ventilacijskih izgub. Izračun smo izdelali za vsak prostor posebej, glede na predvideno temperaturo, ker se v primeru, ko je več prostorov z različno temperaturo, računa tudi transmisijske toplotne izgube skozi notranje stene. Formule za izračun smo prenesli v program Excel in nato vnesli parametre za vsak posamezen prostor. Rezultat izračuna toplotnih izgub posameznega prostora je seštevek transmisijskih toplotnih izgub skozi posamezne stene, strop in tla ter ventilacijskih toplotnih izgub. Rezultati so približni, ker bi za natančen izračun morali upoštevati še faktor gibanja toplotnega toka, kar pa smo zaradi kompleksnosti enačb izpustili, ker menimo, da bo za naš namen to zadostovalo. V praksi se za tovrstne izračune uporabljajo posebni programi (eden takih je Gradbena fizika Ursa 4.0), ki z vnosom zahtevanih parametrov izdelajo celoten energetski izračun stavbe, kar bistveno olajša delo. V našem primeru pa smo do rezultatov prišli računsko, z uporabo enačb. Rezultati izračunov toplotnih izgub za prostore dnevne sobe, kopalnice 1, sobe 1 in spalnice so prikazani v tabelah od 2 do 5. Izračuni za ostale prostore so v prilogi 1. Oznake »ZS« in zaporedna številka označujejo zunanje stene, »NS« notranje stene, »T« tla, »S« strop, »ST« streha in »O« okna.

Tabela 2: Toplotne izgube – dnevna soba

Pozicija	PRITLIČJE - 1	Površina: [m ²]				29,9	Volumen: [m ³]			74,75
Naziv	DNEVNA SOBA	Temperatura prostora [°C]				20	Zunanja računska temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	ZS3	NS1	T	S	O1	O2	
	Smer neba	Z	J	V	S	/	/	Z	J	
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	29,6	13,0	23,0	35,3	/	/	
	Dolžina [m]	4,27	7,00	4,27	3,59	7,00	7,00	1,00	2,20	
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	4,27	4,27	1,20	2,20	
	Površina [m ²]	10,68	17,5	10,68	8,98	29,89	29,89	1,20	4,84	
	Odbitek površine [m ²]	1,20	4,84	3,96	0	0	0	0	0	
	Računska površina [m ²]	9,48	12,66	6,72	8,98	29,89	29,89	1,20	4,84	
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,14	0,79	0,24	0,35	1,30	1,30	
	Tp - Tz [K]	30	30	30	5	20	0	30	30	
	Trans. toplot. izgube [W]	39,8	53,2	28,2	35,5	141,1	0,0	46,8	188,8	
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				533,3					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				373,8					
	Skupne toplotne izgube [W]				907,0					

Tabela 3: Toplotne izgube - soba 1

Pozicija	MANSARDA - 3	Površina: [m ²]				12,35	Volumen: [m ³]			30,88
Naziv	SOBA - 1	Temperatura prostora [°C]				20	Zunanja računska temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	NS1	NS2	T	ST	O1	O2	
	Smer neba	Z	J	V	S	/	/	Z	J	
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	13,0	13,0	23,0	37,3	/	/	
	Dolžina [m]	4,27	2,89	4,27	2,89	4,27	4,27	1,00	1,00	
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,89	2,89	1,20	1,20	
	Površina [m ²]	10,68	7,233	10,68	7,23	12,35	12,35	1,20	1,2	
	Odbitek površine [m ²]	1,20	1,20	8,18	0	0	0	0	0	
	Računska površina [m ²]	9,48	6,033	2,50	7,23	12,35	12,35	1,20	1,2	
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,79	0,79	0,24	0,16	1,30	1,30	
	Tp - Tz [K]	30	30	5	0	0	30	30	30	
	Trans. toplot. izgube [W]	39,8	25,3	9,9	0,0	0,0	59,3	46,8	46,8	
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				227,9					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				154,4					
	Skupne toplotne izgube [W]				382,3					

Tabela 4: Toplotne izgube – kopalnica 1

Pozicija	MANSARDA - 5	Površina: [m ²]				7,55	Volumen: [m ³]			18,88
Naziv	KOPALNICA - 1	Temperatura prostora [°C]				24	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	NS1	NS2	T	ST	O1	O2	
	Smer neba	S	Z	J	V	/	/	S	S	
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	13,0	13,0	35,3	37,3	/	/	
	Dolžina [m]	3,70	2,04	3,70	2,04	3,70	3,70	0,70	1,00	
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,04	2,04	1,20	1,20	
	Površina [m ²]	9,25	5,10	9,25	5,10	7,548	7,548	0,84	1,2	
	Odbitek površine [m ²]	2,04	0,00	0	0	0	0	0	0	
	Računska površina [m ²]	7,21	5,10	9,25	5,10	7,548	7,548	0,84	1,2	
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,79	0,79	0,35	0,16	1,30	1,30	
	Tp - Tz [K]	34	34	0	9	9	34	34	34	
	Trans. toplot. izgube [W]	34,3	24,3	0,0	36,3	23,8	41,1	37,1	53,0	
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				249,9					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				107,0					
	Skupne toplotne izgube [W]				356,8					

Tabela 5: Toplotne izgube - spalnica

Pozicija	MANSARDA - 8	Površina: [m ²]				12,55	Volumen: [m ³]			31,38
Naziv	SPALNICA	Temperatura prostora [°C]				20	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	ZS3	NS1	T	S	O1	O2	
	Smer neba	S	J	V	S	/	/	S	J	
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	29,6	13,0	23,0	35,3	/	/	
	Dolžina [m]	3,22	2,27	3,90	3,90	3,90	3,90	1,00	1,00	
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	3,22	3,22	1,20	2,20	
	Površina [m ²]	8,05	5,675	9,75	9,75	12,55	12,55	1,20	2,20	
	Odbitek površine [m ²]	1,20	2,2	0	0	0	0	0	0	
	Računska površina [m ²]	6,85	3,48	9,75	9,75	12,55	12,55	1,20	2,20	
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,14	0,79	0,24	0,16	1,30	1,30	
	Tp - Tz [K]	30	30	30	5	0	30	30	30	
	Trans. toplot. izgube [W]	28,8	14,6	41,0	38,5	0,0	60,2	46,8	85,8	
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				315,7					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				156,9					
	Skupne toplotne izgube [W]				472,5					

4.3 Določitev ogrevalnih potreb objekta

Na osnovi izračuna toplotnih izgub objekta in potrebe po ogrevanju sanitarne vode bomo izdelali izračun toplotne moči generatorja toplote ter letno količino porabljene energije za ogrevanje objekta. Iz izračunov toplotnih izgub posameznih prostorov objekta, seštejemo vrednosti in dobimo skupne toplotne izgube objekta, ki znašajo 4483 W. Od tega odštejemo prispevke notranjih virov, ki so za stanovanjske objekte določeni na 4 W/m² in dobimo skupni primanjkljaj toplotne moči objekta, ki znaša 3943 W. Za končni izračun potrebne moči toplotne črpalke moramo dodati še potrebo po topli sanitarni vodi. Dnevne potrebe tople vode v gospodinjstvih so odvisne od števila družinskih članov in njihovih osebnih potreb. Iz tabele 6 izberemo predvideno porabo tople vode.

Tabela 6: Raba tople sanitarne vode in potrebna energija za segretje (Arhem d. o. o., 2012)

PORABA TOPLE SANITARNE VODE	DNEVNA PORABA TOPLE VODE [liter/osebo]		ENERGIJA [KWh/dan] PO OSEBI	DODATEK [kW/osebo]
	pri 45 °C	pri 60 °C		
NIZKA	15 - 30	10 - 20	0,6 - 1,2	0,08 - 0,15
NORMALNA	30 - 60	20 - 40	1,2 - 1,4	0,15 - 0,30
ETAŽNO STAN. (obračun po porabi)	30	21	cca 1,2	cca 0,5
ETAŽNO STAN. (obračun po pavšalu)	45	31,5	cca 1,8	cca 0,225
ENODRUŽINSKA HIŠA	50	35	cca 2,0	cca 0,25

Glede na to, da uporabljamo nizkotemperaturni način ogrevanja, bomo vodo ogrevali na 45 °C. Iz tabele izberemo vrednost za enodružinsko hišo, ki znaša 50 litrov porabljene tople vode na osebo na dan. Računano na 4 osebe to pomeni 73000 litrov porabljene tople vode na leto. Za segrevanje vode bomo letno porabili 2920 kWh energije. Podatek, ki smo ga vzeli iz tabele lahko preverimo še z izračunom. Izmerili smo temperaturo vode iz vodovoda, ki v zimskem času znaša približno 10 °C. Iz dobljenih podatkov izračunamo potrebno letno energijo za ogrevanje sanitarne vode po enačbi (5):

$$Q_{SV} = m \cdot c \cdot \Delta T [J] \quad (5)$$

$$Q_{sv} = 73000 \cdot 4200 \cdot 35 = 10731 \cdot 10^3 \text{ kJ} \rightarrow 1 \text{ kJ} = 1 \text{ kWs}$$

$$Q_{sv} = \frac{10731 \cdot 10^3}{3600} = 2981 \text{ kWh}$$

kjer je:

Q_{sv} [J] – potrebna letna energija za ogrevanje sanitarne vode

m [kg] – masa vode

c [J/kgK] – specifična toplota vode

ΔT [K] – sprememba temperature

Ugotovili smo, da sta rezultata skoraj enaka. Iz tega lahko sklepamo, da imamo precej točne vrednosti.

- Pri izračunu toplotne moči za ogrevanje sanitarne vode, upoštevamo dodatek približno 0,25 kW/osebo za čas segrevanja vode 8 ur dnevno. Sanitarno vodo na ta način lahko ogrevamo čez noč in z uporabo dvotarifnega števca prihranimo pri ceni električne energije (Arhem d. o. o.).

$$P_{sv} = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ kW} \quad (6)$$

- Sledi izračun skupne toplotne moči za ogrevanje objekta in sanitarne vode.

Računski podatki:

- Primanjkljaj toplotne moči objekta $P_O = 3943 \text{ W}$
- Toplotna moč za ogrevanje sanitarne vode $P_{sv} = 1000 \text{ W}$
- Izkoristek talnih ogreval je 85 %

$$P_G = \frac{P_O}{\eta} + P_{sv} = \frac{3943}{0,85} + 1000 = 5639 \text{ W} \quad (7)$$

- Izračun letne porabe energije za ogrevanje objekta.

Računski podatki:

- Primanjkljaj toplotne moči objekta $P_O = 3943 \text{ W}$
- Temperaturni primanjkljaj $TP = 2900 \text{ Kdni}$
- Projektna temperaturna razlika $\Delta T = 30 \text{ K}$

$$Q_{NH} = \frac{P_o \cdot TP}{\Delta T} \cdot \frac{24}{1000} = [kWh] \quad (8)$$

$$Q_{NH} = \frac{3943 \cdot 2900}{30} \cdot \frac{24}{1000} = 9148 kWh$$

- Izračun celotne letne energije za ogrevanje objekta in sanitarne vode. Seštejemo vrednosti, ki smo jih prej izračunali.

$$Q_{CEL} = Q_{NH} + Q_{SV} = 9148 + 2981 = 12129 kWh \quad (9)$$

- Izračun toplotne moči toplotne črpalke:

Skupni toplotni moči za ogrevanje objekta in sanitarne vode prištejemo še faktor zaustavitve in sicer zaradi morebitnega izpada električne energije. Upoštevamo maksimalni zaporni čas ($t_{maks} = 3 \times 2$ h/dan) pri zunanji temperaturi po DIN EN 12831. Za pokritje celotne dnevne potrebe po toploti, imamo zaradi zapornega časa, na razpolago le 18 ur dnevno. Pri čemer pa zaradi toplotne inercije stavbe ne upoštevamo 2 uri (Grobovšek, 2009).

$$Q_{TC} = P_G \cdot \frac{24}{20} = [W] \quad (10)$$

$$Q_{TC} = 5639 \cdot \frac{24}{20} = 6767 W$$

Izračunana moč toplotne črpalke je 6767 W. Izberemo naslednjo večjo moč toplotne črpalke.

5 DIMENZIONIRANJE TOPLOTNE ČRPALKE

V tem poglavju bomo dimenzionirali posamezno vrsto toplotne črpalke in sicer TČ zemlja/voda, TČ voda/voda in TČ zrak/voda. Za osnovo bomo izbrali komponente priznanega slovenskega proizvajalca Termotehnika d. o. o. Termotehnika je vodilni slovenski proizvajalec toplotnih črpalk. Svoje proizvode trži tudi na zahtevnih evropskih trgih, največ v Avstriji in Franciji. Po besedah g. Mirana Severa iz podjetja Instalacije Miran Sever s. p., ki vgrajuje toplotne črpalke, je proizvajalec Termotehnika d. o. o. kvaliteten in konkurenčen proizvajalec. Od leta 2003 je podjetje Instalacije Sever s. p. vgradilo približno 170 toplotnih črpalk na področju celotne Slovenije. Večino teh je proizvedlo podjetje Termotehnika d. o. o., vrsta toplotne črpalke pa zrak/voda. Prednost domačega proizvajalca je tudi takojšnja dobava rezervnih delov v primeru okvare toplotne črpalke.

5.1 Toplotna črpalka zemlja/voda

Toplotno črpalko bomo dimenzionirali v monovalentnem načinu, kar pomeni, da bo vse potrebe po ogrevanju zagotavljala sama. Glede na izračunano toplotno moč iz kataloga Termotehnika izberemo model TČ SV 7/8 E1. Izbrani model ima priloženo še obtočno črpalko ogrevalne vode in obtočno črpalko bojlerja. Vsi modeli pa vsebujejo krmiljenje, vse potrebne priključke in serijsko vgrajen električni pretočni grelec moči $3 \times 2 \text{ kW}$, za morebitno pomoč pri ogrevanju ter termično dezinfekcijo sanitarne vode. Priključena je na električno napajanje $380 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$. Maksimalna temperatura predtoka je $58 \text{ }^\circ\text{C}$. Toplotna črpalka uporablja hladivo R407C. V tabeli 7 so tehnični podatki toplotne črpalke, prikazani za dve temperaturi predtoka $35 \text{ }^\circ\text{C}$ in $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ter temperaturo primarnega vira toplote $B_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ (Termotehnika d. o. o.).

Tabela 7: Tehnični podatki za TČ zemlja/voda (Termotehnika d. o. o., 2012)

Grelna moč pri B0 (W35/W55 °C)	[kW]	7,8/7,1
Grelno število pri B0 (W35/W55 °C)	/	4,58/2,96
Električna moč pri B0 (W35/W55 °C)	[kW]	1,7/2,4
Dimenzije	[cm]	Φ 76 x 205
Masa	[kg]	206

- Določitev hladilne moči in grelnega števila (pri temperaturi predtoka 35 °C).

$$\text{Hladilna moč: } Q_K = Q_{T\check{C}} - P_{EL} = 7,8 - 1,7 = 6,1 \text{ kW} \quad (11)$$

$$\text{Grelno število – COP: } \varepsilon = \frac{Q_{T\check{C}}}{P_{EL}} = \frac{7,8}{1,7} = 4,58 \quad (12)$$

5.1.1 Določitev zemeljskega kolektorja (voda/glikol)

V globino od 120 do 150 cm se položijo cevi ustrezne dimenzije. Glede na moč toplotne črpalke določimo število zank, ki jih potrebujemo. Minimalna razdalja med cevmi je 80 cm (Grobvšek, 2009). Pri tem moramo upoštevati energijsko vrednost zemlje. Ker nimamo natančnih podatkov o sestavi tal, bomo upoštevali optimalno vrednost $q_E = 25 \text{ W/m}^2$.

Izračun:

- Površina zemlje: $P_E = \frac{Q_K}{q_E} = \frac{6100}{25} = 244 \text{ m}^2 \quad (13)$

- Število zank za PE cevi Φ32 x 2,9 mm, l = 100 m:

$$x = \frac{P_E \cdot 1,5}{100} = \frac{244 \cdot 1,5}{100} = 3,66 \quad (14)$$

Za kolektor določimo 4 zanke dolžine 100 m (cev Φ 32 x 2,9 mm).

- Izračun potrebne količine mešanice vode in glikola za izbran kolektor izračunamo po enačbi (15):

$$\text{Volumen kolektorja: } V_K = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot x \cdot 1000 = [l] \quad (15)$$

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 0,0262^2}{4} \cdot 100 \cdot 4 \cdot 1000 = 216 \text{ l}$$

Za izbran kolektor potrebujemo 216 litrov mešanice vode in glikola.

5.1.2 Zemeljska sonda

Globina in premer ene ali več energetskih vrtin (najpogosteje 100 mm) sta odvisni od potrebe objekta po ogrevanju in moči vgrajene toplotne črpalke. Sonde so v zemljo vgrajene v dveh osnovnih izvedbah:

- kot dvojna U-cev (skozi en krak vstopa ohlajeni delovni medij, skozi drugi krak se v toplotno črpalke vrača segret delovni medij);
- kot koaksialna cev (notranja cev je iz PE, skozi njo teče hladni delovni medij, medtem ko je zunanja cev iz jekla in skozi njo teče do toplotne črpalke segret delovni medij) (Arhem d. o. o.).

Specifični odvzem toplote pri apnenčastih tleh (q_E) znaša od 55 do 70 W/m. Izberemo $q_E = 55$ W/m.

Izračun:

- Skupna globina vrtin: $L = \frac{Q_K}{q_E} = \frac{6100}{55} = 111 \text{ m}$ (16)

Določimo 2 zemeljski sondi – dvojne U-cevi (PE $\Phi 32 \times 2,9$ mm) na globini 60 metrov (2 x 60 m).

- Potrebno količino mešanice vode in glikola za izbrani sondi izračunamo po enačbi (15):

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 0,0262^2}{4} \cdot 60 \cdot 2 \cdot 1000 = 65 \text{ l}$$

Za izbrani zemeljski sondi potrebujemo 65 litrov mešanice vode in glikola.

5.1.3 Dimenzioniranje toplotnega hranilnika

Z uporabo hranilnika toplote dosežemo boljše izkoriščanje pridobljene toplote, hidravlično ločitev toplotne črpalke in ogrevalnega kroga ter bolj enakomerno delovanje kompresorja. Zmanjša se cikel vključevanja toplotne črpalke in s tem podaljša življenjska doba kompresorja. Poleg tega potrebujemo zalogo tople vode tudi za čas, ko toplotna črpalka obratuje v režimu odtajanja uparjalnika. Toplotna črpalka lahko obratuje tudi brez hranilnika toplote (razen TČ zrak/voda), če se ogreva celotna zgradba. Zagotovljen mora biti le minimalen pretok vode skozi kondenzator. Večje kot so specifične toplotne izgube stavbe, večji mora biti hranilnik toplote, saj se taka zgradba hitreje ohlaja (Grobovšek, 2007).

- Velikost hranilnika toplote, za dobro izolirane stavbe in brez upoštevanja zapornega časa, izračunamo po naslednji enačbi:

$$V_{HT0} = P_O \cdot (20 - 25 \text{ litrov}) \text{ oz. minimalno } 10 \text{ litrov/kW} \quad (17)$$

$$V_{HT0} = 3,943 \cdot 25 = 98,6 \text{ litrov}$$

P_O - primanjkljaj toplotne moči objekta = 3,943 kW

Temu dodamo še faktor prekinitve dovoda el. energije, ki znaša $f = 1,3$ za prekinitvev 6 ur/dan.

$$V_{HT} = V_{HT0} \cdot 1,3 \quad (18)$$

$V_{HT} = 98,6 \cdot 1,3 = 128,1$ litrov \rightarrow izberemo hranilnik prostornine 130 litrov.

- Izračunamo še koliko časa izbrani hranilnik pokriva ogrevalno moč stavbe pri spremembi temperature $\Delta t = 5$ K

$$t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{Q_{TČ}} = [s] \quad (19)$$

$$t = \frac{130 \cdot 4200 \cdot 5}{7800} = 350 \text{ s} \rightarrow t = 5,8 \text{ min}$$

5.2 Toplotna črpalka voda/voda

Toplotno črpalko bomo dimenzionirali v monovalentnem načinu, kar pomeni, da bo vse potrebe po ogrevanju zagotavljala sama. Glede na izračunano toplotno moč iz kataloga Termotehnika izberemo model TČK VV 6/7 E1. Izbrani model ima priloženo tudi obtočno črpalko ogrevanja in obtočno črpalko bojlerja. Vsi modeli pa vsebujejo obtočno črpalko toplotnega vira, krmiljenje, vse potrebne priključke in serijsko vgrajen električni pretočni grelec moči 3 x 2 kW, za morebitno pomoč pri ogrevanju ter termično dezinfekcijo sanitarne vode. Priključena je na električno napajanje 380 V – 50 Hz. Minimalna temperatura primarnega medija je +7 °C, maksimalna temperatura predtoka pa 58 °C. Toplotna črpalka uporablja hladivo R407C. V tabeli 8 so tehnični podatki toplotne črpalke, prikazani za dve temperaturi predtoka 35 °C in 55 °C ter temperaturo primarnega vira toplote $W_{10} = 10$ °C (Termotehnika d. o. o.).

Tabela 8: Tehnični podatki za TČ voda/voda (Termotehnika d. o. o., 2012)

Grelna moč pri W_{10} (W_{35}/W_{55} °C)	[kW]	7,4/6,6
Grelno število pri W_{10} (W_{35}/W_{55} °C)	/	5,48/3,30
Električna moč pri W_{10} (W_{35}/W_{55} °C)	[kW]	1,35/2
Potreben pretok vode	[m ³ /h]	1,5
Dimenzije	[cm]	Φ 76 x 205
Masa	[kg]	173

- Določitev hladilne moči in grelnega števila (pri temperaturi predtoka 35 °C).

$$\text{Hladilna moč: } Q_K = Q_{T\check{C}} - P_{EL} = 7,4 - 1,35 = 6,05 \text{ kW} \quad (20)$$

$$\text{Grelno število – COP: } \varepsilon = \frac{Q_{T\check{C}}}{P_{EL}} = \frac{7,4}{1,35} = 5,48 \quad (21)$$

- Zahtevani pretok vode določimo z enačbo (22).

$$m = \frac{Q_K}{c \cdot \Delta T} = [\text{kg/s}] \quad (22)$$

$$m = \frac{7400}{4200 \cdot 4} = 0,44 \text{ kg/s}$$

kjer je:

ΔT [K] – temperaturna razlika med vstopno in izstopno vodo (običajno 4 K)

c [J/kgK] – specifična toplota vode

Izračunani masni pretok vode pretvorimo v volumenski z enačbo (23).

$$V = \frac{m \cdot 3600}{1000} = m^3 / h \quad (23)$$

$$V = \frac{0,44 \cdot 3600}{1000} = 1,586 \text{ m}^3 / h$$

- Hranilnik toplote je enak kot pri TČ zemlja/voda.

5.3 Toplotna črpalka zrak/voda

Toplotno črpalko bomo dimenzionirali v monovalentnem načinu, kar pomeni, da bo vse potrebe po ogrevanju zagotavljala sama. Glede na izračunano toplotno moč iz kataloga Termotehnika izberemo model TČ ZV 7/8 E1. TČ je izvedena z ločenim uparjalnikom. Izbrani model ima priloženo tudi obtočno črpalko ogrevanja in obtočno črpalko bojlerja. Vsi modeli pa vsebujejo krmiljenje, vse potrebne priključke in serijsko vgrajen električni pretočni grelec moči 3 x 2 kW, za morebitno pomoč pri ogrevanju ter termično dezinfekcijo sanitarne vode. Priključena je na električno napajanje 380 V – 50 Hz. Minimalna temperatura zunanjega zraka je -20 °C, maksimalna temperatura predtoka pa 58 °C. Toplotna črpalka uporablja hladivo R407C. V tabeli 9 so tehnični podatki toplotne črpalke, prikazani pri temperaturi predtoka 35 °C ter temperaturo zunanjega zraka $A2 = 2$ °C (Termotehnika d. o. o.).

Tabela 9: Tehnični podatki za TČ zrak/voda (Termotehnika d. o. o., 2012)

Grelna moč pri A2 (A2/W35 °C)	[kW]	7,2
Grelno število pri A2 (A2/W35 °C)	/	3,7
Električna moč pri A2 (A2/W35 °C)	[kW]	1,96
Dim. zunanje enote	[cm]	88x80x56
Dim. notranje enote	[cm]	70x115x48
Masa	[kg]	90

- Hladilna moč in grelna število (pri temperaturi predtoka 35 °C).

$$\text{Hladilna moč: } Q_K = Q_{T\check{C}} - P_{EL} = 7,2 - 1,96 = 5,24 \text{ kW} \quad (24)$$

$$\text{Grelno število – COP: } \varepsilon = \frac{Q_{T\check{C}}}{P_{EL}} = \frac{7,2}{1,96} = 3,67 \quad (25)$$

- Hranilnik toplote je enak kot pri TČ zemlja/voda.

6 ANALIZA INVESTICIJSKIH STROŠKOV

V tekočem poglavju bomo določili investicijske in obratovalne stroške za posamezno vrsto toplotne črpalke. Za izračun bomo uporabili cene komponent proizvajalca Termotecnika d. o. o., na osnovi katerih smo v prejšnjem poglavju toplotno črpalko dimenzionirali. Cene komponent smo pridobili iz spletnega kataloga ter predračunov, ki so nam jih posredovali s podjetja Termotecnika d. o. o.

Za primerjavo cen smo povpraševali še pri drugem slovenskem ponudniku toplotnih črpalk Geosonda d. o. o. Za iste karakteristike objekta so nam ponudili toplotne črpalke prav tako slovenskega proizvajalca Tehnohlad d. o. o., ki pa ni tako prepoznaven. Tudi ponujena cena je precej višja, zato se bomo še v nadaljnje bazirali na cene proizvajalca Termotecnika d. o. o.

6.1 Toplotna črpalka zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem

Fiksni del stroškov: V tabeli 10 so zbrani sestavni deli sistema TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem, skupaj z aktualnimi cenami iz kataloga in iz pridobljene ponudbe proizvajalca Termotecnika d. o. o. Obtočni črpalke ogrevanja ter bojlerja sta zajeti v ceni toplotne črpalke. Toplotni hranilnik in bojler so nam ponudili v kompaktni izvedbi skupaj s pripadajočo izolacijo in priključki. Za doplačilo 400 EUR lahko dobimo toplotno črpalko v reverzibilni obliki, kar omogoča aktivno hlajenje poleti, vendar bomo ta podatek izključili iz izračuna, ker se baziramo zgolj na ogrevalne potrebe. Cene so brez DDV, v našem primeru, ko nabavljamo toplotno črpalko skupaj z montažo, znaša DDV 8,5 % skupne cene.

Tabela 10: Sestavni deli sistema TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem ter pripadajočimi cenami (Termotehnika d. o. o., 2012)

SESTAVNI DELI SISTEMA	CENA V EUR
Toplotna črpalka TČ SV 7/8 E1	4.110
Obtočna črpalka toplotnega vira WILO TOP-S 25/7 EM	233
Obtočna črpalka ogrevanja WILO RS 25/6-3	0
Obtočna črpalka bojlerja	0
Hranilnik + bojler WPS 150/304 TT	1.149
Zemeljski kolektor KIT 400	1.661
Izvedba inštalacij v kotlovnici	2.250
Osnovna montaža in zagon	260
Dodatno delo [30 EUR/h]	150
DDV [8,5 %]	643
SKUPAJ Z DDV	10.456

Izračunana cena se nanaša na elemente sistema Termotehnika skupaj s prevozom ter montažo, brez morebitnih popustov. Tej ceni pa moramo prišteti še stroške za izkop in ureditev zemljišča in odšteti pridobljena državna sredstva.

- Strojna ura bagra znaša cca. 60 EUR/h, odvisno od delovnih pogojev. Ker ne poznamo sestave tal je težko natančno predvideti potreben čas za izkop, zato predpostavimo 2 delovna dneva po 10 ur/dan, kar znaša cca. **1.200,00 EUR**.
- Od Eko sklada pridobimo del sredstev, ki znašajo 25 % celotne investicije oz. največ 2500 EUR kar pomeni: $(10.456 + 1200) \cdot 0,25 = 2914,00$ EUR.
Delež 25 % investicije nekoliko presega maksimalno subvencijo, zato lahko računamo na **2.500,00 EUR**.

Skupni znesek fiksnih stroškov za TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem znaša $10.456 + 1.200 - 2.500 =$ **9.156,00 EUR**

Variabilni stroški so predvsem stroški obratovanja, torej stroški porabe električne energije. Sistem ne potrebuje posebnega vzdrževanja, zato tovrstne stroške zanemarimo.

- Letno porabo električne energije za pogon kompresorja izračunamo z enačbo (26).

$$Q_E = \frac{Q_{CEL}}{\varepsilon} = [kWh] \quad (26)$$

$$Q_E = \frac{12129}{4,58} = 2648 kWh$$

kjer je:

Q_E [kWh] – potrebna letna toplota za ogrevanje prostorov in sanitarne vode
 ε – grelna število toplotne črpalke.

Za izračun cene električne energije smo izbrali podjetje E3 d. o. o., ki je odvisna družba Elektra Primorske d. d. Podjetje E3 d. o. o. ponuja posebno ugoden paket električne energije za uporabnike toplotnih črpalk. Cena v paketu, pri uporabi enotarifnega števca je 0,07472 EUR/kWh z vključenim DDV, dne 11.02.2012. Sicer je smiselno uporabljati dvotarifno merjenje, ker je v nočnem času cena bistveno nižja.

Letni stroški za pogon kompresorja znašajo: $2648 \cdot 0,07472 = \mathbf{197,85 \text{ EUR}}$.

- Letne stroške za pogon dodatnega električnega grelca moči 3 x 2 kW računamo samo za termično dezinfekcijo sanitarne vode in sicer na 5 ur mesečno, morebitne pomoči pri ogrevanju s pomočjo grelca pa predvidoma ne bomo potrebovali.

$$Q_G = P_G \cdot 5h \cdot 12 = [kWh] \quad (27)$$

$$Q_G = 6 \cdot 5 \cdot 12 = 360 kWh$$

Letni stroški za pogon dodatnega električnega grelca znašajo: $360 \cdot 0,07472 = \mathbf{26,90 \text{ EUR}}$.

- Letne stroški za pogon obtočnih črpalk izračunamo glede na njihovo moč (2 x 45 W + 1 x 200 W) in število ur delovanja. Predpostavimo, da delujejo 18 h/dan v času celotne ogrevalne sezone. Ogrevalna sezona traja 245 dni.

$$Q_{\check{c}} = P_{\check{c}} \cdot 18h \cdot 245 = [kWh] \quad (28)$$

$$Q_{\check{c}} = 0,29 \cdot 18 \cdot 245 = 1279 kWh$$

Letni stroški za pogon obtočnih črpalk znašajo: $1279 \cdot 0,07472 = \mathbf{95,57 \text{ EUR}}$.

Skupni letni stroški obratovanja torej znašajo $197,85 + 26,90 + 95,57 = 320,32$ EUR.

6.2 Toplotna črpalka zemlja/voda z uporabo zemeljske sonde

Fiksni del stroškov: V tabeli 11 so zbrani sestavni deli sistema TČ zemlja/voda s toplotno sondo, skupaj z aktualnimi cenami iz kataloga ter iz pridobljene ponudbe proizvajalca Termotecnika d. o. o. Obtočni črpalki ogrevanja ter bojlerja sta zajeti v ceni toplotne črpalke. Toplotni hranilnik in bojler so nam ponudili v kompaktni izvedbi skupaj s pripadajočo izolacijo in priključki. Za doplačilo 400 EUR lahko dobimo toplotno črpalko v reverzibilni obliki. Cene so brez DDV, v našem primeru, ko nabavljamo toplotno črpalko skupaj z montažo, znaša DDV 8,5 % skupne cene.

Tabela 11: Sestavni deli sistema TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo ter pripadajočimi cenami (Termotecnika d. o. o., 2012)

SESTAVNI DELI SISTEMA	CENA V EUR
Toplotna črpalka TČ SV 7/8 E1	4.110
Obtočna črpalka toplotnega vira WILO TOP-S 25/7 EM	233
Obtočna črpalka ogrevanja	0
Obtočna črpalka bojlerja	0
Hranilnik + bojler WPS 150/304 TT	1.149
Hladivo Melaled Solar	336
Izvedba geosond	5.500
Izvedba inštalacij v kotlovnici	2.250
Osnovna montaža in zagon	260
Prevoz	143
DDV [8,5 %]	1188
SKUPAJ Z DDV	15.169

Izračunana cena se nanaša na elemente sistema Termotecnika skupaj s prevozom ter montažo, brez morebitnih popustov. Odšteti moramo še pridobljena državna sredstva.

- Od Eko sklada pridobimo del sredstev, ki znašajo 25 % celotne investicije oz. največ 2500 EUR, kar pomeni: $15.169 \cdot 0,25 = 3792,25$ EUR.
Delež 25 % investicije občutno presega maksimalno subvencijo, zato lahko računamo na **2.500,00 EUR**.

Skupni znesek fiksnih stroškov za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo znaša $15.169 - 2.500 = \mathbf{12.669,00 \text{ EUR}}$.

Variabilni stroški so predvsem stroški obratovanja, torej stroški porabe električne energije. Sistem ne potrebuje posebnega vzdrževanja, zato tovrstne stroške zanemarimo.

- Letno porabo električne energije za pogon kompresorja izračunamo glede na potrebno letno toploto za ogrevanje prostorov in sanitarne vode ter grelno število toplotne črpalke. Za izračun uporabimo enačbo (26) na strani 40. Za grelno število vzamemo podatek od TČ voda/voda ($\varepsilon = 5,48$), ker je podan za temperaturo primarnega vira toplote $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Približno taka je tudi temperatura v zemeljskih globinah kjer se nahaja geosonda.

$$Q_E = \frac{12129}{5,48} = 2213 \text{ kWh}$$

Cena električne energije, ki jo ponuja podjetje E3 d. o. o. je $0,07472 \text{ EUR/kWh}$ z vključenim DDV, pri uporabi eno-tarifnega števca, na dan 11.02.2012.

Letni stroški za pogon kompresorja znašajo: $2213 \cdot 0,07472 = \mathbf{165,35 \text{ EUR}}$

- Letne stroške za pogon dodatnega električnega grelca moči $3 \times 2 \text{ kW}$, računamo samo za termično dezinfekcijo sanitarne vode in sicer na 5 ur mesečno, morebitne pomoči pri ogrevanju s pomočjo grelca pa predvidoma ne bomo potrebovali. Za izračun uporabimo enačbo (27) na strani 40.

$$Q_G = 6 \cdot 5 \cdot 12 = 360 \text{ kWh}$$

Letni stroški za pogon dodatnega električnega grelca znašajo: $360 \cdot 0,07472 = \mathbf{26,90 \text{ EUR}}$.

- Letne stroški za pogon obtočnih črpalk izračunamo glede na njihovo moč ($2 \times 45 \text{ W} + 1 \times 200 \text{ W}$) in število ur delovanja. Predpostavimo, da delujejo 18 h/dan v času celotne ogrevalne sezone. Ogrevalna sezona traja 245 dni. Za izračun uporabimo enačbo (28) na strani 40.

$$Q_c = 0,29 \cdot 18 \cdot 245 = 1279 \text{ kWh}$$

Letni stroški za pogon obtočnih črpalk znašajo: $1279 \cdot 0,07472 = \mathbf{95,57 \text{ EUR}}$.

Skupni letni stroški obratovanja torej znašajo $165,35 + 26,90 + 95,57 = \mathbf{287,82 \text{ EUR}}$.

6.3 Toplotna črpalka voda/voda

Za TČ voda/voda nismo povpraševali, ker na predvideni lokaciji objekta nimamo ustreznega primarnega vira toplote. Zato jo bomo tudi izpustili iz izračuna. Informativno pa je cena pri izkoriščanju podtalne vode primerljiva s ceno vgradnje zemeljske sonde, s tem, da moramo pridobiti še dodatno dovoljenje (poglavje 3.3 – stran 15). Pri izkoriščanju površinske vode je cena občutno nižja, saj potrebujemo poleg toplotne črpalke samo potopno črpalko in povezovalne cevi.

6.4 Toplotna črpalka zrak/voda

Fiksni stroški: V tabeli 12 so zbrani sestavni deli sistema TČ zrak/voda, skupaj s cenami iz ponudbe, ki smo jo pridobili od proizvajalca Termotehnika d. o. o. Cene so so brez DDV. V našem primeru, ko nabavljamo toplotno črpalko skupaj z montažo, znaša DDV 8,5 % skupne cene.

Tabela 12: Sestavni deli sistema TČ zrak/voda s pripadajočimi cenami (Termotehnika d. o. o., 2012)

SESTAVNI DELI SISTEMA	CENA V EUR
Toplotna črpalka TČ SV 7/8 E1	4.632
Obtočna črpalka ogrevanja WILO RS 25	89
Obtočna črpalka bojlerja WILO RS 25	89
Hranilnik vode PS TTE 130M	399
Bojler WPS 221	588
Izvedba inštalacij v kotlovnici	2.250
Osnovna montaža in zagon	260
Prevoz	143
DDV [8,5 %]	718
SKUPAJ Z DDV	9.168

Izračunana cena je cena sistema Termotehnika skupaj s prevozom ter montažo, brez morebitnih popustov. Dodatnih stroškov pri sistemu zrak/voda nimamo, odšteti pa je potrebno še pridobljena sredstva s strani države.

- Od Eko sklada pridobimo del sredstev, ki znašajo 25 % celotne investicije oz. največ 1500 EUR kar pomeni: $9.168 \cdot 0,25 = 2292,00$ EUR.
Delež 25 % investicije presega maksimalno subvencijo, zato lahko računamo na **1.500,00 EUR**.

Skupni znesek fiksnih stroškov za TČ zrak/voda znaša $9.168 - 1.500 =$ **7.668,00 EUR**.

Variabilni stroški so predvsem stroški obratovanja, torej stroški porabe električne energije. Sistem ne potrebuje posebnega vzdrževanja, zato tovrstne stroške zanemarimo.

- Letno porabo električne energije za pogon kompresorja izračunamo glede na potrebno letno toploto za ogrevanje prostorov in sanitarne vode ter gredno število toplotne črpalke, z uporabo enačbe (26) na strani 40.

$$Q_E = \frac{12129}{3,67} = 3305 \text{ kWh}$$

Cena električne energije, ki jo ponuja podjetje E3 d. o. o. je 0,07472 EUR/kWh z vključenim DDV, pri uporabi eno-tarifnega števca, na dan 11.02.2012.

Letni stroški za pogon kompresorja znašajo: $3305 \cdot 0,07472 =$ **246,95 EUR**

- Letne stroške za pogon dodatnega električnega grelca moči 3 x 2 kW, računamo za termično dezinfekcijo sanitarne vode in sicer na 5 ur mesečno in morebitno pomoč pri ogrevanju za 100 ur letno.

$$Q_G = P_G \cdot 5h \cdot 12 + P_G \cdot 100 = [\text{kWh}] \quad (29)$$

$$Q_G = 6 \cdot 5 \cdot 12 + 6 \cdot 100 = 960 \text{ kWh}$$

Letni stroški za pogon dodatnega električnega grelca znašajo: $960 \cdot 0,07472 =$ **71,73 EUR**.

- Letne stroški za pogon obtočnih črpalk toplotnega vira izračunamo glede na njihovo moč (2 x 45 W) in število ur delovanja. Predpostavimo, da črpalka deluje 18 h/dan v času celotne ogrevalne sezone. Ogrevalna sezona traja 245 dni. Za izračun uporabimo enačbo (28) na strani 40.

$$Q_c = 0,09 \cdot 18 \cdot 245 = 397 \text{ kWh}$$

Letni stroški za pogon dodatnega električnega grelca znašajo: $397 \cdot 0,07472 =$
29,66 EUR.

Skupni letni stroški obratovanja znašajo $246,95 + 71,73 + 29,66 =$ **348,34 EUR.**

7 KALKULACIJA INVESTICIJE Z UPORABO DINAMIČNIH METOD

Osnovna značilnost vseh dinamičnih metod je diskontiranje kasnejših donosov na skupni termin, najpogosteje je to trenutek, ko dospeva začetni vložek. Za oceno primernosti projekta ali za primerjavo alternativnih projektov pa potem uporabljamo bodisi absolutne denarne kategorije (neto ali čista sedanja vrednost, letni ekvivalentni donosi) ali pa koeficiente oziroma stopnje (npr. indeks donosnosti, interna stopnja donosa, modificirana interna stopnja donosa) (Čibej, 2006).

V naših izračunih bomo upoštevali 15-letno dobo časovne dinamike, kot amortizacijsko dobo toplotne črpalke. Primerjali bomo vse stroške, ki jih bomo imeli pri ogrevanju v tem obdobju pri vseh treh variantah toplotne črpalke, ki jih imamo na izbiro. Ker nimamo na razpolago prihodkov s katerimi bi lahko operirali, bomo, da bili izračuni smiselni, naredili sledeče. V izračun bomo vključili stroške, ki bi jih imeli z ogrevanjem z ekstra lahkim kurilnim oljem in sicer samo za porabo energenta. Strošek olja, ki ga bomo pri ogrevanju s toplotno črpalko prihranili bomo upoštevali kot donos oziroma prihranek. Ugotovili bomo, če oziroma kdaj se nam investicija povrne. Po istih kriterijih bomo naredili še primerjavo rezultatov, v primeru, da se cena kurilnega olja izenači s ceno dizla. Za izračun bomo upoštevali trenutne cene energentov, torej električne energije, ekstra lahkega kurilnega olja ter dizla. Glede na rezultat, se bomo odločili za izbiro najugodnejše variante.

- Najprej naredimo izračun porabe kurilnega olja po enačbi (30) (Arhem d. o. o.):

$$G = \frac{Q_{CEL}}{H_i \cdot h_K} = [kg] \quad (30)$$

$$G = \frac{12129}{11,83 \cdot 0,9} = 1139 \text{ kg}$$

kjer je:

G [kg/sezono] – poraba goriva v sezoni

Q_{CEL} [kWh] – celotna letna energija za ogrevanje objekta in sanitarne vode.

H_i [kwh/kg] – kurilnost goriva

h_K – izkoristek kotla

Rezultat pretvorimo v litre z uporabo enačbe (31) in dobimo:

$$G_V = \frac{G \cdot 1000}{\rho} = [l] \quad (31)$$
$$G_V = \frac{1139 \cdot 1000}{860} = 1324 \text{ l}$$

kjer je:

ρ [$\sim 860 \text{ kg/m}^3$] – gostota kurilnega olja

Cena za liter ekstra lahkega kurilnega olja pri Petrolu znaša 1,019 EUR, na dan 03.04.2012.

Letni strošek porabe energenta pri ogrevanju z ekstra lahkim kurilnim oljem, bi tako znašal: $1324 \cdot 1,019 = \mathbf{1.349,16 \text{ EUR}}$.

Cena za liter dizelskega goriva pri Petrolu, znaša 1,335 EUR na dan 04.03.2012.

Letni strošek porabe energenta pri ogrevanju z dizel gorivom, bi znašal:

$1324 \cdot 1,335 = \mathbf{1.767,54 \text{ EUR}}$.

7.1 Neto sedanja vrednost investicije

»Osnovni razlog za uvajanje dinamičnih metod (naložbenega odločanja – op. B. F.), niso pomanjkljivosti statističnih kriterijev, pač pa časovne preference sredstev in obresti kot kategorije, ki opredeljuje nagnjenost k varčevanju in potrošnji razpoložljivih sredstev. Ena od najbolj uporabnih in temeljitih metod je metoda sedanje vrednosti projekta, s katero iščemo izpolnjevanje naslednjega pogoja:

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Sd - So}{(1+r)^i} \quad (32)$$

kjer je:

SV – Sedanja vrednost projekta,

Sd – skupni donosi projekta,

So – skupni odhodki projekta,

r – diskontna stopnja, določena vnaprej,

n – število obdobj v življenjski dobi projekta,

i – tekoči indeks časovnih obdobj.

Po tej metodi je projekt sprejemljiv, če izpolnjuje pogoj: $SV \geq 0$

To pomeni, da so diskontirane vrednosti skupnih donosov večje od diskontiranih vrednosti skupnih odhodkov /.../. Pri tem celotni odhodki pomenijo naložbe v projekt, donosi pa neto učinke po poročunu stroškov (Bizjak, 1996, str. 159, 160).«

- Določitev diskontne stopnje

Ocenjujemo, da bi za sredstva vložena v dolgoročni depozit pri banki dobili 6% letnih obresti, zato bomo izračunali neto sedanjo vrednost investicije pri diskontni stopnji 6 %.

7.1.1 Neto sedanja vrednost investicije za toplotno črpalko zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem

Tabela 13 prikazuje neto sedanjo vrednost investicije v TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem, pri 6 % diskontni stopnji. Skupni odhodki zajemajo investicijo v izgradnjo sistema ter obratovalne stroške, skupni donosi oziroma prihranki pa sredstva, ki jih prihranimo pri porabi kurilnega olja, če se odločimo za ogrevanje s toplotno črpalko. Izračun je prikazan za obdobje 15 let.

Tabela 13: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem

Časovna obdobja		Skupni donosi Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskont.	Diskontna stopnja $r = 6\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $\frac{1}{(1 + r)^i}$	Skupni donosi Sd pri 6% diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6% diskont. faktorju
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2012	0	9156,00	1	1	0	9156,00
1	2013	1349,16	320,32	1,06	0,94	1268,21	301,10
2	2014	1349,16	320,32	1,12	0,89	1200,75	285,08
3	2015	1349,16	320,32	1,19	0,84	1133,29	269,07
4	2016	1349,16	320,32	1,26	0,79	1065,84	253,05
5	2017	1349,16	320,32	1,34	0,75	1011,87	240,24
6	2018	1349,16	320,32	1,42	0,70	944,41	224,22
7	2019	1349,16	320,32	1,50	0,67	903,94	214,61
8	2020	1349,16	320,32	1,59	0,63	849,97	201,80
9	2021	1349,16	320,32	1,69	0,59	796,00	188,99
10	2022	1349,16	320,32	1,79	0,56	755,53	179,38
11	2023	1349,16	320,32	1,90	0,53	715,05	169,77
12	2024	1349,16	320,32	2,01	0,50	674,58	160,16
13	2025	1349,16	320,32	2,13	0,47	634,11	150,55
14	2026	1349,16	320,32	2,26	0,44	593,63	140,94
15	2027	1349,16	320,32	2,40	0,42	566,65	134,53
Skupaj		20237,40	13960,80			13113,84	12269,51
NSV		Sd - So = 6276,60				Sd - So = 844,33	

$$NSV = Sd - So = 13113,84 - 12269,51 = 844,33 > 0$$

Neto sedanja vrednost je pozitivna in pri 6% diskontni stopnji znaša **844,33 EUR**, kar pomeni da je projekt sprejemljiv. Izračuni so pokazali, da bi samo s prihrankom pri stroških energenta (kurilnega olja), pokrili celotno investicijo v toplotno črpalko in stroške obratovanja za obdobje 15 let. Pri tem bi prihranili še 844,33 EUR sedanje vrednosti kapitala.

V primeru, da se cena kurilnega olja poenoti s ceno dizel goriva bi neto sedanja vrednost, pri 6 % diskontni stopnji znašala **4.910,51 EUR**. Izračun je prikazan v prilogi 2 – tabela 1.

7.1.2 Neto sedanja vrednost investicije za toplotno črpalko zemlja/voda z zemeljsko sondo

Tabela 14 prikazuje neto sedanjo vrednost investicije v TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo. Skupni odhodki zajemajo investicijo v izgradnjo sistema ter obratovalne stroške, skupni donosi oziroma prihranki pa sredstva, ki jih prihranimo pri porabi kurilnega olja, če se odločimo za ogrevanje s toplotno črpalko. Izračun je prikazan za obdobje 15 let.

Tabela 14: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo

Časovna obdobja		Skupni donosi Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskont.	Diskontna stopnja $r = 6\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $\frac{1}{(1 + r)^i}$	Skupni donosi Sd pri 6% diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6% diskont. faktorju
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2012	0	12669,00	1	1	0	12669,00
1	2013	1349,16	287,82	1,06	0,94	1268,21	270,55
2	2014	1349,16	287,82	1,12	0,89	1200,75	256,16
3	2015	1349,16	287,82	1,19	0,84	1133,29	241,77
4	2016	1349,16	287,82	1,26	0,79	1065,84	227,38
5	2017	1349,16	287,82	1,34	0,75	1011,87	215,87
6	2018	1349,16	287,82	1,42	0,70	944,41	201,47
7	2019	1349,16	287,82	1,50	0,67	903,94	192,84
8	2020	1349,16	287,82	1,59	0,63	849,97	181,33
9	2021	1349,16	287,82	1,69	0,59	796,00	169,81
10	2022	1349,16	287,82	1,79	0,56	755,53	161,18
11	2023	1349,16	287,82	1,90	0,53	715,05	152,54
12	2024	1349,16	287,82	2,01	0,50	674,58	143,91
13	2025	1349,16	287,82	2,13	0,47	634,11	135,28
14	2026	1349,16	287,82	2,26	0,44	593,63	126,64
15	2027	1349,16	287,82	2,4	0,42	566,65	120,88
Skupaj		20237,40	16986,30			13113,84	15466,61
NSV		Sd - So = 3251,10				Sd - So = -2352,77	

$$NSV = Sd - So = 13113,84 - 15466,61 = -2352,77 < 0$$

Neto sedanja vrednost je negativna, in pri 6 % diskontni stopnji znaša **-2.352,77 EUR**, kar pomeni da skupni odhodki presegajo skupne prihranke. To je predvsem

zaradi višje začetne investicije v toplotno črpalko. Teoretično se taka investicija ne izplača.

V primeru, da se cena kurilnega olja poenoti s ceno dizel goriva pa bi neto sedanja vrednost postala pozitivna in bi znašala **1.713,88 EUR**. Izračun je prikazan v prilogi 2 – tabela 2.

7.1.3 Neto sedanja vrednost investicije za toplotno črpalko zrak/voda

Tabela 15 prikazuje neto sedanjo vrednost investicije v TČ zrak/voda. Skupni odhodki zajemajo investicijo v izgradnjo sistema ter obratovne stroške, skupni donosi oziroma prihranki pa sredstva, ki jih prihranimo pri porabi kurilnega olja, v primeru, da se odločimo za ogrevanje s toplotno črpalko. Izračun je prikazan za obdobje 15 let.

Tabela 15: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zrak/voda

Časovna obdobja		Skupni donosi Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskont.	Diskontna stopnja $r = 6\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $\frac{1}{(1 + r)^i}$	Skupni donosi Sd pri 6% diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6% diskont. faktorju
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2012	0	7668,00	1	1	0	7668,00
1	2013	1349,16	348,34	1,06	0,94	1268,21	327,44
2	2014	1349,16	348,34	1,12	0,89	1200,75	310,02
3	2015	1349,16	348,34	1,19	0,84	1133,29	292,61
4	2016	1349,16	348,34	1,26	0,79	1065,84	275,19
5	2017	1349,16	348,34	1,34	0,75	1011,87	261,26
6	2018	1349,16	348,34	1,42	0,70	944,41	243,84
7	2019	1349,16	348,34	1,50	0,67	903,94	233,39
8	2020	1349,16	348,34	1,59	0,63	849,97	219,45
9	2021	1349,16	348,34	1,69	0,59	796,00	205,52
10	2022	1349,16	348,34	1,79	0,56	755,53	195,07
11	2023	1349,16	348,34	1,90	0,53	715,05	184,62
12	2024	1349,16	348,34	2,01	0,50	674,58	174,17
13	2025	1349,16	348,34	2,13	0,47	634,11	163,72
14	2026	1349,16	348,34	2,26	0,44	593,63	153,27
15	2027	1349,16	348,34	2,4	0,42	566,65	146,30
Skupaj		20237,40	12893,10			13113,84	11053,86
NSV		Sd - So = 7344,30				Sd - So = 2059,98	

$$NSV = Sd - So = 13113,84 - 11053,86 = 2059,98 > 0$$

Neto sedanja vrednost je v tem primeru pozitivna in tudi najvišja. Pri 6 % diskontni stopnji znaša **2.059,98 EUR**. To pomeni, da je iz tega stališča investicija v TČ zrak/voda najugodnejša, saj prinaša največje prihranke.

V primeru, da se cena kurilnega olja poenoti s ceno dizel goriva pa bi neto sedanja vrednost znašala **6.126,63 EUR**, kar pomeni še ugodnejšo investicijo. Izračun je prikazan v prilogi 2 – tabela 3.

7.2 Interna stopnja donosnosti (prihranka)

Interna stopnja donosnosti (ISD) je pomemben kazalnik učinkovitosti projekta. Interna stopnja donosnosti prikazuje stopnjo donosnosti pri kateri se izenačijo vsi

donosi in odhodki projekta v času življenjske dobe, oziroma se sedanja vrednost projekta izenači z nič. Matematično gledano, iščemo tisto diskontno stopnjo (r), pri kateri je sedanja vrednost projekta (SV) enaka 0. To lahko naredimo z metodo interne stopnje donosnosti po enačbi (33) (Bizjak, 1996).

$$0 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Sd - So}{(1+r)^i} \quad (33)$$

V primerih, ko so donosi enaki razlika pa je le v odhodkih računamo interno stopnjo prihranka (ISP) (Bizjak, 1996).

7.2.1 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem

V tabeli 16 je prikazana neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem pri različnih diskontnih stopnjah.

Tabela 16: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem pri različnih diskontnih stopnjah

Časovna obdobja		Diskont. stopnja 0 %		Diskont. stopnja 7 %		Diskont. stopnja 8 %	
Tekoči indeks [i]	Leto	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So
0	2012	0	9156,00	0	9156,00	0	9156,00
1	2013	1349,16	320,32	1260,90	299,36	1249,22	296,59
2	2014	1349,16	320,32	1178,41	279,78	1156,69	274,62
3	2015	1349,16	320,32	1101,32	261,48	1071,01	254,28
4	2016	1349,16	320,32	1029,27	244,37	991,67	235,44
5	2017	1349,16	320,32	961,93	228,38	918,22	218,00
6	2018	1349,16	320,32	899,00	213,44	850,20	201,86
7	2019	1349,16	320,32	840,19	199,48	787,22	186,90
8	2020	1349,16	320,32	785,22	186,43	728,91	173,06
9	2021	1349,16	320,32	733,85	174,23	674,92	160,24
10	2022	1349,16	320,32	685,84	162,83	624,92	148,37
11	2023	1349,16	320,32	640,98	152,18	578,63	137,38
12	2024	1349,16	320,32	599,04	142,23	535,77	127,20
13	2025	1349,16	320,32	559,85	132,92	496,08	117,78
14	2026	1349,16	320,32	523,23	124,23	459,34	109,06
15	2027	1349,16	320,32	489,00	116,10	425,31	100,98
Skupaj		20237,40	13960,8	12288,03	12073,45	11548,11	11897,77
NSP		6276,60		214,59		-349,67	

Pri diskontni stopnji 8% je neto sedanja vrednost prihranka (NSP) = -349,67 EUR, pri diskontni stopnji 7% pa je neto sedanja vrednost prihranka (NSP) = 214,59 EUR.

Interno stopnjo prihranka izračunamo z enačbo (34) (Papler, 2010):

$$ISP = r_p + (r_n - r_p) \cdot \frac{NSP_p}{NSP_p - NSP_n} \quad (34)$$

kjer je:

ISP – interna stopnja prihranka

NSP – neto skupni prihranek (Sp – So)

r_p – diskontna stopnja pri kateri je NSP pozitiven

r_n – diskontna stopnja pri kateri je NSP negativen

NSP_p – NSP pri uporabljeni diskontni stopnji r_p

NSP_n – NSP pri uporabljeni diskontni stopnji r_n

$$ISP = 7 + (8 - 7) \cdot \frac{214,59}{214,59 - (-349,67)} = 7,4 \%$$

Interna stopnja prihranka pri TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem je 7,4 %.

7.2.2 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko zemlja/voda z zemeljsko sondo

V tabeli 17 je prikazana neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo pri različnih diskontnih stopnjah.

Tabela 17: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo pri različnih diskontnih stopnjah

Časovna obdobja		Diskont. stopnja 0 %		Diskont. stopnja 2 %		Diskont. stopnja 4 %	
Tekoči indeks [i]	Leto	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So
0	2012	0	12669,00	0	12669,00	0	12669,00
1	2013	1349,16	287,82	1322,71	282,18	1297,27	276,75
2	2014	1349,16	287,82	1296,77	276,64	1247,37	266,11
3	2015	1349,16	287,82	1271,34	271,22	1199,40	255,87
4	2016	1349,16	287,82	1246,42	265,90	1153,27	246,03
5	2017	1349,16	287,82	1221,98	260,69	1108,91	236,57
6	2018	1349,16	287,82	1198,02	255,58	1066,26	227,47
7	2019	1349,16	287,82	1174,52	250,56	1025,25	218,72
8	2020	1349,16	287,82	1151,50	245,65	985,82	210,31
9	2021	1349,16	287,82	1128,92	240,83	947,90	202,22
10	2022	1349,16	287,82	1106,78	236,11	911,44	194,44
11	2023	1349,16	287,82	1085,08	231,48	876,39	186,96
12	2024	1349,16	287,82	1063,80	226,94	842,68	179,77
13	2025	1349,16	287,82	1042,94	222,49	810,27	172,86
14	2026	1349,16	287,82	1022,49	218,13	779,11	166,21
15	2027	1349,16	287,82	1002,45	213,85	749,14	159,82
Skupaj		20237,40	16986,3	17335,71	16367,28	15000,48	15869,09
NSP		Sp – So = 3251,10		Sp – So = 968,44		Sp – So = -868,61	

Pri diskontni stopnji 4% je neto sedanja vrednost prihranka (NSP) = -868,61 EUR, pri diskontni stopnji 2% pa je neto sedanja vrednost prihranka (NSP) = 968,44 EUR.

$$ISP = 2 + (4 - 2) \cdot \frac{968,44}{968,44 - (-868,61)} = 3,0 \%$$

Interna stopnja prihranka pri TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo je 3,0 %.

7.2.3 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko zrak/voda

V tabeli 18 je prikazana neto sedanja vrednost investicije za TČ zrak/voda pri različnih diskontnih stopnjah.

Tabela 18: Neto sedanja vrednost investicije za TČ zrak/voda pri različnih diskontnih stopnjah

Časovna obdobja		Diskont. stopnja 0 %		Diskont. stopnja 9 %		Diskont. stopnja 10 %	
Tekoči indeks [i]	Leto	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So	Skupni prihranki Sp	Skupni odhodki So
0	2012	0	7668,00	0	7668,00	0	7668,00
1	2013	1349,16	348,34	1237,76	319,58	1226,51	316,67
2	2014	1349,16	348,34	1135,56	293,19	1115,01	287,88
3	2015	1349,16	348,34	1041,80	268,98	1013,64	261,71
4	2016	1349,16	348,34	955,78	246,77	921,49	237,92
5	2017	1349,16	348,34	876,86	226,40	837,72	216,29
6	2018	1349,16	348,34	804,46	207,70	761,57	196,63
7	2019	1349,16	348,34	738,04	190,55	692,33	178,75
8	2020	1349,16	348,34	677,10	174,82	629,39	162,50
9	2021	1349,16	348,34	621,19	160,39	572,18	147,73
10	2022	1349,16	348,34	569,90	147,14	520,16	134,30
11	2023	1349,16	348,34	522,84	134,99	472,87	122,09
12	2024	1349,16	348,34	479,67	123,85	429,88	110,99
13	2025	1349,16	348,34	440,07	113,62	390,80	100,90
14	2026	1349,16	348,34	403,73	104,24	355,28	91,73
15	2027	1349,16	348,34	370,40	95,63	322,98	83,39
Skupaj		20237,40	12893,1	10875,16	10475,86	10261,82	10317,50
NSP		7344,30		399,30		-55,68	

Pri diskontni stopnji 10 % je neto sedanja vrednost prihranka (NSP) = -55,68 EUR, pri diskontni stopnji 9 % pa je neto sedanja vrednost prihranka (NSP) = 399,30 EUR.

$$ISP = 9 + (10 - 9) \cdot \frac{399,30}{399,30 - (-55,68)} = 9,9 \%$$

Interna stopnja prihranka pri TČ zrak/voda je 9,9 %.

Tudi v tem primeru se je TČ zrak/voda z interno stopnjo prihranka 9,9 % izkazala za najugodnejšo investicijo.

7.3 Ostali kazalniki učinkovitosti in uspešnosti

Pomembni kazalniki učinkovitosti projekta so tudi kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti, kazalnik donosnosti ali rentabilnosti investicijskih naložb in kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnosti vlaganj. Ti kazalniki so pri različnih diskontnih stopnjah različni, običajno pa jih računamo za diskontno stopnjo, ki je uporabljena za izračun sedanje vrednosti projekta (Bizjak, 1996). V našem primeru je diskontna stopnja 6 %.

7.3.1 Kazalnik gospodarnosti

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti prikazuje razmerje med donosi in odhodki projekta. Projekt je uspešen, ko je vrednost kazalnika večja od 1.

Kazalnik izračunamo z enačbo (35) (Bizjak, 2004):

$$E = \frac{S_d}{S_o} \quad (35)$$

kjer je:

E – kazalnik gospodarnosti

S_d – skupni donosi projekta

S_o – skupni odhodki projekta

V tabeli 19 so prikazani kazalniki gospodarnosti (E) za posamezno vrsto toplotne črpalke.

Tabela 19: Kazalniki gospodarnosti (E) za posamezno vrsto toplotne črpalke

	Sd	So	E
TČ zemlja/voda s horizont. zemeljskim kolektorjem	13113,8	12269,5	1,069
TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo	13113,8	15466,6	0,848
TČ zrak/voda	13113,8	11053,9	1,186

7.3.2 Kazalnik donosnosti naložb

Kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb (D) je v odstotkih izraženo razmerje med dobičkom (NSV donosov – NSV odhodkov) in investicijskim vložkom. Izračunamo ga z enačbo (36) (Papler in Basej, 2011).

$$D = \frac{Sd - So}{N} \cdot 100 \% \quad (36)$$

kjer je:

D – kazalnik donosnosti ali rentabilnosti naložb

N – naložba

Sd – skupni donosi projekta

So – skupni odhodki projekta

V tabeli 20 so prikazani kazalniki donosnosti naložb (D) za posamezno vrsto toplotne črpalke.

Tabela 20: Kazalniki donosnosti naložb (D) za posamezno vrsto toplotne črpalke

	Sd	So	N	D (%)
TČ zemlja/voda s horizont. zemeljskim kolektorjem	13113,8	12269,5	9156	9,222
TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo	13113,8	15466,6	12669	-18,571
TČ zrak/voda	13113,8	11053,9	7668	26,865

7.3.3 Kazalnik donosnosti odhodkov

Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj (D_o) je v odstotkih izraženo razmerje med dobičkom (NSV donosov – NSV odhodkov) in NSV odhodkov. Kazalnik donosnosti odhodkov izračunamo s pomočjo enačbe (37) (Papler in Basej, 2011).

$$D_o = \frac{S_d - S_o}{S_o} \cdot 100 \% \quad (37)$$

kjer je:

D_o – kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj

S_d – skupni donosi projekta

S_o – skupni odhodki projekta

V tabeli 21 so prikazani kazalniki donosnosti odhodkov (D_o) za posamezno vrsto toplotne črpalke.

Tabela 21: Kazalniki donosnosti odhodkov (D_o) za posamezno vrsto toplotne črpalke

	S_d	S_o	D_o (%)
TČ zemlja/voda s horizont. zemeljskim kolektorjem	13113,8	12269,5	6,882
TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo	13113,8	15466,6	-15,212
TČ zrak/voda	13113,8	11053,9	18,636

Vsi kazalniki so bili izračunani pri diskontni stopnji 6 %.

8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo na konkretnem primeru dokazali, da je ogrevalni sistem z uporabo toplotne črpalke zelo praktičen in konkurenčen. Dosegli smo zastavljene cilje in dobili odgovore na predhodno zastavljena vprašanja. Za ogrevanje konkretnega objekta smo določili verzijo TČ zrak/voda, ki se je izkazala za ekonomsko najučinkovitejšo. Interna stopnja prihranka za TČ zrak/voda, pri zastavljenih kriterijih, znaša 9,9 %. Tej sledi TČ zemlja/voda s horizontalnim zemeljskim kolektorjem, katere interna stopnja prihranka dosega vrednost 7,4 %. Na zadnjem mestu pa je TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo, ki po zastavljenih kriterijih ni dosegla pozitivne sedanje vrednosti, interna stopnja prihranka pa znaša 3 %. TČ voda/voda smo iz izračuna izločili, ker predvideno nimamo na razpolago primernega vira toplote. Je pa v praksi ta način zelo racionalen, saj ob primerni toploti primarnega vira obratuje z najnižjimi stroški. Pred odločitvijo za investicijo pa bi se bilo smiselno posvetovati s strokovnjakom na tem področju, glede izbire primerne toplotne črpalke za izbrani objekt na izbrani lokaciji. Za izbiro toplotne črpalke kot primarni vir ogrevanja se je smiselno odločiti že v fazi snovanja objekta. Temu primerno se izbere ogrevalni sistem, ki mora biti nizkotemperaturni, pa tudi izolacija zgradbe mora biti primerna. Pri TČ zrak/voda je smiselno dodati še sekundarni način ogrevanja oziroma pomoč pri ogrevanju, za dneve z zelo nizkimi zunanji temperaturami, čeprav naj bi novejša TČ zrak/voda tudi pri zunanji temperaturi do -20 °C še vedno lahko pokrivala toplotne izgube. Sicer na primorskem zelo poredkoma pride do tako nizkih temperatur ampak previdnost vseeno ni odveč. V našem primeru bomo vgradili kaminsko peč na drva, zaradi lastne surovine in dobrih izkušenj iz preteklosti. Za sanitarno vodo pa bomo imeli dodaten električno-akumulacijski bojler. Za zaključek lahko rečemo, da smo v diplomski nalogi razjasnili pojem toplotnih črpal, dokazali smo, da si zaslužijo resno obravnavo in lahko računamo nanje, da bodo v bodoče prevzele vodilno vlogo v nizkotemperaturnih ogrevalnih sistemih.

9 LITERATURA

Arhem d. o. o. – Atelje za arhitekturo, urbanizem, oblikovanje in svetovanje. Dimenzioniranje toplotne črpalke za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople sanitarne vode. Pridobljeno 07.02.2012 s svetovnega spleta na: <http://www.arhem.si/pdfs/toplotna%20crpalka%20-%20dimenzioniranje%20-%20ARHEM%20doo.pdf>

AURE – Agencija za učinkovito rabo energije. Priprava tople sanitarne vode. Pridobljeno 03.02.2012 s svetovnega spleta na: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-16.PDF>

Berdajs A. (2004). Gradbeniški priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Bizjak F. (1996). Tehnološki in projektni management. Nova Gorica: Grafika Soča.

Bizjak F. (2004). Osnove ekonomike podjetja za inženirje. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Čibej J.A. (2006) – Investicije. Pridobljeno 26.02.2012 s svetovnega spleta na: http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC_ppo/JAC_E-REVIR_060516_Investicije.pdf

Ekodom – Učinkovite energetske rešitve. Pridobljeno 07.01.2012 s svetovnega spleta: <http://www.ekodom.com/>.

Eko sklad j.s. – Slovenski okoljski javni sklad. Letno poročilo 2010. Pridobljeno 05.02.2012 s svetovnega spleta na: http://www.ekosklad.si/pdf/LetnaPorocila/LP_10_slo.pdf

Ensvet – Energetsko svetovanje. Uporaba zemeljske sonde za izkoriščanje toplote kamenin. Pridobljeno 11.02.2012 s svetovnega spleta na: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT226.htm>

Ensvet – Energetsko svetovanje. Izračun letne rabe energije v stanovanjskih stavbah. Pridobljeno 03.12.2011 s svetovnega spleta na: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT152.htm>

E3 d. o. o. - Cenik za oskrbo gospodinjskih odjemalcev z električno energijo. Pridobljeno 11.02.2012 s svetovnega spleta na:

<http://www.e3.si/img/cenik%20gospodinjstvo%2001%2008%202011.pdf>

Geosonda d. o. o. - Inženiring za obnovljive vire energije. Tehnologija toplotnih črpalk. Pridobljeno 27.11.2011 s svetovnega spleta:

http://www.geosonda.com/toplotne_crpalke.php?rubrika=tehnologija

Grobovšek B. (2009). Praktična uporaba toplotnih črpalk. Ljubljana: Energetika marketing.

Grobovšek B. (2007) - Dimenzioniranje hranilnika toplote pri vgradnji toplotne črpalke. Pridobljeno 10.02.2012 s svetovnega spleta na:

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT247.htm>

Grobovšek B. (2007) - Primerjava učinkovitosti toplotnih črpalk za ogrevanje. Pridobljeno 10.02.2012 s svetovnega spleta na:

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT318.htm>

Jejčič M. – Zapiski iz pogovora z Miranom Severjem iz podjetja Inštalacije Sever Miran s. p. Nova Gorica, 28.01.2012

Kraut B. (1998). Krautov strojniški priročnik. 2. Ponatis 12. izdaje, izdajo pripravil Jože Puhar. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije

Medved S. (1997). Toplotna tehnika v zgradbah. Ljubljana: Univerza v Ljubljani - Fakulteta za strojništvo.

Marles hiše Maribor d. o. o. Pridobljeno 10.12.2011 s svetovnega spleta: <http://www.marles-hise.si/>.

Ostrouška R. (2011). Elaborat gradbene fizike za področje učinkovite rabe energije v stavbah – za objekt Marko Žiberna, Sežana.

Papler D. (2010). Postopek izračuna, ekonomika elektroenergetskega projekta. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici – Poslovno tehniška fakulteta.

Papler D., Basej J. (2010). Izkoriščanje primarnega vira energije s toplotno črpalko - primer dobre prakse. Bled: Forum OVE 2010.

Papler D., Basej J. (2011). Energetska učinkovitost na primeru toplotne črpalke. Ljubljana: 10. konferenca slovenskih elektroenergetikov.

Petrol d. d. – Cena kurilnega olja. Pridobljeno 04.03.2012 s svetovnega spleta na: <http://www.petrol.si/energija-za-dom/izdelki/kurilno-olje/informativni-izracun>

Termotehnika d. o. o. – Cenik/katalog. Pridobljeno 12.02.2012 s svetovnega spleta na: <http://www.termotehnika.com/cenik.php>

Termotehnika d. o. o. Subvencije, krediti, dovoljenja. Pridobljeno 03.12.2011 s svetovnega spleta na: http://www.termotehnika.com/subvencije_kred_dovoljenja.php

Uradni list RS, št 79/2007. Pravilnik o vsebini vloge za pridobitev vodnega dovoljenja in o vsebini vloge za pridobitev dovoljenja za raziskavo podzemnih voda (3. člen). Pridobljeno 16.03.2012 s svetovnega spleta: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=82052>

Uradni list RS, št. 77/2009. Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb – priloga 5. Pridobljeno 13.12.2011 s svetovnega spleta: http://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-077-03362-OB~P005-0000.PDF

Uradni list RS, št 52/2010. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (16. člen). Pridobljeno 13.12.2011 s svetovnega spleta: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727>

PRILOGE

PRILOGA 1 – TOPLOTNE IZGUBE

V prilogi 1 so v tabelah od 1 do 11 prikazani izračuni toplotnih izgub ostalih prostorov objekta: tabela 1 – kuhinja z jedilnico, tabela 2 – pralnica, tabela 3 – shramba, tabela 4 sanitarije, tabela 5 – prostor pod stopniščem, tabela 6 – hodnik v pritličju, tabela 7 – stopnišče, tabela 8 – galerija, tabela 9 – soba 2, tabela 10 – kopalnica 2 in tabela 11 – hodnik v mansardi.

Tabela 1: Toplotne izgube – kuhinja z jedilnico

Pozicija	PRITLIČJE - 2	Površina: [m ²]			25,8	Volumen: [m ³]			64,5		
Naziv	KUHINJA Z JEDILNICO	Temperatura prostora [°C]			20	Zunanja računska temperatura [°C]			-10		
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	ZS3	NS1	T	S	O1	O2	O3	O4
	Smer neba	S	V	J	Z	/	/	Z	J	Z	Z
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	29,6	13,0	23,0	35,3	/	/	/	/
	Dolžina [m]	6,63	3,89	4,32	3,17	6,63	6,63	1,00	1,00	1,00	1,00
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	3,89	3,89	1,20	1,20	1,20	2,20
	Površina [m ²]	16,58	9,73	10,80	7,93	25,79	25,8	1,20	1,20	1,20	2,20
	Odbitek površine [m ²]	1,20	1,20	3,40	0,00	1,73	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00
	Računska površina [m ²]	15,38	8,53	7,40	7,93	24,06	24,06	1,20	1,20	1,20	2,20
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,14	0,79	0,24	0,35	1,30	1,30	1,30	1,30
	T _p - T _z [K]	30	30	30	5	20	0	30	30	30	30
	Trans. toplot. izgube [W]	64,6	35,8	31,1	31,3	113,6	0,0	46,8	46,8	46,8	85,8
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				502,5						
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				322,5						
	Skupne toplotne izgube [W]				825,0						

Tabela 2: Toplotne izgube – pralnica

Pozicija	PRITLIČJE - 3	Površina: [m ²]				4,8	Volumen: [m ³]			12,0
Naziv	PRALNICA	Temperatura prostora [°C]				20	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	NS1	NS2	NS3	T	S	O1		
	Smer neba	Z	S	V	J	/	/	Z		
	Debelina stene [cm]	29,6	13,0	13,0	13,0	23,0	35,3	/		
	Dolžina [m]	2,10	2,30	2,10	2,30	2,10	2,10	1,00		
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,30	2,30	1,20		
	Površina [m ²]	5,25	5,75	5,25	5,75	4,83	4,83	1,20		
	Odbitek površine [m ²]	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Računska površina [m ²]	4,05	5,75	5,25	5,75	4,83	4,83	1,20		
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,79	0,79	0,79	0,24	0,35	1,30		
	T _p - T _z [K]	30	5	5	0	20	0	30		
Trans. toplot. izgube [W]	17,0	22,7	20,7	0,0	22,8	0,0	46,8			
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				130,1					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				60,0					
	Skupne toplotne izgube [W]				190,1					

Tabela 3: Toplotne izgube – shramba

Pozicija	PRITLIČJE - 4	Površina: [m ²]				4,8	Volumen: [m ³]			12,0
Naziv	SHRAMBA	Temperatura prostora [°C]				15	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	NS1	NS2	T	S	O1		
	Smer neba	Z	S	V	J	/	/	Z		
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	13,0	13,0	23,0	35,3	/		
	Dolžina [m]	2,10	2,30	2,10	2,30	2,10	2,10	1,00		
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,30	2,30	1,20		
	Površina [m ²]	5,25	5,75	5,25	5,75	4,83	4,83	1,20		
	Odbitek površine [m ²]	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Računska površina [m ²]	5,25	4,55	5,25	5,75	4,83	4,83	1,20		
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,79	0,79	0,24	0,35	1,30		
	T _p - T _z [K]	25	25	0	0	15	0	25		
Trans. toplot. izgube [W]	18,4	15,9	0,0	0,0	17,1	0,0	39,0			
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				90,4					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				50,0					
	Skupne toplotne izgube [W]				140,4					

Tabela 4: Toplotne izgube – sanitarije

Pozicija	PRITLIČJE - 5	Površina: [m ²]				3,4	Volumen: [m ³]			8,5
Naziv	SANITARIJE	Temperatura prostora [°C]				20	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	NS1	NS2	NS3	T	S	O1		
	Smer neba	S	V	J	Z	/	/	Z		
	Debelina stene [cm]	29,6	13,0	13,0	13,0	23,0	35,3	/		
	Dolžina [m]	2,30	1,48	2,30	1,48	2,30	2,30	0,70		
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	1,48	1,48	1,20		
	Površina [m ²]	5,75	3,7	5,75	3,70	3,40	3,40	0,84		
	Odbitek površine [m ²]	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Računska površina [m ²]	4,91	3,70	5,75	3,70	3,40	3,40	0,84		
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,79	0,79	0,79	0,24	0,35	1,30		
	T _p - T _z [K]	30	0	5	5	20	0	30		
Trans. toplot. izgube [W]	20,6	0,0	22,7	14,6	16,1	0,0	32,8			
Rezultati	Skupne transmisivne toplotne izgube [W]				106,8					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				42,5					
	Skupne toplotne izgube [W]				149,3					

Tabela 5: Toplotne izgube – prostor pod stopniščem

Pozicija	PRITLIČJE - 6	Površina: [m ²]				4,35	Volumen: [m ³]			5,44
Naziv	PROSTOR POD STOPNIŠČEM	Temperatura prostora [°C]				15	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	T								
	Smer neba	/								
	Debelina stene [cm]	23,0								
	Dolžina [m]	2,60								
	Širina/višina [m]	2,00								
	Površina [m ²]	5,20								
	Odbitek površine [m ²]	0,85								
	Računska površina [m ²]	4,35								
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,24								
	T _p - T _z [K]	15								
Trans. toplot. izgube [W]	15,4									
Rezultati	Skupne transmisivne toplotne izgube [W]				15,4					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				22,7					
	Skupne toplotne izgube [W]				38,1					

Tabela 6: Toplotne izgube – hodnik pritličje

Pozicija	PRITLIČJE - 7	Površina: [m ²]	3,1	Volumen: [m ³]	7,75
Naziv	HODNIK	Temperatura prostora [°C]	15	Zunanja računska temperatura [°C]	-10
Računske karakteristike	Oznaka	T			
	Smer neba	/			
	Debelina stene [cm]	23,0			
	Dolžina [m]	2,66			
	Širina/višina [m]	1,16			
	Površina [m ²]	3,09			
	Odbitek površine [m ²]	0,00			
	Računska površina [m ²]	3,09			
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,24			
	T _p - T _z [K]	15			
	Trans. toplot. izgube [W]	10,9			
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]		10,9		
	Ventilacijske toplotne izgube [W]		32,3		
	Skupne toplotne izgube [W]		43,2		

Tabela 7: Toplotne izgube – stopnišče

Pozicija	MANSARDA - 1	Površina: [m ²]	4,35	Volumen: [m ³]	10,88
Naziv	STOPNIŠČE	Temperatura prostora [°C]	15	Zunanja računska temperatura [°C]	-10
Računske karakteristike	Oznaka	ST			
	Smer neba	/			
	Debelina stene [cm]	37,3			
	Dolžina [m]	2,60			
	Širina/višina [m]	2,00			
	Površina [m ²]	5,20			
	Odbitek površine [m ²]	0,85			
	Računska površina [m ²]	4,35			
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,16			
	T _p - T _z [K]	25			
	Trans. toplot. izgube [W]	17,4			
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]		17,4		
	Ventilacijske toplotne izgube [W]		45,3		
	Skupne toplotne izgube [W]		62,7		

Tabela 8: Toplotne izgube – galerija

Pozicija	MANSARDA - 2	Površina: [m ²]			7,05	Volumen: [m ³]			17,63
Naziv	GALERIJA	Temperatura prostora [°C]			15	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ST	O1						
	Smer neba	/	V						
	Debelina stene [cm]	37,3	/						
	Dolžina [m]	4,90	1,00						
	Širina/višina [m]	2,50	2,20						
	Površina [m ²]	12,25	2,20						
	Odbitek površine [m ²]	0,00	0,00						
	Računska površina [m ²]	12,25	2,20						
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,16	1,3						
	Tp - Tz [K]	25	25						
	Trans. toplot. izgube [W]	49,0	81,5						
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				130,5				
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				73,4				
	Skupne toplotne izgube [W]				203,9				

Tabela 9: Toplotne izgube – soba 2

Pozicija	MANSARDA - 4	Površina: [m ²]				11,30	Volumen: [m ³]			28,25
Naziv	SOBA - 2	Temperatura prostora [°C]				20	Zunanja računsko temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ZS2	NS1	NS2	T	ST	O1		
	Smer neba	V	J	Z	S	/	/	Z		
	Debelina stene [cm]	29,6	29,6	13,0	13,0	23,0	37,3	/		
	Dolžina [m]	2,76	4,10	2,76	4,10	2,76	2,76	1,00		
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	4,10	4,10	1,20		
	Površina [m ²]	6,90	10,25	6,90	10,25	11,32	11,32	1,20		
	Odbitek površine [m ²]	0,00	1,20	0	0	0	0	0		
	Računska površina [m ²]	6,90	9,05	6,90	10,25	11,32	11,32	1,20		
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,14	0,79	0,79	0,24	0,16	1,30		
	Tp - Tz [K]	30	30	0	5	0	30	30		
Trans. toplot. izgube [W]	29,0	38,0	0,0	40,5	0,0	54,3	46,8			
Rezultati	Skupne transmisijske toplotne izgube [W]				208,6					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				141,3					
	Skupne toplotne izgube [W]				349,8					

Tabela 10: Toplotne izgube – kopalnica 2

Pozicija	MANSARDA - 6	Površina: [m ²]				7,2	Volumen: [m ³]			18,0
Naziv	KOPALNICA - 2	Temperatura prostora [°C]				24	Zunanja računski temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	NS1	NS2	NS3	T	ST	O1		
	Smer neba	Z	S	V	J	/	/	Z		
	Debelina stene [cm]	29,6	13,0	13,0	13,0	35,3	37,3	/		
	Dolžina [m]	1,95	3,70	1,95	3,70	3,70	3,70	1,00		
	Širina/višina [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	1,95	1,95	1,20		
	Površina [m ²]	4,88	9,25	4,88	9,25	7,22	7,22	1,20		
	Odbitek površine [m ²]	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Računska površina [m ²]	3,68	9,25	4,88	9,25	7,22	7,22	1,20		
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,79	0,79	0,79	0,35	0,16	1,30		
	Tp - Tz [K]	34	0	9	4	9	34	34		
	Trans. toplot. izgube [W]	17,5	0,0	34,7	29,2	22,7	39,2	53,0		
Rezultati	Skupne transmisivske toplotne izgube [W]				196,4					
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				102,0					

Tabela 11: Toplotne izgube – hodnik mansarda

Pozicija	MANSARDA - 7	Površina: [m ²]			3,10	Volumen: [m ³]			7,75
Naziv	HODNIK	Temperatura prostora [°C]			15	Zunanja računski temperatura [°C]			-10
Računske karakteristike	Oznaka	ZS1	ST						
	Smer neba	S	/						
	Debelina stene [cm]	29,6	37,3						
	Dolžina [m]	2,11	2,11						
	Širina/višina [m]	2,50	1,47						
	Površina [m ²]	5,28	3,10						
	Odbitek površine [m ²]	0,00	0,00						
	Računska površina [m ²]	5,28	3,10						
	Koef. prehoda [W/m ² K]	0,14	0,16						
	Tp - Tz [K]	25	25						
	Trans. toplot. izgube [W]	18,5	12,4						
Rezultati	Skupne transmisivske toplotne izgube [W]				30,9				
	Ventilacijske toplotne izgube [W]				32,3				
	Skupne toplotne izgube [W]				63,2				

PRILOGA 2 – NETO SEDANJA VREDNOST

V prilogi 2 so tabele od 1 do 3, ki prikazujejo neto sedanjo vrednost pri 6 % diskontni stopnji. Skupni odhodki zajemajo investicijo v izgradnjo sistema ter obratovalne stroške, skupni donosi oziroma prihranki pa sredstva, ki jih prihranimo pri porabi dizelskega goriva, če se odločimo za ogrevanje s toplotno črpalko. Izračun je prikazan za obdobje 15 let.

Tabela 1 prikazuje neto sedanjo vrednost investicije v TČ zemlja/voda s horizontalnim kolektorjem.

Tabela 1: Sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda s horizontalnim kolektorjem v primerjavi z dizelskim gorivom

Časovna obdobja		Skupni donosi (prihranki) Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskont.	Diskontna stopnja $r = 6\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $\frac{1}{(1 + r)^n}$	Skupni donos Sd pri 6% diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6% diskont. faktorju
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2012	0	9156,00	1	1	0	9156,00
1	2013	1767,54	320,32	1,06	0,94	1661,488	301,10
2	2014	1767,54	320,32	1,12	0,89	1573,11	285,08
3	2015	1767,54	320,32	1,19	0,84	1484,73	269,07
4	2016	1767,54	320,32	1,26	0,79	1396,36	253,05
5	2017	1767,54	320,32	1,34	0,75	1325,655	240,24
6	2018	1767,54	320,32	1,42	0,70	1237,28	224,22
7	2019	1767,54	320,32	1,50	0,67	1184,25	214,61
8	2020	1767,54	320,32	1,59	0,63	1113,55	201,80
9	2021	1767,54	320,32	1,69	0,59	1042,85	188,99
10	2022	1767,54	320,32	1,79	0,56	989,82	179,38
11	2023	1767,54	320,32	1,90	0,53	936,80	169,77
12	2024	1767,54	320,32	2,01	0,50	883,77	160,16
13	2025	1767,54	320,32	2,13	0,47	830,74	150,55
14	2026	1767,54	320,32	2,26	0,44	777,72	140,94
15	2027	1767,54	320,32	2,40	0,42	742,37	134,53
Skupaj		26513,10	13960,80			17180,49	12269,51
SV		Sd - So = 12552,30				Sd - So = 4910,51	

Tabela 2 prikazuje neto sedanjo vrednost investicije v TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo.

Tabela 2: Sedanja vrednost investicije za TČ zemlja/voda z zemeljsko sondo v primerjavi z dizelskim gorivom

Časovna obdobja		Skupni donosi (prihranki) Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskont.	Diskontna stopnja $r = 6\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $\frac{1}{(1 + r)^n}$	Skupni donos Sd pri 6% diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6% diskont. faktorju
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2012	0	12669,00	1	1	0	12669,00
1	2013	1767,54	287,82	1,06	0,94	1661,488	270,55
2	2014	1767,54	287,82	1,12	0,89	1573,11	256,16
3	2015	1767,54	287,82	1,19	0,84	1484,73	241,77
4	2016	1767,54	287,82	1,26	0,79	1396,36	227,38
5	2017	1767,54	287,82	1,34	0,75	1325,655	215,87
6	2018	1767,54	287,82	1,42	0,70	1237,28	201,47
7	2019	1767,54	287,82	1,50	0,67	1184,25	192,84
8	2020	1767,54	287,82	1,59	0,63	1113,55	181,33
9	2021	1767,54	287,82	1,69	0,59	1042,85	169,81
10	2022	1767,54	287,82	1,79	0,56	989,82	161,18
11	2023	1767,54	287,82	1,90	0,53	936,80	152,54
12	2024	1767,54	287,82	2,01	0,50	883,77	143,91
13	2025	1767,54	287,82	2,13	0,47	830,74	135,28
14	2026	1767,54	287,82	2,26	0,44	777,72	126,64
15	2027	1767,54	287,82	2,4	0,42	742,37	120,88
Skupaj		26513,10	16986,30			17180,49	15466,61
SV		Sd - So = 9526,80				Sd - So = 1713,88	

Tabela 3 prikazuje neto sedanjo vrednost investicije v TČ zrak/voda..

Tabela 3: Sedanja vrednost investicije za TČ zrak/voda

Časovna obdobja		Skupni donosi (prihranki) Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskont.	Diskontna stopnja $r = 6\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $\frac{1}{(1 + r)^n}$	Skupni donos Sd pri 6% diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6% diskont. faktorju
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2012	0	7668,00	1	1	0	7668,00
1	2013	1767,54	348,34	1,06	0,94	1661,488	327,44
2	2014	1767,54	348,34	1,12	0,89	1573,11	310,02
3	2015	1767,54	348,34	1,19	0,84	1484,73	292,61
4	2016	1767,54	348,34	1,26	0,79	1396,36	275,19
5	2017	1767,54	348,34	1,34	0,75	1325,655	261,26
6	2018	1767,54	348,34	1,42	0,70	1237,28	243,84
7	2019	1767,54	348,34	1,50	0,67	1184,25	233,39
8	2020	1767,54	348,34	1,59	0,63	1113,55	219,45
9	2021	1767,54	348,34	1,69	0,59	1042,85	205,52
10	2022	1767,54	348,34	1,79	0,56	989,82	195,07
11	2023	1767,54	348,34	1,90	0,53	936,80	184,62
12	2024	1767,54	348,34	2,01	0,50	883,77	174,17
13	2025	1767,54	348,34	2,13	0,47	830,74	163,72
14	2026	1767,54	348,34	2,26	0,44	777,72	153,27
15	2027	1767,54	348,34	2,4	0,42	742,37	146,30
Skupaj		26513,10	12893,10			17180,49	11053,86
SV		Sd - So = 13620,00				Sd - So = 6126,63	