



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetik
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
inštalacije

**EKONOMSKA IN EKOLOŠKA ANALIZA
INVESTICIJE V TOPLOTNO ČRPALKO
PRED IN V KRIZNEM OBDOBJU**

Mentor: doc. dr. Drago Papler, mag. gosp. inž.
Lektorica: Ksenija Pečnik, prof. slov.

Kandidat: Urban Leskovšek

Ljubljana, januar 2023

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Dragu Paplerju, mag. gosp. inž., za pomoč in vodenje pri pripravi diplomskega dela.

Hvala Henriku Bajdi in podjetju OZE, d. o. o., za strokovno pomoč in informacije.

Hvala tudi podjetju Elektro Ljubljana, ki je finančno podprlo moj študij.

Posebna zahvala pa gre posebni osebi, ki bo ostala posebna v tem, da ostane neimenovana.

IZJAVA

Študent Urban Leskovšek izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Draga Paplerja, mag. gosp. inž.

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

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V diplomskem delu sta predstavljena toplotna črpalka tipa zrak/voda in njeno delovanje. Predstavljena je zamenjava ogrevalnega sistema s toplotno črpalko na konkretnem primeru, ki je bil realiziran konec leta 2019, ko so bile cene energentov bistveno nižje kot danes. Nadalje so glede na cene energentov in naložbe izdelani izračuni za leta 2020 (prvo leto epidemije COVID-19), 2021 (drugo leto epidemije COVID-19) in 2022 (kriza zaradi vojne v Ukrajini), rezultati primerjave pa so posledično drugačni od današnjih. Izdelane so primerjave ekonomskih kazalnikov in odstopanja v normalnem letu ter pri tveganjih zaradi povečanja cene naložbe, povečanja stroškov in sprememb prihrankov zaradi gibanja cen energentov.

Predstavljeni so stroški naložbe, ekonomska analiza naložbe, tehnični podatki vgrajene toplotne črpalke in vplivi na okolje. Narejena je primerjava med prejšnjim ogrevalnim sistemom na kurilno olje in med toplotno črpalko. Za ta dva ogrevalna sistema so prikazani dejanska poraba, finančni prihranki in prihranki emisij ogljikovega dioksida.

KLJUČNE BESEDE

- toplotna črpalka
- ekonomska analiza
- naložba
- kriza
- stroški naložbe

ABSTRACT

The thesis presents the air/water type heat pump and its operation. The replacement of the heating system with a heat pump is presented with a concrete example, which was realized at the end of 2019, when the prices of energy products were significantly lower than today. Furthermore, based on energy prices and investments, calculations for 2020 (the first year of the COVID-19 epidemic), 2021 (the second year of the COVID-19 epidemic) and 2022 (the crisis due to the war in Ukraine) are made, meaning that the results of the comparison to date will be different. Comparisons of economic indicators and deviations in a normal year and risks due to an increase in the investment price, an increase in costs and changes in savings due to changes in energy prices are made.

Presented are investment costs, an economic analysis of the investment, technical data of the installed heat pump and environmental impacts. A comparison is made between the previous heating system using fuel oil and a heat pump. For these two heating systems, the actual consumption, financial savings and carbon dioxide emission savings are presented.

KEYWORDS

- heat pump
- economic analysis
- investment
- crisis
- investment costs

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Pregled literature.....	2
1.3	Predstavitev toplotnih črpalk.....	3
2	METODE DELA	4
2.1	Material	4
2.2	Metode dela	4
2.3	Podatki.....	5
3	TEHNOLOŠKI IN ENERGETSKI VIDIKI TOPLOTNIH ČRPALK	6
3.1	Opis delovanja toplotne črpalke	6
3.2	Tehnologija toplotnih črpalk.....	6
3.3	Energetski učinki toplotnih črpalk	7
3.4	Vrste toplotnih črpalk.....	8
3.5	Analiza učinkovitosti toplotnih črpalk in izbira	9
4	REŠITEV OGREVANJA ZA STANOVANJSKI OBJEKT	10
4.1	Opis stanovanjskega objekta z obstoječim stanjem ogrevanja	10
4.2	Opis lokacije postavitve toplotne črpalke	10
4.3	Opis naložbe v toplotno črpalko	11
5	EKONOMSKA IN EKOLOŠKA ANALIZA NALOŽBE	13
5.1	Mesečni stroški naložbe	13
5.2	Blažitev energetske krize in končna cena električne energije	13
5.3	Finančni rezultati in prihranki.....	15
6	EKONOMSKA ANALIZA NALOŽBE V TOPLOTNO ČRPALKO	17
6.1	Neto sedanja vrednost naložbe	17
6.1.1	Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2019 – normalno leto	18
6.1.2	Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2020 – prvo leto epidemije COVID-19.....	20
6.1.3	Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2021 – drugo leto epidemije COVID-19.....	21
6.1.4	Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2022 – energetska kriza zaradi vojne v Ukrajini	22
6.2	Interna stopnja donosnosti (prihranka)	23
6.2.1	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2019.....	23
6.2.2	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2020.....	25
6.2.3	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2021.....	27
6.2.4	Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2022.....	29
6.3	Kazalniki učinkovitosti in uspešnosti v kriznem obdobju	31
6.3.1	Kazalnik gospodarnosti	31
6.3.2	Kazalnik donosnosti naložb.....	32

6.3.3	Kazalnik donosnosti odhodkov	32
6.3.4	Primerjava ekonomskih kazalnikov	33
7	ZAKLJUČEK	35
8	LITERATURA IN VIRI	36

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Račun	12
Tabela 2:	Dejanska električna poraba	13
Tabela 3:	Sestava končne cene električne energije za mesec avgust	14
Tabela 4:	Finančni rezultati in prihranki	15
Tabela 5:	NSV naložbe v letu 2019	18
Tabela 6:	NSV naložbe v letu 2020	20
Tabela 7:	NSV naložbe v letu 2021	21
Tabela 8:	NSV naložbe v letu 2022	22
Tabela 9:	NSD v letu 2019 pri diskontni stopnji 11 %	23
Tabela 10:	NSD v letu 2019 pri diskontni stopnji 12 %	24
Tabela 11:	NSD v letu 2020 pri diskontni stopnji 4 %	25
Tabela 12:	NSD v letu 2020 pri diskontni stopnji 5 %	26
Tabela 13:	NSD v letu 2021 pri diskontni stopnji 11 %	27
Tabela 14:	NSD v letu 2021 pri diskontni stopnji 12 %	28
Tabela 15:	NSD v letu 2022 pri diskontni stopnji 26 %	29
Tabela 16:	NSD v letu 2022 pri diskontni stopnji 27 %	30
Tabela 17:	Kazalniki gospodarnosti	31
Tabela 18:	Kazalniki donosnosti naložb	32
Tabela 19:	Kazalniki donosnosti odhodkov	33
Tabela 20:	Primerjava ekonomskih kazalnikov	33
Tabela 21:	EVS pri normalnih pogojih in pri povečanih stroških naložbe	34

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz delovanja toplotne črpalke zrak/voda	7
----------	---	---

UPORABLJENE KRATICE

ELKO:	ekstra lahko kurilno olje
ISD:	interna stopnja donosnosti
NSV:	neto sedanja vrednost
OVE:	obnovljivi viri energije
SCOP:	letno grelno število
TČ:	toplotna črpalka

1 UVOD

Pri povečevanju deleža obnovljivih virov v končni rabi energije smo med manj uspešnimi evropskimi državami, pri čemer prve ocene kažejo, da nam bo do zastavljenega cilja tudi v letu 2021 zmanjkalo nekaj odstotkov energije, pridobljene iz novih obnovljivih virov, saj bistvenih premikov na tem področju v minulem letu ni bilo. Nevarnost tveganja, da Slovenija zastavljenega 27 % deleža obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE) do leta 2030 ne bo izpolnila, je prepoznala tudi Evropska komisija, ki nas je zato v prvih mesecih leta 2022 pozvala k sprejemanju dodatnih ukrepov za olajšanje izdajanja dovoljenj za projekte OVE, vključno z vetrnimi in sončnimi elektrarnami.

Če dejansko želimo doseči zastavljene cilje in izpolniti dane energetske podnebne zaveze ter povečati stopnjo energetske samooskrbe, nas čaka še ogromno dela, pri čemer bodo ključni povezovanje sektorjev in usklajeno načrtovanje ter delovanje sistema kot celote z ustvarjanjem tesnejših povezav med proizvodnjo energije, infrastrukturo za njen prenos in distribucijo ter z vsemi sektorji porabe. Pri ugotavljanju tega, na katerih področjih oskrbe z energijo smo najbolj ranljivi in kje bi morali najprej ukrepati, je lahko v veliko pomoč tudi poročilo Agencije o aktualnem stanju energetike v Sloveniji, ki je dostopno na spletnih straneh Agencije za energijo.

»Ogrevanje gospodinjstev je področje, kjer je veliko potenciala za povečanje deleža obnovljivih virov energije v končni rabi energije. V Sloveniji se še vedno veliko gospodinjstev ogreva s pomočjo ogrevalnih sistemov, ki kot energenta izkoriščajo zemeljski plin in kurilno olje. Spodbujanje zamenjave obstoječih ogrevalnih sistemov na fosilna goriva z energetske varčnejšimi in okolju bolj prijaznimi sistemi lahko veliko doprinese k uresničitvi ciljev energetske politike« (Cvišič, 2014, str. 1).

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

»Nenehno naraščanje cen energentov in povečanje onesnaženosti ozračja zaradi uporabe fosilnih goriv je povečalo zanimanje po cenejših in okolju bolj prijaznih načinih ogrevanja. Uporabniki si želijo zanesljiv in energetske varčen ogrevalni sistem, ki jim bo omogočal nižje stroške ogrevanja in bo čim manj obremenjeval okolje. Toplotne črpalke pa nam omogočajo nižje stroške ogrevanja in do okolja prijazno delovanje« (Cvišič, 2014, str. 2).

Kakšno toplotno črpalko bomo izbrali, je najbolj odvisno od naših finančnih zmožnosti. Pomembno je narediti natančen finančni izračun, v kolikšnem času se nam bo naložba povrnila. Na toplotno črpalko moramo gledati kot na dolgoročno investicijo.

»Drugi najbolj pomemben dejavnik je zahtevnost projekta vgraditve toplotne črpalke. Projektu se zahtevnost poveča, kadar moramo zbirati dodatno dokumentacijo, pridobiti dovoljenje za izvedbo raziskave in za rabo vode, izvesti vrtnanje in cevljenje vrtnice, izvesti orientacijski črpalni poizkus itd.

Sledi mu letna poraba električne energije, ki je odvisna od moči toplotne črpalke, zato moramo izbrati črpalko, ki je primerna kvadraturi hiše, ki jo bomo ogrevali. Zadnji pomemben dejavnik, na katerega moramo biti pozorni, je energetska učinkovitost toplotne črpalke. Pomembno je, da iz porabljene energije dobimo čim več toplote za ogrevanje hiše oziroma da je grelna število čim višje« (Rus, 2018, str. 1).

Primerjava med ogrevalnima sistemoma je bila narejena na konkretnem primeru, ki je bil realiziran konec leta 2019. Takrat so bile cene energentov bistveno nižje kot danes. Glede na cene energentov in naložbe smo izdelali izračune za leta 2020 (prvo leto epidemije COVID-19), 2021 (drugo leto epidemije COVID-19) in 2022 (kriza zaradi vojne v Ukrajini), zato bodo rezultati primerjave zaradi nenehnih spreminjanj cen energentov drugačni od današnjih.

1.2 PREGLED LITERATURE

Energetska učinkovitost na primeru toplotne črpalke

K povečevanju deleža obnovljivih virov energije v končni rabi lahko veliko pripomore spodbujanje vgradnje toplotnih črpalk, ki toploto za ogrevanje pridobivajo iz obnovljivih virov, kot so okoliški zrak, voda ali zemlja.

»Elektrika kot primarni vir koristi pri okoljskih učinkih pri ogrevanju s toplotno črpalko, ki izkorišča toploto okolice in jo pretvarja v uporabno toploto za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode /.../« (Papler in Basej, 2011).

Koeficient učinkovitosti – COP

Učinkovitost toplotne črpalke prikazuje koeficient učinkovitosti (v nadaljevanju COP) oziroma sezonski koeficient učinkovitosti (v nadaljevanju SCOP). Višje vrednosti predstavljajo učinkovitejšo toplotno črpalko in pomenijo manjšo porabo energije. Te naprave so običajno veliko bolj energetske učinkovite od preprostih električnih uporovnih grelnikov, če se uporabljajo za ogrevanje prostorov. Toplotne črpalke imajo manjši ogljični odtis v primerjavi z ogrevalnimi sistemi, ki uporabljajo fosilna goriva, kot sta zemeljski plin in olje (Heat Pump Efficiency: Equation & Formula, 2021).

Skok cen električne energije v letu 2021

Zaradi večjega povpraševanja po okrepanju gospodarstva, dviga cen premoga, zemeljskega plina in emisijskih kuponov se je strošek proizvodnje električne energije v letu 2021 močno povečal, kar se je odražalo tudi v višjih cenah električne energije.

V letu 2021 se je povprečna cena energije v primerjavi z letom 2020 zvišala kar za 206 % in dosegla vrednost 115,03 EUR/MWh, kar je, zgodovinsko gledano, najvišja letna povprečna vrednost (Naš stik, 2022).

Ogljični odtis

Večina sodobnih toplotnih črpalk deluje na elektriko, zato proizvedejo manj CO₂ kot načini ogrevanja, ki kot gorivo uporabljajo olje, zemeljski plin ali pelete. Ogljični odtis toplotne črpalke bo večji, ko bo pod večjo obremenitvijo, v najbolj vročih poletnih mesecih ali najhladnejših zimskih mesecih. Ta odtis pa lahko bistveno zmanjšamo s sodobno toplotno črpalko, ki kot gorivo uporablja elektriko.

»Toplogredni plin CO₂ je mogoče še dodatno zmanjšati z napajanjem našega doma oziroma toplotne črpalke s sončno ali vetrno energijo. Vendar, ko sončne ali vetrne energije primanjkuje, moramo za ogrevanje ali hlajenje našega doma uporabljati elektriko iz našega lokalnega omrežja« (Marsh, 2018).

1.3 PREDSTAVITEV TOPLOTNIH ČRPALK

Toplotna črpalka deluje na podoben princip kot hladilnik. Pri hladilniku se tekoče snovi uparijo zaradi prejete toplotne energije iz okolice in to energijo med utekočinjanjem (kondenzacijo) oddajajo na želenem mestu (Carnotov krožni proces). Toplotna črpalka deluje v drugo smer: od okolice sprejema toplotno energijo in jo oddaja v ogrevanih prostorih, pri čemer izkorišča naravni toplotni zbiralnik okolja. Kot energetske viri se lahko uporabljajo talna in površinska voda, zemeljska toplota, sončna energija in zunanji zrak. Sistem sestavljajo štiri enote: uparjalnik, kompresor, kondenzator in dušilnik. Toplotna energija se prenaša s hladilnim sredstvom. Hladilno sredstvo v uparjalniku sprejema toplotno energijo in izpareva. Para se v kompresorju stisne (komprimira), zaradi česar se močno ogreje. Ta vroča para prenaša toplotno energijo v kondenzatorju na grelno vodo in se utekočinja. V dušilniku se hladilno sredstvo razširi (tlak se zniža na začetnega, od tam gre v uparjalnik in krožni proces se ponovi) (Wikipedia, 2022).

2 METODE DELA

2.1 MATERIAL

Predmet obravnave v tem diplomskem delu je toplotna črpalka (v nadaljevanju tudi TČ) znamke Kronoterm. Gre za slovenskega proizvajalca toplotnih črpalk, ki ima lasten razvoj in proizvodnjo v Sloveniji.

Zunanja enota TČ

V našem konkretnem primeru je bila vgrajena zunanja enota modela ADAPT 0416. Ta model ima izredno visoko sezonsko učinkovitost (SCOP 5,2). Uporabljeni so okolju prijazni elementi, ki se prijetno zlijejo z okolico. Zunanjo enoto ščiti robustno ohišje, ki kljubuje vremenskim vplivom. Ima sistem MyDesign, ki pomeni prilagoditev barve in materiala ohišja. Na voljo je v 4 barvah za lažje zlitje z okolico. S pojavnostjo in hrupom ne vzbujata pozornosti. Ista naprava se lahko uporabi za ogrevanje ali hlajenje stavbe in segrevanje sanitarne vode.

Notranja enota TČ

Toplotna črpalka ADAPT je z notranjo enoto modela HYDRO povezana z enostavno vodno cevno povezavo. Je ena od najtišjih toplotnih črpalk na tržišču. Neslišna notranja enota ji omogoča, da je tišja od delovanja računalnika. Ne emitira nobenih zvokov, ne moti okolice in se z njo zlije. Njena učinkovitost in inteligentno prilagajanje sta pripomogla k preboju na prvo mesto v sezonski učinkovitosti v Evropi (Bafa lista – primerjava učinkovitosti 1.176 toplotnih črpalk, junij 2019). (Kronoterm, 2022)

Upravljanje na daljavo

Upravljanje TČ na daljavo je možno prek aplikacije Cloud.Kronoterm - WEB modul. Želena temperaturo lahko enostavno nastavimo kar pred prihodom domov. Aplikacija omogoča, da se izognemo obiskom serviserjev, saj bodo večino napak lahko odpravili na daljavo. Ročno popisovanje porabe in stroškov ni potrebno, saj proizvedeno toploto ter njeno učinkovitost pregledno spremlja kar aplikacija sama. Umetna inteligenca bo na podlagi pridobljenega znanja delovanje prilagajala glede na vremenske napovedi ter celo glede na naše potrebe in potrebe objekta. Tako lahko z njo dosežemo do 30 % višjo učinkovitost.

2.2 METODE DELA

V tem diplomskem delu je uporabljena primerjalna metoda, kjer med seboj primerjamo več pojavov. V glavnem gre za primerjavo med prejšnjim ogrevalnim sistemom na kurilno olje in med toplotno črpalko. Med tema dvema ogrevalnima sistemoma bo nadalje uporabljena analitična metoda, kjer bomo podrobneje

ekonomsko ovrednotili naložbo v toplotno črpalko. Naložbo smo ovrednotili z metodo interne stopnje donosnosti, metodo sedanje vrednosti, oceno tveganj in negotovosti v normalnem letu 2019 in občutljivih letih zaradi zdravstvene krize (COVID-19) in energetske krize zaradi vojne v Ukrajini. Izdelane so primerjave ekonomskih kazalnikov in odstopanja v normalnem letu in pri tveganjih zaradi povečane cene naložbe, povečanja stroškov in sprememb prihrankov zaradi gibanja cen energentov.

2.3 PODATKI

Vse tehnične podatke vgrajene toplotne črpalke smo dobili na spletni strani slovenskega proizvajalca Kronoterm. Za preračun finančnih prihrankov smo upoštevali cene energentov za posamezno obdobje, ki smo jih našli na spletni strani Ministrstva za infrastrukturo – Direktorat za energijo. Vlagatelj nam je tudi podal dejansko porabo električne energije, ki jo je porabila toplotna črpalka skozi obdobje enega leta. To nam je služilo kot osnova za preračun mesečnih stroškov naložbe v normalnem letu in skozi krizna obdobja.

3 TEHNOLOŠKI IN ENERGETSKI VIDIKI TOPLOTNIH ČRPALK

3.1 OPIS DELOVANJA TOPLOTNE ČRPALKE

Toplotna črpalka je agregat, ki s pomočjo elektrike črpa (prenaša) toplotno energijo iz toplotnega vira v ogrevalni sistem. To se zgodi v zaprtem tokokrogu, kjer se tekoči delovni medij (hladivo) uparja, komprimira in ponovno utekočinja. Le tako je mogoče toplotno energijo iz nižjega temperaturnega nivoja dvigniti na višji nivo. Toplotna črpalka vsebuje tudi hladilno sredstvo, ki ostane nespremenjeno v tem tokokrogu ter se ne porablja ali pa spušča v okolje. Toplotna črpalka deluje po enakem principu kot hladilnik ali klimatska naprava. Vse omenjene naprave, tudi toplotna črpalka, sprejemajo energijo pri nižji temperaturi in jo oddajajo pri višji temperaturi. Bistveni sestavni deli toplotne črpalke so kompresor, uparjalnik, kondenzator, dušilni ventil in hladilni plin, ki služi za prenos toplote. Kompresor stisne hladilni plin pod visokim pritiskom in ga s tem segreje na višjo temperaturo. Plin pri tej temperaturi v kondenzatorju odda toploto, nato se prek dušilnega ventila razpne na nižji pritisk, s čimer se ohladi pod temperaturo vira toplote. V uparjalniku se s pomočjo vira toplote zopet segreje na prvotno temperaturo (Kronoterm, 2022).

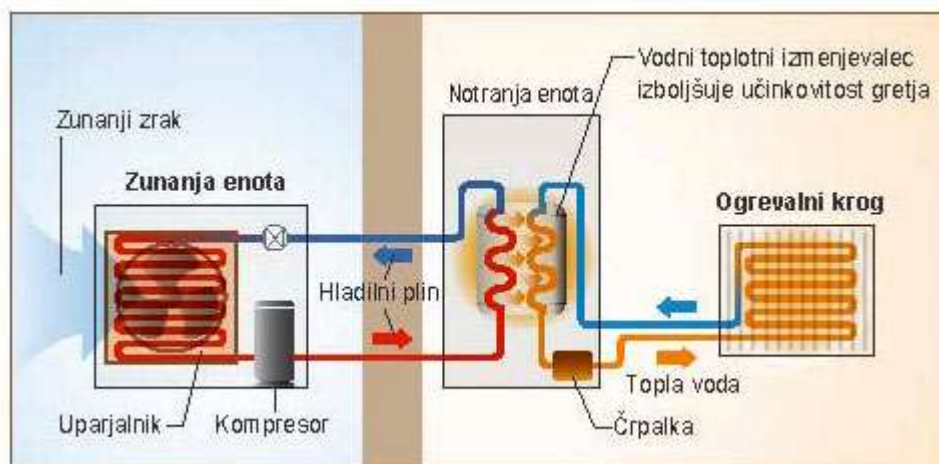
3.2 TEHNOLOGIJA TOPLOTNIH ČRPALK

»Preprosto povedano, toplotna črpalka prevzame razpoložljivo toploto iz zemlje ali zraka v okolici in jo poveča na uporabnejšo temperaturo, primerno za uporabo v domu. Ta obnovljivi vir se lahko uporabi za pripravo toplega zraka ali vode (za prostore in centralno ogrevanje) in vroče vode (za centralno ogrevanje in zagotavljanje vroče sanitarne vode)« (Bosch thermotechnology, 2022).

Toplotna črpalka deluje na naslednji način

- Vir toplote je lahko zunanji zrak ali mešanica vode, shranjena v podzemnih zbiralnikih, ki se prepiha ali prečrpa prek površine toplotnega izmenjevalnika na zunanjem delu toplotne črpalke.
- Ta toplota (čeprav je v primerjavi z notranjo temperaturo hladna) je dovolj topla, da zaradi nje posebna hladilna tekočina izpari in se spremeni v plin.
- Ta plin potem potuje skozi kompresor, kar dvigne tlak plina, zaradi česar temperatura naraste. Morda ste opazili, da se tlačilka za kolo med uporabo segreje, plini v toplotni črpalci pa se med kompresijo enako segrejejo.
- Plin (ki je zdaj segret) potuje prek notranje površine toplotnega izmenjevalnika. Ta toplota se lahko potem prepiha po prostoru ali prenese v sistem centralnega ogrevanja ali sistem za ogrevanje tople sanitarne vode.

- Ko se toplota prenese v dom, temperatura plina pade, ta pa se utekočini.
- Hladilna tekočina se vrne na zunanjo stran toplotnega izmenjevalnika in postopek se ponovi, dokler se v dom ne prenese zadostna količina toplote.



Slika 1: Prikaz delovanja toplotne črpalke zrak/voda
(Vir: LMT Grosist, 2022)

3.3 ENERGETSKI UČINKI TOPLOTNIH ČRPALK

Toplotne črpalke na splošno veljajo za okolju najbolj prijazen način ogrevanja. Za svoje delovanje izrabljajo obnovljive vire energije, in sicer vodo, zrak ali zemljo. Delež električne energije, ki ga porabljajo zgolj za delovanje, je v povprečju komaj 30 %. Ostalih 70 % toplotne energije porablja iz obnovljivih virov. Če pa za njeno delovanje izkoriščamo še sončno energijo, je toplotna črpalka pri izpustih nična (Kronoterm, 2022).

V primerjavi z ostalimi načini ogrevanja lahko v 15 letih s toplotno črpalko prihranimo do 106.646 emisij CO₂. Če te vsote enačimo z drevesi, se lahko v enakem časovnem obdobju prihrani do kar 533 dreves (Kronoterm, 2022).

V našem primeru je bila vgrajena toplotna črpalka z novim hladivom R452b, ki ne škoduje ozonu in ima 67 % nižji ogljični odtis od obstoječih hladiv. Pomembno je omeniti tudi to, da v našem primeru obravnavamo toplotne črpalke domače proizvodnje in razvoja, kar pomeni prihranek CO₂ zaradi manjka transporta. Prvič, ker so te toplotne črpalke narejene v Sloveniji in jih ni treba prevažati z drugega konca sveta, drugič pa zaradi tega, ker ni potreben vsakoletni transport goriva v primeru uporabe olja, drv ali pelet.

3.4 VRSTE TOPLOTNIH ČRPALK

Glede na vir, iz katerega toplotne črpalke zajemajo toplotno energijo, ločimo tri tipe oziroma vrste toplotnih črpalk.

- **Toplotna črpalka zrak/voda**

Te toplotne črpalke, kot vir izkoriščajo zrak. Današnje izvedbe toplotnih črpalk zrak/voda omogočajo ogrevanje tudi pri zunanji temperaturi do $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tudi pri tako nizki temperaturi zraka še vedno prihranimo 50 % vložene energije. Gre za investicijsko najcenejšo vrsto toplotnih črpalk, prav tako to velja za montažo in vzdrževanje. Toplotne črpalke zrak/voda se običajno projektirajo tako, da samostojno pokrijejo vse toplotne izgube objekta do zunanje temperature $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pod to mejo lahko toplotna črpalka deluje skupaj z drugim ogrevalnim virom. Tako pokrijemo več kot 98 % toplotnih potreb objekta z delovanjem toplotne črpalke.

- **Toplotna črpalka voda/voda**

Ta tip toplotne črpalke za svoje delovanje izkorišča toploto podtalnice. Gre za zelo ugoden energijski vir. Podtalnica ima sorazmerno konstanten temperaturni nivo, ki pa je približno med $+7$ in $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pogoj za izkoriščanje podtalnice je izgradnja dveh vrtin, za črpanje in vračanje podtalnice. V prvo vrtino se vstavi cev s potopno črpalko, katera nam potiska vodo skozi toplotno črpalko. Ta ji odvzame toplotno energijo in jo ohlajeno vrača po drugi vrtini nazaj v podtalnico. Količina vode v sesalni vrtini mora ves čas zadostovati za neprekinjeno delovanje toplotne črpalke. Pogoj za črpanje podtalnice je tudi pridobitev vodnega dovoljenja in kemična analiza podtalnice. Podtalnica je torej zaradi relativno visoke temperature idealen vir toplote, saj z njo dosegamo visoka grelna števila. Kar pomeni, da je ta vodni vir energetsko najučinkovitejši.

- **Toplotna črpalka zemlja/voda**

Za svoje delovanje izkoriščajo toplotno energijo, ki je shranjena v kameninah oziroma v zemlji, katero segreva sonce. Ta toplotni vir lahko izkoristimo za ogrevanje hiše in/ali sanitarne vode. Količina energije, ki jo lahko odzamemo zemlji, je odvisna od sestave tal, moči TČ in načina izkoriščanja. Odvzem toplote se izvaja s pomočjo tekočine, ki kroži v zaprtem cevnem sistemu. Odvzem toplote se izvaja na dva načina. Pri prvem načinu (horizontalni kolektor) so kolektorji položeni na globini od 120 do 130 cm. Pri drugem načinu pa so cevne sonde vstavljene v vrtine od 60 do 140 m (vertikalna sonda). Voda, ki kroži odda toploto toplotni črpalki, ta pa s pomočjo dodane električne energije pretvori temperaturo še na višji nivo (do $63\text{ }^{\circ}\text{C}$). Vrača pa se ohlajena za približno $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.5 ANALIZA UČINKOVITOSTI TOPLOTNIH ČRPALK IN IZBIRA

Izbor toplotne črpalke je odvisen od energetskih potreb objekta, razpoložljivega vira toplote in od odločitve, kolikšen odstotek letnih energetskih potreb objekta naj bi pokrila toplotna črpalka. Iz tega razloga izberemo pri zahtevnih objektih toplotno črpalco moči od 40 do 60 % maksimalne moči ogrevanja, ki pa vseeno pokrije relativno visok odstotek letne rabe energije za ogrevanje. »Toplotna črpalca z močjo, enako maksimalni potrebni moči objekta, pride v poštev le pri energijsko varčnih objektih« (Rus, 2018, str. 1).

Če gledamo samo z energetskega vidika, bi bila toplotna črpalca tipa voda/voda najučinkovitejša izbira. Ker pa za ta tip potrebujemo prisotnost podtalnice in dovoljenje za črpanje podtalnice, ta izbira toplotne črpalke ni smiselna.

Drugi tip toplotne črpalke je zemlja/voda, ki zaradi prostorske stiske, zahtevnosti montaže in posledično višjih stroškov izvedbe ni primeren, zato se je stranka, zaradi enostavne montaže in nizkih investicijskih stroškov, odločila za tip TČ zrak/voda.

Stranka se je odločila za nakup TČ slovenskega proizvajalca Kronoterm. Izbrala je model ADAPT 0416, ki ima sezonsko zmogljivost (SCOP) 5,2 in grelno moč 12 kW. Ta model je v nizkoenergijskem objektu s talnim gretjem sposoben ogrevati do 310 m² skupne površine.

4 REŠITEV OGREVANJA ZA STANOVANJSKI OBJEKT

4.1 OPIS STANOVANJSKEGA OBJEKTA Z OBSTOJEČIM STANJEM OGREVANJA

Toplotna črpalka je bila novembra 2019, v Trbovljah, vgrajena v večstanovanjsko hišo z 2 nadstropji. Skupna površina ogrevanih prostorov meri 260 m², skupna površina zaprtih neogrevanih prostorov pa 90 m². Tip gradnje je klasičen, s 15 cm izolacije zidu in 25 cm izolacije ostrešja. Vgrajena so 2–3-slojna okna (40 W/m²). Projektna temperatura znaša –13 °C. Režim ogrevanja je radiatorski (65 °C). V hiši biva 8 oseb. Dnevna poraba vode na osebo znaša približno 50 litrov. Zahtevana temperatura vode je 50 °C. Hiša ima 3 kopalnice. Želena temperatura prostorov pozimi je 22 °C.

Pred zamenjavo ogrevalnega sistema je objekt uporabljal kurilno peč, letna poraba kurilnega olja je znašala približno 2.500 l.

4.2 OPIS LOKACIJE POSTAVITVE TOPLOTNE ČRPALKE

Notranja enota TČ je bila montirana v kotlovnici, kjer se je pred tem nahajala peč na kurilno olje. Pred montažo TČ je bilo treba odstraniti stari ogrevalni sistem. Zunanja enota TČ je bila montirana zunaj za hišo, postavljena ob steno v kot pod balkonom. Dolžina povezave med zunanjo in notranjo enoto znaša 7 metrov. Zunanja enota stoji na betonskem podstavku dimenzije 1.050 mm X 675 mm. Pri postavitvi moramo paziti na minimalen odmik od stene, s čimer zagotovimo ustrezen dovod zraka v zunanjo enoto in omogočimo neoviran servisni dostop do zunanje enote. Minimalen odmik od hrbtni strani enote do stene znaša 350 mm, od stranice do stene pa 600 mm. Napravo se običajno postavi v smer vetra tako, da veter ne ovira pretoka zraka, ki ga ustvarja ventilator v napravi. Močnejši sunki vetra bi lahko vplivali na normalno delovanje naprave. Ker pa je zunanja enota postavljena v zavetrje v kot in pod balkon, lahko vpliv vetra zanemarimo. Slaba stvar tega pa je, da se zvok, ki ga emitira naprava, odbija od bližnjih objektov oziroma ovir in tako ojača hrup zunanje enote TČ.

4.3 OPIS NALOŽBE V TOPLOTNO ČRPALKO

Za vlagatelja je ogrevanje predstavljalo velik strošek. Pred tem je za centralno ogrevanje uporabljal kurilno olje (ELKO), povprečna letna poraba je znašala 2.500 l. Zaradi tega se je odločil za ogrevanje s toplotno črpalko, ki pa predstavlja energetsko bolj učinkovit in okolju prijazen način ogrevanja. Odločil se je za toplotno črpalko tipa zrak/voda, ki ima letno grelno število (SCOP) 5,2. Naložba v toplotno črpalko je znašala **12.282,31 EUR**. Če upoštevamo še nepovratna sredstva Eko sklada, ki znašajo 25 % celotne naložbe, vendar ne več kot **3.200,00 EUR**, in subvencije občine Trbovlje, ki ima sprejet Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja (Uradni list RS, št. 73/2017), v višini 15 % naložbe, vendar ne več kot **1.200,00 EUR**, pa naložba znaša **7.882,31 EUR** (Eko sklad, 2022).

Investicijski stroški zajemajo dobavo in montažo opreme ter zagon ogrevalnega sistema.

Zap. št.	Naziv	Kol.	Vrednost v EUR	Popust v %	Vrednost brez DDV	Vrednost z DDV	DDV v %
1.	ADAPT 0416 K3 HT / HK 3F N	1 kos	6.998,00	20	5.598,40	6.130,25	9,5
2.	HYDRO S	1 kos	1.676,00	20	1.340,80	1.468,18	9,5
3.	Nosilec HYDRO A	1 kos	51,00	20	40,80	44,68	9,5
4.	ZALOGOVIK WPPS 500	1 kos	773,00	20	618,40	677,15	9,5
5.	Dodatek za hladivo	komp.	221,00	0	221,00	242,00	9,5
6.	visoko zmogljivi bojler primeren za TČ HR 500	1 kos	1.216,00	23	936,32	1.025,27	9,5
7.	Obtočna črpalka WILO STRATOS	1 kos	662,00	20	529,60	579,91	9,5
8.	Modul PWM-R HYDRO	1 kos	51,00	20	40,80	44,68	9,5
9.	Korektor prostorski KT-2A	1 kos	282,00	20	225,60	247,03	9,5
10.	Nastavitev parametrov, testiranje in zagon	1 kos	260,00	0	260,00	284,70	9,5
11.	Elektro priključitev z vsem potrebnim materialom, UTP-kabli, brezžični sprejemnik in ojačevalec signala	komp.	300,00	20	240,00	262,80	9,5
12.	Cevi s fittingi za odrez (16 m), povezava zunanje in notranje enote, postavitve zunanje enote, povezava TČ z izmenjevalcem toplote	komp.	1.000,00	25	750,00	876,00	9,5

13.	Drobni material: nepovratni ventil, zaporni ventili, ekspanzijske posode, zračilni oddušniki, polnilne pipe, ventil nadpritiska itd.	komp.	830,00	50	415,00	454,43	9,5
OSNOVA ZA DDV (EUR)						11.216,72	
DDV 9,5 %						1.065,59	
ZA PLAČILO						12.282,31	

Tabela 1: Račun
(Vir: OZE, d. o. o., 2019)

5 EKONOMSKA IN EKOLOŠKA ANALIZA NALOŽBE

5.1 MESEČNI STROŠKI NALOŽBE

Vlagatelj si je z namenom, da bi lahko spremljal porabo električne energije, ki jo porabi toplotna črpalka, dal vgraditi odštevalni števec, zato je lahko podal točno porabo po mesecih. Iz tabele 2 je razvidno, da je poraba v hladnejših mesecih večja, v toplejših mesecih pa manjša. Dejanska električna poraba je prikazana za obdobje od 1. 12. 2019 do 30. 11. 2020.

Leto	Mesec	Poraba (kWh)
2019	December	1.373
2020	Januar	1.882
2020	Februar	1.154
2020	Marec	1.114
2020	April	623
2020	Maj	363
2020	Junij	123
2020	Julij	243
2020	Avgust	80
2020	September	112
2020	Oktober	656
2020	November	860
Skupaj		8.583

*Tabela 2: Dejanska električna poraba
(Lastni vir)*

5.2 BLAŽITEV ENERGETSKE KRIZE IN KONČNA CENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

»/.../ razmere na energetskih trgih so že dlje časa, zaradi izjemno visokih skokov cen skoraj vseh energentov, skrb vzbujajoče. Dragi energenti pa močno vplivajo tudi na vse druge gospodarske sektorje in rast življenjskih stroškov. Tako so cene električne energije na borzah že od oktobra lani višje za okoli 400 odstotkov v primerjavi s cenami iz prve polovice leta 2021 in z dolgoletnimi povprečji. Zaradi potencialnih motenj pri oskrbi z zemeljskim plinom – gre predvsem za zmanjševanje dobav iz ruskega Gazproma, – lahko pričakujemo tudi nadaljnjo rast cen zemeljskega plina, posledično pa tudi naraščanje cen električne energije, ki so sredi julija že dosegle okoli 400 evrov za MWh« (Janjič, 2022, str. 22).

»Vlada ob tem ugotavlja, da gre pri trenutnih gibanjih cen na trgu za hude motnje in ne za redna sezonska nihanja, zato je sprejela določene ukrepe kontrole cen na tem področju oziroma z uredbo za najranljivejše skupine določila najvišjo dovoljeno drobnoprodajno ceno električne energije. Tako najvišja dovoljena drobnoprodajna cena za električno energijo za gospodinjske odjemalce ter za porabo v skupnih prostorih večstanovanjskih stavb in skupnih prostorih v mešanih večstanovanjsko-poslovnih stavbah znaša za višjo dnevno tarifno postavko **0,1180 EUR** za kWh, za nižjo dnevno tarifno postavko **0,0820 EUR** za kWh in za enotno dnevno tarifno postavko **0,0980 EUR** za kWh /.../« (Janjič, 2022, str. 22).

Postavke cene (EUR/kWh)	VT	MT	ET
Cena energenta	0,1180	0,0820	0,0980
Cena omrežnine	0,03901	0,02999	0,03599
Prispevek za operaterja	0,00013	0,00013	0,00013
Prispevek za URE	0,00080	0,00080	0,00080
Trošarina	0,00305	0,00305	0,00305
Končna cena (EUR/kWh)			
	VT	MT	ET
Brez DDV	0,1610	0,1160	0,1380
DDV	0,0152	0,0110	0,0131
Z DDV	0,1762	0,1270	0,1511

Tabela 3: Sestava končne cene električne energije za mesec avgust
(Lastni vir)

Hkrati se je gospodinjskim odjemalcem in malim poslovnim odjemalcem za polovico zmanjšal prispevek za zagotavljanje podpor proizvodnji električne energije v soprodukciji z visokim izkoristkom in iz obnovljivih virov energije, v času uporabe uredbe pa bo znižana tudi davčna stopnja DDV na 9,5 % in ohranjeno 50 % znižanje trošarin (Uradni list RS, št. 114/2022).

V vladi ob tem poudarjajo, da je glede na tržne razmere tudi v letu 2023 mogoče pričakovati nove podražitve električne energije, a se cene zaradi sprejete uredbe pri nas vsaj do konca avgusta prihodnje leto ne bodo zviševale. Tako bodo gospodinjski odjemalci, večstanovanjske stavbe in mali poslovni odjemalci v resnici v prihodnjem letu prihranili še več, pri čemer naj bi ti dodatni prihranki znašali okoli 400 evrov za povprečno gospodinjstvo, okoli 800 evrov za male poslovne odjemalce in okoli 500 evrov za večstanovanjske stavbe.

Zaradi večjega povpraševanja po okrevanju gospodarstva, dviga cen premoga, zemeljskega plina in emisijskih kuponov se je strošek proizvodnje električne energije v letu 2021 močno povečal, kar se je odražalo tudi v višjih cenah električne energije. Veleprodajne cene zemeljskega plina so začele rasti že v prvi polovici leta 2021, v drugi polovici leta pa se je rast samo še nadaljevala, kar je vplivalo tudi na cene električne energije.

»/.../ v letu 2021 se je tako nadaljeval dvig povprečnih cen električne energije iz druge polovice leta 2020, in sicer ne glede na vrsto ponudbe, pri čemer je bila konec leta na maloprodajnem trgu najugodnejša zelena ponudba. Povprečna cena ostale ponudbe je tako v drugi polovici v primerjavi s prvo polovico leta 2021 zrasla za 23 %, pri čemer je povprečna cena zelenih ponudb v enakem obdobju v povprečju zrasla le za 2 %, najnižja cena zelene ponudbe pa je celo ostala nespremenjena, in sicer predvsem zato, ker se glavna dobavitelja GEN-I in Elektro energija še nista odločila za dvig cen veljavnih ponudb« (Janjič, 2022, str. 27).

5.3 FINANČNI REZULTATI IN PRIHRANKI

Leto	Poraba el. energije (kWh)	Proizvedena toplota (kWh)	Predvidena poraba ELKO	Strošek za el. energijo (EUR)	Prihranki glede na ELKO (EUR)	Neto prihranek (EUR)	Prihranek emisij CO ₂ (t)
2019	8.583	44.631,60	2.500	1.373,28	2.387,50	1.014,22	6.500
2020	8.583	44.631,60	2.500	1.303,75	2.017,50	713,75	6.500
2021	8.583	44.631,60	2.500	1.384,43	2.422,50	1.038,07	6.500
2022	8.583	44.631,60	2.500	1.296,89	3.217,50	1.974,61	6.500
Skupaj 19–22	34.332	178.526,40	10.000,00	5.358,35	10.045,00	4.740,65	26.000

Tabela 4: Finančni rezultati in prihranki
(Lastni vir)

Izračuni so narejeni za obdobje 2019–2022:

- **2019** – normalno leto, obdobje pred krizo, beleženje dejanske porabe električne energije. Povprečna letna cena električne energije je znašala 0,1607 EUR/kWh. Cena kurilnega olja pa 0,955 EUR/L (Ministrstvo za infrastrukturo – Direktorat za energijo, 27. 7. 2022).
- **2020** – prvo leto epidemije COVID-19, cena električne energije je znašala 0,1519 EUR/kWh, cena ELKO pa 0,807 EUR/l (Ministrstvo za infrastrukturo - Direktorat za energijo, 27.7. 2022).
- **2021** – drugo leto epidemije COVID-19, cena električne energije je znašala 0,1613 EUR/kWh. Cena ELKO pa 0,969 EUR/l (Ministrstvo za infrastrukturo – Direktorat za energijo, 27. 7. 2022).

- **2022** – kriza zaradi vojne v Ukrajini, cena električne energije trenutno znaša 0,1511 EUR/kWh. Pri ceni električne energije smo upoštevali 9,5 % DDV namesto 22 % DDV zaradi ukrepa vlade, ki velja od 1. septembra 2022 do vključno 31. maja 2023 (Uradni list RS, št. 114/2022). Prav tako je Vlada RS 13. septembra 2022 ponovno začela regulirati ceno kurilnega olja, ki znaša 1,287 EUR/l (Uradni list RS, št. 118/2022).

Vse cene energentov so končne in vsebujejo omrežnino, prispevke OVE in SPTE, prispevek URE, CO₂ takse, trošarine in DDV, ki se obračuna na vse prejšnje postavke.

- **Proizvedeno toploto** izračunamo iz razmerja med pridobljeno toploto Q_0 in vloženi delom P_k , kar imenujemo tudi grelni koeficient ϵ . Njegova vrednost je odvisna od vrste toplotne črpalke in vira okoliške toplote. V tem primeru je bila vgrajena toplotna črpalka z grelnim številom 5,2. To pomeni, da na 1 del vložene energije pridobimo do 5,2 dela brezplačne toplote.
- **Letni strošek** za elektriko preračunamo po povprečni letni ceni električne energije z vsemi dajatvami in prispevki ter letno porabo.
- **Letni prihranek** glede na kurilno olje preračunamo iz predvidene letne porabe kurilnega olja.
- **Neto prihranek** izračunamo iz razlike prihrankov glede na kurilno olje in stroška za električno energijo.
- **Za preračun zmanjšanja emisij CO₂** uporabimo metodologijo izračuna iz Uredbe o taksi za obremenjevanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida, ki za kurilno olje (ELKO) znaša 2,6 kg CO₂ na liter kurilnega olja.

6 EKONOMSKA ANALIZA NALOŽBE V TOPLOTNO ČRPALKO

Naložba v toplotno črpalko je znašala **12.282,31 EUR**, če odštejemo **3.200,00 EUR** nepovratnih sredstev Eko sklada in **1.200,00 EUR** nepovratnih sredstev Občine Trbovlje, znaša naložba v toplotno črpalko **7.882,31 EUR**, kar predstavlja 64 % lastnih sredstev in 36 % nepovratnih sredstev.

»V teoriji delimo metode za ocenjevanje investicijskih projektov na statične in dinamične. Osnovni kriterij za delitev je vključenost časovne dimenzije denarja v presojo projekta. Statični kriteriji povsem zanemarjajo časovno komponento ali pa jo upoštevajo samo delno in/ali posredno, pri dinamičnih metodah pa z diskontiranjem bodočih donosov (ali 'doplačil') na začetni trenutek naredimo zneske primerljive« (Čibej, 2006).

V naših izračunih bomo upoštevali 15-letno dobo časovne dinamike kot amortizacijsko dobo toplotne črpalke. Primerjave bodo narejene med normalnim letom 2019, letoma 2020 in 2021 (epidemija COVID-19) in letom 2022 (energetska kriza zaradi vojne v Ukrajini).

Ker nimamo na razpolago prihodkov, s katerimi bi lahko operirali, bomo v izračun vključili stroške, ki bi jih sicer imeli z ekstra lahkim kurilnim oljem. Strošek kurilnega olja bomo upoštevali kot donos oziroma prihranek.

6.1 NETO SEDANJA VREDNOST NALOŽBE

Neto sedanjo vrednost (v nadaljevanju NSV) lahko opredelimo kot razliko med diskontiranim tokom vseh prilivov in diskontiranim tokom vseh odlivov neke naložbe ali kot vsoto diskontiranih neto prilivov iz finančnega toka naložbe. Po tej metodi torej diskontiramo prihodnje donose in investicijske izdatke na začetni termin, ko nastopijo prvi investicijski izdatki. Zaradi časovne vrednosti denarja nima 1 EUR, ki ga prinaša naložba v prihodnje, tako velike sedanje vrednosti kot 1 EUR danes. Pozitivna NSV pomeni znesek, za katerega je sedanja vrednost pozitivnega toka koristi večja od sedanje vrednosti celotnega negativnega toka stroškov, oziroma da je razlika med vrednostjo proizvedenega ali ohranjenega bogastva in vrednostjo porabljenih sredstev pozitivna (AKC, d. o. o., 2022).

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 poročanju stroškov (Bizjak, 1996, str. 159–160).

Določitev diskontne stopnje

Ocenjujemo, da bi za sredstva, vložena v dolgoročni depozit pri banki, dobili 3,6 % letnih obresti, zato bomo izračunali NSV naložbe pri diskontni stopnji 3,6 %.

6.1.1 Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2019 – normalno leto

Tabela 5 prikazuje NSV naložbe v toplotno črpalko. Skupni odhodki zajemajo naložbo v izgradnjo sistema ter obratovalne stroške, skupni donosi oziroma prihranki pa sredstva, ki jih prihranimo pri porabi kurilnega olja. Izračun je prikazan za obdobje 15 let.

Časovna obdobja		Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 3,60\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 3,60\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.387,50	1.373,28	1,04	0,97	2.304,54	1.325,56
2	2021	2.387,50	1.373,28	1,07	0,93	2.224,46	1.279,50
3	2022	2.387,50	1.373,28	1,11	0,90	2.147,16	1.235,04
4	2023	2.387,50	1.373,28	1,15	0,87	2.072,55	1.192,12
5	2024	2.387,50	1.373,28	1,19	0,84	2.000,53	1.150,70
6	2025	2.387,50	1.373,28	1,24	0,81	1.931,01	1.110,71
7	2026	2.387,50	1.373,28	1,28	0,78	1.863,91	1.072,11
8	2027	2.387,50	1.373,28	1,33	0,75	1.799,14	1.034,86
9	2028	2.387,50	1.373,28	1,37	0,73	1.736,62	998,90
10	2029	2.387,50	1.373,28	1,42	0,70	1.676,28	964,19
11	2030	2.387,50	1.373,28	1,48	0,68	1.618,03	930,68
12	2031	2.387,50	1.373,28	1,53	0,65	1.561,80	898,34
13	2032	2.387,50	1.373,28	1,58	0,63	1.507,53	867,13
14	2033	2.387,50	1.373,28	1,64	0,61	1.455,15	836,99
15	2034	2.387,50	1.373,28	1,70	0,59	1.404,58	807,91
Skupaj		35.812,50	28.481,51			27.303,28	23.587,04
NSV		Sd – So = 7.330,99				Sd – So = 3.716,24	

Tabela 5: NSV naložbe v letu 2019
(Lastni vir)

$$\text{NSV} = \text{Sd} - \text{So} = 27.303,28 - 23.587,04 = 3.716,24 > 0$$

NSV je pozitivna in pri 3,6 % diskontni stopnji znaša 3.716,24 EUR, kar pomeni, da je bil projekt v letu 2019 sprejemljiv. Gre za tretje najbolj ugodno investicijsko leto.

6.1.2 Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2020 – prvo leto epidemije COVID-19

Tabela 6 prikazuje NSV naložbe v toplotno črpalko v prvem letu epidemije COVID-19. Tudi v tem letu je pogoj $SV \geq 0$ izpolnjen.

Časovna obdobja		Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 3,60\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 3,60\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.017,50	1.303,75	1,04	0,97	1.947,39	1.258,45
2	2021	2.017,50	1.303,75	1,07	0,93	1.879,72	1.214,72
3	2022	2.017,50	1.303,75	1,11	0,90	1.814,41	1.172,51
4	2023	2.017,50	1.303,75	1,15	0,87	1.751,36	1.131,76
5	2024	2.017,50	1.303,75	1,19	0,84	1.690,50	1.092,43
6	2025	2.017,50	1.303,75	1,24	0,81	1.631,76	1.054,47
7	2026	2.017,50	1.303,75	1,28	0,78	1.575,05	1.017,83
8	2027	2.017,50	1.303,75	1,33	0,75	1.520,32	982,46
9	2028	2.017,50	1.303,75	1,37	0,73	1.467,49	948,32
10	2029	2.017,50	1.303,75	1,42	0,70	1.416,50	915,37
11	2030	2.017,50	1.303,75	1,48	0,68	1.367,28	883,56
12	2031	2.017,50	1.303,75	1,53	0,65	1.319,76	852,86
13	2032	2.017,50	1.303,75	1,58	0,63	1.273,90	823,22
14	2033	2.017,50	1.303,75	1,64	0,61	1.229,64	794,62
15	2034	2.017,50	1.303,75	1,70	0,59	1.186,91	767,00
Skupaj		30.262,50	27.438,56			23.071,99	22.791,90
NSV		Sd – So = 2.823,94				Sd – So = 280,08	

Tabela 6: NSV naložbe v letu 2020

(Lastni vir)

$$NSV = Sd - So = 23.071,99 - 22.791,90 = 280,08 > 0$$

NSV je pozitivna in pri 3,6 % diskontni stopnji znaša 280,08 EUR. Čeprav gre za najslabše naložbeno leto, je bila naložba v letu 2020 še vedno upravičena.

6.1.3 Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2021 – drugo leto epidemije COVID-19

Tabela 7 prikazuje NSV naložbe v toplotno črpalko v drugem letu epidemije COVID-19. Tudi v tem letu je pogoj $SV \geq 0$ izpolnjen.

Časovna obdobja		Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 3,60\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 3,60\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.422,50	1.384,43	1,04	0,97	2.338,32	1.336,32
2	2021	2.422,50	1.384,43	1,07	0,93	2.257,07	1.289,89
3	2022	2.422,50	1.384,43	1,11	0,90	2.178,64	1.245,06
4	2023	2.422,50	1.384,43	1,15	0,87	2.102,93	1.201,80
5	2024	2.422,50	1.384,43	1,19	0,84	2.029,85	1.160,04
6	2025	2.422,50	1.384,43	1,24	0,81	1.959,32	1.119,73
7	2026	2.422,50	1.384,43	1,28	0,78	1.891,24	1.080,82
8	2027	2.422,50	1.384,43	1,33	0,75	1.825,52	1.043,26
9	2028	2.422,50	1.384,43	1,37	0,73	1.762,08	1.007,01
10	2029	2.422,50	1.384,43	1,42	0,70	1.700,85	972,02
11	2030	2.422,50	1.384,43	1,48	0,68	1.641,75	938,24
12	2031	2.422,50	1.384,43	1,53	0,65	1.584,70	905,64
13	2032	2.422,50	1.384,43	1,58	0,63	1.529,63	874,17
14	2033	2.422,50	1.384,43	1,64	0,61	1.476,48	843,79
15	2034	2.422,50	1.384,43	1,70	0,59	1.425,17	814,47
Skupaj		36.337,50	28.648,76			27.703,54	23.714,55
NSV		Sd – So = 7.688,74				Sd – So = 3.988,99	

Tabela 7: NSV naložbe v letu 2021
(Lastni vir)

$$NSV = Sd - So = 27.703,54 - 23.714,55 = 3.988,99 > 0$$

NSV je pozitivna in pri 3,6 % diskontni stopnji znaša 3.988,99 EUR. Gre za drugo najbolj ugodno investicijsko leto. Naložba v letu 2021 je bila upravičena.

6.1.4 Neto sedanja vrednost naložbe za toplotno črpalko v letu 2022 – energetska kriza zaradi vojne v Ukrajini

Tabela 8 prikazuje neto sedanjo vrednost naložbe v toplotno črpalko v letu 2022, leto energetske krize. Tudi v tem letu je pogoj $SV \geq 0$ izpolnjen.

Časovna obdobja		Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 3,60\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 3,60\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 3,60\%$
Tekoči indeks [i]	Leto						
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	3.217,50	1.296,89	1,04	0,97	3.105,69	1.251,82
2	2021	3.217,50	1.296,89	1,07	0,93	2.997,78	1.208,32
3	2022	3.217,50	1.296,89	1,11	0,90	2.893,61	1.166,34
4	2023	3.217,50	1.296,89	1,15	0,87	2.793,06	1.125,81
5	2024	3.217,50	1.296,89	1,19	0,84	2.696,00	1.086,69
6	2025	3.217,50	1.296,89	1,24	0,81	2.602,32	1.048,93
7	2026	3.217,50	1.296,89	1,28	0,78	2.511,89	1.012,48
8	2027	3.217,50	1.296,89	1,33	0,75	2.424,60	977,29
9	2028	3.217,50	1.296,89	1,37	0,73	2.340,35	943,33
10	2029	3.217,50	1.296,89	1,42	0,70	2.259,02	910,55
11	2030	3.217,50	1.296,89	1,48	0,68	2.180,53	878,91
12	2031	3.217,50	1.296,89	1,53	0,65	2.104,75	848,37
13	2032	3.217,50	1.296,89	1,58	0,63	2.031,62	818,89
14	2033	3.217,50	1.296,89	1,64	0,61	1.961,02	790,44
15	2034	3.217,50	1.296,89	1,70	0,59	1.892,88	762,97
Skupaj		48.262,50	27.335,66			36.795,10	22.713,45
NSV		Sd – So = 20.926,84				Sd – So = 14.081,65	

Tabela 8: NSV naložbe v letu 2022

(Lastni vir)

$$NSV = Sd - So = 36.795,10 - 22.713,45 = 14.081,65 > 0$$

NSV je pozitivna in pri 3,6 % diskontni stopnji znaša 14.081,65 EUR. Gre za investicijsko najbolj ugodno leto. Izračuni so pokazali, da bi samo s prihrankom pri stroških energenta (kurilnega olja) pokrili celotno naložbo v toplotno črpalko in stroške obratovanja za obdobje 15 let. Pri tem bi prihranili še 14.081,65 EUR sedanje vrednosti kapitala, kar pa je celo več, kot nas je stala začetna naložba, tudi če ne upoštevamo subvencij.

6.2 INTERNA STOPNJA DONOSNOSTI (PRIHRANKA)

Interna stopnja donosnosti (v nadaljevanju 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 0. Matematično gledano, iščemo tisto diskontno stopnjo (r), pri kateri je sedanja vrednost projekta (v nadaljevanju SV) enaka 0 (Bizjak, 1996).

6.2.1 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2019

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi S_d	Skupaj odhodki S_o	Diskontna stopnja $r = 11,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 11,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos S_d pri diskontnem faktorju $r = 11,00\%$	Skupni odhodki S_o pri diskontnem faktorju $r = 11,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.387,50	1.373,28	1,11	0,90	2.150,90	1.237,19
2	2021	2.387,50	1.373,28	1,23	0,81	1.937,75	1.114,58
3	2022	2.387,50	1.373,28	1,37	0,73	1.745,72	1.004,13
4	2023	2.387,50	1.373,28	1,52	0,66	1.572,72	904,62
5	2024	2.387,50	1.373,28	1,69	0,59	1.416,87	814,97
6	2025	2.387,50	1.373,28	1,87	0,53	1.276,45	734,21
7	2026	2.387,50	1.373,28	2,08	0,48	1.149,96	661,45
8	2027	2.387,50	1.373,28	2,30	0,43	1.036,00	595,90
9	2028	2.387,50	1.373,28	2,56	0,39	933,33	536,85
10	2029	2.387,50	1.373,28	2,84	0,35	840,84	483,65
11	2030	2.387,50	1.373,28	2,08	0,48	1.149,96	661,45
12	2031	2.387,50	1.373,28	2,30	0,43	1.036,00	595,90
13	2032	2.387,50	1.373,28	2,56	0,39	933,33	536,85
14	2033	2.387,50	1.373,28	2,84	0,35	840,84	483,65
15	2034	2.387,50	1.373,28	3,15	0,32	757,51	435,72
Skupaj		35.812,50	28.481,51			18.778,19	18.683,44
NSD		$S_d - S_o = 7.330,99$				NSD = $S_d - S_o = 94,74$	

Tabela 9: NSD v letu 2019 pri diskontni stopnji 11 %
(Lastni vir)

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 12,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 12,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 12,00\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 12,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.387,50	1.373,28	1,12	0,89	2.131,70	1.226,14
2	2021	2.387,50	1.373,28	1,25	0,80	1.903,30	1.094,77
3	2022	2.387,50	1.373,28	1,40	0,71	1.699,38	977,47
4	2023	2.387,50	1.373,28	1,57	0,64	1.517,30	872,74
5	2024	2.387,50	1.373,28	1,76	0,57	1.354,73	779,24
6	2025	2.387,50	1.373,28	1,97	0,51	1.209,58	695,75
7	2026	2.387,50	1.373,28	2,21	0,45	1.079,98	621,20
8	2027	2.387,50	1.373,28	2,48	0,40	964,27	554,64
9	2028	2.387,50	1.373,28	2,77	0,36	860,96	495,22
10	2029	2.387,50	1.373,28	3,11	0,32	768,71	442,16
11	2030	2.387,50	1.373,28	2,21	0,45	1.079,98	621,20
12	2031	2.387,50	1.373,28	2,48	0,40	964,27	554,64
13	2032	2.387,50	1.373,28	2,77	0,36	860,96	495,22
14	2033	2.387,50	1.373,28	3,11	0,32	768,71	442,16
15	2034	2.387,50	1.373,28	3,48	0,29	686,35	394,79
Skupaj		35.812,50	28.481,51			17.850,18	18.149,66
NSD		Sd – So = 7.330,99				NSD = Sd – So = –299,48	

Tabela 10: NSD v letu 2019 pri diskontni stopnji 12 %
(Lastni vir)

Pri diskontni stopnji 11 % je neto sedanja vrednost prihranka (v nadaljevanju NSP) 94,74 EUR, pri diskontni stopnji 12 % pa je NSP –299,48 EUR.

Interno stopnjo prihranka izračunamo po enačbi:

$$ISD = r_p + (r_n - r_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n}$$

kjer je:

ISD – interna stopnja prihranka,

NSD – neto skupni donos (prihranek) (Sp – So),

rp – diskontna stopnja, pri kateri je NSP pozitiven,

rn – diskontna stopnja, pri kateri je NSP negativen,

NSPp – NSP pri uporabljeni diskontni stopnji rp,

NSPn – NSP pri uporabljeni diskontni stopnji rn.

$$ISD = 11 + (12 - 11) \cdot \frac{94,74}{94,74 - (-299,48)} = 11,24 \%$$

Interna stopnja prihranka toplotne črpalke v letu 2019 je 11,24 %.

6.2.2 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalke v letu 2020

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja r = 4,00 % (1 + r) ⁱ	Diskontni faktor r = 4,00 % 1/(1 + r) ⁱ	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju r = 4,00 %	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju r = 4,00 %
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.017,50	1.303,75	1,04	0,96	1.939,90	1.253,61
2	2021	2.017,50	1.303,75	1,08	0,92	1.865,29	1.205,39
3	2022	2.017,50	1.303,75	1,12	0,89	1.793,55	1.159,03
4	2023	2.017,50	1.303,75	1,17	0,85	1.724,57	1.114,45
5	2024	2.017,50	1.303,75	1,22	0,82	1.658,24	1.071,59
6	2025	2.017,50	1.303,75	1,27	0,79	1.594,46	1.030,37
7	2026	2.017,50	1.303,75	1,32	0,76	1.533,13	990,74
8	2027	2.017,50	1.303,75	1,37	0,73	1.474,17	952,64
9	2028	2.017,50	1.303,75	1,42	0,70	1.417,47	916,00
10	2029	2.017,50	1.303,75	1,48	0,68	1.362,95	880,77
11	2030	2.017,50	1.303,75	1,32	0,76	1.533,13	990,74
12	2031	2.017,50	1.303,75	1,37	0,73	1.474,17	952,64
13	2032	2.017,50	1.303,75	1,42	0,70	1.417,47	916,00
14	2033	2.017,50	1.303,75	1,48	0,68	1.362,95	880,77
15	2034	2.017,50	1.303,75	1,54	0,65	1.310,53	846,89
Skupaj		30.262,50	27.438,56			23.461,98	23.043,93
NSD		Sd – So = 2.823,94				NSD = Sd – So = 418,06	

Tabela 11: NSD v letu 2020 pri diskontni stopnji 4 %
(Lastni vir)

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 5,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 5,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 5,00\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 5,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.017,50	1303,75	1,05	0,95	1.921,43	1.241,67
2	2021	2.017,50	1303,75	1,10	0,91	1.829,93	1.182,54
3	2022	2.017,50	1303,75	1,16	0,86	1.742,79	1.126,23
4	2023	2.017,50	1303,75	1,22	0,82	1.659,80	1.072,60
5	2024	2.017,50	1303,75	1,28	0,78	1.580,76	1.021,52
6	2025	2.017,50	1303,75	1,34	0,75	1.505,49	972,88
7	2026	2.017,50	1303,75	1,41	0,71	1.433,80	926,55
8	2027	2.017,50	1303,75	1,48	0,68	1.365,52	882,43
9	2028	2.017,50	1303,75	1,55	0,64	1.300,50	840,41
10	2029	2.017,50	1303,75	1,63	0,61	1.238,57	800,39
11	2030	2.017,50	1303,75	1,41	0,71	1.433,80	926,55
12	2031	2.017,50	1303,75	1,48	0,68	1.365,52	882,43
13	2032	2.017,50	1303,75	1,55	0,64	1.300,50	840,41
14	2033	2.017,50	1303,75	1,63	0,61	1.238,57	800,39
15	2034	2.017,50	1303,75	1,71	0,58	1.179,59	762,28
Skupaj		30.262,50	27.438,56			22.096,58	22.161,58
NSD		Sd – So = 2.823,94				NSDn = Sd – So = –64,99	

Tabela 12: NSD v letu 2020 pri diskontni stopnji 5 %
(Lastni vir)

Pri diskontni stopnji 4 % je NSP 418,06 EUR, pri diskontni stopnji 5 % pa je NSP = –64,99 EUR.

$$ISD = 4 + (5 - 4) \cdot \frac{418,06}{418,06 - (-64,99)} = 4,86\%$$

Interna stopnja prihranka toplotne črpalke v letu 2020 je 4,86 %.

6.2.3 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2021

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 11,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 11,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 11,00\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 11,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.422,50	1.384,43	1,11	0,90	2.182,43	1.247,23
2	2021	2.422,50	1.384,43	1,23	0,81	1.966,16	1.123,63
3	2022	2.422,50	1.384,43	1,37	0,73	1.771,31	1.012,28
4	2023	2.422,50	1.384,43	1,52	0,66	1.595,78	911,97
5	2024	2.422,50	1.384,43	1,69	0,59	1.437,64	821,59
6	2025	2.422,50	1.384,43	1,87	0,53	1.295,17	740,17
7	2026	2.422,50	1.384,43	2,08	0,48	1.166,82	666,82
8	2027	2.422,50	1.384,43	2,30	0,43	1.051,19	600,74
9	2028	2.422,50	1.384,43	2,56	0,39	947,02	541,21
10	2029	2.422,50	1.384,43	2,84	0,35	853,17	487,57
11	2030	2.422,50	1.384,43	2,08	0,48	1.166,82	666,82
12	2031	2.422,50	1.384,43	2,30	0,43	1.051,19	600,74
13	2032	2.422,50	1.384,43	2,56	0,39	947,02	541,21
14	2033	2.422,50	1.384,43	2,84	0,35	853,17	487,57
15	2034	2.422,50	1.384,43	3,15	0,32	768,62	439,26
Skupaj		36.337,50	28.648,76			19.053,47	18.771,14
NSD		Sd – So = 7.688,74				NSDp = Sd – So = 282,33	

Tabela 13: NSD v letu 2021 pri diskontni stopnji 11 %
(Lastni vir)

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 12,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 12,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 12,00\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 12,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	2.422,50	1.384,43	1,12	0,89	2.162,95	1.236,10
2	2021	2.422,50	1.384,43	1,25	0,80	1.931,20	1.103,66
3	2022	2.422,50	1.384,43	1,40	0,71	1.724,29	985,41
4	2023	2.422,50	1.384,43	1,57	0,64	1.539,54	879,83
5	2024	2.422,50	1.384,43	1,76	0,57	1.374,59	785,56
6	2025	2.422,50	1.384,43	1,97	0,51	1.227,31	701,40
7	2026	2.422,50	1.384,43	2,21	0,45	1.095,82	626,25
8	2027	2.422,50	1.384,43	2,48	0,40	978,41	559,15
9	2028	2.422,50	1.384,43	2,77	0,36	873,58	499,24
10	2029	2.422,50	1.384,43	3,11	0,32	779,98	445,75
11	2030	2.422,50	1.384,43	2,21	0,45	1.095,82	626,25
12	2031	2.422,50	1.384,43	2,48	0,40	978,41	559,15
13	2032	2.422,50	1.384,43	2,77	0,36	873,58	499,24
14	2033	2.422,50	1.384,43	3,11	0,32	779,98	445,75
15	2034	2.422,50	1.384,43	3,48	0,29	696,41	397,99
Skupaj		36.337,50	28.648,76			18.111,86	18.233,02
NSD		Sd – So = 7.688,74				NSDn = Sd – So = –121,16	

Tabela 14: NSD v letu 2021 pri diskontni stopnji 12 %
(Lastni vir)

Pri diskontni stopnji 11 % je NSP 282,33 EUR, pri diskontni stopnji 12 % pa je NSP –121,16 EUR.

$$ISD = 11 + (12 - 11) \cdot \frac{282,33}{282,33 - (-121,16)} = 11,69\%$$

Interna stopnja prihranka toplotne črpalke v letu 2021 je 11,69 %.

6.2.4 Interna stopnja prihranka za toplotno črpalko v letu 2022

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 26,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 26,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 26,00\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 26,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	3.217,50	1.296,89	1,26	0,79	2.553,57	1.029,28
2	2021	3.217,50	1.296,89	1,59	0,63	2.026,64	816,89
3	2022	3.217,50	1.296,89	2,00	0,50	1.608,45	648,32
4	2023	3.217,50	1.296,89	2,52	0,40	1.276,55	514,54
5	2024	3.217,50	1.296,89	3,18	0,31	1.013,13	408,37
6	2025	3.217,50	1.296,89	4,00	0,25	804,07	324,10
7	2026	3.217,50	1.296,89	5,04	0,20	638,15	257,22
8	2027	3.217,50	1.296,89	6,35	0,16	506,47	204,15
9	2028	3.217,50	1.296,89	8,00	0,12	401,96	162,02
10	2029	3.217,50	1.296,89	10,09	0,10	319,02	128,59
11	2030	3.217,50	1.296,89	5,04	0,20	638,15	257,22
12	2031	3.217,50	1.296,89	6,35	0,16	506,47	204,15
13	2032	3.217,50	1.296,89	8,00	0,12	401,96	162,02
14	2033	3.217,50	1.296,89	10,09	0,10	319,02	128,59
15	2034	3.217,50	1.296,89	12,71	0,08	253,19	102,05
Skupaj		48.262,50	27.335,66			13.266,80	13.229,81
NSD		Sd – So = 20.926,84				NSDp = Sd – So = 36,99	

Tabela 15: NSD v letu 2022 pri diskontni stopnji 26 %
(Lastni vir)

Časovna obdobja – i	Leto	Skupaj donosi Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 27,00\%$ $(1 + r)^i$	Diskontni faktor $r = 27,00\%$ $1/(1 + r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 27,00\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 27,00\%$
0	2019	0	7.882,31	1	1	0	7.882,31
1	2020	3.217,50	1.296,89	1,27	0,79	2.533,46	1.021,17
2	2021	3.217,50	1.296,89	1,61	0,62	1.994,85	804,07
3	2022	3.217,50	1.296,89	2,05	0,49	1.570,75	633,13
4	2023	3.217,50	1.296,89	2,60	0,38	1.236,81	498,53
5	2024	3.217,50	1.296,89	3,30	0,30	973,87	392,54
6	2025	3.217,50	1.296,89	4,20	0,24	766,82	309,09
7	2026	3.217,50	1.296,89	5,33	0,19	603,80	243,38
8	2027	3.217,50	1.296,89	6,77	0,15	475,43	191,63
9	2028	3.217,50	1.296,89	8,59	0,12	374,36	150,89
10	2029	3.217,50	1.296,89	10,92	0,09	294,77	118,81
11	2030	3.217,50	1.296,89	5,33	0,19	603,80	243,38
12	2031	3.217,50	1.296,89	6,77	0,15	475,43	191,63
13	2032	3.217,50	1.296,89	8,59	0,12	374,36	150,89
14	2033	3.217,50	1.296,89	10,92	0,09	294,77	118,81
15	2034	3.217,50	1.296,89	13,86	0,07	232,10	93,55
Skupaj		48.262,50	27.335,66			12.805,39	13.043,83
NSD		Sd – So = 20.926,84				NSD = Sd – So = –238,44	

Tabela 16: NSD v letu 2022 pri diskontni stopnji 27 %
(Lastni vir)

Pri diskontni stopnji 26 % je NSP 36,99, pri diskontni stopnji 27 % pa je NSP –238,44 EUR.

$$ISD = 26 + (27 - 26) \cdot \frac{36,99}{36,99 - (-238,44)} = 26,13\%$$

Interna stopnja prihranka toplotne črpalke v letu 2022 je 26,13 %.

Tudi v tem letu se je naložba v TČ z interno stopnjo prihranka 26,13 % izkazala za najugodnejšo.

6.3 KAZALNIKI UČINKOVITOSTI IN USPEŠNOSTI V KRIZNEM OBDOBJU

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 SV projekta (Bizjak, 1996).

V našem primeru je diskontna stopnja 3,6 %.

6.3.1 Kazalnik gospodarnosti

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti prikazuje razmerje med donosi in odhodki projekta. Projekt je uspešen, ko je vrednost kazalnika večja od 1 (Bizjak, 2004).

Kazalnik izračunamo po spodnji enačbi:

$$E = \frac{S_d}{S_o},$$

kjer je:

E – kazalnik gospodarnosti,

S_d – skupni donosi projekta,

S_o – skupni odhodki projekta.

V tabeli 17 so prikazani kazalniki gospodarnosti (E) za posamezno leto.

	S _d	S _o	E
2019	27.303,28	23.587,04	1,16
2020	23.071,99	22.791,90	1,01
2021	27.703,54	23.714,55	1,17
2022	36.795,10	22.713,45	1,62

Tabela 17: Kazalniki gospodarnosti
(Lastni vir)

Vsi kazalniki ekonomičnosti skozi celotno krizno obdobje kažejo vrednost nad 1, kar pomeni, da je bila naložba skozi celotno obdobje smiselna. Za najmanj smiselno se je izkazala v letu 2020, za najbolj pa v letu 2022.

6.3.2 Kazalnik donosnosti naložb

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

Izračunamo ga po spodnji enačbi:

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

kjer je:

D – kazalnik donosnosti ali rentabilnosti naložb,

N – naložba,

Sd – skupni donosi projekta,

So – skupni odhodki projekta.

V tabeli 18 so prikazani kazalniki donosnosti naložb za posamezno leto.

	Sd	So	N	D (%)
2019	27.303,28	23.587,04	7.882,31	47,15
2020	23.071,99	22.791,90	7.882,31	3,55
2021	27.703,54	23.714,55	7.882,31	50,61
2022	36.795,10	22.713,45	7.882,31	178,65

Tabela 18: Kazalniki donosnosti naložb
(Lastni vir)

Naložba v TČ je bila najmanj donosna v letu 2020, kjer je razmerje med vložkom in dobičkom le 3,55 %. V letu 2022 pa se je kazalnik donosnosti ustavil pri kar 178,65 %, kar štejemo za zelo donosno naložbo.

6.3.3 Kazalnik donosnosti odhodkov

Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj (Do) je v odstotkih izraženo razmerje med dobičkom (NSV donosov – NSV odhodkov) in NSV odhodkov (Papler in Basej, 2011).

Kazalnik donosnosti odhodkov izračunamo s pomočjo spodnje enačbe:

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \cdot 100(\%)$$

kjer je:

Do – kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj,

Sd – skupni donosi projekta,

So – skupni odhodki projekta.

V tabeli 19 so prikazani kazalniki donosnosti odhodkov (Do) za posamezno leto.

	Sd	So	Do (%)
2019	27.303,28	23.587,04	15,76
2020	23.071,99	22.791,90	1,23
2021	27.703,54	23.714,55	16,82
2022	36.795,10	22.713,45	61,99

*Tabela 19: Kazalniki donosnosti odhodkov
(Lastni vir)*

Vsi kazalniki so bili izračunani pri diskontni stopnji 3,6 %.

Tudi pri kazalniku donosnosti odhodkov se je leto 2019 z 1,23 % izkazalo za najmanj uspešno. Najbolje pa se je zopet odrezalo leto 2022 z 61,99 %.

6.3.4 Primerjava ekonomskih kazalnikov

	Normalni pogoji				10 % Povečani stroški naložbe			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
NSV (r=3,6)	3.716,24	280,08	3.988,99	14.081,65	2.928,01	-508,15	3.200,76	13.293,42
ISD	11,24%	4,86%	11,69 %	26,13 %	9,42%	3,30 %	9,85 %	23,55 %
Kazalnik E	1,16	1,01	1,17	1,62	1,12	0,98	1,13	1,57
Kazalnik D	47,15 %	3,55%	50,61 %	178,65 %	33,77 %	-5,86%	36,92 %	153,32 %
Kazalnik Do	15,76 %	1,23%	16,82 %	61,99%	12,01 %	-2,15%	13,06 %	61,99 %

*Tabela 20: Primerjava ekonomskih kazalnikov
(Lastni vir)*

Vsi kazalniki so bili izračunani pri diskontni stopnji 3,6 %.

Pri normalnih pogojih so vsi ekonomski kazalniki skozi vsa štiri leta pozitivni. Pri 10 % povečanih stroških naložbe v letih 2019, 2021 in 2022 so vsi kazalniki pozitivni, razen v letu 2020, kjer je NSV –508,15 EUR, kazalnik ekonomičnosti (E) je 0,98, kar je pod vrednostjo 1,0, to pomeni da so odhodki večji od donosov naložbe. Kazalnik donosnosti naložb (D) znaša –5,86 % in kazalnik donosnosti odhodkov (Do), ki je prav tako negativen, znaša –2,15 %. Leto 2020 se je zopet izkazalo za najslabše naložbeno leto pri vseh kazalnikih. Najboljše naložbeno leto, zaradi velikih prihrankov oziroma donosov zaradi visokih cen kurilnega olja, pa je leto 2022.

Enostavna doba vračanja vloženih sredstev (EVS)

»Enostavna doba vračanja sredstev (EVS) nam pove pričakovano število let (t), potrebnih za povrnitev začetnega investicijskega izdatka, ali z drugimi besedami, kako hitro bodo neto denarni tokovi, ki bodo posledica naložbe, povrnili začetni vložek. Dobo vračanja naložbe ugotovimo tako, da seštevamo neto denarne tokove po posameznih letih tako dolgo, dokler njihova kumulativa ni enaka investicijskemu izdatku« (Papler in Bojnec, 2012, str. 78).

Kako hitro se nam bo naložba povrnila, lahko izračunamo po naslednji enačbi:

$$EVS = \frac{N}{d} = \frac{N}{Sd - So},$$

kjer je:

EVS – enostavna doba vračanja sredstev (v letih),

N – naložba (vložena sredstva),

d = Sd – So – letni donos (letna vrednost dobička od naložb).

Normalni pogoji				10 % povečani stroški naložbe			
2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
7,7 leta	11,04 leta	7,6 leta	4,1 leta	8,5 leta	12,1 leta	8,4 leta	4,5 leta

Tabela 21: EVS pri normalnih pogojih in pri povečanih stroških naložbe (Lastni vir)

Iz tabele 21 je razvidno, v koliko letih se nam naložba povrne pri normalnih pogojih in pri 10 % povečanih stroških naložbe. Za povrnitev začetnega investicijskega izdatka bi največ časa potrebovali v letu 2020. Če bi se za naložbo odločili v letu 2022, pa bi se nam vložek povrnil najhitreje.

7 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo na konkretnem primeru dokazali, kakšen vpliv je imelo krizno obdobje na naložbo v toplotno črpalko. Kot krizno obdobje štejemo leti 2020 in 2021 zaradi pandemije COVID-19 in leto 2022 zaradi energetske krize, ki je posledica vojne v Ukrajini. Analizo smo naredili za vsako leto posebej in odstopanja primerjali z normalnim letom 2019, za katero smo že imeli dejanske podatke enoletnega obratovanja toplotne črpalke. Skozi ekonomsko analizo smo dokazali, da je bilo leto 2020 najmanj ugodno za naložbo.

V letu 2020 je NSV naložbe pozitivna in pri 3,6 % diskontni stopnji znaša 280,08 EUR. Interna stopnja prihranka toplotne črpalke v letu 2020 je bila 4,86 %. Prav tako so ekonomski kazalniki leto 2020 prikazali kot najslabše. Kazalnik gospodarnosti je 1,01, kazalnik donosnosti naložb 3,55 % in kazalnik donosnosti odhodkov 1,23 %. Čeprav gre za najslabše naložbeno leto, je bila naložba v letu 2020 še vedno upravičena. Na drugi strani se je leto 2022 izkazalo za investicijsko najbolj ugodno. To je bila v veliki meri posledica podražitve kurilnega olja, ki smo ga v izračunih šteli kot prihranke glede na elektriko. V letu 2022 je neto sedanja vrednost pozitivna in pri 3,6 % diskontni stopnji znaša 14.081,65 EUR. Izračuni so pokazali, da bi samo s prihrankom pri stroških energenta (kurilnega olja) pokrili celotno naložbo v toplotno črpalko in stroške obratovanja za obdobje 15 let. Pri tem bi prihranili še 14.081,65 EUR SV kapitala, kar pa je celo več, kot nas je stala začetna naložba, tudi če ne upoštevamo subvencij. V letu 2022 je kazalnik gospodarnosti 1,62, kazalnik donosnosti naložb 178,65 % in kazalnik donosnosti odhodkov 61,99 %.

Za zaključek lahko rečemo, da je naložba v toplotno črpalko z ekonomskega in ekološkega vidika upravičena bolj kot kadarkoli prej. Kljub naraščanju cen energentov smo z vgradnjo toplotne črpalke na varni strani, s tem pa tudi prispevamo k povečevanju deleža obnovljivih virov v končni rabi energije. Kot možnost nadaljnje analize bi lahko naredili ekonomsko in ekološko analizo toplotne črpalke v kombinaciji s sončno elektrarno, ki nam omogoča popolno samozadostnost, neodvisnost cen energentov in manjši ogljični odtis posameznika. Toplotne črpalke so vsekakor sedanost in prihodnost ogrevalnih sistemov.

8 LITERATURA IN VIRI

AKC, d. o. o. *Investicije – ocenjevanje investicijskih projektov*. Pridobljeno 13. 9. 2022 z naslova <http://akc.si/investicije.php>

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

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

Bosch – *Tehnologija toplotnih črpalk*. Pridobljeno 6. 12. 2022 z naslova <https://www.bosch-thermotechnology.com/si/sl/stanovanjski/koristne-informacije/tehnologije/tehnologija-toplotnih-crpalk/>

Cvišič, M. (2014). *Primerjava investicijskih in obratovalnih stroškov med različnimi vrstami toplotnih črpalk (za novejšo nizkoenergijsko hišo in starejšo slabo izolirano hišo)*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Čibej, J. A. (2006). *Investicije. E-revir*. Pridobljeno 7. 6. 2022 z naslova http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC_ppo/JAC_E_EREVIR_060516_Investicije.pdf

Eko sklad. *Seznam spodbud. Toplotne črpalke*. Pridobljeno 7. 7. 2022 z naslova <http://www.ekosklad.si/prebivalstvo/pridobite-spodbudo/seznam-spodbud/toplotne-crpalk>

Janjić, B. (2022). Leto 2021 minilo v znamenju skokovitega naraščanja cen energentov. *Naš stik*, 4/2022, str. 24–28.

Kronoterm, d. o. o. *Kako deluje toplotna črpalka?* Pridobljeno 15. 8. 2022 z naslova <http://kronoterm.com/osnove-toplotne-crpalk/toplotna-crpalka-ka-ko-deluje/>

Kronoterm, d. o. o. *Ogrevalne toplotne črpalke*. Pridobljeno 11. 10. 2022 z naslova <http://kronoterm.com/ogrevalna-tc/adapt0416/>

Kronoterm, d. o. o. *Okolju prijazen način ogrevanja*. Pridobljeno 10. 10. 2022 z naslova <http://kronoterm.com/osnove-toplotne-crpalk/okolju-prijazen-nacin-ogrevanja/>

LMT Grosist – *Prikaz delovanja toplotne črpalke*. Pridobljeno 11.10. 2022 z naslova <http://www.lmt.si>

OZE, d.o.o. – *Obnovljiva zelena energija*. Pridobljeno 25.6. 2022 z naslova <http://www.oze.si>

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

Papler, D. in Bojnec, Š. (2012). *Naložbe v trajnostni razvoj energetike*. Koper: Fakulteta za management.

Portal energetika – *Cene električne energije za gospodinjstva*. Pridobljeno 30. 8. 2022 z naslova <http://www.energetika-portal.si/>

Rus, M. (2018). *Prispevek k uporabi AHP metode pri izbiri najbolj primerne toplotne črpalke za ogrevanje hiše*. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.

Uradni list RS, št. 118/2022. Uredba o spremembah Uredbe o oblikovanju cen določenih naftnih derivatov. Pridobljeno 14. 9. 2022 z naslova http://www.uradni-list.si/_pdf/2022/Ur/u2022118.pdf

Uradni list RS, št. 114/2022. Zakon o nujnem ukrepu na področju davka na dodano vrednost za omilitev dviga cen energentov (ZNUDDVE). Pridobljeno 5. 9. 2022 z naslova https://www.uradni-list.si/_pdf/2022/Ur/u2022114.pdf

Uradni list RS, št. 73/2017. Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja. Pridobljeno 15. 9. 2022 z naslova http://www.uradni-list.si/_pdf/2017/Ur/u2017073.pdf

Wikipedia – *Toplotne črpalke*. Pridobljeno 6. 12. 2022 z naslova https://sl.wikipedia.org/wiki/Toplotna_%C4%8Drpalka