

Toplota iz obnovljivih virov – primer ogrevanja s toplotno črpalko

Avtorja prispevka:

JANEZ BASEJ, GORENJSKE ELEKTRARNE, D. O. O., janez.basej@gorenjske-elektrarne.si
DRAGO PAPLER, GORENJSKE ELEKTRARNE, D. O. O., drago.papler@gorenjske-elektrarne.si

Izvleček

Pri ogrevanju s toplotno črpalko, ki izkorišča toploto okolice in jo pretvarja v uporabno toploto za ogrevanje prostorov, elektrika kot primarni vir koristi pri okoljskih prihrankih. Toplotna črpalka odvzame toploto snovem iz okolice na nižjem temperaturnem nivoju ter jo odda v ogrevalni sistem na višjem temperaturnem nivoju. Tak proces omogočimo z dodatnim zunanjim virom pogonske energije – električne energije. Razmerje med pridobljeno toplotno energijo in vloženo električno energijo imenujemo grelno število.

Ogrevanje prostorov za podjetje Gorenjske elektrarne, d. o. o. predstavlja velik strošek. Z vgradnjo toplotne črpalke smo bistveno zmanjšali stroške ogrevanja in posledično škodljiv vpliv na okolico, ki zaradi ogrevanja nastane. V prispevku opisujemo izkušnje glede izboljšanja energetske učinkovitosti po vgradnji toplotne črpalke v obdobju 2005–2011, in sicer z vidika proizvodnje toplote iz obnovljivih virov, zmanjšanja porabe fosilnega goriva in znižanih stroškov ogrevanja. Ogrevanje s toplotno črpalko v sedmih letih pomeni zmanjšanje emisij CO₂ za 463,86 ton v primerjavi z elektriko, 382,51 ton v primerjavi z daljinsko toploto, 346,01 ton v primerjavi s kurilnim oljem in 253,51 ton v primerjavi z zemeljskim plinom. Izdelana je ekonomska analiza prihrankov pri ogrevanju s toplotno črpalko v primerjavi z elektriko, daljinsko toploto, EL-kurilnim oljem in zemeljskim plinom.

Ključne besede: toplotna črpalka, ogrevanje, grelno število, elektrika, okoljski prihranek

HEAT FROM RENEWABLE SOURCES – EXAMPLE OF HEATING BY HEAT PUMP

Summary

When heating is provided by a heat pump which uses heat from ambient air and transforms it into heat usable for heating premises, electricity as a primary source contributes to environmental savings. A heat pump extracts heat from the environment at a lower temperature level and emits it into the heating system at a higher temperature level. This process is possible if there exists an additional external source of energy – electricity. The relationship between the electrical energy input and useful heat extracted is termed coefficient of performance.

Heating of premises at Gorenjske elektrarne, d.o.o. represents a high cost. By installing a heat pump we significantly reduced both heating costs and the harmful impact on the environment due to heating. The paper describes the experience with increasing energy efficiency as a result of heat pump installation in 2005-2011 in terms of heat generation from renewable sources, decreased fossil fuel consumption and lower heating costs. In seven years, heating by a heat pump has brought a reduction in CO₂ emissions by 463.86 tonnes compared to electricity, 382.51 tonnes compared to district heat, 346.01 tonnes compared to heating oil and 253.51 tonnes compared to natural gas. An economic analysis was produced, indicating savings in heating by a heat pump when compared to electricity, district heat, heating gas oil and natural gas.

Key words: heat pump, heating, coefficient of performance, electricity, environmental savings

1 UVOD

Ogrevanje s toplotno črpalko predstavlja energetsko učinkovit in okolju prijazen način ogrevanja. Toplotne črpalke so naprave, ki izkoriščajo toploto okolice ter jo pretvarjajo v uporabno toploto za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode. Toplota, ki jo črpajo toplotne črpalke je v različne snovi akumulirana sončna energija, 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. 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 v toplotnih črpalkah uporabljajo hladiva.

1.1 Princip delovanja toplotne črpalke

Proces v toplotni črpalki poteka po zaključenem tokokrogu. Hladivo v uparjalniku odvzame toploto okoliškemu mediju in se upari. Uparjeno hladivo nato potuje skozi kompresor, kjer se mu zaradi vložene mehanskega dela zvišata tlak in temperatura. V kondenzatorju uparjeno hladivo kondenzira in pri tem odda toploto mediju, ki ga ogreva. Utekočinjeno in ohlajeno hladivo potuje skozi dušilni ventil, kjer ekspandira na nižji tlak ter od tu nazaj v uparjalnik. Ta krožni proces se ponavlja ves čas delovanja toplotne črpalke.

Razmerje med pridobljeno toploto Q_o in vloženim delom P_k imenujemo **grelno število ε** ,

$$\varepsilon = Q_o / P_k \quad (1)$$

njegova vrednost je odvisna vrste toplotne črpalke in od vira okoliške toplote. Sodobne toplotne črpalke dosegajo grelni število med 2,5 in 4 kar pomeni, da na 1 del vložene energije pridobimo 2,5 do 4 dele brezplačne toplote.

1.2 Viri toplote

1.2.1 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°C. Primeren je kot toplotni vir za segrevanje sanitarne vode in za ogrevanje prostorov, predvsem na področjih z milejšo klimo (pri nas na Primorskem).

1.2.2 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°C. Praviloma je njeno izkoriščanje gospodarno, če njena temperatura ni nižja od +6°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.

1.2.3 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.

1.2.4 Zemlja in kamniti masivi

Toplota, akumulirana v zemlji in kamnitih masivih, predstavlja zanesljiv vir toplote, katerega prednost je njegova konstantna vrednost razpoložljive toplote. Povprečni odvzem toplote iz zemlje na globini 1,5 do 2,0m znaša od 15 do 35W/m².

1.2.5 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 ipd. V gospodinjstvih takšni sistemi niso doživeli široke uporabe, predvsem zaradi visoke cene. Neposredno sončno energijo je ceneje izkoriščati z direktnimi solarnimi sistemi.

1.2.6 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.

2 VGRADNJA TOPLOTNE ČRPALKE

2.1 Upravičenost vgradnje toplotne črpalke

Ogrevanje poslovnih prostorov v upravni stavbi ter mehanične in elektro delavnice je za podjetje Gorenjske elektrarne d.o.o. predstavljalo velik strošek, saj se je letno porabilo cca.-30.000 l EL kurilnega olja. Zaradi tega in vse večjih ekoloških zahtev smo lahko s primernimi postrojenji bistveno zmanjšali škodljiv vpliv naše kotlovnice na okolico. Takšno postrojenje je bila vgradnja primerne toplotne črpalke za izkoriščanje površinske vode, s katero smo bistveno zmanjšali emisije škodljivih plinov v okolico iz naše kotlovnice. Pri tem izkoriščamo toplotno energijo reke Save, katere dovodni kanal za HE Sava je tik ob stavbi. S tem lahko izkoriščamo relativno konstantno temperaturo reke v zimskem času (zajem vode je na globini cca. 2 m).

2.2 Zahteve za vgradnjo in opis delovanja

2.2.1 Zahteve za vgradnjo

Zahteve za vgradnjo so bile sledeče:

- izkoriščanje toplote reke Save,
- toplotno črpalko se uporablja za ogrevanje upravne stavbe ter mehanične in elektro delavnice,
- v času, ko toplotna črpalka ne zmore pokrivati vseh toplotnih potreb se kot dodatni vir toplote vključi še toplovodni kotel - bivalentno vzporedno obratovanje.

2.2.2 Opis lokacije

Toplotni črpalke sta vgrajeni v obstoječo kotlovnico, kjer je že vgrajen toplovodni kotel za centralno ogrevanje. Obstoječi kotel se izkorišča kot dodatni vir toplote. Zaradi vgradnje toplotnih črpalk v kotlovnico ni bilo potrebnih dodatnih gradbenih del.

Poleg toplotnih črpalk se je v kotlovnico vgradilo tudi 4 prenosnike toplote za površinsko vodo/medij ter akumulator toplotne energije.

Poleg glavnih delov toplotne postaje je bilo potrebno vgraditi tudi vse preostale elemente (cevi, ventile, sesalni koš, tipala, varovala,...), ki so potrebna za izkoriščanje toplotne energije površinske vode.

2.2.3 Opis delovanja

Toplotna črpalka izkorišča toploto vode reke Save, katero zajemamo iz dovodnega kanala za HE Sava. Zajeto vodo preko cevi vodimo skozi 4 prenosnike toplote, v katerih voda odda toplotno energijo vmesnemu mediju. Pri tem ohladimo uporabljeno vodo za maksimalno 2 °C. Vmesni medij svojo toploto odda mediju toplotne črpalke, kateri se pri tem upari. Toplotna črpalka z dodajanjem zunanje energije, električne energije za pogon toplotne črpalke, dvigne toploto iz nižjega na višji temperaturni nivo in ogreje vodo v ogrevalnem sistemu na max. 65 °C. Delovanje toplotne črpalke je bivalentno vzporedno – toplotni črpalčki delujeta neprekinjeno, po potrebi pa se zaradi večjih toplotnih potreb vključi še obstoječi toplovodni kotel na EL kurilno olje, od januarja 2012 pa toplovodni kotel na zemeljski plin.

2.3 Analiza energetske učinkovitosti

2.3.1 Alternative

Glede na rastoče cene fosilnih goriv (nafta, premoga in zemeljskega plina) se odločamo za alternativo ogrevanja. Iščemo najboljšo rešitev. Kriteriji za izbor najprimernejšega ogrevalnega sistema so: cena sistema, prostor, ki ga le-ta zavzame in ekološka sprejemljivost. Glede na dobljene rezultate se bomo lahko odločili za najprimernejši projekt.

2.3.2 Energetska učinkovitost

Rešitev problema je, da najdemo najcenejši možen način ogrevanja. Izbrani sistem mora biti energetsko učinkovitejši, saj je le tako lahko cenejši. Tak sistem je seveda tudi ekološko sprejemljivejši.

Primerjamo obstoječe ogrevanje centralne kurjave z energentom EL kurilno olje in ogrevanje s toplotno črpalko.

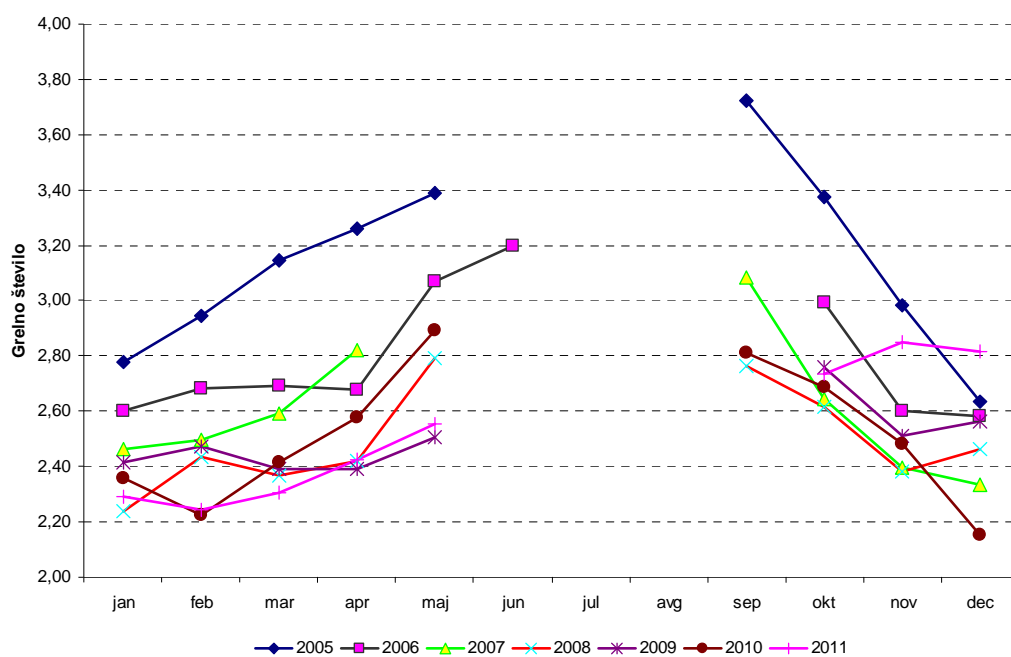
Na podlagi podatkov dejanske porabe energije smo izračunali po enačbi (1) grelni število ϵ (slika 1). Grelni število se spreminja predvsem glede na pogoje obratovanja. V jesenskem in spomladanskem času, ko je temperatura okolice in s tem tudi temperatura vode reke Save višja, smo zaradi manjše razlike temperaturnih nivojev med okolico in ogrevalnim sistemom porabili manj električne energije za isto količino proizvedene toplotne energije. Zaradi tega je tudi grelni število višje.

Proizvodnja toplote je bila v koledarskem letu 2005 127,49 GWh (grelni število 2,97), leta 2006 174,31 GWh (grelni število 2,69), leta 2007 166,55 GWh (grelni število 2,52), leta 2008 215,64 GWh (grelni število 2,47), leta 2009 180,28 GWh (grelni število 2,49), leta 2010 155,39 GWh (grelni število 2,48) in leta 2011 175,67 GWh (grelni število 2,58). Povprečna letna proizvodnja toplote je bila 170,76 GWh (grelni število 2,57).

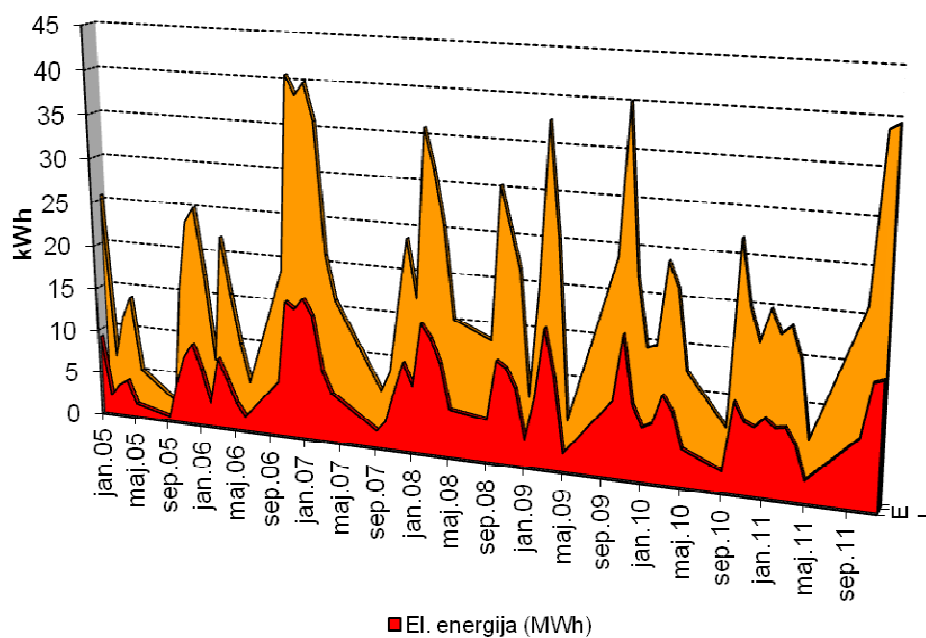
2.3.3 Okoljski prihranki

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/l. Okoljski prihranki so bili leta 2005 s 36,83 ton zmanjšanja izpustov emisij CO₂ v okolje, leta 2006 s 50,17 ton zmanjšanja emisij CO₂, leta 2007 s 48,11 ton zmanjšanja emisij CO₂, leta 2008 s 62,97 ton zmanjšanja emisij CO₂ in leta 2009 s 52,28 zmanjšanja emisij CO₂, leta 2010 s 52,28 zmanjšanja emisij CO₂ in leta 2011 s 52,28 zmanjšanja emisij CO₂.

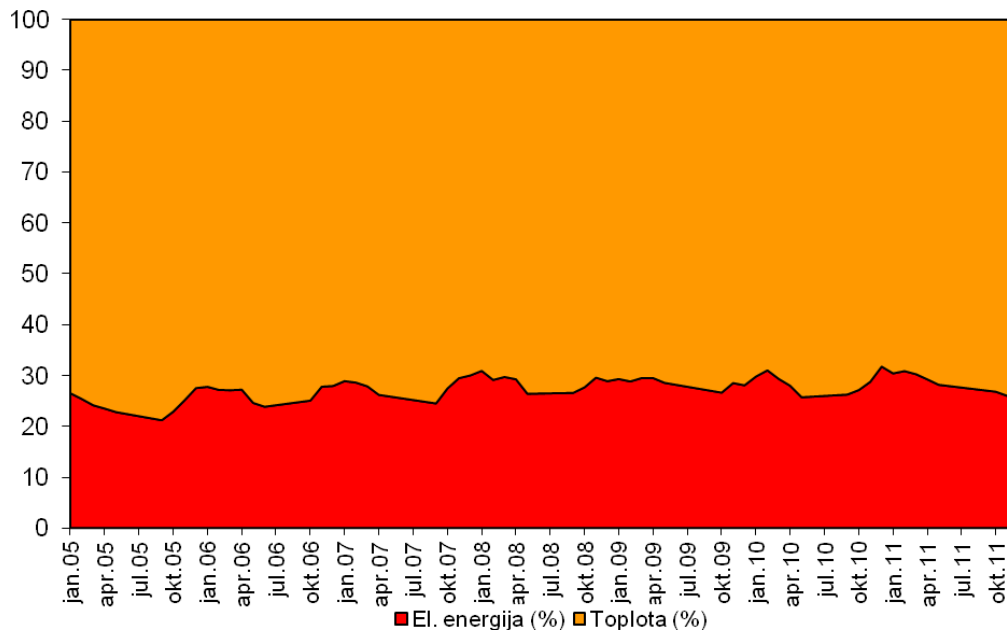
V obdobju 2005-2011 je bilo zaradi uporabe toplotne črpalke zmanjšano 346,01 ton emisij CO₂ oz. povprečno 49,43 ton emisij CO₂ na leto. Za pogon toplotne črpalke je bila uporabljena električna energija proizvedena iz hidroelektrarne Sava Kranj, katere proizvodnja je ekološko čista.



Slika 1: Grelno število ϵ



Slika 2: Poraba el. energije in pridobljena toplota [MWh]



Slika 3: Razmerje med porabljeno el. energijo in proizvedeno toploto

3 EKONOMSKA ANALIZA UPRAVIČENOSTI PROJEKTA

3.1 Financiranje projekta

Investitor Gorenjske elektrarne, d.o.o. se je prijavil na Javni razpis za dodelitev finančnih spodbud investicijskim ukrepom za izrabo obnovljivih virov energije za leto 2004, ki ga je izvedla Agencija RS za učinkovito rabo in obnovljive vire (agencija) na podlagi Pravilnika o dodeljevanju sredstev za spodbujanje učinkovite rabe energije in izrabe obnovljivih virov energije. Za investicijski ukrep za izrabo obnovljivih virov energije – vgradnjo toplotne črpalke za toplotno oskrbo so bila dodeljena nepovratna sredstva v višini 40 % upravičenih stroškov investicije.

Investitor se je obvezal, da bo sredstva investiral namensko v skladu z vlogo, ki je bila izbrana na podlagi javnega razpisa, v skladu s terminskim načrtom investicije, pripravil končno poročilo s podatki o rezultatih izvedene investicije, začel z rednim obratovanjem in med njim dosegal v vlogi navedene parametre načrtovane investicije. V obdobju petih let po opravljeni aktivnosti na njeno zahtevo obveščati agencijo o doseganju učinkov investicije.

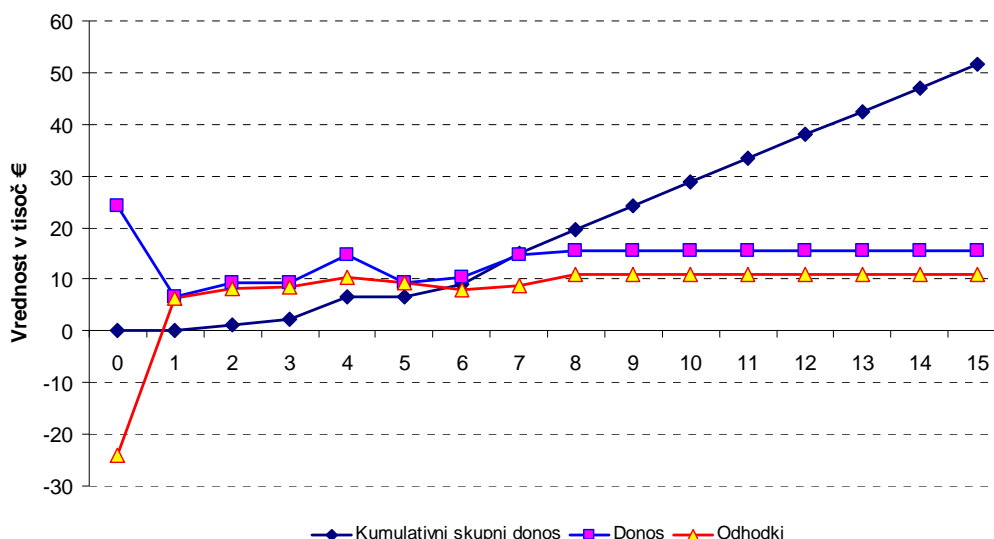
Naložba v toplotno črpalke je bila 39.639,806 EUR.

V izračunih se je upoštevala 15-letna doba časovne dinamike kot je tudi amortizacijska doba toplotne črpalke.

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 zanemarljajo 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).

Skupni denarni tok projekta zajema vse donose in odhodke tudi lastna in tuja sredstva v življenjski dobi projekta. Vsota donosov in odhodkov mora biti vedno pozitivna oziroma v času gradnje enaka nič, kar zagotavlja likvidnost projekta.

Iz slike 3 *Skupni denarni tok in likvidnost projekta* je razvidno, da je vsota donosov in odhodkov vedno pozitivna oziroma v času gradnje enaka nič, kar zagotavlja likvidnost projekta.

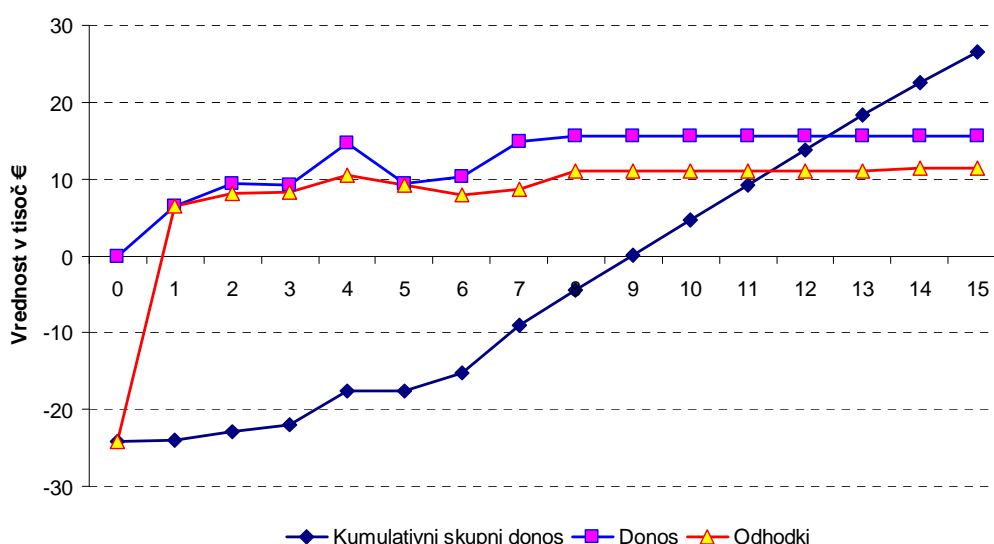


Slika 4: Skupni denarni tok in likvidnost projekta Toplotne črpalke

Opomba: *dejansko stanje velja za obdobje 2005-2011, nadalje so načrtovane vrednosti

Realni denarni tok projekta pomeni vse donose in odhodke s stališča investitorja v življenjski dobi projekta. Za naš primer je na sliki 4 realnega denarnega toka in dobe vračanja naložb razvidno, da načrtovani kumulativni skupni donos preide iz negativnega v pozitivno vrednost v enajstem letu delovanja toplotne črpalke, dejanski kumulativni skupni donos z upoštevanjem sedemletnih dejanskih podatkov pa v devetem letu.

Doba vračanja projekta je čas oziroma število let, ki so potrebni, da se bo sedanja vrednost stroškov izenačila s sedanjo vrednostjo prihrankov na osnovi investicije. To je čas v katerem bo lahko izplačan začetni vložek. Lahko rečemo, da gre za čas v katerem se nam bo denar, ki smo ga vložili, povrnil. Sedanja dinamika uporabe, ki izhaja iz intenzitete vremenskih pogojev in stroškovna analiza, kažeta povrnitev naložbe v devetih letih.



Slika 5: Realni denarni tok in doba vračanja naložb Toplotne črpalke

Opomba: *dejansko stanje velja za obdobje 2005-2011, nadalje so načrtovane vrednosti

3.2 Neto sedanja vrednost projekta

Neto sedanjo vrednost – *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 bodoče, 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 (www.akc.si/ investicije).

Pravilo za odločitev o naložbi na osnovi *NSV* je, da naložbo sprejmemo, če je *NSV* večja od 0 (nič) in jo zavrne, če je *NSV* manjša od 0 (nič). Če je *NSV* enaka nič, smo pri odločitvi ravnodušni. Med več alternativnimi investicijskimi možnostmi pa izberemo tisto, ki ima najvišjo pozitivno *NSV*. Naložba je namreč sprejemljiva le tedaj, ko ni druge alternativne naložbe, ki bi pri enakih investicijskih stroških dajala višjo vrednost donosov.

Pogoj $NSV > 0$ je izpolnjen in projekt sprejemljiv, saj je vsota donosov (S_d) večja kot vsota odhodkov (S_o) oziroma $S_d > S_o$, torej njegova sedanja vrednost znaša 9.304 EUR, pri izračunu z dejanskimi podatki. Izračunana je bila pri 4,375 % diskontni stopnji kot je bila opredeljena za zahtevano stopnjo donosa državnih obveznic.

3.3 Interna stopnja donosnosti projekta

Pri interni stopnji donosnosti (*ISD*) iščemo tisto diskontno stopnjo, z uporabo katere je *NSV* enaka 0 (nič) oziroma pri kateri se sedanja vrednost prilivov in sedanja vrednost odlivov izenačita. *ISD* uporabljamo kot investicijski kriterij tako, da jo primerjamo z individualno diskontno stopnjo. Za naložbo se odločimo, če je *ISD* večja od individualne diskontne stopnje, če ji je enaka smo ravnodušni, če je manjša pa se za naložbo ne odločimo. Ko pa izbiramo med večjim številom naložbenih možnosti, se odločimo za tisto z najvišjo *ISD*.

Izhajamo iz realnega denarnega toka projekta in dejansko razpoložljivimi podatki za prvih pet let obratovanja toplotne črpalke, za deset let pa so načrtovane vrednosti. Pri izračunu interne stopnje donosnosti projekta prikažemo, da se projekt pokriva.

$$ISD = r_p + (r_n - r_n) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n} \quad (2)$$

kjer je:

ISD..... interna stopnja donosnosti
NSD..... neto skupni donos ($S_d - S_o$)
 r_p diskontna stopnja, pri kateri je *NSD* pozitiven,
 r_n diskontna stopnja, pri kateri je *NSD* negativen,
 NSD_p *NSD* pri uporabljeni diskontni stopnji r_p ,
 NSD_n *NSD* pri uporabljeni diskontni stopnji r_n .

Iz izračuna lahko vidimo, da nam naložba prinaša »dobičke – realne prihranke«. Načrtovana interna stopnja donosnosti je 7,64 %, kar je precej več od referenčne stopnje donosnosti državnih obveznic oziroma bančnih obresti.

3.4 Kazalci uspešnosti

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti (E) je razmerje med donosom naložbe in odhodki (odlivi) in je v našem načrtovanem primeru 1,059.

$$E = \frac{S_d}{S_o} \quad (3)$$

kjer je:

Ekazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti,
 S_dskupni donosi projekta,
 S_oskupni odhodki projekta.

Kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb (D) je v odstotkih izraženo razmerje med donosom naložbe (NSV prihodkov – NSV odhodkov) in investicijskim vložkom. Med laiki je metoda popularna in znana pod geslom »Povej, koliko dobim, če vložim toliko in toliko«. Pozabijo vprašati »kdaj« in »če«. Načrtovan kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb (D) je 23,47 %.

$$D = \frac{S_d - S_o}{N} \cdot 100(\%) \quad (4)$$

kjer je:

Dkazalnik donosnosti naložb ali rentabilnosti naložb,
 Nnaložba,
 S_dskupni donosi projekta,
 S_oskupni odhodki projekta.

Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev (Do) je v odstotkih izraženo razmerje med donosom naložbe (NSV prihodkov – NSV odhodkov) in NSV odhodkov (odlivov).

$$Do = \frac{S_d - S_o}{S_o} \cdot 100(\%) \quad (5)$$

kjer je:

Dokazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev,
 S_dskupni donosi projekta,
 S_oskupni odhodki projekta.

Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj (Do) je bil ob načrtovanju naložbe 5,86.

4 EKONOMSKI REZULTATI PO SEDMIH LETIH OBRATOVANJA

4.1 Finančni rezultat in prihranki

V obdobju 2005-2011 je bilo s pomočjo toplotne črpalke proizvedeno 1.195.330 kWh toplote za katere pogon je bilo porabljen 464.393,33 kWh električne energije.

Tabela 1: Toplotna črpalka – dejanska proizvodnja in prihranki v obdobju 2005-2011

Leto	Poraba el. energije (kWh)	Proizv. toplota (kWh)	Predvidena poraba EL kuril. olja (l)	Strošek za el. energijo (EUR)	Prihranki zaradi EL kuril. olja (EUR)	Neto prihranek (EUR)	Prihranek emisij CO ₂ (t)
2005	42.996,80	127.490,00	14.165,56	3.760,87	6.534,01	2.773,15	36,83
2006	64.701,22	174.310,00	19.297,78	5.325,23	9.322,74	3.997,51	50,17
2007	66.158,82	166.550,00	18.505,56	5.736,51	9.295,08	3.558,57	48,11
2008	87.427,18	215.640,00	24.217,78	7.768,43	14.731,07	6.962,64	62,97
2009	72.260,45	180.280,00	20.108,89	6.607,45	9.334,26	2.726,80	52,28
2010	62.722,02	155.390,00	17.265,56	5.247,62	10.292,27	5.044,65	44,89
2011	68.126,84	175.670,00	19.518,89	6.028,70	14.794,23	8.765,53	50,75

Vir: lastni izračuni.

Pri proizvodnji toplote s pomočjo toplotne črpalke je bil prihranek 133.080 l kurilnega olja, kar pomeni nižji strošek za 74.142,19 EUR in z odštetim stroškom za električno energijo neto prihranek 33.828,85 EUR.

4.2 Dejanski ekonomski kazalniki

Vsako leto spremljamo dosežene učinke in jih primerjamo z načrtovanimi. Po petih letuih obratovanja toplotne črpalke so bili na osnovi dejanskih stroškov in prihrankov obratovanja toplotne črpalke doseženi optimistični rezultati, ki so bili nad načrtovanimi vrednostmi.

Neto sedanja vrednost investicije je 10.030 EUR, kar pomeni, da je donosnost investicije višja od zahtevane oz. upoštevane v izračunu in je s tega vidika ekonomsko upravičena. Neto sedanja vrednost je bila izračunana ob upoštevanju 4,375 % diskontne stopnje.

Interna stopnja donosnosti (ISD) je 7,58 %, kar je za 3,205 % več od državnih obveznic. Tudi kazalniki uspešnosti imajo glede na dejansko stanje po podatkih obratovanja toplotne črpalke v obdobju 2005-2011 dobre rezultate.

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti (E) je 1,076, *kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb (D)* je 41,50 %, *kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj (Do)* pa je 7,58.

5 PRIMERJAVA EKONOMSKIH KAZALNIKOV Z DRUGIMI ENERGENTI

Učinke delovanja toplotne črpalke, kjer smo prihranke ovrednotili s prihranki EL kurilnega olja, v nadaljevanju primerjamo še z drugimi energenti za ogrevanje: elektrika, dajinska toplota in zemeljski plin z ekvivalentnim izračunom količin in tržnih cen za obdobje 2005-2011 in nadaljnimi načrtovanimi vrednostmi.

Izračunani ekonomski kazalniki so prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Ekonomski kazalniki učinkov delovanja toplotne črpalke (TČ) v primerjavi z ekvivalentnimi energenti ogrevanja

Kazalniki	TČ / EL kurilno olje	TČ / Električna energija	TČ / Daljinska toplota	TČ / Zemeljski plin
Prihranek 2005-2011 (EUR)	33.828,85	63.675,99	35.299,23	45.468,98
Zmanjšanje emisij CO ₂ 2005-2011 (t)	346,01	463,86	382,51	253,51
Neto sedanja vrednost – NSV	11.047	66.938	13.873	338
Interna stopnja donosnosti – ISD	7,91	16,14	11,40	4,60
<i>Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – E</i>	1,086	1,522	1,108	1,003
<i>Kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb – D</i>	45,70	276,93	57,40	1,40
<i>Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev – Do</i>	8,62	52,22	10,82	0,26

Vir: lastni izračuni.

Interna stopnja donosnosti je v vseh primerih višja od diskontne stopnje 4,375 % državnih obveznic, kar pomeni, da je bila investicija v toplotno črpalko glede na dosežene parametre v sedmih letih in napoved za osem let vnaprej, upravičena. ISD toplotne črpalke v primerjavi z ogrevanjem z električno energijo je višja za 11,765 %, v primerjavi z daljinsko toploto je višja za 7,025 %, v primerjavi z EL kurilnim oljem je višja za 3,535 % in v primerjavi z zemeljskim plinom 0,225 %.

6 ZAKLJUČEK

V sedmih letih ogrevanja s toplotno črpalko so bili okoljski prihranki z zmanjšanjem emisij CO₂ za 463,86 ton v primerjavi z elektriko, 382,51 ton v primerjavi z daljinsko toploto, 346,01 ton v primerjavi s kurilnim oljem in 253,51 ton v primerjavi z zemeljskim plinom. Ekonomski kazalniki projekta vgradnje toplotne črpalke so bili izračunani glede na predhodno stanje ogrevanja z energentom EL kurilnim oljem. Izvedene so bile tudi energetske, okoljske in ekonomske primerjave učinka ekvivalentnih primerjav z drugimi energenti, ki kažejo ugodne kazalnike naložbe.

7 LITERATURA IN VIRI

- Bizjak, F. Tehnološki in projektni management, Grafika Soča, Nova Gorica 1996.
- Čibej, J., A. Investicije. E-revir. http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC_ppo/JAC_E-REVIR_060516_Investicije.pdf
- Investicije – ocenjevanje investicijskih projektov. <http://www.akc.si/investicije.php>
- Toplotne črpalke in ogrevanje z alternativnimi viri. <http://www.knut.si>
- Ekodom – učinkovite energetske rešitve. <http://www.ekodom.com/>
- ENSVET – energetske svetovanje. <http://gcs.gi-zrmk.si>
- Papler, D., Primerjava razvojnih učinkov obnovljivih virov energije, magistrsko delo, Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica 2008.
- Papler, D., Interna stopnja donosnosti, kriterij ekonomskega optimiranja elektroenergetske infrastrukture z vidika gospodarskega inženirstva. Sedma konferenca slovenskih elektroenergetikov, Velenje, 30. maja do 3. junija 2005. *Zbornik CIRED. Zbornik CIGRÉ*. Ljubljana: Društvo CIGRE - CIRED, 2005, str. 6-29 - 6-34.
- Papler, D., Basej J., Energetska učinkovitost na primeru toplotne črpalke. Deseta konferenca slovenskih elektroenergetikov, Ljubljana, 30. maja do 1. junija 2011. Strokovna poročila *Zbornik CIRED. Zbornik CIGRÉ*. Ljubljana: Društvo CIGRE - CIRED, 2011, str. 33.
- Krese G., Prek M., Butala V., Analysis of Building Electric Energy Consumption Data Using an Improved Cooling Degree Day Method, *Strojniški vestnik* št. 2, leto 2012, letnik 58, str. 107 - 114, SI21
- Energetika Ljubljana, Cenik za posamezne tarifne skupine plina. Dostopno na naslovu <http://www.jhl.si/energetika/?m=56&k=171>
- JEKO-IN, javno komunalno podjetje, d.o.o., Cene daljinskega ogrevanja. Dostopno na naslovu <http://www.jeko-in.si/index.php?i=45>
- Domplan d.d. Kranj, Cenik zemeljskega plina. Dostopno na http://www.domplan.si/DOMPLAN_NEW_energetika,distr_zem_plina,arhiv_cenikov.htm