

TOPLOTNA ČRPALKA

Ekonomski in okoljski aspekti gretja sanitatne tople vode

Darko Fius

Korespondenca: darko.fius@gmail.com

M: +386 51 250 052

*Uporabo toplotnih črpalk je utemeljil že leta 1955 slovenski termodinamik,
professor termodinamike dr. Zoran Rant,
ki je tudi definiral eksurgijo, kot del energije, ki lahko opravlja delo.*

Prof.dr. Peter Novak, 23. avgust 2014

Ekonomska učinkovitost

Povečanje stopnje učinkovitosti je najboljši način k zmanjšanju porabe energije brez da bi zmanjšali kvaliteto življenja in počutja. Energetska učinkovitost nam omogoča **doseganje dolgoročnih prihrankov**. Z omejenostjo naravnih virov se bodo cene energentov višale, po ocenah naj bi se energija v naslednjih 30 letih podražila za dvakrat, kar je izjemno konservativna ocena.

Investicija v opremo se skozi energetske prihranke povrne bistveno pred iztekom njene življenjske dobe. To pomeni, da lahko za razmeroma dolgo obdobje sredstva, ki bi jih sicer namenili plačilu stroškov za energijo, porabili za kaj drugega, npr. za pokrivanje stroškov izobraževanja, kulture...ali za nove investicije v razvoj...

26.11.2014

Uvodna misel

Al' je realno možno da lahko prihranimo v Sloveniji več sto milijonov EURO letno, hkrati zmanjšamo izpuste toplogrednih plinov z učinkovito - smotrno rabo enegije in ustvarimo direktno ter indirektno več tisoč novih delovnih mest?

Okoljske spremembe, energetska in ekonomska učinkovitost ter pogled v bodočnost

Evropska Okoljska Agencija (European Environment Agency (EEA)), v svojem poročilu 2012 opozarja, da bo v prihodnosti vpliv okoljskih sprememb z veliko verjetnostjo povzročal številnejše vremenske nesreče, npr.: poplave, požari, suše, neurja, toče, pozebe, žledenje, drsenje tal in snega, ekološke nesreče (onesnaženja zemljišč, voda, zraka) in pogostejše toplotne valove v poletnem obdobju, spremembe bodo vplivale na vodostaje in pretoke rek in s tem proizvodnjo električne energije hidro in nuklearnih elektrarn.

V Sloveniji lahko pričakujemo dvig temperature približno 1°C do 1.5°C, vendar smo posebno občutljivi na klimatske spremembe zaradi povratnega kroga (toka) površinske vlažnosti, t.j. ob povišanju temperature notranost Slovenije postane toplejša in hkrati bolj suha, kar pomeni manj izhlapevanja (evaporacije) i.e., evaporativnega hlajenja. Pričakuje se tudi 30% znižanje precipitacije (dežja) in znatno zmanjšanje ekonomske vrednosti gozdov (manjši prirastek, tudi v kmetijstvu).

Vir: EEA Report No 12/2012

EU usmerja razvoj v večjo rabo obnovljivih virov energije, kljub njihovi višji ceni. Razlogi so predvsem v manjši energijski odvisnosti in razvoju novih tehnologij in ustvarjanje novih delovnih mest.**

Vir: Brussels, 22.1.2014, COM(2014) 15 final : Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and socialcommittee and the committee of the regions: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030.

Slovenija z zakonom prevzema številne mednarodne obveznosti, (EZ-1 sprejet in objavljen v UL SI 07.03.2014 št. 17/14 je začel veljati 22. marca 2014) med katerimi so tri najpomembnejše:

1. zmanjšanje rabe energije za (-9% do 2020 in še več do 2030)
2. delež OVE v TPES (25% do 2020 in verjetno ~27 -30% do 2030)
3. zmanjšanje emisij TGP (-8% do 2016 in nato verjetno do 40% v letu 2030.

Cene fosilnih goriv so ostale v EU visoke (posebno v primerjavi z ZDA). **Za uvoz goriv** je bilo potrebnih v letu 2012 400 milijard EUR ali 3,1% BDP (v Sloveniji **2.6 milijarde ali 7,76% BDP**).

Statistična razlika med lastno proizvodnjo energije in porabo znaša $12\,868 \times 10^3$ toe (12.868 mio toe), oziroma 149.7×10^6 MWh, lastna proizvodnja znaša 3556.743×10^3 toe (3.55 mio toe), oziroma 41.3649×10^6 MWh, energetska odvisnost znaša 50.9%.

Vir: Statistični urad RS 2014 (podatki so za leto 2012).

Slovenija in ekologija

Slovenija ima slabo ekološko izkaznico, zato smo klasificirani kot država nesonaravnega razvoja, tako na lokalni kot državni - globalni ravni.

Okoljski odtis ne ohranjamo v okviru sprejemljivih meja, kar povzroča neravnovesje med povpraševanjem (po hrani, gorivih, lesu, vlaknih) in biološko zmogljivostjo samoobnavljanja. Slovenija z okoljskim odtisom 5,3 gha/osebo presega evropsko povprečje (4,7 gha/osebo). Povpraševanje je skoraj dvakrat večje od biološke zmogljivosti. Največje pritiske na okolje pri tem povzroča raba neobnovljivih virov energije (fosilna goriva), predvsem iz energetskega sektorja.

Kazalec prikazuje okoljski odtis, biološko zmogljivost (biokapaciteto) ter okoljski deficit v Sloveniji, evropskih državah, ZDA... Tako okoljski odtis kot biološka zmogljivost in okoljski deficit so izraženi v standardizirani enoti biološko produktivne površine, globalnem hektarju (gha) na osebo.

Okoljski odtis (angl. Ecological Footprint) je površina zemljišča, ki ga prebivalstvo potrebuje za ohranjanje svojega načina življenja. Del odtisa so tudi izpusti ogljikovega dioksida in površina morja. Okoljski odtis primerja biološko produktivne površine z vsemi površinami, ki so na voljo, vključno z morjem.

Statistični letopis Slovenije navaja, da je Slovenija v samem vrhu vlaganj v varstvo okolja, javni sektor 0.53% BDP in industrijski sektor 0.34%.

Energetska in ekonomska učinkovitost

Tako kot vedno imamo tudi v stoletju tehnoloških "tokov" tehnologije v zatonu kot tudi tiste v začetni fazi razvoja, nekatere od njih so tudi disruptivne. Tovrstne spremembe prinašajo neprenehoma številne, danes še nepredvidene posledice. Ob stroških bodo tudi dobrobiti, vprašanje ostaja ne v tolikšni meri njihova identifikacija temveč kako najti uravnoteženost med vsemi faktorji, predvsem so to upori učinkovitemu toku napredka in neosveščenost širše populacije.

V spisu se posvečamo zaznavanju ekonomsko kot tudi okoljsko "slabih" in "dobrih" rešitev s področja rabe energije z indikativno metodologijo, ki je enostavna in transparentna v največji možni meri.

Stroškovno učinkovitost in stroškovno optimalnost gledamo z različnih perspektiv, ki dajejo v večini primerov tudi različne končne rezultate, npr.:

- pogled na družbo kot celoto, t.j. makro ekonomski pogled
- pogled individualnega koristnika
- pogled idealiziranega končnega porabnika, t.j. mikro ekonomski pogled

Makro ekonomski pogled obravnavajo državne agencije v svojih študijah, mi pa smo osredotočeni na pogled individualnega koristnika in zaradi težav pri ocenah detaljne perspektive tudi pogled idealiziranega končnega porabnika.

Promocija vzdržnosti na področju energetske oskrbe je primarni EU cilj, zmanjšanje klimatskih vplivov z utilizacijo vseh oblik obnovljivih virov (angl. diversification) energije (OVE) in zmanjšanja energetske odvisnosti, posebno s strani zunanjih dobaviteljev.

Definicije energetske učinkovitosti

Uradno definicijo energetske učinkovitosti v EU smo dobili v "Energy Efficiency Directive 2012/27/EU: Directive 2013/12/EU", koncept dosedanjih razlag (tehnična definicija) pa je, da ob rabi manj energije za isto delo z "boljšo" tehnologijo storimo ekvivalentno delo, tj. z uporabo bolj učinkovite tehnologije dobimo enak končni rezultat ob rabi manj energije oz. goriva.

Definicija glasi v angleškem jeziku:

'Energy efficiency' means the ratio of output of performance, service, goods or energy to input of energy (Article 2.4).

'Energy savings' means an amount of saved energy determined by measuring and/or estimating consumption before and after implementation of an energy efficiency improvement measure, whilst ensuring normalisation for external conditions that affect energy consumption (Article 2.5).

Sprememba obnašanja ljudi ali sprememba v operativnem smislu, ki lahko prav tako predstavlja energetska učinkovitost je še vedno kontraverzna tema, predvsem zato ker imamo v dosedanjem kontekstu tudi ekonomsko definicijo energetske učinkovitosti na osnovi končnih stroškov. Tehnologije, ki rabijo več fizičnih enot energije (kWh, J, energijo ekvivalentno toni olja,...) so lahko prav tako energetska učinkovite, če so manj drage, npr. če zadovoljijo funkciji ob manjših stroških. Prihranki oz. manjši stroški so lahko rezultat v obliki pospešenega procesa (časovna limita, čas je denar), izboljšanja kvalitete in vrste relevantnih, procesno specifičnih stroškovnih postavk.

Analiza izbora aplikativne tehnologije poleg tehničnih atributov vsebuje tudi dolgoročno ekonomsko analizo, za racionalno odločitev pa je vprašanje ekonomske učinkovitosti ob kriteriju okoljske sprejemljivosti odločilno v realnem, poslovnem svetu.

Dobrobiti iz naslova energetske učinkovitosti in obnove energetskih sistemov

Prihranki energije omogočajo številne dobrobiti, npr.:

- Direktne in indirekne dobrobiti v družbi kot celoti:
 - kumulativne vrednosti prihrankov iz naslova višje energetske učinkovitosti znatno presegajo investicijske stroške pod pogojem, da so projekti adekvatno zasnovani in podprti z realnimi opcijami (tj. z vgrajeno fleksibilnostjo),
 - zmanjšana onesnaženosti ozračja in izboljšanja klimatskih pogojev v notranjosti objektov vodi k bolj zdravem okolju, pozitivnih učinkov na zdravje ljudi, boljšem počutju, višji produktivnosti in višji končni dobrobiti vseh,
 - energetska neodvisnost (varnost)
- Izboljšave na področju javnih financ:
 - direktni vpliv prihrankov iz naslova učinkovitejše rabe energije vodi do zmanjšanja dohodkov od davčnih obveznosti... kar je več kot pokrito z:
 - zmanjšanjem stroškov energije v javnih zgradbah in splošno, pri vseh subjektih, ki so v državni lasti,
 - nižjimi subvencijami za projekte URE in nizkoogljicne družbe vključno z raziskavami in implementacijami izsledkov raziskav energetske učinkovitosti v prakso,
 - znatno večjimi prilivi iz naslova plačanih davkov ter manjšimi socialnimi izdatki, ki nastanejo zaradi večje ekonomske aktivnosti, pomembna postavka v prihodnjih letih.

Ekonomska učinkovitost

Povečanje stopnje učinkovitosti je najboljši način k zmanjšanju porabe energije brez da bi zmanjšali kvaliteto življenja in počutja.

Višji nivo energetske učinkovitosti pomeni manjšo porabo ob istem nivoju dobrobiti, ki smo jih vajeni (npr., osvetlitev, gretje, električni motorji, računalniki, hišni aparati...), kar pomeni tudi višjo ekonomsko učinkovitost, zmanjšanje povpraševanja po redkih resursih, zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, vse kar je povezano z potrošnjo energije. Učinkovitost zmanjša tudi našo odvisnost od tujih trgov oz. dobaviteljev, npr., izdobave naravnega plina, tekočih in trdih fosilnih goriv, ipd., ki jih v Sloveniji nimamo.

Približno 74% investicijskih primerov **izboljšave energetske učinkovitosti** daje pozitivne neto sedanje vrednosti (NSV, NPV), med najvišjimi NSV je investicija v automatizacijo, npr., sodoben krmilnik (kontroler) s senzorji...za celotno zgradbo, sledijo razsvetljava in el. motorji (obtočne črpalke, ventilatorji, ipd.). Investicija v automatizacijo daje tudi najvišje emisijske prihranke $\text{kg}[\text{CO}_2, \epsilon]/\text{m}^2$, sledijo investicije v razsvetljava (senzorji navzočnosti, senzorji dan/noč, učinkovita svetlobna telesa...) in obtočne črpalke (el. motorji). Izjemno visoke prihranke (v smislu razmerja prihranki/investicija) predstavlja investicija v nastavke za pipe in tuše za nizek pretok vode, v večini primerov se investicija povrne v enem letu ali manj.

Številne tehnično razvojne študije iz področja toplotnih črpalk so financirane iz 7. EU razvojnega programa, npr., Fraunhofer ISE - upravljanje energetskih sistemov, Hesch Systems - kontroler za solarne sisteme, Emerson Climate Technology- kontroler za toplotne črpalke in kompresor, Ziehl-Abegg - aksialni ventilatorji, AKG - mikro-kanalni toplotni izmenjevalci in kondenzatorji, ipd. Visoke učinkovitosti in nizke okoljski posledice se pridobijo z holističnim pristopom (okoljsko, socialno in ekonomsko vzdrženo), ki zajema sistemske integracije in nove tehnološke pristope na nivoju sistemov in detelneje, na komponentnem nivoju.

- Energetska učinkovitost nam omogoča **doseganje dolgoročnih prihrankov**. Z omejenostjo naravnih virov se bodo cene energentov višale, po ocenah naj bi se energija v naslednjih 30 letih podražila za dvakrat, kar je izjemno konservativna ocena.
- Sodobna, okoljsko prijazna in energetska varčna oprema (sistem) prinaša tudi znatne ekonomske učinke, kratkoročne ter dolgoročne, direktne, indirekne in posredne, saj z njo lahko stroške znižamo 40 odstotkov in več, seveda ob razumnem ravnanju.
- **Investicija v opremo se skozi energetske prihranke povrne bistveno pred iztekom njene življenjske dobe**. To pomeni, da lahko za razmeroma dolgo obdobje sredstva, ki bi jih sicer namenili plačilu stroškov za energijo, porabili za kaj drugega, npr. za pokrivanje stroškov izobraževanja, kulture...ali za nove investicije v razvoj...
- Z energetske učinkovitostjo bivalnega okolja prispevamo pozitivno klimatskim spremembam. Seveda, ena stanovanjska enota ne pomeni velike razlike, toda če bi vsi ravnali enako, bi bil učinek globalen. Stavbe namreč porabijo kar 40 odstotkov vse energije na planetu.
- Z razumno uporabo energetskih virov bodo ti razpoložljivi dlje, ne smemo so dovoliti, da bi črpali in osnaževali danes več kot je planetu vzdržno.

Učinkovitost kurilnih sistemov in toplotnih črpalk

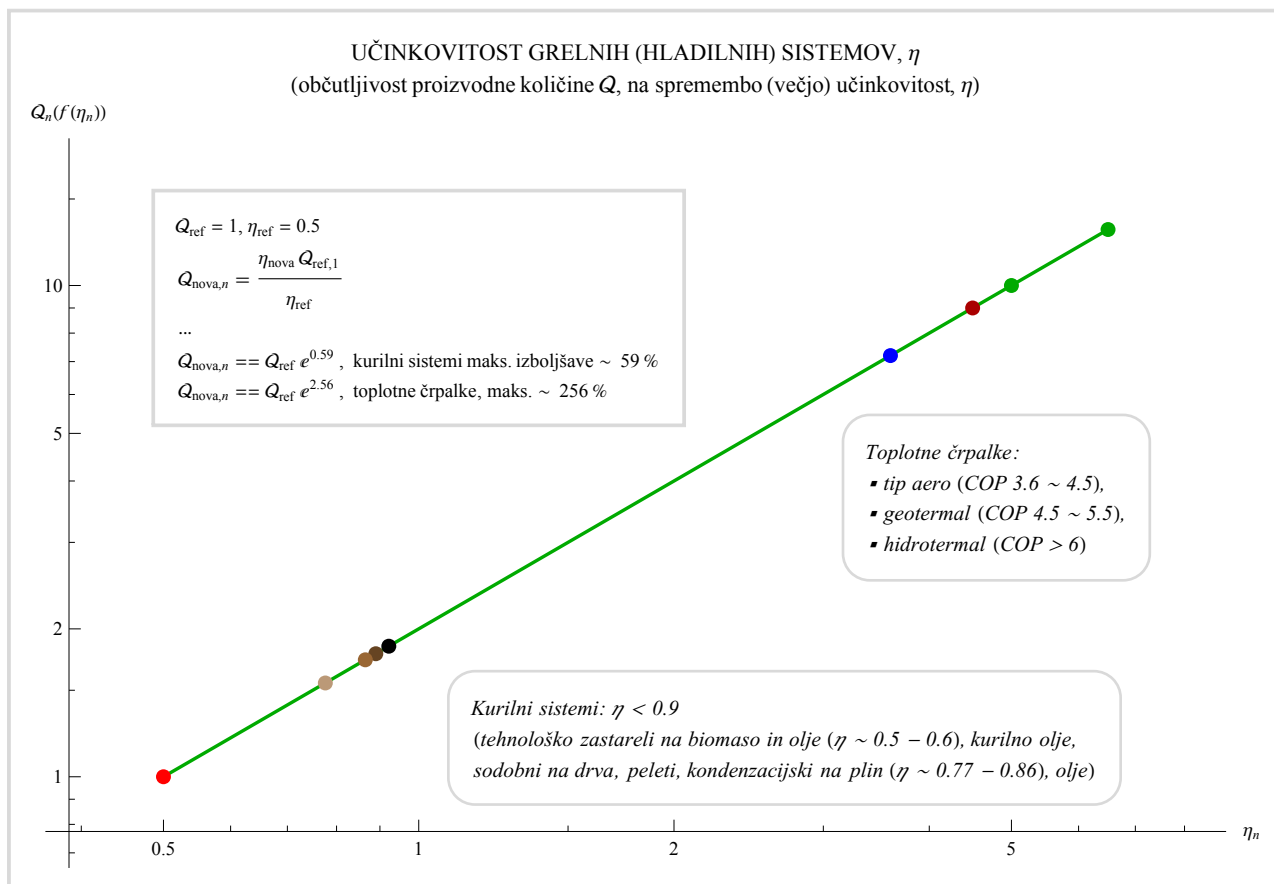


Figure 0.1. Tehnologije gretja, (in hlajenja v primeru toplotnih črpalk)...občutljivost Q na višjo sistemsko učinkovitost η ; (ordinata $\text{Log}(\eta)$, abscisa $\text{Log}(Q)$)

Vpliv učinkovitosti η

$$\sum_{n=1}^N (d+1)^{-n} Q_{nova,n} = \frac{\eta_{nova}}{\eta_{ref}} \sum_{n=1}^N (d+1)^{-n} Q_{ref,n} \tag{1}$$

$$\frac{\eta_{nova}}{\eta_{ref}} = \frac{(d+1)^{-N} ((d+1)^N - 1) Q_{nova,n}}{d \sum_{n=1}^N (d+1)^{-n} Q_{ref,n}} \tag{2}$$

$$Q_{nova,n} = \frac{d (d+1)^N \frac{\eta_{nova}}{\eta_{ref}} \sum_{n=1}^N (d+1)^{-n} Q_{ref,n}}{(d+1)^N - 1} \tag{3}$$

ključno je razmerje med referenčno učinkovitostjo in "novo" $\frac{\eta_{nova}}{\eta_{ref}}$, vzamemo izhodiščno Q_{ref} , ostale spremenljivke se poničijo in nimajo vpliva, tako dobimo vrednost za "izboljšavo" med starim in novim sistemom.

$$Q_{nova,n} = \frac{\eta_{nova} Q_{ref,1}}{\eta_{ref}} \tag{4}$$

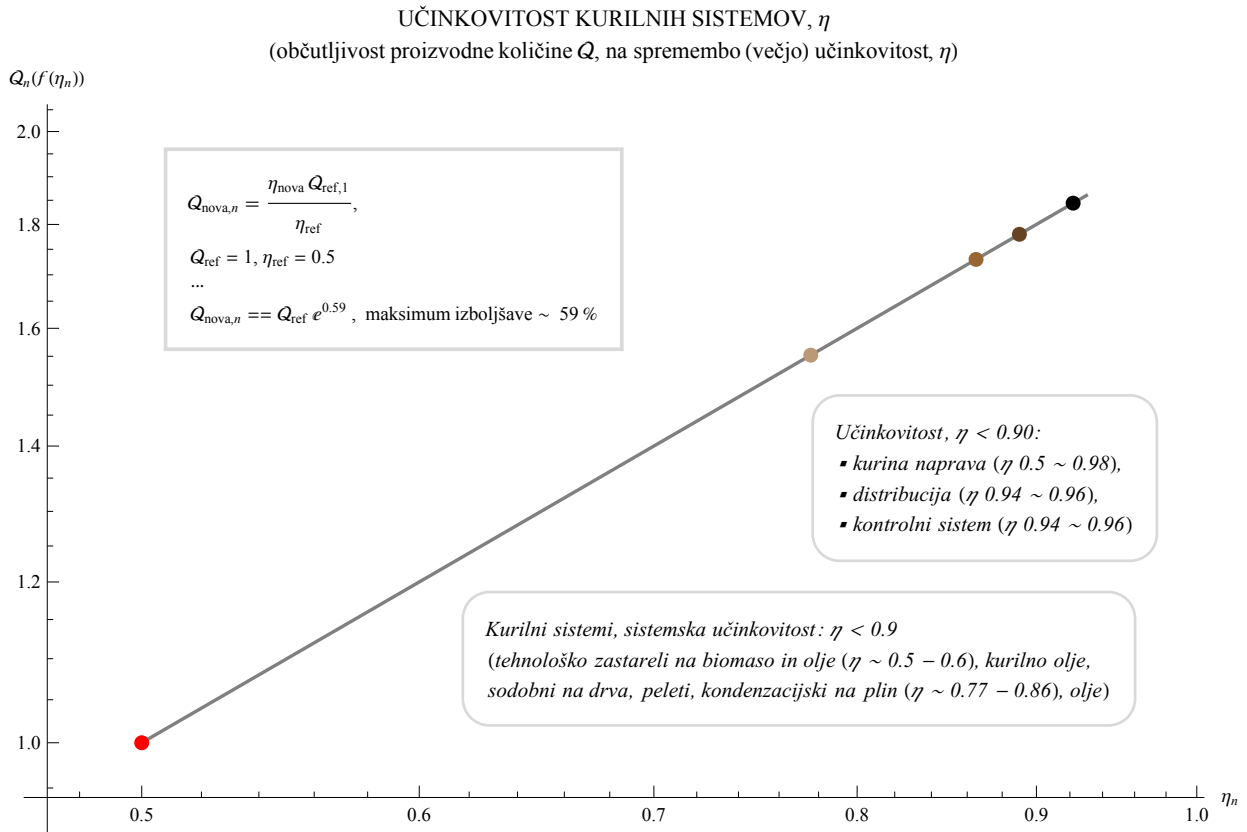


Figure 0.2. Tehnologije gretja, kurilni sistemi...občutljivost Q na višjo sistemsko učinkovitost η ; (ordinata $\text{Log}(\eta)$, abscisa $\text{Log}(Q)$)

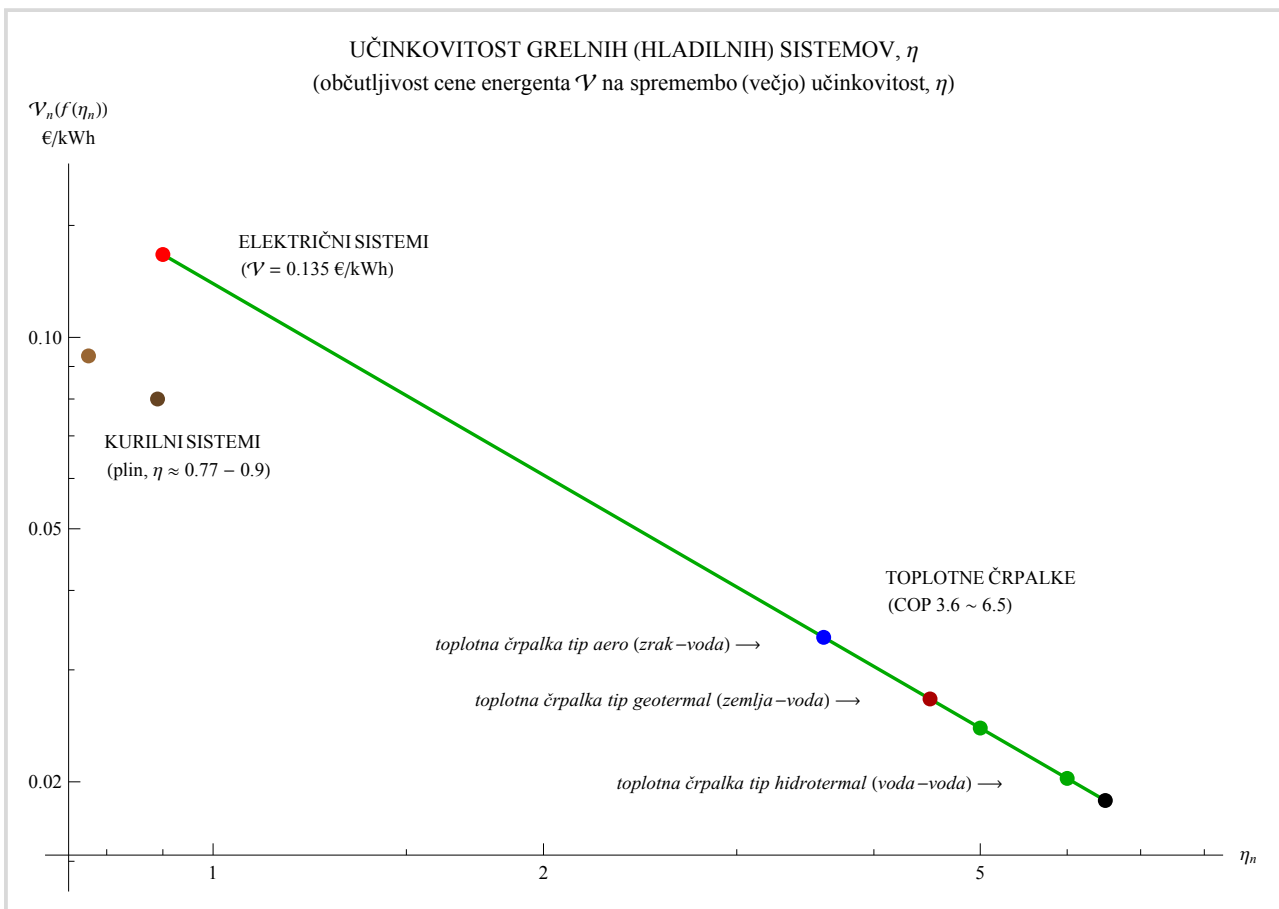


Figure 0.3. Tehnologije gretja, kurilni sistemi...občutljivost cene energenta na višjo sistemsko učinkovitost η ; (ordinata $\text{Log}(\eta)$, abscisa $\text{Log}(Q)$)

Opomba:

Najbolj vprašljivo zaradi kompleksnosti za vse grelne sisteme je krmiljenje, kompromisi so neizbežni, napake v programiranju so pogoste, se težko zaznajo in so generalizirano izjemno drage. Ne bo odveč omeniti, da je investicija v sodoben krmilnik in tipala ekonomsko zelo učinkovita kljub pogosto zastavljenemu vprašanju, ali res potrebujemo tipala za sončno obsevanost, relativno vlažnost v notranjosti objekta, veter in učinek vetra na toplotne tokove, programsko vodene obtočne črpalke, ipd. Podobno kot se citira v logistiki, so sodobni krmilniki področje, ki omogoča največje prihranke energije in so predmet številnih študij renomiranih inštitutov glede tehničnih in programski izboljšav ter implementacije, vse z namenom optimizacije rabe energije in s ciljem zagotavljanja življenjskega okolja dobrega počutja.

Nivelirani stroški energije (angl. levelized cost of energy - LCOE) so podani kot:

$$\text{LCOE} := \frac{\text{TLCC}}{\sum_{n=1}^N (d+1)^{-n} Q_n} = \frac{\sum_{n=0}^N (d+1)^{-n} C_n}{\sum_{n=1}^N (d+1)^{-n} Q_n} \quad (5)$$

Projekti učinkovite rabe energije so posebnost kapitalskih projektov

1. Pravilno zastavljeni (ekološko, tehnično in finančno) so načeloma ekonomsko učinkoviti (izjemno dober notranji donos, IRR)
2. Ni zahteve po dodatnih virih financiranja (financirajo se iz prihrankov) in načeloma ne tekmujejo z drugimi projekti glede financiranja
3. Prihranki generično plačajo za posodobitev sistemov z visoko učinkovitostjo
4. Znatno zmanjšajo oz. eliminirajo nesmotrno rabo energije, t.j., neekonomičnost in onesnaževanje
5. Ustvarijo znatne ekonomske (finančne), socialne in okoljske dobrobiti
6. Ustvarijo delovna mesta, direktno in indirektno ter posredno, ki odtehtajo investicije z magnitudo...1 : 15 in več

Nomenklatura

Izraz energija naveden v statističnih virih predstavlja toploto in moč in ga v vsakdan največkrat uporabljamo (imamo še kinetično energijo in relativistično kinetično energijo..., formul v kombinaciji s časom, dolžino, maso, frekvenco, hitrotjo, energijo in močjo je seveda znatno več).

Izraz energija (v smislu: tržno blago) predstavlja goriva, toploto in moč. Izrazi kot npr. nosilec energije in vektor energije so sinonimi, ki jih tudi, vendar manj pogosto srečujemo.

Energija v smislu "tržno blago" je zajeta direktno ali indirektno iz narave in jo imenujemo primarna, npr. surova nafta, premog, naravni plin, lahko je tudi proizvod iz primarnih virov. Energijo, ki ni primarna, definiramo kot sekundarno in je pridobljena iz primarne, npr. proizvodnja električne energije v termo elektrarnah (na premog, olje, plin). Na primer, destilirani proizvodi rafinerij (bencin, kerozen, diesel...) predstavljajo sekundarno energijo proizvedeno iz surove nafte (primarna), koks (sekundarna) iz premoga (primarna), oglje (sekundarna) iz lesne biomase (primarna), ipd. Sekundarna energija je rezultat transformacije primarne ali sekundarne energije.

Toploto kot tudi električno energijo lahko proizvedemo iz primarne ali sekundarne energije. Primarna toplota je zajeta iz naravnih virov (solarni paneli, geotermalni rezervoarji) in predstavlja "novo" energijo na energijskem trgu. Sekundarna toplota je zajeta iz že zajetih virov ali iz proizvodnje, npr. toplota kogeneracijskih postrojenj.

Primarna energija se nadaljno klasificira na goriva fosilnega izvora (premog, surova nafta, plin) in na goriva iz obnovljivih virov, npr. lesne biomase. Izraz fosilna goriva zajema tudi vsa goriva iz proizvedena iz fosilnih virov nastalih iz biomase v geološki preteklosti.

Obnovljivi viri energije, razen geotermalne, so posledica solarne radiacije ali gravitacije.

Enote in konverzije

Koločine goriva se merijo za namene trgovinske menjave in kontroliranja industrijskih procesov ter rabe. Merske enote na mestu merjenja so izbrane tako, da najbolje odražajo fizična stanja (trda, tekoča in plinasta) in ki za merjenje zahtevajo enostavne merilne instrumente. Za maso se tako koristi kg, za tekočine in pline m^3 , imamo nekaj izjem, npr. pri lesni biomasi, kjer se pogosto koristijo lokalne enote. Električno energijo merimo v kWh, količine za toploto in paro se izračunajo iz merjenj pritiska in temperature in so podane v joulih (J). Za izračune količin se volumetrične enote za tekočine (plin) pretvorijo v enoto mase (kg), za kar potrebujemo gostoto (ρ , kg/m^3) pri standardni temperaturi in pritisku.

Konverzija v enoto energije zahteva poznavanje kalorične vrednosti goriva, tj. koliko toplote lahko dobimo iz enote goriva (kg) pri standardnem pritisku. Tipične navedbe so npr. 26 gigajoule/tona (GJ/t) za trda goriva (premog, lesna biomasa,...) ali 35.6 magajoule/kubični meter (MJ/m^3) za tekoča goriva in plin; izraz kalorična vrednost goriva je ekvivalentna kurilni, vrednosti se določijo z merjenji v specialističnih laboratorijih, ki se ukvarjajo z določanjem kvalitete goriv. Količine v joulih (J) lahko konvertiramo v watt ure Wh, npr.

1 MJ = 0.2778 kWh, kar pogosto daje sprejemljivejšo vrednostno percepcijo.

Večina goriv se sestoji iz ogljika in vodika, prisotni so še drugi elementi ki ne doprinesejo ali doprinesejo samo manjši delež k kalorični vrednosti goriva. Ogljik kot tudi vodik se pri gorenju vežeta s kisikom, reakcija daje toploto. Ko se vodik veže s kisikom nastane voda v obliki pare in je sestojina dimnih plinov. V primeru, da dimne pline v kurilni napravi ohladimo, se voda v obliki pare kondenzira in odda latentno toploto. Kurilne naprave, ki so konstruirane tako, da zajamejo latentno toploto imajo za približno 5-6% boljšo učinkovitost, plinske pa 10%. Derivacija kalorične vrednosti trdih goriv je dokaj komplicirana zato ker vsebujejo tudi vodo v samem gorivu, količina vode je odvisna od vremenskih pogojev in načina skladiščenja.

Neto kalorična vrednost goriva je toplota pridobljena z gorenjem minus toplota potrebna za evaporacijo vode v gorivu.

Za trda goriva, odpad in biomaso se načeloma navede neto kalorična vrednost (spodnja), za pline, razen bio plin, se navede gross vrednost (gornja).

Stehiometrično gorenje

Osnovni stehiometrične izračuni nam dajo teoretično razmerje med gorivom in zrakom, kar naj bi zmanjšalo toplotne izgube in pri gorenju izkoristilo vso energijo goriva. Tako, idealno gorenje v praksi ni možno doseči zaradi vrste faktorjev, toplotne izgube so neizbežne in 100% učinkovitost nedosegljiva.

Proizvajalci kotlov pogosto citirajo standard DIN 4702-8 "Central heating boiler; determination of the standard efficiency and the standard emissivity" kjer zasledimo npr. 104% učinkovitost kondenzacijskega kotla na plin. Zavedajmo se, da je to (po DIN 4702-8) izračunano z formulo, ki ne sledi definicije toplotne učinkovitosti, 100% minus izgube, take definicije so persistentne v številnih referenčnih gradivih (Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija, Center za energetsko učinkovitost (CEU), IJS-DP-10072, Datum: julij 2010, Dopolnjeno: september 2011). Dandanašnje metodologije namreč upoštevajo ne samo izgube zaradi radiacije in konvekcije, latentne energije zaradi prisotnosti vode v gorivu, fizične entalpije prisotne vlažnosti v zraku in fizične entalpije dimnih plinov temveč tudi latentno toplotno energijo prisotnega vodika v samem gorivu, kar predstavlja za plin približno 140 g/kWh vode.

Učinkovitost za plinske sisteme (kotle) $\eta = 0.85 - 0.86$ je v strokovni literaturi gornja meja možne tehnično dosegljive vrednosti.

Idealno gorenje v praksi ni možno doseči, toplotne izgube so neizbežne in 100% stehiometrične učinkovitosti nedosegljive.

Stehiometrična razmerja zrak/gorivo za naravni plin - NP (metan) je 17.2 kg zraka za vsak 1 kg metana, ne pozabimo da je v masi (1 kg) zraka 23.2% kisika, preostalo pa so dušik in še drugih plini, med njimi tudi CO₂ v manjših odstotkih. Stehiometrična razmerja za druga goriva so v praksi znana in za vsako gorivo specifična, npr. bencin 14.7, propan 15.5, etanol 9, metanol 6.4, vodik 34, diesel 14.6, itd. V večini procesov gorenja nastanejo še dodatne spojine, npr. CO (ogljikov monoksid), NO (dušikov monoksid), NO₂ (dušikov dioksid), prašni delci, saje in pepel, vse to je potrebno minimizirati in za optimizacijo gorenja predhodno izmeriti.

Ko računamo energetsko ravnotežo (angl. energy balance) v procesu gorenja, vzamemo vsa energijska stanja in toke (izvor - ponor) skozi predhodno definirani sistemski okvir, to je orodje kako določimo učinkovitost kurilne naprave.

Definicija toplotne učinkovitosti je: 100% minus vse toplotne izgube, npr.:

- izgube zaradi neizgorjenega ogljika
- izgube zaradi suhega dimnega plina
- izgube zaradi vlage v gorivu
- izgube zaradi gorenja vodika
- izgube zaradi atomiziranja medija (para, zrak)
- izgube zaradi vlage v zraku
- izgube zaradi nastajanja CO, nepopolnega izgorevanja
- izgube zaradi neizgorjenega vodika
- izgube zaradi neizgorjenih ogljikovodikov
- izgube zaradi površinske radiacije in konvekcije
- izgube toplote v pepelu

V praksi je potrebno obravnavati tudi kinetično in potencialno energijo, v večjih sistemih to ni zanemarljiva postavka, in za zagotavljanje popolnega izgorevanja potreben presežek kisika, recimo 2%.

Ko računamo učinkovitost grelnega (hladilnega) sistema moramo upoštevati še izgube distribucije (cevni in črpalni sistem, npr. ventili, cevna kolena, nepovratni ventili, kontrakcije in ekspanzije, učinkovitost črpalk, upori v ceveh, vsakršen upor toku, učinkovitost toplotnih izmenjevalcev; npr. za nove sisteme $\eta = 0.98$) in kontrolnega sistema (krmilnik, napake senzorjev, optimizacija gretja (hlajenja) in programske nastavitve glede na toplotno inercijo objekta, za nove sisteme $\eta = 0.95$), da ne naštevamo vseh. Za izhodišče vzamemo sistemsko tehnično možno učinkovitost kurilnih sistemov $\eta = 0.8$.

Seveda moramo uravnotežiti tudi vse masne frakcije, izvor = ponor, $\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_0$, in tako dobimo realno sliko za izračun vrednosti - "učinkovitost".

Da bi obrazložili zakaj tako pogosto srečujemo amputirane vrednosti za "učinkovitost" (η) kurilnih naprav ali grelnih sistemov vedimo, da so za kalkulacije potrebne številne meritve pod kontroliranimi pogoji, npr.

- masa goriva, m_g
- masa vseh sklopov v sistemu, m_{fur}
- količina energije, pretok goriva m_f , zraka m_a
- temperature sten, T_w
- temperatura ambienta, T_{amb}
- temperatura zraka za gorenje, T_a
- temperatura goriva, T_f
- kompozicija goriva, molarne ali masne frakcije (C, H, S, O₂, N₂, pepela, vlage...itd.)

- kompozicija dimnih plinov (O_2 , CO_2 ...itd.)

Merilni instrumenti so dragi in za delo z njimi se zahtevajo specialistična znanja.

Npr. potrebna minimalna oprema:

- instrumenti za analizo dimnih plinov
- pretočni merilniki za trda, tekoča in plinska goriva, zrak, dimne pline
- temperaturna tipala, termometri za merjenje temperature dimnih plinov, gorenja, goriva, temperature ovoja kurilne naprave, dovoda goriva...)
- masa kurilne naprave (vseh gibljivih sklopov)
- metri
- analiza goriva, na osnovi frakcij mase, (C, H, S, H_2O , ...itd.)
- krmilniki za zajemanje časovne serije podatkov
- specializirana programska oprema potrebna za analize...in poročila.

Osnovni izračuni so zahtevni, na izvoru računamo z kemijsko entalpijo goriva, fizično entalpijo goriva, fizično entalpijo zraka, fizično entalpijo vlage prisotne v zraku za gorenje in energijo same kurilne naprave; na ponoru računamo izgube - fizično entalpijo dimnih plinov (izgube so približno 11%), radiacijo in konvekcijo, latentno energijo zaradi prisotnosti vode v gorivu, fizične entalpije prisotne vlažnosti v zraku in latentno toplotno energijo prisotnega vodika v samem gorivu; vse te komputacije so potrebne, da izračunamo koristno energijo, tj. energijo v gorivu - izgube = koristna energija.

Za preverjanje sistemske funkcionalnosti uporabimo sistemske simulatorje in evaluatorje, programske opreme na trgu je več, aplikativno se v angleškem jeziku pogosto imenujejo "cyber-physical systems" - simulatorji, najbolj vsestranski so tisti, ki so integrirani z matematičnimi programi, ki omogočajo simbolične komputacije in optimizacije večjega števila parametrov.

Motivacija za promocijo "učinkovite rabe energije"

ENERGETSKA OBNOVA JAVNIH OBJEKTOV Z MENJAVO ENERGENTA

Slovenske občine imajo v upravljanju približno 3000 javnih objektov (osnovne šole in vrtci in drugi poslovno - kulturni ter športni objekti). Številni so bili grajeni v obdobju energetskega izobilja, danes pa predstavljajo obratovalni stroški teh objektov visoko stroškovno postavko v proračunu.

V drugo kategorijo javnih objektov sodijo poslovni objekti v pristojnost posameznih ministrstev (šolstvo, zdravstvo, kultura, vojska in policija, ipd.).

Med osnovnošolskimi objekti je najti nekaj zgrajenih iz obdobja delovnih brigad po drugi svetovni vojni (osnovna šola v občini Šentrupert) in še več iz časov samoprispevkov. Sedaj so vsi ti "stari" objekti obremenjeni s centralnim ogrevanjem na drago kurilno olje ali zemeljski plin, nekaj projektov pa je implementiralo okolju prijazno rabo izjemno dragega utekočinjenega plina; npr. v Sloveniji imamo osnovno šolo, katere stroški za utekočinjeni naftni plin - UNP (butan, propan) presegajo 80 000 EUR/letno. Vsi objekti so bili takrat zgrajeni skladno s časom, z ekonomiko in projekcijo stroškov, ki niso predvideli možnost nekajkratnega povišanja cen energentov, oprema pa se je nabavljala po načelu nemenske ustreznosti in/ali je opremo možno dobiti (več kot 50% vseh kotlovnice v javnih zavodih je znatno predimenzioniranih, ki zato obratujejo pod nivojem optimalne učinkovitosti). Detaljnih študijev in projekcij o bodočih obratovalnih stroških takrat še ni bilo na razpolago predvsem iz razloga, ker dolgoročna politika učinkovite rabe energije ni obstajala v obsegu kot obstaja danes, z drugimi besedami, preteklice eskalacij cen energentov se niso zahtevale.

Danes je cena nafte, plina, premoga oz. vseh primarnih, fosilnih energentov kot tudi cenena in zanesljiva logistika geopolitično, strateško vprašanje.

In kar je najpomembnejše, z obnovo v učinkovito rabo energije vsak projekt prispeva k izpolnjevanju obvez do sonaravnosti z zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov in prašnih delcev ter z rabo trajnih energetskih virov.

Ni potrebno posebej povdarjati, da so potrebni materiali, strojna oprema in sistemske rešitve v večji meri lahko slovenski proizvod - znanje, in vse delo lahko izvedejo slovenska podjetja in podjetniki.

Ocena možnih prihrankov iz naslova učinkovite rabe energije na nivoju državnih institucij RS je +240 mio EUR/letno.

Vir:

- Božo Dukić, 2014
- Ministrstvo za finance, Javno Zasebno Partnerstvo (Zakon o javno zasebnem partnerstvu).

Učinkovita raba energije

Super eksponencialna rast rabe energije in onesnaževanja okolja ni vzdržna (planet ima končno mejo, tj. sposobnost absorpcije polutantov - regeneracije) zato moramo trend obrniti z drastičnim zmanjševanjem potrošnje in onesnaženja, predvsem z veliko boljšo učinkovitostjo tj. z obnovo ali zamenjavo zastarelih - potratnih potrošnikov energije (svetlobnih teles, aparatov, strojne opreme, krmilnikov, ipd.) in z naprednimi programskimi pristopi, npr. sistemi, ki uravnavajo optimalno atmosfero v objektu na osnovi vremenske napovedi, termodinamične inercije objekta, z implementacijo "pametnih senzorjev", "pametni krmilniki", ipd.

1. Izboljšati moramo učinkovitost s katero se resursi koristijo (predvsem energija, npr., toplotna, električna...);

2. Razviti oz. povečati moramo lastne kapacitete obnovljivih virov energije kar se da hitro (vodni viri, lesna biomasa, geotermalna in solarna baza OVE), kljub visoki ceni...

Gretje/hlajenje kjer uporabljamo kot prenosni medium tekočino (vodo)

Tekočine (recimo voda) so kot grelni ali hladilni medium (prenosnik toplotne energije) približno 1000 krat bolj učinkovite kot zrak. Manjši volumen tekočine, recimo (vode) z maso 1 kg, ima hladilno kapaciteto približno enako kot večji prostor poln zraka. Energija potrebna za pretočno črpalko, ki cirkulira tekočino (vodo) z namenom, da se odvzame ali doda toplotna energija specifičnem sistemu, recimo delu zgradbe, je manjša kot energija potrebna za pogon ventilatorja srednje velikega prostora polnega zraka, znatno manj.

Za hladilne (grelne) sisteme toplotnih izmenjevalcev na tekočino lahko pričakujemo 28% izboljšano energijsko učinkovitost v primerjavi z sistemi, ki koristijo zrak.

Učinkovita raba energije in trojni dividendi tehnologije toplotne črpalke (grafično)

1. Toplotne črpalke koristijo obnovljive vire energije iz:
 - a. zraka (aerothermal),
 - b. vode (hidrotermal) in
 - c. tal/zemlje (geotermal);
2. Toplotne črpalke zmanjšajo povpraševanje po primarni energiji in,
 - a. zmanjšajo porabo končne energije, kar izhaja iz dejstva, da črpajo energijo iz okolice (zraka, zemlje ali vode,...)
3. Zmanjšajo emisije toplogrednih plinov, CO₂ ekvivalent.
4. Delež obnovljivih virov energije (OVE) sodobnih toplotnih črpalk je izjemno visok, med 65 in 78%

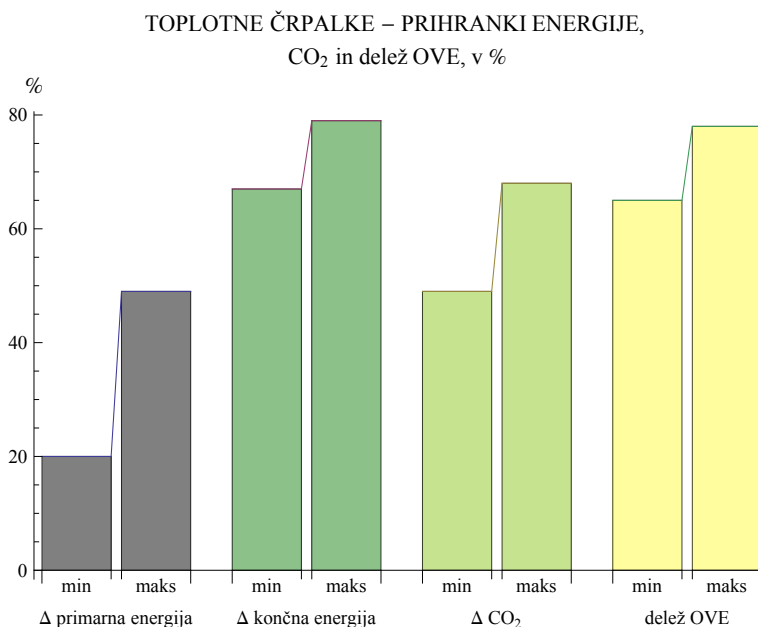


Figure 0.4. Toplotne črpalke, prihranki primarne in končne energije, CO₂ in delež OVE

Učinkovitost toplotne črpalke in 6 osnovnih dejstev glede gretja

1. kurjenje (gorenje) ni učinkovita raba goriva (zakoni termodinamike)
2. toplotne črpalke učinkovito koristijo obnovljive vire energije (geotermalne, aereo, hidro)
3. v primeru, da preusmerimo energijo koriščeno v konvencionalnih napravah v pogon toplotnih črpalk porabimo 20-50% manj goriva in imamo 49-68 % manj emisij toplogrednih plinov
4. približno 50% prihrankov ustvarimo v primerih, da so toplotne črpalke napajane iz kogeneracijskih sistemov
5. če vzamemo fosilna goriva, nuklearna, ali OVE za proizvodnjo električne energije, toplotne črpalke ustvarijo znatno več koristne toplotne energije kot v primeru električnih, oljnih ali plinskih sistemov gretja
6. prihranki končne energije kompresijske ali absorpcijske toplotne črpalke so približno 67-79%, manj kot je to možno z konvencionalnimi kotli (na plin, olje...).

Ohlsdorf, primer rezidenčne zgradbe

Poročilo regionalnega razvojnega sklada (EU) navaja v svojem poročilu "GEO.POWER SWOT Analysis & Transferability Assessment" primer implementacije toplotne črpalke v zgradbi z približno 190 m² koristne površine. S pričakovano sezonsko nivelirano SPF 4.1 (angl. seasonal performance factor, SPF), bo projekt - investicija prihranila 9.324 MWh/a primarne energije letno (60% manj v primerjavi z plinskim kotlom) ali 10.230 MWh (62% manj v primerjavi z kotlom na kurilno olje). Investicija se povrne v 4.68 letih, prihranke v 30

letnem obdobju so ocenili na 105 081 €.

CO₂ prihranki so 33 ton v primerjavi z plinkim sistemom in 55 ton v primerjavi z sistemom na kurilno olje. Poročilo je napisal (vodilni avtor) Geološki zavod Slovenije, 2007-2013.

Toplota toplotne črpalke

Izhodna toplotna energija toplotne črpalke je vsota toplote zajete iz (hladnega) izvira plus potrebne električne energije za pogon sistema (toplotne črpalke). Toplotno energijo pridobljeno iz obnovljivih virov (zraka, zemlje, vode, ali vrste drugih virov, npr. iz odpadne, jalove ali toplote nizke kakovosti) lahko ocenimo tako, da odštejemo porabljeno električno energijo od končne energije, tj. izhodne toplote energije. Pridobljena energija se obravnava kot "nova" toplota in je vključena v prvotno (domačo) proizvodnjo toplote energije. Transfer toplote iz hladnega izvira v toplejši ponor (v objekt) je učinkovit način gretja in obratno - hlajenja in predstavlja vsoto toplotne frakcije iz okolja (primarna energija) in sekundarne toplote energije (električna energija). Taka naprava, toplotna črpalka recimo tipa voda-voda, lahko obratuje z 1/6 električne energije in 5/6 toplote energije pridobljene iz okolice, učinkovitost sodobnega sistema je tako 6 (grelno število - COP, pričakovani sezonsko nivelirani COP, oznaka je SPF, so ~5), za primerjavo kurilni sistemi dosežejo tehnično uresničljivi faktor učinkovitosti v povprečju $\eta = 0.82$.

Primerjava, delež TČ na prebivalca (tabela in graf)

V letu 2012 je v EU 94% vseh TČ bilo tipa aerothermal (zrak), od tega 11.4 % tipa zrak-voda, 6% pa je bilo geotermalnih (vir: EurObserv'ER 2013).

Table 0.1. Specifična statistika

Država	TČ/populacija	Delež TČ v kWh/	
		populacija	Delež aero/geotermal
Italija	0.2615	502.5	99.935/ 0.065
Švedska	0.0939	873.16	72.91/ 27.08
Slovenija	0.00595	171.029	61.54/ 38.45
Austrija	0.0139	158	3.66/ 96.339
Nemčija	0.00561	82.3	42.38/ 57.61

Statistika

Italija ima 99.9% vseh TČ aero tipa, Avstrija pa 96.3% geotermanih izvedb.

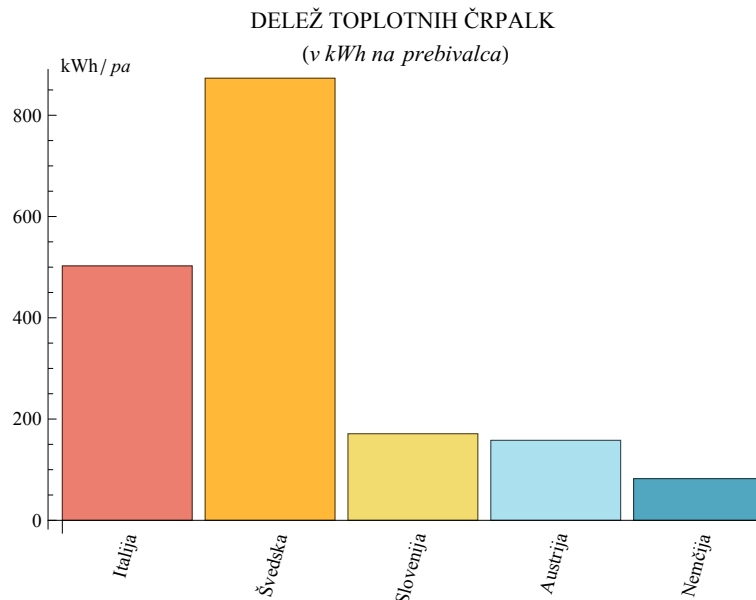


Figure 0.5. Delež proizvedene energije toplotnih črpalk v kWh (zelenih) na prebivalca, izbran pregled v EU, (vir: EurObserv'ER 2013)

Potencial na nivoju države v pogledu prihrankov pri gretju in hlajenju objektov z toplotnimi črpalkami je izjemen, faktor 5 in več je realno dosegljiv in pridobili bi vsi, koristniki, gospodarstvo in končno država. Finančne spodbude in racionalne usmeritve (odredba ali zakon) bi k temu cilju nedvomno veliko pripomogle.

V Sloveniji bi predvsem zaradi demografske slike, t.j. razpršenosti prebivalstva po hribih in dolinah, geotermalni (zemlja-voda ali voda-voda) sistemi najboljše zadovoljili s vidika učinkovitosti (Avstrijski pristop), tako za obnove dotrajalnih ali neekonomičnih sistemov (olje, UNP plin (butan, propan), električne in v večini primerov tudi NP plin (CH₄)) kot tudi za vse novogradnje (geosonde, vertikalni ali horizontalni zemeljski kolektorji), nasprotno če to ni izvedljivo, se inštalirajo aerothermalni sistemi, ki obratujejo ekonomično tudi pod 0°C

(-18°C). Za pripravo sanitarne tople vode, primerjalna analiza podaja večkratnik v korist toplotnih črpalk, tako je razvidno, da so električni "bojlerji" izjemno potratni, ravno tako sistemi na olje, utekočinjeni naftni plin ali naravni plin, ki niso ekonomični iz razloga ker koristijo gorilne tehnologije (fizika gorenja, termodinamika), ki je dosegla nivo tehnično možne učinkovitosti.

Tehnologija

"For forest-dwellers, there's wood. For everyone else, there's heat pumps."

David MacKay, profesor fizike, Cambridge; Chief Scientific Advisor to The Department of Energy and Climate Change (DECC), UK.

CENEJŠEGA GRETJA ali HLAJENJA NI. Tri četrtine toplotne energije in več, dobimo z moderno toplotno črpalko iz okolice. Za toplo vodo pri 30°C ne potrebujemo 2000°C vroč plamen.

Tehnologija toplotnih črpalk je v fazi intenzivnega, nadaljnega razvoja. V strokovni literaturi (International Renewable Energy Agency (IRENA), Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP), International Energy Agency (IEA)) **napovedujejo znatne izboljšave učinkovitosti** do leta 2030, od 30 do 50% za gretje in 20 do 40% za hlajenje in do leta 2050, od 40 do 60% za gretje in 30 do 50% za hlajenje. Stroškovno bodo sistemi toplotnih črpalk vse bolj ugodni zaradi izboljšav na tehnološkem področju (krmilniki, kompresorji, obratovalne tekočine, toplotni izmenjevalci, dolgoletna zanesljivost v funkciji), prodora na trgu in sinergije z toplotnimi sistemi akumulacije in hrambe toplotne energije.

Vpogled v tehnologijo toplotnih črpalk za administratorje in ustvarjalce energetske politike ter ponudnike sistemov

Na osnovi termodinamičnega hladilnega kroga (angl. thermodynamic refrigeration cycles), toplotne črpalke koristijo procesno tekočino in električno energijo da odvzamejo toplotno energijo iz nizko temperaturnega izvora in oddajo toploto ponoru z višjo temperaturo (in hlajenje toplotnega izvora). Izvor toplote (v aplikacijah gretja) ali ponora (v aplikacijah hlajenja) so zunanji/notranji zrak, rečna, jezerska ali morska voda, zemlja in odpadna toplota.

Najbolj razširjene aplikacije so:

- klimatske naprave,
- hlajenje in gretje rezidenčnih ter komercialnih zgradb,
- priprava tople vode,
- hladilnice,
- sušilnice,
- procesna toplota in para v industrijskih procesih,
- aplikacij je znatno več, da ne naštevamo vseh

Toplotne črpalke so **energetsko učinkovite naprave**, v ponor (zgradbo, objekt) oddajo od 3.5 do 6.5 enot koristne toplotne energije ob tem ko porabijo npr. eno enoto električne energije. Za primerjavo, tradicionalni kurilni sistem oddaja manj kot eno enoto toplotne energije na vsako enoto energije goriva. Indikator učinkovitosti je koeficient izvršljivosti COP (angl. coefficient of performance), ki je razmerje med izhodno (koristna toplotna energija) in vhodno energijo (energija, ki jo uporabnik vloži z upoštevanjem izgub pri prenosu). Manjša ko je temperaturna diferenca med toplotnim izvorom in ponorom, višji je COP. Dandanes toplotne črpalke zanesljivo obratujejo v režimu COP 6-7 pod različnimi delovnimi pogoji, kjer zasledimo izjemen napredek na področju aero (zrak) tipa toplotnih črpalk (ASHP), ki jih navečkrat uporabljamo v klimatskih napravah (gretje ali hlajenje). Na trgu se nudijo že nekaj let modeli, ki obratujejo pri zunanji temperaturi -25°C in COP >1. Tehnološki napredek zadnjih nekaj let je izjemno razširil aplikativnost sistemov toplotnih črpalk z kapacitetami v razponu <1 kW do >10 MW. Moderni sistemi grejejo/hladijo individualne rezidenčne hiše kot tudi cela naselja, industrijske in komercialne komplekse. V industrijskih aplikacijah zadovoljijo zahtevam delovnega intervala od -100°C do >100°C. Energetska učinkovitost sistemov toplotnih črpalk je bila izboljšana v pretekli dekadi za faktor 2.5, intenzivnost in obseg dela številni razvojnih institucij v EU in drugod v svetu pa dviguje pričakovanja stroke, da bodo nadaljnje izboljšave do leta 2030 v razponu 20 do 50%.

V EU so toplotne črpalke klasificirane kot OVE tehnologija (tehnologija obnovljivih virov energije), zato pričakujemo do 20% delež v pričakovanem ciljnem povečanju OVE do 2020. Harmonizacija standardov na tem področju, nacionalnih kot tudi mednarodnih, je v zaključni fazi, osveščenost potencialnih koristnikov je vse večja glede učinkovitosti toplotnih črpalk (energetske kot tudi ekonomske), v primerjavi z kurilnimi sistemi je potencial izjemno velik, saj sistemi toplotnih črpalk omogočajo učinkovito in čisto gretje oz. hlajenje.

Definicije in merske enote za toplotno energijo

MERSKE ENOTE IN DEFINICIJE ZA TOPLOTNO ENERGIJO

- Energent** je snov iz katere lahko direktno ali z ustrežno pretvorbo dobimo koristno energijo. Energent ima določeno energijo, ki ji pravimo primarna energija.
- Sekundarna energija** je energija, ki smo jo dobili s pretvorbo iz primarne energije (n.pr. električna energija iz premoga v termoelektrani). Upoštevane so izgube pri pretvorbi.
- Končna energija** je energija, ki jo dobi uporabnik z upoštevanjem izgub pri prenosu.

d. Koristna energija je energija za zadovoljevanje potreb uporabnika, n.pr. toplota na električni kuhalni plošči. Upoštevane so izgube pri pretvorbi električne energije v toplotno.

Vire energije, ki jih uporabljamo, lahko razdelimo na:

- obnovljive in
- neobnovljive vire.

Enota za merjenje energije je joule, poleg tega uporabljamo še njene izpeljanke (kJ, MJ, PJ, itd.). Običajno nam je bolj poznana druga oblika enote, Ws (wattsekunda, $1 J = 1 Ws$), in izpeljanke, kot so Wh, kWh, MWh.

Energetska raba je skupna poraba električne energije in goriv za pogon, notranji transport, ogrevanje delovnih in pisarniških prostorov, poraba tople vode in pare za pogon in tehnološke procese. Vključuje tudi porabo za proizvodnjo električne in/ali toplotne energije.

Osnovni podatki, ki se zahtevajo za toplotne črpalke

Toplotne črpalke so izjemno učinkovite pri nizko temperaturnem diferencialu, idealno približno 32 °C. Alternativa, ki se ponuja je sistem z distribucijo toplega zraka, ki lahko obratuje komplementarno z bolj "počasnim" talnim gretjem in tudi v primerih hitre in ekonomične implementacije v obstoječe objekte (razvod toplega zraka po jaških). Toplotna črpalka je toplotni stroj, ki s kondenzacijo delovnega sredstva dovaja toploto v prostor.

TOPLOTNE ČRPALKE

(različni izvori pogonske energije, analiza in ključni indikatorji)

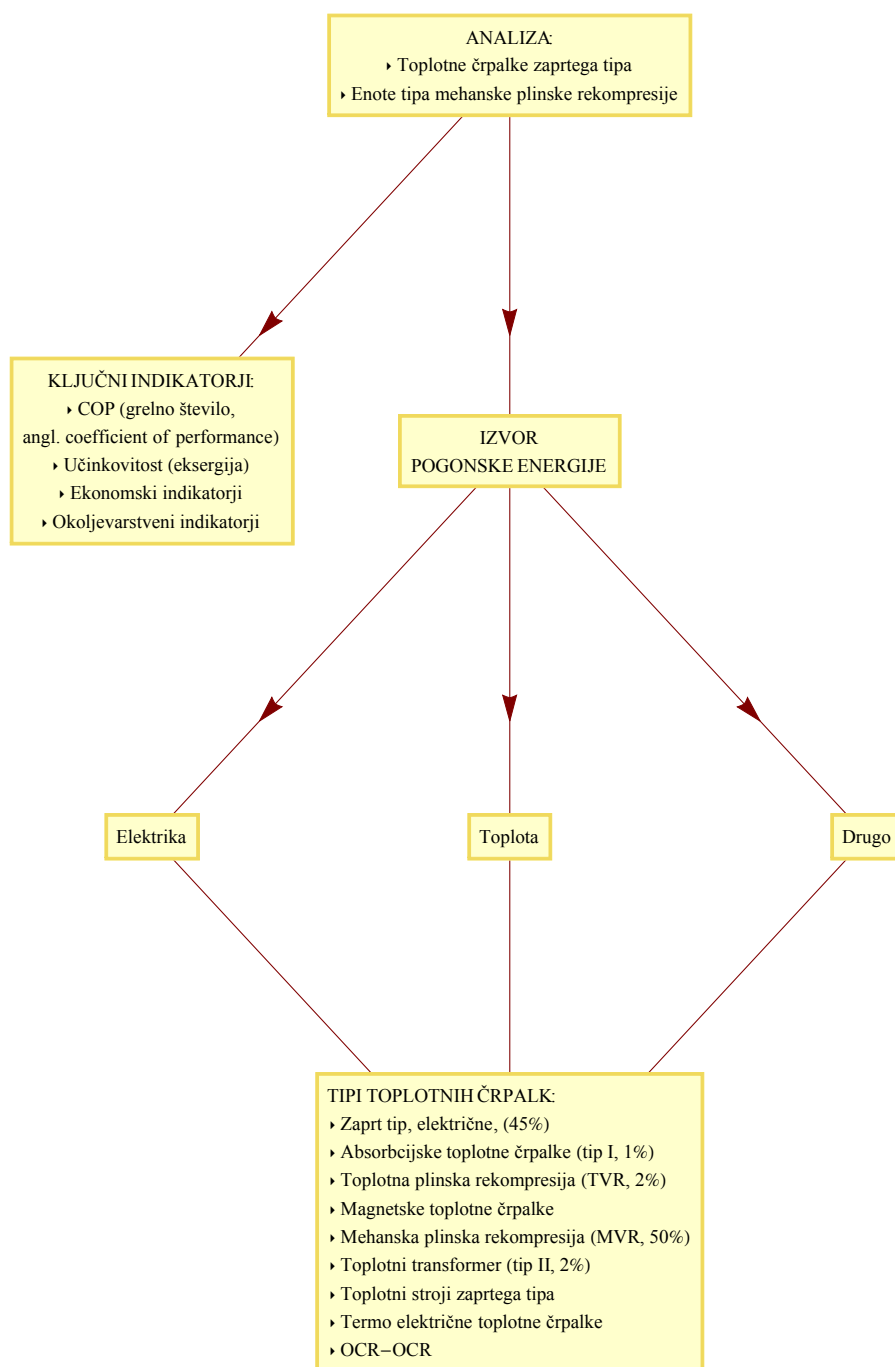


Figure 0.6. Tehnologije gretja, hlajenja, prezračevanja...tržna prisotnost in izbor tehnologije na osnovi ključnih indikatorjev

Osnovni podatki za toplotno črpalko

Certifikat se upošteva, če je iz njega razvidno:

- čas segrevanja,
- grelno število,
- referenčna temperatura odjema toplote (dovod iz vodovoda, zemlje, vode)
- izgube toplote v času, ko ni odjema, preračunane na moč preko porabo električne energije (vprašanje kvalitete izolacije hranilnika in cevne sistema v povratni zanki, če je vgrajena)
- za ogrevalne toplotne črpalke vsaj pri v razpisu zahtevanih pogojih (Δt kondenzacije pri ogrevalnih toplotnih črpalkah 5°C):

- grelna moč,
- električna moč in
- grelna število (COP).

Nomenklatura

COP - grelna število, gretje koeficient izvršitve - dela (angl. coefficient of performance), ΔT 5°C, 35°C T_H in 0°C T_C , pod temi pogoji je teoretični maksimum 8.8.

BS EN 14511 Aero TČ so definirane pri 7°C T_C in povratni temperaturi 35 °C.

E - energija v kWh (angl. energy in kWh)

EER - razmerje energetske učinkovitosti, hlajenje (angl. energy efficiency ratio), ΔT 5°C, 35°C zunanja temperatura

fsav - frakcije prihranka energije (angl. fractional energy saving)

P - moč v W (angl. power in W)

PER - razmerje med primarno energijo in specifično energijo ((angl. primary energy ratio)

q - specifična energija v kWh/m² (angl. specific energy in kWh/m²)

\dot{Q} - toplotna moč v W (angl. thermal power in W)

RER - razmerje obnovljive virov energije (angl. renewable energy ratio)

SCOP - sezonski COP (angl. seasonal COP)

SEER - sezonski EER (angl. seasonal EER)

SPF - sezonsko število izvršitve, dela (angl. seasonal performance figure)

ε - koeficient primarne energije (angl. primary energy coefficient)

Definicije so podane obširno v referenci spodaj, vključno z enačbami in nadaljnimi referencami, detajljnejša obravnava pa presega namen beležk.

Ref.: DEFINITION OF PERFORMANCE FIGURES FOR SOLAR AND HEAT PUMP SYSTEMS, Technical Report 5.1.3, Project IEE/08/593/SI2.529236, Intelligent Energy Europe, Austrian Institute of Technology, Ivan Malenkovič, 2012

Pristop k funkcionalni in tržni analizi (grafično)

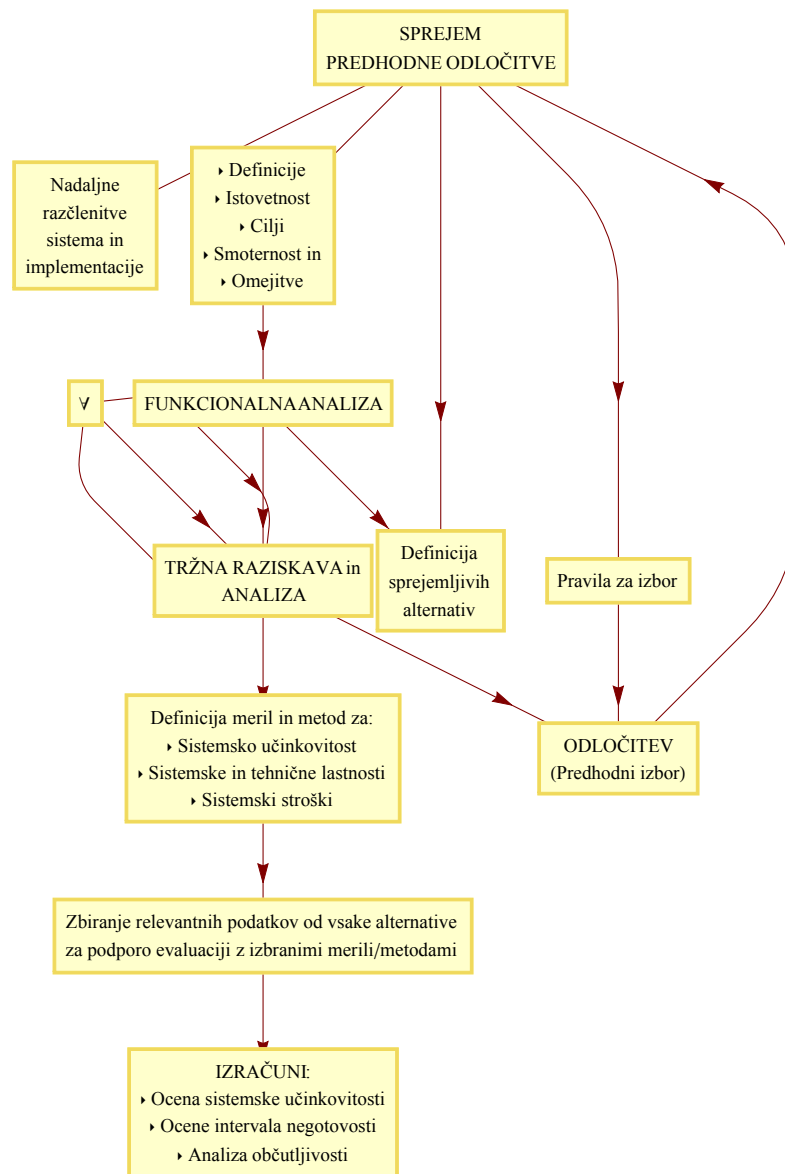


Figure 0.7. Tehnologije gretja, hlajenja, prezračevanja...tržna raziskava in izbor tehnologije

Kaj si vsi želimo je sistem gretja in hlajenja:

- ničesar za vidit,
- ničesar za slišat,
- ničesar za vonjat (brez vonja),
- brez emisij (brez dimnika),
- ničesar za naročit, shranit ali organizirat
- ni "skrbi"...razen..., da si zapomnemo kje je stikalo za "vklop/izklop"

torej, **nevidni grelni/hladilni sistem.**

Izbor tehnologije (gretja, hlajenja, ventilacije...grafični pogled)

Analiza izvedljivosti (grafično)

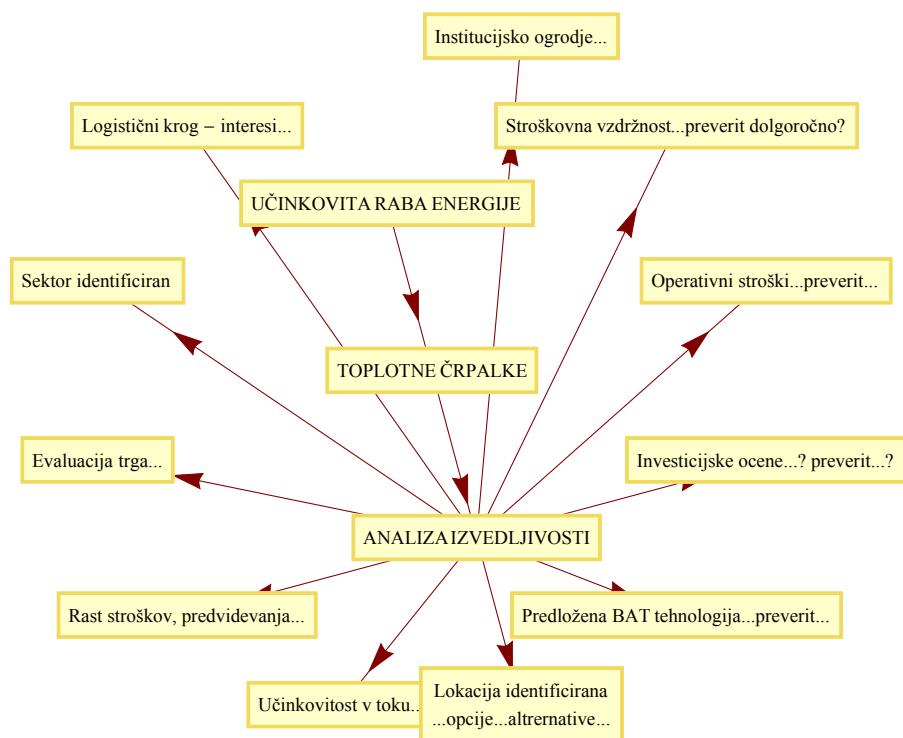


Figure 0.8. Analiza izvedljivosti

Izbor tehnologije (grafično)

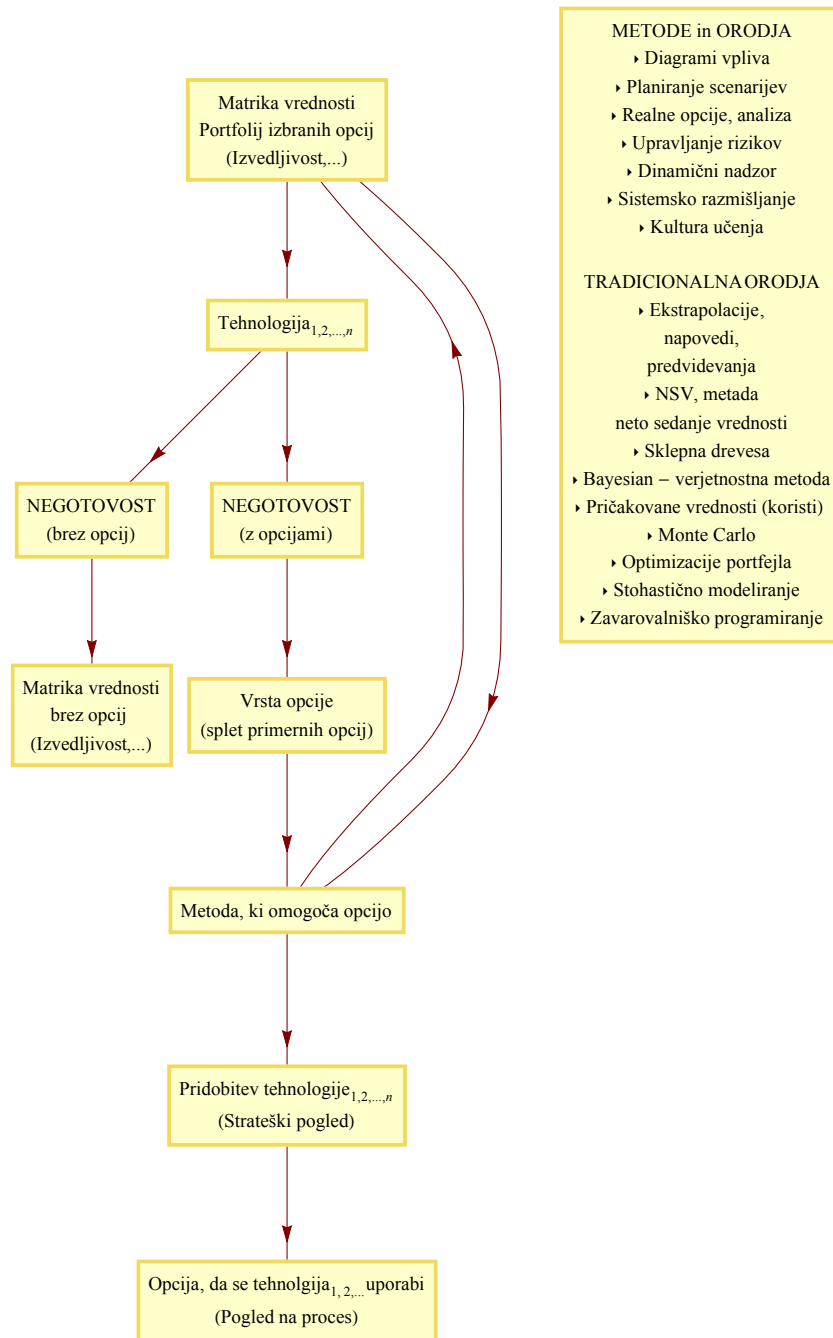


Figure 0.9. Tehnologije gretja, hlajenja, prezračevanja...izbor tehnologije

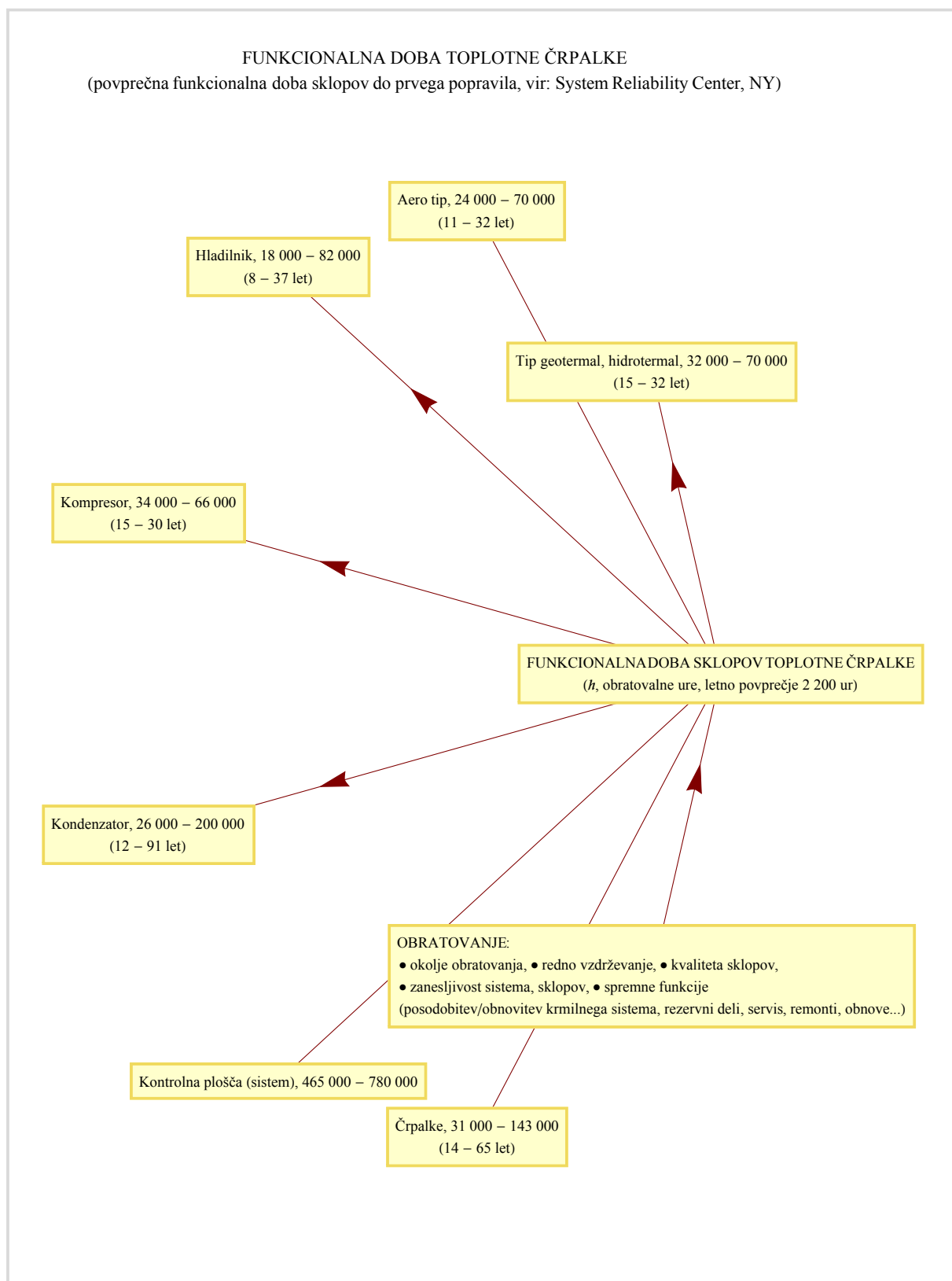


Figure 0.10. Tehnologije gretja, hlajenja, prezračevanja...izbor tehnologije, funkcionalna doba

Izbira energenta

Slovenski izbor energenta

V predstavitvi navajamo kot "slovenski izbor energenta" lesno biomaso, vendar opozarjamo na substandardno kvaliteto, ki trenutno prevladuje na trgu in nesorazmerno visoko končno ceno do potrošnika, ki izhaja predvsem iz nerazvitega trga, visokih marž trgovcev in

neučinkovite predelave lesne biomase v primernejšo obliko.

Citiramo Gozdarski inštitut Slovenije:

“Les je pomemben material in energent, zato je poznavanje njegove rabe ter mobilizacija razpoložljivih virov ključno za oblikovanje politik in razvoja na tem področju. Cilji raziskav vključujejo analizo rabe lesa v energetske namene ter oceno ponorov za celotni sektor, rabe tal, spremembe rabe tal in gozdarstvo. Velik poudarek je bil na prenosu znanja do končnih uporabnikov.

Rezultati:

- Smernice za ustanavljanje Biomasnih logističnih centrov, kjer dobijo potencialni investitorji praktična navodila kako pristopiti k načrtovanju teh centrov (Krajnc&Premrl, Biomasi logistični in trgovski centri: trije koraki do uspešne realizacije projekta: smernice. [COBISS.SI-ID 252786688])
- Poročilo o stanju ponorov in emisij za sektor »Land use land use change and forestry« po navodilih dobre prakse (IPCC, GPG 2003, 2006). Poročilo je bilo sprejeto in potrjeno s strani tujih recenzentov oziroma revizorjev (Mekinda Majaron et al., Slovenia's national inventory report 2010 : submission under the United Nations framework convention on climate change and under the Kyoto Protocol. Ljubljana: Environmental Agency of the Republic of Slovenia. [COBISS.SI-ID 2989222])

Prispevek k projektom »Pomen gozdno-lesne proizvodne verige za blaženje podnebnih sprememb« (CRP. KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013; Biomass TradeCentres (Intelligent Energy Europe Programme); Woodheat solution (Intelligent Energy Europe Programme); Agriforenergy II (Intelligent Energy Europe Programme))”.

Zavedati pa se moramo vprašanj kot so:

- i. PM 2.5 emisije prašnih delcev
- ii. Vprašljive dobrote iz naslova CO₂ emisij
- iii. Nizka grelna učinkovitost
- iv. Visoki kapitalni stroški (vsi stroški, od rojstva do groba, tudi večkrat neupoštevani stroški zavarovanja)
- v. Vprašanje skladiščenja in logistike
- vi. Vprašanje življenskega sloga
- vii. Vprašanje kvalitete
- viii. Vprašanje nizke produktivnosti pri eksploataciji in s tem vezanih visokih stroškov.

Analiza kakovosti lesnih pelet v Sloveniji

Citiramo Gozdarski Inštitut:

“Datum objave: 04.06.2013

V sodelovanju z Zvezo potrošnikov Slovenije smo tekom pomladi 2013 izvedli analizo kakovosti lesnih pelet na Slovenskem trgu, katere rezultati so bili javnosti predstavljeni na tiskovni konferenci v torek, 4. junija 2013. Pri delu analiz, ki so bile opravljene v Laboratoriju za lesno biomaso Gozdarskega inštituta Slovenije, so sodelovali člani Oddelka za gozdno tehniko in ekonomiko: Iztok Sinjur, mag. Mitja Piškur in dr. Nike Krajnc.

Prvo objavo rezultatov si lahko preberete na spletni strani Zveze potrošnikov Slovenije, objavo podrobnejših podatkov o vzorcih analiziranih pelet pa lahko na spletni strani Gozdarskega inštituta Slovenije pričakujete jutri, 5. junija 2013.

- Prispevek RTV SLO
- Prispevek POPTV

Aktualne novice in druge kratke prispevke Oddelka za gozdno tehniko in ekonomiko lahko spremljate tudi na Facebooku.”

Olje, utekočinjeni naftni plin in naravni plin

Kurilno olje, utekočinjeni naftni plin in naravni plin so kot energent iz okoljskega, ekonomskega kot tudi tehnološkega pogleda nesprejemljivi.

Zamenjava kotla in energenta

Takojšnja zamenjava kotla na olje, utekočinjeni naftni plin in naravni plin je iz okoljskih kot tudi ekonomskih razlogov utemeljena (bodoče cene fosilnih energentov so vse stohastične, tj. nepredvidljive, trendi so vsi usmerjene na višje cene, nihanja cen predvsem navzgor so bila v preteklost za faktor 3 x in več).

Priprava sanitarne tople vode

Za pripravo tople sanitarne vode, ekonomsko in okoljsko utemeljeno, priporočamo zamenjavo električnega sistema (bojler) z sodobno toplotno črpalko.

Daljinsko ogrevanje

Prednosti (ali ne) daljinskega ogrevanja

Kaj nam govorijo o prednostih daljinskega ogrevanja, zlasti o manjšem onesnaževanju zraka...

- velika zanesljivost oskrbe;
- varno obratovanje in enostavno vzdrževanje;
- strokovno nadziranje in upravljanje;

- optimalna uporaba vložene energije;
- pri odjemalcih ni kotlov in lokalnih emisij škodljivih snovi;
- prihranek prostora - ni potrebna kotlarna;
- manjši investicijski stroški (toplotna postaja je občutno cenejša od kotlarne);
- manjši stroški oskrbe (kotlarna večje moči mora imeti usposobljene strojnike za nadzor kotlov,...);
- prijaznejše do okolja, emisija dimnih plinov je nadzorovana, slednja navedba je zelo vprašljiva;
- najudobnejši način ogrevanja...

pod pogojem izpolnjevanja parametrov okoljske in ekonomske učinkovitosti. Daljinsko ogrevanje mora biti stroškovno ugodnejše ali enako najbolj učinkovitim (ekonomsko in okoljsko) sistemom na trgu (kar tudi je v sodobnih sistemih, npr. "kogeneracija" in odjem ter distribucija toplote nižje kvalitete, "triple generation", tj. proizvodnja električne energije kjer imamo plinsko turbino + več stopenjsko parno turbino + kaskadno daljinsko ogrevanje (stanovanja, stekleniki, bazeni za gojenje rib...).

Kot bomo videli iz primerjalne analize, v slovenskem okolju potrošniku ni znano, da bi daljinsko ogrevanje bilo okoljsko ali ekonomsko primerljivo, tj. boljše od sodobnih sistemov utilizacije tehnologije toplotnih črpalk, nasprotno.

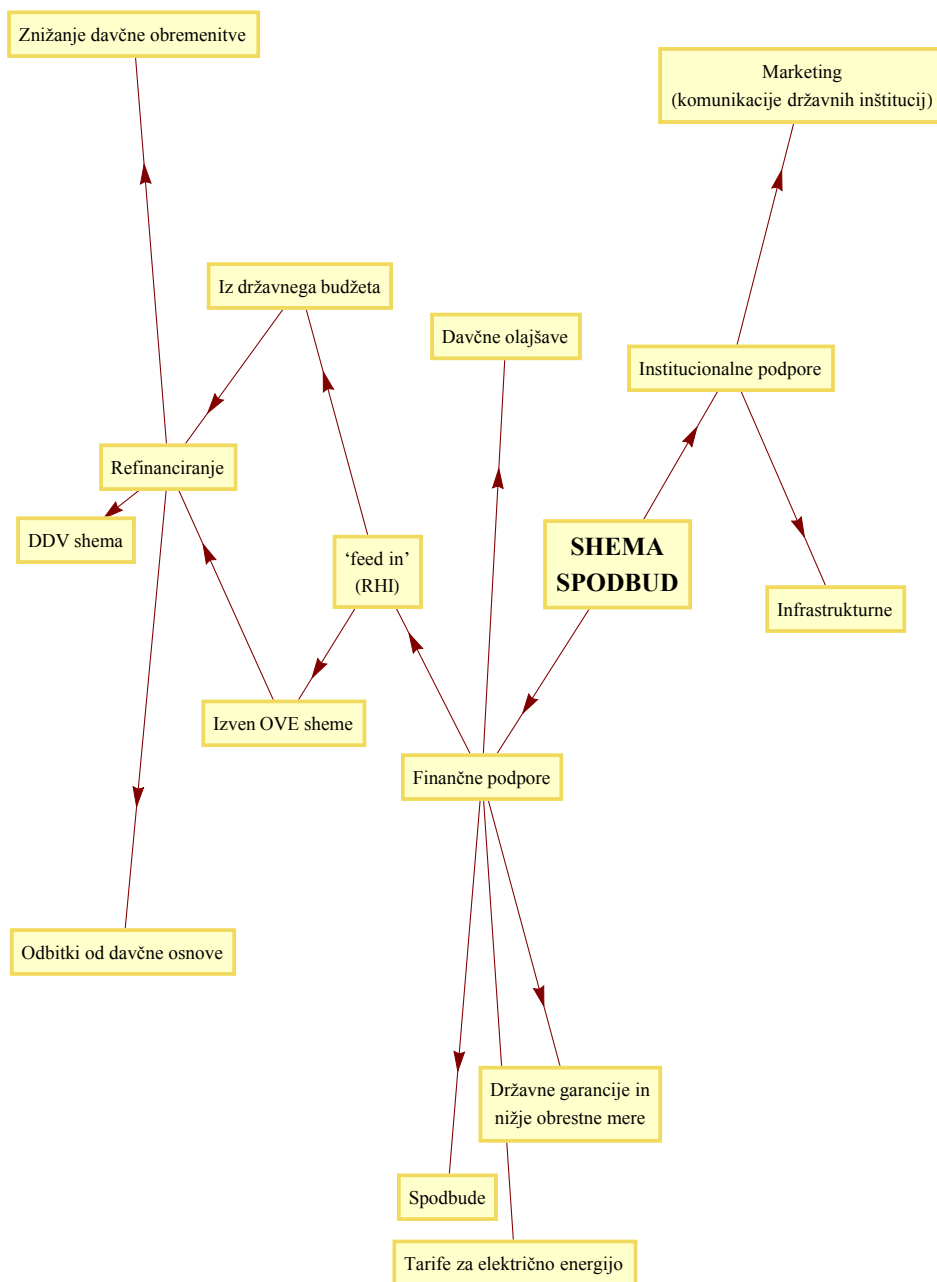


Figure 0.12. Shema spodbud za pospešeno implementacijo URE

Počutje v bivalnih prostorih (tabela, grafični prikaz RH in povprečnih temperatur okolja)

Počutje v bivalnih prostorih

Table 0.2. Počutje v bivalnih prostorih, vir: adaptirano po ASHRAE 55-2010.

Letna doba	Relativna vlažnost, %	Priporočena temperatura, °C	Beleške
------------	-----------------------	-----------------------------	---------

Poletje	30	24.5 – 28	Lahka oblačila
Poletje	60	23 – 25.5	–
Pozimi	30	20.5 – 25.5	Topla oblačila
Pozimi	60	20 – 24	–

Počutje v bivalnih prostorih

Relativna vlažnost pod 20% povzroča nepočutje zaradi pretiranega sušenja nosne sluznice in kože, možne so tudi elektrostatične težave. Relativna vlažnost nad 70% ustvarja možnost kondenzaciji znotraj zgradbe, rasti plesni in gob. Hitrost pretoka zračne mase manj kot 0.25 m/s ne povzroča večjih distrakcij pri delu, ki zahteva visok nivo pozornosti (koncentracije).

Relativna vlažnost

Ilustracije...

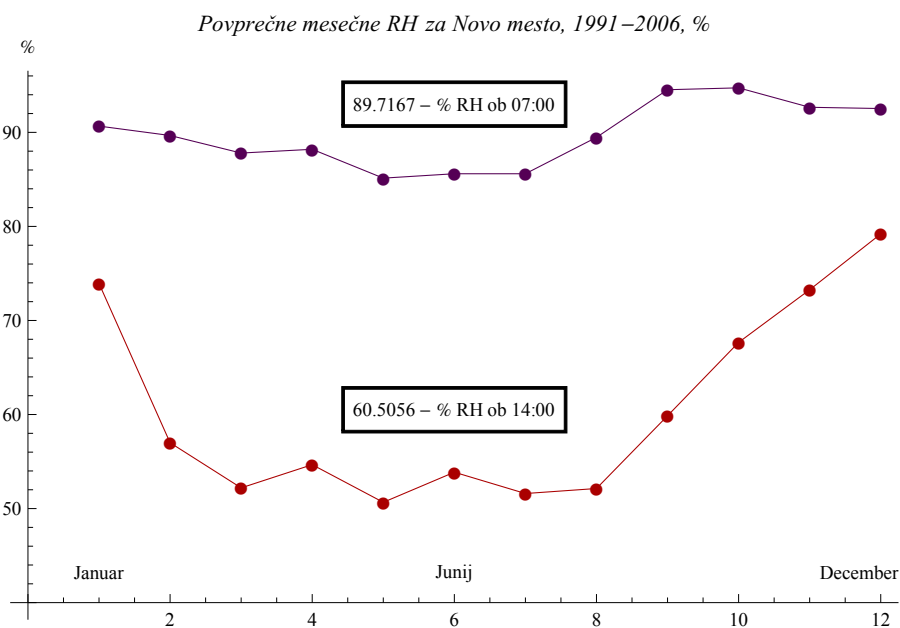


Figure 0.13. Povprečne mesečne vrednosti relativne vlažnosti, RH, v %, za Novo Mesto v obdobju 1991 - 2006, zjutraj ob 07:00 in ob 14:00 uri.

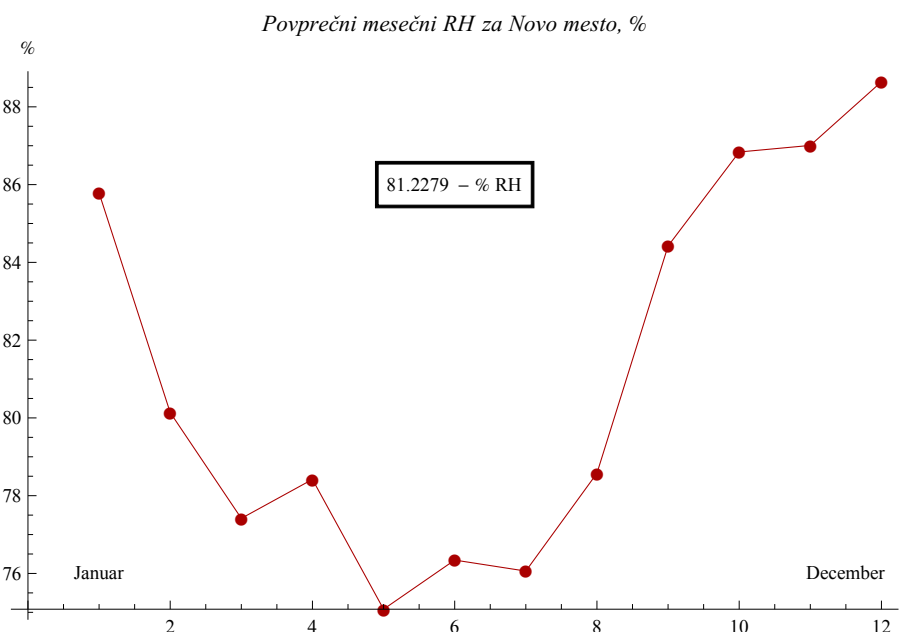


Figure 0.14. Povprečne mesečne vrednosti relativne vlažnosti, RH, v %, za Novo Mesto v obdobju 1991 - 2006

Povprečne mesečne temperature

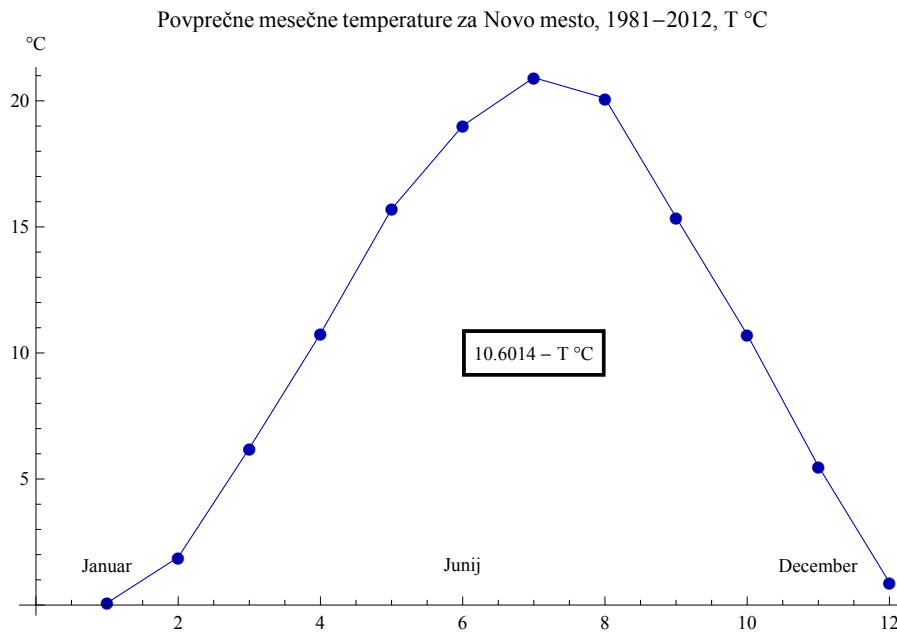


Figure 0.15. Povprečne mesečne temperature za Novo mesto v obdobju 1981 - 2012

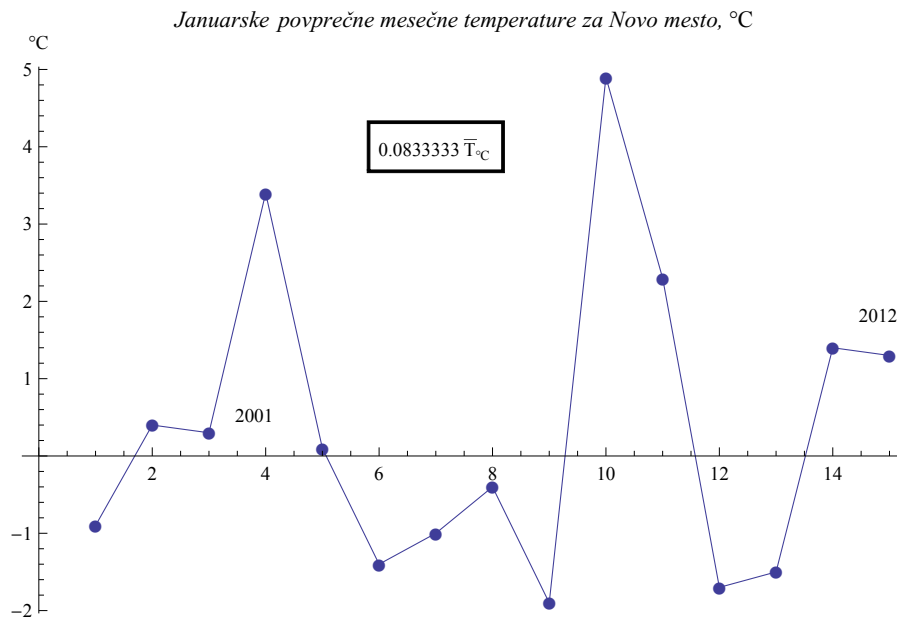


Figure 0.16. Povprečne januarske temperature za Novo Mesto v obdobju 1981 - 2012

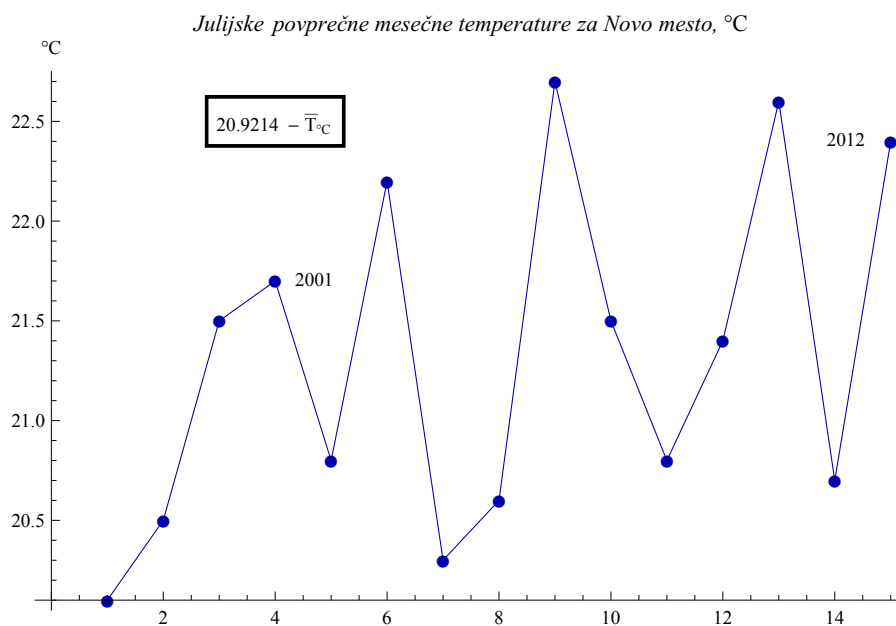


Figure 0.17. Povprečne julijske temperature za Novo mesto v obdobju 1981 - 2012

Vir: prirejeno po ARSO (2014) in Statistični urad RS (2014).

Priporočilo za gretje in hlajenje, sobne temperature (grafični prikaz)

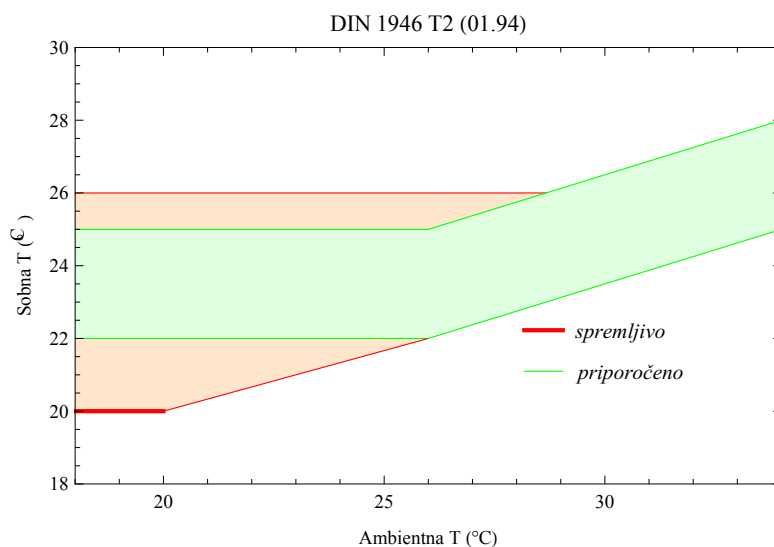


Figure 0.18. Priporočilo, DIN 1946 T2 (01.94), sobne temperature vs zunanje -ambientne temperature, v °C

Človeški faktor: kaj odloča visoko oceno bivalnega in delovnega okolja

Faktorji, ki imajo največjo težo pri oceni delovnega okolja:

- prirodna ventilacija, kvaliteta atmosfere
- individualna kontrola temperature (pozimi in poleti) in vlažnosti; trditve oz. navedbe: preveč hladno ali preveč toplo pomeni, da je delovno okolje obremenjujoče.
- različne razporeditve za vse bivalne in delovne površine, bivalno - delovno okolje
- majhne enote v uradih in pisarnah (enojne, individualne pisarne, kabinetne izvedbe, ipd.)
- **strogo ne "dvoranske" pisarne!** Vendar imamo primere, ko se zahteva "večja, situacijska kontrolna dvorana", npr. borza, "news room", ipd.

Manjše, individualne pisarne oz. prostori imajo prednost. Prav posebno so ocene (visoke uteži, vrednosti) temeljene na razporeditvi (pisarniške) opreme (1) in akustičnega komforta ali obremenitve (5). Največ 4 člani po pisarni in možnost kontrole, npr. ventilacije (1), temperature (4), senčenja (6), osvetljenosti (luči, prirodna razsvetljava), hlajenje (4) in kontrole vlažnosti (2), da naštejemo najbolj tehtne faktorje.

Osnovna teorija (enačbe, grafični prikazi)

Definicije

Definicije v angleške jeziku, povzete iz “ EU Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) “ z prevodom:

Sledeče definicije iz “*Article 2 of the EED*” so relevantne za naše razumevanje:

- **Primarna potrošnja energije** pomeni vso (gros) potrošnjo, brez ne-energetske rabe (potrošnje), ('Primary energy consumption' means gross inland consumption, excluding non-energy uses (*Article 2.2*)).
- **Končna potrošnja energije** pomeni vso energijo izdobljeno industriji, transportnem sektorju, gospodinjstvom, servisni industriji in agrikulturnem sektorju. Izvzete so izdobeve transmisijskim in proizvodnim subjektom, ('Final energy consumption' means all energy supplied to industry, transport, households, services and agriculture. It excludes deliveries to the energy transformation sector and the energy industries themselves (*Article 2.3*)).
- **Energetska učinkovitost** pomeni razmerje med vhodno in končno energijo, ('Energy efficiency' means the ratio of output of performance, service, goods or energy to input of energy (*Article 2.4*)).
- **Energetski prihranki** pomeni prihranek ki nastane med ocenjeno potrošnjo pred in po implementaciji URE normalizirano za zunanje vplive. ('Energy savings' means an amount of saved energy determined by measuring and/or estimating consumption before and after implementation of an energy efficiency improvement measure, whilst ensuring normalisation for external conditions that affect energy consumption (*Article 2.5*)).

Zmožnost definiranja in merjenja energetske učinkovitosti je primarnega pomena za naše objektivne cilje, vendar ob pomankanju konsistentne, definirane metodologije merjenja, predstavlja ‘energetska učinkovitost’ nejasen, nedoločen, subjektiven koncept, poln domnev, hipotez, razglabljanj, ki pogosto meji na zmedo, potrebujemo pa okolje za vpogled, razumevanje in analizo predmeta.

Izraz **energetska intenziteta** (angl. energy intensity) se pogosto rabi za opis statističnega razmerja, ocene med potrošnjo in potrebo (povpraševanjem), ki morajo temeljiti na dostopnih podatkih, in pogosto ne predstavlja v celosti faktorje, primerljive z konceptom energetske učinkovitosti. Trendi energetske intenzitete - indikatorji so generično samo domneva, namig na gibanje - usmerjenost energetske učinkovitosti.

Tipi toplotnih črpalk klasificirani po izvoru energije: aerotermalne (zrak), hidrotermalne (voda) in geotermalne (zemlja), (angl. aerothermal, hydrothermal and geothermal energy)

Carnot in grelna število COP

Znano delo Sadi Carnot-a iz leta 1824 - oziroma njegov inverzni zaključek del znanih mož kot so Kelvin, Planck and Clausius - navaja kako izračunamo najvišji možni COP_{Carnot} , in to kot:

$$COP_c = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (6)$$

T_1 predstavlja visoko absolutno temperaturo (Kelvin) kot ponor, in T_2 predstavlja nizko absolutno temperaturo izvora. Pogled na enačbo nam pove, da je izjemno važno da zmanjšamo razliko med T_1 in T_2 . V primeru zunanje temperature 0°C in notranje temperature 20°C , dobimo maksimalni teoretični COP 14.65. Na primer, v hidroničnem sistemu topla stran deluje npr., pri 40°C . Če je temperatura (zunanja) npr. -3°C , potem imamo teoretični COP za tovrsten sistem 7.28, približno 50% od teoretičnega maksimuma.

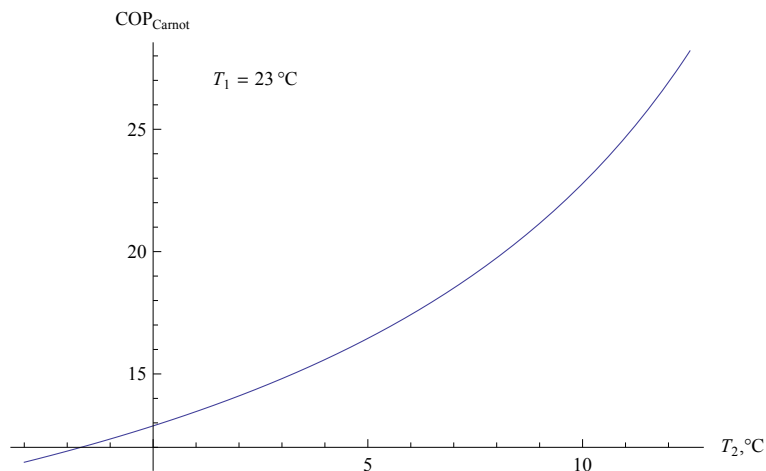


Figure 0.19. Teoretični COP vs T_2 (nizka absolutna temperatura izvora), $T_1 = 23^\circ\text{C}$

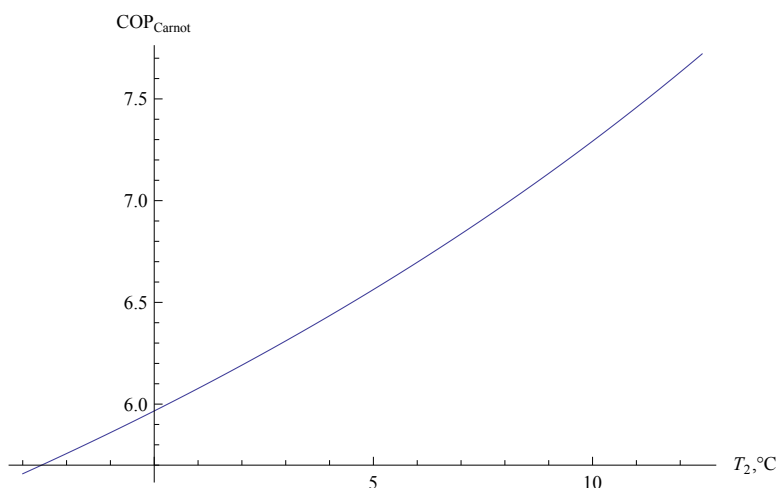


Figure 0.20. Teoretični COP vs T_2 (nizka absolutna temperatura izvora, $10\text{ }^\circ\text{C} = 283.2\text{ K}$), $T_1 = 328.2\text{ K}$ ($55\text{ }^\circ\text{C}$), renovacija sistema gretja na olje,

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_{1,K}}{T_{1,K} - T_{2,K}}$$

Z upoštevanjem učinkovitosti el. motorja in elektronske kontrole obratov $\eta = 0.87$, učinkovitosti delovnega medija R22 $\eta = 0.81$ in izotropično (vsestransko) učinkovitost za kompresor $\eta = 0.7$ vidimo da je $\text{COP}_{\text{Carnot}}$ v funkciji nižji.

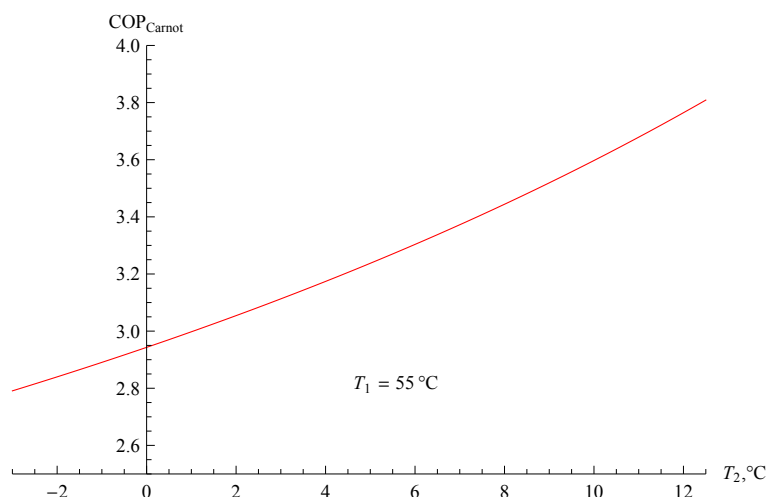


Figure 0.21. Pričakovan COP vs T_2 (nizka absolutna temperatura izvora, $10\text{ }^\circ\text{C} = 283.2\text{ K}$), $T_1 = 328.2\text{ K}$ ($55\text{ }^\circ\text{C}$), $\eta_m = 0.87$, $\eta_{R22} = 0.81$, $\eta_c = 0.7$.

Zvišanje zgoraj omenjenih faktorjev učinkovitosti je predmet številnih razvojnih naporov v svetu, zavedati se moramo, da pridejo izboljšave ob stroških in predvsem zaradi ekonomskih razlogov niso vedno implementirane v končnem produktu.

Enačbe, grelno število COP

Učinkovitost (zmožnost) toplotnih črpalk definiramo kot:

$$\text{COP}_c = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_2} \quad (7)$$

za hlajenje,

$$\text{COP}_h = \frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_2} = 1 + \text{COP}_c \quad (8)$$

za gretje,

$$\text{COP}_{h+c} = \frac{\dot{Q}_1 + \dot{Q}_0}{\dot{Q}_2} = 1 + 2 \text{COP}_c \quad (9)$$

za kombinirano gretje in hlajenje.

Grelno število je razmerje med pridobljeno toplotno energijo in vloženim delom. Je osnovni pokazatelj učinkovitosti delovanja toplotne

črpalke. Njegova vrednost je odvisna od toplotne črpalke in vira okoliške toplote. V povprečju znaša od 3.6 do 4.1+ in tudi več/manj. Toplota, ki jo dovedemo ogrevanemu mediju s toplotno črpalko, je teoretično vsota toplote, odvzete viru toplote in energije, ki je potrebna za zagon krožnega procesa. Učinkovitost električne kompresorske toplotne črpalke pri danih stacionarnih pogojih označimo z grelnim številom COP (angl. COP – Coefficient of Performance).

Obširnejša prezentacija teorije in prakse z tega področja bi daleč preseгла naš namen, kvalitetne literature je na izbiro, naj omenimo samo, da je modeliranje toplotne dinamike objekta danes pogosta praksa in je z pogleda inženirjev zahteven, specialističen proces, ki največkrat vodi do dolgoročnih dobroti.

V Evropi pojem **sezonski faktor učinkovitosti** (angl. Seasonal Performance Factor ("SPF")) pomeni povprečni COP za čas ogrevalne sezone, SPF 3.5 do 5 so vrednosti, ki jih zabeležimo v vrsti študij, npr. Fraunhofer ISE:

- SPF za **aero tip 2.99**
- SPF za **geotermalni tip 3.72**

Fraunhofer ISE, BAT (tabele in grafične preglednice)

Table 0.3. Grelno število, COP, standard EN 14511, vir: Fraunhofer ISE

Tip	Točka obratovanja	Min COP	Trg
Zemlja–voda	B_0/W_{35}	4.3	4.0,..., 5.0
Voda–voda	W_{10}/W_{35}	5.1	5.0,..., 6.0 (6.5)
Zrak–voda	A_2/W_{35}	3.1	3.0,..., 4.0 (4.4)
Standard	–	EN 14511	–

Grelno število COP, Fraunhofer ISE Poročilo 2013

Rezultate testiranja na terenu v sodelovanju z 12 proizvajalci svetovnega renomeja na 179 objektih, Fraunhofer ISE navaja:

- Sistem TČ zrak-voda, tipična poraba za sanitarno toplo vodo 28%, gretje 72%,
- Sistem TČ zemlja voda, tipična poraba za sanitarno vodo 23%, gretje 77%,
- Sistem TČ zemlja-voda, frakcije energetske porabe: pogon in upravljanje TČ 90%, cirkulacijska črpalka 7%, dodatni el. grelec 3%.

Pogon in upravljanje toplotne črpalke je kot vidimo primarni porabnik el. energije, v povprečju 90%, cirkulacijska črpalka zunanega izmenjevalca pa porabi 7%, opažamo tudi, da so električni grelci v povprečju porabili 3% vhodne energije za pokrivanje izjemno hladnih obdobij (za dogrevanje); kar pove, da toplotne črpalke v funkciji niso predimenzionirane, tj. ne pokrivajo konjic, kar je racionalno.

Predpisi o energetske varčnosti navajajo v Nemčiji ciljno porabo 20-50 kWh/m² (za objekte), vendar Fraunhofer ISE v poročilu iz leta 2013 poroča sledeča **razpone: 32-169 kWh/(m²/a) z povprečjem 71.8 kWh/(m²/a)** (meritve 2009). Testiranja so trajala več kot 3 leta (od 2005), 15% je bilo sistemov zrak-voda, zemlja-voda 56% in voda-voda 7%. Povprečna površina testiranih objektov je bila 192 m².

Opažamo, da so proizvajalci aero sistemov toplotnih črpalk v zadnjih letih izjemno dvignili vrednosti grelnega števila COP, 4.0 do 4.4 je dandanašnja ponudba trga, sistemi voda-voda pa imajo najboljše COP, teoretično je možno doseči COP 8.8, na trgu pa so toplotne črpalke z grelnim številom 5.76 - 6.5.

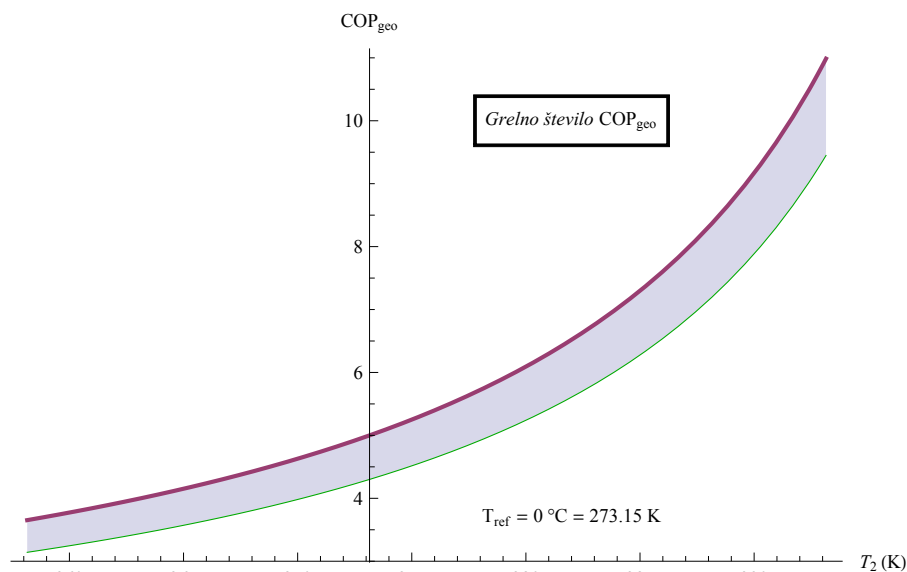


Figure 0.22. Pričakovan COP_{geo} vs T₂ (–15 °C = 258.15 K, 20 °C = 293.15 K), T₁ = 328.2 K (35 °C), d_r = 0.438 – 0.5099

COP za geotermalni (zemlja-voda) tip toplotnih črpalk, standard EN 14511, COP 4.3 do COP 5, to je ponudba trga.

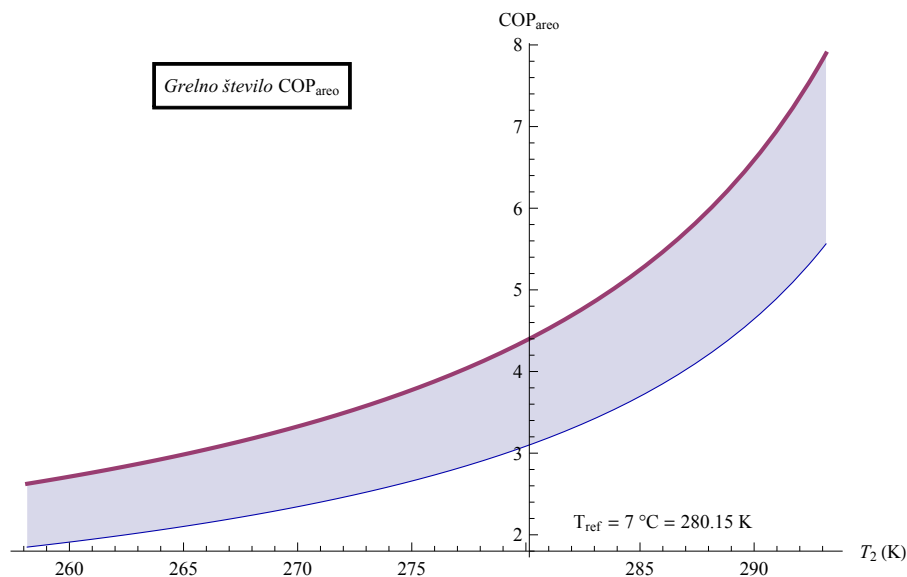


Figure 0.23. Pričakovan COP_{areo} vs T₂ (-15 °C = 258.15 K, 20 °C = 293.15 K), T₁ = 328.2 K (35 °C), D_f = 0.25821 – 0.3665

Glede na statistične podatke o gibanju temperatur pa lahko zaključimo, da je v Sloveniji zelo malo dni s temperaturo pod - 5 °C, kar pomeni, da je letno grelno število tovrstnih aero TČ nad 3.5. Na Primorskem pa je letno grelno število COP preko 4.

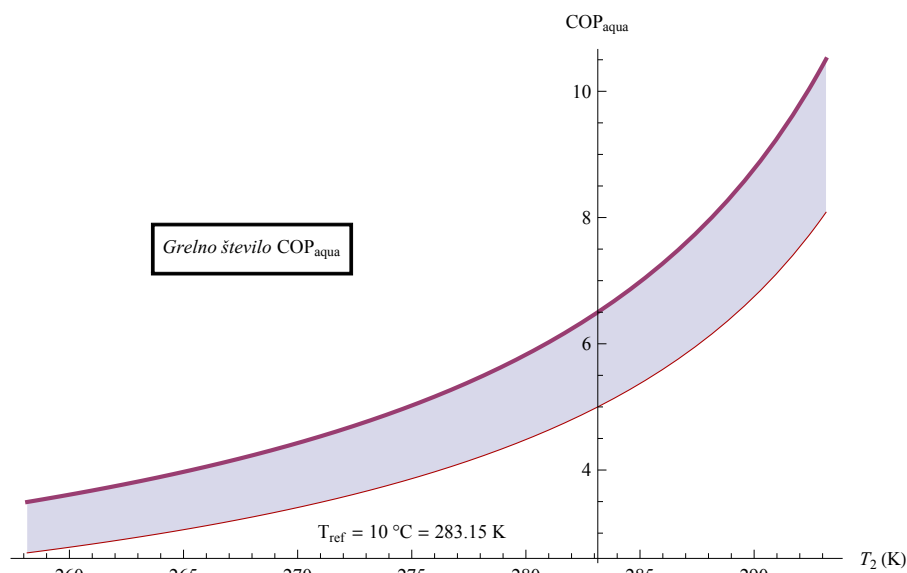


Figure 0.24. Pričakovan COP_{aqua} vs T₂ (-15 °C = 258.15 K, 20 °C = 293.15 K), T₁ = 328.2 K (35 °C), D_f = 0.3752 – 0.4877

Referenčni tehnični viri:

1. Annett Kühn (Ed.), Thermally driven heat pumps for heating and cooling, Universitätsverlag der TU Berlin, Institute of Energy Engineering.
2. GENERIC GUIDE SPECIFICATIONS FOR GEOTHERMAL HEAT PUMP SYSTEM INSTALLATION, Prepared By Warren Thomas, P.E. Melissa Madgett, C.E.M., Oak Ridge National Laboratory
3. Wärmepumpen Effizienz, Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpeanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb, Fraunhofer ISE, 2010

Nov standard učinkovitosti TČ iz leta 2011 - EN 16147 (A15/W10- 55 °C) je veliko bolj zahteven za razliko od starega EN 255/3 (A20/W15-45 °C) in (A15/ W10-55 °C).

NB:

Standard NBN EN 14511-2 navaja testne pogoje v 17 tabelah.

Primerjava - izračun primarnega energetskega razmerja (angl. primary energy ratio, PER)

Koncept primarnega energetskega razmerja (PER) je definirana kot koristna energija deljeno z potrebno vhodno energijo. Vrednost predstavlja učinkovitost (efektivnost) celotnega sistema, vključno z izgubami pri proizvodnji električne energije. Za vsakdanje naprave (plinske, na olje, biogoriva) so te vrednosti < 1, npr., za plinski kotel je PER med 0.8-0.9. PER za toplotno črpalko predstavlja sezonsko izvršljivost (faktor dela, angl. seasonal performance factor - SPF) pomnoženo z učinkovitostjo (efektivnostjo) proizvodnje električne energije v intervalu 0.32 – 0.6; v Evropi je povprečje 0.395, v Sloveniji 0.335 - 0.337%.

PER = 1.5 ~ 2.0 je širša ocena za sisteme toplotnih črpalk.

Izračun SEER, sezonskega energetskega razmerja učinkovitosti po AHRI/ANSI Std. 210/240 - 2008 in se rečuna po enačbi:

$$\text{SEER} = \frac{\sum_{j=1}^8 \frac{q_c(T_j)}{N}}{\sum_{j=1}^8 \frac{e_c(T_j)}{N}} \quad (10)$$

$$\text{SEER} = \frac{\sum_{j=1}^8 \frac{q_c(T_j)}{N}}{\sum_{j=1}^8 \frac{e_c(T_j)}{N}}$$

kjer je $q_c(T_j/N)$ razmerje grelne q_h ali hladilne q_c kapacitete in $e_c(T_j/N)$ je razmerje sezonske porabe električne energije. Vir: Seasonal Energy Efficiency Ratio, str. 699, EnergyPlus Engineering Reference, 2013

Izračun EER, razmerja energetske učinkovitosti, ki je definirano kot razmerje med skupno hladilno ali grelno kapaciteto in skupno porabljen energijo ob določenih pogojih (AHRI 2007) podano kot W/W.

$$\text{EER} = \frac{Q_{\text{SR}}}{P_{T,R}} \quad (11)$$

V referenci podano kot: $\text{EER} = Q_{\text{StandardRating}} / \text{Power}_{\text{Total, Rated}}$, Vir: Seasonal Energy Efficiency Ratio, str. 699, EnergyPlus Engineering Reference, 2013

Generične enačbe toplotnih izgub

$$Q_{\text{izguba}} = UA (T_{\text{hiša}} - T_{\text{ambient}}) - Q_{\text{doprinosi}} \quad (12)$$

kjer:

Q_{izguba} predstavlja toplotne izgube zgradbe (hiše), v W (Watt)

UA predstavlja prevodnost za toplotne izgube hiše, v W/K (Watt/Kelvin)

$T_{\text{hiša}}$ predstavlja temperaturo v hiši (notranjosti), v K, (Kelvin)

T_{ambient} predstavlja temperaturo ambienta (zunanja temperatura), v K (Kelvin)

$Q_{\text{doprinosi}}$ so vsi doprinosi, npr. toplota ki jo ustvarjajo stanovanjci in vse hišne naprave (radio, luči, kuhinjske naprave...), v W (Watt)

$$C_{\text{EHTkapaciteta}} = \sum_{i=1}^m \Delta T_i (m C_{p_i}) \quad (13)$$

kjer:

$C_{\text{EHTkapaciteta}}$ predstavlja efektivno hišno toplotno kapaciteto, v J (Joule)

m je masa elementa hiše (zgradbe), v kg

C_p predstavlja toplotno kapaciteto hišnega elementa, v J/kg K (Joule/(kg Kelvin))

i je element i (indeks)

ΔT predstavlja spremembo temperature v hišnem elementu i, v K (Kelvin)

Tehnično uresničljive energetske učinkovitosti, EF (DoE 2015) (grafični prikaz)

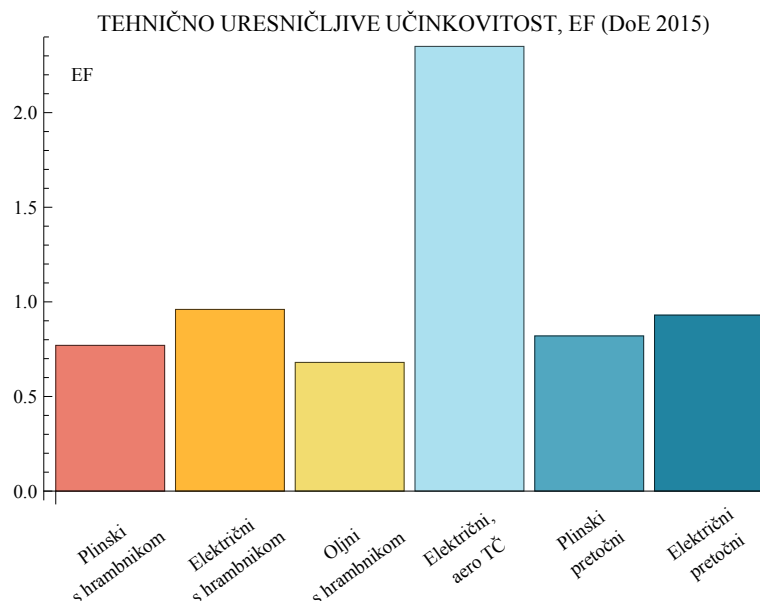


Figure 0.25. DoE (amerška agencija za energijo - "department of energy") standard energetske učinkovitosti 2015, tehnično uresničljive EF vrednosti

Sodobne toplotne črpalke so tehnično izpopolnjene, na trgu se nudijo geotermalni sistemi z visoko učinkovitostjo, grelno število več kot COP 5.1, prav tako aero tipi (zračne) s EF 2.35 (angl. efficiency factor (EF), min. ameriški standard); sistemi so testirani v prestižnih laboratorijih, tehnična življenska doba toplotnih črpalk renomiranih firm je ob normalnem vzdrževanju v območju 14 do 21 let, zanesljivost v obratovanju je relativno zelo visoka, kar je razvidno iz dolgoročnih garancijskih rokov. Proizvajalci opreme nudijo vrsto vzdrževalnih in kontrolnih uslug, npr. letni tehnični pregled, servisne usluge, hiter odziv v primeru okvare, cenovno ugodne posodobitve sistemov, aranž-maje "staro za novo", obnovo sistemov ob občutno nižji ceni, ipd.

Sistemske degradacijske koficienti so približno $d_f = 0.005$ letno so bili izmerjeni na terenu, vendar jih redko eksplicitno zasledimo v poročilih. Degradacijski faktor za obratovanje toplotne črpalke ob delni obremenitvi (tj. nižja učinkovitost) predstavlja vrednost, ki prav tako ni navedena eksplicitno v tehničnih poročilih tako japonskih kot tudi ne ameriški in evropskih proizvajalcev, da pa slutiti o magnitudi iz elaboratov in višine sredstev vloženi v rešitev teh problemov.

Degradacija grelnega števila COP ob delni obremenitvi toplotne črpalke (grafično)

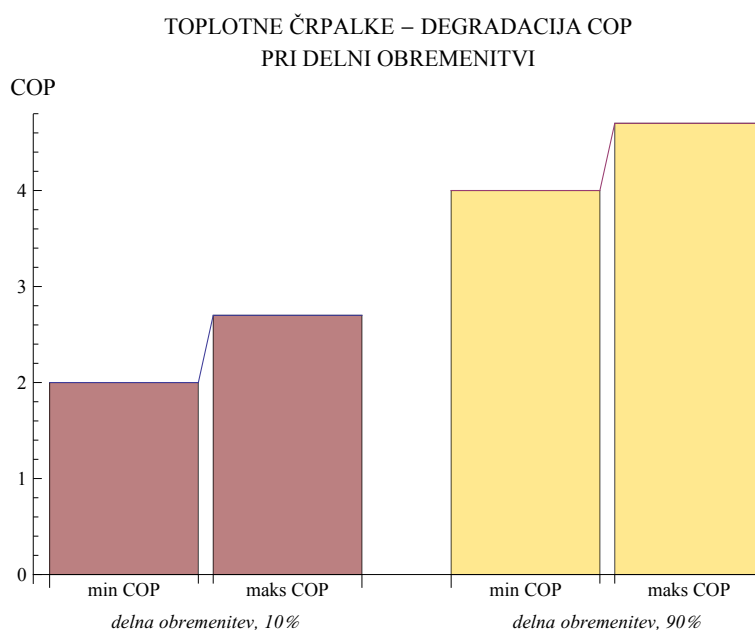


Figure 0.26. Zmanjšanje grelnega števila COP ob delni obremenitvi obratovanja toplotne črpalke

Princip delovanja toplotne črpalke (generični - grafični prikaz)

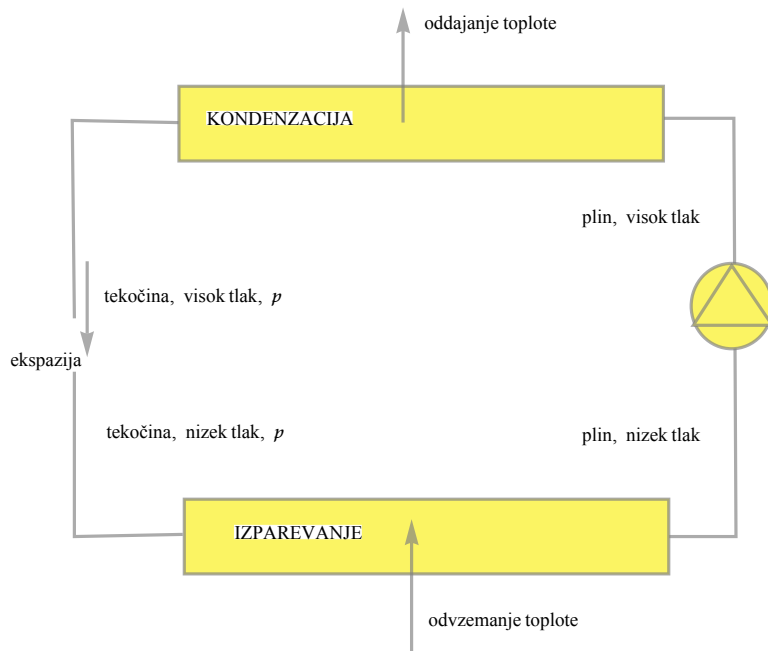


Figure 0.27. Poenostavljen prikaz delovanja toplotne črpalke

Proces gretja-hlajenja, (zaprti) tokokrogi (generični grafični prikaz)

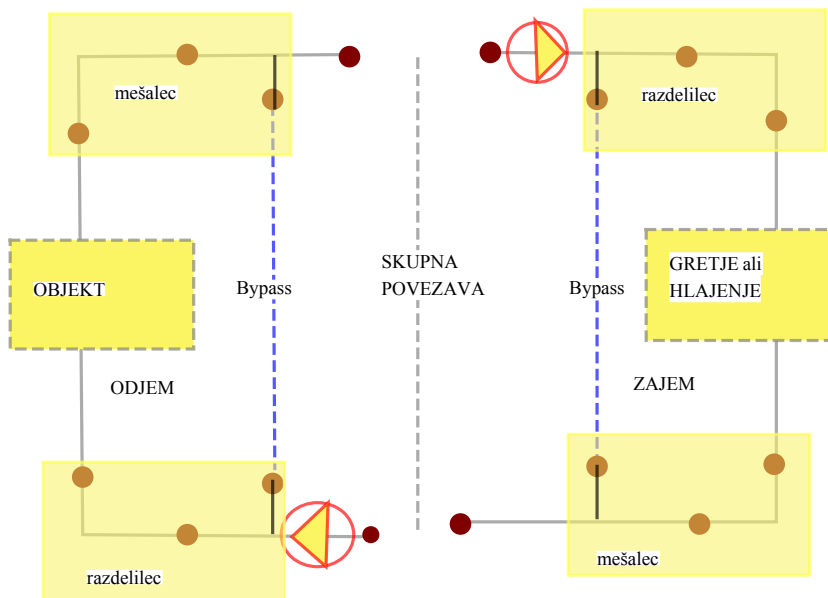


Figure 0.28. Poenostavljen način delovanja toplotne črpalke, tokokrog, zajem-odjem

Reference:

- EnergyPlus, User Guide for Modeling Plant Systems, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013 (za EnergyPlus ni plačila, priporočljiva je uporaba GUI interface, ki ni v programskem paketu)
- Wolfram System Modeler, Wolfram Research, 2013 (program je je intuitiven za delo in primerljiv z Simulink (potreben je še program MatLab) in MapleSim (potreben je še program Maple)).
- Validation and Application of the Room Model of the Modelica *Buildings* Library, Thierry Stephane Nouidui, Kaustubh Phalak, Wangda Zuo, Michael Wetter, Simulation Research Group, Building Technology and Urban Systems Department Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory (za Modelica *Buildings* Library ni plačila)

Toplotne črpalke tipa voda-voda, toplota podtalnice

Toplota podtalnice je za izkoriščanje s toplotno črpalko najbolj ugoden energijski vir. Njena prednost je sorazmerno konstanten temperaturni nivo, ki je približno med +7 in +12 °C. Da lahko koristimo podtalnico, moramo ob zgradbi izvrti v zemljo dve vrtini, za črpanje in vračanje podtalnice. V prvo vrtino vstavimo cev s potopno črpalko. Med obratovanjem nam črpalka potiska vodo skozi toplotno črpalko, ki ji odvzame toplotno energijo in jo ohlajeno za nekaj °C (od 2 do 4 °C) vrača po drugi, nekaj metrov (15 - 20 m) oddaljeni vrtini nazaj v podtalnico. Količina vode v sesalni vrtini mora zadostovati za neprekinjeno obratovanje pri največjih toplotnih potrebah. **Za črpanje podtalnice potrebujemo vodno dovoljenje**, vodo pa je potrebno pred pričetkom del kemično analizirati. Podtalnica je torej zaradi relativno visoke temperature idealen vir toplote, saj z njo dosegamo visoka grelna števila. Iz tega sledi, da je ta vodni vir energetsko najučinkovitejši (gledano skozi povprečje celega leta, SPF).

Toplotne črpalke VODA/VODA dajejo veliko toplotno moč ob zelo majhnih zunanjih dimenzijah.

Leta 1938 je bila vgrajena toplotna črpalka voda/voda v sistem ogrevanja skupščine kantona Zürich, pri čemer je bila kot vir toplote uporabljena voda reke Limmat, dve leti kasneje pa je toplotno črpalko za ogrevanje pričelo uporabljati tudi javno kopalnice v Zürichu.

Aplikativnost toplotnih črpalk v Sloveniji - Evropi

Da se dožejejo cilji, ki jih zastavljamo:

1. so potrebna sredstva, predvsem ugodni mikro krediti namenjeni investicijam URE
2. odstraniti se mora zavora (predvsem mentalna) zaradi razdrobljenosti aplikacije, tj.
 - a. veliko število objektov in funkcionalnih tipov
 - i. rezidenčni
 - ii. komercialni
 - iii. javni
 - iv. industrijski
3. odstraniti se mora nizka osveščenost populacije glede okoljskih in ekonomskih dobrot, npr.:
 - a. povečanje energetske učinkovitosti je redko primarna osredotočenost ekonomskih akterjev
4. odstraniti se morajo zavore (težave) pri merjenju učinkovitosti, evalvaciji in verifikaciji prihrankov primarne in končne energije ter količine emisij toplogrednih plinov; merjenje potrošnje je znatno lažje, kar poveča zaupanje lastnikov o pravilnosti investicijske odločitve v URE saj so izračuni izvedeni na osnovi meritev potrošnje.

Razvoj aplikacije toplotnih črpalk v Evropi

Najbolj ambiciozne dežele pričakujejo letno rast na področju inštaliranja toplotnih črpalk med 15 - 40% (tipov je v EU direktivi navedenih 20, 2013/114 EU) zato ker sistemi predstavljajo dober kompromis med zahtevami po kvaliteti bivanja, majhnih emisijah, enostavnostjo obratovanja in upravljanja, zanesljivosti, varnosti, učinkovitosti in predvsem ekonomičnosti kljub dejstvu, da komercialne toplotne črpalke še vedno "boleljajo" za znatnimi izgubami (npr., kapacitete in učinkovitosti), vse v odvisnosti kako so komponente v sklopu sistema optimizirane, inštalirane in končno vzdrževane.

Cenejšega gretja ali hlajenja ni. Tri četrtine energije lahko dobimo iz okolice. Za toplo vodo pri 30°C ne potrebujemo 2000°C vroč plamen.

Obnavljanje (angl. retrofitting) predstavlja priložnost, da se "bojler" zamenja z toplotno črpalko. Toplone črpalke s zemeljskim kolektorjem so 30-37% cenejše v obratovanju kot so TČ zrak-zrak ali zrak-voda. Toplotne črpalke zrak-zrak pa so 35% cenejše v obratovanju v primerjavi z električnim gretjem ali večine mestnih toplarn. Moderne toplotne črpalke delujejo (ekonomsko upravičeno) pri zunanji temperaturi zraka -18°C kljub obratnem (inverznem) razmerju med učinkovitostjo in zunanjo temperaturo.

Paletni sistem porabi nekaj več primarne energije kot TČ tipa zrak-zrak. Vir: Air source heat pumps and their role in the Swedish energy system, Itai Danielski, Morgan Frölinga at Ecotechnology, Department of Engineering and Sustainable Development, Mid Sweden University, 83125 Östersund, Sweden.

V Švici so toplotne črpalke vodilne na trgu sistemov za ogrevanje in hlajenje in so za bivalne objekte že dosegle raven 70% v letih 2005-2006. Vir: University of Applied Science NTB, Institute for Electronic, Sensors and Actuators ESA, Werdenbergstrasse 4, 9471 Buchs, Switzerland, Tel. +41 (0)81 755 33 11, +41 (0)81 755 33 11, Fax +41 (0)81 756 54 34, esa@ntb.ch

V ZDA, standard ki bo nastopil veljavo 2015, navaja za električne "bojlerje" nad 208 litrov minimalno energetsko učinkovitost (energy efficiency) EF = 2.35.

Varnost

Pri obratovanju toplotne črpalke nimamo omembe vrednih emisij toplogrednih plinov, prisotnosti gorljivih olj, plina, dimnih izpustov (dimnika), hrambe energenta (goriva), ipd., varnostni pregledi se po principu dobrega gospodarja opravijo skupaj z predsezonskim tehničnim pregledom ali servisom.

Stroški in URE

Kriteriji...

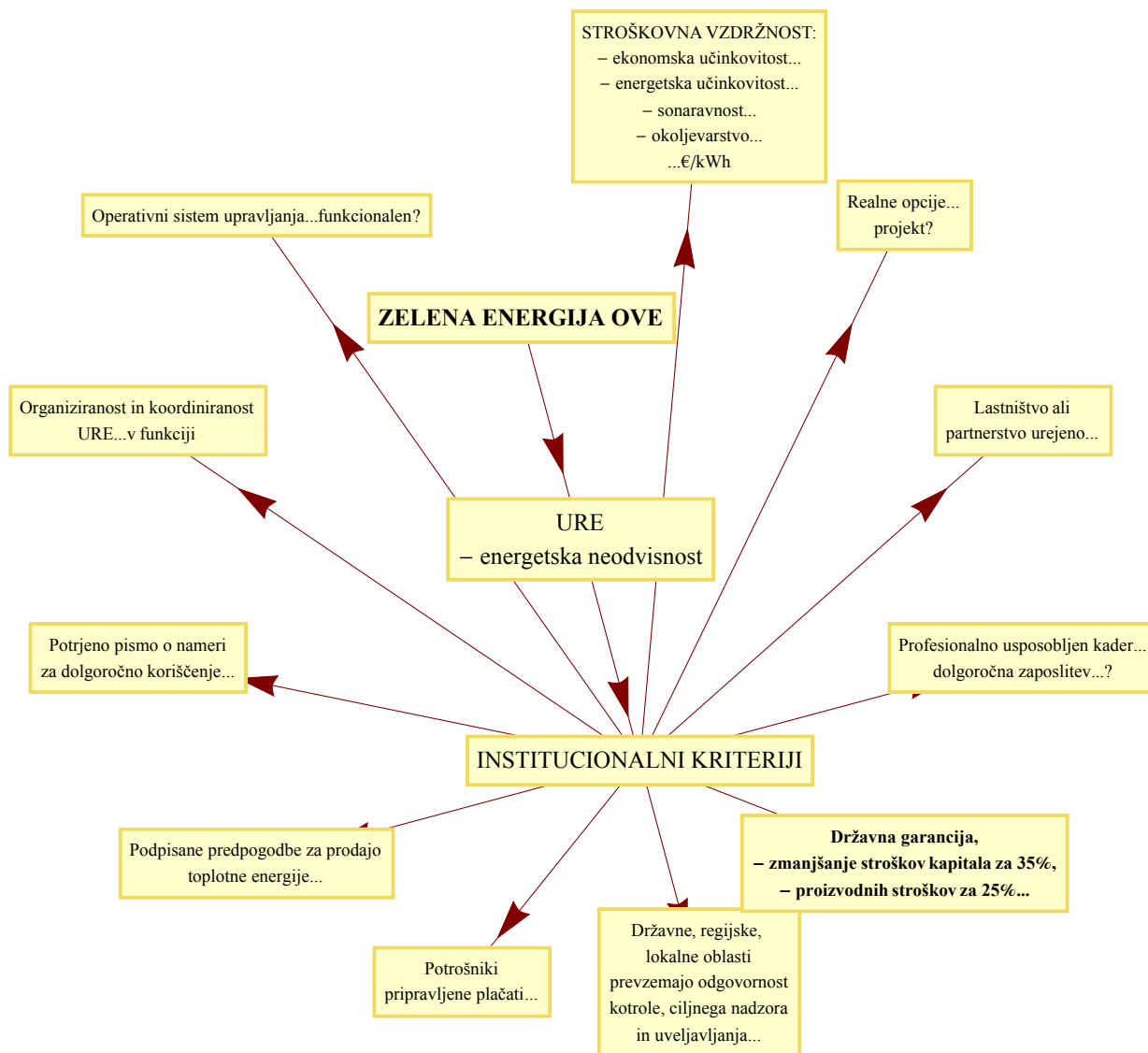


Figure 0.29. Institucionalni kriteriji

Stroški in energija, diskusija

Pri pretvorbi energenta (goriva) v toploto nastanejo toplotne izgube, ki jih moramo pokriti z večjo količino goriva v obliki končne energije. Učinkovitost te pretvorbe je podana z izkoristkom ogrevalne naprave. Izkoristki so zelo različni, odvisno od kakovosti ogrevalne naprave in posameznega energenta, na primer, od 50 do "laboratorijskih" 98 odstotkov. Pri izračunu je treba upoštevati celoletni izkoristek, ki je manjši od tistega, ki je označen na napravi in je bil izmerjen v laboratoriju. Tehnično uresničljivi faktorji učinkovitosti pa so merilo, ki ga upoštevamo v praktičnih izračunih (vsi korekcijski faktorji se morajo upoštevati).

Čista energija brez toplotnih izgub, ki je potrebna za ogrevanje stavbe, je koristna energija – in izkoristek naprave je razmerje med koristno in končno energijo. Torej, cena 1 kWh končne energije nam pove le ceno energenta, cena 1 kWh koristne energije pa je cena ogrevalnega sistema, ki upošteva vse izgube (izkoristek) in pripadajoče stroške za moč, omrežnine in ostale dajatve pri elektriki, plinu, lesni biomasi in/ali daljinskem ogrevanju.

Vrednost potrebne koristne energije izračuna projektant na podlagi modeliranja toplotnih izgub stavbe, faktične pa se dobijo z meritvami. Za izračun stroškov ogrevanja in medsebojno primerjavo ekonomičnosti ogrevalnih sistemov je pomembna cena koristne energije. Primerjava zgolj cen energentov je v praksi zelo pogosta ob tem pa se ne upošteva princip računanja vseh stroškov "od rojstva do groba", t.j., direktnih, indirektnih in skritih.

Stroški "od rojstva do groba"

Ko primerjamo stroške TČ sistemov z alternativnimi pogosto primerjava ni celostna (**princip od rojstva do groba** ni spoštovan), npr., stroški rokovanja, prevoza in shrambe energenta, gradnje in vzdrževanje dimnika, stroški gradnje in vzdrževanja hrambe, stroški nefunkcionalne notranje površine zaradi vgradnje radiatorjev (cena gradnje m^2 in dodatni finančni stroški, npr. davki, okoljske dajatve, nadomestila...), faktor učinkovitosti radiatorskega sistema gretja, stroški rizikov, stroški priključkov, zunanji stroški, ipd., niso vedno in v celosti zajeti v primerjalnih izračunih.

Do večjih odstopanj prihaja v primerih, da analist ne upošteva specifične poravnave (popravkov), ki omogočajo oceno kako spremembe v ceni posameznih komponent ali sklopov (modulov) nelinearno propagirajo zaradi stroškov načrtovanja, izvajalčevega dobička, davkov, stroškov dovoljenj, monetarnih rezerv, zavarovanja, gibanja cen energentov na trgu, kvalitete (npr., nizka za lignit, veliko vode, veliko pepela...), rizikov okoljskih stroškov in subvencije obstoječim fosilnim gorivom in tehnologijam (TEŠ 6 je lahko primer ko imamo odstopanja od predvidenih cen proizvodnje električne energije za faktor približno 3 v primerjavi z oceno na katerih je bila zasnovana investicija).

Parametri kot so npr. investicijski stroški, cene energije in predvidene eskalacije in obrestna mera niso točno določene, temveč slonijo na:

- domnevah
- srednjih vrednostih ki so odvisne od regije, zunanjih ali neznanih in neupoštevanih notranjih dejavnikov
- srednjih vrednostih energije, ki se lahko gibljejo na trgu strmo in nenadno navzgor (cene energije, npr. plina in nafte)
- in so v odvisnosti od specifičnih pogojanj, npr. z dobaviteljem primarne energije (plin, nafta, el. energija, lesna biomasa, premog)

Rezultati neto sedanje vrednosti (NSV) so odvisni od domnevnih vrednosti parametrov oziroma njihovih srednjih vrednosti, ki ne zajemajo vse tipe objektov, lastništva, v vseh regijah in v vseh primerih.

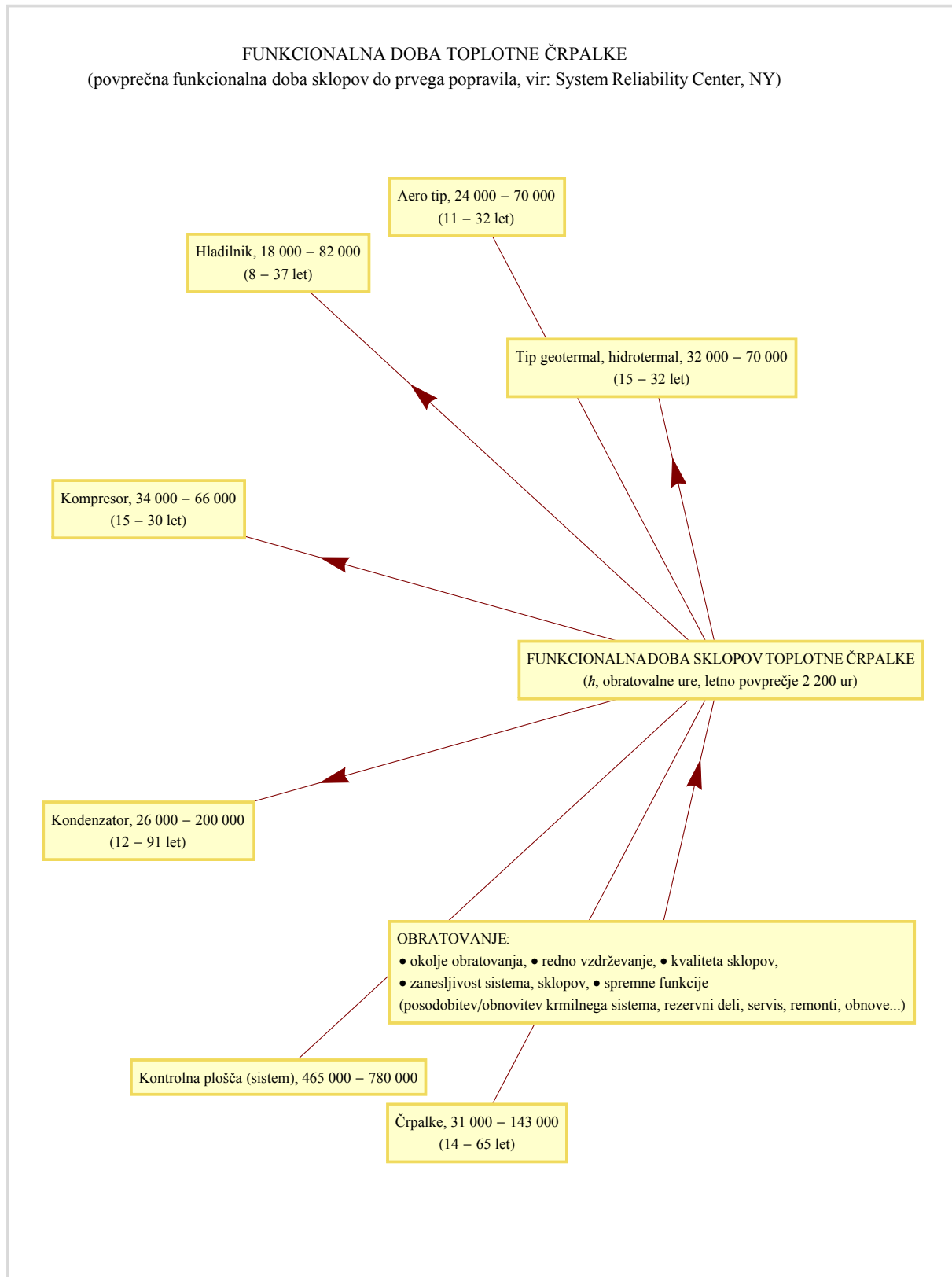


Figure 0.30. Ocene planiranih in neplaniranih stroškov, tipične funkcionalne dobe toplotnih črpalk ter sklopov

VZDRŽEVANJE, PRIČAKOVANA GIBANJA RELATIVNIH STROŠKOV
(planiranih 144 €/letno, neplaniranih (411 €))

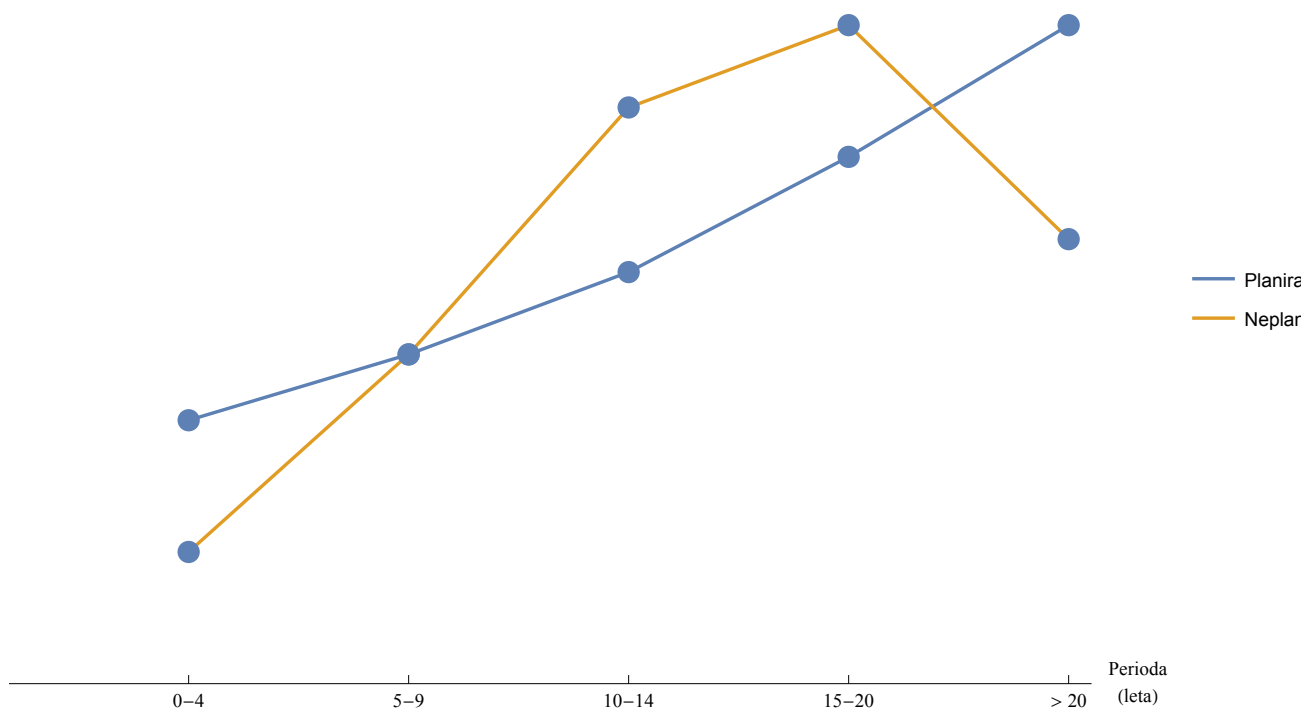


Figure 0.31. Ocene planiranih in neplaniranih stroškov v stanovanjski hiši, 230 m², 6 članska družina

10 kW TOPLOTNA ČRPALKA, DISTRIBUCIJA LETNIH STROŠKOV PLANIRANIH VZDRŽEVANJ,
pričakovana vrednost (prevoz, rez. deli, delo): 144 €

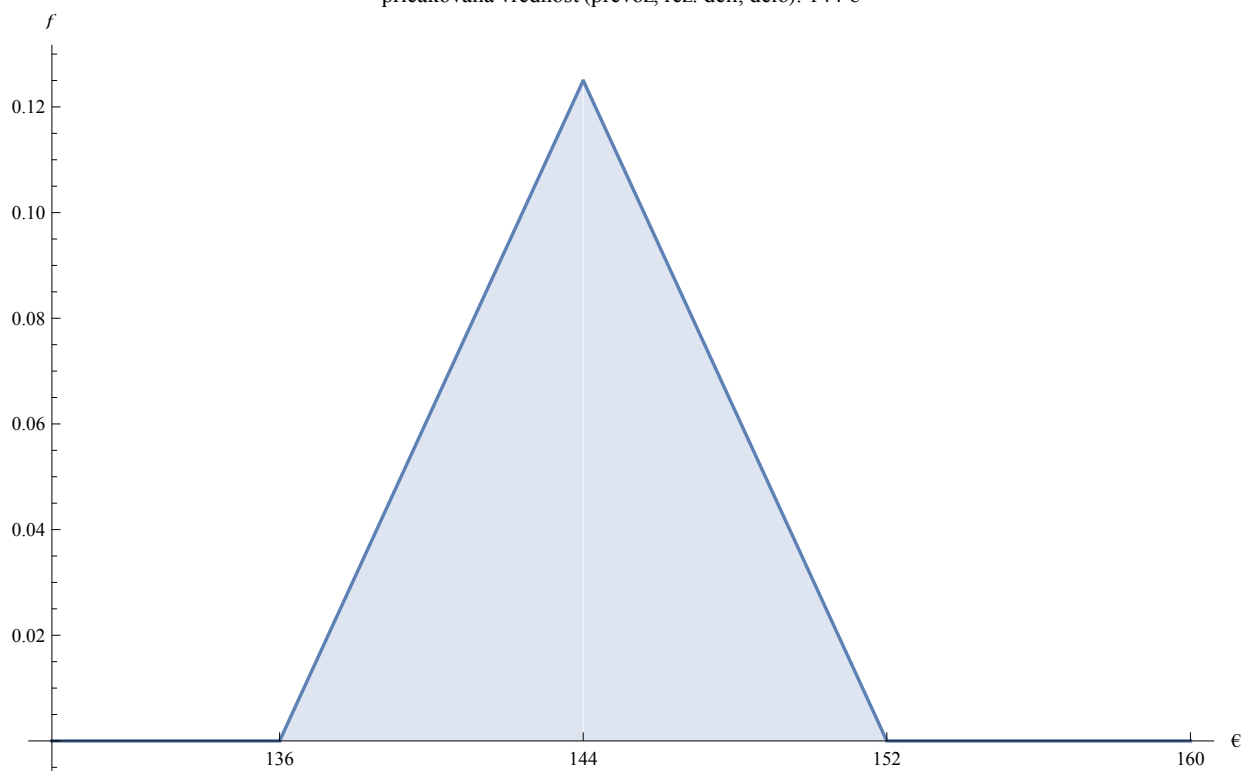


Figure 0.32. Ocena pričakovanih - planiranih letnih stroškov vzdrževanja v stanovanjski hiši, 230 m², 6 članska družina

10 kW TOPLOTNA ČRPALKA, DISTRIBUCIJA STROŠKOV NEPLANIRANIH POPRAVIL,
 pričakovana vrednost (prevoz, rez. deli, delo): 411 €

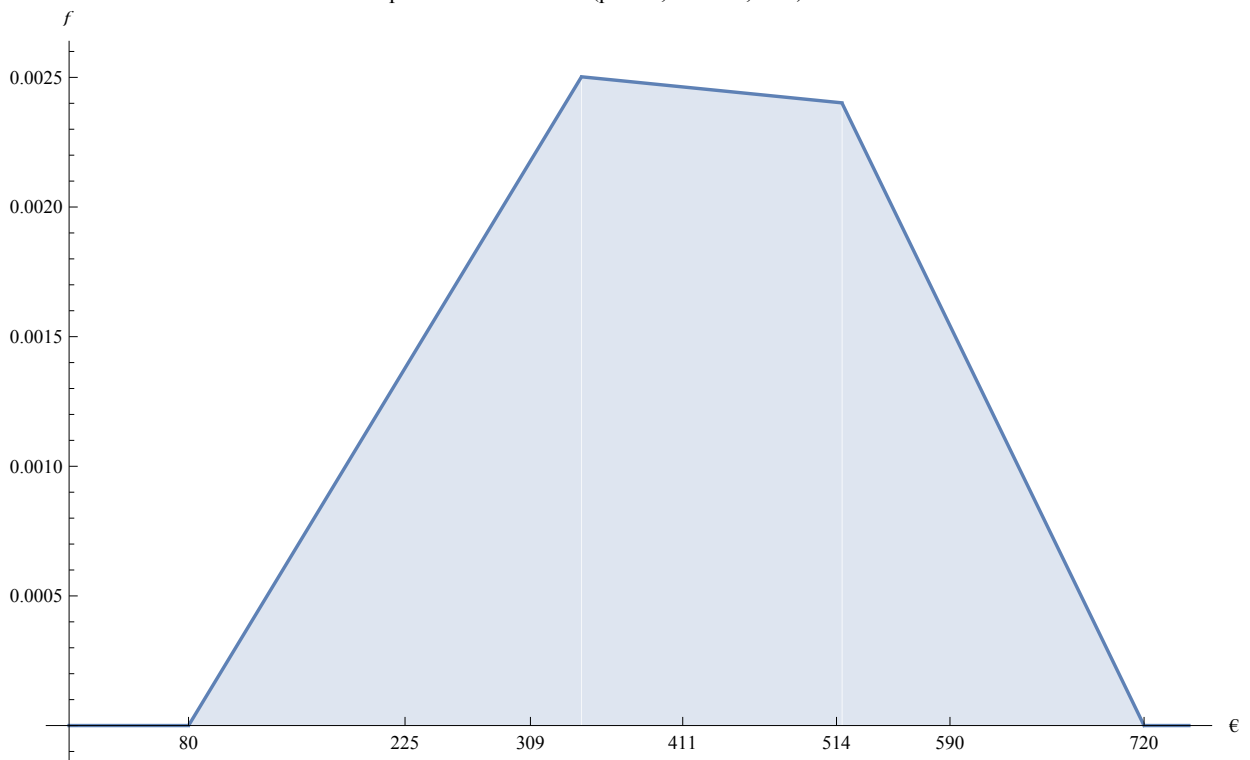


Figure 0.33. Ocene stroškov neplaniranih popravil v stanovanjski hiši, 230 m², 6 članska družina

10 kW TOPLOTNA ČRPALKA, PDF Weibull distribucija

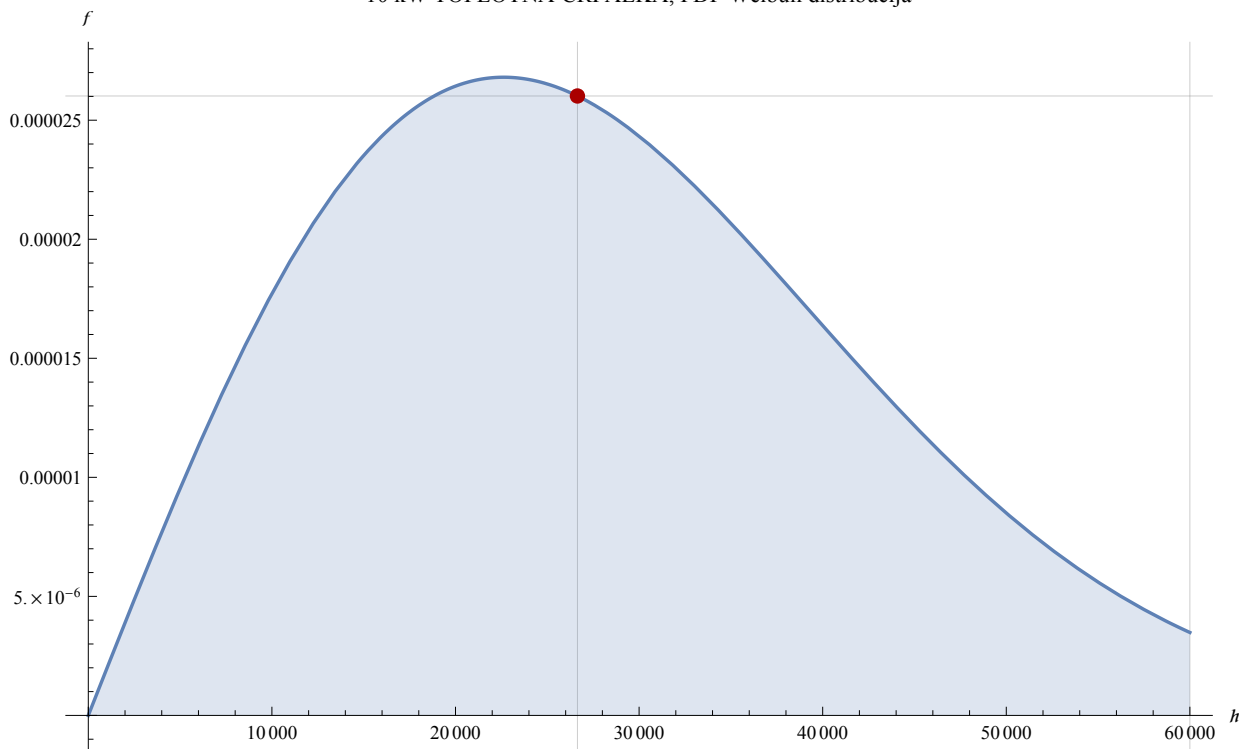


Figure 0.34. Ocene ur obratovanja in popravil v stanovanjski hiši, 230 m², 6 članska družina

10 kW TOPLOTNA ČRPALKA, CDF Weibull distribucija
verjetnosti (p) in ure obratovanja (h) do popravila

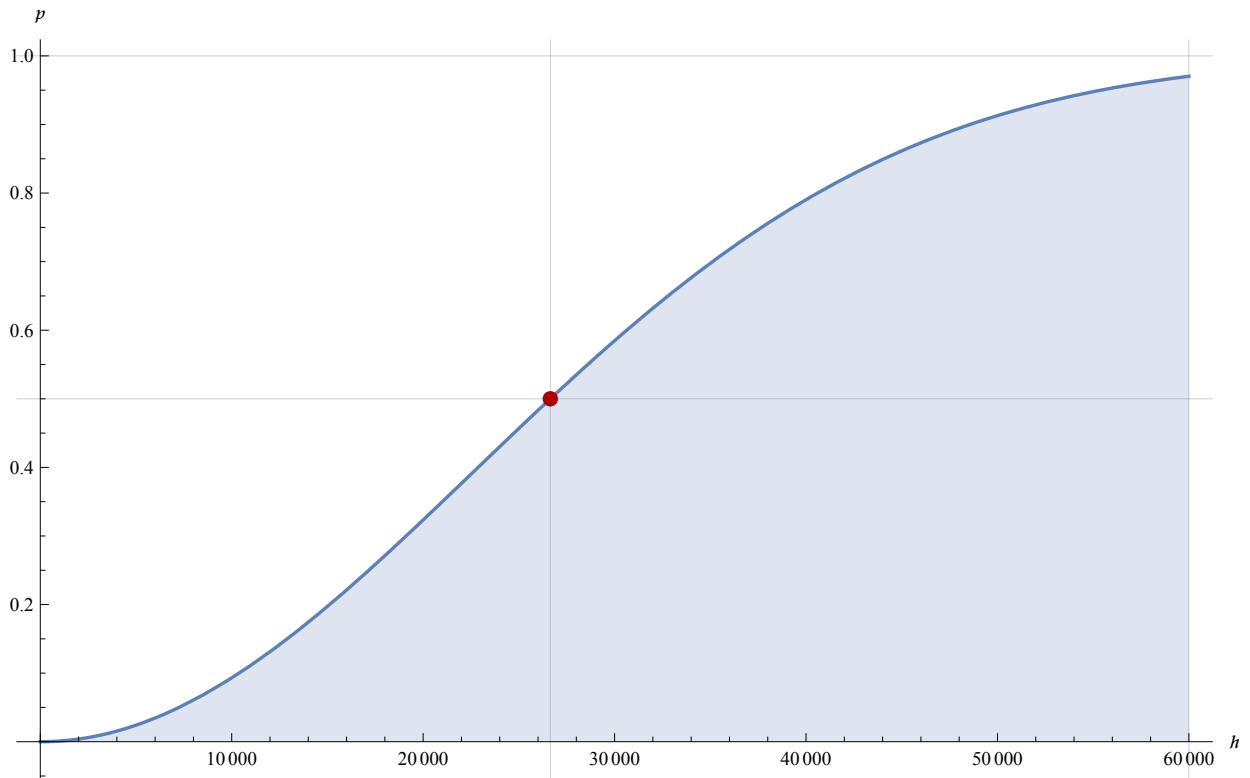
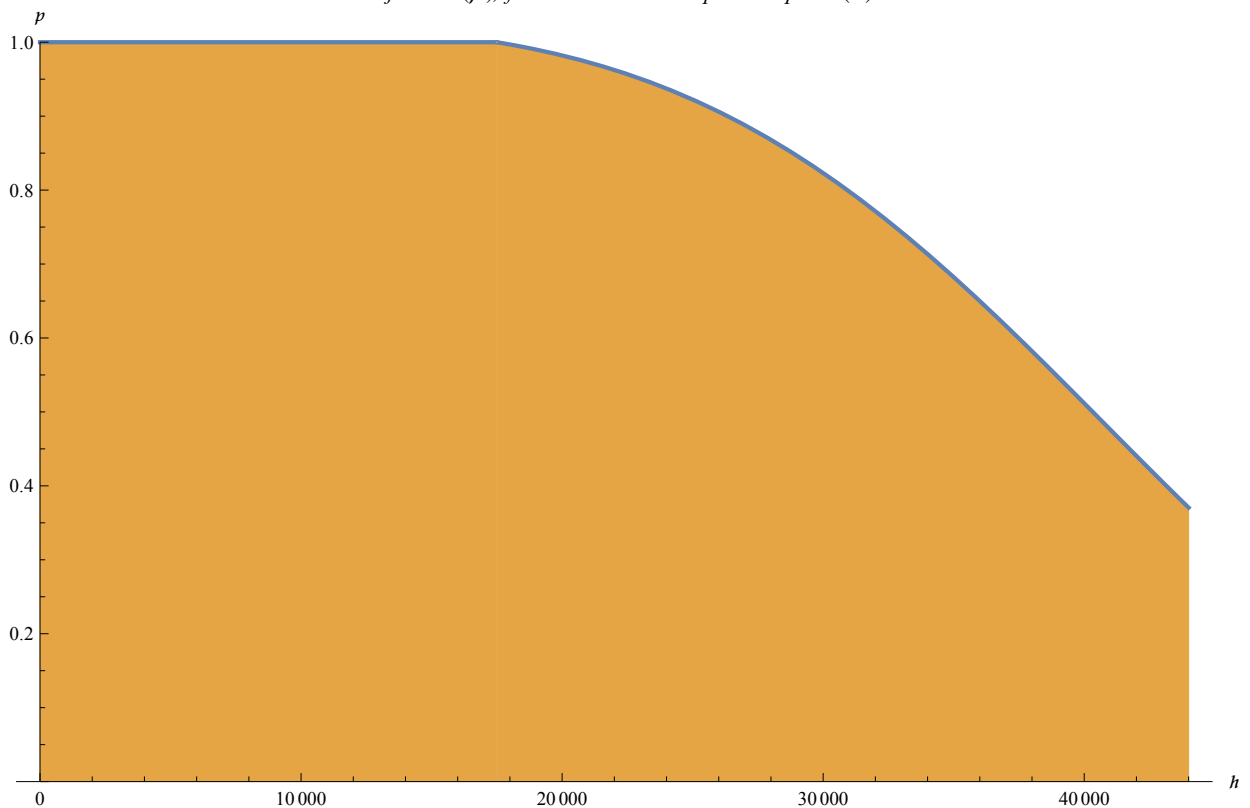


Figure 0.35. Ocene, ure obratovanja (h) vs verjetnost večjih neplaniranih popravil (p) v stanovanjski hiši, 230 m^2 , 6 članska družina

Verjetnosti (p), funkcionalna doba toplotne črpalke (h)



$$\text{"Pr[Life} \geq a \mid \text{Life} \geq 17500]} = \begin{cases} 1 & a \leq 17500 \\ \frac{937890625}{e^{36804120336} \cdot 36804120336} a^4 & \text{True} \end{cases}$$

Figure 0.36. Ocene, ure obratovanja (h) vs verjetnost funkcionalne dobe (p) v stanovanjski hiši, 230 m², 6 članska družina

Ilustracija...

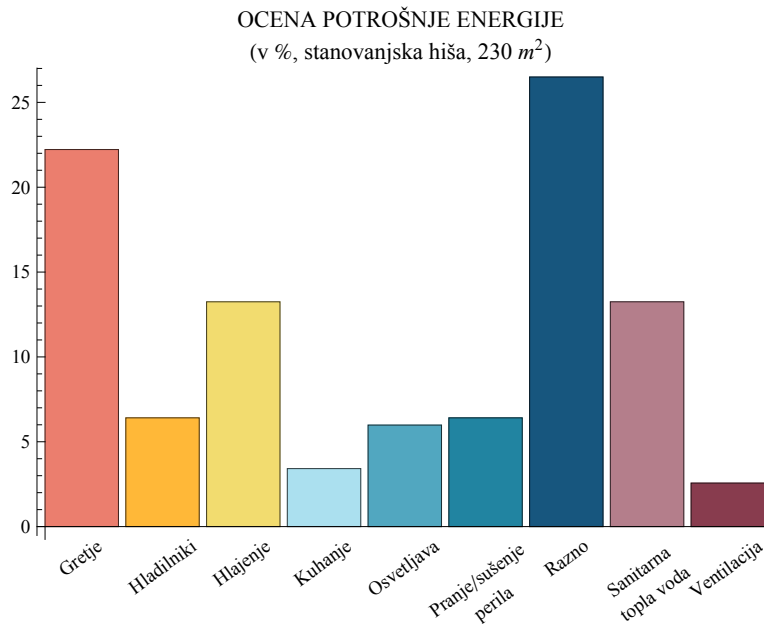
Opomba:

Toplotna črpalka je v funkciji obratovala ob rednem vzdrževanju že 17500 ur; gornja ilustracija predstavlja pričakovanja (verjetnosti) funkcionalne dobe do 20 let in verjetnosti degradacije opreme in večjih popravil.

Zanesljivost v obratovanju za tehnološko zrele tehnologije kot so toplotne črpalke je podobna funkcionalni dobi, tj. 20 let, kjub temu obstaja verjetnost, da bo prišlo do nepredvidene napake, ki zahteva večje popravilo, zamenjavo ali obnovo delov ali funkcionalnih sklopov, v tem primeru naredimo primerjalno analizo, popravilo ali obnova, to je vprašanje tehnološke zastarelosti in ekonomske učinkovitosti.

Stroškovne ocene potrošnje energije v stanovanjski hiši (grafična preglednica)

Ocena potrošnje energije (grafična preglednica)

**Figure 0.37.** Ocene potrošnje primarne energije v stanovanjski hiši, 230 m², 6 članska družina

Ilustracija je narejena po "Annual Energy Outlook, 2010". Gretje, hlajenje, priprava sanitarne tople vode in ventilacija predstavljajo približno 48.7 % od skupne hišne potrošnje energije.

Frakcije potrošnje energije v rezidenčnem objektu - hiši (grafična preglednica)

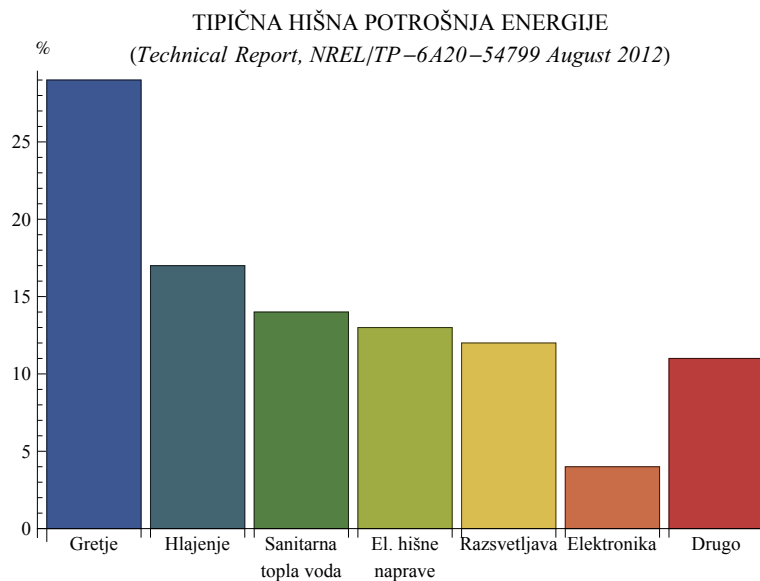


Figure 0.38. Ocene potrošnje energije v stanovanjski hiši, povzeto po NREL 2012

Ilustracija po NREL 2012.

Potrošnja energije tipične toplotne črpalke

Tipična potrošnja energije v sistemu toplotne črpalke tipa zemlja-voda (geotermal). Fraunhofer Inštitut navaja v svoji študiji iz leta 2012 porabo za toplotno črpalko (kompresor, kontrolni sistem), tj. za porabo obtočne črpalke zemeljskega kolektorja in porabo energije pomožnega el. grelca, ki pokriva vremenske konjice in počasen odziv sistema (številni sistemi TČ so brez zalogovnika).

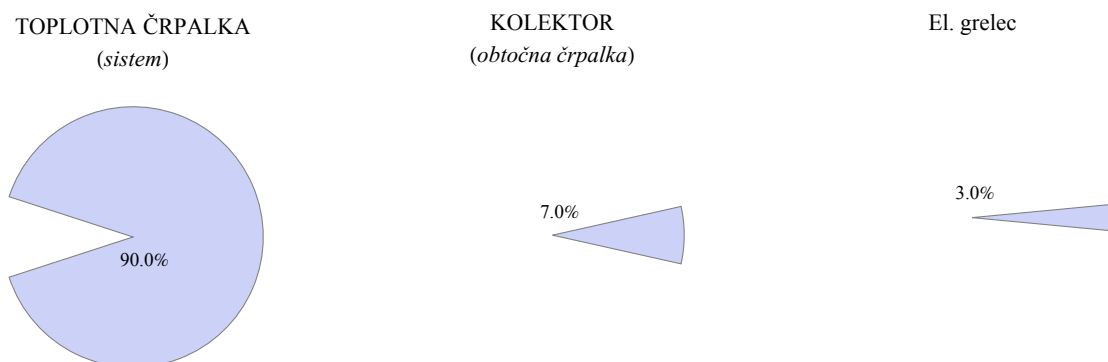


Figure 0.39. Ocene potrošnje energije, geotermalni tip toplotne črpalke, rezidenčni objekt, povzeto in prirejeno po Fraunhofer 2012

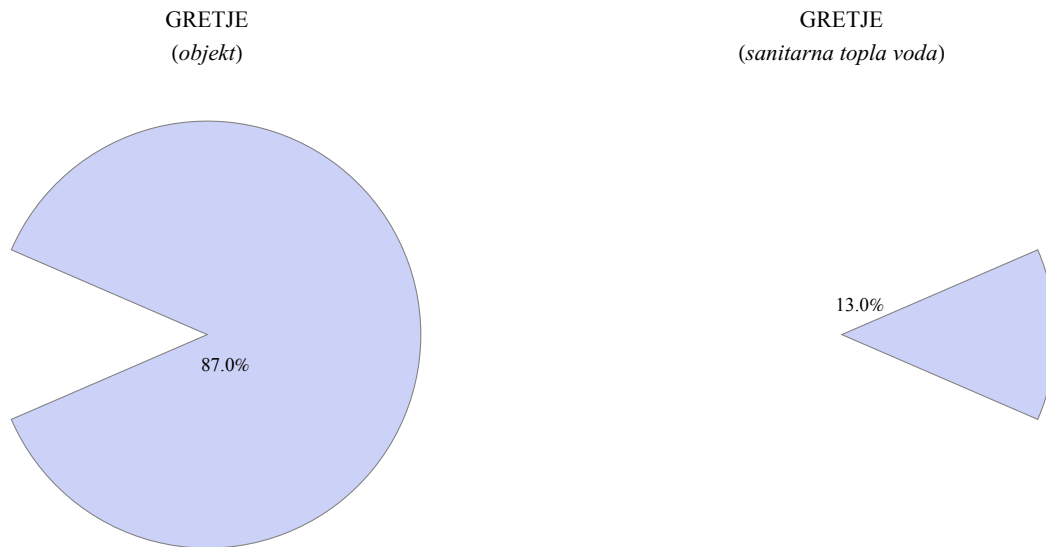


Figure 0.40. Ocene potrošnje energije v stanovanjski hiši, povzeto in prirejeno po Fraunhofer, 2012

Poročilo večletnih merjenj na terenu renomiranega Fraunhofer ISE iz leta 2013 navaja znatno višje vrednosti potrošnje energije za pripravo sanitarne tople vode, 23% za geotermalne izvedbe in 28% za aero izvedbe.

Stroškovne ocene (grafična preglednica)

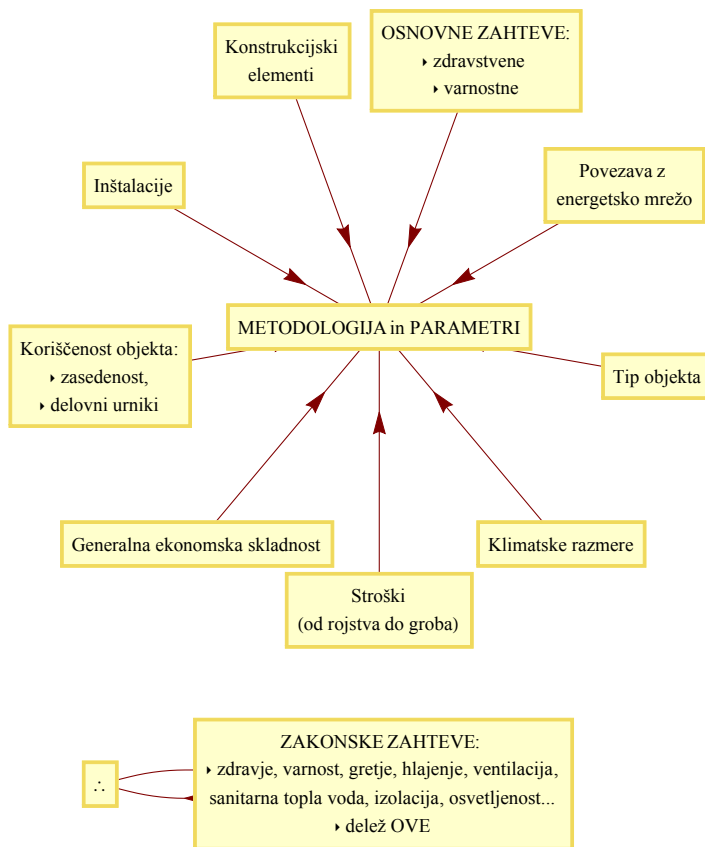


Figure 0.41. Ocene, metodologije in parametri

Stroškovne ocene morajo temeljiti na principu "od rojstva do groba", t.j. vsi stroški v življenjski funkciji sistema se vzamejo, tudi zunanji, le tako lahko na osnovi ekonomske učinkovitosti primerjamo posamezne sisteme.

Kaj zajamemo v stroškovnik:

1. Nabavni in začetni stroški (oprema, načrti, dovoljenja...montaža, zagon), vključno z subvencijami, finančno dotacijo...
2. Stroški (električne energije), (popusti, subvencije, režimi, eskalacije cen)
3. Stroški vzdrževanja, zavarovanja, in administracije (povprečni stroški popravila, cca 1000 EUR, sprejemljivi stroški zavarovanja so približno 0.3% od vrednosti pridobljene energije; vir Švedska zveza zavarovalnic)
4. Stroški obnove ali zamenjave sistema

V stroškovnih ocenah vključimo:

- a. Spodbude, če obstajajo, (1500 EUR in več, če so sredstva na razpolago, razpisi so v začetku leta)
- b. Tarife (el. energija), ocena 0.14 EUR, pogodbeno 0.13439 EUR (letna rast cene el. energije se predvideva približno 4%), nižje za večje industrijske odjemalce in in javne odjemalce, npr. občine...
- c. Obrestna mera, (7%, približno ista kot so državne obveznice), manj v primeru spodbud ali subvencij, več v primeru posojila pri komercialni banki, npr. NLB 8.5% za zavarovane kredite.
- d. Življenska doba v funkciji ali do tehnološke zastarelosti. (tehnična 14 let za opremo, 50 let za zemeljski del (geotermalni kolektor), npr., cevi (strojni del kot so npr., obtočne črpalke manj), 10 let ekonomska)
- e. Odpadna vrednost sistema, ali stroški vezani z njim (notranja oprema: stroški demontaže in odvoza ter deponiranja), v literaturi pogosto zasledimo oceno 10%, vzamemo nič.

Stroškovne ocene, začetni stroški

- Kot pravilo, stroški (geo)termalnega sistema toplotne črpalke so manjši ali enaki konvencionalnim sistemom.
 - Stroškovno razliko predstavlja zemeljski tokokrog (izmenjevalec, ki ima funkcionalno življensko dobo 50 in več let), cevi, distribucijski sklop (manifold, ventili, odzračniki) in pretočna črpalka, zemeljska dela, npr. izkop, zasutje in pristopni jašek, strošek zemljišča.
 - Stroški inštalacije, minimiziranje (optimiziranje)
 - Minimiziraj toplotne izgube zunanje konstrukcije, npr., zunanji zid in izolacija fasade, toplotna izolacija strehe, okna in vrata...
 - Optimiziraj geotermalni cevni sistem (notranji kot zunanji)
 - Test toplotne propustnosti (konduktivnosti), primeren projektu
1. Stroški zemeljskega tokokroga (zunanji zemeljski kolektor), geotermalni sistemi
 - a. zemeljski del, horizontalna izvedba, 320.00 EUR/kW
 - b. zemeljski del, vertikalna izvedba, 430.00 EUR/kW
 - c. talna voda, brez zemeljskega tokokroga (cevnega sistema), 270.00 EUR/kW (možno tudi voda-voda, npr., reka, potok; hitrosti pretoka so nizke, 0.6-1.5 m/s)
 2. Sistemi voda-zrak, ocena stroškov
 - a. manjši (< 8kW), 315.00 EUR/kW
 - b. srednje kapacitete (10 kW), 285.00 EUR/kW
 - c. večje kapacitete (>14 kW), 260.00 EUR/kW
 3. Ocena stroškov notranje konfiguracije, toplotna črpalka in zalogovnik toplotne energije, ("bufer")
 - a. cene so različne, odvisne predvsem od koeficienta "IzhodnaEnergija/VhodnaEnergija" (t.j. grelno število - COP) in tipa, približna ocena je podana v tabeli spodaj:

Table 0.4. Inštalirane cene sistemov toplotnih črpalk, pregled

<i>Generični tip TČ</i>	<i>Razvit trg EUR/kW</i>	<i>Nerazvit ali trg v nastajanju, EUR/kW</i>
ASHP, aerotermični– Zračni sistemi TČ	570.00	1150.00
Plin+Klima, TČ	560.00	1100.00
Podtalnica, TČ	950.00	1900.00
Horizontalni sistem, TČ	1150.00	2300.00
"Slinky" TČ	1200.00	2400.00
Vertikani sistem, TČ	1230.00	2460.00

Inštalirane cene TČ sistemov

V primerih, da so cene ponudnikov kvalitetnih sistemov približno enake ali nižje od cen na razvitem trgu lahko rečemo, da so usklajeme s trgom (niso pretirane).

Ekstrapolirana cena TČ moči 6.6-8.6 kW (Švedska) je 6983.00 EUR, in za 7.6 kW TČ (v Švici) pa 6202.35 EUR (2013). Cene varirajo odvisno od lokacije...davkov...

Za evropski **OECD trg** se cene toplotnih črpalk gibljejo med:

- tip zrak-zrak, interval je od 421.346 do 1079.79 EUR/kW,
- za ASHP (zrak-voda), interval od 458.346 do 2406.5 EUR/kW in za
- GSHP (zemlja-voda) je interval od 883.467 do 1711.81 EUR/kW,

termin: inštalirano (januar 2013).

Struktura cene električne energije, plina in kurilnega olja

Strukturo cene električne energije do končnega potrošnika

Iz letnih poslovnih izkazov HSE in Elektro Celje smo grobo rezčlenili strukturo cene električne energije izdobljene koristnikom.

Table 0.5. Struktura cene energentov, v EUR

<i>Energent</i>	<i>Borzna cena (EEX) EUR/MWh</i>	<i>Proizvodna cena EUR/kWh</i>	<i>Prodajna cena brez DDV/kWh</i>	<i>Končna cena EUR/kWh</i>
El. energija	37.68	–	–	–
HSE, El. energija	–	0.025485	0.049425	–
Elektro Celje El. energija	–	–	0.11016	0.13439
N plin	27.057	–	–	0.81 €/Sm ³ (10.28 kWh)
N plin	0.027057 (€/kWh)	–	–	0.07879
Kurilno olje	575.277 (m ³)	–	0.64653 (liter)	1.08 /liter
Veriga zasavskih elektrarn	–	0.150125	0.23509	0.28681

Borzne cene so letne "futures", 2013-2014

NB: Beleške in pojasnila:

- Končna cena kurilnega olja in naravnega plina z ali brez DDV se neprenehoma spreminja - usklajuje, to je korelacija z trgom.
 - Naravni plin s maloprodajno ceno 0.0516886 EUR/kWh postane konkurenčen (indiferenčna cena) toplotnim črpalkam s COP = 2.6, tj. cena 51.6886 EUR/MWh oz. 0.5313 EUR/S m³ (borzna cena je 27.057 EUR/MWh). Prodaja plina zadnja leta upada, približno 5% letno (vir: Geoplina d.d., 2013). V primeru primerjave z sodobno toplotno črpalko s COP 3.6 (EU standard, minimum za aero tip) - 5.1 in več, je indiferenčna cena plina nižja proporcionalno višji učinkovitosti TČ sistema. Glede na dejstvo, tj. visokih distribucijskih stroškov plina ni verjetno da bi v Sloveniji naravni plin (NP, metan) dosegel indiferenčno ceno toplotne energije v primerjavi z moderno TČ.
 - Ruski Gazprom prodaja v na EU trgu naravni zemeljski plin po povprečni ceni 0.278602 EUR/Sm³, (ref. 22. maj 2014), tj. približno 0.0271014 EUR/kWh.
 - Plinske elektrane so (v principu) grajene na osnovi vrednosti kapacitete, ki se doprinese proizvodnim (marginalnim) rezervam in ne da zadovoljijo proizvodne potrebe ali zmanjšajo proizvodne stroške.
 - Ameriška agencija za informiranje s področja energije (U.S. Energy Information Administration, EIA), navaja pozitivno razliko med LCOE in LACE samo za **geotermalno tehnologijo** in to za leto 2019: 12.0097 EUR/MWh in 34.4181 EUR/MWh za leto 2040, vse ostale tehnologije imajo negativno razliko, z drugimi besedami to pomeni, da na ameriškem energetskem trgu v večji ali manjši meri tehnologije z negativno vrednostjo ekonomsko niso atraktivne. V letu 2040 najbolj izstopajo vetrne na odmaknjenih predelih in morju ter solarne (termalne), negativne vrednosti dosegajo v povprečju -68.0307 in -67.5181 EUR/MWh, tem tehnologijam sledijo TE na premog v razponu od -7.83 do -32.44 EUR/MWh (vir: http://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm). Manj drastično razliko lahko vidimo za nuklearne, plinske, PV in hidro postrojenja.
- Operativni stroški, dohodki in dobiček Elektro gospodarstva, ~ 0.060735 EUR/kWh, vključno z okoljskimi dajatvami
 - Elektro posluje danes z faktorjem 2.22883 na nabavno ceno, t.j. 222.8%
 - Prodajna cena brez DDV Elektro gospodarstva, minimum: prodajna cena HSE + Operativni stroški Elektro + dobiček + dajatve
 - Operativni stroški HSE + dobiček, ~ 0.02423 EUR/kWh
 - Proizvodni stroški HSE ~ 0.025485 EUR/kWh
 - Dodatna stopnja dobička HSE ≈ prodajna cena HSE - borzna cena na EEX, približno 0.011745 EUR/kWh ali 31.17% nad borzno ceno, ki vključuje dobiček
 - HSE posluje danes z faktorjem 1.93938 na proizvodno ceno, t.j. 193.9%
 - Obratovalni in vzdrževalni stroški hidroelektrarn se gibljejo med 0.015 in 0.025 EUR/kWh
 - Davek (DDV) je 22%, (faktor 1.22) na prodajno ceno Elektro...(DDV znese trenutno ~ 0.02423 EUR/kWh, približno enako kot operativni ali proizvodni stroški HSE + dobiček)

4. Končna, maloprodajna cena: (prodajna cena HSE \Rightarrow prodajna cena Elektro +...) \times DDV (1.22)

Mnogokratniki na proizvodno ceno el. energije (davki, mrežnina, in prispevki) (grafična preglednica)

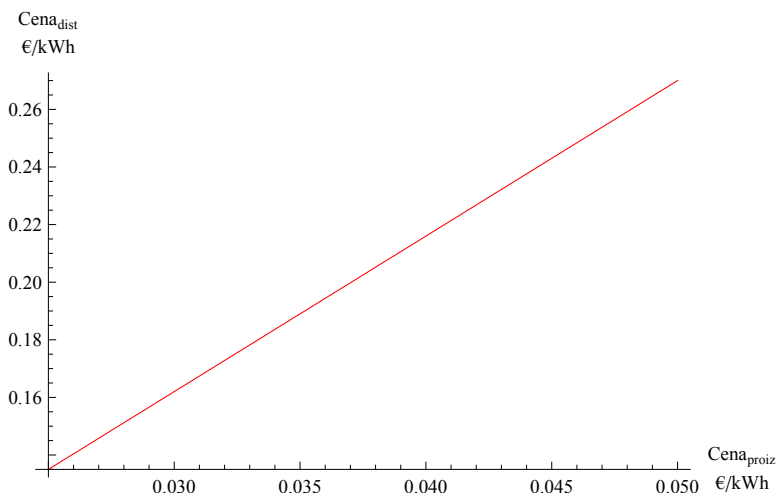


Figure 0.42. Občutljivost potrošniške cene na dvig cene proizvodnje el. energije

Občutljivost na dvig cene proizvodnje el. energije se duši v primeru TČ z grelnim številom - COP, $(C_{\text{nova}} - C_{\text{stara}})/COP$.

Mnogokratniki na borzno in/ali proizvodno ceno (tabela)

Table 0.6. Mnogokratnik cen (stroški, marže in davki)

<i>Energent</i>	<i>ProdajnaCena/ BorznaCena (EUR)</i>	<i>ProdajnaCena/ ProizvodnaCena (EUR)</i>	<i>Mnogokratnik faktor marž in davkov)</i>
El. energija	0.13439/ 0.03768	–	3.651 (365%)
El. energija HSE+Elektro+DDV	–	0.13439/ 0.025485	5.273 (527%)
N plin	0.07879/ 0.027057	–	2.912 (291%)
Kurilno olje	1.08/ 0.575277	–	1.877 (187%)

Faktor distribucije in dajatev na borzno ali proizvodne cene el. energije

NB: Borzna cena vključuje proizvodne stroške + dobiček.

V ZDA imajo povprečno razmerje med proizvodnjo, transmisijo in distribucijo 59.80 : 10.78 : 29.41 %.

U.S. Energy Information Administration's (EIA) Annual Energy Outlook (2013 Early Release) napoveduje 1.4% rast cen električne energije med 2012 in 2030.

Gibanje cen naravnega plina (NP, metan) v Sloveniji, 2009-2013 (grafični prikaz)

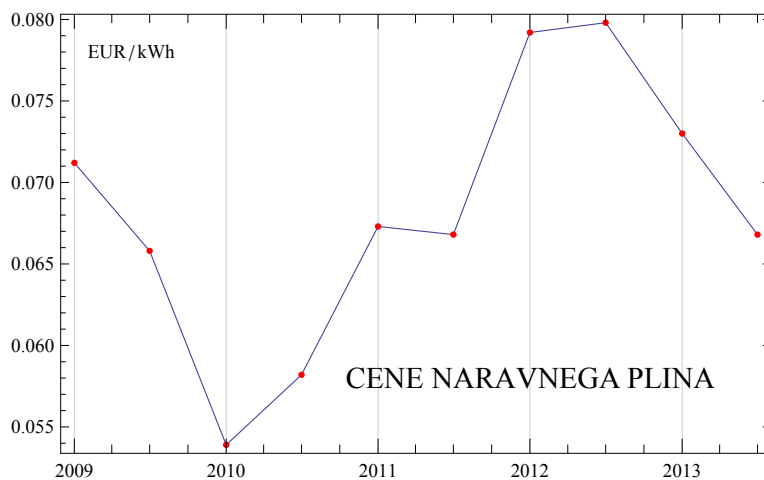


Figure 0.43. Gibanje cen naravnega plina v Sloveniji, EUR/kWh, 2009-2013, vir: Eurostat 2013

Od leta 2010 do 2012 so se maloprodajne cene naravnega plina dvignile za približno 39.24%. Na letni ravni je to povišanje stroškov gretja za približno 857.46 EUR (za komparativno zgradbo 230 m² tlorisne površine in 55 W/m²). Sedanja vrednost stroškov ogrevanja v desetletnem obdobju pa bi se v tem primeru zvišala za približno 7121.15 EUR na 25269.1 EUR in uvrstila sistem med drage, ekonomsko gledano - investicijsko neprimerne.

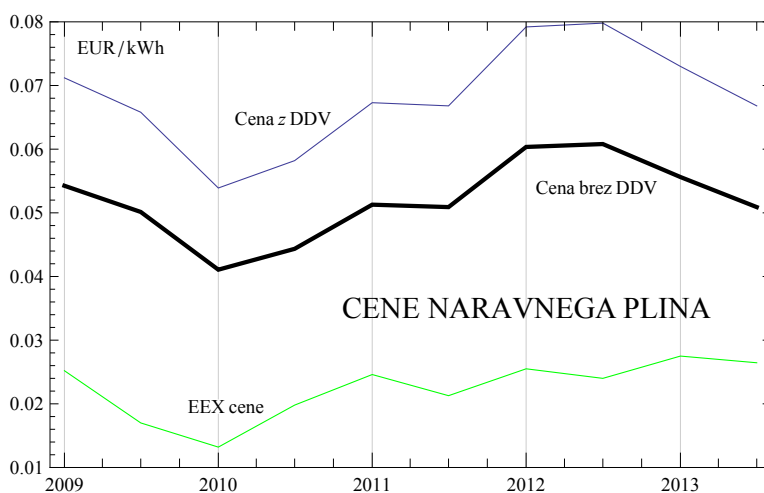


Figure 0.44. Gibanje maloprodajnih cen naravnega plina v Sloveniji, EEX je borzna cena za drobne kupce, v EUR/kWh, 2009-2013, vir: Eurostat 2013 in EEX 2013

Slovenska distribucija naravnega plina je v začetku leta 2011 poslovala z 127.8% maržo, v sredini 2012 je marža narasla že na 147.3%, sredi 2013 je marža zdrsnila na 119.8%.

Davčne in druge dajatve (okoljske...) so v Sloveniji približno 27%, vir: Eurostat 2013.

UVOZ NP (CH₄) januar 2004 – avgust 2014

vir: Statistični urad RS, 2014

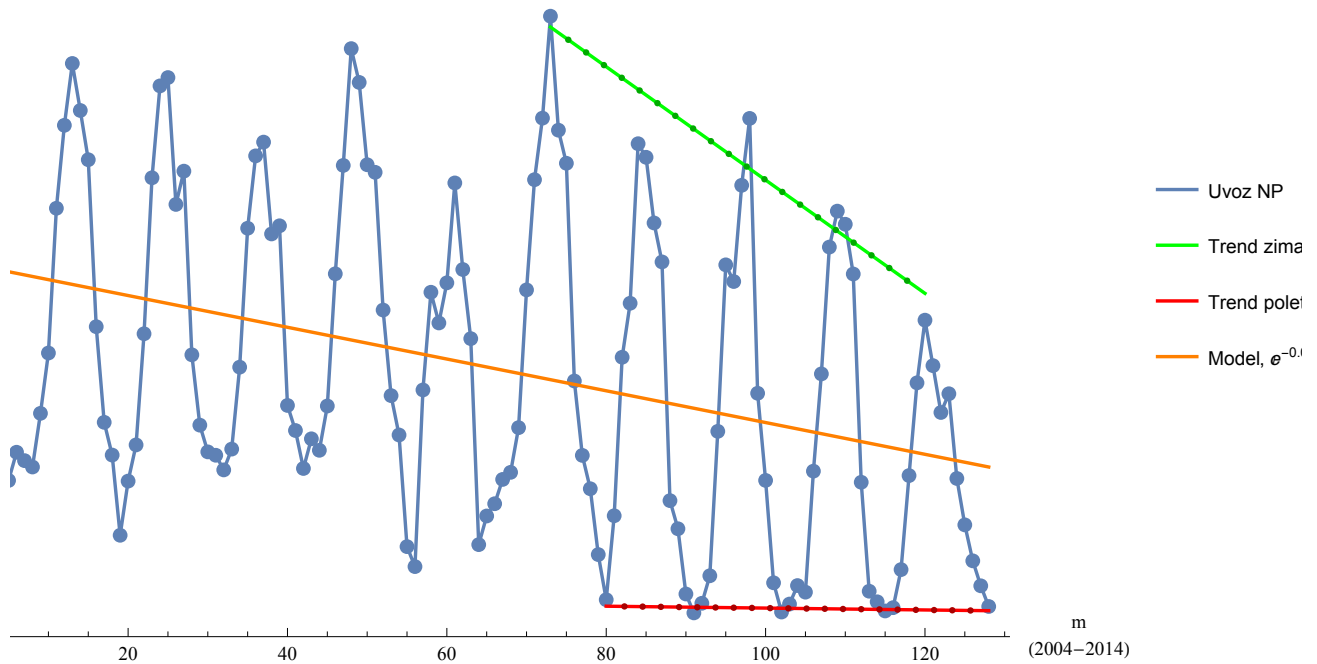


Figure 0.45. Uvoz NP (CH₄) januar 2004- avgust 2014

Zgodovina in projekcija uvoza NP (CH₄) za 2015–2017, '000 Sm³

vir: Statistični urad RS, oktober 2014

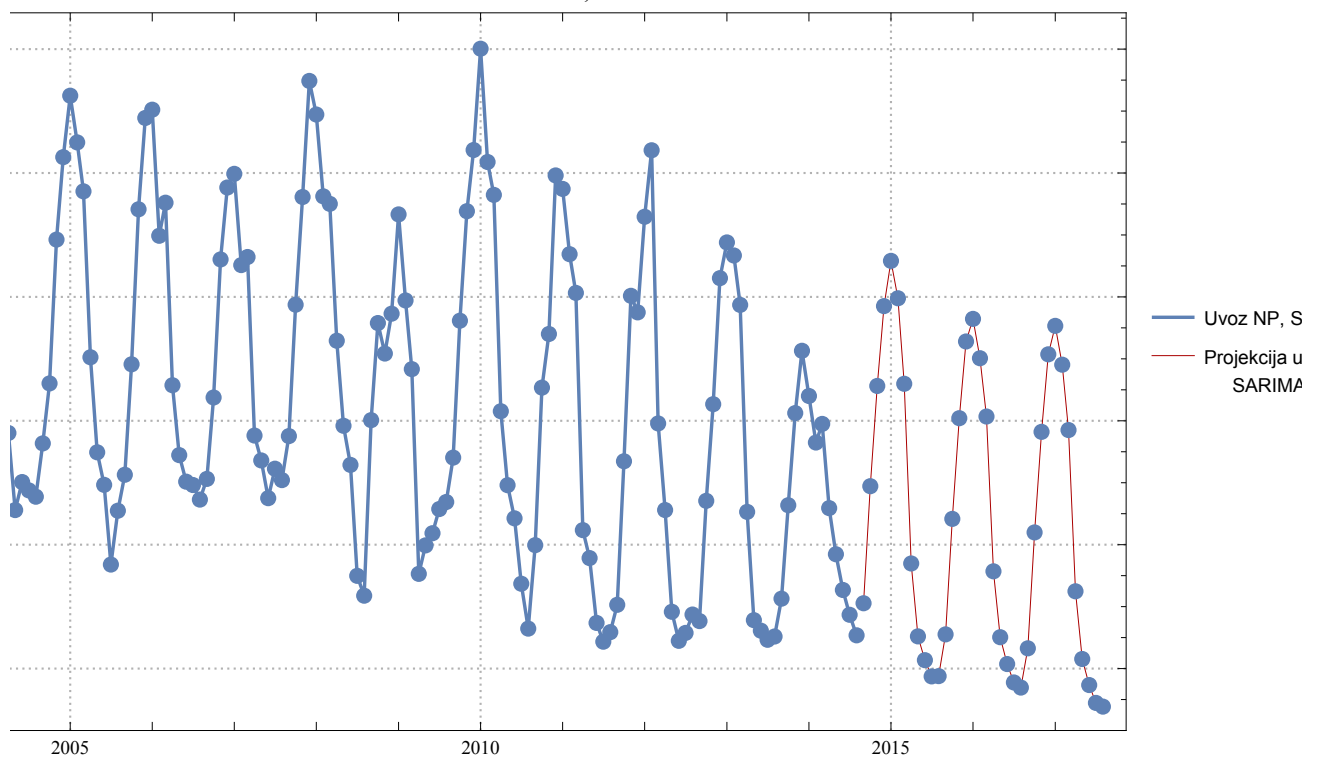


Figure 0.46. Zgodovina uvoza NP (CH₄) in projekcije za 2015-2017

Uvoz januar 2010 – avgust 2014 in projekcija uvoza NP (CH₄) za 6 mesecev, '000 Sm³
vir: Statistični urad RS, oktober 2014

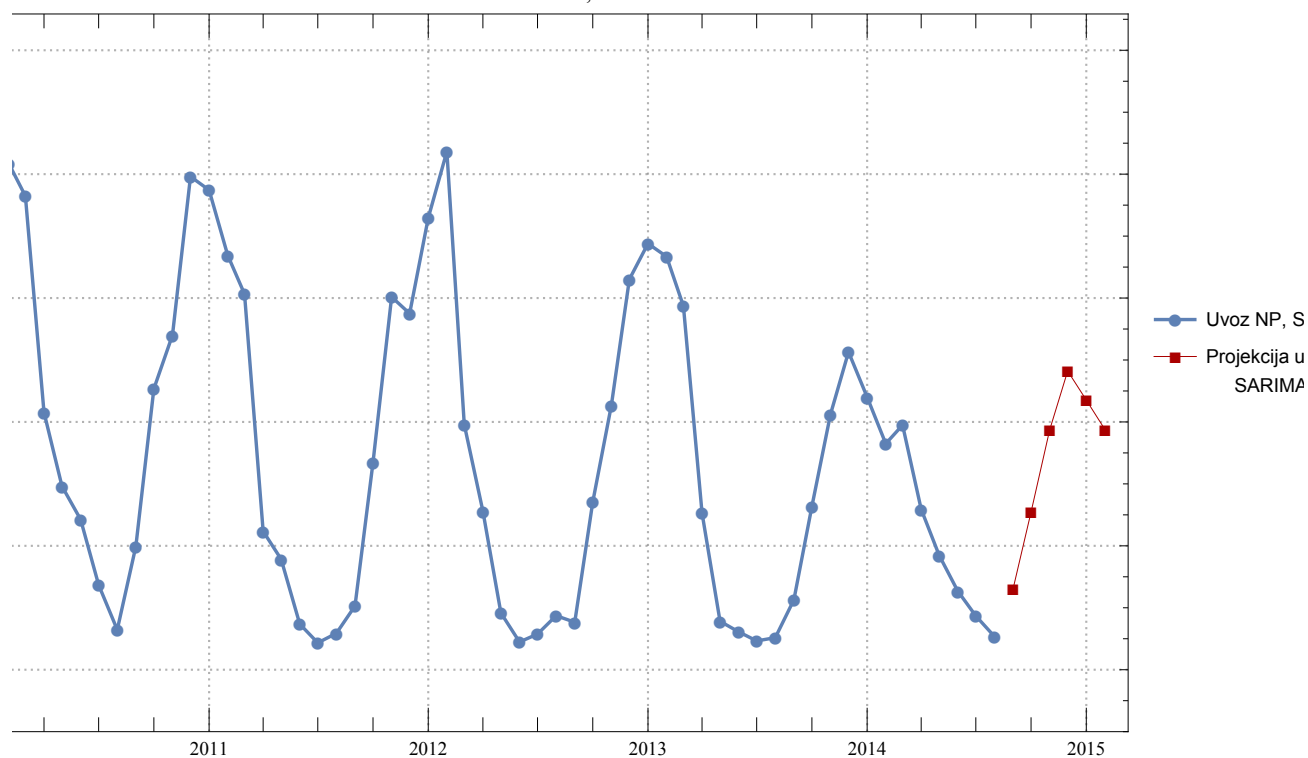


Figure 0.47. Zgodovina uvoza NP (CH₄) in projekcije za 2015

Primerjalni stroški sistemov ogrevanja, sistem X vs TČ

Tabela letni in desetletni stroški sistemov ogrevanja

Table 0.7. Desetletni in letni stroški različnih sistemov gretja, EUR, 2013

Grelni sistem	Letni stroški za toplo vodo (EUR)	Letni stroški gretja (EUR)	Sedanja vrednost 10 letnih stroškov (€)	10 letna diferenca Sistem –TČ (€)
TČ	68.05	1857.83	12911.6	–
N plin	426.08	2185.21	18148.0	5236.42
UN plin	702.90	3604.94	29938.8	17027.2
Peleti	282.06	1446.49	12012.3	–899.3
Drva	276.42	1417.67	11773.7	–1137.9
Olje	536.49	2751.49	22850.9	9939.3
Elektrika	722.22	3704.02	30761.6	17850.0

Nominalna obrestna mera 7%, objekt 230 m², lociran v spodnjem posavju, brez vzdrževalnih in zunanjih stroškov

Letni stroški ogrevanja, grafična preglednica

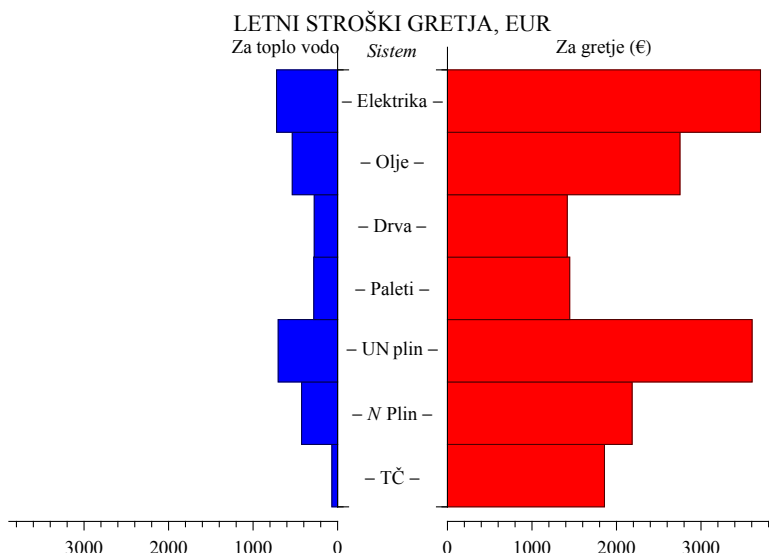


Figure 0.48. Letni stroški gretja, levo - topla voda, desno - gretje, 230 m² individualna hiša za dve družini

Desetletni stroški sistemov ogrevanja, grafični prikaz

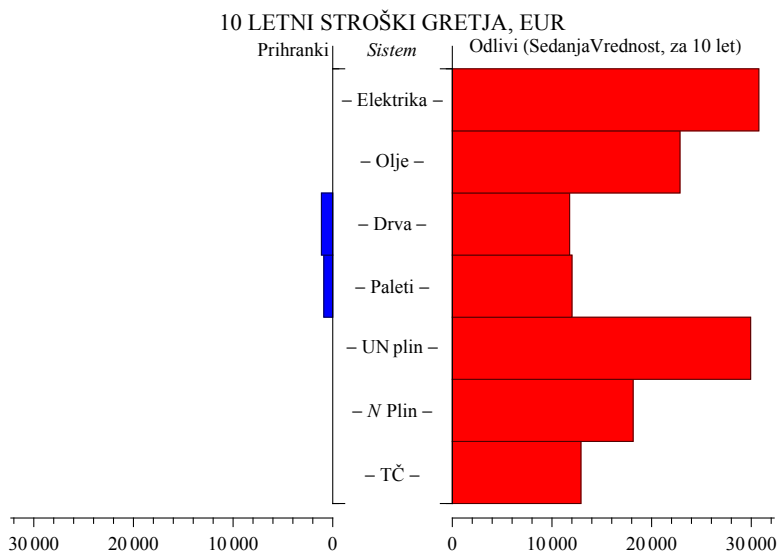


Figure 0.49. Sedanje vrednosti 10 letnih izdatkov za gretje, hiša, 230 m², primerjani sistemi, Prihranki = OdliviSistem - TČ

Krmiljenje in optimizacije potrošnje energije

Vprašanje optimalne kontrole gretja za bioenergetska sistema, pelete, sekance in drva je odprto. Sistema imata dodatne stroške npr., rokovanje, dimnikarske (čiščenje in maritve), čiščenje in odvoz pepela, prevozi in skladiščenje biomase...Vprašanje gibanja cene biogoriv ostaja prav tako odprto, občutljivost in s tem rizik na dvig cene je velika, letni dvig stroškov za približno 10% je verjeten v primeru da se povpraševanje po peletah hitro poveča kljub temu, da oskrbovanje z lesno maso v Sloveniji nebi smelo biti vprašljivo (surovine je v obilju, vse je odvisno od nivoja razvitosti mreže pridelovalcev, tržne cene in konkurenčnosti). Cena biogoriv je na osnovi npr., tekoči meter drv (suhih, vlažnih...?), tona pelet, pa cepanci po svežnju in še kaj, težko opazen je ekvivalent v MWh (ali GJ), bolj primerna, razumljivejša enota za energijo. Vlažna drva imajo znatno nižjo kalorično vrednost kot suha, kolika je vlažnost v peletah, sekancih, drvah...

Opozarjamo, na vprašanje vlažnosti v bio gorivih, ki se zaradi **hidroskopičnosti** skozi letna obdobja giblje odvisno relativne vlažnosti okolja, med 16 in 20% (ravnovesje z relativno vlažnostjo ambienta). To velja ne samo za drva in sekance, tudi **peleti zaradi hidroskopičnosti v praksi relativno hitro absorbirajo vlago iz okolice**, zato realno ni za pričakovati, da bo deklarirana vrednost vlažnosti tudi faktična, nasprotno, znižanje kurilne vrednosti od 16.8 na 14.3 MJ/kg (diferenca je 2.5 MJ/kg oz. 0.694 kWh/kg) je v praksi vsakdanost, kar je znatno zmanjšanje kurilne vrednosti, približno za 16%. Zato ni odveč, da v izračunih ne temeljimo izhodišča na deklariranih podatkih, temveč na tehnično uresničljivih faktorjih učinkovitosti, ki so znatno nižji od deklariranih (laboratorijskih).

V primeru TČ in talnega gretja (hidro sistem) obstaja potencial optimiziranja porabe električne energije potrebne za delo kompresorja, kontrolnega sistema TČ in pretočnih črpak (variabilne hitrosti črpalk v odvisnosti od obremenitve - toplotnih izgub, gradienta gretja, hitrosti odziva na zunanje zahteve, ukaze, ipd.). Potencial prihrankov je zelo visok in lahko doseže več kot 50%, zato ne preseneča dejstvo, da je tolikšen poudarek na povečanju COP in optimiziranju porabe tj. automatizaciji (sodobni krmilniki), najbolj prominentni inštituti se

ukvarjajo s tovrstnimi izivi ob znatni podpori industrije in države.

Vgradnja varčnih tehnologij v TČ, npr. ("angl. rotary") vijčnih (spiralnih) kompresorjev, inverterjev, istosmernih elektromotorjev (brez krtack), dinamičnih sistemov za variabilni pogon (variabilna kontrola obratov) črpalk in kompresorjev, integriranih sistemov, ipd., bo znatno doprinesla k robustnosti in zanesljivosti toplotnih črpalk, daljši tehnični življenski dobi s sedanjih 14 na 21 let, boljšim končnim izkoristkom in manjšim vzdrževalnim stroškom, in končno, ekonomiki.

Cene storitev dimnikarske službe so določene glede na vrsto storitev, vrsto naprave, toplotno moč kurilne naprave, vrsto goriva in pogoje izvajanja, ki se razlikujejo v zahtevnosti izvedbe posamezne storitve. Cena je približno 25 EUR/ura, brez prevoza in davka na dodano vrednost (Uradni list RS, št. 129/04, 57/06, 105/07 in 102/08, 57/2010). Tovrstni stroški so znatni in večkrat zanemarjeni v primerjalnih analizah različnih grelnih sistemov, npr., v ekonomski analizi, analizi stroškov-dobrobiti, analizi zunanjih stroškov (npr., indirektni stroški zaradi prašnih delcev) in analizi stroškov v življenski funkciji.

Primerjava, sistemi gretja vs TČ

Tabela letnih in sedanje vrednosti desetletnih stroškov

Citiramo:

Vrednost celotnega odkupa okroglega lesa v letu 2013 je znašala 36,2 milijona EUR, to je za okoli 19 % več od vrednosti odkupa lesa v letu 2012. Večje kot v prejšnjem letu so bile tudi količine odkupljenega lesa. Vrednost odkupa hlodov za žago in furnir je bila višja za skoraj 17 %, vrednost odkupa lesa za celulozo za skoraj 36 %, vrednost odkupa lesa za kurjavo pa za okoli 58 %. Vrednost odkupa drugega okroglega industrijskega lesa je bila nižja za okoli 28 %. V strukturi odkupa okroglega lesa prevladujejo hlodi za žago in furnir. V strukturi vrednosti celotnega odkupa okroglega lesa je bil delež hlodov za žago in furnir največji, in sicer je znašal 78,3 %; delež lesa za celulozo je znašal 13,9 %, **delež lesa za kurjavo 4,9 %** in delež drugega okroglega industrijskega lesa 2,8 %.

Vir: Statistični urad Republike Slovenije, 2014.

Table 0.8. Letni in desetletni stroški različnih sistemov gretja, EUR, 2013

Grelni sistem	Letni stroški za toplo vodo (EUR)	Letni stroški gretja diferenca (EUR)	Sedanja vrednost	
			skupnih 10 letnih stroškov (€)	10 letna diferenca Sistem –TČ (€)
TČ	68.05	(1857.83 stroški)	12911.6	–
N plin	426.08	327.38	18148.0	5236.42
UN plin	702.90	1747.11	29938.8	17027.2
Peleti	282.06	(1446.49 stroški)	12012.3	–899.34
Drva	276.42	(1417.67 stroški)	11773.7	–1137.9
Olje	536.49	893.66	22850.9	9939.3
Elektrika	722.22	2568.41	30761.6	17850.0
Toplarna Maribor	–	287.14	14907.2	1995.58

Nominalna obrestna mera 7%, objekt 230 m², lociran v spodnjem posavju, brez vzdrževalnih in zunanjih stroškov

Projekcije NSV - neto sedanje vrednosti stroškov gretja (grafični prikaz)

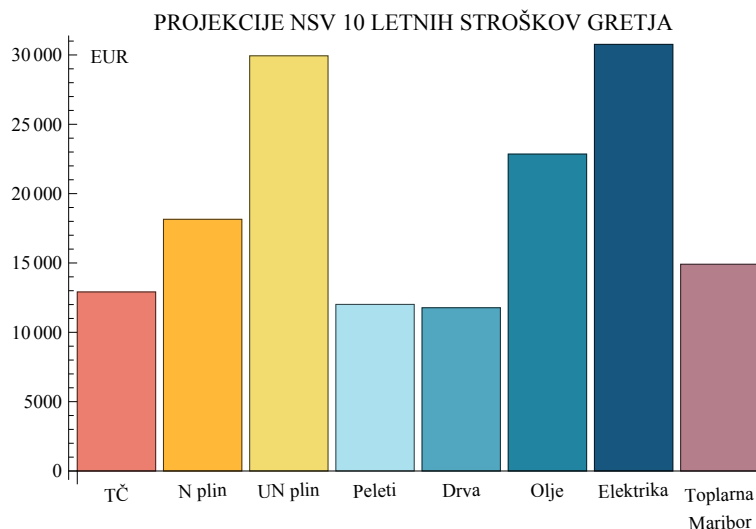


Figure 0.50. Neto sedanja vrednost (NSV) izdatkov za gretje, hiša 230 m² z dvema družinama

Primerjava, sistemi gretja sanitarne tople vode vs TČ

Fraunhofer ISE, statistika potrošnje energije za gretje sanitarne tople vode

Fraunhofer ISE v študiji iz leta 2010 navaja sledeče porabe energije:

- min 453, maks 6349, povprečje 3089 kWh/a, kar je približno 16 - 34 kWh/m² a.

Za kombinirano izvedbo gretja sanitarne tople vode:

- min 1314, maks 9179, povprečje 4420 kWh/a

Iz gornjega sledi, da povprečna rezidenčna zgradba 230 m² porabi med 3.68 in 7.8 MWh letno; z moderno toplotno črpalko tipa aero (zrak), bi strošek gretja sanitarne tople vode v Sloveniji znesel med:

- 132.48 EUR in
- 280.8 EUR/letno.

Tabela letnih in desetletnih stroškov gretja sanitarne tople vode

Table 0.9. Desetletni in letni stroški različnih sistemov gretja sanitarne tople vode, EUR, 2013

Grelni sistem	Letni stroški za toplo vodo (EUR)	Letni stroški diferenca (sistem-TČ, EUR)	Sedanja vrednost ∇ -10 letnih prihrankov (€)	10 letni mnogokratnik (max investicija, EUR)
TČ	68.05	0	(472.936 stroški)	-
N plin	426.08	358.03	2488.25	5.26 (1914.0)
UN plin	702.90	634.85	4412.10	9.32 (3393.9)
Peleti	282.06	214.01	1487.33	3.14 (1144.1)
Drva	276.42	208.37	1448.14	3.06 (1113.9)
Olje	536.49	468.44	3255.58	6.88 (2504.3)
Električna	722.22	654.17	4546.37	9.61 (3497.2)

Nominalna obrestna mera 7%, objekt 230 m², lociran v spodnjem posavju, brez vzdrževalnih in zunanjih stroškov

NB: BREDEM model navaja enostavno linearno enačbo, ki opisuje dnevno porabo tople vode v litrih, $C_{poraba} = 38 + 25 N$, kjer N predstavlja število oseb. Razširjen model navaja izhodno temperaturo $T = 51.9^{\circ}\text{C} \pm 1.3^{\circ}\text{C}$, $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$, in 0.168 MJ/liter potrebne energije. Iz navedenih BREDEM izhodišč, bi dvodružinska (6 članov) individualna hiša imela letne stroške za gretje sanitarne tople vode 146.72 EUR v primeru aerotermaalne TČ in 84.09 EUR v primeru geotermalne izvedbe TČ. Strokovna literatura v svoji kritiki navaja, da BREDEM model preceni vrednosti za 35%, ob upoštevanju kritik so gornje ocene stroškov gretja sanitarne vode za geotermalno izvedbo več kot sprejemljive, 54.66 EUR/letno in v primeru aerotemelne izvedbe 95.36 EUR/letno.

Fleksibilna izvedba gretja sanitarne tople vode bi na primer obratovala v režimu geotermalne TČ za časa grelnih dni (Novo mesto, 244 dni ali $f = 0.6684$), preostanek leta pa v režimu aerotermaalne sheme (121 dni $f = 0.3315$), približno 104.85 EUR/letno.

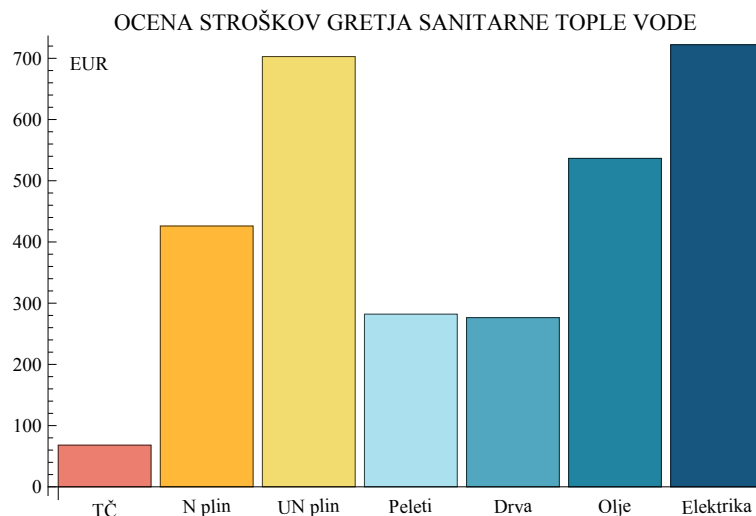
Ocena letnih stroškov gretja sanitarne tople vode (grafični prikaz)

Figure 0.51. Vrednosti izdatkov (letnih) za gretje sanitarne tople vode, hiša 230 m² z dvema družinama

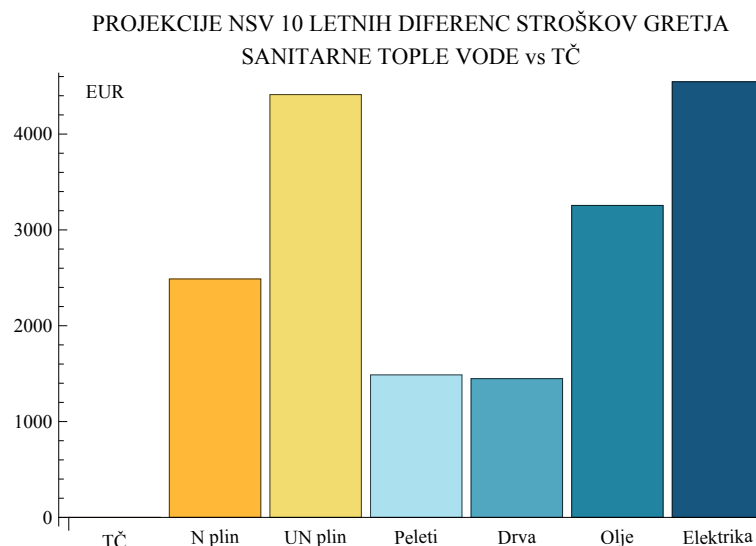
Ocena neto sedanje vrednosti - NSV desetletnih stroškov gretja sanitarne tople vode (grafični prikaz)

Figure 0.52. Sedanje vrednosti 10 letnih diferenc v stroških za gretje sanitarne tople vode, dvodružinska hiša, 230 m²

Nota bene

NB: V primeru obnavljanja sistema gretja vzamemo investicijsko vrednost obnove (v isti sistem) in vrednost novega sistema, npr., razlika vrednosti do TČ, $\nabla = \text{ObstoječiNovSistem} - \text{SistemTČ}$. Če je ta razlika manjša kot so recimo 10 letni prihranki, je investicija upravičena. Dostikrat pa obrazložimo stroške novega sistema kot investicijo v objekt, vrednost objekta se z investicijo poveča, v tem primeru ne primerjamo investicijskih stroškov plus stroške dolgoletnega obratovanja temveč samo stroške energenta in obratovanja, npr. 10 letne porabe. Razširjen izračun stroškov energije vsebuje tudi eskalacijske faktorje, ponavadi rasti cen vsakega od energentov oz. stroškovnih postavk, saj so dostikrat predvidevanja rasti cen različne in nihajo (volatilnost - rizičnost cen, t.j. skoki cen navzgor...predvsem plina in naftnih derivatov), ki se sčasoma ponovno umirijo na neki uravnoteženi, dolgoročni ceni (trend rasti cen).

Hibridni sistemi, npr., kombinacija kateregakoli sistema med seboj ali s sončnim kolektorjem v Sloveniji nimajo večjega pozitivnega ekonomskega učinka, nasprotno. To velja za sisteme ki zaradi interminentnosti zahtevajo dodatno kapaciteto, ki jo tovrstni sistemi lahko kličejo ob vsakem času. Razlog je predvsem v znatno višjih investicijskih stroških katere je potrebno amortizirati, kar spremeni ekonomiko, donosnost takih sistemov pa je izjemno nizka ali negativna. V primeru, da se računajo dobrobiti projekta v smislu portfelja, je slika iz vidika energetske sigurnosti drugačna, riziki celotnega portfelja se zmanjšajo kar se plača z višjo cene energenta in višino investicije. V primeru, da imamo npr. aero TČ za gretje tople vode in hlajenje kleti ali hrambe v poletnem, sorazmerno toplem obdobju in sistem preklopimo na geotermalno TČ v zimskem obdobju, potem ima tovrsten sistem dvojno funkcijo ob investiciji v preklopno opcijo, ekonomski učinek je pozitiven ob investiciji v hrambnik z dvojnimi izmenjevalcem, cevni sistem s črpalko in kontrolni sistem.

Realnejše projekcije zahtevajo znatno večji nabor preverjenih vhodnih informacij in modele, ki bi preseželi namen te prezentacije. Državne

agencije, ki se ukvarjajo z tovrstno problematiko so poklicane v smislu svetovalne funkcije, da modelirajo dagajanja v tehnološkem svetu, delajo projekcije, potrošnike (javnost) in odgovorne realno seznanjajo in s tem doprinesejo družbi bodočnosti.

Vir: Domestic Water Heating and Water Heater Energy Consumption in Canada, C. Aguilar, D.J. White, and David L. Ryan, April 2005, CBEEDAC 2005-RP-02

Električni bojler A in B vs aero toplotna črpalka ter solarni kolektorski sistem (grafična preglednica)

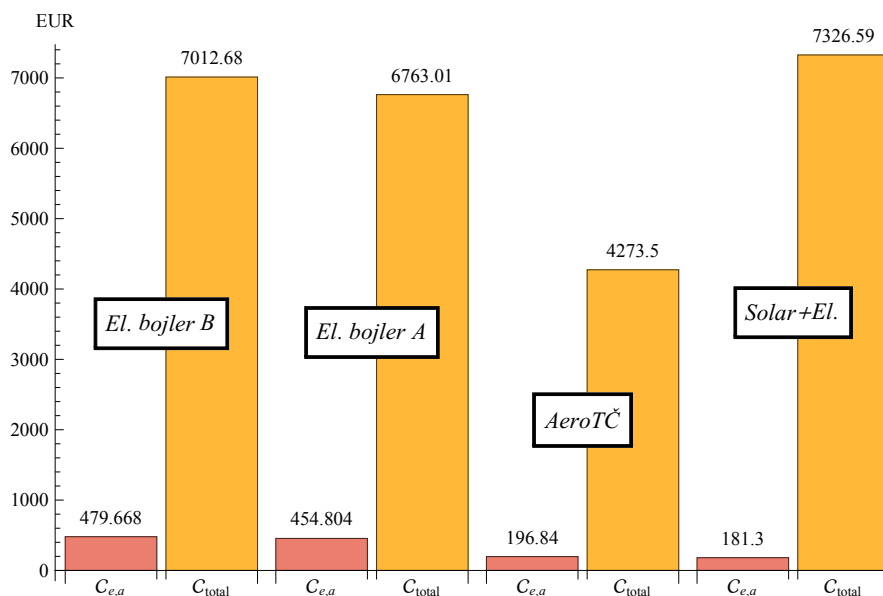


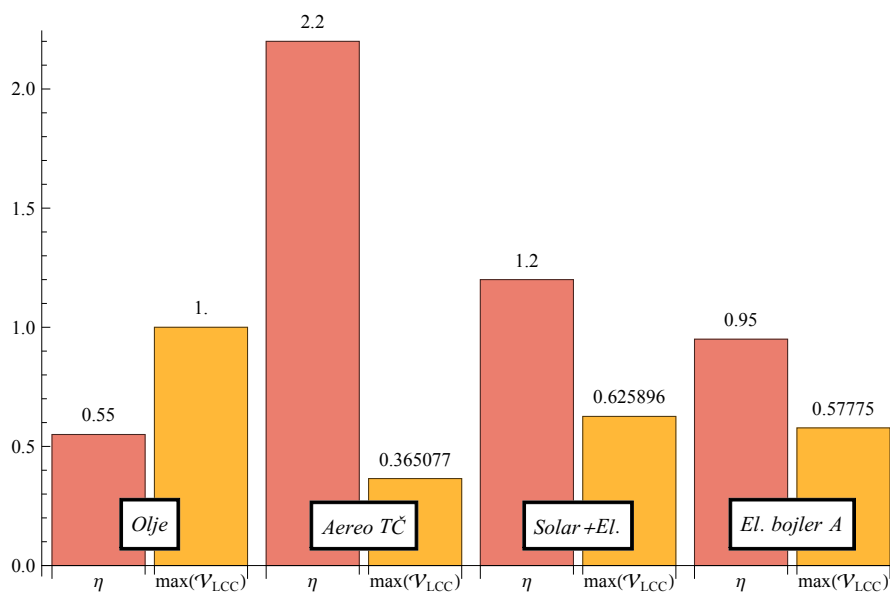
Figure 0.53. Sedanje vrednosti letnih in 13 letnih stroškov grejte sanitarne tople vode, tipična družinska hiša

Vir: prirejeno po <http://aceee.org/consumer/water-heating>

NB: Cena električne energije v Sloveniji, februar 2014, je 0.135 EUR/kWh; $C_{e,a}$ predstavlja letne stroške priprave sanitarne tople vode, C_{total} predstavlja sedanjo vrednost stroškov grejta sanitarne tople vode v 13 letnem obdobju (v pričakovani življenski dobi sistema - LCC). V življenski funkciji je sistem solarnih kolektorjev (optimalna učinkovitost $\eta = 1.20$) z dodatnim električnim grelcem v obratovanju za 53.9% dražji od aero toplotne črpalke ($\eta = 2.20$), in sistem - električni bojler z "A" učinkovitostjo ($\eta = 0.95$) za 45.9% dražji od aero toplotne črpalke; ($LCC_{solar} = LCC_{aero} e^{0.539}$, $LCC_{bojler} = LCC_{aero} e^{0.459}$).

Neekonomičnost, t.j. razlika v življenskih stroških (LCC) nastane zaradi višje investicije v sistem solarnih kolektorjev z električnim grelcem za čas nizke osončenosti (približno 3500.00 EUR/družinska hiša). Opozarjamo, zelena Slovenija ima koeficient jasnosti 0.45.

Geotermalne toplotne črpalke so v primerjavi z aereo približno 42% cenejše (učinkovitejše) v obratovanju vendar stanejo več zaradi investicije v zemeljski kolektor (izmenjevalec), ki ima dolgo življensko dobo, 50 let.

Učinkovitost (η , eta) vs življenjski stroški sistema v funkciji (grafična preglednica)Figure 0.54. Relativni stroški gretja sanitarne tople vode vs učinkovitost (η), tipična družinska hišaVir: prirejeno po <http://aceee.org/consumer/water-heating>**Primerjava, indiferenčne vrednosti vs sistem gretja TČ****Indiferenčna vrednost investicije (primer, klasični el. grelec tople vode vs TČ)****Enačba za izračun indiferenčne vrednosti investicije ("Break even")**

$$\sum_{i=0}^n (r+1)^{-i} (V_i - S_i) - I_{osnova} + I_{TČ} = \sum_{i=0}^n P_i (r+1)^{-i} (e_{faktor} + 1)^i \quad (14)$$

$$I_{TČ} = \sum_{i=0}^n P_i (r+1)^{-i} (e_{faktor} + 1)^i - \sum_{i=0}^n (r+1)^{-i} (V_i - S_i) + I_{osnova} \quad (15)$$

kjer gornja enačba predstavlja indiferenco (približno enako, \approx) med vsoto stroški = dobiti in kjer sumacijski indeks i preteče vrednost od 0 do n :

S_i so spodbude na letni ravni v učinkovito rabo energije (URE) ali obnovljive vire energije (OVE)

V_i pomeni letne vzdrževalne in obratovalne stroške; v primeru letne eskalacije stroškov lahko V_i pomnožimo z eskalacijskim faktorjem $(v_{faktor} + 1)^i$

e_{faktor} predstavlja eskalacijski faktor cene (električne) energije, vzamemo 4%

r je realna obrestna mera, vzamemo 7% zaradi konsistentnosti in primerljivosti z ostalimi kalkulacijami, v realnem svetu je 12.5 do 17.5%

I_{osnova} predstavlja investicijo v klasično opremo npr., grelec, predvidoma električni

$I_{TČ}$ predstavlja indiferenčno vrednost investicije v TČ z 300 literskim hrambnikom, inštalirana vrednost z DDV

P_i predstavlja prihranke na letni ravni med TČ in "starim" sistemom za gretje sanitarne tople vode

n predstavlja tehnično življensko dobo, vzamemo 15 let

Nota bene

Učinkovitost toplotne črpalke je odvisna od temperature T_2 (zraka, vode, zemeljske mase in temperaturne prevodnosti iste) in števila grelnih (hladilnih) dni. Aero toplotna črpalka bo izkazala znatno višje indiferenčne vrednosti (ang. break even value) v toplejših predelih Slovenije in nižje v hladnejših (gorskih) predelih. Vrednosti so različne v primerjavi obnove ali zamenjave oljnega, električnega, plinskega ali grelca na utekočinjeni naftni plin.

Vrednost projekta danes, pravilo palca: $V_{SV} = \frac{D_{prihranki}}{r}$, r je obrestna mera, $D_{prihranki}$ so letni prihranki v monetarni obliki.

Sedanja vrednost neizkoriščenih potencialnih prihrankov z TČ vs klasično (električno) gretje sanitarne tople vode (grafični prikaz)

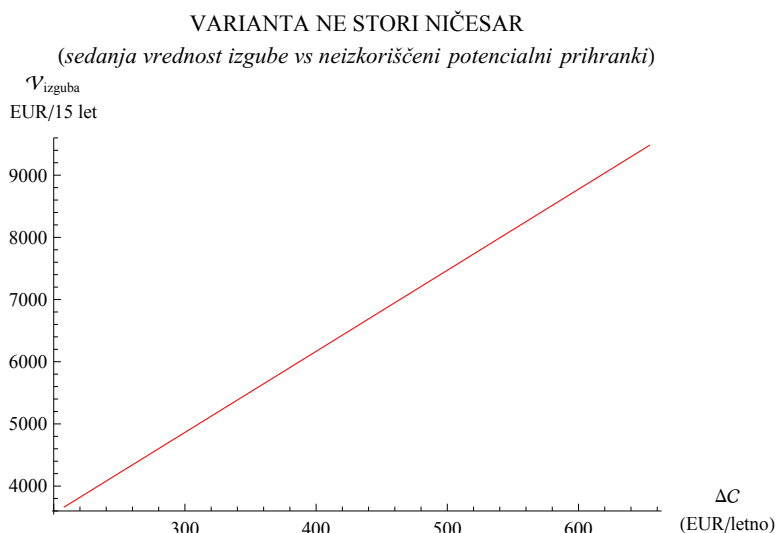


Figure 0.55. Sedanje vrednosti 15 letnih neizkoriščenih potencialnih prihrankov v stroških za gretje sanitarne tople vode, 6 članska dvodružinska hiša, 230 m²

NB: V kalkulaciji so predvidene spodbude v smotrno rabo energije, 40.00 EUR/letno.

Vir: NREL, Energy Savings and Breakeven Cost for Residential Heat Pump Water Heaters in the United States, Jeff Maguire, Jay Burch, Tim Merrigan, and Sean Ong, National Renewable Energy Laboratory

Izračuni indiferenčne investicije v TČ vs klasični kotel na olje/plin priznanega proizvajalca

Indiferenčne vrednosti investicije in prihranki (grafični prikaz)

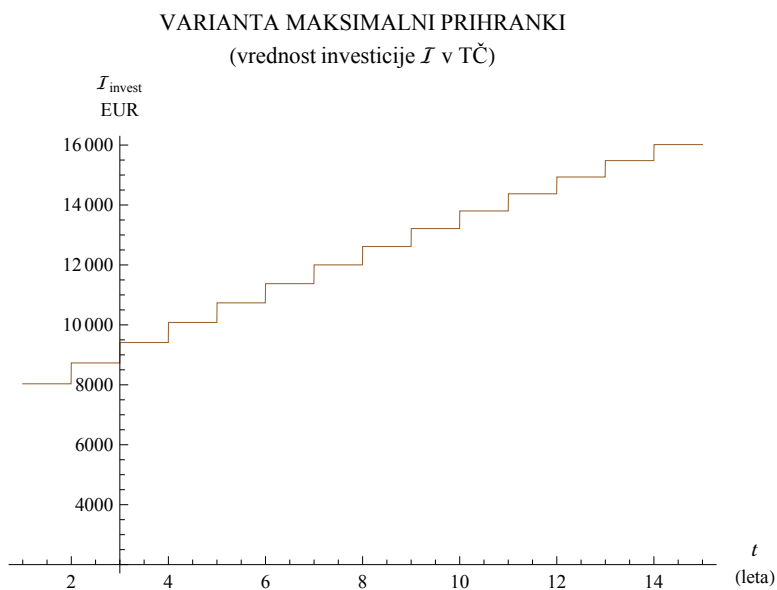


Figure 0.56. Sedanje vrednosti indiferenčne investicije v TČ za gretje in pripravo sanitarne tople vode

Varianta NE STORI NIČESAR, potencialne nerealizirane dobrobiti (grafični prikaz)



Figure 0.57. Sedanje vrednosti 15 letnih neizkoriščenih potencialnih prihrankov ΔC v stroških za gretje in pripravo sanitarne tople vode

Indikativna primerjava je vzeta za klasičen kotel na olje/plin priznanega proizvajalca, 15-30 kW moči. Stroški montaže, dimnika, letnih dimnikarskih storitev, vzdrževanja, hrambe in prevoza goriva in demontaže so vzeti indikativno.

Izboljšave, ocenjeni diferenčni stroški, cena prihranjene energije (grafično)

Diferenčni stroški in cena prihranjene energije (tabele)

Table 0.10. Elementarne izboljšave

<i>Opis izboljšave</i>	<i>Predvideno zmanjšanje porabe, %</i>	<i>Stroški, EUR (razlika v ceni)</i>	<i>Cena prihranjene energije EUR/kWh</i>	<i>Beleške</i>
Dualne toplotne črpalke	69	2130.00	0.0426428	Rezidenčne zgradbe 10.5 kW _{th} , FS, zrak
Inštalacija nočnega ekonomizerja	10	580.00	0.0479195	20 let funkcionalna doba (FD)
Integrirane TČ (gretje, hlajenje, STV)	43	3160.00	0.0316854	FD 20 let, zrak
Inštalacije TČ zemlja–voda	81	10660.00	0.0494343	FD 20 let, 10.5 kW _{th}
Obtočne črpalke povečana učinkovitost	60	60.00	0.00270147	FD 20 let, "auto adopt"

Izbor potencialnih posodobitev sistema ogrevanja in priprave sanitarne tople vode

Table 0.11. Elementarne izboljšave, tehnološko vrhunske, drage ali...

<i>Opis izboljšave</i>	<i>Predvideno zmanjšanje porabe, %</i>	<i>Stroški, EUR (razlika v ceni)</i>	<i>Cena prihranjene energije EUR/kWh</i>	<i>Beleške</i>
Aero TČ, tehnološki limit	79	7300.00	0.170243	Zamenjava električnih grelcev STV
Solar + aero TČ	81	2830.00	0.0608209	10 let funkcionalna doba (FD)
COP 5.1, EF 4.4	74	7360.00	0.0976568	FD 13 let, STV
Inštalacije pip z nizkim pretokom	71	400.00	-0.00467076	FD 15 let
Kuhinja, zamenjava plinske z indukcijsko ploščo	70	590.00	0.033478	FD 10 let

Izbor potencialnih posodobitev

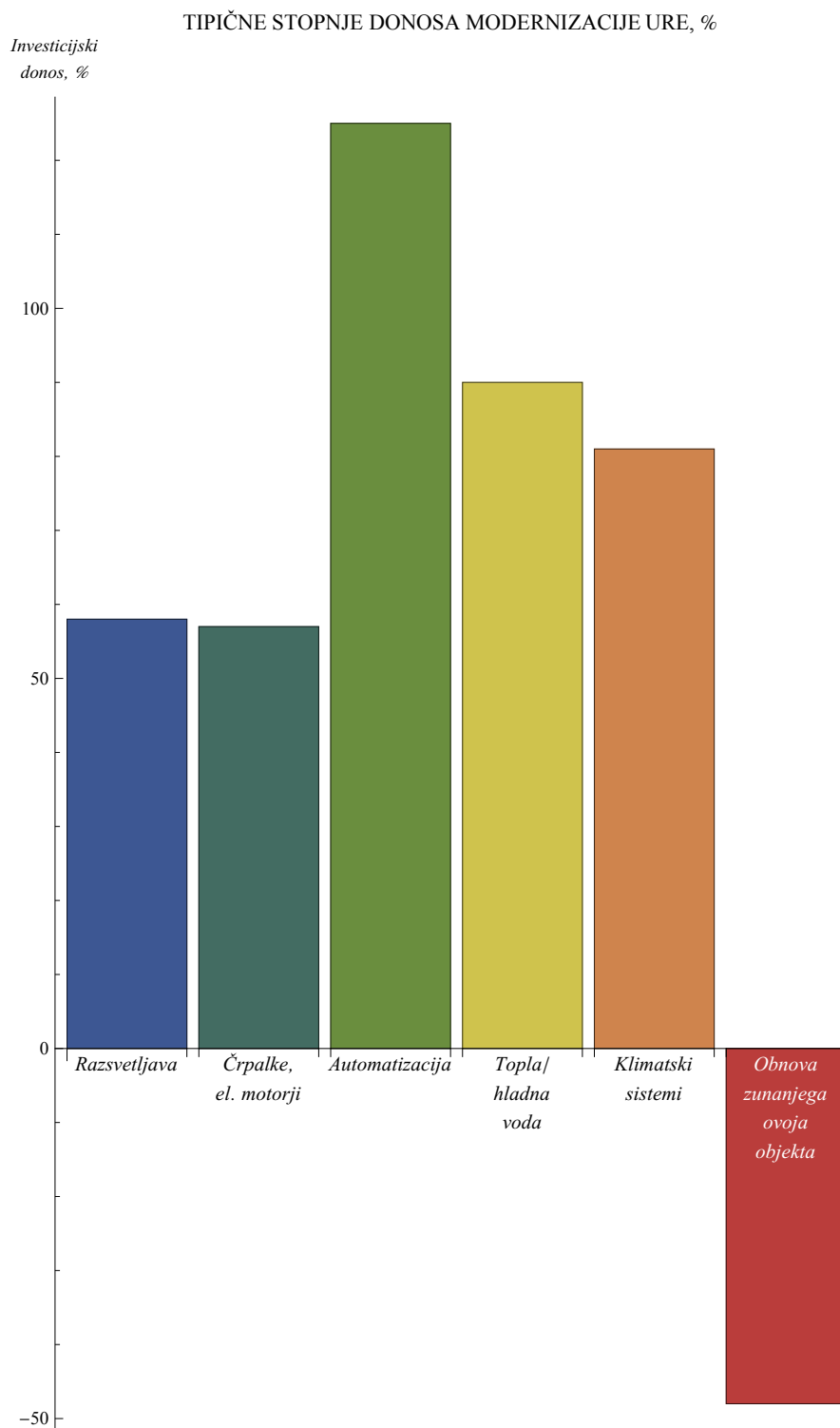
Tipične stopnje donosa investicije v modernizacijo (zgradbe, hiše...), grafično

Figure 0.58. Tipične stopnje donosa investicije v modernizacijo sistema grejta/hlajenja, automatizacije, razsvetljave in ovoja zgradbe

Vir: Jimoh, Bukola S., "Energy Efficiency Technologies for Buildings: Potential for Energy, Cost, and Carbon Emission Savings" (2011). CMC Senior Theses. Paper 180.

http://scholarship.claremont.edu/cmc_theses/180

Ocene stroškov investicije, EUR / m², grafično

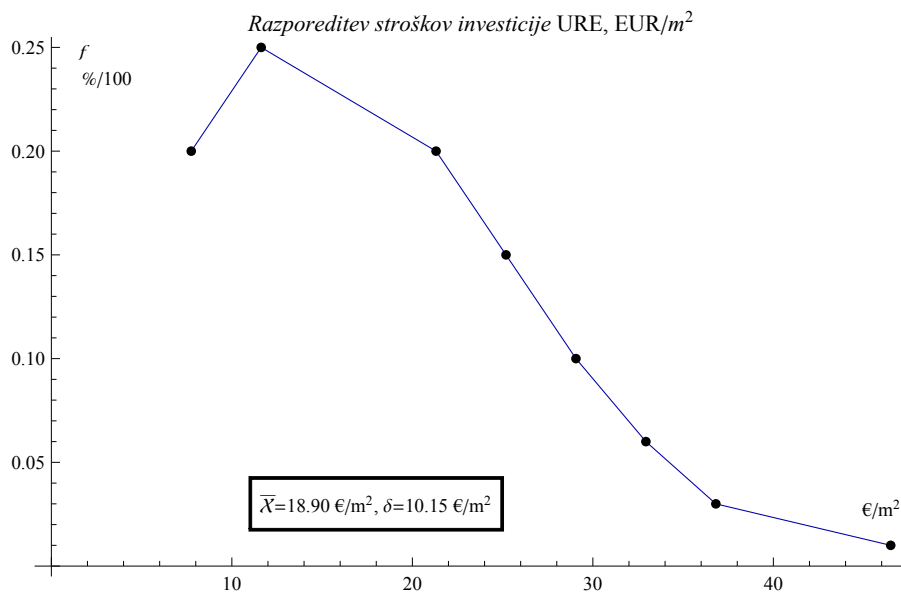


Figure 0.59. Razporeditev URE investicijskih stroškov vs m^2 , ocene

Iz gornje grafične preglednice lahko razberemo, da je največ investicij v URE v razredu 18.90 EUR/ m^2 , z višjo vrednostjo pa vse manj.

Ocene prihrankov energije, projekt URE, v %, grafično

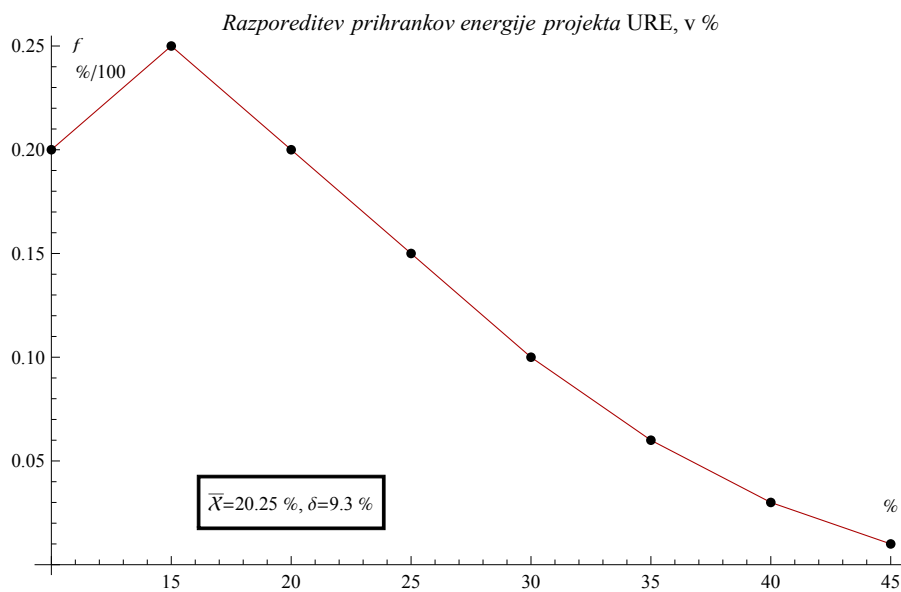


Figure 0.60. Razporeditev prihrankov (energije), projekt URE, ocene v %

Iz gornje grafične preglednice lahko razberemo, da je največ prihrankov URE v razredu približno 20%, z višjo vrednostjo pa vse manj.

Prihranki energije, stroškov in učinkovitost sistemov TČ (grafični prikaz)***

1. Povprečen prihranek energije: 31 - 71%
2. Prihranek na stroških: 18 - 54%
3. Grelna učinkovitost: 50 - 70% višja od primerjanih, klasičnih sistemov gretja
4. Hladilna učinkovitost: 20 - 40% višja od primerjanih, klasičnih sistemov hlajenja

Povprečja so vzeta, spodnje vrednosti aero, gornje geotermalne izvedbe.

Vir.: NREL Geothermal Technology Team, NREL - National Renewable Energy Laboratory, 2013

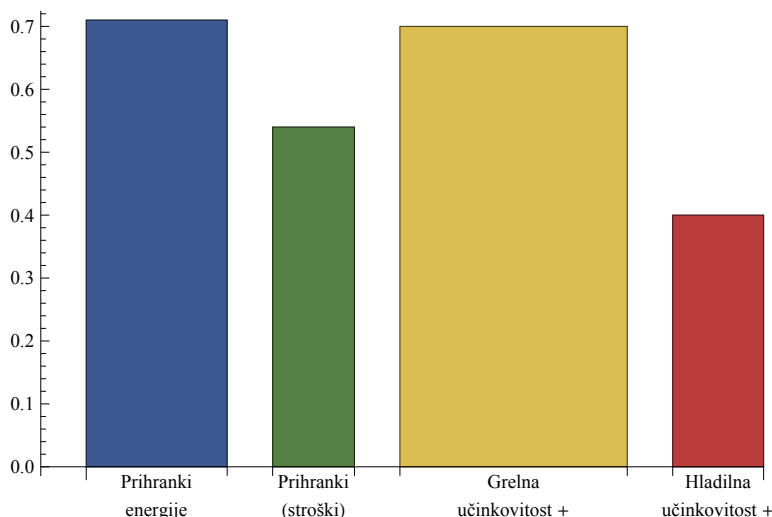


Figure 0.61. Prihranki energije, stroškov in učinkovitost sistemov TČ vs komparativni sistemi

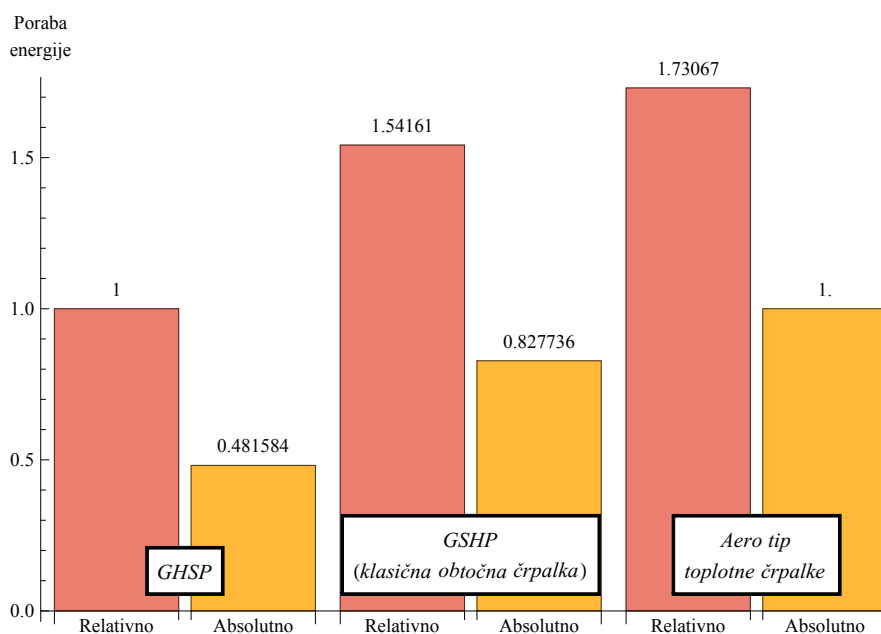


Figure 0.62. Poraba energije, relativna in absolutna primerjava geotermalne GSHP vs aero TČ

Vir: Prirejeno po: Analysis of Energy, Environmental and Life Cycle Cost, U.S. Department of Energy

Tehnični pregledi (periodični), novih in obstoječih objektov

Pričakovanja:

Ob 0.4% odstotnem investicijskem vložku od vrednosti novega objekta, t.j., 0.728346 EUR/ m^2 in 2.81627 EUR/ m^2 lahko pričakujemo v primeru implementacije priporočil sledeče rezultate:

- srednji prihranki iz naslova energetske učinkovitosti: 16% in 13%
- srednja doba vračanja investicije: 1.1 in 4.2 let
- razmerje dobiti/stroški: 4.5 in 1.1
- dohodek na vložek (monetarni), 91% in 23% (razmerje med prihranki v prvem letu deljeno z investicijskimi stroški)
- znatne redukcije emisij toplogrednih plinov ob negativnih stroških, -81.4 in -18.5 EUR/tona CO₂ ekvivalentno.

Pogledi na spodbude, pomoči...

Koriščenje toplotnih črpalk kvalificira za pridobivanje državnih spodbud v okoljsko in ekonomsko upravičljivo tehnologijo. Spodbude so v različnih oblikah in iz različnih virov, s strani EU, nacionalnih in lokalnih skladov, v obliki davčnih spodbud in koncesij, v obliki državnih garancij, in neke vrste zavarovanje pri financiranju in v obliki nižjih - subvencioniranih ali preferenčnih cen električne energije.

Vsak EURO šteje! Prihranki ob širši implementaciji toplotnih črpalk na nivoju države Slovenije so lahko izjemni, predvidoma več kot stane nova hidro elektrarna v Zasavju, in to vsako leto...

Nepovratne finančne spodbude občanom (Ekosklad)

Preverite, ali tudi vaša nova okna ustrezajo kriterijem Eko sklada in tudi vi prispevajte k manjši rabi energije in tako bolj čistemu okolju. Eko sklad ponuja nepovratne finančne spodbude le za lesena okna.

Na njihovi strani <http://www.ekosklad.si/> lahko najdete tudi Seznam ustreznega stavbnega pohištva ki ustreza zahtevam, ki jih je postavil Eko sklad.

Pomembna vprašanja glede ekonomike projektov učinkovite rabe energije in "zelene" gradnje

1. V kolikem znesku, oz. višini investicije, lahko govorimo v primeru, da projekt financiramo izključno iz energetskih prihrankov?
2. Časovno vprašanje financiranja; nemudoma ali je bolje, da počakamo na sredstva iz bodočih budžetov? (izognemo se plačilu obresti)
3. Ali gubimo denar ko čakamo na nižjo obrestno mero? Koliko in kako hitro?
4. Koliko, denarno gledano, so opcije v učinkovito rabo energije vredne danes in kako hitro postanejo nične?
5. Kolišne so socialne, direktne in indirektno ter posredne dobrobiti projektov učinkovite rabe energije, ocene?
 - a. Za vsak EURO investiran v energetske učinkovitost (projekt) prihranimo od 3 do 4 EURO! (v ZDA 2.84 \$ zaradi nižjih cen energije)
 - b. Na vsak milijon EURO investicij v povečanje energetske učinkovitosti ustvarimo 15.74 delavna mesta (sedanja vrednost 15.74×0.985 mio EUR)
 - c. Na vsak milion EURO investicij v kapitalne naložbe, ustvarimo v stanovanjskem sektorju 13.41 oziroma v komercialnem 12.94 novih delovnih mest
 - d. Na vsak milijon EURO prihrankov ustvarjenih iz naslova učinkovite rabe energije ustvarimo 15 delovnih mest, direktnih, indirektnih in induciranih.

Table 0.12. Preglednica, stroški vs dobrobiti, nova "zelena" vs "moderna" zgradba

Kategorija	NPV (neto sedanji prihranki)	Opombe
Energija	64.2674	EUR/m ² , 20 let
Emisije	13.2967	–
Voda	5.5403	–
Operativa in vzdrževanje	94.185	–
Počutje, produktivnost in zdravje	510.815	Visoka vrednost
Δ v investiciji	44.3224	"zelena" je dražja
PRIHRANKI (m ²)	643.782	"zelena" je cenejša

Vir: Kats-MA, 2003; ekstrapolirano z inflacijo na 2014

Gradimo "zeleno"; neto sedanja vrednost prihrankov v 20 letnem obdobju je danes ocenjena na 554.03 do 720.238 EUR/m² ob (dodatni) investiciji 44.32 EUR/m², indeks dobičkonosnosti: $PI = \frac{NPV}{\Delta I_{inv}} = 14.525$.

Stroškovnik

V izračunih imamo sledeče stroškovne in časovne spremenljivke:

1. Cena produkta, (+ dodatni stroški, razno)
2. Stroški inštalacije (vgradnje in zagona)
3. Letna potrošnja energije
4. Cena energije
5. Trend cene energije, eskalacijski faktor
6. Vzdrževalni in operativni stroški, vključujejo tudi stroške popravil, zavarovanja, zunanjih stroškov (okoljske takse), stroške ocenjujemo na 2% nabavne vrednosti TČ/letno
7. Življenska doba v funkciji (do tehnične zastaralosti ali ekonomske neučinkovitosti)
8. Odpadarski stroški (demontaža in odvoz)
9. Obrestna mera
10. Letna sprememba učinkovitosti sistema
11. Sezona gretja in ali hlajenja ("grelne" stopinje...za lokacijo)
12. Predpisi, certikati, ipd.

13. Stroški obnove sistema (zamenjava dotrajale opreme z novo, ali sistem)
14. Spodbude, nepovratna sredstva
15. Odpadna vrednost ali strošek v času obnove, zamenjave opreme (sistema)

GEOTERMALNE TOPLOTNE ČRPALKE (potek izračunov)

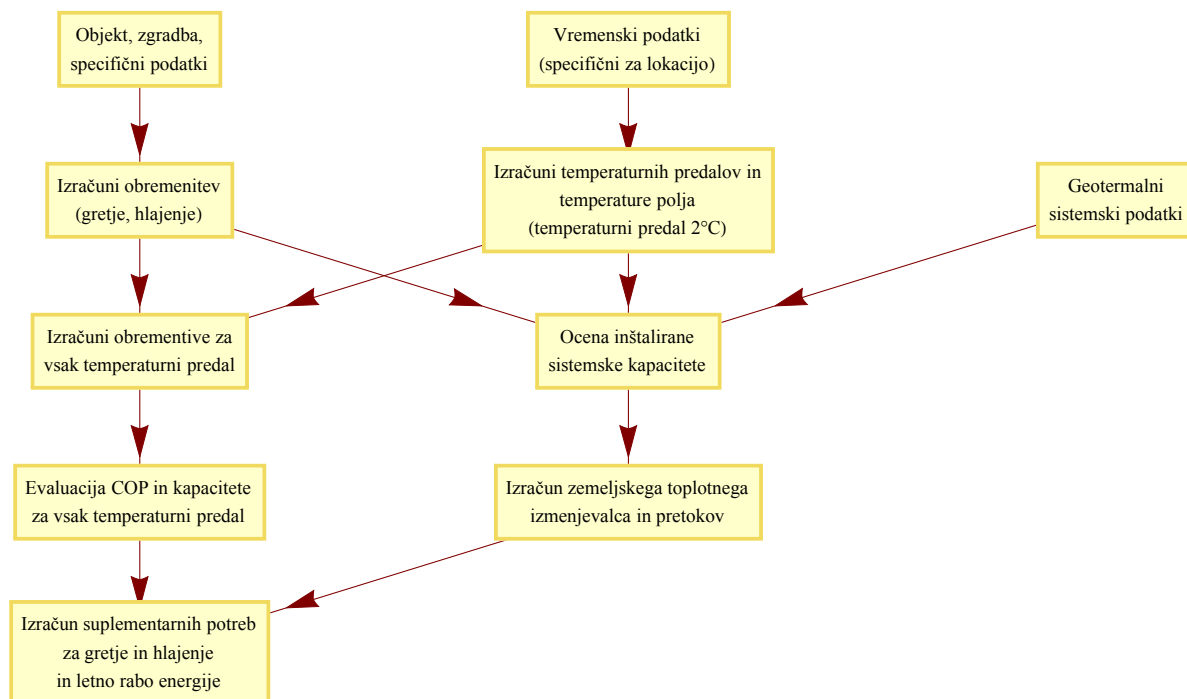


Figure 0.63. Potek izračunov geotermalne GHSP (geotermal, hidrotermal, aero TČ)

Enačbe, ki smo jih uporabili

Zarade lažje sledljivosti nekaj osnovnih enačb, kjer r predstavlja nominalno obrestno mero, n je število plačil, f predstavljaj število obrestnih obdobj, pri bankah je $f = 365$ - dnevna (vzamemo lahko tudi $f = 1$), t predstavlja leta, plačilo predstavlja anuiteto in vrednost predstavlja sedanjo vrednost v primeru $t = 0$. V primeru, da je $t > 0$, računamo bodočo vrednost.

$$\mathcal{V} = \frac{\mathcal{A} \left(\left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^{\frac{1}{f}} \right)^{fn} - 1 \right) \left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^{\frac{1}{f}} \right)^{f \cdot t - fn}}{\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^{\frac{1}{f}} - 1} \quad (16)$$

V primeru, da nam je efektivna obrestna mera znana, je enačba enostavnejša:

$$\mathcal{V} = \frac{\mathcal{A} \left(1 - \left(r + 1 \right)^{-fn} \right) \left(r + 1 \right)^{ft}}{\left(r + 1 \right)^{\frac{1}{f}} - 1} \quad (17)$$

Plačila računamo v primeru znane nominalne obrestne mere:

$$\mathcal{A} = \frac{\mathcal{V} \left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^{\frac{1}{f}} - 1 \right)}{\left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^{\frac{1}{f}} \right)^{fn} - 1} \quad (18)$$

in v primeru znane efektivna obrestna mere:

$$\mathcal{A} = \frac{\mathcal{V} \left((r+1)^{\frac{1}{f}} - 1 \right)}{\left((r+1)^{\frac{1}{f}} \right)^{f n} - 1} \quad (19)$$

V primeru, da enačbo razširimo z eskalacijskim faktorjem g , potem z znano nominalno obrestno mero enačba glasi:

$$\mathcal{V} = - \frac{\mathcal{A} \left((g+1)^{f n} - \left(\left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^f \right)^{\frac{1}{f}} \right)^{f n} \right)}{\left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^f \right)^{\frac{1}{f}} - g - 1} \quad (20)$$

z znano realno obrestno mero r , enačba za plačilo glasi:

$$\mathcal{A} = - \frac{\mathcal{V} \left(\left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^f \right)^{\frac{1}{f}} - g - 1 \right)}{(g+1)^{f n} - \left(\left(\left(\frac{r}{f} + 1 \right)^f \right)^{\frac{1}{f}} \right)^{f n}} \quad (21)$$

Plačilo predstavlja anuiteto. V primeru, da vzamemo $f = 1$, obresti računamo enkrat letno.

Končno, cilj nam je da zmanjšamo skupne stroške:

$$\min tc = \text{Stroški}_{\text{kapital}} + \text{Stroški}_{\text{nabava}} + \text{Stroški}_{\text{distribucija}} + \text{Stroški}_{\text{obratovanje}} + \text{Stroški}_{\text{logistika}} + \text{Stroški}_{\text{hrambe}} - \text{Spodbude} \quad (22)$$

Vir: Wolfram, *Mathematica*, 2013, lasne izvedenke

Opombe in pojasnila, indeks dobičkonosnosti

Indeks dobičkonosnosti PI

Vsaka investicija predstavlja odliv sredstev ob vprašanju ekonomske učinkovitosti. Investicija v sodoben sistem gretja, hlajenja in ventilacije znatno poveča vrednost objekta, dostikrat z mnogokranikom monetarnega odliva, zato je določitev optimalne višine investicije izjemno težavno vprašanje saj so prisotne težko določljive posredne - indirektne dobroti.

Poenostavljena enačba indeksa dobičkonosnosti, PI:

$$PI = \frac{\Delta C \times t}{I} \quad (23)$$

Enačba za indeks dobičkonosnosti, PI:

$$PI = - \frac{\Delta C - \Delta C (g+1)^{f n} \left((r+1)^{\frac{1}{f}} \right)^{-f n}}{-I (r+1)^{\frac{1}{f}} + g I + I} \quad (24)$$

Enačba za izračun sprejemljive višine investicije I , npr., ob zahtevanem indexu dobičkonosnosti PI in danih (ocenjenih) prihrankih ΔC :

$$I = - \frac{\Delta C - \Delta C (g + 1)^{f n} \left((r + 1)^{\frac{1}{f}} \right)^{-f n}}{-PI (r + 1)^{\frac{1}{f}} + g PI + PI} \quad (25)$$

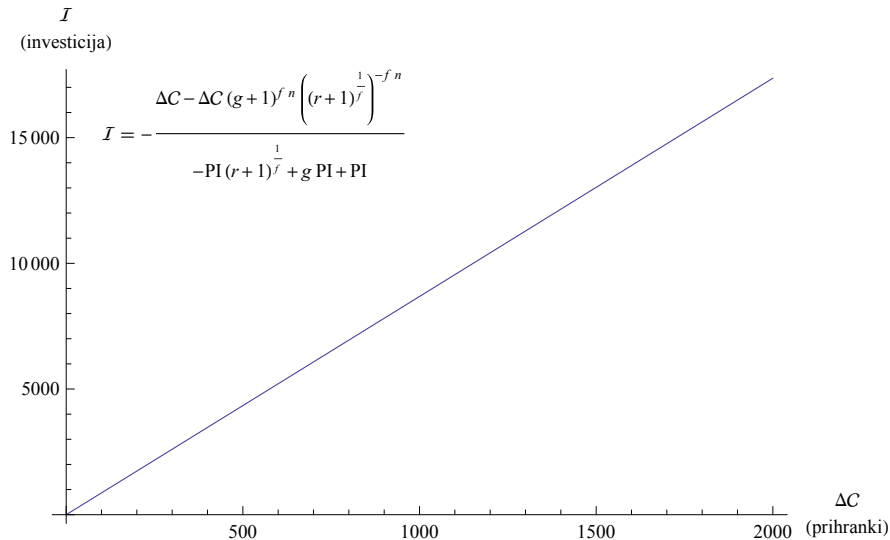


Figure 0.64. Ocene višine investicije ob podanih prihrankih ΔC ter $PI = 4/3$, $g = 4\%$, $r = 7\%$, $f = 1$, $n = 15$

ΔC so letni prihranki

t je življenska doba, vzamemo tehnično življensko dobo, v letih

I je investicija

g je eskalacijski faktor, prihranki so vsako leto večji za povišanje cen, predvsem energije

r predstavlja realno obrestno mero, n je število prihrankov oz. tehnična življenska doba opreme, f predstavljaj število obrestnih obdobj, pri bankah je $f = 365$.

Indeks dobičkonosti $PI \geq 1.3$ je normativ za racionalno odločitev v realnem svetu

V primeru, da je podana nominalna obrestna mera in računamo z neprekinjenim obrestovanjem (Eulerjevo število $e = 2.71828$) je formula:

$$PI = - \frac{\Delta C - \Delta C (g + 1)^{f n} \left((e^r)^{\frac{1}{f}} \right)^{-f n}}{-I (e^r)^{\frac{1}{f}} + g I + I} \quad (26)$$

V strokovni literaturi pogosto srečujemo neprekinjeno obrestovanje iz več razlogov, a) enostavnejše formule, b) difference v kalkulaciji med dnevnim in neprekinjenim obrestovanjem so majhne, c) izognemo se diskretizaciji.

Indeks dobičkonosti PI je neto sedanja vrednost NPV podeljeno z investicijo I , $PI = NPV / I$.

Prav tako srečujemo hiperbolično in logaritemsko diskontno enačbo, vsaka od teh metod ima utemeljitev v scenariju, ki je aktualen, oz., obravnavan v študiji.

Priporočilo

Naše priporočilo je, da se tehnologije, ki niso zmožne doseči faktor energetske učinkovitosti 2+ (razen tehnologij na osnovi domače biomase, hidro ter geotermalne) izločijo iz nadaljnega izbora iz ekonomskih in okoljskih razlogov. Glej "Break even" - indiferenčne vrednosti investicije.

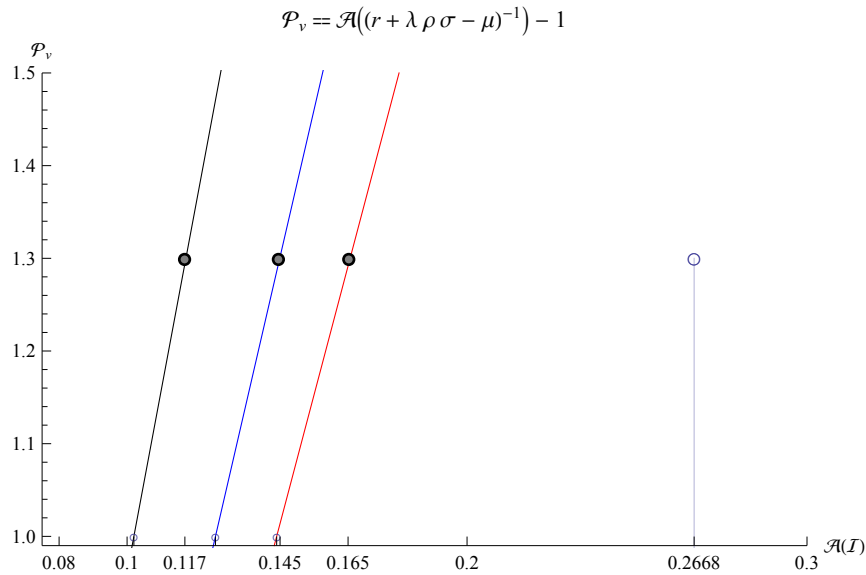


Figure 0.65. Sedanja vrednost projekta, \mathcal{P}_v , v učinkovito rabo energije

Zgoraj, kapitalni stroški $r = 0.085$ (Slovenske državne obveznice $r_{rf} = 0.065$ oz. 6.5 %), rast dohodkov (prihrankov) μ : rdeča $\mu = 0.017$, modra $\mu = 0.026$, črna $\mu = 0.038$, tržna cena rizika $\lambda = 0.1$ (garantirana investicija, prihranki), $\sigma = 0.1$ predstavlja standardno deviacijo rasti dohodkov, korelacija projekt/trg $\rho = 0.2$, $\mathcal{A}(I)$ predstavlja pričakovane prihodke (prihranke, 1/100), \mathcal{P}_v predstavlja sedanjo, diskontirano vrednost projekta.

Razmerje med stroški/dobrobiti (prilivi/odlivi - BCR) in neto sedanja vrednost investicije (NPV)

BCR

$$\text{BCR} = \frac{\sum_{t=1}^n (r+1)^{-t} \mathcal{B}_t}{\sum_{t=0}^n (r+1)^{-t} \mathcal{C}_t} \quad (27)$$

Grobo, indikativno oceno dobimo tako, da vse stroške in prilive (dobrobiti) diskontiramo na enotni datum, sedanjo vrednost in vzamemo razmerje. BCR pomeni razmerje med prilivi (\mathcal{B}) in odlivi (\mathcal{C}), r predstavlja obrestno mero, za n vzamemo ekonomsko ali tehnično življensko dobo, t predstavlja indeks (obdobje, leto) v katerem dobrobit ali strošek nastane.

Doba vračanja

$$n = \frac{\log\left(\frac{(j+1)(\text{Ms}+\text{Os})}{\Delta\text{Inv}(j-i)+(j+1)(\text{Ms}+\text{Os})}\right)}{\log\left(\frac{i+1}{j+1}\right)} \quad (28)$$

Kjer n predstavlja dobo vračanja, j je inflacija, i je nominalna obrestna mera (cena kapitala), Ms predstavlja prihranke v stroških vzdrževanja, Os predstavlja prihranke v obratovalnih stroških, ΔInv predstavlja razliko v investicijskih stroških med alternativo \mathcal{X} in \mathcal{Y} .

NPV - NSV (Neto Sedanja Vrednost)

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^n \mathcal{B}_t (r+1)^{-t} - \sum_{t=0}^n \mathcal{C}_t (r+1)^{-t} + \sum_{t=1}^n \text{En}_t (r+1)^{-t} \quad (29)$$

En_t pomeni okoljske vrednosti (dobrobiti) v časovnem terminu t . Varianta z najvišjo neto sedanjo vrednostjo je ekonomsko boljša.

V primeru, da so funkcionalne življenske dobe opreme (projekta) različne, uporabimo ekvivalentno neto sedanjo vrednost AE_{NPV} , t.j. neto sedanja vrednost podeljeno z faktorjem anuitete, $\text{AF} = \frac{(i+1)^n - 1}{i(i+1)^n}$, ki je odvisen od življenske dobe n , diskontne mere i in od letnih prilivov (dohodkih, $\mathcal{P}_{\text{letno}}$) ter investicije \mathcal{I}_{inv} . S tem korigiramo za neenako življensko dobo ko izračunamo ekvivalentno letno AE_{NPV} . Metoda ne upošteva stroške v življenski dobi temveč da preference na osnovi faktorja anuitete AF in letne ekvivalentne neto sedanje vrednosti, AE_{NPV} . Diskontno mero i držimo konstantno, preostale spremenljivke so fiktualne.

$$\text{AE}_{\text{NPV}} = (i+1)^n \left(\frac{i \mathcal{I}_{\text{inv}}}{1 - (i+1)^n} - \mathcal{P}_{\text{letno}} \right) \quad (30)$$

Varianta, ki da višji AE_{NPV} je dohodkovno boljša.

Gornje enačbe, indeks dobičkonostnosti, razmerje med dobitnih in stroških, doba vračanja, neto sedanja vrednost in ekvivalentna (letna) neto sedanja vrednost so vse primerne za vključitev v primerjalno analizo.

Indeks skupnih stroškov

$$CCI_t = \frac{\sum_{t=0}^t (L_t + O_t + P_t) + PP_0}{PP_0} \quad (31)$$

V procesni industriji zasledimo indeks skupnih stroškov, ki omogoča hitro (grobo) rangiranje med opremo, kjer imamo:

CCI_t indeks skupnih stroškov v obdobju t

P_t pomenijo stroške rezervnih delov v obdobju t

L_t so stroški dela v obdobju t

O_t so stroški vzdrževanja v obdobju t

PP_0 je nabavna vrednost nove opreme (stroja, sistema,...)

Direktni stroški so dovoljenja, zavarovanja, davki, maziva, popravila, rezervni deli in delo, ipd.

Stroški za kritje amortizacije, obnove, deprecijacije, ipd.,

Kolateralni stroški so inflacija, strošek kapitala, stroški ko oprema ne funkcioniira, obsolescenca, nizka produktivnost, stroški tehnologije, različnost...

Vse bodoče stroške diskontiramo v sedanjo vrednost.

Simulacija bodoče cene električne energije (formule in grafični prikaz)

Izračun cene električne energije, formula:

$$E_{\text{cena}} = \frac{k_e L_e (1 - e^{-t(\lambda_e \sigma_e + k_e)})}{\lambda_e \sigma_e + k_e} + E_0 e^{-t(\lambda_e \sigma_e + k_e)}$$

$$E_{\text{cena}} = e^{-t k_e} (E_0 - L_e) + L_e$$

Cene električne energije, riziko neutralna stohastična metoda kjer λ predstavlja rizik cene električne energije, σ_e (sigma) je trenutna nestanovitnost (angl. volatility) trga z električno energijo, k_e lahko izračunamo kot $\text{subscript}[k, e] = \text{Log}[2]/t_{1/2}$, kjer $t_{1/2}$ predstavlja pričakovano polovico dobe, t.j., čas da se razlika med ceno na trgu E_t in dolgoročno ceno el. energije L_t razpolivi.

Anuiteto električne energije izračunamo z formulo:

$$V_{\tau_1, \tau_2} = (e^{\tau_1(-k_e-r)} - e^{\tau_2(-k_e-r)}) \left(\frac{E_0}{k_e+r} - \frac{L_e}{k_e+r} \right) + \frac{L_e (e^{-r\tau_1} - e^{-r\tau_2})}{r}$$

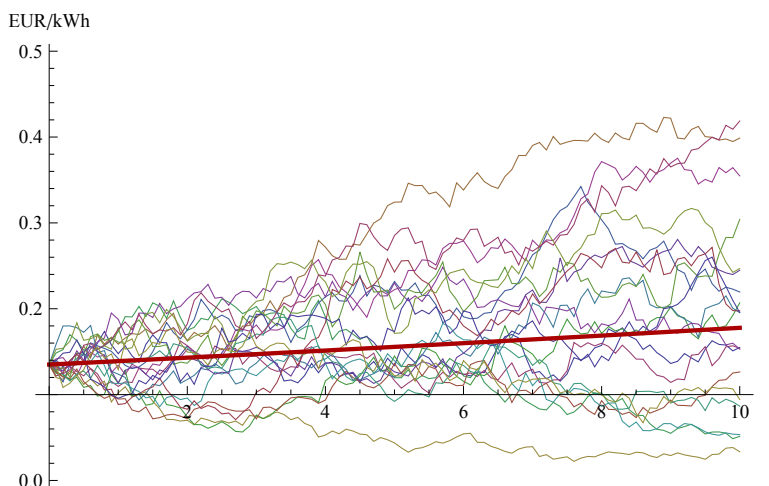


Figure 0.66. Simulacije cene električne energije za 10 letno obdobje, predvidena rast cene je 4% letno

Ilustracija...

Primerjalna analiza, nivelirana cena toplotne energije (formule)

Skupne stroške TLCC v življenski dobi diskontiramo na sedanjo vrednost, r je obrestna mera, m predstavlja ekonomsko ali tehnično dobo,

C_n predstavlja vse stroške v obdobju n . Implikacija nastane, ko zaključimo z odplačilom investicije (ekonomska doba, odplačilo kredita) in sistem nadaljno obratuje v režimu variabilnih in fiksnih stroškov do izteka tehnične življenske dobe, ali do meje ekonomske relevantnosti.

$$TLCC = \sum_{n=0}^m C_n (r+1)^{-n} \quad (32)$$

Nivelirane stroške $LCOE \times$ proizvedena toplotna energija Q_n v obdobju m diskontiramo na sedanjo vrednost:

$$\sum_{n=0}^m LCOE Q_n (r+1)^{-n} \quad (33)$$

Enakost stroškov:

$$\sum_{n=0}^m LCOE Q_n (r+1)^{-n} = \sum_{n=0}^m C_n (r+1)^{-n} \quad (34)$$

Nivelirana cena (strošek) toplotne energije je:

$$LCOE = \frac{\sum_{n=0}^m C_n (r+1)^{-n}}{\sum_{n=0}^m Q_n (r+1)^{-n}} \quad (35)$$

Stroške C_n in dobrobiti (\mathcal{D}_{amort} , $\mathcal{R}_{spodbude}$, \mathcal{S}_{odpad}) lahko podamo ločeno, ravno tako $\mathcal{O}_{strošek}$ v detaljni analizi stroškov.

$$LCOE = \frac{1}{\sum_{n=0}^m \frac{(1-d)^n Q_n}{(r+1)^n}} \left(-\sum_{n=0}^m \frac{\mathcal{D}_{amort} \mathcal{T}_{davki}}{(r+1)^n} - \sum_{n=0}^m \frac{(1-\mathcal{T}_{davki}) \mathcal{R}_{spodbude}}{(r+1)^n} + \sum_{n=0}^m \frac{(1-\mathcal{T}_{davki}) \mathcal{O}_{stroški}}{(r+1)^n} + \mathcal{I}_{investicija} - \frac{\mathcal{S}_{odpad}}{(r+1)^n} \right) \quad (36)$$

Sistem ima degradacijski faktor d ,

\mathcal{D}_{amort} predstavlja amortizacijo,

\mathcal{T}_{davki} predstavlja davčno stopnjo v primeru, da je investitor firma,

$\mathcal{R}_{spodbude}$ predstavlja spodbude v obdobju n , v primeru da imamo spodbude v obliki subvencijo jo lahko odštejemo od investicije

$\mathcal{I}_{investicija}$,

\mathcal{S}_{odpad} predstavlja odpadno vrednost ali strošek,

$\mathcal{O}_{stroški}$ predstavljajo vse stroške v obdobju n , operativne, vzdrževalne, stroške kapitala in zavarovanja, el. energije, ipd., ki jih letno eskaliramo najmanj za vrednost inflacije in eskalacijsko stopnjo vhodne energije, npr., električne in frakcijo za kompenzacijo degradacije (d faktor) sistema,

Q_{th} predstavlja količino toplotne energije, ki varira odvisno od vremenskih pogojev, vzamemo npr. večletno povprečje, sistemsko kapaciteto pa vzamemo npr. kot 0.9 verjetnost iz distribucije, najmanj > 0.5 .

Gornje osnovne kalkulacije lahko v primeru, da se računa sistemska rešitev večjega obsega, razširimo s stohastično analizo, npr., v primeru, da iščemo rešitev za naselje ali mestno območje. Metodologija v tem primeru zajema tudi logistične in proizvodne spremenljivke in končno okoljsko ter ekonomsko optimizacijo.

Posebno pozornost moramo posvetiti ceni električne energije (operativni stroški) in projekciji cene v bodočnost.

Na primer, ameriška agencija **NEMS** navaja projekcije cen električne energije za leto 2030 kot:

- Proizvodnja 0.05106 EUR/kWh (68.3%)
- Transmisija 0.00666 EUR/kWh (8.91%)
- Distribucija 0.01702 EUR/kWh (22.77%)

Konverzijski faktor je vzeta na dan 20.01.2014, 1 US\$ = 0.74 EUR, skupaj 0.07474 EUR/kWh (2030), kar predstavlja eskalacijsko stopnjo približno 4.39% letno v primerjavi z borzno (tržno) ceno danes.

Projekcije proizvodnih cen slovenskih proizvajalcev in dobaviteljev el. energije so znatno višje.

NIVELIRANA CENA ENERGIJE (LCOE)

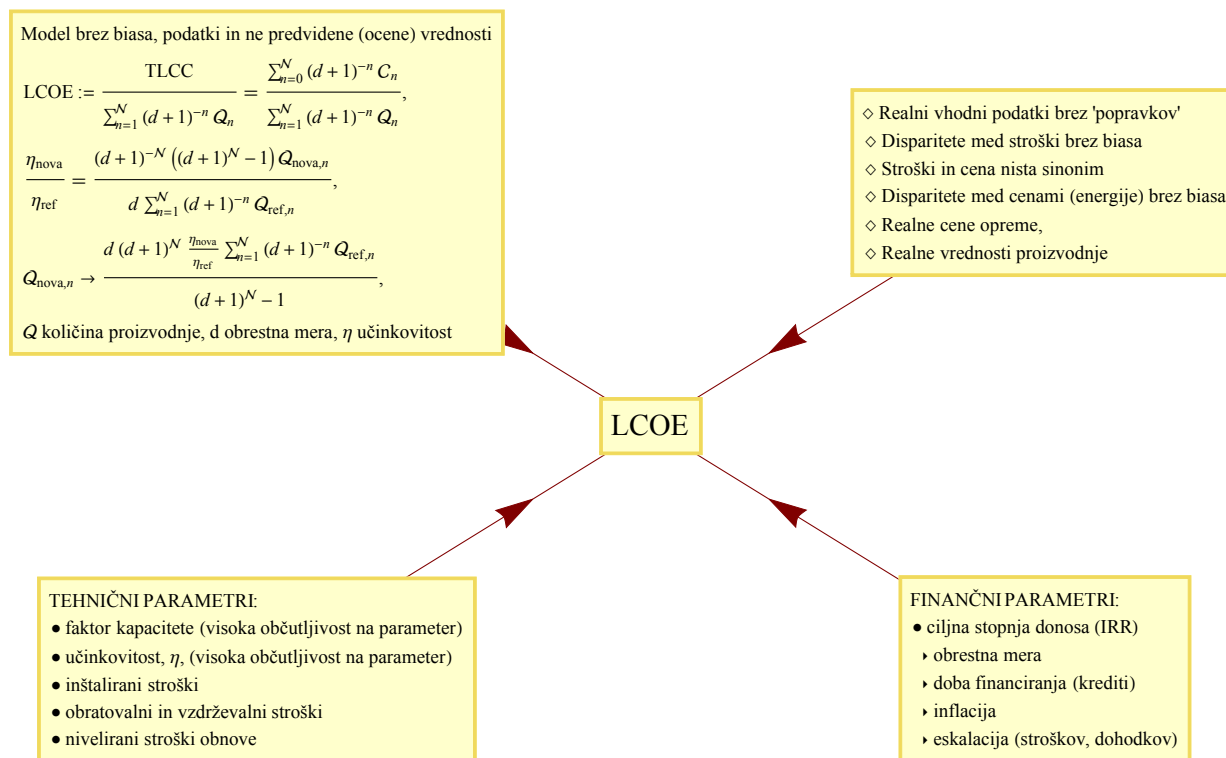
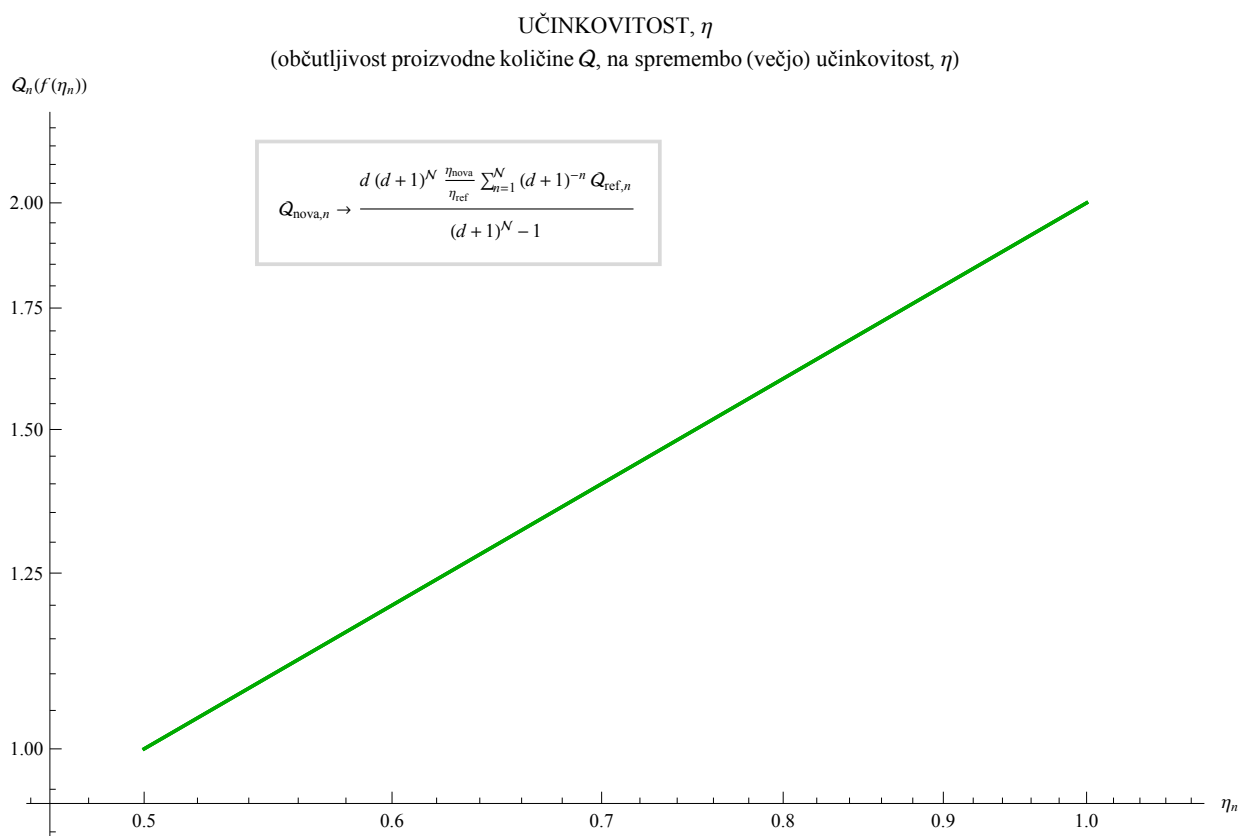


Figure 0.67. Nivelirana cene energije, modeliranje

Figure 0.68. Občutljivost na spremembo učinkovitosti, η

LACE

$$\text{LACE} = \frac{\sum_{t=1}^N 24 \text{EGD} \text{CMGC}_t + \mathcal{P} \mathcal{P} \mathcal{P}_f}{24 \text{EGD}} \quad (37)$$

kjer:

CMGC_t pomeni marginalne stroške proizvodnje energije v časovnem obdobju t . Stroški, ki se pojavljajo pri dodatno proizvedeni količinski enoti.

EGD pomeni pričakovano število (grelnih) funkcionalnih dni v letu,

$\mathcal{P} \mathcal{P} \mathcal{P}_f$ pomeni plačilo $\mathcal{P} \mathcal{P}$ ko enota sodeluje v proizvodni shemi (zanesljivost mreže) z deležem \mathcal{P}_f . Aplikativno v primeru sodelovanja več proizvajalcev in distributerjev,

$\mathcal{V}_{\text{neto}}$ predstavlja neto vrednost

LACE predstavlja nivelirano vrednost prihranjene energije (angl. levelized avoided cost of energy, vir: EIA 2014; Chris Namovicz, EIA LCOE/LACE Workshop, July 25, 2013; U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 2014 Early Release, December 2013, DOE/EIA-0383ER(2014)).

LCOE predstavlja nivelirane proizvodne stroške energije

$$\mathcal{V}_{\text{neto}} = \text{LACE} - \text{LCOE} \quad (38)$$

Primerjava LCOE do LACE za katero koli tehnologijo nam omogoča hitro, intuitivno indikacijo ekonomske atraktivnosti. Projekti so ekonomsko atraktivni v primeru pozitivne ekonomske vrednosti $\mathcal{V}_{\text{neto}}$, oziroma $\text{LACE} > \text{LCOE}$ (računano v obdobju finančne dobe). Marginalne stroške računamo kot $\text{MC} = \text{AC} + (d \text{AC} / d Q) Q$, kjer AC pomeni povprečne stroške in Q je količina.

Faktor kapacitete je za interinentne tehnologije nizek, npr.:

1. Solar PV - od 22% do 32%,
2. Solar termal - od 11% do 26%, faktor ki ga uporabimo tudi pri kalkulacijah ekonomske učinkovitosti kolektorjev za pripravo sanitarne tople vode, in
3. Hidro električna postrojenja - od 35% do 65%.
4. Vetne v Sloveniji - od 22% do 25%, realnejša ocena 20.5%.

Nivelirani stroški proizvodnje so podvrženi regionalnim razmeram (variacijam), različnim (večjim in nepredvidenim) konstrukcijskim stroškom, različnim kapitalnim stroškom (obresti) in razpoložljivosti resursov.

NB: LACE - to je posplošena enačba, EIA model je znatno bolj kompleksen.

Temeljno vodilo modela je, da se izračuna dve različni stanji proizvodnje. Osnovno delovanje temelji na obstoječih stroških ter obstoječih rabi energije. Na spremenjeno delovanje vplivajo nove investicije v sistem in predvideno povečanje (zmanjšanje) pretokov energije. Pri sprejemanju investicijskih odločitev je pomembno poznati učinke investiranja in njihovo ekonomsko učinkovitost. Ena od možnih podlag za poslovno odločanje je sprejemanje odločitev na podlagi izračuna marginalnih stroškov, ki poleg tega dajejo okvir določanja cene energije.

Dodatek za zagotavljanje prihrankov energije je v Sloveniji je kot tak zelo pristranski, tj. nepošten, dodatek bi morali biti oproščeni vsi katerih $\mathcal{V}_{\text{neto}} = \text{LACE} - \text{LCOE}$ vrednost je pozitivna in obremenjeni vsi drugi, ki imajo negativne vrednosti v sorazmerju njihove neučinkovitosti, merjeno po gornji enačbi, saj bomo z pozitivnim povratnim krogom spodbudili uvajanje tehnologij z pozitivno vrednostjo prihranjene energije in ne obratno. Dajatve bi morale penalizirati neučinkovite tehnologije relativno storjeni škodi, ki jo povzročajo gospodarstvu; tako zbrana sredstva pa namensko koristiti za spodbujanje implementacije varčnih in okolju prijaznih tehnologij.

Obtočne - cirkulacijske črpalke***

Obtočne črpalke in učinkovitost (grafični prikaz***)

Obtočne (cirkulacijske) črpalke so v primeru nepravilnega dimenzioniranja in izbora izkažejo izjemno potratne. Črpalke z variabilnim "angl. auto adaptation" kontrolerjem so vredne svojega denarja, porabijo približno 17% el. energije v primerjavi z črpalko z konstantno hitrostjo obratov. Procesno inženirstvo prakticira v veliki meri aplikacijo decentraliziranih variabilnih črpalk, ki se utomatsko uravnavajo in izključijo/vključijo po programu.

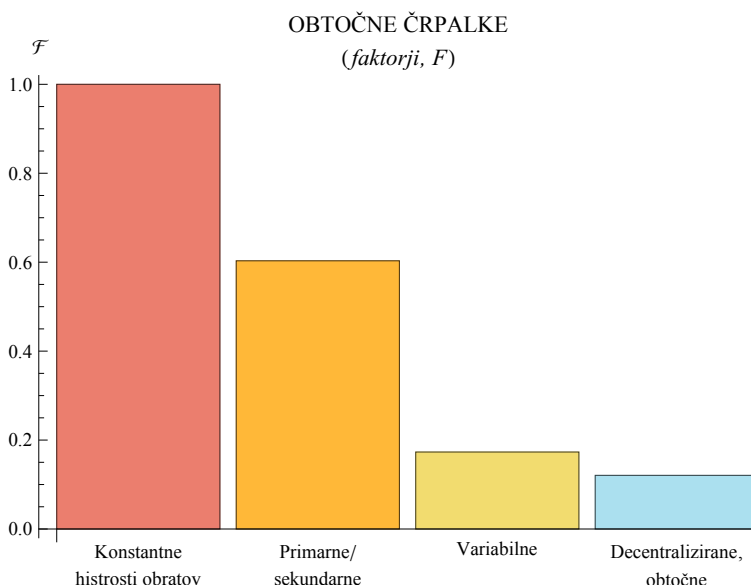


Figure 0.69. Cirkulacijske - obtočne črpalke

Nota bene

Omenjamo, da je obratovanje tokokrogov znatno ceneje ob nizkih tlakih oz. nizkih pretočnih hitrostih, zato priporočamo izračun in optimizacijo obratovalnih stroškov in občutljivost na ključne obratovalne parametre. Nekateri tehnični standardi niso ekonomsko usmerjeni, optimizacije so dandanes že izvajajo "rutinsko", so pa izjemno zahtevne v pogledu strokovnih znanj.

Črpalke porabijo energijo, zato je izjemno važno, da so črpalke pravilno dimenzionirane in izbrane. Naprednejši (sodobni po EuP 2015) sistemi so optimizirani za delovanje ob delni obremenitvi, v tem primeru koristimo "primarne/sekundarne" izvedbe tokokrogov in črpalk, za odročne predele se koristijo decentralizirane izvedbe (moduli). Vedno se koristijo črpalke z variabilno kontrolo, ΔP senzor pa je naravnan tako, da dovoljujejo najnižje možne obrate.

Primer: Vzamemo pretočno črpalko v zemeljskem tokokrogu skupne dolžine 800 m z 3/4 kW moči, ki obratuje v režimu konstantne hitrosti obratov 244 dni, faktor obratovanja je 0.6. Stroški obratovanja take črpalke stanejo približno 355.00 EUR/letno, variabilna črpalka bi porabila v isti funkciji 17% ali 60.50 EUR/letno, letni prihranki iz tega naslova bi znesli danes 294.50 EUR, 10 letni pa 2068.44 EUR. V primeru konzervativne investicijske opcije, lahko investiramo v sodobno pretočno črpalko dodatnih 883.5 EUR in v primeru, da gledamo investicijo širše - indiferenčno pa (dodatnih) 1555 EUR ob tem, da spoštujemo pravilo indeksa dobičkonosti $PI \geq 1.33$ oz. donosnost $r \geq 2.89\%$ letno.

Realnejši izračun je, da so stroški črpalke med 121 in 125 EUR letno in sedanji stroški v življenjski dobi 15 let med 1929 in 1979 EUR, kar daje v prvem primeru investicijski strošek $I_0 = 826.94$ EUR in v drugem primeru $I_0 = 840.5$ EUR (vsi stroški od rojstva do groba za cirkulacijsko črpalko opremljeno z komunikacijskim sistemom, elektronsko kontrolo števila obratov (konstantni pritisk, proporcionalni pritisk, variabilni pretoki, raba energije v razmerju 1:10 odvisno od obratovalnih pogojev in zahtev), s sodobno izvedbo elektromotorja in nizko potrošnjo (EuP 2015, $\eta < 0.23$, najboljše so v razredu $\eta \approx 0.17$).

Optimiziranje obratovanja in vzdrževanja je omogočeno iz sledenja parametrov delovanja črpalke in indikatorjev eventualne obrabe ali poškodb preko komunikacijske "interface" (CIU271 modem) in preko GPRS/SMS ter večnamenskih I/O, ki povezujejo senzorne in stikala. Omenjene opcije so na razpolago načrtovalcem sistemov s sprejemljivimi marginalnimi stroški, ki so ekonomsko upravičeni.

Posodobitev črpalk ima kratek čas vračanja investicije, v večini primerov < 3 leta. Investicija v sodoben kontrolni sistem + sodobne črpalke pričakovano prihrani med 20 in ciljnih 50 odstotkov sistemskih stroškov gretja/hlajenja na letni ravni. V primeru 20% letnih prihrankov se investicija povrne v manj kot 3.5 letih, v drugem primeru 50% letnih prihrankov pa v manj kot 1.4 leta.

NB: V primeru obnove in ob združevanju starega sistema z novim prihaja do večjih ali manjših kršitev optimizacijskih načel. Kako visoki/nizki so lahko faktorji, t.j. manjša, sprejemljiva končna učinkovitost pa je predmet investitorja.

Pravilo palca - črpanje:

- Zmanjšajmo pritisk, s tem zmanjšamo izgube zaradi upora v cevem sistemu (v primeru, da je to možno)

- Zmanjšajmo volumen, ki ga črpamo (v primeru, da je to možno)
- Zagotovimo, da črpalka obratuje v območju naboljše učinkovitosti (angl. Best Efficiency Point (BEP))
- Servisirajmo črpalko, ali zamenjajmo z novejšo, sodobnejšo.

Relacija med hitrostjo (obrti, el. motorja) in močjo pove (približno), da zmanjšanje obratov za 10% zmanjša potrebno moč za približno 27.1%; obratovanje ob zmanjšanih obratih prihrani na električni energiji. $P_1/P_2 = (N_1/N_2)^3$, $P_2 = \frac{P_1 N_2^3}{N_1^3}$, P je moč, N so obrati el. motorja.

Zmanjšanje obratov el. motorja za 1/2 zmanjša potrebno energijo za približno 87.5%! (opozorilo: pretok se ob tem zmanjša - pritisk se zmanjša; vprašanje je, kolišen je optimalen pretok ob danih pogojih, npr. pri aktualni razliki med zunanjo in notranjo temperaturo ob dani hitrosti vetra, osončenosti, masi (temperaturna kapaciteta, inertnost in dinamika) zgradbe in vremenske napovedi, da naštemo samo nekaj faktorjev, vse našteto lahko uravnava sodoben krmilnik).

Fraunhofer ISE, statistika potrošnje energije za gretje sanitarne tople vode (grafično***)

Fraunhofer ISE v študiji iz leta 2010 navaja sledeče porabe energije za povprečni objekt površina približno 192 m²:

- min 453, maks 6349, povprečje 3089 kWh/a, kar je približno 16 - 34 kWh/m² a.

Za kombinirano izvedbo gretja sanitarne tople vode:

- min 1314, maks 9179, povprečje 4420 kWh/a

Iz gornjega sledi, da rezidenčna zgradba 230 m² porabi med 3.68 in 7.8 MWh letno; z moderno toplotno črpalko tipa geotermal (zemlja-voda in voda-voda) in aero (zrak), bi strošek energije gretja sanitarne tople vode v Sloveniji znesel med:

- 132.48 EUR (geotermal) in
- 280.8 EUR/letno (aero).

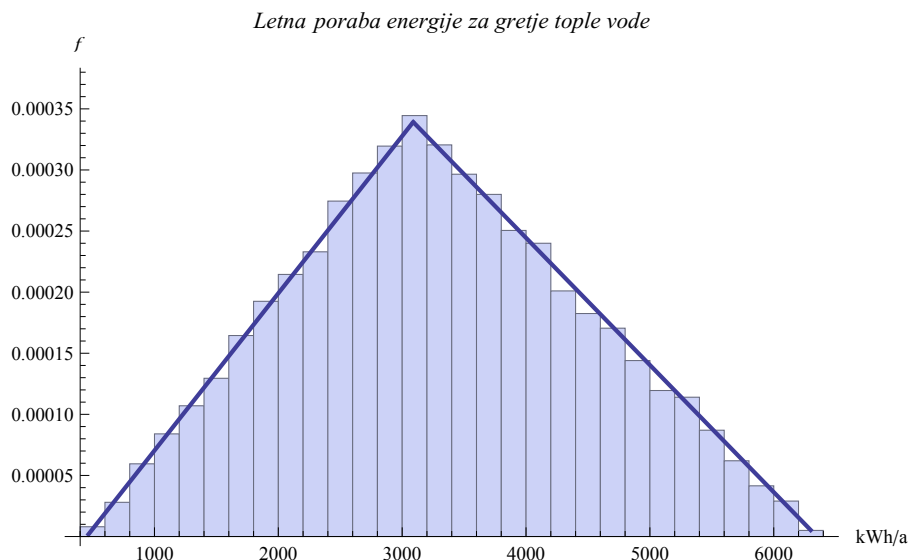


Figure 0.70. Stroški gretja sanitarne tople vode, poraba v kWh/letno, povzeto po Fraunhofer ISE, 2010

*Letna poraba energije za gretje tople vode,
integrirana izvedba*

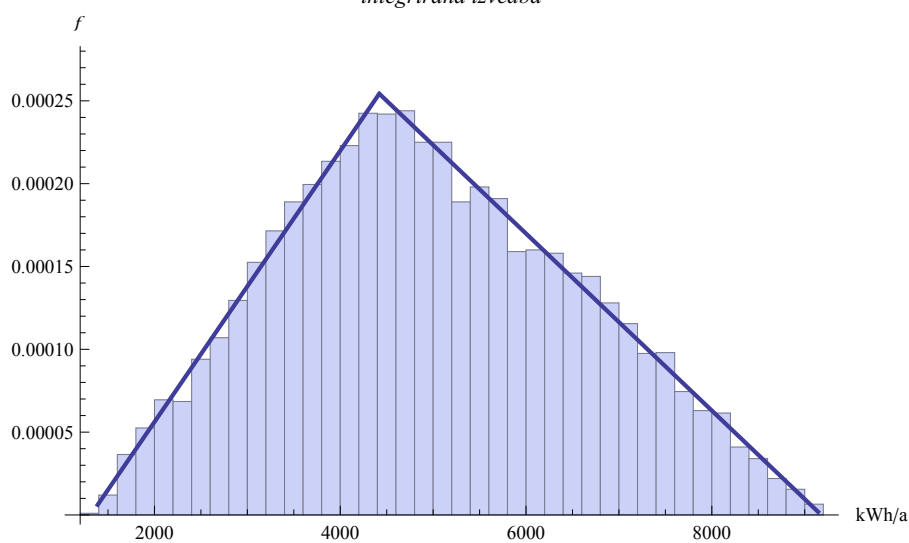


Figure 0.71. Stroški gretja sanitarne tople vode, integriran sistem, poraba v kWh/letno, povzeto po Fraunhofer ISE, 2010

Stroški v primeru, ko obračunamo z učinkovitostjo za el. bojler:

*Letna poraba energije za gretje tople vode,
izvedba el. bojler, v EUR*

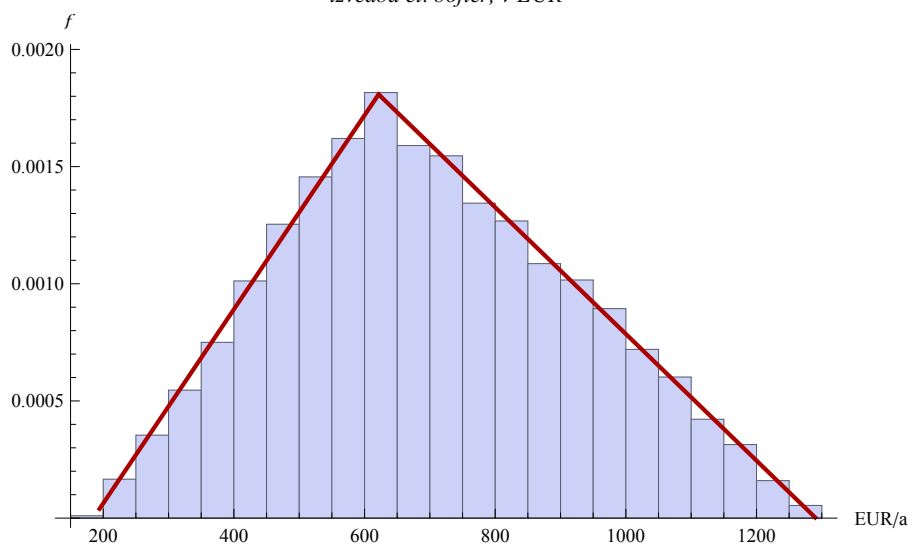


Figure 0.72. Stroški klasičnega gretja sanitarne tople vode, poraba v EUR/letno, povzeto po Fraunhofer ISE, 2010

Stroški energije v primeru gretja sanitarne tople vode z sodobno toplotno črpalko tipa aero, COP 3.5:

*Letna poraba za gretje tople vode,
izvedba aero tip TČ, v EUR*

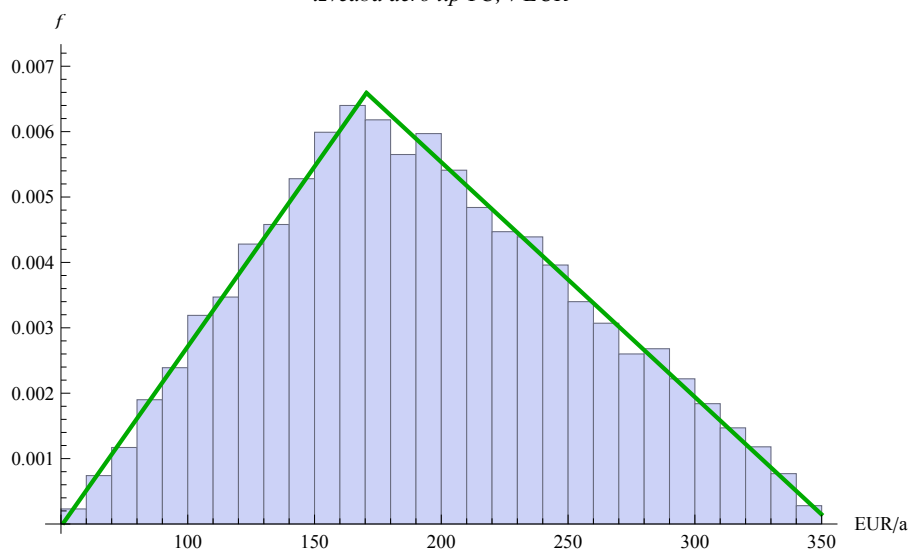


Figure 0.73. Stroški gretja sanitarne tople vode, poraba v EUR/letno, povzeto po Fraunhofer ISE, 2010

Ilustracija...

V primeru optimiziranega sistema gretja sanitarne tople vode, npr. v zimskem času sistem gretje objekta + sanitarne vode z sistemom toplotna črpalka tipa geotermal (tip zemlja-voda ali voda-voda) in izven kurilne sezone gretje sanitarne tople vode z sistemom toplotne črpalke tip aero, so letni stroški nižji, povprečje SPF za **aero tip je 2.99** in SPF za **geotermalni tip 3.72**.

Poraba tople vode (tabela in grafični prikaz)

Table 0.13. Potrošnja tople vode

<i>Kategorija</i>	<i>Poraba</i>		<i>Delež tople vode v skupni porabi vode</i>
	<i>liter/dnevno</i>	<i>Delež</i>	
Kopanje v bani	15.9	0.167298	0.782
Pranje perila	14.8	0.155724	0.278
Stroj za pranje posode	3.4	0.0357744	1
Pipe, kuhinja	32.6	0.343013	0.727
Propuščanje, kaplanje	4.5	0.0473485	0.268
Tuš, kopalnica	23.8	0.250421	0.731
Stranišče	0	0	0
Drugo	0.04	0.000420875	0.351
SKUPAJ	95.0	1	0.396

DeOreo in Mayer (2000)

Državna šema spodbud, ilustracija

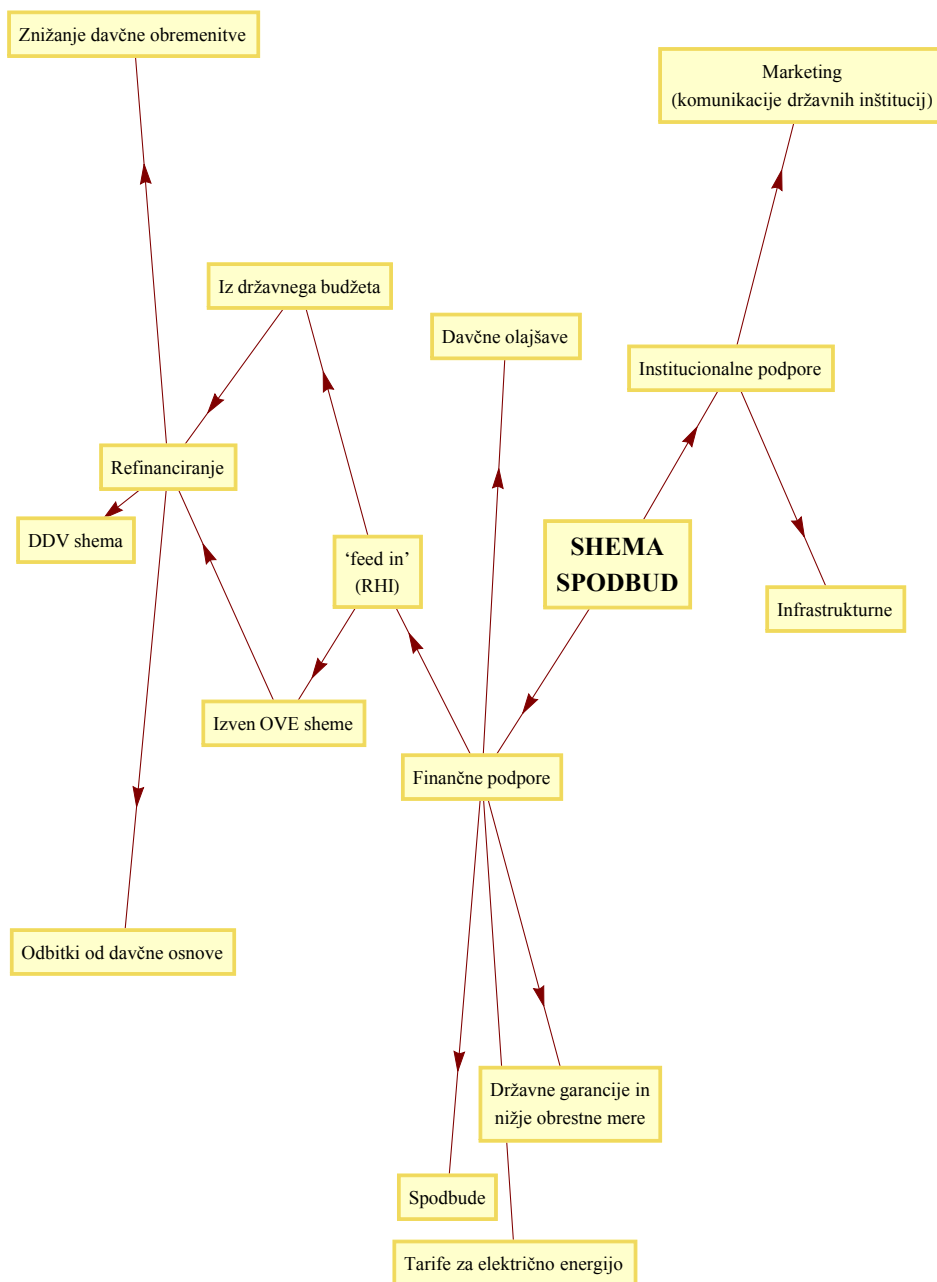


Figure 0.74. Shema spodbud za pospešeno implementacijo URE

Počutje v bivalnih prostorih (tabela, grafični prikaz RH in povprečnih temperatur okolja)

Počutje v bivalnih prostorih

Table 0.14. Počutje v bivalnih prostorih, vir: adaptirano po ASHRAE 55-2010.

Letna doba	Relativna vlažnost, %	Priporočena temperatura, °C	Beleške
------------	-----------------------	-----------------------------	---------

Poletje	30	24.5 – 28	Lahka oblačila
Poletje	60	23 – 25.5	–
Pozimi	30	20.5 – 25.5	Topla oblačila
Pozimi	60	20 – 24	–

Počutje v bivalnih prostorih

Relativna vlažnost pod 20% povzroča nepočutje zaradi pretiranega sušenja nosne sluznice in kože, možne so tudi elektrostatične težave. Relativna vlažnost nad 70% ustvarja možnost kondenzaciji znotraj zgradbe, rasti plesni in gob. Hitrost pretoka zračne mase manj kot 0.25 m/s ne povzroča večjih distrakcij pri delu, ki zahteva visok nivo pozornosti (koncentracije).

Priporočilo za gretje in hlajenje, sobne temperature (grafični prikaz)

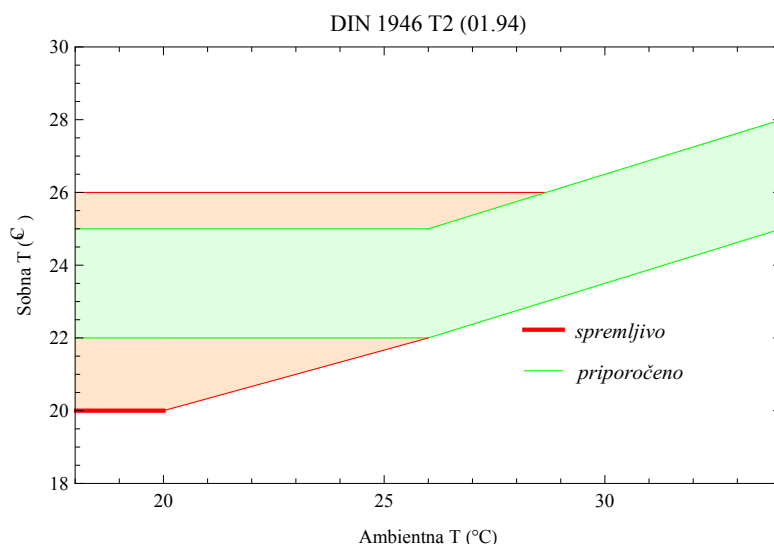


Figure 0.75. Priporočilo, DIN 1946 T2 (01.94), sobne temperature vs zunanje -ambientne temperature, v °C

Človeški faktor: kaj odloča visoko oceno bivalnega in delovnega okolja

Faktorji, ki imajo največjo težo pri oceni delovnega okolja:

- prirodna ventilacija, kvaliteta atmosfere
- individualna kontrola temperature (pozimi in poleti) in vlažnosti; trditve oz. navedbe: preveč hladno ali preveč toplo pomeni, da je delovno okolje obremenjujoče.
- različne razporeditve za vse bivalne in delovne površine, bivalno - delovno okolje
- majhne enote v uradih in pisarnah (enojne, individualne pisarne, kabinetne izvedbe, ipd.)
- **strogo ne "dvoranske" pisarne!** Vendar imamo primere, ko se zahteva "večja, situacijska kontrolna dvorana", npr. borza, "news room", ipd.

Manjše, individualne pisarne oz. prostori imajo prednost. Prav posebno so ocene (visoke uteži, vrednosti) temeljene na razporeditvi (pisarniške) opreme (1) in akustičnega komforta ali obremenitve (5). Največ 4 člani po pisarni in možnost kontrole, npr. ventilacije (1), temperature (4), senčenja (6), osvetljenosti (luči, prirodna razsvetljava), hlajenje (4) in kontrole vlažnosti (2), da naštejemo najbolj tehtne faktorje.

Osnovna teorija (enačbe, grafični prikazi)

Definicije

Definicije v angleške jeziku, povzete iz "EU Energy Efficiency Directive (2012/27/EU)" z prevodom:

Sljedeče definicije iz "Article 2 of the EED" so relevantne za naše razumevanje:

- **Primarna potrošnja energije** pomeni vso (gros) potrošnjo, brez ne-energetske rabe (potrošnje), ('Primary energy consumption' means gross inland consumption, excluding non-energy uses (Article 2.2)).
- **Končna potrošnja energije** pomeni vso energijo izdobljeno industriji, transportnem sektorju, gospodinjstvom, servisni industriji in agrikulturnem sektorju. Izvzete so izdobeve transmisijskim in proizvodnim subjektom, ('Final energy consumption' means all energy supplied to industry, transport, households, services and agriculture. It excludes deliveries to the energy transformation sector and the energy industries themselves (Article 2.3)).
- **Energetska učinkovitost** pomeni razmerje med vhodno in končno energijo, ('Energy efficiency' means the ratio of output of performance, service, goods or energy to input of energy (Article 2.4)).

- **Energetski prihranki** pomeni prihranek ki nastane med ocenjeno potrošnjo pred in po implementaciji URE normalizirano za zunanje vplive.
('Energy savings' means an amount of saved energy determined by measuring and/or estimating consumption before and after implementation of an energy efficiency improvement measure, whilst ensuring normalisation for external conditions that affect energy consumption (*Article 2.5*)).

Zmožnost definiranja in merjenja energetske učinkovitosti je primarnega pomena za naše objektivne cilje, vendar ob pomankanju konsistentne, definirane metodologije merjenja, predstavlja 'energetska učinkovitost' nejasen, nedoločen, subjektiven koncept, poln domnev, hipotez, razglabljanj, ki pogosto meji na zmedo, potrebujemo pa okolje za vpogled, razumevanje in analizo predmeta.

Izraz **energetska intenziteta** (angl. energy intensity) se pogosto rabi za opis statističnega razmerja, ocene med potrošnjo in potrebo (povpraševanjem), ki morajo temeljiti na dostopnih podatkih, in pogosto ne predstavlja v celosti faktorje, primerljive z konceptom energetske učinkovitosti. Trendi energetske intenzitete - indikatorji so generično samo domneva, namig na gibanje - usmerjenost energetske učinkovitosti.

Tipi toplotnih črpalk klasificirani po izvoru energije: aerotermalne (zrak), hidrotermalne (voda) in geotermalne (zemlja), (angl. aerothermal, hydrothermal and geothermal energy)

Carnot in grelna število COP

Znano delo Sadi Carnot-a iz leta 1824 - oziroma njegov inverzni zaključek del znanih mož kot so Kelvin, Planck and Clausius - navaja kako izračunamo najvišji možni COP_{Carnot} , in to kot:

$$COP_c = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (39)$$

T_1 predstavlja visoko absolutno temperaturo (Kelvin) kot ponor, in T_2 predstavlja nizko absolutno temperaturo izvora. Pogled na enačbo nam pove, da je izjemno važno da zmanjšamo razliko med T_1 in T_2 . V primeru zunanje temperature 0°C in notranje temperature 20°C , dobimo maksimalni teoretični COP 14.65. Na primer, v hidroničnem sistemu topla stran deluje npr., pri 40°C . Če je temperatura (zunanja) npr. -3°C , potem imamo teoretični COP za tovrsten sistem 7.28, približno 50% od teoretičnega maksimuma.

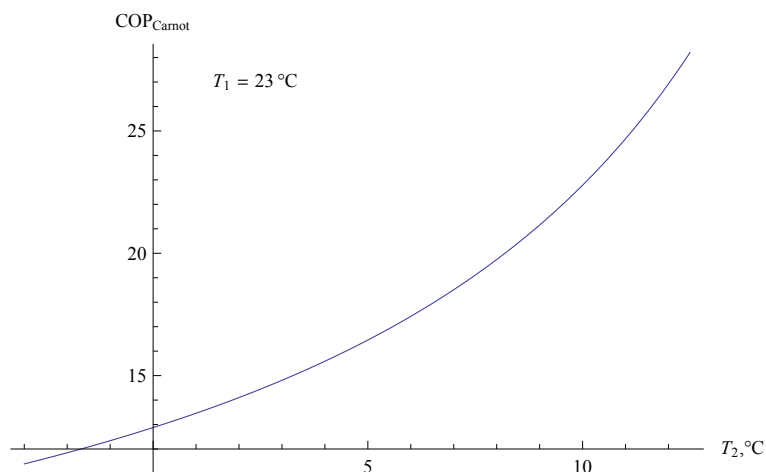


Figure 0.76. Teoretični COP vs T_2 (nizka absolutna temperatura izvora), $T_1 = 23^\circ\text{C}$

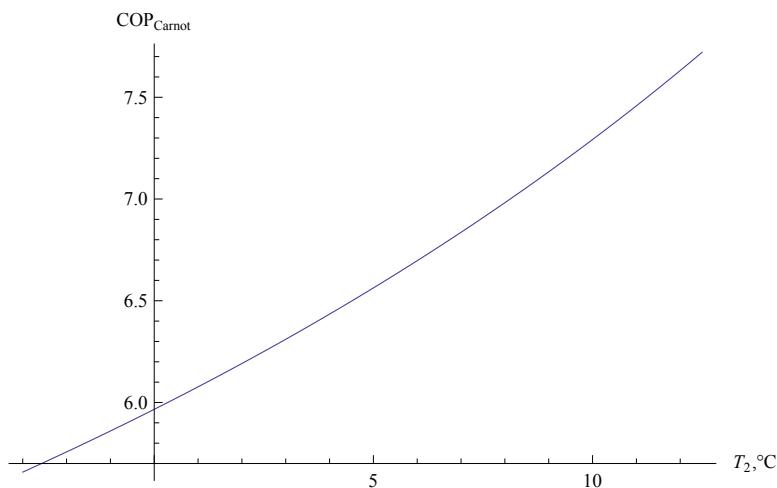


Figure 0.77. Teoretični COP vs T_2 (nizka absolutna temperatura izvora, $10^\circ\text{C} = 283.2\text{K}$), $T_1 = 328.2\text{K}$ (55°C), renovacija sistema gretja na olje,

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_{1,K}}{T_{1,K} - T_{2,K}}$$

Z upoštevanjem učinkovitosti el. motorja in elektronske kontrole obratov $\eta = 0.87$, učinkovitosti delovnega medija R22 $\eta = 0.81$ in izotropično (vsestransko) učinkovitost za kompresor $\eta = 0.7$ vidimo da je $\text{COP}_{\text{Carnot}}$ v funkciji nižji.

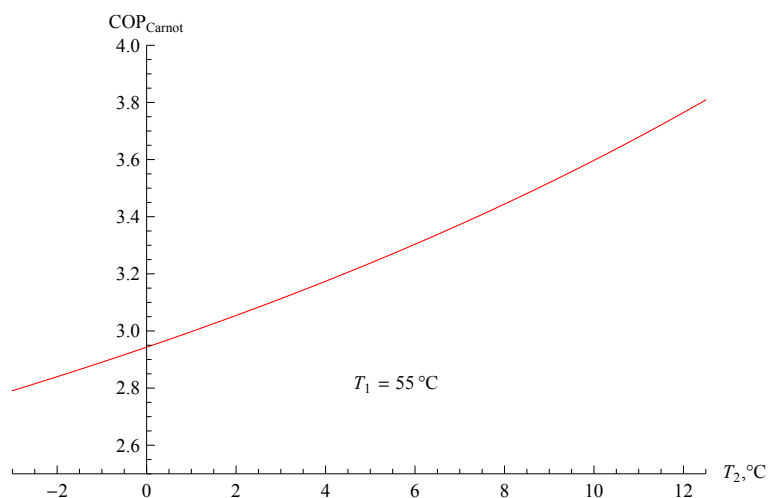


Figure 0.78. Pričakovani COP vs T_2 (nizka absolutna temperatura izvora, $10\text{ °C} = 283.2\text{ K}$, $T_1 = 328.2\text{ K}$ (55 °C), $\eta_m = 0.87$, $\eta_{R22} = 0.81$, $\eta_c = 0.7$).

Zvišanje zgoraj omenjenih faktorjev učinkovitosti je predmet številnih razvojnih naporov v svetu, zavedati se moramo, da pridejo izboljšave ob stroških in predvsem zaradi ekonomskih razlogov niso vedno implementirane v končnem produktu.

Enačbe, grelno število COP

Učinkovitost (zmožnost) toplotnih črpalk definiramo kot:

$$\text{COP}_c = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_2} \quad (40)$$

za hlajenje,

$$\text{COP}_h = \frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_2} = 1 + \text{COP}_c \quad (41)$$

za gretje,

$$\text{COP}_{h+c} = \frac{\dot{Q}_1 + \dot{Q}_0}{\dot{Q}_2} = 1 + 2 \text{COP}_c \quad (42)$$

za kombinirano gretje in hlajenje.

Grelno število je razmerje med pridobljeno toplotno energijo in vloženim delom. Je osnovni pokazatelj učinkovitosti delovanja toplotne črpalke. Njegova vrednost je odvisna od toplotne črpalke in vira okoliške toplote. V povprečju znaša od 3.6 do 4.1+ in tudi več/manj. Toplota, ki jo dovedemo ogrevanemu mediju s toplotno črpalko, je teoretično vsota toplote, odvzete viru toplote in energije, ki je potrebna za zagon krožnega procesa. Učinkovitost električne kompresorske toplotne črpalke pri danih stacionarnih pogojih označimo z grelnim številom COP (angl. COP – Coefficient of Performance).

Obširnejša prezentacija teorije in prakse z tega področja bi daleč preseгла naš namen, kvalitetne literature je na izbiro, naj omenimo samo, da je modeliranje toplotne dinamike objekta danes pogosta praksa in je z pogleda inženirjev zahteven, specialističen proces, ki največkrat vodi do dolgoročnih dobroti.

V Evropi pojem **sezonski faktor učinkovitosti** (angl. Seasonal Performance Factor ("SPF")) pomeni povprečni COP za čas ogrevalne sezone, SPF 3.5 do 5 so vrednosti, ki jih zabeležimo v vrsti študij, npr. Fraunhofer ISE:

- SPF za **aero tip 2.99**
- SPF za **geotermalni tip 3.72**

Fraunhofer ISE, BAT (tabele in grafične preglednice)

Table 0.15. Grelno število, COP, satndard EN 14511, vir: Fraunhofer ISE

Tip	Točka obratovanja	Min COP	Trg
Zemlja–voda	B_0/W_{35}	4.3	4.0, ..., 5.0

Voda–voda	W_{10}/W_{35}	5.1	5.0,..., 6.0 (6.5)
Zrak–voda	A_2/W_{35}	3.1	3.0,..., 4.0 (4.4)
Standard	–	EN 14511	–

Grelno število COP, Fraunhofer ISE Poročilo 2013

Rezultate testiranja na terenu v sodelovanju z 12 proizvajalci svetovnega renomeja na 179 objektih, Fraunhofer ISE navaja:

- Sistem TČ zrak-voda, tipična poraba za sanitarno toplo vodo 28%, gretje 72%,
- Sistem TČ zemlja voda, tipična poraba za sanitarno vodo 23%, gretje 77%,
- Sistem TČ zemlja-voda, frakcije energetske porabe: pogon in upravljanje TČ 90%, cirkulacijska črpalka 7%, dodatni el. grelec 3%.

Pogon in upravljanje toplotne črpalke je kot vidimo primarni porabnik el. energije, v povprečju 90%, cirkulacijska črpalka zunanjega izmenjevalca pa porabi 7%, opazamo tudi, da so električni grelci v povprečju porabili 3% vhodne energije za pokrivanje izjemno hladnih obdobij (za dogrevanje); kar pove, da toplotne črpalke v funkciji niso predimenzionirane, tj. ne pokrivajo konjic, kar je racionalno.

Predpisi o energetske varčnosti navajajo v Nemčiji ciljno porabo 20-50 kWh/m² (za objekte), vendar Franhofer ISE v poročilu iz leta 2013 poroča sledeča **razpone: 32-169 kWh/(m²/a) z povprečjem 71.8 kWh/(m²/a)** (meritve 2009). Testiranja so trajala več kot 3 leta (od 2005), 15% je bilo sistemov zrak-voda, zemlja-voda 56% in voda-voda 7%. Povprečna površina testiranih objektov je bila 192 m².

Opažamo, da so proizvajalci aero sistemov toplotnih črpalk v zadnjih letih izjemno dvignili vrednosti grelnega števila COP, 4.0 do 4.4 je dandanašnja ponudba trga, sistemi voda-voda pa imajo najboljše COP, teoretično je možno doseči COP 8.8, na trgu pa so toplotne črpalke z grelnim številom 5.76 - 6.5.

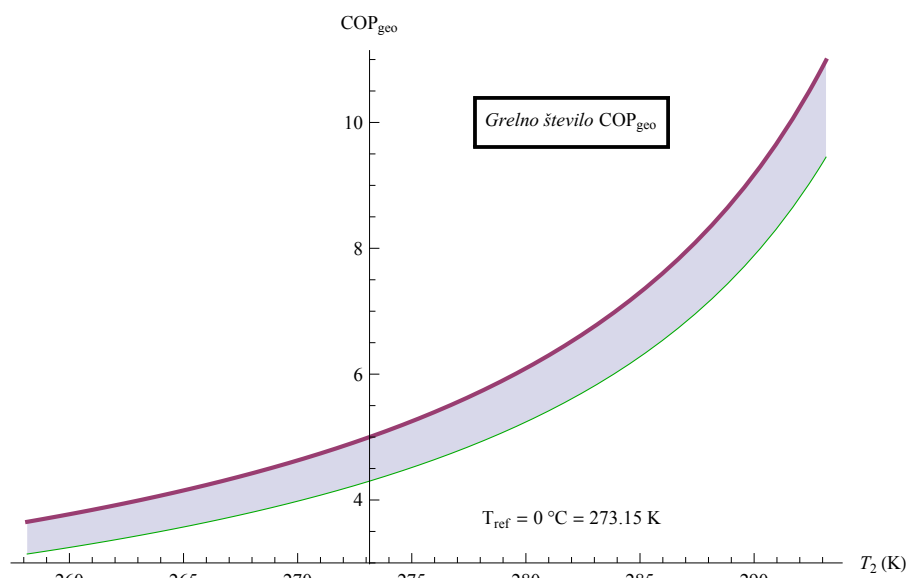


Figure 0.79. Pričakovan COP_{geo} vs T₂ (-15 °C = 258.15 K, 20 °C = 293.15 K), T₁ = 328.2 K (35 °C), d_r = 0.438 – 0.5099

COP za geotermalni (zemlja-voda) tip toplotnih črpalk, standard EN 14511, COP 4.3 do COP 5, to je ponudba trga.

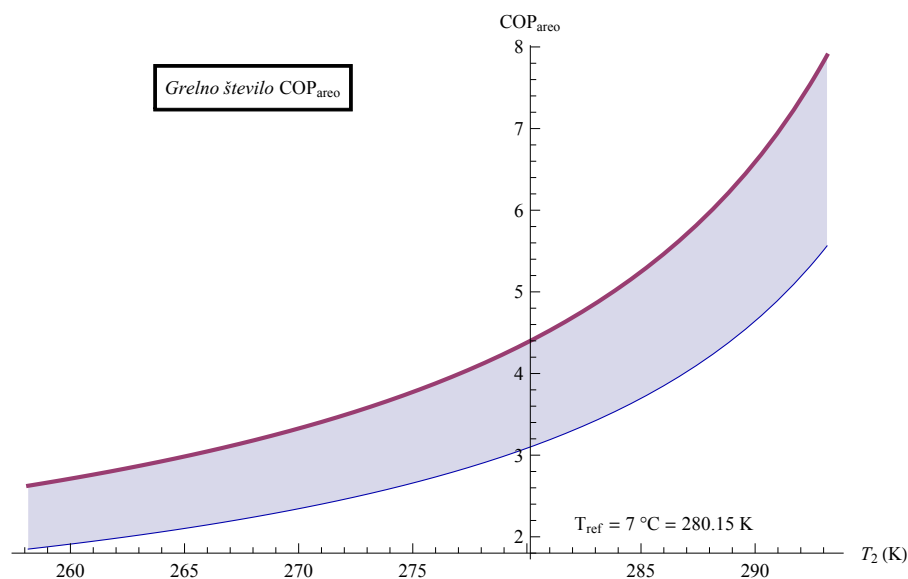


Figure 0.80. Pričakovan COP_{areo} vs T₂ (-15 °C = 258.15 K, 20 °C = 293.15 K), T₁ = 328.2 K (35 °C), D_f = 0.25821 – 0.3665

Glede na statistične podatke o gibanju temperatur pa lahko zaključimo, da je v Sloveniji zelo malo dni s temperaturo pod - 5 °C, kar pomeni, da je letno grelno število tovrstnih aero TČ nad 3.5. Na Primorskem pa je letno grelno število COP preko 4.

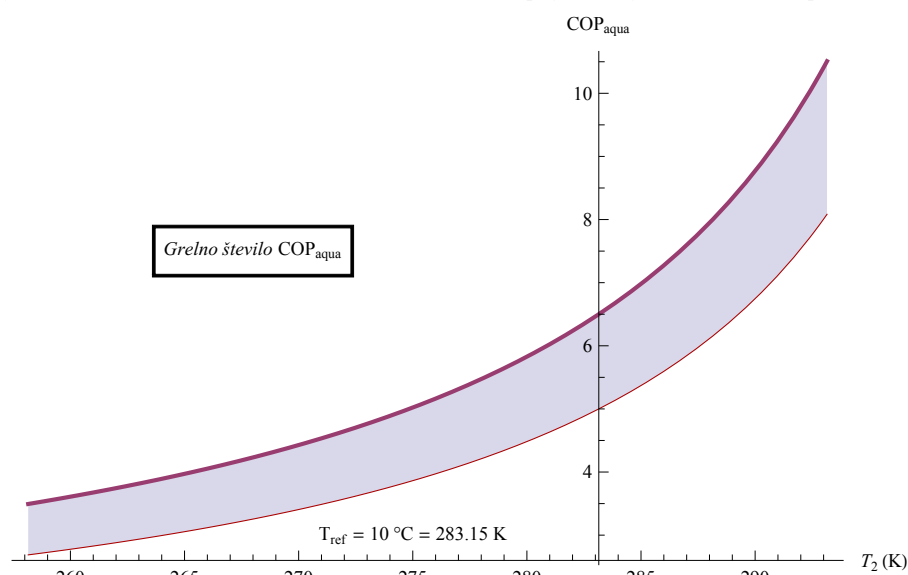


Figure 0.81. Pričakovan COP_{aqua} vs T₂ (-15 °C = 258.15 K, 20 °C = 293.15 K), T₁ = 328.2 K (35 °C), D_f = 0.3752 – 0.4877

Referenčni tehnični viri:

1. Annett Kühn (Ed.), Thermally driven heat pumps for heating and cooling, Universitätsverlag der TU Berlin, Institute of Energy Engineering.
2. GENERIC GUIDE SPECIFICATIONS FOR GEOTHERMAL HEAT PUMP SYSTEM INSTALLATION, Prepared By Warren Thomas, P.E. Melissa Madgett, C.E.M., Oak Ridge National Laboratory
3. Wärmepumpen Effizienz, Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpeanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb, Fraunhofer ISE, 2010

Nov standard učinkovitosti TČ iz leta 2011 - EN 16147 (A15/W10- 55 °C) je veliko bolj zahteven za razliko od starega EN 255/3 (A20/W15-45 °C) in (A15/ W10-55 °C).

NB:

Standard NBN EN 14511-2 navaja testne pogoje v 17 tabelah.

Tehnično uresničljive energetske učinkovitosti, EF (DoE 2015) (grafični prikaz)

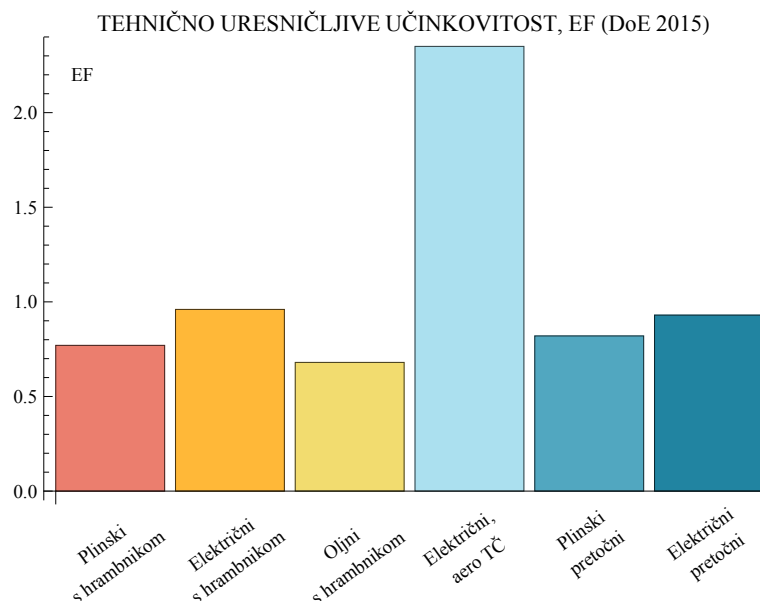


Figure 0.82. DoE (amerška agencija za energijo - "department of energy") standard energetske učinkovitosti 2015, tehnično uresničljive EF vrednosti

Sodobne toplotne črpalke so tehnično izpopolnjene, na trgu se nudijo geotermalni sistemi z visoko učinkovitostjo, grelno število več kot COP 5.1, prav tako aero tipi (zračne) s EF 2.35 (angl. efficiency factor (EF), min. ameriški standard); sistemi so testirani v prestižnih laboratorijih, tehnična življenska doba toplotnih črpalk renomiranih firm je ob normalnem vzdrževanju v območju 14 do 21 let, zanesljivost v obratovanju je relativno zelo visoka, kar je razvidno iz dolgoročnih garancijskih rokov. Proizvajalci opreme nudijo vrsto vzdrževalnih in kontrolnih uslug, npr. letni tehnični pregled, servisne usluge, hiter odziv v primeru okvare, cenovno ugodne posodobitve sistemov, aranž-maje "staro za novo", obnovljeni sistemi ob občutno nižji ceni, ipd.

Sistemske degradacijske koficiente med 0.06 in 0.14 so bili izmerjeni na terenu, vendar jih redko eksplicitno zasledimo v poročilih. Degradacijski faktor za obratovanje toplotne črpalke ob delni obremenitvi (tj. nižja učinkovitost) predstavlja vrednost, ki prav tako ni navedena eksplicitno v tehničnih poročilih tako japonskih kot tudi ne ameriški in evropskih proizvajalcev, da pa slutiti o magnitudi iz elaboratov in višine sredstev vloženi v rešitev teh problemov.

Stroškovne ocene (grafična preglednica)

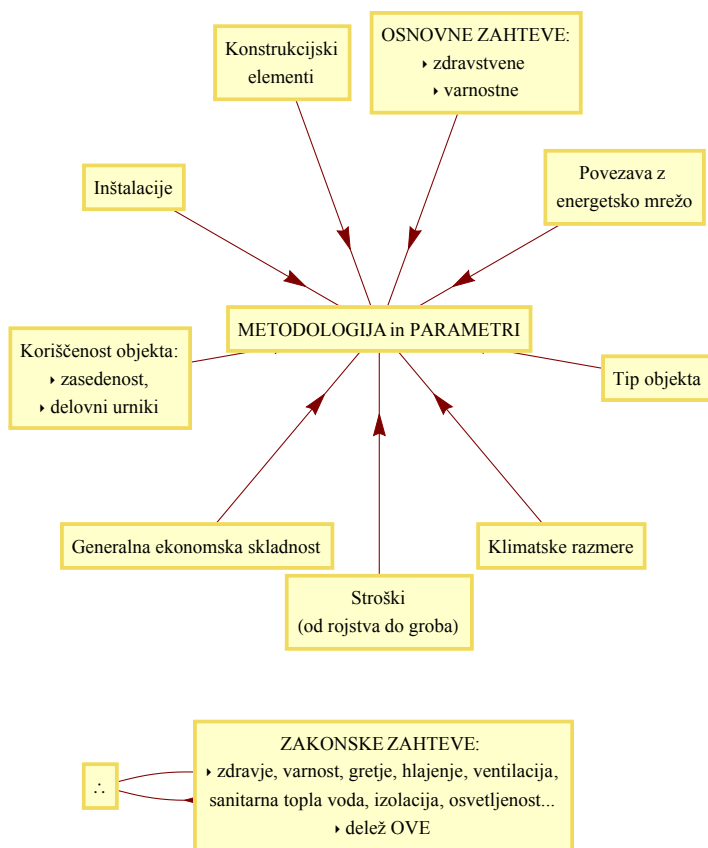


Figure 0.83. Ocene, metodologije in parametri

Stroškovne ocene morajo temeljiti na principu "od rojstva do groba", t.j. vsi stroški v življenjski funkciji sistema se vzamejo, tudi zunanji, le tako lahko na osnovi ekonomske učinkovitosti primerjamo posamezne sisteme.

Kaj zajamemo v stroškovnik:

1. Nabavni in začetni stroški (oprema, načrti, dovoljenja...montaža, zagon), vključno z subvencijami, finančno dotacijo...
2. Stroški (električne energije), (popusti, subvencije, režimi, eskalacije cen)
3. Stroški vzdrževanja, zavarovanja, in administracije (povprečni stroški popravila, cca 1000 EUR, sprejemljivi stroški zavarovanja so približno 0.3% od vrednosti pridobljene energije; vir Švedska zveza zavarovalnic)
4. Stroški obnove ali zamenjave sistema

V stroškovnih ocenah vključimo:

- a. Spodbude, če obstajajo, (1500 EUR in več, če so sredstva na razpolago, razpisi so v začetku leta)
- b. Tarife (el. energija), ocena 0.14 EUR, pogodbeno 0.13439 EUR (letna rast cene el. energije se predvideva približno 4%), nižje za večje industrijske odjemalce in in javne odjemalce, npr. občine...
- c. Obrestna mera, (7%, približno ista kot so državne obveznice), manj v primeru spodbud ali subvencij, več v primeru posojila pri komercialni banki, npr. NLB 8.5% za zavarovane kredite.
- d. Življenska doba v funkciji ali do tehnološke zastarelosti. (tehnična 14 let za opremo, 50 let za zemeljski del (geotermalni kolektor), npr., cevi (strojni del kot so npr., obtočne črpalke manj), 10 let ekonomska)
- e. Odpadna vrednost sistema, ali stroški vezani z njim (notranja oprema: stroški demontaže in odvoza ter deponiranja), v literaturi pogosto zasledimo oceno 10%, vzamemo nič.

Stroškovne ocene, začetni stroški

- Kot pravilo, stroški (geo)termalnega sistema toplotne črpalke so manjši ali enaki konvencionalnim sistemom.
- Stroškovno razliko predstavlja zemeljski tokokrog (izmenjevalec, ki ima funkcionalno življensko dobo 50 in več let), cevi, distribucijski sklop (manifold, ventili, odzračniki) in pretočna črpalka, zemeljska dela, npr. izkop, zasutje in pristopni jašek, strošek zemljišča.
- Stroški inštalacije, minimiziranje (optimiziranje)
 - Minimiziraj toplotne izgube zunanje konstrukcije, npr., zunanji zid in izolacija fasade, toplotna izolacija strehe, okna in vrata...
 - Optimiziraj geotermalni cevni sistem (notranji kot zunanji)

- Test toplotne propustnosti (konduktivnosti), primeren projektu
1. Stroški zemeljskega tokokroga (zunanji zemeljski kolektor), geotermalni sistemi
 - a. zemeljski del, horizontalna izvedba, 320.00 EUR/kW
 - b. zemeljski del, vertikalna izvedba, 430.00 EUR/kW
 - c. talna voda, brez zemeljskega tokokroga (cevnega sistema), 270.00 EUR/kW (možno tudi voda-voda, npr., reka, potok; hitrosti pretoka so nizke, 0.6-1.5 m/s)
 2. Sistemi voda-zrak, ocena stroškov
 - a. manjši (< 8kW), 315.00 EUR/kW
 - b. srednje kapacitete (10 kW), 285.00 EUR/kW
 - c. večje kapacitete (>14 kW), 260.00 EUR/kW
 3. Ocena stroškov notranje konfiguracije, toplotna črpalka in zalogovnik toplotne energije, ("bufer")
 - a. cene so različne, odvisne predvsem od koeficienta "IzhodnaEnergija/VhodnaEnergija" (t.j. grelna število - COP) in tipa, približna ocena je podana v tabeli spodaj:

Table 0.16. Inštalirane cene sistemov toplotnih črpalk, pregled

Generični tip TČ	Razvit trg EUR/kW	Nerazvit ali trg v nastajanju, EUR/kW
ASHP, aerotermični– Zračni sistemi TČ	570.00	1150.00
Plin+Klima, TČ	560.00	1100.00
Podtalnica, TČ	950.00	1900.00
Horizontalni sistem, TČ	1150.00	2300.00
"Slinky" TČ	1200.00	2400.00
Vertikalni sistem, TČ	1230.00	2460.00

Inštalirane cene TČ sistemov

V primerih, da so cene ponudnikov kvalitetnih sistemov približno enake ali nižje od cen na razvitem trgu lahko rečemo, da so usklajene s trgom (niso pretirane).

Ekstrapolirana cena TČ moči 6.6-8.6 kW (Švedska) je 6983.00 EUR, in za 7.6 kW TČ (v Švici) pa 6202.35 EUR (2013). Cene varirajo odvisno od lokacije...davkov...

Za evropski **OECD trg** se cene toplotnih črpalk gibljejo med:

- tip zrak-zrak, interval je od 421.346 do 1079.79 EUR/kW,
- za ASHP (zrak-voda), interval od 458.346 do 2406.5 EUR/kW in za
- GSHP (zemlja-voda) je interval od 883.467 do 1711.81 EUR/kW,

termin: inštalirano (januar 2013).

Krmiljenje in optimizacije potrošnje energije

Vprašanje optimalne kontrole gretja za bioenergetska sistema, pelete, sekance in drva je odprto. Sistema imata dodatne stroške npr., rokovanje, dimnikarske (čiščenje in maritve), čiščenje in odvoz pepela, prevozi in skladiščenje biomase...Vprašanje gibanja cene biogoriv ostaja prav tako odprto, občutljivost in s tem rizik na dvig cene je velika, letni dvig stroškov za približno 10% je verjeten v primeru da se povpraševanje po peletah hitro poveča kljub temu, da oskrbovanje z lesno maso v Sloveniji nebi smelo biti vprašljivo (surovine je v obilju, vse je odvisno od nivoja razvitosti mreže pridelovalcev, tržne cene in konkurenčnosti). Cena biogoriv je na osnovi npr., tekoči meter drv (suhih, vlažnih...?), tona pelet, pa cepanci po svežnju in še kaj, težko opazen je ekvivalent v MWh (ali GJ), bolj primerna, razumljivejša enota za energijo. Vlažna drva imajo znatno nižjo kalorično vrednost kot suha, kolika je vlažnost v peletah, sekancih, drvah...

Opozarjamo, na vprašanje vlažnosti v bio gorivih, ki se zaradi **hidroskopičnosti** skozi letna obdobja giblje odvisno relativne vlažnosti okolja, med 16 in 20% (ravnovesje z relativno vlažnostjo ambienta). To velja ne samo za drva in sekance, tudi **peleti zaradi hidroskopičnosti v praksi relativno hitro absorbirajo vlago iz okolice**, zato realno ni za pričakovati, da bo deklarirana vrednost vlažnosti tudi faktična, nasprotno, znižanje kurilne vrednosti od 16.8 na 14.3 MJ/kg (diferenca je 2.5 MJ/kg oz. 0.694 kWh/kg) je v praksi vsakdanost, kar je znatno zmanjšanje kurilne vrednosti, približno za 16%. Zato ni odveč, da v izračunih ne temeljimo izhodišča na deklariranih podatkih, temveč na tehnično uresničljivih faktorjih učinkovitosti, ki so znatno nižji od deklariranih (laboratorijskih).

V primeru TČ in talnega gretja (hidro sistem) obstaja potencial optimiziranja porabe električne energije potrebne za delo kompresorja, kontrolnega sistema TČ in pretočnih črpalk (variabilne hitrosti črpalk v odvisnosti od obremenitve - toplotnih izgub, gradienta gretja, hitrosti odziva na zunanje zahteve, ukaze, ipd.). Potencial prihrankov je zelo visok in lahko doseže več kot 50%, zato ne preseneča dejstvo, da je tolikšen povdarek na povečanju COP in optimiziranju porabe tj. automatizaciji (sodobni krmilniki), najbolj prominentni inštituti se ukvarjajo s tovrstnimi izzivi ob znatni podpori industrije in države.

Vgradnja varčnih tehnologij v TČ, npr. ("angl. rotary") vijačnih (spiralnih) kompresorjev, inverterjev, istosmernih elektromotorjev (brez krtačk), dinamičnih sistemov za variabilni pogon (variabilna kontrola obratov) črpalk in kompresorjev, integriranih sistemov, ipd., bo

znatno doprinesla k robustnosti in zanesljivosti toplotnih črpalk, daljši tehnični življenjski dobi s sedanjih 14 na 21 let, boljšim končnim izkoristkom in manjšim vzdrževalnim stroškom, in končno, ekonomiki.

Cene storitev dimnikarske službe so določene glede na vrsto storitev, vrsto naprave, toplotno moč kurilne naprave, vrsto goriva in pogoje izvajanja, ki se razlikujejo v zahtevnosti izvedbe posamezne storitve. Cena je približno 25 EUR/ura, brez prevoza in davka na dodano vrednost (Uradni list RS, št. 129/04, 57/06, 105/07 in 102/08, 57/2010). Tovrstni stroški so znatni in večkrat zanemarjeni v primerjalnih analizah različnih grelnih sistemov, npr., v ekonomski analizi, analizi stroškov-dobrobiti, analizi zunanjih stroškov (npr., indirektni stroški zaradi prašnih delcev) in analizi stroškov v življenjski funkciji.

Primerjava, sistemi gretja sanitarne tople vode vs TČ

Fraunhofer ISE, statistika potrošnje energije za gretje sanitarne tople vode

Fraunhofer ISE v študiji iz leta 2010 navaja sledeče porabe energije:

- min 453, maks 6349, povprečje 3089 kWh/a, kar je približno 16 - 34 kWh/m² a.

Za kombinirano izvedbo gretja sanitarne tople vode:

- min 1314, maks 9179, povprečje 4420 kWh/a

Iz gornjega sledi, da povprečna rezidenčna zgradba 230 m² porabi med 3.68 in 7.8 MWh letno; z moderno toplotno črpalko tipa aero (zrak), bi strošek gretja sanitarne tople vode v Sloveniji znesel med:

- 132.48 EUR in
- 280.8 EUR/letno.

Tabela letnih in desetletnih stroškov gretja sanitarne tople vode

Table 0.17. Desetletni in letni stroški različnih sistemov gretja sanitarne tople vode, EUR, 2013

<i>Grelni sistem</i>	<i>Letni stroški za toplo vodo (EUR)</i>	<i>Letni stroški diferenca (sistem-TČ, EUR)</i>	<i>Sedanja vrednost 10 letni prihrankov (€)</i>	<i>10 letni mnogokratnik (max investicija, EUR)</i>
TČ	68.05	0	(472.936 stroški)	-
N plin	426.08	358.03	2488.25	5.26 (1914.0)
UN plin	702.90	634.85	4412.10	9.32 (3393.9)
Peleti	282.06	214.01	1487.33	3.14 (1144.1)
Drva	276.42	208.37	1448.14	3.06 (1113.9)
Olje	536.49	468.44	3255.58	6.88 (2504.3)
Elektrika	722.22	654.17	4546.37	9.61 (3497.2)

Nominalna obrestna mera 7%, objekt 230 m², lociran v spodnjem posavju, brez vzdrževalnih in zunanjih stroškov

NB: BREDEM model navaja enostavno linearno enačbo, ki opisuje dnevno porabo tople vode v litrih, $C_{poraba} = 38 + 25 N$, kjer N predstavlja število oseb. Razširjen model navaja izhodno temperaturo $T = 51.9^{\circ}\text{C} \pm 1.3^{\circ}\text{C}$, $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$, in 0.168 MJ/liter potrebne energije. Iz navedenih BREDEM izhodišč, bi dvodružinska (6 članov) individualna hiša imela letne stroške za gretje sanitarne tople vode 146.72 EUR v primeru aerotermaalne TČ in 84.09 EUR v primeru geotermaalne izvedbe TČ. Strokovna literatura v svoji kritiki navaja, da BREDEM model preceni vrednosti za 35%, ob upoštevanju kritik so gornje ocene stroškov gretja sanitarne vode za geotermaalno izvedbo več kot sprejemljive, 54.66 EUR/letno in v primeru aerotermaalne izvedbe 95.36 EUR/letno.

Fleksibilna izvedba gretja sanitarne tople vode bi na primer obratovala v režimu geotermaalne TČ za časa grelnih dni (Novo mesto, 244 dni ali $f = 0.6684$), preostanek leta pa v režimu aerotermaalne sheme (121 dni $f = 0.3315$), približno 104.85 EUR/letno.

Ocena letnih stroškov gretja sanitarne tople vode (grafični prikaz)

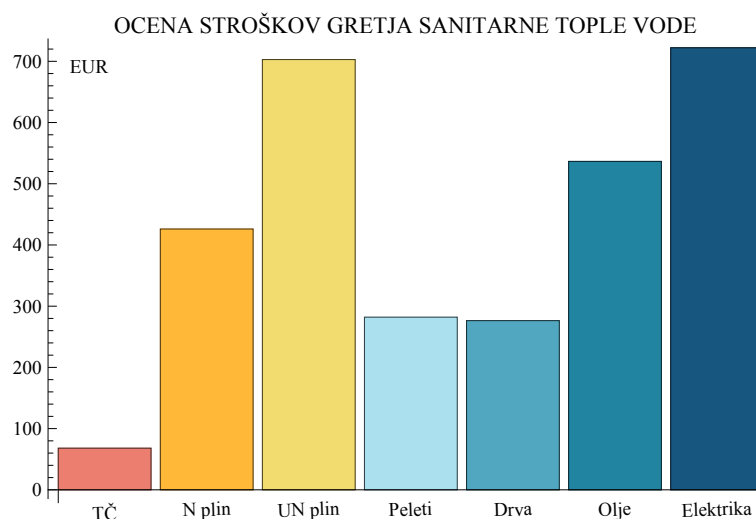


Figure 0.84. Vrednosti izdatkov (letnih) za gretje sanitarne tople vode, hiša 230 m² z dvema družinama

Ocena neto sedanje vrednosti - NSV desetletnih stroškov gretja sanitarne tople vode (grafični prikaz)

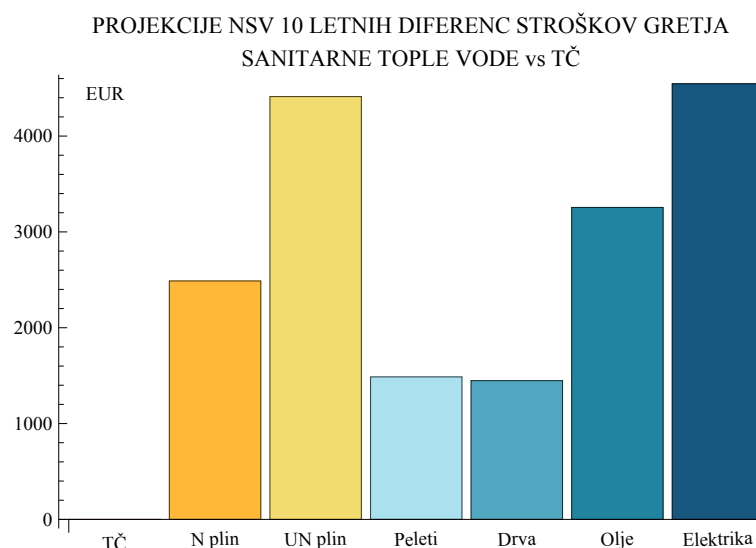


Figure 0.85. Sedanje vrednosti 10 letnih diferenc v stroških za gretje sanitarne tople vode, dvodružinska hiša, 230 m²

Nota bene

NB: V primeru obnavljanja sistema gretja vzamemo investicijsko vrednost obnove (v isti sistem) in vrednost novega sistema, npr., razlika vrednosti do TČ, $\nabla = \text{ObstoječiNovSistem} - \text{SistemTČ}$. Če je ta razlika manjša kot so recimo 10 letni prihranki, je investicija upravičena. Dostikrat pa obrazložimo stroške novega sistema kot investicijo v objekt, vrednost objekta se z investicijo poveča, v tem primeru ne primerjamo investicijskih stroškov plus stroške dolgoletnega obratovanja temveč samo stroške energenta in obratovanja, npr. 10 letne porabe. Razširjen izračun stroškov energije vsebuje tudi eskalacijske faktorje, ponavadi rasti cen vsakega od energentov oz. stroškovnih postavk, saj so dostikrat predvidevanja rasti cen različne in nihajo (volatilnost - rizičnost cen, t.j. skoki cen navzgor...predvsem plina in naftnih derivatov), ki se sčasoma ponovno umirijo na neki uravnoteženi, dolgoročni ceni (trend rasti cen).

Hibridni sistemi, npr., kombinacija kateregakoli sistema med seboj ali s sončnim kolektorjem v Sloveniji nimajo večjega pozitivnega ekonomskega učinka, nasprotno. To velja za sisteme ki zaradi interminentnosti zahtevajo dodatno kapaciteto, ki jo tovrstni sistemi lahko kličejo ob vsakem času. Razlog je predvsem v znatno višjih investicijskih stroških katere je potrebno amortizirati, kar spremeni ekonomiko, donosnost takih sistemov pa je izjemno nizka ali negativna. V primeru, da se računajo dobrobiti projekta v smislu portfelja, je slika iz vidika energetske sigurnosti drugačna, riziki celotnega portfelja se zmanjšajo kar se plača z višjo cene energenta in višino investicije. V primeru, da imamo npr. aero TČ za gretje tople vode in hlajenje kleti ali hrambe v poletnem, sorazmerno toplem obdobju in sistem preklopimo na geotermalno TČ v zimskem obdobju, potem ima tovrsten sistem dvojno funkcijo ob investiciji v preklopno opcijo, ekonomski učinek je pozitiven ob investiciji v hrambnik z dvojnimi izmenjevalcem, cevni sistem s črpalko in kontrolni sistem.

Realnejše projekcije zahtevajo znatno večji nabor preverjenih vhodnih informacij in modele, ki bi presegeli namen te prezentacije. Državne

agencije, ki se ukvarjajo z tovrstno problematiko so poklicane v smislu svetovalne funkcije, da modelirajo dagajanja v tehnološkem svetu, delajo projekcije, potrošnike (javnost) in odgovorne realno seznanjajo in s tem doprinesejo družbi bodočnosti.

Vir: Domestic Water Heating and Water Heater Energy Consumption in Canada, C. Aguilar, D.J. White, and David L. Ryan, April 2005, CBEEDAC 2005-RP-02

Električni bojler A in B vs aero toplotna črpalka ter solarni kolektorski sistem (grafična preglednica)

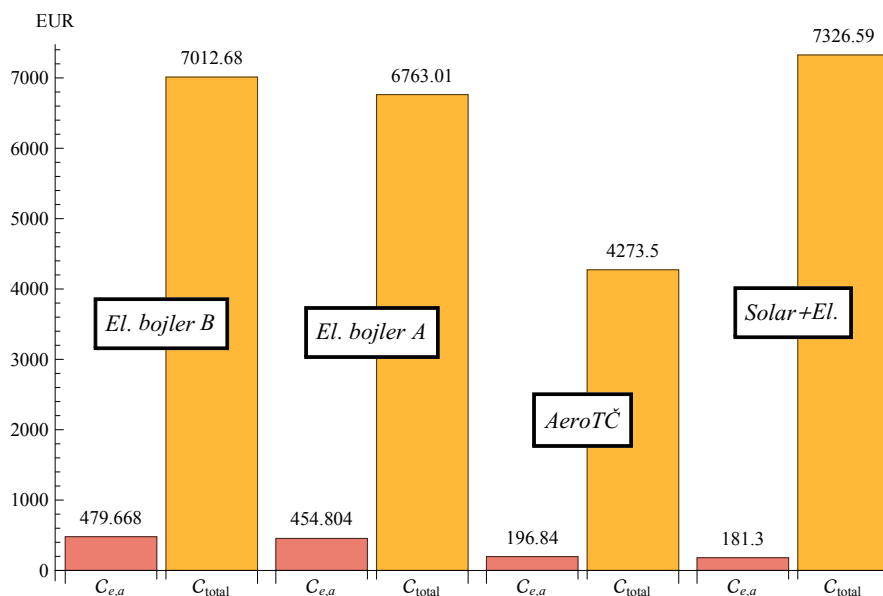


Figure 0.86. Sedanje vrednosti letnih in 13 letnih stroškov gretje sanitarne tople vode, tipična družinska hiša

Vir: prirejeno po <http://aceee.org/consumer/water-heating>

NB: Cena električne energije v Sloveniji, februar 2014, je 0.135 EUR/kWh; $C_{e,a}$ predstavlja letne stroške priprave sanitarne tople vode, C_{total} predstavlja sedanjo vrednost stroškov gretja sanitarne tople vode v 13 letnem obdobju (v pričakovani življenski dobi sistema - LCC). V življenski funkciji je sistem solarnih kolektorjev (optimalna učinkovitost $\eta = 1.20$) z dodatnim električnim grelcem v obratovanju za 53.9% dražji od aero toplotne črpalke ($\eta = 2.20$), in sistem - električni bojler z "A" učinkovitostjo ($\eta = 0.95$) za 45.9% dražji od aero toplotne črpalke; ($LCC_{solar} = LCC_{aero} e^{0.539}$, $LCC_{bojler} = LCC_{aero} e^{0.459}$).

Neekonomičnost, t.j. razlika v življenskih stroških (LCC) nastane zaradi višje investicije v sistem solarnih kolektorjev z električnim grelcem za čas nizke osončenosti (približno 3500.00 EUR/družinska hiša). Opozarjamo, zelena Slovenija ima koeficient jasnosti 0.45.

Geotermalne toplotne črpalke so v primerjavi z aereo približno 42% cenejše (učinkovitejše) v obratovanju vendar stanejo več zaradi investicije v zemeljski kolektor (izmenjevalec), ki ima dolgo življensko dobo, 50 let.

Učinkovitost (η , eta) vs življenjski stroški sistema v funkciji (grafična preglednica)

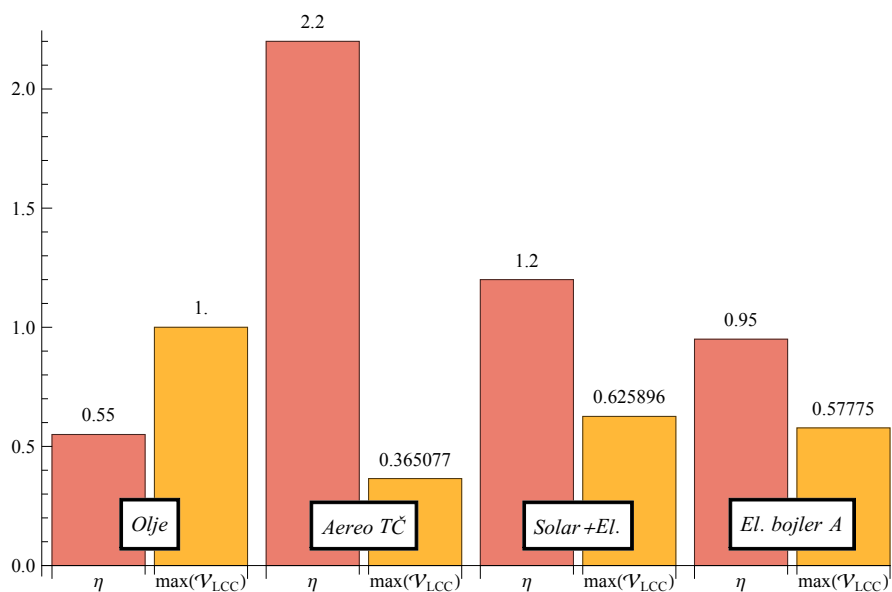


Figure 0.87. Relativni stroški gretja sanitarne tople vode vs učinkovitost (η), tipična družinska hiša

Vir: prirejeno po <http://aceee.org/consumer/water-heating>

Primerjava, indiferenčne vrednosti vs sistem gretja TČ

Indiferenčna vrednost investicije (primer, klasični el. grelec tople vode vs TČ)

Enačba za izračun indiferenčne vrednosti investicije ("Break even")

$$\sum_{i=0}^n (r+1)^{-i} (V_i - S_i) - I_{osnova} + I_{TČ} = \sum_{i=0}^n P_i (r+1)^{-i} (e_{faktor} + 1)^i \quad (43)$$

$$I_{TČ} = \sum_{i=0}^n P_i (r+1)^{-i} (e_{faktor} + 1)^i - \sum_{i=0}^n (r+1)^{-i} (V_i - S_i) + I_{osnova} \quad (44)$$

kjer gornja enačba predstavlja indiferenco (približno enako, \approx) med vsoto stroški = dobiti in kjer sumacijski indeks i preteče vrednost od 0 do n :

S_i so spodbude na letni ravni v učinkovito rabo energije (URE) ali obnovljive vire energije (OVE)

V_i pomeni letne vzdrževalne in obratovalne stroške; v primeru letne eskalacije stroškov lahko V_i pomnožimo z eskalacijskim faktorjem $(v_{faktor} + 1)^i$

e_{faktor} predstavlja eskalacijski faktor cene (električne) energije, vzamemo 4%

r je realna obrestna mera, vzamemo 7% zaradi konsistentnosti in primerljivosti z ostalimi kalkulacijami, v realnem svetu je 12.5 do 17.5%

I_{osnova} predstavlja investicijo v klasično opremo npr., grelec, predvidoma električni

$I_{TČ}$ predstavlja indiferenčno vrednost investicije v TČ z 300 literskim hrambnikom, inštalirana vrednost z DDV

P_i predstavlja prihranke na letni ravni med TČ in "starim" sistemom za gretje sanitarne tople vode

n predstavlja tehnično življensko dobo, vzamemo 15 let

Nota bene

Učinkovitost toplotne črpalke je odvisna od temperature T_2 (zraka, vode, zemeljske mase in temperaturne prevodnosti iste) in števila grelnih (hladilnih) dni. Aero toplotna črpalka bo izkazala znatno višje indiferenčne vrednosti (ang. break even value) v toplejših predelih Slovenije in nižje v hladnejših (gorskih) predelih. Vrednosti so različne v primerjavi obnove ali zamenjave oljnega, električnega, plinskega ali grelna na utekočinjeni naftni plin.

Vrednost projekta danes, pravilo palca: $V_{SV} = \frac{D_{prihranki}}{r}$, r je obrestna mera, $D_{prihranki}$ so letni prihranki v monetarni obliki.

Neto sedanje vrednosti indiferenčne investicije (grafični prikaz)

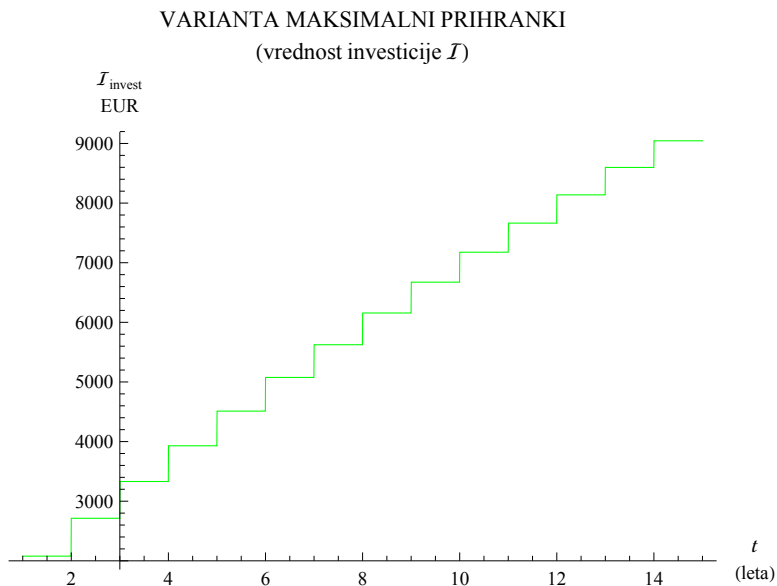


Figure 0.88. Sedanje vrednosti indiferenčne investicije v TČ za gretje sanitarne tople vode

NB: Predvidene so spodbude v smotrno rabo energije, 40.00 EUR/letno. Izračun je na osnovi: klasični električni grelec tople vode, kakovosten slovenski proizvod, 300 litrov, vs TČ.

Sedanja vrednost neizkoriščenih potencialnih prihrankov z TČ vs klasično (električno) gretje sanitarne tople vode (grafični prikaz)

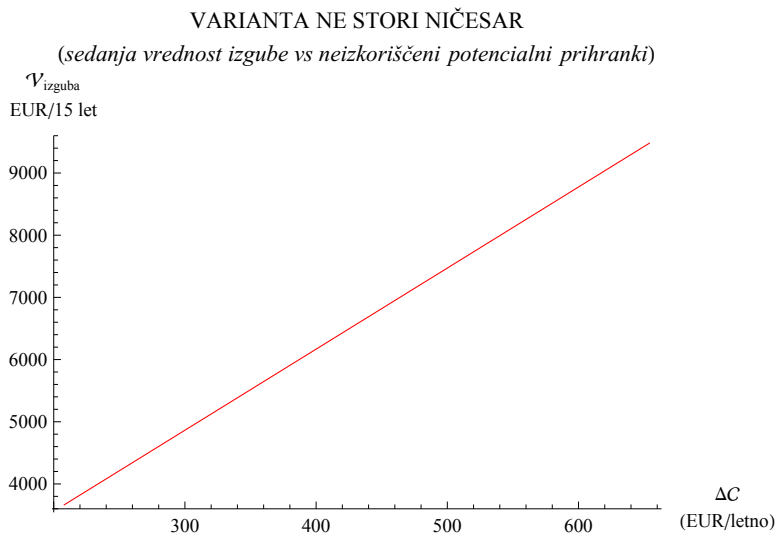


Figure 0.89. Sedanje vrednosti 15 letnih neizkoriščenih potencialnih prihrankov v stroških za gretje sanitarne tople vode, 6 članska dvodružinska hiša, 230 m²

NB: V kalkulaciji so predvidene spodbude v smotrno rabo energije, 40.00 EUR/letno.

Vir: NREL, Energy Savings and Breakeven Cost for Residential Heat Pump Water Heaters in the United States, Jeff Maguire, Jay Burch, Tim Merrigan, and Sean Ong, National Renewable Energy Laboratory

Izračuni indiferenčne investicije v TČ vs klasični kotel na olje/plin priznanega proizvajalca

Indiferenčne vrednosti investicije in prihranki (grafični prikaz)

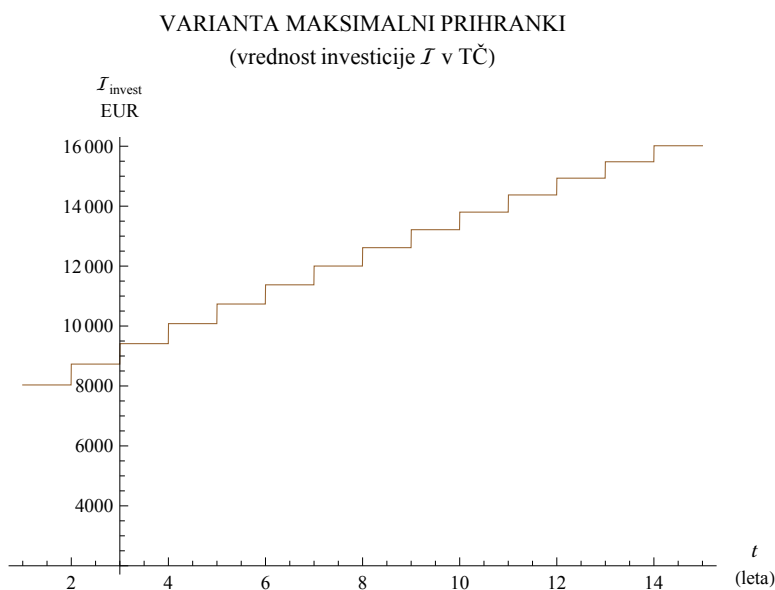


Figure 0.90. Sedanje vrednosti indiferenčne investicije v TČ za gretje in pripravo sanitarne tople vode

Varianta NE STORI NIČESAR, potencialne nerealizirane dobrobiti (grafični prikaz)

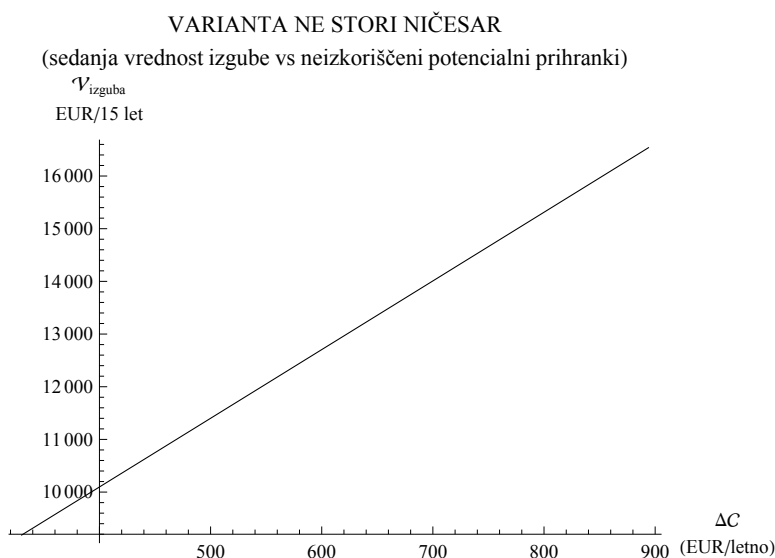


Figure 0.91. Sedanje vrednosti 15 letnih neizkoriščenih potencialnih prihrankov ΔC v stroških za gretje in pripravo sanitarne tople vode

Indikativna primerjava je vzeta za klasičen kotel na olje/plin priznanega proizvajalca, 15-30 kW moči. Stroški montaže, dimnika, letnih dimnikarskih storitev, vzdrževanja, hrambe in prevoza goriva in demontaže so vzeti indikativno.

Uporabnost, razpoložljivost in učinkovitost

Prihranki energije, stroškov in učinkovitost sistemov TČ (grafični prikaz)***

1. Povprečen prihranek energije: 31 - 71%
2. Prihranek na stroških: 18 - 54%
3. Grelna učinkovitost: 50 - 70% višja od primerjanih, klasičnih sistemov gretja
4. Hladilna učinkovitost: 20 - 40% višja od primerjanih, klasičnih sistemov hlajenja

Povprečja so vzeta, spodnje vrednosti aero, gornje geotermalne izvedbe.

Vir.: NREL Geothermal Technology Team, NREL - National Renewable Energy Laboratory, 2013

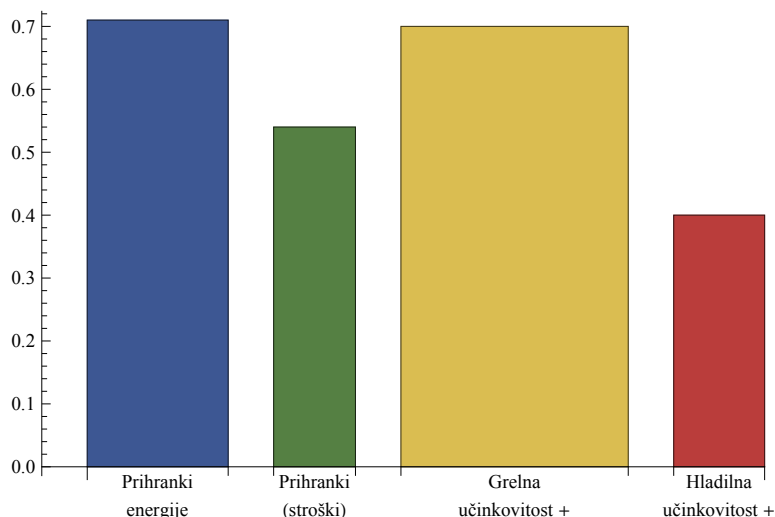


Figure 0.92. Prihranki energije, stroškov in učinkovitost sistemov TČ vs komparativni sistemi

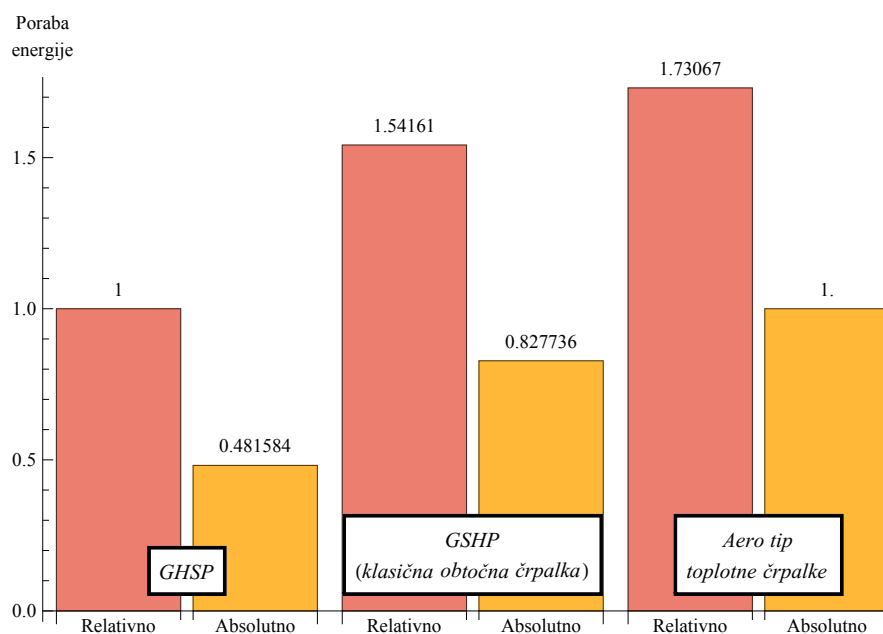


Figure 0.93. Poraba energije, relativna in absolutna primerjava geotermalne GSHP vs aero TČ

Vir: Prirejeno po: Analysis of Energy, Environmental and Life Cycle Cost, U.S. Department of Energy

Tehnični pregledi (periodični), novih in obstoječih objektov

Pričakovanja:

Ob 0.4% odstotnem investicijskem vložku od vrednosti novega objekta, t.j., 0.728346 EUR/ m^2 in 2.81627 EUR/ m^2 lahko pričakujemo v primeru implementacije priporočil sledeče rezultate:

- srednji prihranki iz naslova energetske učinkovitosti: 16% in 13%
- srednja doba vračanja investicije: 1.1 in 4.2 let
- razmerje dobiti/stroški: 4.5 in 1.1
- dohodek na vložek (monetarni), 91% in 23% (razmerje med prihranki v prvem letu deljeno z investicijskimi stroški)
- znatne redukcije emisij toplogrednih plinov ob negativnih stroških, -81.4 in -18.5 EUR/tona CO₂ ekvivalentno.

Faktor energetske učinkovitosti EF in učinkovitost na relaciji do primarne energije

Toplotne črpalke tip aero vs. gretje sanitarne tople vode na naravni plin (NP, metan) in električni grelec s hrambnikom.

	EF	$\eta \wedge P_{\text{energija}}$	$TC_1 \wedge EF$	$f(P_{\text{energija}})$
N_{plin}	0.6	0.55	3.33	1.07
El_{bojler}	0.91	0.27	2.19	2.18
TC_1	2	0.59	–	3.38
TC_2	2.5	0.74	–	3.37

kjer η predstavlja učinkovitost, f predstavlja mnogokratnik (faktor), EF predstavlja energetska učinkovitost kWh/kWh, tj. vhodna/koristna energija.

Vir: Jeff Maguire, Jay Burch, Tim Merrigan, and Sean Ong, National Renewable Energy Laboratory, Technical Report, NREL/T-P-5500-58594, July 2013

Novi standardi energetske učinkovitosti v EU

Novi EU standardi energetske učinkovitosti, ki se uporabljajo za ogrevalne sisteme in naprave za pripravo tople vode

EU uvaja nove standarde energetske učinkovitosti za sisteme ogrevanja, hlajenja in gretja tople vode. Novi predpisi v okviru evropske strategije učinkovite rabe energije zagotavljajo, da samo najbolj energetska učinkovite naprave vgrajujemo v obnovo ali novogradnjo ogrevalnih, hladilnih in prezračevalnih sistemov.

Pravilnik bo začel veljati 26. septembra 2015 in je skladu s ciljem do leto 2020.

Cilj je da Evropejci na letni ravni prihranimo več kot 400 TWh energije na področju ogrevalnih sistemov in 125 TWh na področju gretja tople vode (6 TWh je letna proizvodnja nuklearke Krško, nekaj manj...). Pravilnik zajema plinske, naftne in električne ogrevalne sisteme, sisteme toplotnih črpalk, sisteme za soproizvodnjo toplotne in električne energije in za kombinirane ogrevalne sisteme z vgrajenim generatorji tople vode. Nekatere naprave v novem standardu so predmet zmanjšanja izpustov dušikovega oksida, NO_x in zmanjšanja nivoja hrupa. Različni standardi veljajo za integracijo solarnih sistemov.

Namen novih standardov je zagotoviti, da se samo najbolj energetska učinkovite naprave uporablja v obnovi ali novogradnji ogrevalnih in hladilnih sistemov. Nalepka EU bo pomagala potrošniku, trgovcu na debelo in drobno ter obrtniku oceniti stopnjo energetske učinkovitosti zadevnih izdelkov. Pravilnik bo zavezujoč za proizvajalce, trgovino in obrt z dnem 26. septembra 2015.

Stroškovno optimalna obnova lahko zmanjša porabo energije za 60%.

Metodologija

Zgradba kot sistem (grafično***)

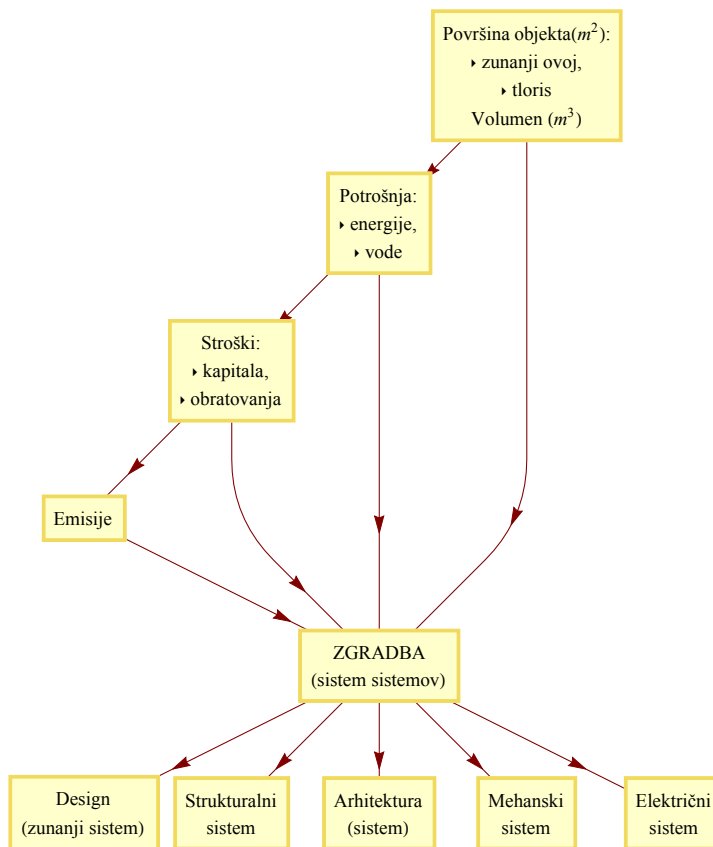


Figure 0.94. Zgradba kot sistem (sistemov)

Davki iz zgodovine...na velikost in število oken (Anglija, Francija, Španija, Škotska)...pri nas je površina hodnika obdavčena isto kot bivalna...obstajajo primeri, da so arhitekti dejajirali hodnike minimalnih še dovoljenih dimenzij (po predpisih...), ki omejujejo pretoke...

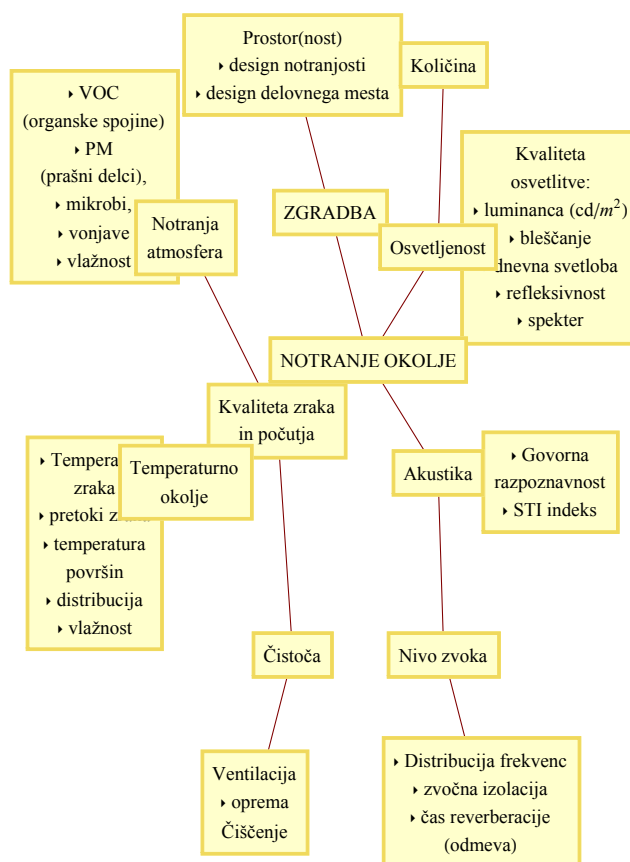
Zgradba kot bivalno okolje (grafična preglednica *)**

Figure 0.95. Zgradba kot "kvalitetno" okolje

Metodologija, omejitev obširnosti analize učinkovite rabe energije

Primerjalna študija združuje tehnično analizo okoljskih vplivov in potencial za izboljšave na osnovi analize "od rojstva do groba" z pogledom na širšo (gospodarsko in politično) analizo ekonomije kjer se analizira izvedljivost in upravičenost kriterijev za uresničitev vzdržne porabe energije vključno z proizvodnimi cilji alternativnih scenarijev in opcij.

Vsak primer vsebuje sledeče osnovne korake:

1. Ekonomska in tržna analiza

V analizi ne sledimo vsem zahtevam ekonomske in tržne analize zaradi obsega dela, usmerjamo se predvsem na stroške proizvodnje, stroške v funkciji in odpadne vrednosti ob koncu tehnične življenske dobe.

2. Stroški v življenski funkciji (angl. Life Cycle Analysis)

Analiza je zelo zahtevna tudi v primeru interdisciplinarnega tima z dostopom do vseh relevantnih baz podatkov. Stroškovnik je v tem našem primeru pomankljiv saj ne vsebuje indirektnih postavk.

3. Pregled evropske in slovenske zakonodaje, standardov in usmeritev**4. Politčna analiza (angl. Policy Analysis):**

Po zaključku predhodnih in kvantitativne analize se razčleni primernost alternativ oz. opcij:

- a. Ne storimo ničesar, status quo;
- b. Promoviramo in usmerjamo;
- c. Vršimo informativne dejavnosti, npr. opozarjamo na prostovoljne ali obvezne oznake in potencialne dobrobiti/stroške;
- d. Fiskalni instrumenti, zakoni, odredbe...finančne spodbude, davki...
- e. ...
- f. Odločitev: JA - NE

Definicija alternative sloni na realnih opcijah v določenem obdobju in ključnih kriterijih evaluacije odprtih možnosti:

- Pričakovana učinkovitost različnih opcij in scenarijev, t.j., okoljskih in ekonomskih;
- Verjetni stroški implementacije;

- Uresničljivost izbrane opcije, izbora;
- Riziki in potencialni negativni/pozitivni vplivi, izidi, posledice in učinki, npr. riziki cen energentov, zanesljivost izdobjav...

Kvantitativna ocena primerja omejeno število scenarijev, t.j., kategorij produktov nasproti alternativnim, z različnimi začetnimi investicijami in različnimi obratovalnimi stroški (prevsem cenami energenta) ter v nekaterih scenarijih, nestanovitnostjo pričakovanih cen energenta in cenovne bežnosti ter vprašljivo dolgoročno zanesljivostjo izdobjav.

Dolžina ogrevalne sezone v odvisnosti od nadmorske višine

Dolžina ogrevalne sezone v odvisnosti od nadmorske višine (prirejeno po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje) se giblje med 185 (obmorske lege) do 310 dni (nadmorska višina 600 - 800 m).

Za standardno atmosfero je dano:

- Povprečna temperatura 15°C
- Povprečni pritisk 1013.25 hPa (ob morski gladini)
- Povprečen padec temperature na 100 m elevacije je 0.65°C; suh zrak se ohlaja hitreje, približno 1°C vsakih 100 m, vlažen pa približno 0.5°C.

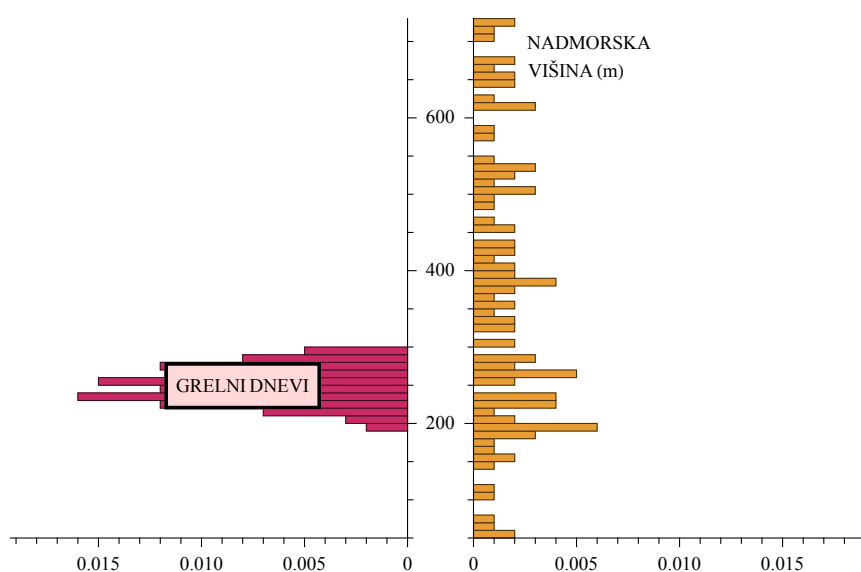


Figure 0.96. Grelni dnevi in nadmorska višina, RS

Ilustracija...

GEOTERMALNE TOPLLOTNE ČRPALKE
(potek izračunov)

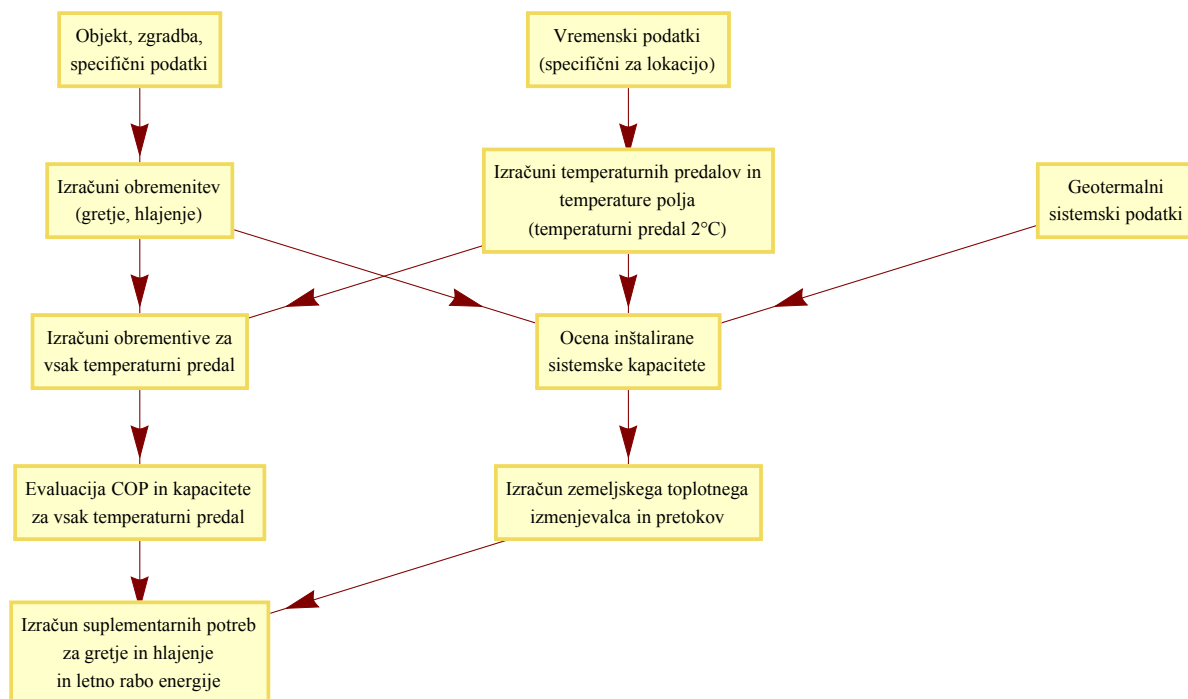


Figure 0.97. Potek izračunov, grelni dnevi (vremenski podatki), zgradba, geotermal sistemski, izračun letne rabe energije

Okoljska vprašanja

Enačbe

Stroški zmanjšanja 1 tone CO₂ emisij v sklopu naporov učinkovite rabe energije v zgradbah imajo v nekaterih primerih negativne vrednosti, t.j. generirajo prihranke v življenski funkciji.

Emisije, enačbe:

$$\mathcal{E}_{\text{izpusti}} = n \times \mathcal{L} \times m \times \text{GWP} \quad (45)$$

$$\mathcal{E}_{\text{elektrika}} = n \times \epsilon_{\text{letno}} \times \text{EF} \quad (46)$$

$$\mathcal{E}_{\text{odpad}} = \mathcal{L}_{\text{razgradnja}} \times m \times \text{GWP} \quad (47)$$

$$\text{TEWI} = \text{EF} \, n \, \epsilon_{\text{letno}} + \text{GWP} \, m \, (n \, \mathcal{L} + \mathcal{L}_{\text{razgradnja}}) \quad (48)$$

kjer:

n pomeni življensko dobo opreme, toplotne črpalke, (leta)

\mathcal{L} pomeni letno propušcanje delovnega medija, (%)

m je masa delovnega medija, (kg)

GWP je globalni potencial segrevanja podnebja, (kg CO₂/kg delovnega medija, npr., R-407c)

ϵ_{letno} letna raba energije (kWh/letno)

EF je emisijski faktor pri pridobivanju el. energije, (kg CO₂/kWh)

$\mathcal{L}_{\text{razgradnja}}$ so zgube delovnega medija v času razgradnje, (%)

Primer projekcije cene CO₂ na EEX

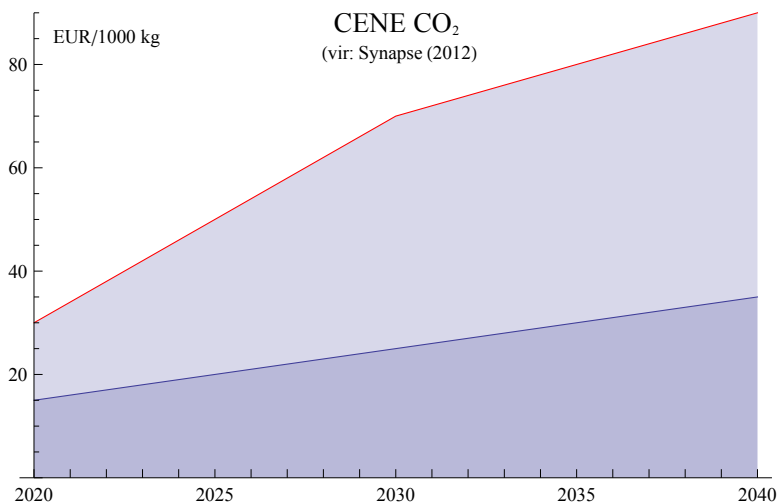


Figure 0.98. Primer projekcij cene CO₂, vir: Synapse 2012

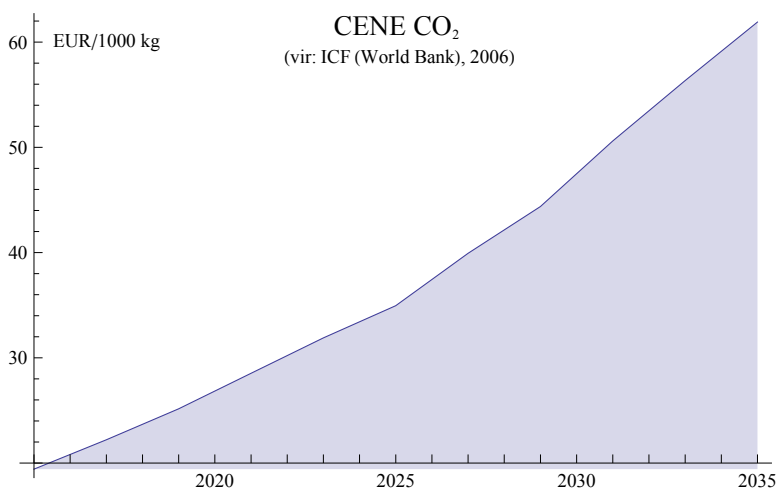


Figure 0.99. Primer projekcije cene CO₂, vir: ICF 2006

Delovni primer, podatki za izračun

Moč : 6 kW
 Masa delovnega medija : 1.8 kg R-407c
 GWP R-407c: 1530 kg CO₂/kg
 Življenska doba opreme: 15 let (različne, min 6 let, maksimum 21 let, najbolj verjetne 14 let)
 Letno propuščanje: 2% (0.02)
 Izgube delovnega medija ob razgradnji: 15 % (0.15)
 Letna poraba el. energije 8 000 kWh, emisijski faktor (EF) v proizvodnji el. energije 0.47 kg CO₂ /kWh.
 Primer zgoraj daje rezultat TEWI, skupaj 57639 kg CO₂

Okoljska vprašanja, E_{RES}

NB: V Nemčiji, vsak prebivalec podpira obnovljive vire energije, npr. solar in vetrno z 281.17 EUR/letno (2.08 MWh), nekaj podobnega bi bilo v Sloveniji neracionalno - nevzdržno...

Energija (OVE) pridobljena z toplotno črpalko se računa s sledečo formulo:

$$E_{RES} = Q_{USABLE} \left(1 - \frac{1}{SPF} \right) \tag{49}$$

$$SPF > \frac{1.15}{\eta} \tag{50}$$

kjer η pomeni faktor učinkovitosti pri pretvorbi primarne energije v električno, $\eta = 0.38 - 0.6$.

Za manjšo, dvodružinsko stanovanjsko hišo, ki nam služi kot osnova za primerjave, delež obnovljive energije E_{RES} znaša med 17300 do 19500 kWh letno od skupne letne porabe, ki je približno 26000 kWh.

Enačbe in definicije ter EU standardna klasifikacija za SHP sistem

SHP referenčni sistem (grafični prikaz)

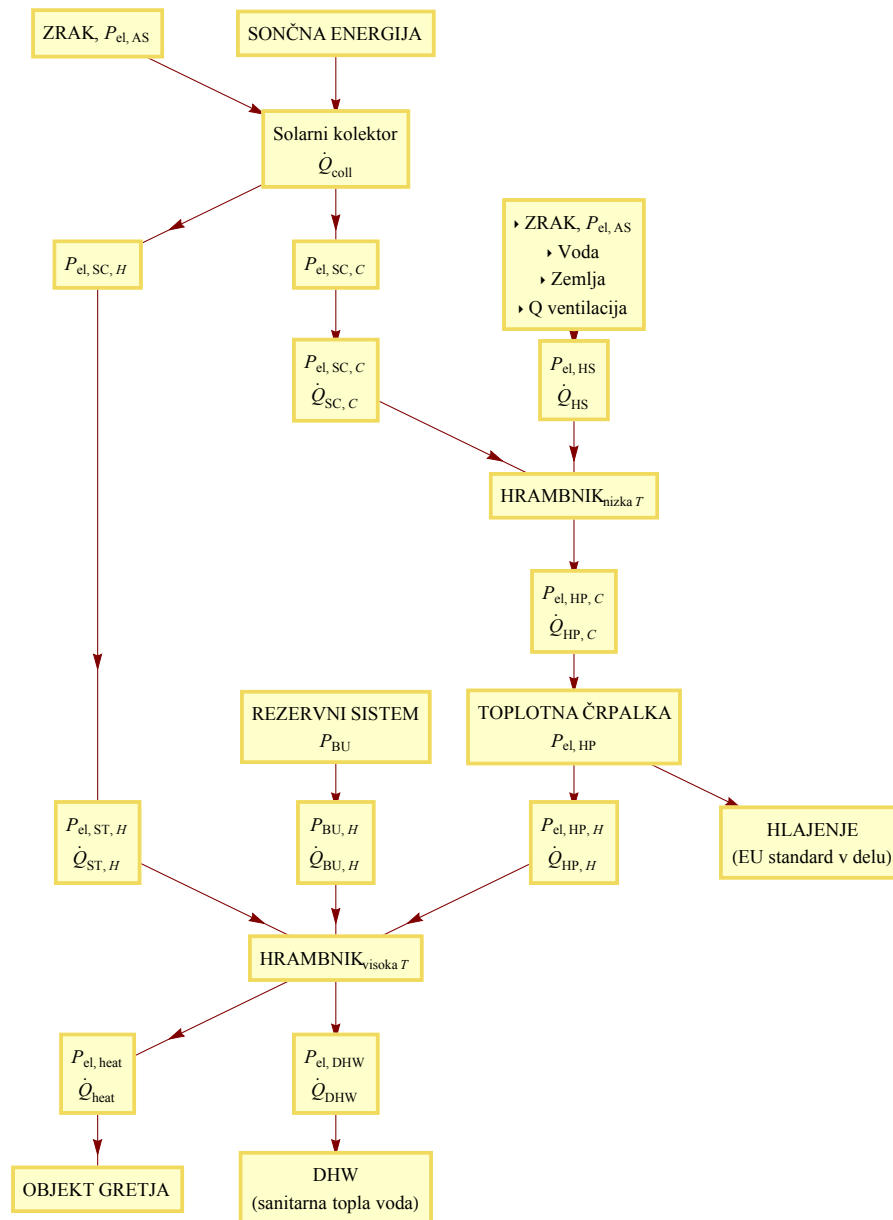


Figure 0.100. EU nomenklatura, specifikacije in relacije sistemov gretja in hlajenja, vir: povzeto in prirejeno po Technical Report 5.1.3, Austrian Institute of Technology, Ivan Malenković, 2012

Primerjava med tehnologijo solarnih kolektorjev in toplotnih črpalk (analiza v življenjskem ciklusu, od rojstva do groba) na področju rabe materialov in toksičnosti (ljudje, pitna voda in habitat), daje znatno prednost toplotnim črpalkam, prihranki na materialu in manjša toksičnost se gibljejo v povprečju med 49% (aero tip) in 65% (tip zemlja-voda in voda-voda). Vir: Domestic solar thermal water heating: A sustainable option for the UK. Benjamin Greening, Adisa Azapagic, Renewable Energy, Volume 63, March 2014, Pages 23–36, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148113004576>.

Formule za izračune

Povzeto po "DEFINITION OF PERFORMANCE FIGURES FOR SOLAR AND HEAT PUMP SYSTEMS", Technical Report 5.1.3, Austrian Institute of Technology, Ivan Malenković, Version 1.1, 2012.

COP računamo kot razmerje med kapaciteto gretja in skupne porabe el. energije merjeno ob določenih pogojih, za hlajenje uporabljamo razmerja energetske učinkovitosti EER.

$$\text{COP} = \frac{\overline{\dot{Q}_H}}{P_{\text{el, HP}}} \quad (51)$$

Za sisteme, ki koristijo energijo iz različnih primarnih virov, PER računamo kot:

$$\text{PER} = \frac{\int (\dot{Q}_{\text{Heat}} + \dot{Q}_{\text{DHW}}) dt}{\int E_p dt} \quad (52)$$

kjer E_p predstavlja primarno energijo vloženo v sistem. Relacija med primarno in končno energijo računamo po enačbi:

$$E_p = \sum_i \frac{E_{F,i}}{\varepsilon_i} \quad (53)$$

$$E_p = \sum_i^n \frac{E_{F,i}}{\varepsilon_i}$$

Razmerje RER, z obnovljivimi viri energije dobimo:

$$\text{RER} = \frac{\int (\dot{Q}_{\text{Heat}} + \dot{Q}_{\text{DHW}}) dt}{\int \sum P_{\text{ren}} dt} \quad (54)$$

$$E_{\text{ren}} = \int \sum P_{\text{ren}} dt = E_{\text{ren, direct}} + E_{\text{ren, indirect}} \quad (55)$$

Koncept frakcionalnih prihrankov energije je definiran v EN ISO 9488[9].

$$f_{\text{sav}} = 1 - \frac{\text{SHP}_{\text{SistemskaPoraba}}}{\text{SistemskaReferenčnaPorabaEnergije}} \quad (56)$$

$$f_{\text{sav}} = 1 - \frac{\text{EnergyConsumptionSHP_system}}{\text{EnergyConsumptionReferenceSystem}} \quad (57)$$

$\text{SPF}_{H, \text{HP}}$ je definiran kot:

$$\text{SPF}_{H, \text{HP}} = \frac{\int \dot{Q}_{\text{HP}, H} dt}{\int P_{\text{el, HP}} dt} \quad (58)$$

$\text{SPF}_{H, \text{ST, tot}}$ vključuje porabo električne energije za solarni tokokrog in vse obtočne črpalke potrebne za distribucijo toplote drugim komponentam sistema, enačba:

$$\text{SPF}_{H, \text{ST, tot}} = \frac{\int (\dot{Q}_{\text{ST}, H} + \dot{Q}_{\text{ST}, C}) dt}{\int (P_{\text{el, AS}} + P_{\text{el, SC, C}} + P_{\text{el, SC, H}} + P_{\text{el, ST, C}} + P_{\text{el, ST, H}}) dt} \quad (59)$$

q_{sol} definiramo (angl. Specific Solar Yield) kot:

$$q_{\text{sol}} = \frac{\int (\dot{Q}_{\text{ST}, H} + \dot{Q}_{\text{ST}, C}) dt}{A_{\text{coll}}} \quad (60)$$

q_{sol} razdelimo na visoko in nizko temperaturni donos:

$$q_{\text{sol}, H} = \frac{\int \dot{Q}_{\text{ST}, H} dt}{A_{\text{coll}}} \quad (61)$$

$$q_{\text{sol}, C} = \frac{\int \dot{Q}_{\text{ST}, C} dt}{A_{\text{coll}}} \quad (62)$$

$SPF_{H,HP+HS}$ računamo po enačbi:

$$SPF_{H,HP+HS} = \frac{\int \dot{Q}_{HP,H} dt}{\int (P_{el,HP} + P_{el,AS} + P_{el,SC,C} + P_{el,ST,C} + P_{el,HP,C} + P_{el,HS}) dt} \quad (63)$$

$SPF_{H,bSt}$ predstavlja skupno učinkovitost sistema za frakcije dostavljene toplote vključno z rezervnim sistemom:

$$SPF_{H,bSt-BU} = \frac{\int (\dot{Q}_{HP,H} + \dot{Q}_{ST,H} + \dot{Q}_{BU,H}) dt}{\int (P_{el,HP} + P_{el,AS} + P_{el,SC,C} + P_{el,SC,H} + P_{el,ST,C} + P_{el,HP,C} + P_{el,HS} + P_{el,BU}) dt} \quad (64)$$

$SPF_{H,SHP}$ v primerjavi z SPF_H ne vključuje porabo energije za gretje in (DHW) distribucijo sanitarne tople vode, služi predvsem za evaluacijo številnih drugih tehnologij vključno z električnimi, solarnimi kombinacijami, z toplotnimi črpalkami na toplotni pogon, kotlov na olje, plin ali biomaso brez hrambe in električne porabe.

$$SPF_{H,SHP} = \frac{\int \dot{Q}_{HP,H} dt}{\int P_{el,tot} dt} \quad (65)$$

$$P_{el,tot} = P_{el,HP} + P_{el,AS} + P_{el,SC,C} + P_{el,SC,H} + P_{el,ST,C} + P_{el,ST,H} + P_{el,HP,C} + P_{el,HP,H} + P_{el,HS} + P_{el,BU,H} + P_{BU} \quad (66)$$

Skupno standard predstavlja 7 nivojev sistemskih mej za izračun sistemskih faktorjev na EU nivoju in je še vedno v delu (razvoju).

Talno gretje, klasični krmilnik vs. "krmilnik bodočnosti" (grafični prikaz)

Detaljna metodologija je podana na spletni strani <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT225.htm>

Citiramo vir: Bojan Grobovšek, univ.dipl.inž.str.:

“Za lokacijo stavbe je izbrana osrednja Slovenija, z projektno zunanjo temperaturo - 16° C. V članku so navedeni osnovni napotki za dimenzioniranje toplotne črpalke. Za optimalno dimenzioniranje TČ je potrebno narediti natančen izračun toplotnih izgub zgradbe, določiti hladilno moč in potrebe po topli sanitarni vodi. Izbrati moramo primeren ogrevalni sistem, režim in način obratovanja TČ ter določiti najprimernejši vir toplote. Tako lahko v obmorskih krajih za monovalentno obratovanje uporabimo zrak, v osrednji Sloveniji, kjer so projektne zunanje temperature - 16 °C in nižje, pa moramo za monovalenten način obratovanja TČ predvideti drugi vir (talno vodo, zemljo, kamenine). Talna voda je zaradi v konstantne temperature zelo primerna, vendar potrebujemo ustrezna soglasja in imeti zagotovljen konstanten pretok. Prav tako moramo poznati kvaliteto vode in upoštevati dovoljene predpisane vrednosti za določene snovi v njej.

Vgradnja globinske zemeljske sonde namesto zemeljskega kolektorja je mnogo dražja varianta. Najcenejša je vgradnja zemeljskega kolektorja vendar je potrebno vgradnjo opraviti korektno, da ne vplivamo na vegetacijo, na razpolago pa moramo imeti dovolj veliko površino zemlje. Pri zemlji in kameninah moramo razpolagati s podatki o razpoložljivem odvzemu toplote iz zemlje.

Optimalni režim ogrevalnega sistema je 40/35 °C ali celo nižji, maksimum naj ne bi presegel 50/40 °C. Posebne izvedbe toplotnih črpalk obratujejo z visokim grelnim številom tudi v temperaturnih režimih, kjer znaša temperatura dvižnega voda tudi do 65 °C. Za kakovostno izvedbo ogrevalnega sistema in vgradnjo TČ potrebujemo ustrezno izdelano tehnično dokumentacijo, za obratovanje in vzdrževanje pa ustrezna navodila”.

Da se izognemo predimenzioniranju TČ, predvidimo dogrevanje za 5% grelnih ur, ko je ambientna temperatura nižja od -6 stopinj Celzija. Ambientnih temperatur nad 25 stopinj Celzija je za Slovensko lokacijo, zemljepisna širina ϕ 46 severno in dolžina λ 15 vzhodno samo 1%.

Zelo obširni gradivo so napisali na Institutu “Jožef Stefan”, Ljubljana, Slovenija, Center za energetske učinkovitost (CEU) in se dobi na spletni strani http://www.petro.si/files/attachment/ijs_metodologija_26_09.pdf

- KRMILNIK (bodočnosti)
- KRMILNIK (klasični)

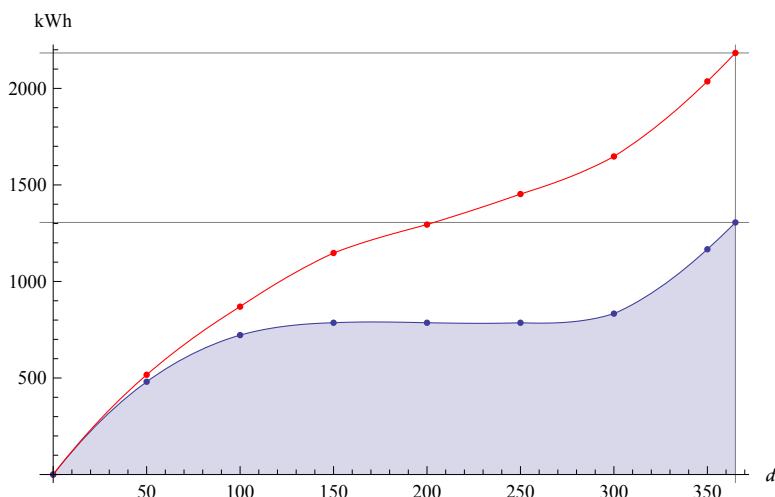


Figure 0.101. Primer optimizirane potrošnje energije za gretje delovnega prostora (12 oseb, TČ in talno, vodno gretje, centralni krmilnik), vir: Gregory Provan, Alberto Venturini, 2011

"Vremenski" krmilnik zmanjša letno porabo energije na 0.59796 (faktor) v primerjavi s klasičnim, oziroma, klasični je za faktor 1.67 dražji v primerjavi z "vremenskim" krmilnikom, ki uravnava porabo energije na osnovi vremenske napovedi in "toplotne inercije zgradbe").

Adaptirano iz: "Stochastic Simulation and Inference using Modelica", Gregory Provan Alberto Venturini, 2011.

Primeri, izračuni in metode ter izhodišča

V primeru, da ne poznamo eksplicitno stroškovne postavke, vzamemo aproksimacijo (ocena deleža (frakcije) skupne investicije):

delo	0.026, v primeru, da cenimo delo; v primerjalni analizi je to potrebno
vzdrževanje in deli	0.0212, rezervni deli, servisiranje, občasna popravila, obnova ali zamenjava
manjših sklopov, potrošni material	
dimnikarske usluge	50 EUR/letno, za eno merjenje
servisne usluge	125 EUR/letni tehnični pregled in optimizacija operativnih - kontrolnih parametrov (odvisno od paketa, kompleksnosti - obširnosti servisa, ipd.)
odvoz odpadkov	0.0026, v primeru da ne vzamemo skupnega faktorja variabilnih stroškov, npr.
odvoz pepela	
prevozni stroški	2 EUR/km, 16 EUR/t za 25 tonski kamion do 200 km, ali 0.06 od cene energenta
variabilni stroški, skupaj	0.0267
cena energenta _x	\mathcal{X} , (poraba je funkcija učinkovitosti sistema in letne degradacije)

Izračun cene kapitala

Pri vseh projektih, tudi če so v manjši v finančnem pogledu, npr. investicija v URE, določimo povprečno ceno kapitala, tako lasnega deleža kot delež, ki smo ga pridobili pri finančni inštituciji - banki.

Pri finačni istituciji, npr. banki dobimo obrestno mero, r_d , vrednost lastnega kapitala, r_e , določimo sami, ki je višja od vrednosti r_d , recimo za vrednost rizika. V primeru, da obratujemo kot podjetje, vzamemo tudi davčno stopnjo, τ , ki je trenutno v Sloveniji 17%. Od skupne investicije določimo lastni delež, e , in delež, ki smo ga pridobili pri finančni inštituciji (kredit), d , povprečno ceno kapitala označimo kot w . Enačbo napišemo kot:

$$w = r_d(1 - \tau) \frac{d}{d + e} + r_e \frac{e}{d + e} \quad (1)$$

določimo parametre za gornjo enačbo:

bančna obrestna mera, r_d	0.085 (8.5%)
lastna obrestna mera, r_e	0.125 (12.5%)
delež kredita, d	0.8 (80%, delež lahko je tudi večji, saj zavarujemo kredit)
delež lastnih sredstev, e	0.2 (kredit+lastni delež - skupaj = 1)
davčna stopnja, τ	0.17
povprečna ceno kapitala	w

Vrednosti vstavimo v gornjo enačbo in dobimo v primeru, da obratujemo kot podjetje povprečno ceno kapitala w (obrestno mero) 0.08144, in v primeru, da smo privatni investitor 0.093. Kot podjetje nas bo projekt investicijsko vreden 10 000 EUR stal na letni ravni za 86.7045 EUR manj (to je po plačilu davkov, davčna olajšava na obresti) kot če smo privatni investitor, toliko namreč znesne razlika na letni ravni v ceni kapitala (obrestni meri), 0.01156 oz. 1.156%.

Razlika v obrestni meri 1% kot opazamo ni zanemarljiva, zato ni odveč, da vedno poiščemo najbolj ugodnega ponudnika (banko). Za primerjavo, 86.7 EUR letno pomeni, da imamo lahko 2 svetilki (40 W) prižgani 24 ur dnevno čez celo leto.

Nivelirana cena energije

Koliko nas končno stane energija na enoto, recimo kWh je naslednje vprašanje, ki ga moramo odgovoriti. Enostavna enačba nam pove, da je nivelirana cena energije, \mathcal{L}_ϵ :

$$\mathcal{L}_\epsilon = \frac{\text{FCR } I_s + O_s + \mathcal{V}_s + \mathcal{Z}_s}{Q}$$

kjer je povprečno cena kapitala, w

FCR predstavlja delež vseh finančnih stroškov

I_s predstavlja investicijske stroške

O_s predstavlja obratovalne stroške

\mathcal{V}_s predstavlja vzdrževalne stroške, lahko jih vključimo v obratovalne stroške

\mathcal{Z}_s predstavlja zunanje stroške, takse, dajatve...

Q predstavlja količino rabljene energije, to so toplotne izgube objekta

Investicijske stroške I_s moramo razporediti na letne, enostaven način da to dosežemo je, da uvedemo FCR faktor, fiksni faktor, ki nam da skupne letne stroške kapitala. FCR zapišemo kot

$$\text{FCR} = \frac{\text{CRF} \left(\tau \mathcal{A}_f \sum_{n=1}^N \frac{\Delta \mathcal{A}_{f,n}}{(w+1)^n - \tau_o} - 1 \right)}{\tau - 1} + p_1 + p_2$$

kjer

τ davčna stopnja za poslovne subjekte, vzamemo 0.17

\mathcal{A}_f predstavlja delež investicije, ki zadovolji kriteriju predpisov za amortizacijo, vzamemo 100%, tj. 1

N predstavlja dobo (leta), vzamemo 15

$\Delta \mathcal{A}_f$ predstavlja delež, frakcijo amortizacije, vzamemo 1/15

τ_o predstavlja delež davčne olajšave, v primeru, da olajšave obstajajo, vzamemo nič (0)

p_1, p_2 predstavlja npr. delež za zavarovanje, ipd., za zavarovanje vzamemo 0.003 (0.3%) od vrednosti investicije v primeru, da zavarujemo specifičen projekt

CRF predstavlja delež poplačila kapitala v obdobju n ,

$$\text{CRF} = w \left(\frac{1}{(w+1)^n - 1} + 1 \right)$$

v primeru $w = 0.093$ in $n = 15$ (let) dobimo $\text{CRF} = 0.126264$

Vrednosti vstavimo v gornjo enačbo za FCR in dobimo v primeru individualnega investitorja (privat) $\text{FCR} = 0.129264$ in v primeru poslovnega subjekta $\text{FCR} = 0.140497$.

Obratovalne stroške, O_s , je težje za določiti, vezani so na ceno energenta, učinkovitost sistema, toplotne propustnosti objekta (zgradbe), variabilnosti sezonskih - vremenskih parametrov, eskalacijskih faktorjev cen energenta, derating faktorja opreme, povprečne cene kapitala (obrestne mere), inflacijskih projekcij, raznih pristojbin in davkov, logističnih stroškov, ipd. Sedanja vrednost za večletno obdobje lahko izračunamo s sledečo formulo:

$$\text{PV} = -\frac{e_C p_{\mathcal{L}}}{q - r + s} + \frac{e^{(q-r+s)N} e_C p_{\mathcal{L}}}{q - r + s} + \frac{(-1 + e^{(-r+s)N})(d_u + s_u)}{-r + s},$$

kar predstavlja sedanjo vrednost PV skupnih stroškov energije in uslug vezanih na obdobje N . Enačbo smo razširili tako, da smo dodali stroške dimnikarske usluge d_u in servisne usluge s_u . Čeprav je upravičenost, da se te dve postavki vključita predmet controverza, smatramo, da je to primerno (obe postavki sta enako prisotni pri energetsko potratnem kot pri varčnem objektu).

Pri izračunih niveliranih stroškov celotnega sistema gretja/hlajenja LCOE (angl. levelized cost of energy) lahko ti dve postavki obravnavamo ločeno, prav tako pri izračunih LACE (angl. levelized avoided cost of energy) ter diferenci med LCOE in LACE, kjer nas zanima predvsem finančna atraktivnost specifičnega sistema.

Nomenklatura:

e_C pomeni strošek energenta, EUR/kWh, pomnožen za faktor $1/\eta$, kjer η predstavlja faktor učinkovitosti tehnologije (opreme), ki je za vse kurilne sisteme < 1 (glej: Sandi Carnot, zakone termodinamike, izračun za masno in energetsko bilanco). Opozarjamo in hkrati priporočamo, da se za faktor učinkovitosti opreme vzame tehnično uresničljivi faktor. Kjer imamo $e_C = e / \eta$, e pa predstavlja ceno energenta z DDV in vsemi pristojbinami in dajatvami. Laboratorijski izkazi učinkovitosti opreme so pridobljeni pod točno določenimi pogoji in bodo v realnem okolju podcenili strošek energije.

$p_{\mathcal{L}}$ pomeni letno porabo energije⁺⁺⁺, kWh/a

d_u	predstavlja strošek dimnikarskih uslug, vzamemo 0 EUR/letno
s_u	predstavlja strošek servisnih uslug, vzamemo 125 EUR/letno
N	predstavlja obračunsko dobo, leta, vzamemo 15 (let)
r	predstavlja kapitalske stroške (obrestno mero), vzamemo w
q	predstavlja letni degradacijski faktor učinkovitosti opreme, vzamemo povprečje 0.002
s	predstavlja eskalacijski faktor cen energije in uslug, vzamemo 0.04
PV	predstavlja sedanjo vrednost

Letno porabo energije⁺⁺⁺ p_L ne moremo določiti z eno vrednostjo temveč jo določimo kot distribucijo, saj je funkcija toplotne propustnosti objekta in površine, ter variabilnih sezonskih vremenskih pogojev, ki se spreminjajo med letom kot tudi v zaporedju več let. Problem lahko rešimo z verjetnostnim računom tako, da izračunamo pričakovane vrednosti za propustnost objekta in za variabilnost vremenskih pogojev, tj. število stopinjskih dni (trajanje kurilne sezone). Za okolico Sevnice, vzamemo distribucijo stopinjskih dni med 3200 in 3400, in trajanje kurilne sezone 244 dni. Kolikšna bo pričakovan letna poraba el. energije (kWh/m^2) posameznega objekta je zaradi generičnega pomankanja specifičnih podatkov (izkaznice) za objekt težko vprašanje. Lahko si pomagamo z nemško študijo, objavljeno leta 2013 s strani Fraunhofer ISE in njihovo oceno prenesemo v naše okolje kot primerjalno informacijo. Nadmorska višina lokacije predstavlja znaten faktor saj se temperatura okolja znižuje z nadmorsko višino in hkrati poveča potrošnja energije. Omenjamo tudi, da veter poveča izgubo toplote, detalneje se ne bomo spuščali v termodinamične izgube zaradi učinka vetra, so pa na vetrnih lokacijah toplotne izgube večje. Osončenost objekta v kurilnem obdobju ima veliko vlogo, senčne ali slabo osončene lokacije porabijo več kot osončene od jutra do večera, ob upoštevanju indeksa jasnosti (tržno pravilo za nepremičnine: 1) lokacija, 2) lokacija, 3) lokacija).

Opozarjamo, da ni racionalno predimenzionirati kapaciteto grelne/hladilne opreme, v kurilni sezoni lahko pričakujemo manj kot 3% dni, ko bomo rabili dodatni grelec, penalizirani pa smo v primeru predimenzioniranja opreme z znatno višjo investicijo in manšo učinkovitostjo za časa preostanka kurilne sezone oz. za vsa leta tehnične ali ekonomske funkcionalnosti opreme.

Beleške na temo kurilnih sistemov

Stroški kurilnih sistemov, taki ki jih dostikrat zanemarimo. Seštevki niso tako majhni da bi jih pometli pod preprogo, še posebno v primeru obnove in novogradnje, ko moramo tehtati vse stroške, tudi gradnjo dimnika in deponije.

Nekaj ocen stroškov izgradnje dimnika (dokaj kontraverzna ocena):

Nizka ocena:	2900 EUR
Visoka ocena:	4600 EUR
Najbolj verjetna:	3700 EUR

Vprašanje: al' bi naredil v novi hiši dimnik tudi v primeru, da imam ves sistem gretja/hlajenja predviden na toplotno črpalko? Verjetno bi ga neredil za primer, da bi moral nekega dne greti hišo na drva. V vsakem primeru je dimnik potreben in doprinese vsako leto (recimo da jih razporedimo) določene stroške, tako kapitalske kot stroške vzdrževanja, npr.

1. Dimnik, zidan, pod streho grobo ometan (redno čiščenje s kontrolo dimnih priključkov in redna popravila poškodovanega ometa)
2. Dimnik, zidan, nad streho fugiran (obnovitev fugiranja s cementno malto vsaj vsakih 8 do 10 let. Redno čiščenje in pregled vsaj dvakrat letno, vzdrževanje in zamenjavanje dimničnih obrob in dimnične kape. Pregled in po potrebi zamenjava dimničnih metalnih vrat.)
3. Dimniki, grajeni iz proti kislina odpornih elementov sistema Schiedel, TO-MODI in pod. (vzdrževanje)
4. Dimnična vratca (kovinska ali iz betona)
5. Lahke stene različnih vrst (redno čiščenje in vzdrževanje), popravilo obtolčenih in okrušenih delov ali nadomestitev)
6. Podstavki (cokli), fugirani (redno čiščenje in vzdrževanje, nadomeščanje odpadlega ometa, napolnitev razpok, preprečitev zamakanja)

Normalna doba trajanja elementov dimnika v letih n , so različne, 20 do 40 let, za to obdobje lahko rečemo, da ne bo večjih stroškov v prvem 20 letnem obdobju, zanimivo pa je, da eventualna popravila niso poceni, ocene so 10 do 30% od vrednosti novega dimnika, recimo 20% v povprečju.

7. Dimnikarstvo in meritve: (Uradni list RS, št. 128/2004). Tako je za kurilne naprave do 50 kW toplotne moči, ki so praviloma vgrajene v individualnih stanovanjskih objektih predpisano: kurilne naprave na trdo gorivo, ki redno obratujejo, je potrebno v času kurilne sezone očistiti 4 krat in enkrat na leto opraviti letni pregled (pregled in meritve 1 x 28 + čiščenje 4 x 40 = 188 EUR letno); kurilne naprave na olje je potrebno očistiti enkrat na kurilno sezono, enkrat letno opraviti letni pregled in enkrat na leto opraviti meritve emisij dimnih plinov. Cene dimnikarskih storitev za kurilne in dimovodne naprave do toplotne moči vključno 50kW in sicer za plinasto gorivo (kurilna naprava z atmosferskim gorilnikom), kjer je pod točko 10.2. navedena storitev v kompletu (letni pregled in meritve dimnih emisij) so zaradi spremembe DDV je od 1.7.2013 dalje, cena navedene storitve 28,06 € (23,00 + 22%DDV).
8. Priključek na plinsko omrežje (redno čiščenje in vzdrževanje, kontrola nepropustnosti, zamenjava tesnil, strošek uporabe omrežja (distribucija 3.6 EUR, variabilni del 16.6 EUR mesečno?) in meritve (6.56 EUR mesečno?,) ipd.).

Investicija, priključek za plin: strošek je ocenjen od 1300 do 2000 EUR; stroški plinskega omrežja pa so: letni fiksni del 43.2 EUR, variabilni del 199.2 EUR, meritve (odčitavanje števca) 78.72 EUR, skupaj 321.12 EUR letno (to je za letni odjem plina približno 1800 Sm^3 , variabilni del se spreminja). Izgradnja priključka na plinsko omrežje izdatkovno bremeni z 125 do 190 EUR letno (tj. financiranje, 30 let, 8.5% obrestna mera).

Pred mesecem ali dva je na borzi EEX cena kWh plina (NP, metan) stala 0.015 EUR (z dobičkom proizvajalca in dostavljeno v omrežje, 15 EUR/MWh, cene na borzi seveda nihajo), pri nas je po plačilu vseh "zaslužkov", pristojbin, spodbud, upoštevanja faktorjev učinkovitosti in plačila davkov znesla med 0.079 in 0.083 EUR, povejmo ljudem, da bo stroškovno tako zelo težko...še leto ali dve in bomo lahko z PV vsak zase sami proizvajali ceneno elektriko. Maloprodajna cena plina ne bi smela preseči 0.035-0.04 EUR

kWh, vse kar je več lahko rečemo da ni ekonomično.

V Sloveniji porabimo izven kurilne sezone približno za 435 GWh NP mesečno, tj. za približno 34 mio EUR po maloprodajni ceni, v kurilni sezoni je ta vrednost 876 GWh, tj. 69 mio EUR mesečno (vir, Statistični urad RS, oktober 2014), za primerjavo, Nuklearna elektrarna Krško proizvede približno 416 GWh/mesečno (5 TWh letno), od tega gre v Slovensko omrežje polovica.

9. Kotel iz litega železa za kurjenje na trda ali tekočega goriva s šamotno obzidavo kurišča (vzdrževanje v skladu s predpisi In navodili proizvajalca), funkcionalna doba 20 let,
10. Kotel iz jeklene pločevine za kurjenje s tekočim gorivom (vzdrževanje), funkcionalna doba 15 let.
11. Specialni kotli za kurjenje z lahkim kurilnim oljem (vzdrževanje), funkcionalna doba 12 let.
12. Plinski avtomati z atmosferskimi grelniki (enkrat letno čiščenje kotla, reguliranje pretoka, nastavitve avtomatike ter očiščenje in nastavitve atmosferskega gorilca. Po 5 letih obratovanja zamenjava grelnika), funkcionalna doba 10 let.
13. Tlačni gorilniki za plin ali kurilno olje z vsem priborom (čiščenje gorilnika, nastavitve gorilnika pri manjših napravah 1 x letno. Po vsaki kurilni sezoni detaljno čiščenje gorilnika, ki ga opravi servisna služba, pregled in čiščenje vseh stikov, filtrov, elektrod, turbulatorja, črpalke, vsaki dve leti zamenjava razpršilnih šob. Med rednim pogonom pri okvarah zamenjava ustreznih delov, ocena povprečnih (rednih) servisnih stroškov 125 EUR/letno), funkcionalna doba 15 let.
Za kotle so ocenjene vrednosti večjih popravil med 20 in 30% od vrednosti novega sistema.
14. Zaprta ekspanzijska posoda z vgrajeno membrano ali brez nje (enkrat letno zunanje čiščenje in obnova opleska, pozor, preverite funkcionalnost), funkcionalna doba 10 let.
15. Varnostna armatura (varnostni ventili, termostati, presostati, nivostati, varnostno signalne naprave), funkcionalna doba 20 let (kontrola bi morala biti vsako leto!)
16. Enoplaščne cisterne, vgrajene pod zemljo v betonske jaške (enkrat letno izpraznitev gošče na dnu cisterne, notranji in zunanji pregled varov (vprašanje korozije), zunanji pregled opleska in popravilo poškodb, pregled in čiščenje avtomatskega odzračnika/ventila), funkcionalna doba je 20 let.
Ne si dovolit, da bi cisterna bila brez redne kontrole saj vsakršen iztek kurilnega olja predstavlja veliko požarno nevarnost in možnost onesnaženje okolja, kazni so enormne, stroški čiščenja pa še večji.
17. Regulatorji (regularni ventil, elektromotorni pogon, regulatorski ojačevalnik, regulirna pipa, regulatorji brez pomožne energije), enkrat letni servisni pregled avtomatike, pregled tesnil, nastavitve.
18. Peč na trdo gorivo vseh vrst in velikosti ali druge trajno vgrajene lokalne peči (npr. na kurilno olje, elektriko, plin), redno vzdrževanje, čiščenje peči, plošč in dimne cevi, popravilo ali zamenjava šamotne obloge, opekačev, kotličev za toplo vodo, grelne plošče, kurilne rešetke, obročev, vrat in posode za pepel; funkcionalna doba je 20 let.

Pri trdih gorivih je prisoten strošek dimnika (izgradnja, ocena od 2900 do 4600 EUR) in deponije (do 800 EUR/m², manjša deponija 3 x 4 m² lahko stane recimo do 9600 EUR, vzamemo nizko oceno 4800 EUR), strošek logistike, sprememba načina življenja, variabilnosti kvalitete energentov, in končno, kvalitete življenja. Tako nas lahko financiranje v 30 letnem obdobju ob 8.5% obrestni meri bremeni od 750 do 1350 EUR letno, samo dimnik brez vzdrževanja nas lahko bremeni od 280 do 440 EUR letno (letna anuiteta).

Kolika je verjetnost, da se bodo omenjeni stroški za večja popravila realizirali v časovnih intervalih za posamezne elemente sa da ocenit, na koncu pa se bodo nedvomno realizirali.

To so samo nekatere postavke iz standardov, v primeru pa da ocenimo stroške bolj specifično, npr. priporočila proizvajalca opreme glede vzdrževanja in obnove posameznih elementov, protipožarni predpisi in zaščita, predpisi okoljevarstva in onesnaževanje neposredne okolice (slabo izgorevanje, saje), smrad, in strošek zavarovanja, logistika s svojimi stroški, npr. prevoz 2 EUR/km je al' ni poceni...

Čeprav nisem omenil, koliki so skupni "skriti" stroški kurilnih sistemov, lahko vidite, da se seštevajo in končno niso zanemarljivi, nasprotno.

Opozarjam, da v primeru da se predpisi (lokalni, regionalni, državni...) niso spoštovali, ali da se niso spoštovala priporočila proizvajalca opreme glede servisiranja, potem lahko zavarovalnica (glejte droben tisk) ne prizna odškodninskega zahtevka.

Eskalacija cen energentov je v približno 1.5 do 2% višja od inflacije, vsakih nekaj let pa imamo visoke skoke (npr. plin in tekoča goriva) in zelo majna nihanja navdol.

Pri obnovi so stroški rezervnih delov za "stare" sistemo zelo dragi (stroški inventarja rezervnih delov). Odvisno od podaljšanja funkcionalne dobe elementov ter končno sistema je racionalno, da preverimo ali je obnova ekonomsko upravičena oz. ali je bolje da celoten sistem obnovimo z novim, bolj učinkovitim.

Informativne cene:

- Kondenzacijska plinska peč na Zemeljski plin 3181 EUR
- Toplotna črpalka za ogrevanje stavbe – 11 kW tip duo 9574 EUR
- Toplotna črpalka za ogrevanje stavbe – 8 kW tip duo 8258 EUR
- Peč na pelete 4512 EUR

Vir podatkov: Analiza Analiza investicije zamenjave sistema za ogrevanje stavbe in tople sanitarne vode (primerjava stroškov ogrevanja stanovanjske hiše) (2014), Laboratorija za okoljske tehnologije v stavbah (LOTZ), na Fakulteti za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

Če imate gozd se grejte na drva, vsi drugi pa na toplotne črpalke.

Za tono lesne biomase plačamo v povprečju 52.56 EUR (les kurilne kvalitete), energija nas stane 9.30 EUR, delo 14.75 EUR, razno 10.71 EUR, skupaj 76.61 EUR tona lesne biomase. Kurilna vrednost je ocenjena na 4.0 - 4.7 MWh/t, in če uskladimo z učinkovitostjo sodobnih kotlov na drva, recimo $\eta = 0.68$, potem je kurjenje na drva stroškovno od 0.024 do 0.028 EUR/kWh (ocena), plus približno 200 EUR letno

za dimnikarske usluge ter anuiteta za peč, in...

Pozabite na pelete, pri nas so na trgu 3x dražje kot so v Kanadi ali Ameriki, trg je uspel (komercialni, reklamni prijemi) dvigniti lesne odpadke na vrednost lesa visoke kvalitete x 3 (statistika navaja: približno 41 EUR m³ za okrogel les izvozne kvalitete), to je izjemna "komercialna uspešnica", ki danes stane neosveščenega potrošnika več kot 300%.

Gretje na pelete (samo za energent brez ostalih stroškov) stane za "potratno" hišo približno 0.114 (117.2 kWh/m² a) in za "normalno" 0.149 EUR/kWh (50.1 kWh/m² a), razlika med gretjem na drva in na pelete je več kot očitna. Vir podatkov: Analiza Analiza investicije zamenjave sistema za ogrevanje stavbe in tople sanitarne vode (primerjava stroškov ogrevanja stanovanjske hiše) (2014), Laboratorija za okoljske tehnologije v stavbah (LOTZ), na Fakulteti za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

Primer izračuna iz realnega sveta

Vrednosti vstavimo v gornjo enačbo, letno porabo energije smo določili kot: objekt z 55 kWh/m² in površina 340 m², tj. $p_{\mathcal{L}} = 18\,700$ kWh/a, obstoječi sistem gretja z toplotno črpalko tipa zemlja-voda, COP 4.1, sezonsko povprečje učinkovitosti je ocenjeno na 3.5, višina investicijskih sredstev 8000 EUR, obresti 0.045 (4.5%), degradacijski faktor 0.004 in obdobje 15 let.

Enačba nam daje sedanjo vrednost več letnega obdobja stroškov energije, kjer smo uporabili:

$$PV = \int_0^N e^{-(r+s)t} (d_u + e^{g t} e_C p_{\mathcal{L}} + s_u) dt$$

ali

$$PV = -\frac{e_C p_{\mathcal{L}}}{q - r + s} + \frac{e^{(q-r+s)N} e_C p_{\mathcal{L}}}{q - r + s} + \frac{(-1 + e^{-(r+s)N}) (d_u + s_u)}{-r + s},$$

Za izračun povprečne letne porabe energije, imamo vsakoletno degradacijo opreme $q = 0.004$, z drugimi besedami, vsako leto porabimo več energije zaradi vsakoletne degradacije sistema, npr. kompresorja, medija, ipd.

$$\mathcal{T}[p_{\mathcal{L}}] = \left(\int_0^{N=15} p_{\mathcal{L}} e^{0.004t} dt \right) / N \quad // \quad p_{\mathcal{L}} \rightarrow 18\,700$$

ali

$$\frac{(e^{gN} - 1) p_{\mathcal{L}}}{g}$$

V povprečju porabimo v tehnični funkcionalni dobi več kot 18700 kWh (prvo leto obratovanja), približno 19272 kWh/a (3% več). Ceno energenta smo zračunali da je $e_C = 0.045$ kWh, povprečni strošek za energijo ogrevanja je 836.33 EUR/sezona brez porabe obtočnih črpalk in kontrolnega sistema, ki so ločen sistem.

Sistem, ki ga predstavljamo kot primer ima za pogon zemeljskega izmenjevalca obtočno črpalko moči 175 W, ki obratuje s faktorjem kapacitete 0.6. V 244 grelnih dneh poraba zneso dodatnih 83 EUR/sezona kar je več kot predvidenih 7%. Obtočna črpalka zemeljskega kolektorja je v sklopu sistema toplotne črpalke in se stroškovno ne obravnava ločeno.

Pet (5) obtočnih črpalk, ki vsaka ločeno oskrbuje posamezne funkcionalne enote zgradbe obratuje neprekinjeno 244 dni s povprečjem 22 W moči, kar zneso dodatnih 86.30 EUR/sezona, skupaj grelni sistem porabi 919.34 EUR/sezona oz. 2.70 EUR/m² grelne površine. Strošek približno 0.049 EUR/kWh vsebuje stroške za energijo, vzdrževanja in zavarovanja in je za modularen, fleksibilen sistem distribucije ugoden. Ker je 5 vgrajenih obtočnih črpalk najvišjega razreda, ki se avtomatsko prilagajajo zahtevam sistema in se v nočnem režimu avtomatsko preklonijo na nižje obrate, ocenjujemo da je potrošnja energije za te ugodna.

Nivelirano ceno energije dobimo za toplotno črpalko ko vstavimo dobljene rezultate v enačbo, $\mathcal{L}_e = 0.09$ EUR/kWh. Sistem v obratovanju stane letno približno 1688.25 EUR ob danih pogojih, ceni kapitala in ceni energije. Opažamo visoko potrošnjo obtočne črpalke zemeljskega kolektorja približno 36 EUR/letno več kot je bilo predvideno, 12.4% in ne predvidenih 7%. Prav tako sistem porabi več energije za obtočne črpalke, ki oskrbujejo z toploto funkcionalne dele zgradbe, 644 kWh/sezona, tovrstna fleksibilnost v distribuciji in obratovanju ni zastoj.

Možna znižanja v porabi energije je v obnovi:

- zamenjavi zunanjih oken in vrat z bolj enegetsko varčnimi. Finančni učinek investicije je negativen in ni sprejemljiv kot racionalna investicija v URE, sprejemljiva pa je z vidika povečanja vrednosti objekta. Višina investicije v obnovo oken/vrat je ocenjena na 19 000 EUR (190 EUR/m² zasteklene površine, z nizkim koeficient toplotne prevodnosti, 1.1 W/m² K), letni prihranki energije so ocenjeni na 8.0 MWh in stroški nižji za 352 EUR (v predstavljenem primeru je sedanja vrednost prihrankov za 20 letno obdobje ob 8.5% 3243 EUR). Toplotne izgube skozi ovoj zgradbe so odvisne od toplotne prehodnosti posameznega elementa, njegove površine in klimatskih pogojev, ki jih opišemo s temperaturnim primanjkljajem. Ta je za Sevnico približno 3300 stopinjskih dni. Pri elementu, ki ima toplotno prehodnost 1 W/m² K, so letne toplotne izgube skozi 1 m² površine približno 80 kWh. V našem primeru, bi letni prihranki iz naslova obnove oken/vrat ovoja zgradbe morali biti približno 2062.39 EUR, da bi investicija bila ob danih pogojih indiferenčna.

- Ob dotrajalosti obtočne črpalke zemeljskega kolektorja je to potrebno zamenjati z varčnejšo (kontrolirani, variabilni obrati po potrebi).
- Opcija obstaja, da se del zgradbe ne greje, približno 70 m² površine, kar bi zmanjšalo skupno porabo energije za približno 190 EUR/sezona, delež stroškov kapitala pa se glede na višino investicijo ne menja.

Sistem gretja v obratovanju stane približno 4.96 EUR/m² funkcionalne površine, več kot je bilo pričakovano, vendar znatno manj kot sistem na pelete ali naravni plin. Omenjamo, da je bil sistem pred 8 leti moderniziran, predhodni sistem je bil na kurilno olje, kar je pogojilo kompromise katere ni možno optimizirati brez večjih posegov v sistem.

Razlog višje cene na enoto grelne površine od pričakovane lahko iščemo v sistemu distribucije (fleksibilnost v obratovanju, 5 obtočnih črpalk), visokih uporih v distribucijskem tokokrogu (cevni sistem majhnih premerov, visoka poraba el. energije obtočnih črpalk zaradi visokih uporov, visoki upori nepovratnih ventilov), znatno večji porabi obtočne črpalke zemeljskega izmenjevalca od pričakovane, relativno visoki investiciji in funkcionalni grelni površini.

Opažamo, da visoka vrednost investicije hitro nulificira relativno dobre rezultate stroškov energije, zato je priporočljivo, da se opcije glede izbora dobavitelja in cen opreme ter inštalacijskih stroškov pred pričetkom investicije preverijo, predvsem riziki povišanja inštalirane cene opreme.

Dandanes bi bilo možno s subvencijo EKO sklada kapitalno obremenitev investicije v URE zmanjšati za 37 % ob tem da je energetska učinkovitost modernih sistemov geotermalnih toplotnih črpalk tipa zemlja-voda danes za približno 22% boljša, tip voda voda pa za 28%, v tem primeru bi sistem gretja z toplotno črpalko bil toliko bolj ugoden.

Izračun indiferenčnih stroškov investicije v sodoben sistem gretja/hlajenje in točka preloma za donosnost

Enačbe primerne za vnos v EXCEL.

Indiferenčni stroški investicije v nov sistem učinkovite rabe energije je definiran kot enakost med stroški investicije (neto sedanja vrednost stroškov investicije, NSS_{inv}) in dobiti investitorja (neto sedanja vrednost dobiti, ki izhajajo iz investicije, NSD_{inv}):

$$NSS_{inv} = NSD_{inv}$$

Neto sedanja vrednost stroškov investicije, NSS_{inv} je podana kot:

$$NSS_{inv} = \sum_{i=0}^n DF_i (VS_i - DS_i) - I_{osn} + I_{TC}$$

kjer:

I_{TC} predstavlja investicijo v sistem, npr. toplotne črpalke

I_{osn} predstavlja investicijo v osnovni sistem (bazni sistem), npr. klasični grelec tople vode na elektriko

n so študijska leta, vzamemo funkcionalno dobo (ekonomsko dobo, npr. 15 let)

VS_i predstavlja vzdrževalne stroške v obdobju i

DS_i predstavlja državne spodbude, npr. spodbude EKO sklada, v obdobju i . V primeru enkratnih izplačil (v obdobju prvega leta), lahko napišemo enačbo kot: $NSS_{inv} = \sum_{i=0}^n DF_i VS_i - DS_1 - I_{osn} + I_{TC}$

DF_i predstavlja diskontni faktor, $DF_i = 1/(1+d)^i$, d predstavlja efektivno tržno obrestno mero, in dobimo

$$NSS_{inv} = \sum_{i=0}^n (d+1)^{-i} (VS_i - DS_i) - I_{osn} + I_{TC}$$

dobiti NSD_{inv} izračunamo kot:

$$NSD_{inv} = \sum_{i=0}^n (d+1)^{-i} \mathcal{P}_i (e+1)^i$$

kjer

\mathcal{P}_i predstavlja prihranke \mathcal{P} v obdobju i

e predstavlja eskalacijsko mero cene energije, in kjer $\mathcal{E}_i = (1+e)^i$ predstavlja eskalacijski faktor cene energije

$$\sum_{i=0}^n (d+1)^{-i} (VS_i - DS_i) - I_{osn} + I_{TC} = \sum_{i=0}^n (d+1)^{-i} \mathcal{P}_i (e+1)^i \quad (67)$$

indiferenčno vrednost investicije v sodoben sistem dobimo iz enačbe:

$$I_{TC} = - \sum_{i=0}^n (d+1)^{-i} (VS_i - DS_i) + \sum_{i=0}^n (d+1)^{-i} \mathcal{P}_i (e+1)^i + I_{osn} \quad (68)$$

eskalacijsko mero cene energije e lahko dobimo iz različnih virov, npr. pri EUROSTAT.

Gornja enačba nima predvidenega eskalacijskega faktorja za letni dvig cen uslug, VS_i - vzdrževalnih stroškov, če ga želimo vgraditi, potem $VS_i (s + 1)^{-i}$, kjer s predstavlja predvideno eskalacijsko mero cen uslug, predvidoma je to stopnja inflacije.

$$I_{TC} = - \sum_{i=0}^n (d + 1)^{-i} ((s + 1)^{-i} VS_i - DS_i) + \sum_{i=0}^n (d + 1)^{-i} P_i (e + 1)^i + I_{osn}$$

V praksi je gornja enačba za izračun I_{TC} v EXCEL-u dokaj obširna.

Ni potrebno posebj povdariti, da je vsaka investicija, ki je nižja ali enaka, $< I_{TC}$, v obdobju n ekonomsko kot tudi energetsko učinkovita in, da je investicija konstruirana na osnovi prihrankov energije (nižjih stroškov rabe energije zaradi tehnološko učinkovitejše opreme).

Paradoks - investicijski stroški (EUR / m²) vs prihranki (EUR / m² letno)

Realno vprašanje, ali je izvedljivo ob naporu vseh zainteresiranih, da se prihranki iz naslova energetske učinkovitosti do 2020 povišajo za približno 5 krat (faktor 4.73684).

Naložbe v sisteme smotrne rabe energije

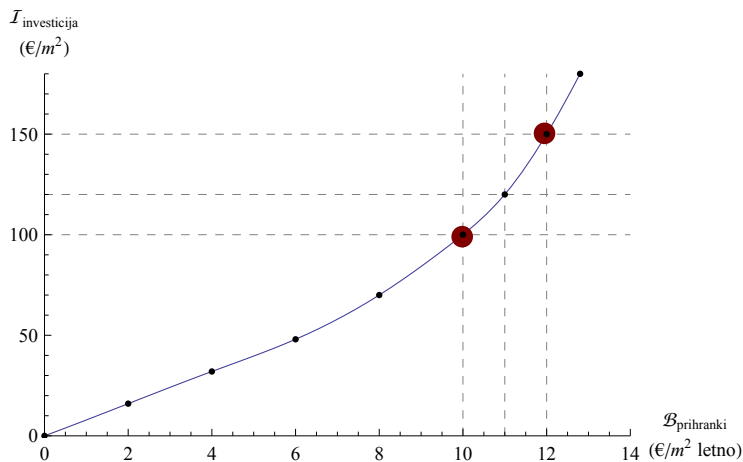


Figure 0.102. Investicije v sisteme varčne rabe energije in paradoks vse manjših dobroti, ilustracija

Paradoks: višje naložbe v sisteme smotrne rabe energije, predvsem OVE, in marginalne dobroti

V strokovni literaturi številni avtorji navajajo 10 letno ekonomsko dobo in minimalni notranji donos, mnenja so zelo deljena glede višine anuitete ali donosa v odstotkih na letni ravni. Vrsta jih zagovarja upravičenost investicije v sisteme smotrne rabe energije z ničnim donosom (0%, eskalirani za inflacijo v desetletni ekonomski analizi), nekateri pa zagovarjajo negativne donose kot upravičljive, saj se usvarijo indirektno dobroti, t.j., zmanjšajo se investicije v...

- a. distribucijsko omrežje (prihranek elektro distributerja),
- b. zmanjša se obremenitev distribucijskih omrežij, (elektro distribucija, dobroti so razporejene na vse udeležence v obliki zanesljivosti, manjših in kratkotrajnejših izpadih, stabilnejši napetosti,...)
- c. poveča se zanesljivost istih (ni številnejših, dragih izpadov oskrbe; to so prihranki gospodarstva, industrije, ...)
- d. zmanjša se potreba po proizvodni kapaciteti (to so dobroti proizvajalca el. energije, npr., HSE...), ki je investicijsko zahtevna, t.j., zmanjšanje kapitalnih naložb
- e. zmanjšajo se zunanji stroški (okoljski, zdravstveni...),
- f. poveča se vrednost zgradbe (objekta) z mnogokratnikom, ki ni v sorazmerju z investicijo, tj. je višji, ipd.,
- g. ustvarijo se socialne dobroti (direktno, indirektno in inducirane) in končno,
- h. ustvarijo se nova delovna mesta, (ocene so deljene, med 12 in 16 delovnih mest za vsak milijon EURO investicij (med 83000 in 62500 EUR za delovno mesto), investicijska učinkovitost - indeks iz tega naslova pa je zelo visoka, med 11.8 in 15.7)
 - i. delovna mesta iz naslova izboljšave obratovanja;
 - ii. delovna mesta ustvarjena iz naslova prihrankov (energije) in preusmeritve potrošnje na druga področja (neenergetska, npr. kulturna);
 - iii. delovna mesta ustvarjena na področju izdelave in inštaliranja različnih, tehnološko naprednih, energetsko učinkovitih produktov in sistemskih rešitev.

Beležke za diskusijo, gradimo zeleno, investicije v URE in integralni pristop v ocenjenju ekonomskih, socialnih in okoliških vplivov

Gradimo "zeleno"; neto sedanja vrednost prihrankov v 20 letnem obdobju je danes ocenjena na 554.03 do 720.238 EUR/m² ob (dodatni)

investiciji 44.32 EUR/m², indeks dobičkonosnosti: $PI = \frac{NPV}{\Delta I_{inv}} = 14.525$.

Glede na ugotovitev o negativnem vračanju kapitala pri obnovi objektov. V primeru, ko gledamo tako (URE) investicijo parcialno, tj. ko vidimo samo prihranke energije zaradi obnove fasade (izolacija zunanje ovojne zgradbe) in stavbnega pohištva (okna, vrata,...), potem govorimo, da so dobe vračanja izjemno dolge, in v številnih primerih je indeks dobičkonosnosti negativen (to je parcialni pogled investitorja).

Generično je investicije v URE potrebno gledati integralno in ne parcialno. Če gledamo integralno (pogled nas vseh - države), potem obnova objektov (URE) za vsako investicijsko vrednost približno 70000 EUR da pozitivni učinek približno 1 mio EUR v obliki direktnih, indirektnih in posrednih na novo ustvarjenih delovnih mestih, tudi če zanemarimo delež, ki ga investiramo v obnovo objektov in vsakoletnih oz. več letnih prihrankov elektrike in ostalih goriv, tj. prihrankov URE. Če rečemo nekoliko drugače, vsak milijon investicij v URE predstavlja 15 delovnih mest (15 mio EUR), to velja tudi za prihranke saj se investicije lahko financirajo izključno iz prihrankov. To navedbo je potrebno povezati z terciarnimi, ne dovolj jasno definiranimi kumulativnimi vplivi, dobrobiti so skupne in jih je potrebno tako tudi prikazati. Gledano integralno, so atributi dobrobiti povezani:

1. dvig vrednosti objekta za faktor višji kot je sama investicija v izolacijo fasade in stavbnega pohištva, obnovo objekta,
2. dvig vrednosti zaradi boljšega počutja in večje učinkovitosti, te vrednosti so razporejene in se gibljejo v intervalu od 550 do 720 EUR/m²,
3. vrednost prihrankov primarne in končne energije, primarne 20-40% in končne energije, v nekaterih primerih do 80%,
4. vrednosti, ki izhajajo iz zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov, CO₂ ekvivalent, zmanjšanja toplogrednih plinov so v nekaterih primerih visoka, do 70%,
5. indirektno vrednosti, ki izhajajo iz investicij URE, predvsem na zaposlovanje,
6. vse druge dobrobiti, predvsem posredne in indirektno, npr.
 - a. prihranek elektro distributerja,
 - b. prihranki gospodarstva zaradi povečanja zanesljivosti omrežja,
 - c. zmanjšanja okoljskih in zdravstvenih stroškov zaradi nižje onesnaženosti okolja,
 - d. socialnih dobrobiti,
 - e. zmanjšanja potreb po novih proizvodnih kapacitetah, ipd.

Integralni ekonomski, socialni in okoliški vplivi, ki integralno dajejo rezultate v pozitivnem smislu niso v celoti predstavljeni v ekonomski analizi, ki ne prikaže vseh povezav in prelivov pozitivnih učinkov, detalnejša predstavitev vseh vplivov pa bi znatno preseгла okvirje beležke.

Omeniti je potrebno, da analiza scenarijev, tj. primerjava med tehnologijami toplotnih črpalk vključuje vse variante (tipe, aero, zemlja-voda, voda-voda), le tako lahko primerjamo ekonomske učinke vs. kasični sistemi na plin in olje, okoljsko nevtralnimi sistemi na biogoriva ali električnimi sistemi. Analizo lahko nazorno predstavimo grafično z krivljami kumulativnih stroškov (scenariji za pesimistično in optimistično okolje gospodarstva, s stohastično določenimi eskalacijskimi faktorji (distribucije) za vse ključne spremenljivke), kjer intersekcija krivulj predstavlja časovno točko preobrata ko en sistem postane ekonomsko učinkovitejši ali obratno.

Vrednost delovnega mesta ustvarjenega iz naslova investicij v smotrno rabo energije

Vrednost delovnega mesta

Ustvarjeno **delovno mesto (1) v izhodišču predstavlja 30000.00 EUR/letno dodane vrednosti**. Diskontiramo z 3% (t.j. socialna diskontna mera) in dobimo **vrednost delovnega mesta** danes 985075 EUR (0.985 mio EUR = vrednost delovnega mesta, $V = a/(e^r - 1)$, kjer a predstavlja anuiteto - letno dodano vrednost delovnega mesta, r predstavlja diskontno mero (socialna diskontna mera) in V sedanjo vrednost).

Elektro gospodarstvo navaja investicijsko vrednost 345 000 EUR za vsako ustvarjeno delovno mesto, avtomobilska industrija pa ~1 mio EUR investicij za vsako novo ustvarjeno delovno mesto.

Bruto dodana vrednost na zaposlenega v Sloveniji je leta 2009 v gospodarskih družbah, zadrugah in pri samostojnih podjetnikih posameznikih znašala 33 137 evrov, vir.: Statistični urad. Leto poprej je bruto dodana vrednost na zaposlenega znašala 34253. Dodana vrednost je grobo rečeno seštevek plač in profitov.

Iz podatkov statističnega urada je bilo moč razbrati še, da je bila **bruto dodana vrednost** na zaposlenega lani najvišja v dejavnosti oskrbe z električno energijo, plinom in paro, in sicer 90 637 evrov, v finančnih in zavarovalniških dejavnostih je znašala 77 223 evrov, v poslovanju z nepremičninami pa 71 935 evrov.

Prihranki iz naslova učinkovite rabe energije in zaposlitev

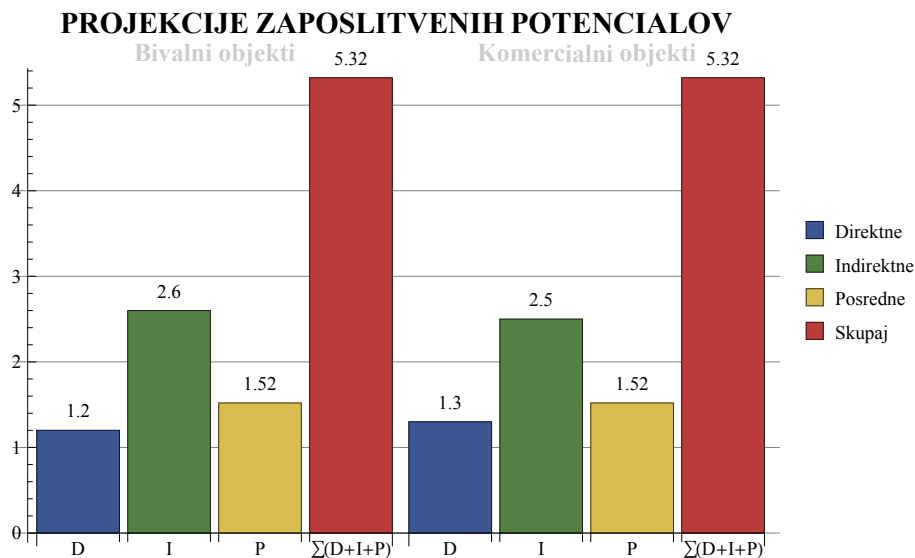


Figure 0.103. Prihranki (1 mio EUR) od smotrne rabe energije inducirajo zaposlitvene potenciale v energetske sektorju

Prihranki in zaposlitve, učinkovito upravljanje z energijo in direktni, indirektni posredni zaposlitveni potenciali

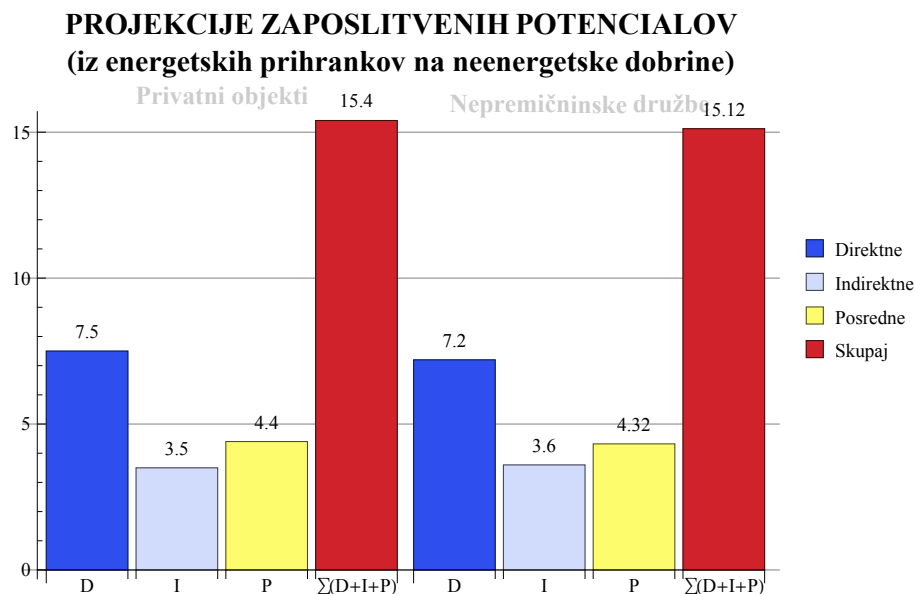


Figure 0.104. Prihranki (1 mio EUR) od smotrne rabe energije inducirajo zaposlitvene potenciale v energetske in ne-energetske sektorju

Prihranki in zaposlitve izven energetskega sektorja iz naslova učinkovite rabe energije

PROJEKCIJE ZAPOSLOTIVENIH POTENCIALOV (Neto diference; iz energetike na kulturna področja)

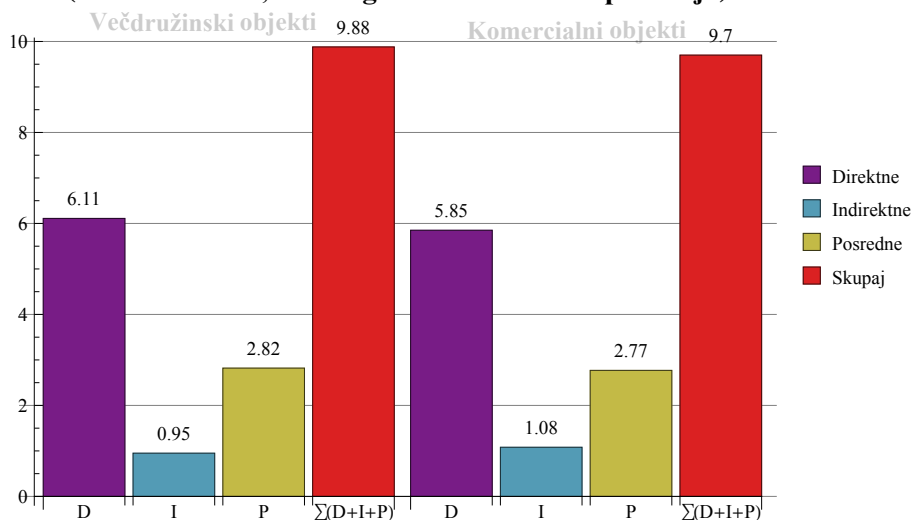


Figure 0.105. Prihranki (1 mio EUR) od smotne rabe energije omogočajo diferenčne zaposlitve (v neenergetski sektor gospodarstva)

Ilustracija...

Adaptirano po: Building Energy Rating and Disclosure Policy, Andrew C. Burr, Cliff Majersik, Sarah Stellberg - Institute for Market Transformation; Heidi Garrett-Peltier - Political Economy Research Institute, March 2012

Referenca: Prof. Dr. Lovrenc Pfajfar, Aleša Lotrič Dolinar PhD.; and Statistični Zavod RS (2012) Input-Output Tables for 2008.

Letni prihranek končne energije zaradi izobraževalnih in informativnih dejavnosti

Letni prihranek končne energije zaradi izobraževalnih in informativnih dejavnosti se izračuna na podlagi naslednje formule:

$$PKE_{\text{izobraževanje}} = (\mathcal{E} + \mathcal{G}) f \quad (69)$$

(kWh/leto)

Pri tem pomeni:

$OKE_{\text{izobraževanje}}$ - prihranek končne energije [kWh/leto] zaradi izvajanja izobraževanja, informiranja in ozaveščanja na področju učinkovite rabe energije;

\mathcal{E} - poraba električne energije [kWh/leto] v podjetju ali gospodinjstvu oziroma v primeru udeležbe upravnika stavb poraba gospodinjstev, ki živijo v večstanovanjskih stavbah, v zadnjem letu pred udeležbo na izobraževanju;

\mathcal{G} - poraba goriva [kWh/leto] v podjetju ali gospodinjstvu v zadnjem letu pred udeležbo na izobraževanju ali, pri udeležbi upravnika stavb, poraba gospodinjstev, ki živijo v večstanovanjskih stavbah, ki jih upravlja upravnik; če ni podatka, se upošteva normirana vrednost, ki je 68 GJ (18.89 MWh) na gospodinjstvo;

f - faktor prihranka energije zaradi izobraževanja, ki upošteva, da se že samo s t. i. mehкими ukrepi, to je sprememba obnašanja, doseže 10-odstotni prihranek energije – normirana vrednost je 0.1.

Letno zmanjšanje emisij CO_2 zaradi izobraževalnih in informativnih dejavnosti se izračuna na podlagi naslednje formule:

$$ZEC_{\text{izobraževanje}} = (\mathcal{E} ef_{EL} + \mathcal{G} ef_{\mathcal{G}}) f \quad (70)$$

(kg CO_2 /leto)

Pri tem pomeni:

ef_{EL} - emisijski faktor (kg CO_2 /kWh) pri proizvodnji električne energije v elektrarnah (glej razpredelnico Emisijski faktorji),

$ef_{\mathcal{G}}$ - faktor (povprečen) (kg CO_2 /kWh) za gorivo v industriji, storitvenem sektorju in gospodinjstvih (glej razpredelnico Emisijski faktorji), upošteva se sektor, iz katerega je udeleženec izobraževanja.

Table 0.18. Emisijski faktorji za določanje zmanjšanja emisij ogljikovega dioksida

Emisijski faktor	Opis	Vrednost
$ef_{\text{goriva gosp.}}$	povprečen emisijski faktor za goriva v gospodinjstvih	0.15 kg CO_2 /kWh

$ef_{\text{goriva terc.}}$	povprečen emisijski faktor za goriva v terciarnem sektorju	0.21 kg CO ₂ /kWh
$ef_{\text{goriva ind.}}$	povprečen emisijski faktor za goriva v industriji	0.23 kg CO ₂ /kWh
ef_{ZP}	emisijski faktor za zemeljski plin	0.20 kg CO ₂ /kWh _{ZP}
ef_{EL}	emisijski faktor pri proizvodnji električne energije v elektrarnah (povprečje)	0.53 kg CO ₂ /kWh _{EL}

Emisijski faktorji

Vir: V celoti povzeto po v Uradnem listu Republike Slovenije št. 21/2014, z dne 28. 3. 2014, objavljen javni razpis PETROLURE/2014/R1

Izobraževalne in informativne dejavnosti na podlagi:

- petega odstavka 66. b člena Energetskega zakona (Ur. l. RS št. 79/1999, 8/2000 - popr., 52/2002 - ZJA, 110/2002 - ZGO-1, 50/2003 - Odl. US, 51/2004, 118/2006, 9/2007 - popr., 70/2008, 22/2010, 37/2011 - Odl. US, 10/2012, 94/2012) in 550. člena Energetskega zakona – EZ -1 (Ur. l. RS št 17/2014);
- Uredbe o zagotavljanju prihrankov energije pri končnih odjemalcih (Ur. l. RS, št. 114/09, 57/11),
- Pravilnika o spodbujanju učinkovite rabe energije in rabe obnovljivih virov energije (Ur. l. RS, št. 89/2008, 25/2009, 58/2012)

Reference

A. Reference:

- Cristian Golier: The Economics of Risk and Time, The MIT Press, 2001
- Kenneth L. Judd: Numerical Methods in Economics, The MIT Press, 1998
- Rudiger U. Seydel: Tools for Computational Finance, Springer, 2009
- Paul Glasserman: Monte Carlo Methods in Financial Engineering, Springer, 2004
- Nassim Taleb: Dynamic Hedging, Managing Vanilla and Exotic Options, John Wiley & Sons, 1997
- Mario J. Miranda and Paul L. Fackler: Applied Economics and Finance, The MIT Press, 2002
- Lenos Trigeorgis: Real Options, Managerial Flexibility on Strategy in Resource Allocation, The MIT Press, 1996
- Eduardo S. Shwartz and Lenos Trigeorgis: editors, Real Options and Investment under Uncertainty, The MIT Press, 2004
- Mathews and Salmon: Valuing High-Risk, High-Return Projects, Tutorials in Operations Research, INFORMS, 2007
- V. Datarand S. Mathews. Datar-Mathews method for quantitative real option value. U.S. Patent 6862579, filed July 10, 2002, and issued March 1, 2005.
- Franc Kalan, Delo in dom, <http://www.deloindom.si/ogrevanje/najcenejsi-so-sekanci-sledijo-jim-toplotne-crpalke>
- The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, European Commission, DG RTD J3, Rue du Champs de Mars 21, B-1049 Brussels, tel: +32-2-296-5061, fax: +32-2-299-4991, e-mail: Erich.Naegele@ec.europa.eu
- Ivan Malenković, DEFINITION OF PERFORMANCE FIGURES FOR SOLAR AND HEAT PUMP SYSTEMS, Technical Report 5.1.3, Austrian Institute of Technology, 2012.
- Frank, E., Haller, M., Herkel, S., Ruschenberg, J., 2010, Systematic classification of combined solar thermal and heat pump systems.
- Gozdarski inštitut Slovenije, http://www.gozdis.si/raziskovalna-dejavnost/proizvajalci-lesnih-goriv/#id_1727
- Gozdarski inštitut Slovenije: http://www.gozdis.si/data/publikacije/11_Smernice_BLTC_slo_internet.pdf
- Jože Prah, Zavod za gozdove, 2011, osebna korespondenca
- Prof. Dr. Lovrenc Pfajfar, Aleša Lotrič Dolinar PhD.; and Statistični Zavod RS (2012) Input-Output Tables for 2008.
- Berkeley Lab, <http://eetd.lbl.gov/publications>
- Jennie Jorgenson, Paul Gilman, and Aron Dobos, Technical Manual for the SAM Biomass Power Generation Model, NREL, September 2011
- Hans Breuer/Rosemarie Breuer, dtv-Atlas zur Physik; Tafeln und Texte, 1987, 1993.
- A. Bejan and S. Lorente, The Constructal law origin of the logistic S - curve, 2011, American Institute of Physics.
- Effect of size on ground-coupled heat pump performance, M. Alalaimi, S. Lorente, R. Anderson, A. Bejan, 2013, Duke University,

- Department of Mechanical Engineering and Materials Science, Durham, NC 27708-0300, USA, Université de Toulouse, UPS, INSA, LMDC (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions), 135, avenue de Rangueil, F-31 077 Toulouse Cedex 04, France; National Renewable Energy Laboratory, 15013 Denver West Parkway, CO 80401-3305, USA
- Underground heat flow patterns for dense neighborhoods with heat pumps, H. Kobayashi, S. Lorente, R. Anderson, A. Bejan, 2013
- One underground heat exchanger for multiple heat pumps, M.R. Errera, S. Lorente, R. Anderson, A. Bejan, 2013
- Constructal design of underground heat sources or sinks for the annual cycle, Luiz A.O. Rocha, Sylvie Lorente, Adrian Bejan, Ren Anderson, 2012
- Cost-optimal levels for energy performance requirements, European Commission, Working Group (WG) in Concerted Action 2 (CA2 EPBD), april 2011.
- Building Energy Rating and Disclosure Policy, Andrew C. Burr, Cliff Majersik, Sarah Stellberg - Institute for Market Transformation; Heidi Garrett-Peltier - Political Economy Research Institute, March 2012
- Nike KRAJNC, Mitja PIŠKUR, Jaka KLUN, Tine PREMRL, Barbara PIŠKUR, Robert ROBEK, Marija MIHELIC, Iztok SINJUR; LESNA GORIVA, DRVA IN LESNI SEKANCI, PROIZVODNJA, STANDARDI KAKOVOSTI IN TRGOVANJE, Gozdarski inštitut Slovenije, EIE/07/054/2007
- The System Advisor Model (SAM), a performance and financial model designed to facilitate decision making for people involved in the renewable energy industry: <https://sam.nrel.gov/>
- A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.
- Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, <http://www.ipk.fraunhofer.de/publikationen/>
- U.S. Information, *Annual Energy 2014*, April 30, 2014, /EIA-0383(2014).
- Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://btus.lbl.gov/>, <http://btus.lbl.gov/>, <http://standby.lbl.gov/summary-chart.html>
- NREL: varčni razdelilniki: <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60461.pdf>
- Jimoh, Bukola S., "Energy Efficiency Technologies for Buildings: Potential for Energy, Cost, and Carbon Emission Savings" (2011). CMC Senior Theses. Paper 180. http://scholarship.claremont.edu/cmc_theses/180
- CEN, 2011, EN14825:2011 Air conditioners, liquid chilling packages and heatpumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling - Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance, CEN, Brussels
- CEN, 2011, EN 16147:2011 Heat pumps with electrically driven compressors - Testing and requirements for marking for domestic hot water units. CEN, Brussels
- VDI, 2003, VDI 4650-1: Calculation of heat pumps - Simplified method for the calculation of the seasonal performance factor of heat pumps - Electric heat pumps for space heating and domestic hot water. VDI, Düsseldorf
- CEN, 2008, EN15316-4-2:2008 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-2: Space heating generation systems, heat pump systems. CEN, Brussels
- CEN, 2011, EN 15879-1 - Testing and rating of direct exchange ground coupled heat pumps with electrically driven compressors for space heating and/or cooling — Part 1: Direct exchange-to-water heat pumps. CEN, Brussels
- Wemhöner, C., Afjei, T., 2003, Seasonal performance calculation for residential heat pumps with combined space heating and hot water production (FHBB method), Swiss Fed-eral Office of Energy, Bern
- Malenković, I., 2012, Definition of performance figures for solar thermal and heat pump systems. Technical Report 5.1.3, part of Deliverable 5.1 of the project QAISt - Quality Assurance in Solar Heating and Cooling Technology (Contract No. IEE/08/593/SI2.529236)
- Prof.dr. Peter Novak, Energotech d.o.o., PP o bodočem konceptu energetskega sistema v Sloveniji, »Kako pokriti potrebe po energiji v Sloveniji do leta 2030 in naprej glede na podnebne spremembe« ENERGETSKI KONCEPT SLOVENIJE
- Robert I. McDonald et al, 2009, Energy Spawl or Enegy Efficiency
- Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC; 2012.
- prof. dr. Sašo Medved, dr. Boris Vidrih, u.d.i.s., Analiza EKONOMIČNOSTI OGREVALNIH SISTEMOV, Analiza Analiza investicije zamenjave sistema za ogrevanje stavbe in tople sanitarne vode (primerjava stroškov ogrevanja stanovanjske hiše) (2014), Laboratorija za okoljske tehnologije v stavbah (LOTZ), na Fakulteti za strojništvo, Univerza v Ljubljani