



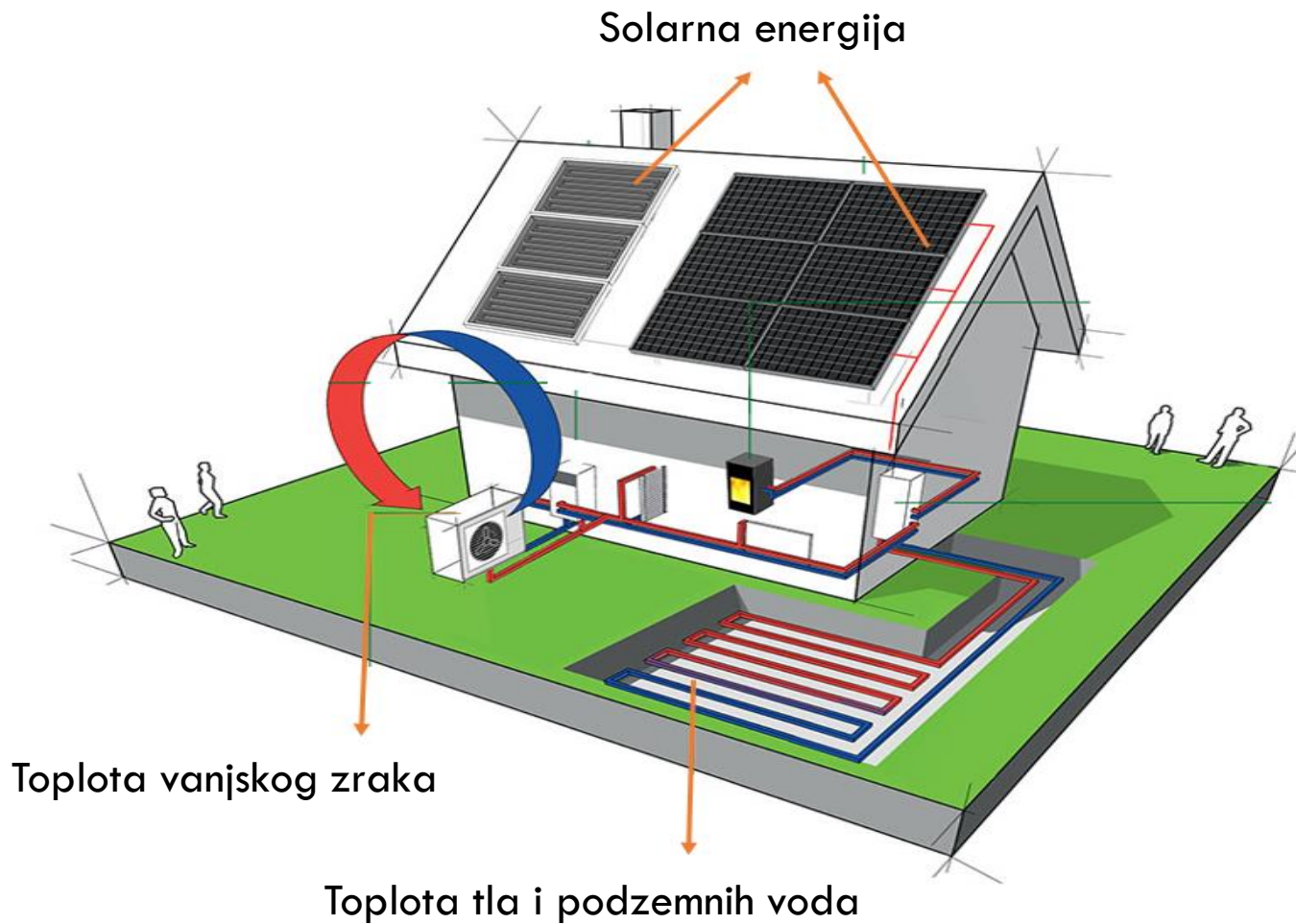
# IMPLEMENTACIJA TEHNOLOGIJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U KGH SYSTEMIMA U ZGRADARSTVU I INDUSTRIJI

Meho Kulovac, CTO  
nLogic Advisory Sarajevo

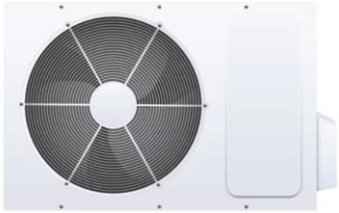
## SADRŽAJ

- Toplotne pumpe u zgradarstvu
- Toplotne pumpe industrijskim preduzećima
- Toplotne pumpe koje koriste energiju otpadnih voda
- Toplotne pumpe u sistemima daljinskog grijanja
- Solarni kolektori za pripremu PTV u zgradarstvu
- Solarni kolektori za pripremu PTV u industrijskim preduzećima
- Solarni kolektori za predgrijavanje vode korištene u procesima u industrijskim preduzećima
- Iskorištavanje otpadne toplotne dimnih gasova u industrijskim preduzećima za potrebe grijanja objekata i/ili procesa

# Obnovljivi izvori energije u zgradarstvu



# Šta je toplotna pumpa?

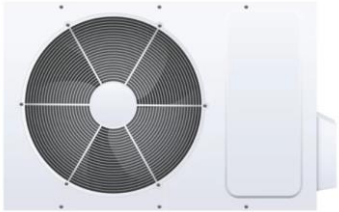


**Toplotne pumpe**

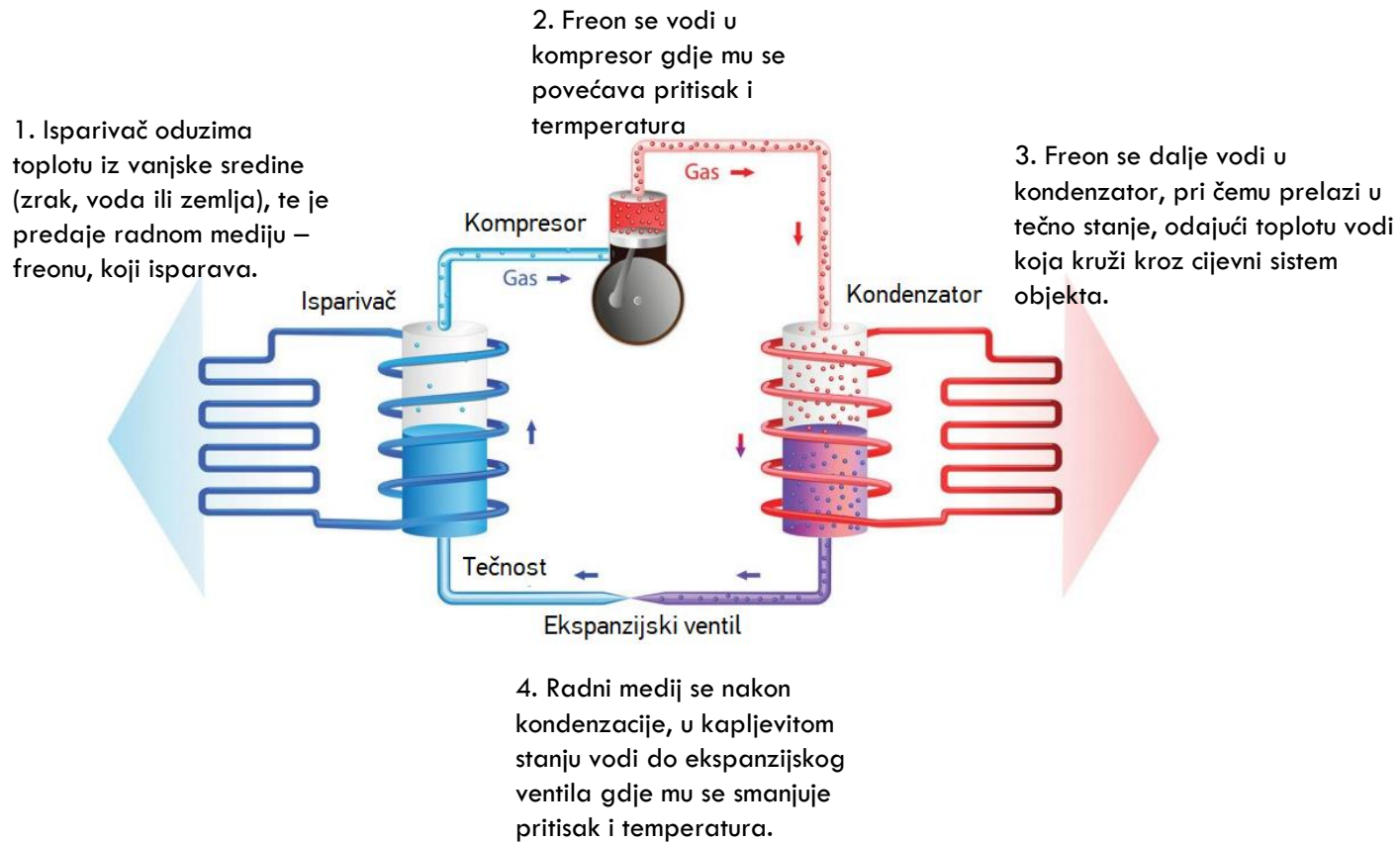
**Toplotna pumpa** je uređaj koji vrši apsorpciju toplotne energije sa jedne lokacije (spoljašnji izvor toplote), te je premješta na drugu lokaciju (objekat koji se grije ili hladi). Uz pomoć toplotne pumpe je moguće uložnim radom oduzeti toplotu od okoline, te je na višem temperaturnom nivou koristiti za grijanje ili hlađenje, pri čemu je količina toplote višestruko veća od toplotnog ekvivalenta utrošene električne energije.

- Toplotna pumpa zrak - voda
- Toplotna pumpa voda - voda
- Toplotna pumpa zemlja - voda

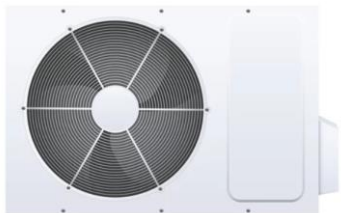
# Princip rada toplotne pumpe



Toplotne pumpe



# Prednosti toplotnih pumpi



**Toplotne pumpe**

Među najznačajnijim prednostima toplotnih pumpi u odnosu na konvencionalne sisteme zagrijavanja je **odnos uložene i dobijene energije.**

**1 kWh** električne energije ➔ **3-5 kWh** toplotne energije



Nesicrpni i besplatni izvori toplote



Smanjenje emisija u okoliš



Smanjenje potrošnje energije



Jednostavno održavanje

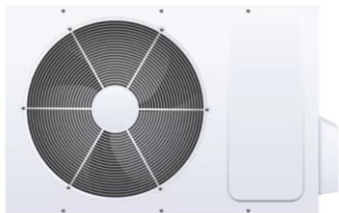


Smanjenje troškova za energiju



Dug vijek trajanja

# Ograničenja i preduslovi za korištenje toplotnih pumpi



**Toplotne pumpe**



## **Stanje ovojnice objekta**

Što je objekat bolje toplotno izolovan,  
manji su gubici toplote.

Gubici toplote  Snaga t.p.  Investicija 



## **Instalisana grijna i rashladna tijela**

Toplotne pumpe - niskotemperaturni režim

Podno grijanje

Ventilokonvektori

KAKO NISKA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE UTIČE  
NA ISPLATIVOST UGRADNJE SISTEMA BAZIRANIH  
NA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE KOJI  
PRIMARNO KORISTE ELEKTRIČNU ENERGIJU?





## Primjeri dobre prakse

# Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u zgradarstvu

$$A = 150 \text{ m}^2$$



Prije provođenja  
mjera EE



Nakon provođenja  
mjera EE

Vanjska ovojnica

Bez izolacije

10 cm EPS

Sistem grijanja

Kotao na pelet

Toplotne pumpe zrak-voda

Godišnja potrebna toplotna energija [kWh]

24.000,00

12.000,00

Godišnji troškovi za energent, [KM/god]

3.500,00

950,00

## Primjeri dobre prakse

# Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u zgradarstvu

$$A = 150 \text{ m}^2$$



Toplotna pumpa  
zrak-voda



Toplotna pumpa  
zrak-voda

Godišnja potrebna toplotna energija [kWh]

12.000,00

12.000,00

Predajnici toplote

Pločasti radijatori

Podno grijanje

Potrebna polazna temperatura vode u sistemu [C°]

45

35

Prosječni sezonski stepen efikasnosti u režimu grijanja SCOP

3,2

3,8

Troškovi grijanja

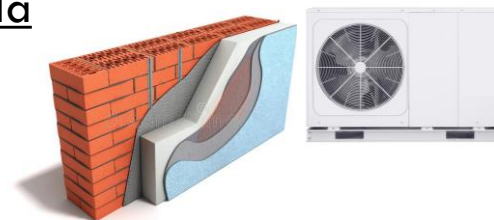


## Primjeri dobre prakse

# Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u zgradarstvu

Termoizolacija vanjskih zidova i ugradnja toplotnih pumpi zrak-voda

$$A = 150 \text{ m}^2$$



Prosječni godišnji troškovi za pelet:

4.250,00 KM/god

Uštede u troškovima nakon mjera EE:

3.050,00 KM/god

Investicija\* u termoizolaciju vanjskih zidova

7.000,00 KM

Investicija\* u nabavku, dopremu i ugradnju toplotne pumpe zrak – voda sa osnovnom pratećom opremom i ventilokonvektorima za efikasnije grijanje i moguće hlađenje

25.000,00 KM



Period povrata investicije:  
**10,50 god**



**Sigurnost u snabdijevanju energentom**

## Primjeri dobre prakse

# Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u zgradarstvu

### Instalacija toplotne pumpe zrak – voda za zagrijavanje škole

Korisna površina škole:

2.600,00 m<sup>2</sup>

Prosječni troškovi za energent (ugalj i ogrijevno drvo):

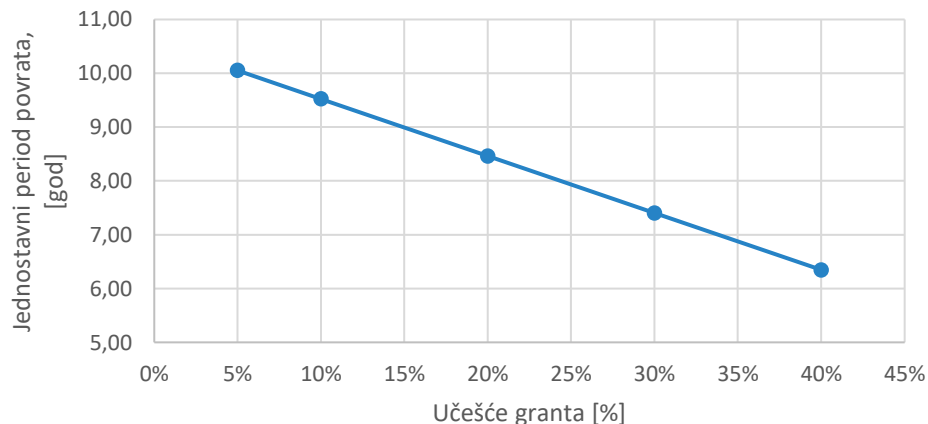
36.000,00 KM/god

Troškovi za grijanje putem toplotne pumpe:

9.300,00 KM/god

Investicija\* u nabavku, dopremu i ugradnju toplotne pumpe zrak – voda, cijevnog razvoda, buffer spremnika i ventilokonvektora – sa dokupom električne energije

314.200,00 KM

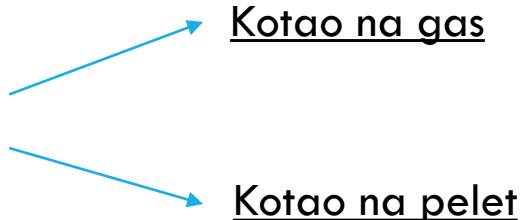


## Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u industrijskim preduzećima



Optimalno je instalirati toplotnu pumpu za pokrivanje baznog opterećenja u režimu grijanja, te potpunog opterećenja u režimu hlađenja. Najčešće se projektuje za rad do vanjskih temperatura do  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Dodatni/rezervni izvor grijanja za pokrivanje vršnog opterećenja



Potrebno instalirati niskotemperaturne kalorifere i kalorifere sa mogućnosti odvoda kondenzata sa istih.

# Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u industrijskim preduzećima

## Glavne prednosti instaliranja toplotnih pumpi u preduzećima:



1. Automatiziran rad toplotne pumpe – nije potrebna konstantno osoba u kotlovnici



2. Generalni manjak ljudi u preduzećima - svaki radnik koji se može uposliti na radu u procesima (a ne u kotlovnici) daje značajan doprinos.



3. Sigurnost opskrbe energentnom – koristi električnu energiju – ne ovisi od mogućih izazova na tržištu



4. Moguća instalacija solarnih panela na krovu proizvodnih hala – korištenje za pokretanje kompresora toplotne pumpe u toku dana i skladištenje energije u buffer spremnicima.



5. Mogućnost proizvodnje i tople vode za rad u procesima ukoliko je ista do 65°C; bez potrebe za radom kotlova (koji su najčešće bili na lož ulje ili ugalj) – automatizacija procesa

# Provođenje mjera poboljšanja energijske efikasnosti u industrijskim preduzećima



Vršene su analize mogućnosti i isplativosti implementacije toplotnih pumpi u sistemu daljinskog grijanja

Analizirana je tehnička i finansijska isplativost korištenja:

1. Otpadne toplote iz pročišćenih otpadnih voda u PPOV Butile
2. Pitke vode iz vodoopskrbnom spremniku na Mojmilu
3. Geotermalne bušotine na Ilidži
4. Pitke vode iz Peračkog vrela u Vogošći

## Provođenje mjera poboljšanja energetske efikasnosti u industrijskim preduzećima

1. Toplotne pumpe snage 36 MW koristeći otpadnu vodu Butile
2. Toplotne pumpe snage 20,5 MW koristeću vodu iz spremnika na Mojmilu
3. Toplotne pumpe snage 2,5 MW koristeći geotermalnu vodu na Ilidži
4. Toplotne pumpe snage 1,2 MW koristeći vodu iz Peračkog vrela u Vogošći

Projekat implementacije toplotne pumpe voda-voda (zajedno sa kotlovima na gas) u Vogošći je trenutno (januar-septembar 2023) u izradi.



## Toplotne pumpe koje koriste otpadnu vodu



Određeni broj preduzeća u BiH ima ogromnu količinu otpadne vode koju redovno prečišćavaju, te istu prečišćenu vraćaju u rijeke.



Analizirano preduzeće prečišćava otpadnu vodu kroz razne filtere, te očišćenu i po pravilima struke vraća nazad u rijeku.



Prosječna temperatura otpadne vode u zimskom periodu iznosi **17°C**.



Analizom korištenja otpadne vode kao ulaz u toplotnu pumpu voda-voda – mogućnost dobijanja stepena efikasnosti (COP-a) sistema preko 6,0



Čišćenje predizmjenjivača



Relativno visoka investicija ukoliko je potrebno mijenjati kompletan cijevni razvod i predajnike toplote, prihvatljivija značajno bez promjene sistema.

# Solarni kolektori

## Javna ustanova za odgoj i obrazovanje djece



Instalacija solarnih kolektora za pripremu potrošne tople vode

Prosječni godišnji troškovi za električnu energiju za pripremu potrošne tople vode:

2.100,00 KM/god

Ušteda električne energije za pripremu PTV:

1.100,00 KM/god

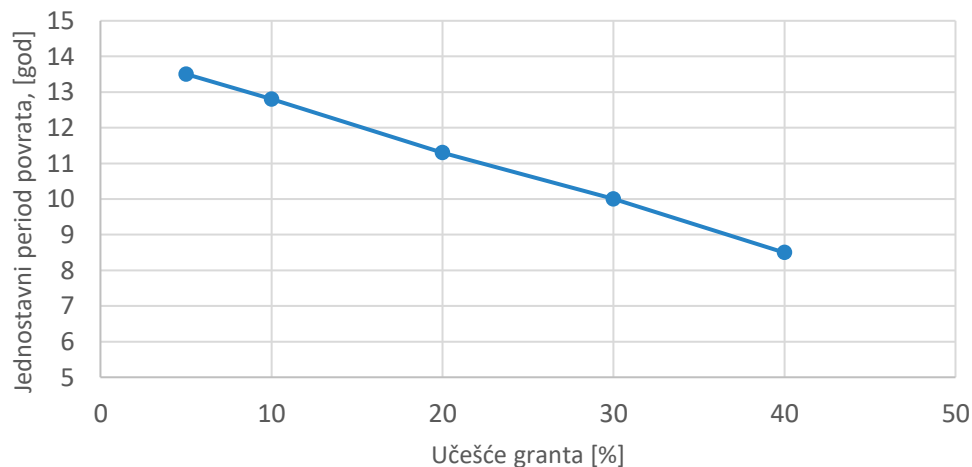
Investicija\* u nabavku, dopremu i ugradnju solarnih kolektora (30 cijevi) sa spremnikom, konstrukcijom i pratećom opremom:

15.600,00 KM



Period **povrata** investicije:

< 15 god



## Solarni kolektori

### Kombinacija toplotne pumpe sa solarnim kolektorima

Isplativost ugradnje solarnih kolektora na individualnim stambenim objektima je i duža od navedenog primjera, jer je potrošnja energije za pripremu PTV-a čak i manja.

Ekonomska isplativost se može postići na [hotelima](#), [bolnicama](#), [vešerajima](#) i drugim objektima gdje je dnevna potrošnja potrošne tople vode velika.

$$USAVE = 550 \text{ kWh/m}^2\text{god}$$

### Prosječna potrošnja toplotne energije za pripremu potrošne tople vode



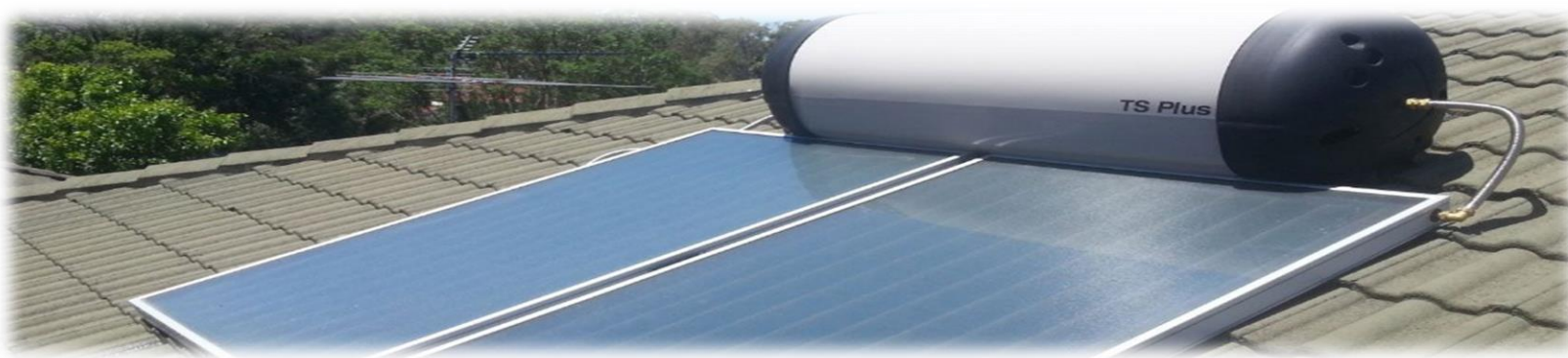
Četveročlano domaćinstvo

$$2.000 \text{ kWh/god}$$

Kombinacija toplotne pumpe sa solarnim kolektorima za pripremu potrošne tople vode obezbjeđuje [optimalnu pripremu vode](#), uz [minimalne troškove](#).

# Korištenje solarnih kolektora u industriji za predgrijavanje tople vode u industrijskom procesu

Instalacija solarnih kolektora je pogodna u **industrijskim preduzećima** koja imaju **potrebu za toplom vodom tokom cijele godine.**



Analizirano je preduzeće koje koristi kotao na lož ulje za zagrijavanje vode u proizvodnom procesu.



**Scenarij 1:** Ugradnja solarnih kolektora za predgrijavanje tople vode prije ulaska u kotao na lož ulje zajedno sa spremnikom sa jednim spiralnim izmjenjivačem



**Scenarij 2:** Ugradnja solarnih kolektora za predgrijavanje tople vode, toplotne pumpe zrak-voda i spremnika sa dva spiralna izmjenjivača

## Osnovni pokazatelji – Scenarij 1 i Scenarij 2

Potrošnja energenta (kWh) trenutna	Potrošnja energenta (kWh) nakon ugradnje solarnih kolektora	Investicija u nove kolektore i nove spremnike PTVa (KM)	Uštede energije na godišnjem nivou (kWh)	Cijena energije (KM/kWh)	Uštede u novcu na nivou godine (KM)	SPB (god)
<b>SCENARIJ 1</b>						
1.641.698	1.560.078	143.734,50	81.620	0,27	21.712	6,62
<b>SCENARIJ 2</b>						
Potrošnja energenta (kWh) trenutna	Potrošnja energenta (kWh) nakon ugradnje solarnih kolektora i toplotne pumpe	Investicija u nove kolektore , toplotnu pumpu voda-voda i nove spremnike PTVa (KM)	Uštede energije na godišnjem nivou (kWh)	Cijena energije (KM/kWh)	Uštede u novcu na nivou godine (KM)	SPB (god)
1.641.698	1.590.078	308.967,75	231.620	0,27	55.208	5,60

## Iskorištavanje otpadne toplote u preduzećima

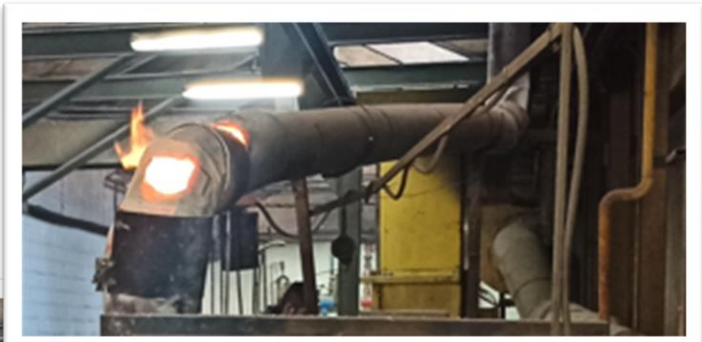
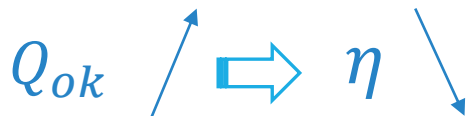
Izlazni dimni gasovi visoke temperature u okoliš odnose značajne količine **otpadne toplote**.

Efikasnost uređaja:

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ok}}{Q}$$

$Q_{ok}$  - otpadna toplota

$Q$  - toplota generisana sagorijevanjem goriva



## Prvi korak: mjerenje

Temperatura gasova na izlazu iz uređaja za topljenje cinka: **700°C**.



# Dimenzionisanje izmjenjivača toplote

Određivanje masenog protoka  
Usis ventilatora

Prečnik ventilatora	Površina ventilatora	Brzina zraka	Zapreminski protok zraka	Gustina zraka	Maseni protok zraka	Koeficijent viška zraka
m	$m^2$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m^3}{h}$	$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{kg}{h}$	-
0,135	0,012876	8,68	354,07	1,21	428,42	1,06

Gorivo

Snaga gorionika	Donja toplotna moć goriva	Maseni protok goriva
kW	$\frac{kWh}{kg}$	$\frac{kg}{h}$
350	12,70	27,56

$$m_{d.g.} = m_z + m_g \lambda = 428,42 + 27,56 \cdot 1,06 = 457,73 \frac{kg}{h}$$



## Dimenzionisanje izmjenjivača toplote

Na osnovu masenog protoka dimnih gasova, njihovog specifičnog toplotnog kapaciteta i ulazne i izlazne temperature dimnih gasova, izračunava se snaga izmjenjivača toplote:

$$Q = mc_p\Delta T = \frac{457,73}{3600} \cdot 1,25 \cdot (700 - 140) \approx 90 \text{ kW}$$

gdje je:

$m$  – maseni protok dimnih gasova,

$c_p$  – specifični toplotni kapacitet dimnih gasova i

$\Delta T$  - razlika temperatura gasova na ulazu i izlazu iz izmjenjivača toplote.

## Dimenzionisanje izmjenjivača toplote

Na osnovu određene snage izmjenjivača toplote, koeficijenta prolaza toplote i srednje logaritamske temperaturne razlike, izračunava se površina izmjenjivača toplote:

$$A = \frac{Q}{U\Delta T_{log}} = \frac{90000}{95 \cdot \frac{700 - 90 - (140 - 60)}{\ln \frac{700 - 90}{140 - 60}}} = 3,63 \text{ m}^2$$

gdje je:

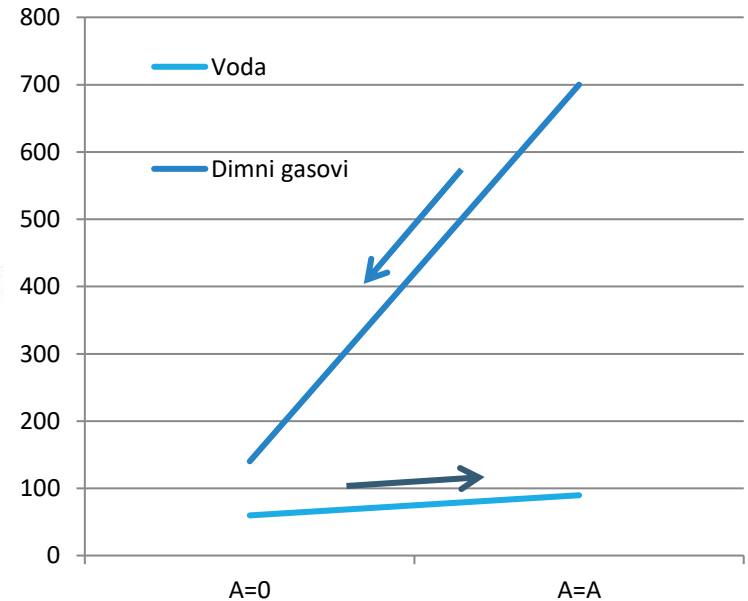
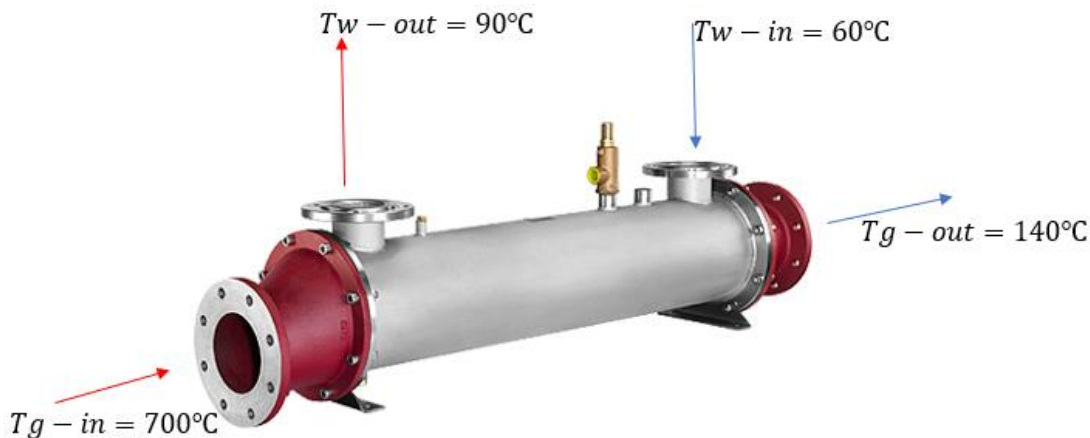
Q – snaga izmjenjivača toplote,

U – koeficijent prolaza toplote i

$\Delta T_{log}$  - srednja logaritamska temperaturna razlika.

# Ugradnja izmjenjivača toplote za zagrijavanje vode u daljem proizvodnom procesu

Izmjenjivač toplote je uređaj u kojem se toplotna energija prenosi sa jednog fluida na drugi bez njihovog međusobnog miješanja.



## Priprema tople vode za potrebe proizvodnih procesa u trenutnom stanju

Priprema tople vode vrši se putem kotla na pelet snage  $Q=150$  kW pri temperaturnom režimu 80/60.

Karakteristike peleta za sagorijevanje u kotlu na pelet

Godina	Cijena		Donja toplotna moć kWh/kg
	KM/t	KM/kWh	
2021.	400,00	0,089	5,00
2022.	650,00	0,144	



## Analiza ušteta postignutih ugradnjom izmjenjivača toplote

Ugradnjom izmjenjivača toplote, godišnje se ostvaruje cca **650 MWh** toplotne energije za zagrijavanje vode u daljem proizvodnom procesu.

Maseni protok dimnih gasova	Specifični toplotni kapacitet	Temperatura dimnih gasova na ulazu u IT	Temperatura dimnih gasova na izlazu iz IT	Snaga IT	Toplotna energija
$\frac{kg}{h}$	$\frac{kJ}{kgK}$	°C	°C	kW	kWh/god
457,73	1,25	700	140	90	649.716

## Analiza ušteta postignutih ugradnjom izmjenjivača toplote

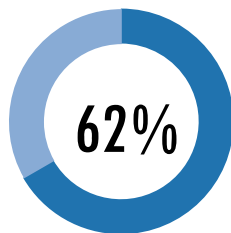
Potrošnja peleta za zagrijavanje vode u daljem procesu

**126 t/god**

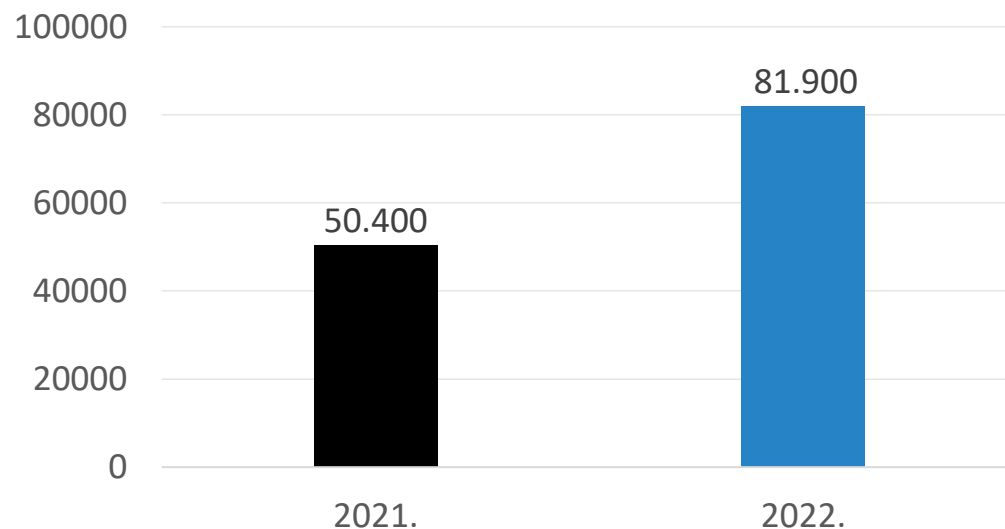
Cijena peleta

2021. 400 KM/t

2022. 650 KM/t



Troškovi peleta za pripremu tople vode u daljem procesu trenutno stanje



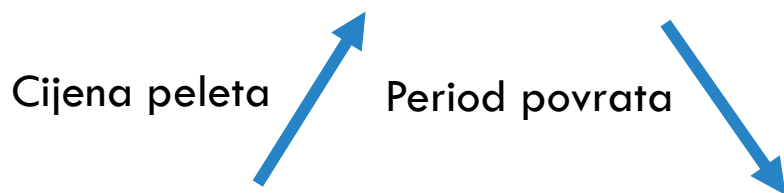
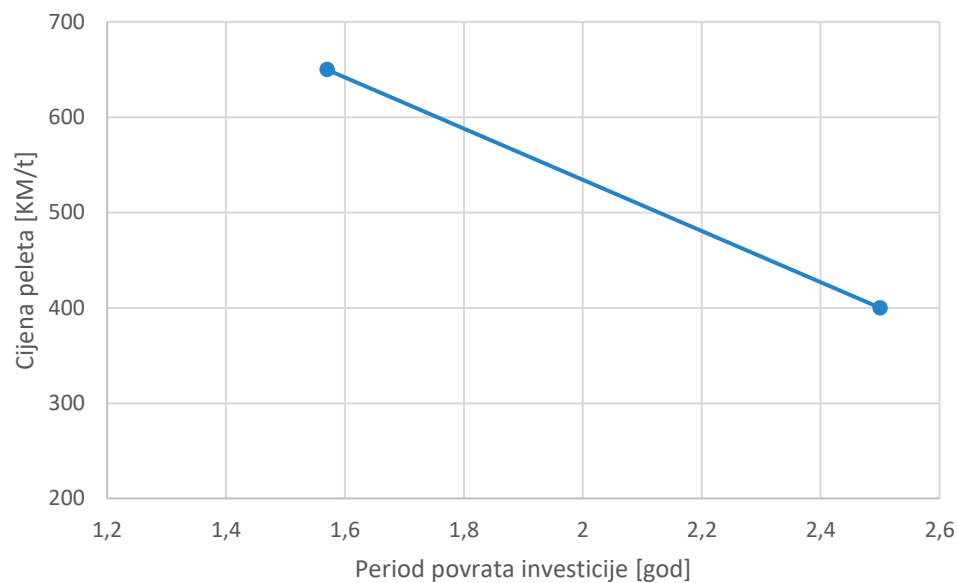
Period **povrata investicije:**



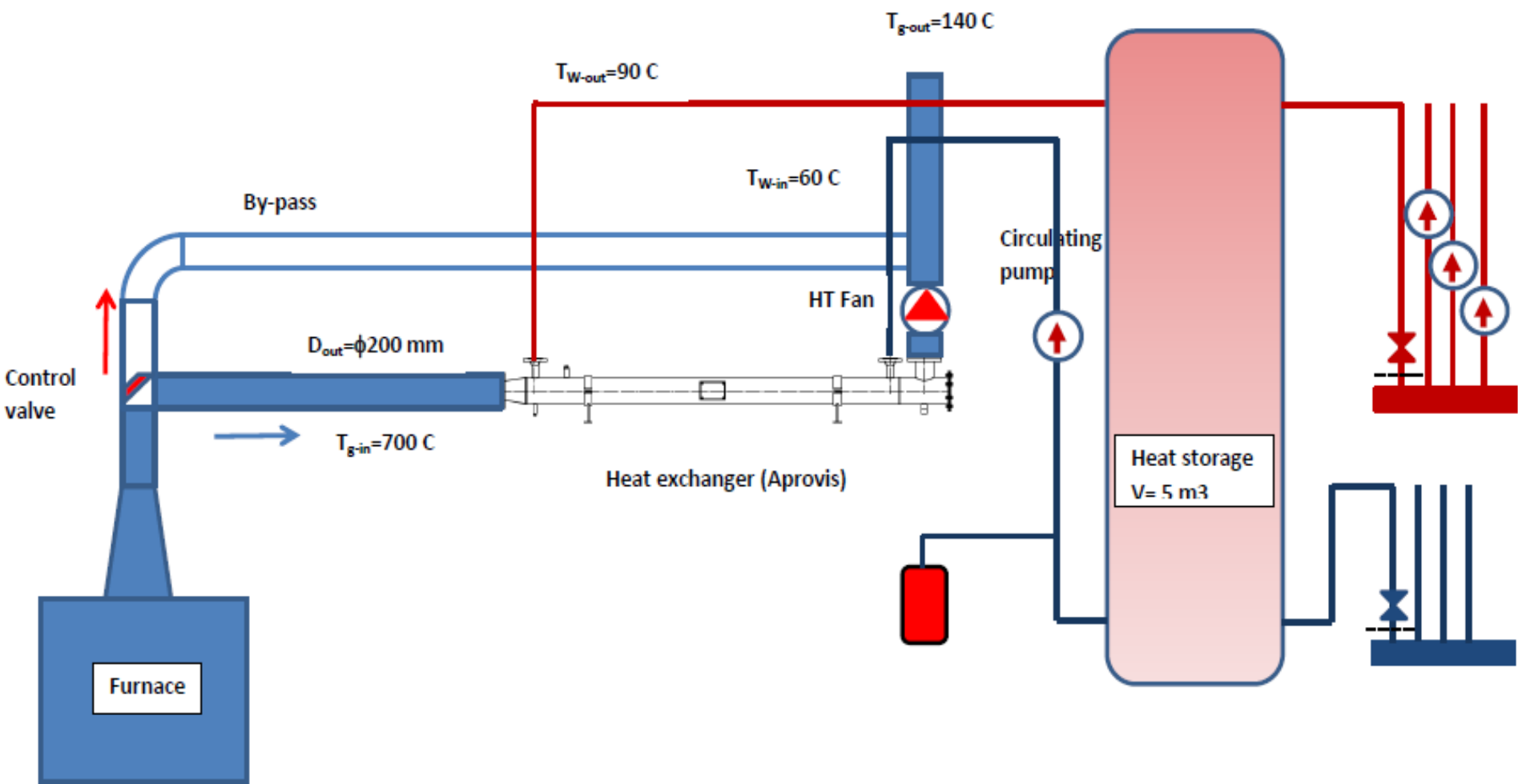
**< 3,50 god**

## Zavisnost perioda povrata investicije od cijene peleta

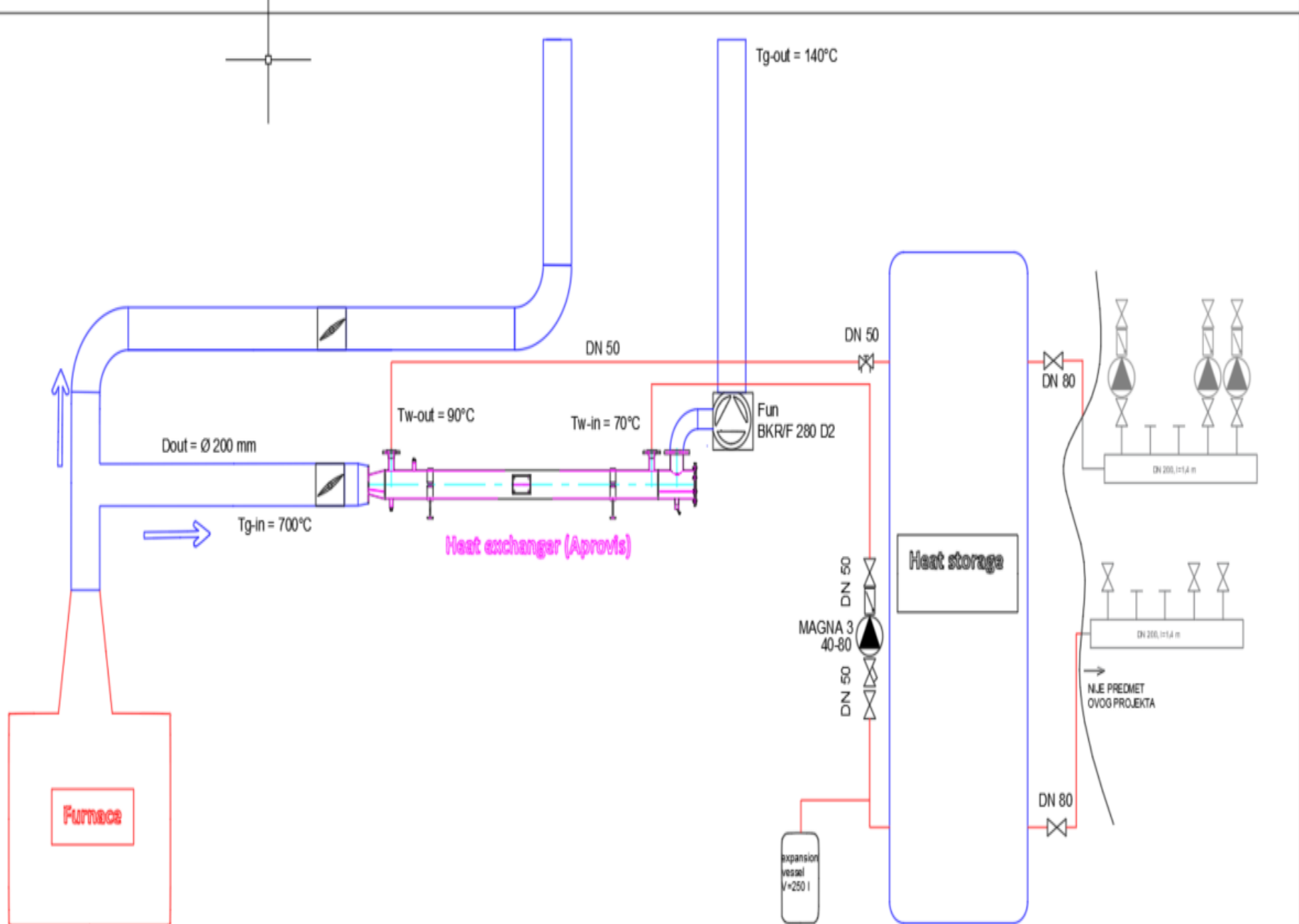
Godina	Cijena peleta	Period povrata investicije
	KM/t	god
2021.	400	2,50
2022.	650	1,57



- ! Indirektni **troškovi**: troškovi skladištenja, održavanja, servisiranja, čišćenja, radne snage...









# HVALA NA PAŽNJI!

**nLogic Advisory Sarajevo**

Đoke Mazalića 2

71000 Sarajevo

Bosna i Hercegovina

**Meho Kulovac, MA. dipl.ing.maš., CTO**

**[meho.kulovac@nlogic.ba](mailto:meho.kulovac@nlogic.ba)**