



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija  
Program: Strojništvo  
Modul: Orodjarstvo

## **IZBIRA PRIMERNEGA ENERGENTA ZA LIVARSKO PEČ BU300**

Mentor: mag. Matiček Tacer  
Lektorica: Nina Bokalič, mag. prof. slov.

Kandidat: Matija Pirc

Ljubljana, maj 2023

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju Matičku Tacerju za pomoč in vodenje skozi celotno diplomsko delo.

Hvala tudi podjetju Libametal d.o.o. za vse gradivo ter znanje, ki sem ga prejel za izdelavo diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi družini, ki mi je stala ob strani in me podpirala med samim študijem.

Zahvaljujem se tudi lektorici Nini Bokalič, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

## IZJAVA

Študent Matija Pirc izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Matička Tacerja.

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

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V diplomskem delu je predstavljena izbira energenta za livarsko peč. Predstavili smo same energente in njihove lastnosti. V diplomskem delu smo ugotavljali, ali je smotrno zamenjati obstoječi energent za drugega. Izračunali smo izkoristke posameznega tipa livarske peči ter predstavili ključne podatke peči. Pri pečeh smo tudi opisali, kako poteka letno vzdrževanje le-teh in gorilcev. Za glavni cilj diplomskega dela smo izračunali letne stroške za posamezen energent. Podatki izhajajo iz lanskih podatkov porabe kurilnega olja v podjetju Libametal d.o.o. Pretvorjeni so bili preko delovnih ur livarske peči. Del diplomskega dela je bila tudi ugotovitev, ali se splača zamenjati obstoječi energent za drugega ter v kakšnem času se povrne investicija. V zadnjem delu smo prikazali vplive na okolje in predstavili nove tehnologije za taljenje aluminija.

## **KLJUČNE BESEDE**

- livarska peč
- taljenje aluminija
- izbira energenta

## **ABSTRACT**

The thesis presents the choice of energy source for a foundry furnace. We presented the energy sources themselves and their properties. In the thesis, we determined whether it is expedient to replace the existing energy source with another. We calculated the efficiency of each type of foundry furnace and presented the key data of the furnace. In the case of furnaces, we have also described how the annual maintenance of them and the burners takes place. For the main goal of the thesis, we calculated the annual costs for each energy product. The data comes from last year's heating oil consumption data at the company Libametal d.o.o. They were converted through the working hours of the foundry furnace. Part of the thesis was also the determination of whether it is worthwhile to replace the existing energy source with another and in what time the investment will be recouped. In the last part, we showed the impact on the environment and presented new technologies for aluminum smelting.

## **KEYWORDS**

- Foundry Furnace
- Aluminum Smelting
- Choice of Energy Source

## KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge .....	1
1.3	Predstavitev okolja .....	1
1.4	Predpostavke in omejitve .....	2
1.5	Metode dela .....	2
2	RAZLAGA POJMOV.....	3
2.1	Zemeljski plin .....	3
2.2	Kurilno olje .....	3
2.3	Elektrika .....	4
2.4	Litje .....	4
2.5	Livarska peč.....	5
	2.5 proces priprave taline.....	6
3	OBSTOJEČA LIVARSKA PEČ BU300 .....	8
3.1	Opis peči.....	8
3.2	OPIS GORILCA na kurilno olje.....	8
3.3	Izkoristek peči .....	10
3.4	Poraba energenta in stroški vzdržEVanja.....	12
	3.4.1 Poraba energenta .....	12
	3.4.2 Stroški vzdrževanja .....	13
3.5	Delovne ure.....	16
3.6	Mesečni strošek obratovanja.....	17
4	LIVARSKA PEČ BU300 NA ZEMELJSKI PLIN.....	18
4.1	Opis peči.....	18
4.2	Opis gorilca na zemeljski plin .....	18
4.3	Izkoristek peči z plinskim gorilcem .....	20
4.4	Poraba energenta in stroški vzdrževanja.....	20
	4.4.1 Poraba energenta .....	20
	4.4.2 Stroški vzdrževanja .....	21
4.5	Strošek investicije .....	22
4.6	Mesečni strošek obratovanja.....	22
5	LIVARSKA PEČ BU300 NA ELEKTRIČNO ENERGIJO .....	23
5.1	Opis peči.....	23
5.2	Izkoristek peči .....	24
5.3	Poraba energenta in stroški vZdrževanja peči.....	25
	5.3.1 Poraba energenta .....	25
	5.3.2 Stroški vzdrževanja .....	26
5.4	Strošek investicije peči na indukcijsko gretje .....	27
5.5	Investicija v fotovoltaični sistem.....	27
5.6	Mesečni strošek obratovanja.....	28
6	POVRNITEV STROŠKOV INVESTICIJ .....	30

6.1	Primerjava med kurilnim oljem in zemeljskim plinom .....	30
6.2	Primerjava med kurilnim oljem in električno energijo .....	30
6.3	Primerjava med kurilnim oljem in električno energijo v kombinaciji S fotovoltaičnim sistemom.....	31
7	VPLIV NA OKOLJE .....	32
8	NOVE TEHNOLOGIJE .....	33
9	ZAKLJUČKI .....	34
10	LITERATURA IN VIRI.....	35

## KAZALO SLIK

Slika 1: Ulivanje v peščene forme.....	5
Slika 2: Nagibna livarska peč .....	6
Slika 3: Žlindra na vrhu staljenega aluminija.....	7
Slika 4: Trenutna peč v proizvodnji.....	8
Slika 5: Gorilec BTL 26P .....	10
Slika 6: Nov livarski lonec.....	14
Slika 7: Servis gorilca .....	15
Slika 8: Prerez livarske peči .....	18
Slika 9: Baltur BTG 28P .....	19
Slika 10: Prerez indukcijske peči .....	24
Slika 11: Fotovoltaični paneli v podjetju .....	28
Slika 12: Vplivi na okolje.....	32
Slika 13: Poenostavljen prikaz nove tehnologije gorilnikov .....	33

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Tehnične lastnosti peči .....	8
Tabela 2: Tehnične lastnosti gorilca .....	9
Tabela 3: Letna poraba kurilnega olja.....	13
Tabela 4: Delovne ure obratovanja.....	17
Tabela 5: Tehnične lastnosti gorilca .....	19
Tabela 6: Poraba zemeljskega plina.....	21
Tabela 7: Tehnične lastnosti indukcijske peči .....	23
Tabela 8: Poraba električne energije .....	26



# 1 UVOD

## 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Podjetje Libametal d.o.o. se ukvarja z litjem barvnih kovin. Podjetje je pred kratkim pridobilo tudi certifikat ISO 9001:2015. Sam certifikat zahteva nenehne izboljšave. Ker je v tem obdobju ena bolj pomembnih tem energetika, smo se odločili, da naredimo nekaj na tem. Med pregledom stroškov smo opazili, da je taljenje aluminija eden večjih stroškov, zato smo se na pobudo podjetja odločili narediti raziskavo glede energentov za taljenje aluminija. Ker trenutno za taljenje uporabljamo kurilno olje, to pa ni najbolj ekonomično in ekološko, bomo na podlagi tega naredili raziskavo in raziskali možnosti za izboljšanje (Libametal d.o.o., 2019).

## 1.2 CILJI NALOGE

Namen naloge je prikazati izračun, kateri energent se najbolj splača za taljenje aluminija. Izračuni se bodo nanašali na taljenje s kurilnim oljem, z zemeljskim plinom in električno energijo.

Zemeljski plin in elektrika imata fiksne stroške. Ker pa bo ta raziskava temeljila na manjši livarni, ki aluminija ne tali vsak dan, bodo ti stroški močno vplivali na rezultate. Zato bo cilj naloge prikazati, na kateri točki pogostosti taljenja aluminija se izplača uporabljati določen energent.

V nalogi se bomo opredelili tudi glede same investicije in reševanja okoljskega problema. Izračunali bomo, v kakšnem času se določena investicija povrne ter kakšen je vpliv na okolje glede na posamezen energent.

## 1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Podjetje Libametal d.o.o. je malo družinsko podjetje s 45-letno tradicijo. V podjetju so poleg direktorja zaposleni še štiri delavci. Nahaja se v industrijski coni Komenda na 1200 m<sup>2</sup> velikem zemljišču. Dejavnost podjetja je izdelava izdelkov in polizdelkov iz barvnih kovin. Uporabljajo postopek peščenega liva in gravitacijskega liva v kovinske kalupe. Izdelujejo izdelke za strojogradnjo, igralništvo, kmetijsko mehanizacijo, elektro in gradbeništvo. V primarni dejavnosti izdelujejo polizdelke iz aluminija, zato bo diplomsko delo temeljilo na njihovi najbolj pogosto uporabljeni peči za taljenje aluminija (Libametal d.o.o., 2019).

## 1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Rezultati ugotovitev so vezani na konkreten primer. Rezultati se bodo nanašali na točno določeno topilno peč ter točno določen topilni lonec.

Rezultati bodo vezani na klasičen 40-urni delavnik ter s predpostavko, da je topilna peč pred pričetkom taljenja vedno ohlajena na 20 °C ter da se aluminij segreje do 720 °C.

V primeru, da bi šlo za večjo livarno z večizmenskem delavnikom, bi bili rezultati drugačni.

## 1.5 METODE DELA

V diplomskem delu smo uporabili več metod dela. Začeli smo z opisno metodo, kjer smo opisali vse komponente livarske peči ter predstavili delovanje same peči. Z analitično metodo smo izračunali porabo energije za topljenje aluminija. Uporabili smo jo tudi za izračun izkoristka peči, izpustov ter vzdrževanja. Na koncu smo uporabili sintezno metodo, kjer smo združili podatke ter na podlagi njih napisali končno ugotovitev.

## 2 RAZLAGA POJMOV

### 2.1 ZEMELJSKI PLIN

Kot energetske najučinkovitejše in okolju prijaznejše fosilno gorivo je zemeljski plin. Kot vir energije se njegova uporaba izjemno hitro širi. Je fosilno gorivo, ki obstaja že na milijone let. Zaradi izjemnega pritiska in vročine sta se rastlinstvo in živalstvo, ki ju je kamninska greda zakopala v morja in jezera, spremenila v ogljikovodike številnih stanj, vključno s trdnim, tekočim in plinastim stanjem. Druga razlaga pravi, da zemeljski plin še vedno nastaja s procesi, ki potekajo globoko v Zemlji. Teče po potresih in premikih plasti bližje zemeljskem površju (Domplan, 2009).

Metan, ki predstavlja do 99 % zemeljskega plina, je najbolj razširjen plin v mešanici. Najdemo tudi manjše količine etana, propana, primesi težjih ogljikovodikov, dušika in ogljikovega dioksida. Poleg tega ga lahko najdemo v poroznih zemeljskih plasteh pod neprepustnimi zemeljskimi plastmi do 5000 metrov pod površjem Zemlje. Odvisno od globine nanosa je pri tlaku nad 300 barov in temperaturi nad 180 °C. Omogoča črpanje surove nafte brez črpanja in se najpogosteje vidi kot plinska blazina nad nafto na naftnih poljih (Domplan, 2009).

Zemeljski plin je brez barve in vonja. Da bi bili izdelki varni za široko uporabo, mu dodamo odorant. S tem ga ljudje zavohajo tudi pri koncentracijah precej pod spodnjo mejo eksplozivnosti (Domplan, 2009).

### 2.2 KURILNO OLJE

Med destilacijo se del nafte pretvori v kurilno olje. V širšem pomenu se izraz »kurilno olje« nanaša na vse tekoče naftne proizvode, ki se lahko uporabljajo kot gorivo v pečeh, kotlih ali generatorjih za proizvodnjo toplote ali pogon motorjev. Plamenišče običajnega kurilnega olja je približno 40 °C. Strogo gledano je dizelsko olje, ki se uporablja za pogon dizelskih motorjev, samo kurilno olje z barvili in dodatki, ki mu pomagajo izstopati. Dolga veriga ogljikovodikov, predvsem alkanov, cikličnih ogljikovodikov in aromatov, sestavlja kurilno olje. Izraz »mazut«, ki ima rusko poreklo, se uporablja za opis nizkokakovostnega, težkega komercialnega dizelskega olja, ki v bistvu nima odstranjenih nečistoč (Wikipedia, 2023d).

Majhne molekule z relativno nizkim vreliščem se ločijo med fazo frakcioniranja v procesu destilacije nafte. Mazalna in kurilna olja so težji naftni derivati, ki se počasneje destilirajo in so bistveno bolj stabilni. Kurilno olje lahko poganja več stvari, vključno tovornjaki, ladjami, nekaterimi avtomobili ter celo za ogrevanje v domovih in podjetjih. Dizel se uporablja tudi v nekaterih elektrarnah, vendar ne pogosto, ker je dražji in škodljivejši kot zemeljski plin (Wikipedia, 2023d).

## 2.3 ELEKTRIKA

Elektrika se pogosto uporablja zamenljivo z električnim nabojem, zmožnostjo nekaterih osnovnih delcev (kot sta elektron in proton), da ustvarijo električno polje, in nanje vpliva, kar povzroči privlačnost ali odbojnost med njimi. Električni naboj je fizikalna količina, ki jo je mogoče kvantificirati in je ena od štirih temeljnih sil v naravi. Električni naboj je v tem kontekstu sinonim za »množino elektrike«. Pozitivni in negativni naboj sta dve različni vrsti električnih nabojev, ki jih najdemo v naravi. S testi so dokazali, da se električni naboji z različnimi imeni privlačijo, medtem ko se naboji z istim imenom odbijajo (na primer pozitiven-pozitiven ali negativno-negativen). Columbov zakon določa silo med električnimi naboji. Tehnološka uporaba električne energije je v središču elektrotehnike (Wikipedia, 2023c).

Energija se deli na dva dela. To sta eksergija in anergija, ki sestavljata vsako energijo in sta lahko enaki nič: eksergija + anergija = energija (Wikipedia, 2023a).

Glede na to, kako enostavno jih je mogoče pretvoriti, lahko ločimo tri kategorije energij (Wikipedia, 2023a):

- Energija, ki se lahko neskončno pretvarja v druge vrste energije, kot so mehansko delo, električna energija, potencialna energija vode, kinetična energija vetra in tako dalje. Ta energija je v celoti sestavljena iz eksergije. To pomeni, da je delež anergije enak nič.
- Energija, ki ima omejeno sposobnost pretvorbe v druge oblike energije, kot je toplota.
- Energija, ki ni pretvorljiva, kot je notranja energija okolja, ki je v celoti sestavljena iz anergije in ne vsebuje eksergije.

Ena najbolj uporabnih vrst energije je elektrika. Običajno ustvarimo vezje za prejemanje energije tako, da v vtičnico vključimo pripomoček, ki uporablja elektriko (Wikipedia, 2023b).

## 2.4 LITJE

Eden najzgodnejših in najbolj priljubljenih načinov za proizvodnjo kovin in umetnih materialov je ulivanje. Livarstvo je veja znanosti, ki se ukvarja z litjem. Izdelovati je mogoče kompleksnejše oblike, saj se livarstvo uporablja za izdelke, kjer je natančnost manj pomembna. To se zgodi zato, ker se glede na obliko material, ko se ohlaja, skrči in spremeni prostornino ulitka (Wikipedia, 2023e).

Ulivanje vključuje taljenje kovine in njeno vstavljanje v livno votlino kalupa. Kovina se nato strdi in obdrži svojo obliko v kalupu, ki posnema obliko končnega izdelka (Wikipedia, 2023e).

Poznamo več postopkov litja. Ulivanje v začasne in trajne kalupe delimo glede na to, kolikokrat je kalup mogoče uporabiti (Wikipedia, 2023e).



*Slika 1: Ulivanje v peščene forme  
(Lastni vir)*

Slika 1 prikazuje ulivanje peščene forme.

## 2.5 LIVARSKA PEČ

Livarska peč je posoda, ki v sebi drži staljeno zlitino. Poznamo več vrst livarskih peči. To so topilne, vzdrževalne in topilno-vzdrževalne. Delimo jih tudi glede na izdelavo, kot na primer transportne, nagibne, rotacijske, tlačne, za neskončno litje ...

Za vir ogrevanja njih samih uporabljamo zemeljski plin, elektriko ter kurilno olje. Njihova sestava je dokaj enostavna. Zunanja oblika je narejena iz železnega plašča. Namen plašča je zagotavljanje trdnosti in oblike peči. V notranjosti je obzidana s termoizolativnim materialom, kot sta termo beton in šamotni zidaki. Na sredini peči

imamo grafitni lonec, ki v sebi drži staljeno zlitino. Med grafitnim loncem in obzidanim delom peči je prazen prostor, čigar namen je, da v njem kroži plamen. Peč ima tudi izoliran pokrov, ki skrbi, da toplota ne izhaja iz peči prehitro. Peč ima tudi vstopno in izstopno odprtino za plamen. Sestava elektro peči je zelo podobna, I da nima vstopne in izstopne odprtine za plamen. Namesto tega ima v peči elektro panele, ki ogrevajo zrak okoli grafitnega lonca.



*Slika 2: Nagibna livarska peč  
(Lastni vir)*

Slika 2 prikazuje nagibno livarsko peč.

## 2.5 PROCES PRIPRAVE TALINE

Pomembno je pravilno hraniti surovine, potrebne za izdelavo ulitkov. Najpogosteje uporabljeni osnovni material so nikelj, magnezij, aluminij in podobni. Material se iz skladišča prestavi pred peč, kamor ga stresemo, da se na začetku postopka stopi. Aluminij ima temperaturno območje litja med 680 do 750 °C. Vzamemo vzorec

tekočega materiala in ga pregledamo v laboratoriju, da ugotovimo, ali struktura ustreza našim zahtevam. Če je z materialom po analizi vse v redu, nadaljujemo s postopki; če ne, dodamo manjkajoče elemente, da izpolnimo naše specifikacije, in jih pozneje znova pregledamo (Wikipedia. 2023e).

Ko material ustreza naši specifikaciji, ga je potrebno sčistiti. V sami rafinaciji material posujemo s posebnim praškom, ki loči nečistoče (vključke) od taline. Ker material vsebuje tudi vodik, zaradi katerega nastane mikro poroznost, ga je potrebno odstraniti. Odstrani se ga z vpihovanjem dušika, ki nase veže vodik. Po končanem postopku se z vrha taline posname žindra in talina je pripravljena za litje (Wikipedia. 2023e).



*Slika 3: Žindra na vrhu staljenega aluminija  
(Lastni vir)*

Slika 3 prikazuje žindro na vrhu staljenega aluminija.



### 3 OBSTOJEČA LIVARSKA PEČ BU300

#### 3.1 OPIS PEČI

Livarska peč BU300 je starejša peč domače izdelave. Je talna nepremična peč in je namenjena taljenju in vzdrževanju temperature taline. Uporablja se za taljenje aluminija. Trenutno se za taljenje uporablja gorilec na kurilno olje. Peč je postavljena na temelju, ki je poglobljen za 50 cm od nulte višine tal. Dostop do peči nam omogoča kovinska konstrukcija s pohodnimi rešetkami (Libametal d.o.o., 2023).

Tabela 1 prikazuje tehnične lastnosti peči.

Proizvajalec	Domača izdelava
Leto izdelave	2001
Mere	Ø1200 x 1100
Masa	3000 Kg
Volumen lonca	100 l
Maksimalna moč gorilca	350 kW

*Tabela 1: Tehnične lastnosti peči*  
(Vir: Libametal d.o.o., 2023)



*Slika 4: Trenutna peč v proizvodnji*  
(Lastni vir)

Slika 4 prikazuje trenutno peč v proizvodnji.



## 3.2 OPIS GORILCA NA KURILNO OLJE

V peči je trenutno vgrajen Balturjev gorilec na kurilno olje. Gorilec je dvostopenjski, kar pomeni, da se zažene z manjšo termično močjo in kasneje preklopi na večjo. Gorilec črpa kurilno olje z rezervoarja, ki je shranjen v drugem prostoru. Kurilno olje potuje po ceveh skozi grob filter v gorilec. V gorilcu je nameščena črpalka, ki črpa kurilno olje. V črpalki je vgrajen še fini filter. Črpalka pošlje gorivo po ceveh do izgorevalne glave. Tam se nahajajo šoba ter vžigalne svečke. Glede na velikost šobe reguliramo moč gorilca. Trenutno je gorilec nastavljen na 280 kw gorilne moči. V izgorevalni glavi svečke prižgejo kurilno olje. Za dovod kisika ima gorilec vgrajen ventilator, ki s pomočjo nadtlaka dodaja kisik v izgorevalno glavo. Vse skupaj je regulirano s pomočjo elektronike in z mehanskimi ventili za uravnavanje pretokov (Baltur S.p.A., 2023).

Tabela 2 prikazuje tehnične lastnosti gorilca.

Proizvajalec	Baltur
Tip	BTL 26P
Vrsta	Dvostopenjski tlačni
Leto izdelave	2010
Min. moč	190 kW
Max. Moč	310 kW
Napetost	230 V
Motor	0,6 kW
Teža	18 Kg

*Tabela 2: Tehnične lastnosti gorilca*  
(Vir: Baltur S.p.A., 2023)



Slika 5: Gorilec BTL 26P  
(Vir: Baltur S.p.A., 2023)

Slika 5 prikazuje gorilec BTL 26P.

### 3.3 IZKORISTEK PEČI

V nadaljevanju bomo izračunali izkoristek trenutne peči. Izkoristek bo temeljil na predpostavki, da je peč ohlajena na sobno temperaturo (20 °C). Za aluminij bomo izbrali Al99, kar pomeni, da je to čisti aluminij brez primesi. Simulirali bomo povprečen dan taljenja v podjetju. To pomeni, da bomo v hladno peč vstavili aluminij sobne temperature (20 °C) ter ga segreli do 720 °C. Čas taljenja za 270 kg aluminija z 280 kw gorilne moči traja 2 uri ob zgoraj navedenih pogojih.

Podatki:

- Moč taljenja: 280 kW
- Čas taljenja: 2 uri
- $t_1$ : 293 K
- $t_2$ : 993 K
- Masa taline: 270 kg
- Specifična toplota aluminija: 896 J/kgK (Kraut, 1954, str. 240)
- Specifična talilna toplota aluminija: 398 kJ/kg (Tec-science, b. l.)

## Računi:

- $P_{\text{gor}}$  = nastavljena moč gorilca [kW]
- $E_{\text{tal}}$  = potrebna moč za taljenje [kWh]
- $T$  = čas taljenja [h]
- $t_1$  = začetna temperatura [K]
- $t_2$  = končna temperatura [K]
- $m$  = masa [kg]
- $Q$  = specifična toplota [J/kgK]
- $Q_t$  = specifična talična toplota [kJ/kg]
- $\Delta T$  = razlika temperature
- $W$  = koristno delo za taljenje [kWh]
- $\varepsilon$  = izkoristek
- $E$  = vloženo delo peči [kWh]

Izračun potrebne energije gorilca za doseg željene temperature aluminija:

$$E_{\text{tal}} = P_{\text{gor}} \times t = 280 \times 2 = 560 \text{ kWh}$$

Izračun potrebne energije za segrevanje aluminija od temp. okolice do tališča:

- $Q = mc\Delta T$
- $T_{\text{tal}} = 660 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{\text{ok}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\Delta T = 640 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{alu}} = 270 \times 896 \times 640 = 154829 \text{ kJ}$$

$$154829 \text{ kJ} = \mathbf{43,01 \text{ kWh}}$$

Izračun potrebne energije za taljenje aluminija:

$$Q = mqt$$

$$Q = 270 \times 398 = 107460 \text{ kJ}$$

$$107460 \text{ kJ} = \mathbf{29,85 \text{ kWh}}$$

Izračun potrebne energije za segrevanje taline od temperature tališča do temperature litja:

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta T = (720 - 660) \text{ K}$$

$$Q = 270 \times 1180 \times 60 = 19116 \text{ kJ}$$

$$19116 \text{ kJ} = \mathbf{5,31 \text{ kWh}}$$

Skupna koristna energija potrebna za pripravo taline:

$$W = \sum Q_i$$

$$W = 43,01 + 29,85 + 5,31 = \mathbf{78,17 \text{ kWh}}$$

Izračun izkoristka talilne peči:

$$\varepsilon = \frac{W}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{78,17}{560} = 0,140 = \mathbf{14,0 \%}$$

Prišli smo do ugotovitve, da je izkoristek peči 14,0 %. Izkoristek je tako slab, ker je potrebno upoštevati tudi, koliko energije vzame sama peč, ki tehta približno 3000 kg. Peč se med obratovanjem segreje do 400 °C. Velik del izgubljene moči gre tudi skozi dimnik. Ker je maksimalna dosežena temperatura taljenja s kurilnim oljem 1250 °C, pomeni, da je v zaključnem delu izkoristek peči zelo slab, ker je razlika temperatur tako majhna.

### 3.4 PORABA ENERGENTA IN STROŠKI VZDRŽEVANJA

Poraba energenta in stroški vzdrževanja so se merili za obdobje 1. 1. 2022–31. 12. 2022.

#### 3.4.1 Poraba energenta

Mesec v letu	Poraba v l
Januar	800
Februar	1000
Marec	950
April	1250
Maj	1500
Junij	1050
Julij	1050
Avgust	1000
September	850
Oktober	1000

Mesec v letu	Poraba v l
November	1200
December	800
Skupaj	12450
Povprečje	1038

*Tabela 3: Letna poraba kurilnega olja*  
(Vir: Libametal d.o.o., 2023)

Iz tabele 3 je razvidno, da meseci zelo malo odstopajo od povprečja. Iz tega razberemo, da je obratovanje zelo konstantno, samo med prazniki oziroma po praznikih je rahel upad proizvodnje.

### 3.4.2 Stroški vzdrževanja

Pri letnem vzdrževanju imamo dva tipa vzdrževanja. Prvi je remont peči in drug je servis gorilca.

V prvem delu bom opisal remont peči. Remont peči v podjetju opravljamo sami. Enkrat na leto je potrebno zamenjati grafitni lonec v peči in popraviti obzidavo peči. Pred samim remontom mora miniti 24 ur od zadnje uporabe peči, da se peč ohladi. Ko se peč ohladi, odstranimo zgornji zaščitni pokrov peči. Znotraj peči je postavljen grafitni lonec, ki stoji na betonskem podnožju, zgoraj pa je obzidan z betonom. Betonski rob okoli lonca je potrebno z rušilnim kladivom odstraniti. Zatem iz peči odstranimo stari lonec. Notranjost peči, kjer kroži plamen, očistimo. Ko je notranjost čista, se s posebno glino popravijo vse razpoke in manjkajoči deli betona. Notranjost peči premažemo s posebno grafitno barvo, ki podaljša življenjsko dobo betona. Zatem vstavimo nov lonec. Lonec na vrhu ponovno obzidamo. Ko je beton suh, na peč ponovno postavimo zgornji zaščitni pokrov. Pred prvo uporabo peči je lonec potrebno »sintrati«. To pomeni, da prazen lonec v peči brez materiala segrejemo na točko žarjenja. S tem postopkom utrdim grafit, iz katerega je lonec narejen, in mu podaljšamo življenjsko dobo.



*Slika 6: Nov livarski lonec  
(Lastni vir)*

Slika 6 prikazuje nov livarski lonec.

Drugi del letnega vzdrževanja pa je servis gorilca. Za servis gorilca se naroči zunanji izvajalca. Na servisu se najprej vizualno pregleda gorilec. Na gorilcu je vsako leto potrebno zamenjati elektrode in šobo za vbrizg goriva. To spada pod potrošni material. Ko se vse zamenja, se na gorilcu naredi meritve izpustov in preveri nastavitve izgorevanja.



*Slika 7: Servis gorilca  
(Lastni vir)*

Slika 7 prikazuje servis gorilca.

Sam gorilec je dokaj enostavne izvedbe, zato ima malo pokvarljivih komponent. Zato bomo v predpostavko kot povprečje vzeli, da ima v roku treh let popravil za 150 €.

- Cena novega lonca: 1200 €
- Material za remont peči: 100 €
- Strošek dela za remont: 200 €
- Servis gorilca: 200 €

- Povprečni strošek za popravilo gorilca: 50 €
- Skupni letni strošek vzdrževanja: **1750 €**

### 3.5 DELOVNE URE

Na podlagi zgoraj navedenih podatkov glede letne porabe goriva in moči gorilca bomo izračunali letne delovne ure peči. Ta podatek bomo potrebovali v nadaljevanju, da bomo lahko izračunali stroške obratovanja na drugih energentih.

- Povprečna mesečna poraba kurilnega olja: 1038 l/mesec
- Moč gorilca: 280 kW
- Energijska vrednost kurilnega olja: 1 l = 9,7 kWh

Računi:

$$A = \frac{P}{Q}$$

$$A = \frac{280}{9,7} = 28,9 \text{ l/h}$$

Gorilec porabi **28,9 l/h** kurilnega olja

$$t = \frac{V}{A}$$

$$t = \frac{1038}{28,9} = 35,9 \text{ h}$$

Gorilec obratuje povprečno **35,9 ur** na mesec.

Tabela 4 prikazuje delovne ure obratovanja za vsak mesec.

Mesec v letu	Delovne ure v urah
Januar	27,7
Februar	34,6
Marec	32,9
April	43,3
Maj	51,9
Junij	36,3
Julij	36,3
Avgust	34,6



Mesec v letu	Delovne ure v urah
September	29,4
Oktober	34,6
November	41,5
December	27,7
Skupaj	430,8
Povprečje	35,9

Tabela 4: Delovne ure obratovanja  
(Vir: Libametal d.o.o., 2023)

### 3.6 MESEČNI STROŠEK OBRATOVANJA

Tukaj bomo zajeli strošek porabljenega goriva ter povprečni letni strošek vzdrževanja.

Podatki:

- Cena kurilnega olja s prevozom dne 8. 3. 2023: 0,916 €/l brez DDV (Petrol d.d., 2023)
- Fiksni stroški za energent: 0 €
- Porabljeno gorivo: 1038 l
- Povprečni mesečni strošek vzdrževanja: 145,8 €

Račun:

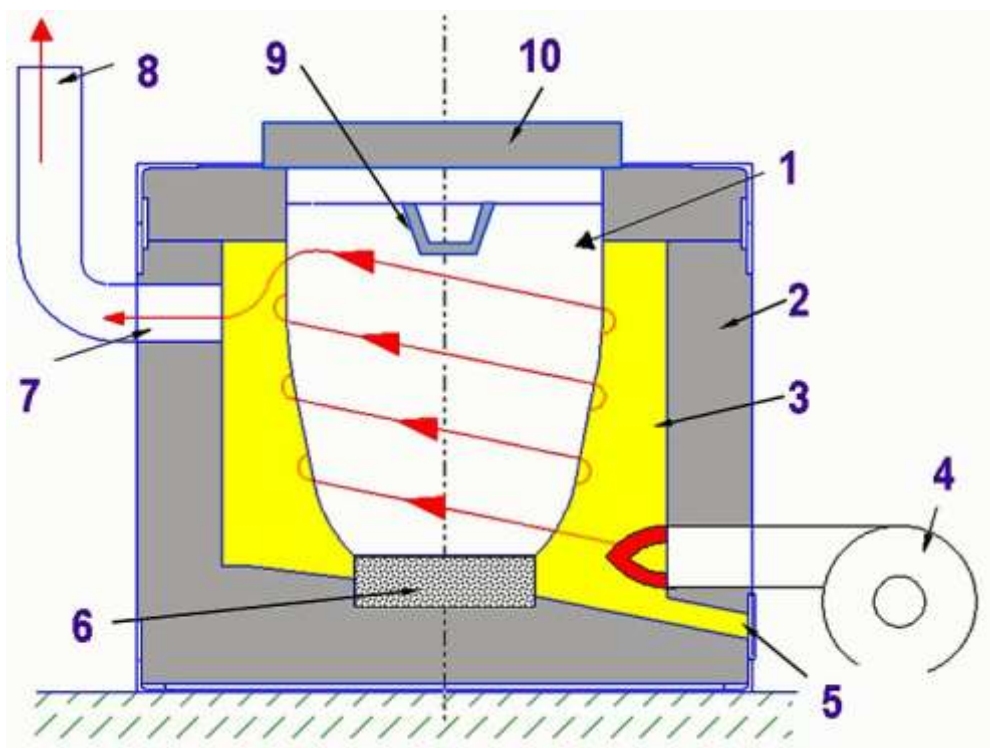
- Cena goriva =  $0,916 \times 1038 = 950,8$  €
- Mesečni strošek =  $950,8 + 145,8 = 1096,6$  €

Povprečni mesečni strošek taljenja aluminija znaša **1096,6 €**.

## 4 LIVARSKA PEČ BU300 NA ZEMELJSKI PLIN

### 4.1 OPIS PEČI

Ker so kombinirane peči za taljenje in vzdrževanje za energenta zemeljski plin in kurilno olje enake, bi za livarsko peč BU300 na plin obdržali obstoječo peč. Zato so tehnične lastnosti peči enake zgoraj navedeni peči. Na sami peči se samo zamenja gorilec.



Slika 8: Prerez livarske peči  
(Vir: Foundry lexicon, b. l.)

Slika 8 prikazuje prerez livarske peči.

### 4.2 OPIS GORILCA NA ZEMELJSKI PLIN

Za primerjavo smo vzeli plinski gorilec istega proizvajalca. Izbrali smo gorilec Baltur BTG 28P. Gre za identičen gorilec kot zgoraj navedeni z določenimi spremembami. Gorilec nima vgrajene črpalke za kurilno olje. Namesto nje ima plinsko armaturo. Drugačne so tudi šobe, saj so te namenjene zemeljskemu plinu. Sama elektronika gorilca je enaka, ker je prilagojena za oba energenta (Baltur S.p.A., 2023).



Slika 9: Baltur BTG 28P  
(Vir: Baltur S.p.A., 2023)

Slika 9 prikazuje Baltur BTG 28P.

Proizvajalec	Baltur
Tip	BTG 28P
Vrsta	Dvostopenjski
Min. moč	80 kW
Max. Moč	280 kW
Napetost	230 V
Motor	0,2 kW
Teža	17 kg

Tabela 5: Tehnične lastnosti gorilca  
(Vir: Baltur S.p.A., 2023)

Tabela 5 prikazuje tehnične lastnosti gorilca.

### 4.3 IZKORISTEK PEČI Z PLINSKIM GORILCEM

Ker gre za enako peč z enako močnim gorilcem, bodo rezultati enaki zgoraj navedenim. V primeru, da bi šlo za močnejši ali šibkejši gorilec, bi bili rezultati drugačni. Zato bomo samo prepisali zgornji rezultat za izkoristek.

Izračun izkoristka talilne peči:

$$\varepsilon = \frac{W}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{78,17}{560} = 0,140 = \mathbf{14,0\%}$$

### 4.4 PORABA ENERGENTA IN STROŠKI VZDRŽEVANJA

Ker gorilca na zemeljski plin nimamo, bomo preko pretvorb izračunali okvirno porabo. Stroške vzdrževanja bomo določili na podlagi ponudb za vzdrževanje.

#### 4.4.1 Poraba energenta

Porabo zemeljskega plina se bo izračunalo po naslednjem postopku. Primerjali bomo energijsko moč kurilnega olja in zemeljskega plina. S tem bomo ugotovili, koliko m<sup>3</sup> zemeljskega plina potrebujemo, da proizvedemo enako moč kot 1 l kurilnega olja.

Računi:

- V<sub>1</sub> = volumen kurilnega olja [l]
- Q<sub>1</sub> = kurilna vrednost kurilnega olja [l/kWh]
- V<sub>2</sub> = volumen zemeljskega plina [m<sup>3</sup>]
- Q<sub>2</sub> = kurilna vrednost zemeljskega plina [m<sup>3</sup>/kWh]

Energijska vrednost posameznega energenta (Zavod za gozdove Slovenije, b. l.):

- 1 l kurilnega olja = 9,7 kWh
- 1 m<sup>3</sup> zemeljskega plina = 9,5 kWh

$$V_1 \times Q_1 = V_2 \times Q_2$$

$$c = \frac{V_1 \times Q_1}{Q_2}$$

$$V_2 = \frac{1 \times 9,7}{9,5} = \mathbf{1,02\ m^3}$$

Da dosežemo enako energijsko vrednost, za 1 l kurilnega olja potrebujemo 1,02 m<sup>3</sup> zemeljskega plina.

Mesec v letu	Poraba v m <sup>3</sup>
Januar	817
Februar	1021
Marec	970
April	1276
Maj	1532
Junij	1072
Julij	1072
Avgust	1021
September	868
Oktober	1021
November	1225
December	817
Skupaj	12712
Povprečje	1060

*Tabela 6: Poraba zemeljskega plina*  
(Lastni vir)

Tabela 6 vsebuje pretvorjene podatke po zgoraj navedeni formuli iz tabele za porabo kurilnega olja.

#### 4.4.2 Stroški vzdrževanja

Stroški vzdrževanja se ravno tako kot pri peči na kurilno olje delijo na dva dela.

V prvem delu je remont peči. Ker je gorilec na zemeljski plin enako močan kot gorilec na kurilno olje, je obraba peči enaka. Zato lahko predpostavimo, da sta postopek in strošek remonta peči enaka kot remont peči na kurilno olje.

Za servis gorilca je postopek malo drugačen. Na servisu je potrebno zamenjati vžigalne elektrode in narediti meritve izpustnih plinov. Poleg meritev izpustnih plinov je potrebno preveriti tudi celo linijo plinskih cevi vse do glavne zaporne pipe. Ker je zemeljski plin bolj vnetljiv kot kurilno olje in je v plinastem stanju, je potrebno z detektorjem plinov preveriti uhajanje le-tega.

Tudi ta gorilec je dokaj enostavne izvedbe, zato bomo predpostavili, da je strošek popravila 150 € v obdobju treh let.

- Cena novega lonca: 1200 €
- Material za remont peči: 100 €
- Strošek dela za remont: 200 €

- Servis gorilca: 300 €
- Povprečni strošek za popravilo gorilca: 50 €
- Skupni letni strošek vzdrževanja: **1850 €**

#### 4.5 STROŠEK INVESTICIJE

V tej točki bomo opredelili, kakšen je strošek investicije za zamenjavo energenta in kurilnega olja na zemeljski plin. Za samo investicijo so potrebni: izkop, napeljava zemeljskega plina na parcelo, glavna plinska omara, razvod cevi za plin do peči, novi gorilec na zemeljski plin in zagon gorilca.

Cenik:

- Izkop za zemeljski plin: 3000 € (ponudba Grad Habat d.o.o., lastni vir)
- Napeljava zemeljskega plina do glavne plinske omare ter plinska omara: 2800 € (Petrol d.d., 2023)
- Razvod cevi za plin do peči: 1000 € (ponudba Loren line d.o.o., lastni vir)
- Gorilec na zemeljski plin Baltur BTG 28P: 5000 € (uradni cenik podjetja Baltur, lastni vir)
- Zagon gorilca: 300 € (ponudba Loren line d.o.o., lastni vir)

Skupni strošek investicije: **12.100 €**

#### 4.6 MESEČNI STROŠEK OBRATOVANJA

Tukaj bomo zajeli povprečni mesečni strošek obratovanja plinskega gorilca. Ker so cene zemeljskega plina postavljene za kWh, moramo pretvoriti porabo plina v m<sup>3</sup> v kWh. V samih stroških obratovanja je potrebno tudi upoštevati fiksne stroške, ki jih imamo tudi v primerih, ko peč ne obratuje.

1 m<sup>3</sup> zemeljskega plina = 9,5 kWh energijske vrednosti

Podatki:

- Cena zemeljskega plina z dne 8. 3. 2023 znaša 0,098 €/kWh brez DDV (uradni cenik Gen-I, vir: Agencija za energijo, b. l.b).
- Fiksni stroški za 280 kW razpoložljive moči: 157 € brez DDV (uradni cenik Gen-I, vir: Agencija za energijo, b. l.b).
- Porabljen plin: 1060 m<sup>3</sup> = 10070 kWh
- Povprečni strošek vzdrževanja: 154 €

Račun:

- Cena plina = 0,098 x 10070 = 986,86 €
- Mesečni strošek = 986,86 + 154 + 157 = 1297,86 €

Povprečni mesečni strošek taljenja aluminija znaša **1297,86 €**.

## 5 LIVARSKA PEČ BU300 NA ELEKTRIČNO ENERGIJO

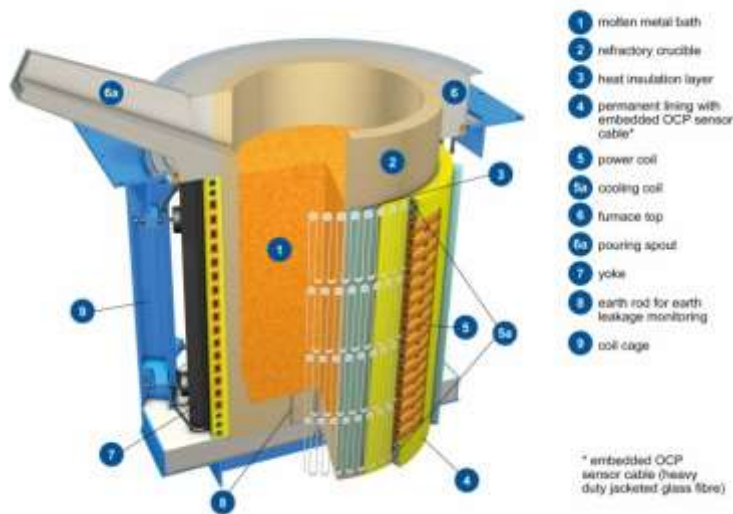
### 5.1 OPIS PEČI

Livarska peč na električno energijo je drugačna peč kot zgoraj navedena. Ravno tako obstajajo trije tipi peči: topilna, vzdrževalna in topilno-vzdrževalna. Za to raziskavo bomo uporabili topilno-vzdrževalno, da bodo rezultati primerljivi. Peč nima vhodne in izstopne odprtine za gorilec. Namesto gorilca je okoli grafitnega lonca indukcijska tuljava. Tuljava je krmiljena preko elektro omarice, na kateri lahko nastavljaš tudi moč (kW) žarjenja. Za tak tip peči je potrebno kupiti novo peč in se obstoječe ne da predelati (GreenVinci, b. l.).

Proizvajalec	Green Vinci
Tip	GV-300-EI
Mere	Ø1300 x 1000
Masa	2000 kg
Volumen lonca	100 l
Maksimalna moč tuljave	100 kW
Talilna moč	150 kg/h

*Tabela 7: Tehnične lastnosti indukcijske peči  
(Vir: GreenVinci, b. l.)*

Tabela 7 prikazuje tehnične lastnosti peči.



Slika 10: Prerez indukcijske peči  
 (Vir: Otto Junker GmbH, b. l.)

Slika 10 prikazuje prerez indukcijske peči.

## 5.2 IZKORISTEK PEČI

Da bodo rezultati primerljivi z drugimi, smo izbrali peč s podobnimi karakteristikami. Peč ima enako dimenzijo grafitnega lonca kot predhodna peč. Upoštevali smo tudi čas taljenja in razliko temperature, ki jo mora premagati.

Podatki:

- $P_{\text{gor}}$  = nastavljena moč grelca [kW]
- $E_{\text{tal}}$  = potrebna moč za taljenje [kWh]
- $T$  = čas taljenja [h]
- $t_1$  = začetna temperatura [K]
- $t_2$  = končna temperatura [K]
- $m$  = masa [kg]
- $Q$  = specifična toplota [J/kgK]
- $\Delta T$  = razlika temperature
- $W$  = koristno delo za taljenje [kWh]
- $\mathcal{E}$  = izkoristek
- $E$  = vloženo delo peči [kWh]
- Moč taljenja: 100 kW
- Čas taljenja: 2 uri
- $t_1$ : 293 K
- $t_2$ : 993 K
- Masa taline: 270 kg



- Specifična toplota aluminija: 880 J/kgK

Računi:

Izračun porabljene moči gorilca za doseg željene temperature aluminija:

$$P_{\text{tal}} = P_{\text{gor}} \times t = 100 \times 2 = 200 \text{ kWh}$$

Izračun potrebne moči za doseg želene temperature aluminija (izhajamo iz točke 3.3):

$$W = \sum Q_i$$

$$W = 43,01 + 29,85 + 5,31 = \mathbf{78,17 \text{ kWh}}$$

Izračun izkoristka talilne peči:

$$\varepsilon = \frac{W}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{78,17}{200} = 0,391 = \mathbf{39,1 \%}$$

Če primerjamo prejšnje izračune izkoristka in trenutnega, ugotovimo, da ima elektro peč boljši izkoristek. Ta doseže tudi do 39,1 % izkoristka toplilne moči. Na izkoristek vpliva to, da peč nima izpustnih plinov, ki lahko dosežejo zelo visoke temperature. Zaradi tega ima predhodna peč tako slab izkoristek.

### 5.3 PORABA ENERGENTA IN STROŠKI VZDRŽEVANJA PEČI

Ker peči na indukcijsko gretje nimamo, bomo preko pretvorb izračunali okvirno porabo. Stroške vzdrževanja bomo določili na podlagi ponudb za vzdrževanje.

#### 5.3.1 Poraba energenta

Porabo električne energije se bo izračunalo po naslednjem postopku. Iz prve tabele, v kateri je navedena trenutna poraba kurilnega olja, lahko izračunamo, koliko ur na mesec obratuje peč. Na podlagi števila ur lahko izračunamo mesečno porabo električne energije s predpostavko, da peč vedno obratuje s polno močjo. Podatki za število ur so prepisani iz **tabele 4**.

Račun:

Povprečna poraba energije na mesec:

- $P_{\text{gor}}$  = nastavljena moč grelca [kW]
- $t$  = povprečni čas obratovanja [h]

- A = količina dela [kWh]

$$A = t \times P$$

$$A = 35,9 \times 100 = 3590 \text{ kWh}$$

Povprečna poraba električne energije znaša **3590 kWh**.

V tabeli 8 je prikazana še poraba električne energije za vsak mesec.

Mesec v letu	Poraba energije v kWh
Januar	2770
Februar	3460
Marec	3290
April	4330
Maj	5190
Junij	3630
Julij	3630
Avgust	3460
September	2940
Oktober	3460
November	4150
December	2770
Skupaj	43080
Povprečje	3590

*Tabela 8: Poraba električne energije  
(Lastni vir)*

### 5.3.2 Stroški vzdrževanja

Tudi tukaj se stroški vzdrževanja delijo na dva dela.

V prvem delu je remont peči. Pri peči na indukcijsko gretje je postopek zamenjave lonca in obnova betona enak. Kot navaja proizvajalec, je življenjska doba lonca za 30 % daljša. Zato bomo letne stroške vzdrževanja zmanjšali za 30 %, ker jih ni potrebno izvesti enkrat na leto, ampak na 15 mesecev.

Pri servisu indukcijskega grelca ni nobenih posebnosti. Ko se opravlja zamenjava lonca, se takrat pregleda tudi grelec. To stori pooblaščen oseba, ki pregled navitje grelca in elektro omarico. Sam indukcijski grelec ima življenjsko dobo 10 let, zato bomo ta strošek razdelili na povprečje enega leta.

- Cena novega lonca: 1200 €
- Material za remont peči: 100 €
- Strošek dela za remont: 200 €
- Pregled indukcijskega grelca: 150 €
- Skupaj strošek remonta za obdobje 15 mesecev: 1650 €
- Strošek remonta za obdobje enega leta: 1320 €
- Strošek indukcijskega grelca: 3000 €
- Strošek indukcijskega grelca za obdobje enega leta: 300 €
- Skupni letni strošek vzdrževanja: **1620 €**

## 5.4 STROŠEK INVESTICIJE PEČI NA INDUKCIJSKO GRETJE

V tej točki bomo povzeli nekaj osnovnih stroškov za zamenjavo kompletne peči iz peči na kurilno olje na indukcijsko peč. Za pričetek je potrebno pridobiti soglasje od Elektra Ljubljana d.d. za odobritev priklopa tako velikega porabnika na omrežje. Napeljati je potrebno nove električne kable do glavne elektro omarice, ki bodo zdržali takšne tokove. Obstoječo elektro omarico je potrebno predelati, da se lahko nanjo priklopi takšen porabnik. Za zamenjavo peči bi naročili službo za premik težkih bremen. Ob koncu mora pooblaščen oseba narediti prvi zagon peči.

Cenik:

- Priklop in odobritev na transformatorsko postajo: 6000 € (ponudba Elektro Ljubljana d.d., lastni vir)
- Novi električni kablji: 500 €
- Predelava elektro omarice: 1000 €
- Demontaža in montaža nove peči: 2000 € (ponudba Grad Habat d.o.o., lastni vir)
- Nakup elektro peči Green Vinci GV-300-EI: 20.000 € (uradni cenik Green Vinci, lastni vir)
- Prvi zagon peči: 1000 €
- Skupni strošek investicije: **30.500 €**

## 5.5 INVESTICIJA V FOTOVOLTAIČNI SISTEM

Tukaj se bomo opredelili, ali bi poleg peči na indukcijsko gretje investirali še v fotovoltaične panele. Ker nismo pridobili ponudbe za montažo sistema, bomo naredili izračun na podlagi obstoječega sistema, ki ga podjetje že uporablja.

Trenutna letna proizvodnja električne energije: 17300 kWh

Investicija: 17.000 € brez DDV (montiralo podjetje SONCE energija d.o.o., lastni vir)



Slika 11: Fotovoltaični paneli v podjetju  
(Lastni vir)

Slika 11 prikazuje fotovoltaične panele v podjetju.

Za indukcijsko peč bi potrebovali sistem, ki bi letno proizvedel 43080 kWh sončne energije.

Račun:

- 43080 kWh / 17300 kWh = 2,49
- 17000 € x 2,49 = **42333 €**

Investicija bi stala približno 42.333 €.

## 5.6 MESEČNI STROŠEK OBRATOVANJA

Tukaj bomo zajeli povprečni mesečni strošek obratovanja peči na indukcijsko gretje. V samem izračunu je potrebno upoštevati tudi fiksne stroške. Te stroške plačujemo vsak mesec, tudi če peč ne obratuje.

Podatki:

- Cena električne energije z dne 8. 3. 2023: 0,175 €/kWh brez DDV (uradni cenik NGEN, energetske rešitve d.o.o., vir: Agencija za energijo, b. l.a).
- Fiksni stroški (omrežnina) za 110 kW razpoložljive moči: 140 € brez DDV (uradni cenik NGEN, energetske rešitve d.o.o., vir: Agencija za energijo, b. l.a).
- Porabljena električna energija: 3590 kWh
- Povprečni strošek vzdrževanja: 135 €

Račun:

- Cena električne energije = 0,175 x 3590 = 628,25 €

- Mesečni strošek =  $628,25 + 140 + 135 = 903,25$  €

Povprečni mesečni strošek taljenja aluminija znaša **903,25 €**.

## 6 POVRNITEV STROŠKOV INVESTICIJ

V tej točki bomo izračunali in analizirali, kako hitro bi se nam investicija povrnila, če bi investirali v posamezen energent.

### 6.1 PRIMERJAVA MED KURILNIM OLJEM IN ZEMELJSKIM PLINOM

#### Peč na kurilno olje

- Mesečni strošek peči na kurilno olje: 1096,6 €
- Mesečni strošek kurilnega olja: 950,8 €
- Strošek investicije: 0 €

#### Peč na zemeljski plin

- Mesečni strošek peči na zemeljski plin: 1297,86 €
- Mesečni strošek plina: 986,86 €
- Strošek investicije: 12.100 €

#### Mesečna razlika:

- Povprečni mesečni stroški:  $1096,6 - 1297,86 = -201,26$  €
- Povprečna mesečna poraba energenta:  $950,8 - 986,86 = -36,06$  €

Kot vidimo v primerjavi cen, se nam zamenjava energenta na zemeljski plin ne bi nikoli povrnila. To vidimo na podlagi tega, da je že sam variabilni strošek plina višji kot strošek kurilnega olja. Če še upoštevamo fiksni strošek pri zemeljskem plinu, je ta razlika še višja.

### 6.2 PRIMERJAVA MED KURILNIM OLJEM IN ELEKTRIČNO ENERGIJO

#### Peč na kurilno olje

- Mesečni strošek peči na kurilno olje: 1096,6 €
- Mesečni strošek kurilnega olja: 950,8 €
- Strošek investicije: 0 €

#### Indukcijska peč

- Mesečni strošek peči na indukcijsko gretje: 903,25 €
- Mesečni strošek elektrike: 628,25 €
- Strošek investicije: 30.500 €

#### Mesečna razlika:

- Povprečni mesečni stroški:  $1096,6 - 903,25 = 193,35$  €

- Povprečna mesečna poraba energenta:  $950,8 - 628,25 = 322,55 \text{ €}$

**Povračilo investicije:**

- $30500/193,35 = 157,75$  mesecev = > **13,2 leti**

Iz izračunov je razvidno, da bi ob trenutnem obratovalnem času in trenutni ceni energije investicijo povrnili v 13,2 letih. V primeru povečanja proizvodnje bi investicijo povrnili še hitreje.

### 6.3 PRIMERJAVA MED KURILNIM OLJEM IN ELEKTRIČNO ENERGIJO V KOMBINACIJI S FOTOVOLTAIČNIM SISTEMOM

V tem primeru bomo strošek električne energije izničili, ker bi nam porabljeno energijo proizvedli fotovoltaični paneli.

**Peč na kurilno olje:**

- Mesečni strošek peči na kurilno olje: 1096,6 €
- Mesečni strošek kurilnega olja: 950,8 €
- Strošek investicije: 0 €

**Indukcijska peč v kombinaciji s FS:**

- Mesečni strošek peči na indukcijsko gretje: 903,25 €
- Privarčevan strošek elektrike: 628,25 €
- Strošek investicije v indukcijsko peč: 30.500 €
- Strošek investicije fotovoltaičnega sistema: 42.333 €
- Skupni strošek investicije: 72.833 €

Povprečni mesečni stroški indukcijske peči s fotovoltaičnim sistemom:  $903,25 - 628,25 = 275 \text{ €}$

Povprečna mesečna poraba energenta:  $1096,6 - 275 = 821,6 \text{ €}$

**Povračilo investicije:**

- $72833/821,6 = 88,6$  mesecev = > **7,4 let**

V primeru, da investiramo v indukcijsko peč v kombinaciji s fotovoltaičnim sistemom, se nam investicija povrne še hitreje. To je v 7,4 letih. Če se prijavimo na razpis za nepovratna sredstva za zeleni prehod, bi investicijo povrnili še hitreje.

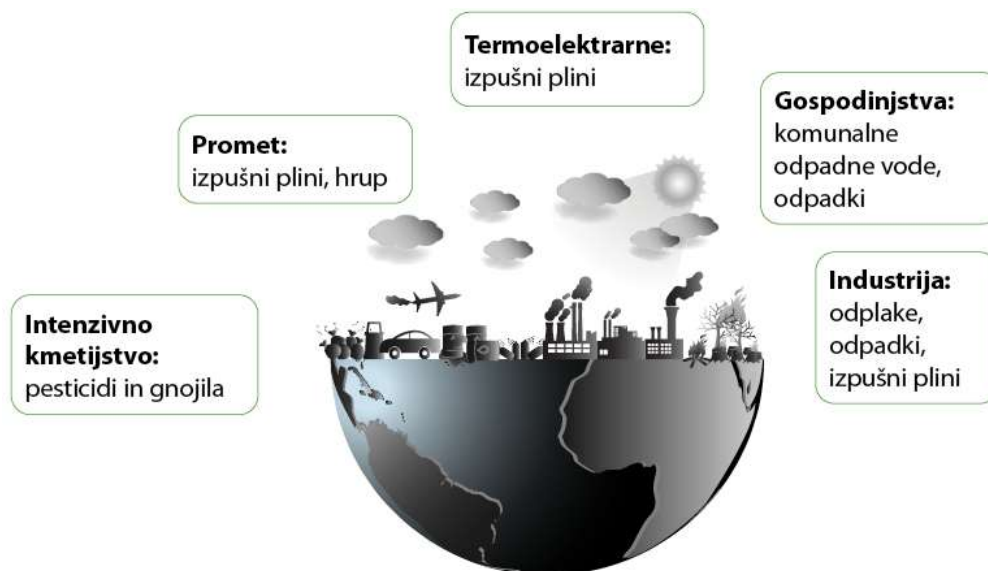
## 7 VPLIV NA OKOLJE

Vplivi na okolje so pri posameznem energentu zelo različni. Medtem ko je električna energija od vseh navedenih energentov, kurilno olje naredi največji ogljični odtis.

Kurilno olje je pri destilaciji nafte na dnu procesa, kar pomeni, da od vseh proizvedenih energentov iz nafte vsebuje največ ogljikovodikov. Vsebuje jih kar 36 do 45 atomov, zato ima od energentov največji vpliv na okolje.

Zemeljski plin ima tudi določen vpliv na okolje, vendar manjši kot kurilno olje. Ker je na vrhu destilacijskega postopka nafte, vsebuje samo 1 do 4 atome ogljikovodikov. Zaradi samega števila atomov ogljikovodikov ima manjši CO<sup>2</sup> izpust kot kurilno olje. Vendar sam vpliv na okolje še vedno ni zanemarljiv.

Od vseh navedenih energentov v diplomskem delu ima električna energija najmanjši vpliv na okolje. Ker trenutno še vedno obratujejo elektrarne, ki za gorivo uporabljajo fosilna goriva, ima električna še vedno določen vpliv na okolje, vendar se bo ta z leti zaradi same vizije in tehnologije izničil. Države počasi prehajajo na kompletno proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov in z novimi tehnologijami, kot sta vodik in fuzija (Domplan, 2009; Založba Rokus Klett, 2021; Wikipedia, 2023b; 2023d).



Slika 12: Vplivi na okolje  
(Vir: Založba Rokus Klett, d. o. o., 2021)

Slika 12 prikazuje vplive na okolje.



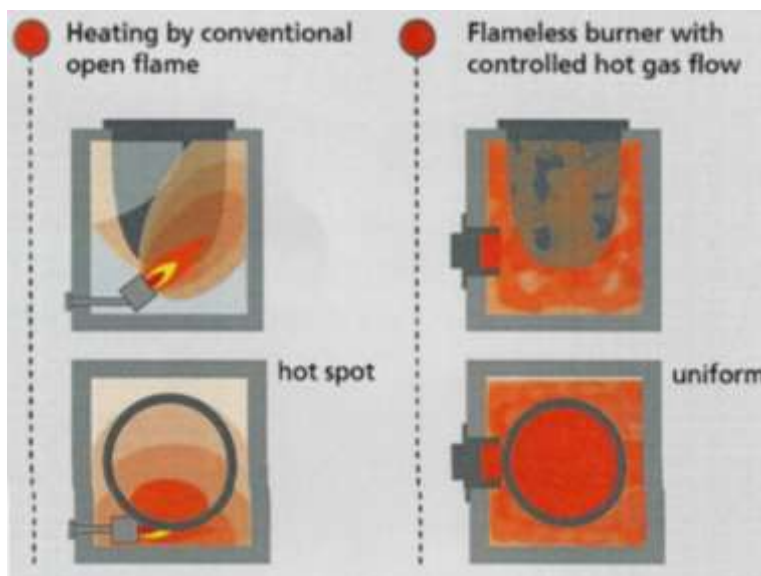
## 8 NOVE TEHNOLOGIJE

V tej točki bomo opisali nove tehnologije in optimizacijo izkoristkov.

Trenutno v Nemčiji poteka razvoj livarske peči, ki za taljenje uporablja vodik. Ker je vodik ena bolj »čistih« energij je razvoj obetaven. Vendar je sama tehnologija še v povojih, zato ni veliko napisanega na to temo.

Ena izmed opcij optimizacije je tudi izkoristek dimnih plinov. Določene livarne iz dimnih plinov preko toplotnih izmenjevalcev že ogrevajo druge prostore. Iz dimnih plinov lahko predgrejemo tudi material, ki ga bomo kasneje stopili. Tako porabimo manj energije za taljenje, ker ima material v sebi že določeno energijo. Ena izmed prednosti je tudi ta, da izničimo možnost parne eksplozije. Ker vsaka snov v sebi vsebuje določeno vlago, jo moramo pred doziranjem v peč segreti oziroma počasi vstaviti v peč, da se vlaga umakne iz materiala.

Pri plinskih pečeh lahko dimne pline preko rekuperacije še enkrat pošljemo v gorilec ter iz njih iztisnemo še malo energije. V fazi razvoja je tudi nov gorilec na kurilno olje in zemeljski plin. Prednost gorilca je ta, da v peč ne pošlje ognja, temveč vroči zrak. Gorilec v zunanji komori segreje zrak, ki je zatem preko ventilatorja poslan v peč. Prednost tega je, da je izkoristek boljši in da se podaljša življenjska doba grafitnega lonca (Križman, 2020).



Slika 13: Poenostavljen prikaz nove tehnologije gorilnikov  
(Vir: Križman, 2020)

Slika 13 prikazuje poenostavljen prikaz nove tehnologije gorilnikov.

## 9 ZAKLJUČKI

V diplomskem delu smo odgovorili na vprašanje, ali je smiselno zamenjati obstoječi energent (kurilno olje) za drugega za taljenje aluminija.

Za sam zemeljski plin smo ugotovili, da se iz vidika ekonomske računice zamenjava na zemeljski plin ne splača. To smo ugotovili na podlagi tega, da je trenutna cena zemeljskega plina na kWh višja kot cena kurilnega olja. Vendar je iz ekološkega vidika prehod na zemeljski plin smiseln, ker v ozračje spuščamo precej manj CO<sup>2</sup> na porabljeno kWh.

V primeru električne energije je zgodba precej drugačna. Sama električna energija je veliko bolj ekonomična za taljenje aluminija kot kurilno olje. Enako velja za vpliv na okolje. Podjetje s tem zelo zmanjša ogljični odtis. Investicija za zamenjavo stare peči na indukcijsko peč bi se nam povrnila v 13,2 letih.

Pri izbiri indukcijske peči v kombinaciji s fotovoltaičnem sistemom je rezultat najboljši. Za samo podjetje predstavlja največje prihranke glede porabe energije. Če izvzamemo izpust toplogrednih plinov, ki nastanejo pri taljenju aluminija, dosežemo ničelno točko onesnaževanja okolja in postanemo energetske neodvisni. Investicija za tak sistem je zelo visoka, vendar se povrne v 7,4 letih.

Potrebno je upoštevati, da so trditve in izračuni upoštevani izključno za trenutno podjetje in v primeru, da podjetje obratuje z enako kapaciteto. V primeru, da se proizvodnja v podjetju zmanjša ali poveča, bodo rezultati drugačni. Ker so trenutno cene energentov na trgu zelo spremenljive, se tudi ob spremembi cen energentov sami izračuni spremenijo.

## 10 LITERATURA IN VIRI

Agencija za energijo. (b. l.a). *Primerjalnik ponudb za električno energijo*. Pridobljeno 8. marca 2023 z naslova <http://primerjalnik.agen-rs.si/index.php?/kalkulatorelektrika/kalkulator/action/PreveriRacunRezultati/>.

Agencija za energijo. (b. l.b). *Primerjalnik ponudb za zemeljski plin*. Pridobljeno 8. marca 2023 z naslova <http://primerjalnik.agen-rs.si/index.php?/kalkulatorplin/kalkulator/action/PreveriRacunRezultati/>

Baltur S.p.A. (2023). *Tehnične lastnosti plinskega gorilca*. Pridobljeno 8. marca 2023 z naslova [http://www.baltur.com/ww/en/products/burners/gas\\_burners/btg\\_28\\_p\\_50hz](http://www.baltur.com/ww/en/products/burners/gas_burners/btg_28_p_50hz).

Domplan. (2009). *Kaj je zemeljski plin*. Pridobljeno 1. marca 2023 z naslova [https://www.domplan.si/DOMPLAN\\_NEW,,energetika,distr\\_zem\\_plina,kaj\\_je\\_zemeljski\\_plin.htm](https://www.domplan.si/DOMPLAN_NEW,,energetika,distr_zem_plina,kaj_je_zemeljski_plin.htm).

Foundry lexicon. (b. l.) *Slika prereza peči z direktnim plamenom*. Pridobljeno 15. marca 2023 z naslova <https://www.giessereilexikon.com/en/foundry-lexicon/Encyclopedia/show/crucible-furnace-4477/?cHash=2f13bdf0587ee76b52dd2c3911010a34>.

GreenVinci. (b. l.). *Tehnične lastnosti indukcijske peči*. Pridobljeno 8. marca 2023 z naslova <https://si.vincigenerator.com/metal-melting-furnace/aluminum-melting-furnace/efficient-induction-furnace-for-melting-metal.html>.

Kraut, B. (1954). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Littera picta d.o.o.

Križman, A. (2020). Aluminijevi ulitki: postopki, uporabe, kakovost. *Livarski vestnik*, 67(1), str. 83–84.

Libametal d.o.o. (2019). *Začetna stran*. Pridobljeno 15. marca 2023 z naslova <https://www.libametal.com/>.

Libametal d.o.o. (2023). *Interno gradivo podjetja Libametal d.o.o.* Komenda: Libametal d.o.o.

Otto Junker GmbH. (b. l.). *Slika prereza indukcijske peči*. Pridobljeno 15. marca 2023 z naslova <https://www.otto-junker.com/en/products-technologies/furnaces-for-cast-iron-steel/medium-frequency-induction-furnaces/>.

Petrol d.d. (2023). *Cena kurilnega olja*. Pridobljeno 8. marca 2023 z naslova [https://www.petrol.si/za-dom/energenti/kurilno-olje?gclid=Cj0KCQiAgaGgBhC8ARIsAAyLfF6oC4w9p2YlepDYFnp1T0ozIzjkZBH5R2PISKvc-9OL6XxxPjMM7YaAtnzEALw\\_wcB](https://www.petrol.si/za-dom/energenti/kurilno-olje?gclid=Cj0KCQiAgaGgBhC8ARIsAAyLfF6oC4w9p2YlepDYFnp1T0ozIzjkZBH5R2PISKvc-9OL6XxxPjMM7YaAtnzEALw_wcB).

Tec-science. (b. l.). *Specifična toplota aluminija*. Pridobljeno 12. aprila 2023 z naslova: <https://www.tec-science.com/thermodynamics/heat/specific-heat-of-fusion-and-heat-of-solidification-latent-heat/>.

Založba Rokus Klett, d. o. o. (2021). *Slika vplivov na okolje*. Pridobljeno 15. marca 2023 z naslova: <https://si.izzi.digital/DOS/88213/91422.html>.

Zavod za gozdove Slovenije. (b. l.). *Energijske vrednosti posameznih energentov*. Pridobljeno 3. aprila 2023 z naslova [http://www.zgs.si/delovna\\_podrocja/lesna\\_biomasa/izracunajte\\_si\\_sami/energijski\\_ekvivalenti\\_med\\_razlicnimi\\_gorivi/index.html](http://www.zgs.si/delovna_podrocja/lesna_biomasa/izracunajte_si_sami/energijski_ekvivalenti_med_razlicnimi_gorivi/index.html).

Wikipedia. (2023a). *Eksergija in anergija*. Pridobljeno 12. aprila 2023 z naslova [https://sl.wikipedia.org/wiki/Eksergija\\_in\\_anergija](https://sl.wikipedia.org/wiki/Eksergija_in_anergija).

Wikipedia. (2023b). *Električna energija*. Pridobljeno 1. marca 2023 z naslova [https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna\\_energija](https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna_energija).

Wikipedia. (2023c). *Električni naboj*. Pridobljeno 1. marca 2023 z naslova [https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_naboj](https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_naboj).

Wikipedia. (2023d). *Kurilno olje*. Pridobljeno 1. marca 2023 z naslova [https://sl.wikipedia.org/wiki/Kurilno\\_olje](https://sl.wikipedia.org/wiki/Kurilno_olje).

Wikipedia. (2023e). *Litje*. Pridobljeno 1. marca 2023 z naslova <https://sl.wikipedia.org/wiki/Litje>.