|  |
| --- |
| **ZAKLJUČNO POROČILO PROJEKTA – 1.del** |

|  |
| --- |
| **Ime projekta** |
| **Optimizacija parnega sistema in dvig proizvodnje žveplove(VI) kisline** |
| **Oznaka projekta** |
| 85.009.195 |
| **Vodja projekta** |
| Mitja Gračner, PE Titanov dioksid |
| **Sodelavci projekta** |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | Ime in priimek | Delovno mesto | Organizacijska enota | | Aleš Skok | Predsednik Uprave | Uprava | | Nikolaja Podgoršek Selič | Članica Uprave – tehnična direktorica | Uprava | | Tomi Gominšek | Direktor PE | PE Titanov dioksid | | Boštjan Podkrajšek | Direktor PE | PE Vzdrževanje in energetika | | Filip Koželnik | Član Uprave – delavski direktor | Uprava | | Srđan Gatarić | Vodja proizvodnje | PE Titanov dioksid | | Peter Mravlak | Samostojni tehnolog področja | PE Vzdrževanje in energetika | | Zlatko Šelih | Vodja procesa Žveplova kislina | PE Titanov dioksid | | Andrej Pogorelc | Samostojni tehnolog področja | PE Vzdrževanje in energetika | | Jaka Kugler | Samostojni tehnolog | PE Titanov dioksid | | Matej Mlakar | Samostojni tehnolog področja | PE Vzdrževanje in energetika | | Marko Pirman | Samostojni tehnolog področja | PE Vzdrževanje in energetika | | Blaž Krajnc | Vodja R-VAP | PE Vzdrževanje in energetika | | Alojz Ulaga | Koordinator področja | PE Vzdrževanje in energetika | | Barbara Kolar | Koordinator področja | Služba za varstvo okolja | | Dejan Skok | Direktor OE | OE Nabava in logistika | | Mateja Močnik | Samostojna tehnologinja področja | PE Titanov dioksid | | Robert Forštner | Samostojni strokovni delavec | Služba za varnost in zdravje pri delu | |

Celje, 16.1.2024

|  |  |
| --- | --- |
| Kraj in datum: | Podpis (vodja projekta): |

Podpis predlagatelja (direktor/vodja službe):

**KAZALO VSEBINE**

[1 Izvleček 4](#_Toc156390247)

[2 Uvod 5](#_Toc156390248)

[3 Rezultati in komentarji za 42 bar(g) sistem 6](#_Toc156390249)

[3.1 Priprava bazičnega inženiringa za tlačni nivo 42 bar(g) 6](#_Toc156390250)

[3.2 Izbor turbine in priprava na namestitev 7](#_Toc156390251)

[3.3 Razvod pare in porabniki nizkotlačne pare 9](#_Toc156390252)

[3.4 Gradbena dela, strojne inštalacije in elektroinštalacije 9](#_Toc156390253)

[3.5 Priprava demineralizirane vode 10](#_Toc156390254)

[3.6 Potrebna dovoljenja za vgradnjo in zagon turbine 11](#_Toc156390255)

[3.7 Pridobivanje nepovratnih sredstev 11](#_Toc156390256)

[3.8 Vrednost investicije in študija izvedljivosti 11](#_Toc156390257)

[3.8.1 Vrednost investicije 11](#_Toc156390258)

[3.8.2 Študija izvedljivosti 12](#_Toc156390259)

[4 Vgradnja turbine pri tlačnem nivoju 29 bar(g) 13](#_Toc156390260)

[5 Časovnica izvedbe projekta 15](#_Toc156390261)

[6 Zaključek 16](#_Toc156390262)

[7 Viri 17](#_Toc156390263)

[8 Prejemniki 17](#_Toc156390264)

[9 Priloge 17](#_Toc156390265)

**KAZALO TABEL**

[Tabela 1: Seznam prejetih dokumentov znotraj baz. inž. 6](#_Toc155768430)

[Tabela 2: Izplen turbine različnih ponudnikov za tlačni nivo 42 bar(g) 8](#_Toc155768431)

[Tabela 3: Vrednost investicije (42 bar, kondenzacijska turbina) 11](#_Toc155768432)

[Tabela 4: Osnovni podatki za pripravo študije izvedljivosti 12](#_Toc155768433)

[Tabela 5: Preglednica z rezultati študije izvedljivosti za 42 bar(g) sistem 13](#_Toc155768434)

[Tabela 6: Vrednost investicije za 29 bar(g) sistem 14](#_Toc155768435)

[Tabela 7: Izplen turbine različnih ponudnikov za tlačni nivo 29 bar(g) 14](#_Toc155768436)

[Tabela 8: Preglednica z rezultati študije izvedljivosti za 29 bar(g) sistem 15](#_Toc155768437)

[Tabela 9: Primerjava 29 in 42 bar(g) sistema 16](#_Toc155768438)

**KAZALO SLIK**

[Slika 1: Predvideno mesto postavitve turbinske strojnice 8](#_Toc155769261)

[Slika 2: Idejna trasa parovoda za nizkotlačno paro 9](#_Toc155769262)

[Slika 3: Primerjava tehnik elektrodeionizacija in ionska izmenjava za izločanje SiO2 10](#_Toc155769263)

# Izvleček

Zaključno poročilo predstavlja poročanje o izvedenih aktivnostih za prvo stopnjo projekta, ki predstavlja pripravo dokumentacije na idejnem nivoju za definiranje obsega projekta za izvedbo. V sklopu te faze projekta smo preverjali idejo o kogeneraciji električne energije pri proizvodnji pare v sklopu procesa žveplova kislina. Obseg faze je bil v večji meri opredeljen v definiciji projekta, ki je priložena kot priloga 1.

Prvotno obravnavana ideja, ki je bila potrjena po izdelavi študije za zvišanje energetske učinkovitosti pri proizvodnji žveplove kisline, ki jo je izdelalo projektantsko podjetje Hugo Petersen, je bila ideja o nadgradnji proizvodnje pare na tlačni nivo 42 bar(g) in kogeneraciji električne energije s parno kondenzacijsko turbino. Za takšen primer smo skupaj s sodelavci v obdobju od marca do septembra definirali obseg projekta, ki je predstavljen v tem zaključnem poročilu in obsega:

* pripravo bazičnega inženiringa za proizvodnjo pare (in povišanje kapacitete proizvodnje kisline) za tlačni nivo 42 bar(g),
* izbor turbine in priprava na namestitev,
* razvod pare in porabniki nizkotlačne pare,
* gradbena dela in strojne ter elektro inštalacije in
* pripravo demineralizirane vode.

Hkrati smo preverjali še katera so potrebna dovoljenja za vgradnjo in zagon turbine in možnosti pridobivanja nepovratnih sredstev. Na podlagi dela smo pripravili skupno vrednost investicije in izvedli študijo izvedljivosti.

Po predstavitvi rezultatov vodstvu podjetja, smo dodatno razmišljali še o možnosti izboljšanja finančnih kazalnikov projekta. Porodila se je ideja o tem, da bi paro na turbino vodili pri nižjem tlaku, takšnem kot smo ga sposobni z določenimi manj zahtevnimi predelavami proizvajati že sedaj – to je 29 bar(g). Po preverbi tega scenarija smo prišli do zaključka, da je tudi takšna varianta projekta izvedljiva in ekonomsko gledano tudi bolj smiselna. Celotna investicija se zniža na račun tega, da posodobitev pri proizvodnji pare ni potrebno izvesti v tako velikem obsegu kot za sistem z 42 bar(g). Ostali segmenti projekta, ki so bili obravnavani tudi za višji tlačni nivo, ostajajo povečini nespremenjeni.

Višina investicije se v primeru izbire 29 bar(g) sistema zniža iz 14,3 M€ na 9,5 M€, kar je posledica manj obsežnih posodobitev pri proizvodnji pare. Pri samem izplenu turbine pa razlika ni tako velika in sicer je moč turbine pri 29 bar(g) sistemu 2,39 MW, pri 42 bar pa 2,61 MW.

Po izvedbi študije izvedljivosti ugotovimo, da je ekonomsko gledano bolj smiseln projekt pri nižjem tlačnem nivoju. Študija je bila izvedena pri polni kapaciteti proizvodnje žveplove(VI) kisline, kar pomeni, da moramo določen del kisline tudi odprodati, saj jo bi proizvajali več, kot pa porabljali. Morebiten zaslužek pri prodaji kisline v študiji ni bil upoštevan.

Obravnavan projekt kogeneracije električne energije pri proizvodnji žveplove kisline je v navzkrižju z drugim obsežnim projektom in sicer projektom rekoncentracije odpadne kisline. Oba projekta hkrati nista izvedljiva, potrebno pa bo sprejeti strateško usmeritev in se odločiti za enega izmed obeh.

# Uvod

Pri proizvodnji žveplove kisline kot stranski produkt nastaja vodna para. Obstoječe postrojenje proizvodnje nam omogoča proizvodnjo pare pri tlaku do 28 bar, v prihodnje pa si želimo s spremembami v procesu paro proizvesti pri višjem tlaku in izkoristiti toplotno energijo ob reduciranju pare na uporabniški nivo za proizvodnjo električne energije s turbino. Prvi korak je predstavljal izbiro primernega tlaka proizvedene pare, za kar smo v letu 2022 s Hugo Petersen sklenili sodelovanje za pripravo študije (Priloga 2),znotraj katere smo preverjali dva tlačna nivoja – 42 in 64 bar ter dve različni rešitvi generacije električne energije in sicer protitlačno in kondenzacijsko turbino. Pogodba je vključevala tudi pripravo bazičnega inženiringa za parni sistem znotraj proizvodnje žveplove(VI) kisline za izbran tlačni nivo.

Za pripravo študije smo Hugo Petersenu pripravili podatke o porabnikih visokotlačne in nizkotlačne pare za trenutni in bodoči maksimalni proizvodni nivo pigmenta. Na podlagi teh podatkov so pri Hugo Petersen določili potencial proizvedene električne energije za dva tipa turbin in sicer protitlačno (BPT) in kondenzacijsko (CT) turbino. Prednost kondenzacijske turbine je, da nam omogoča večji izplen turbine, boljše izkoristke in večjo fleksibilno v primerjavi s protitlačno turbino, zato smo se na tej točki bolj naklonjeni izbiri kondenzacijske turbine. S Hugo Petersen smo se dogovorili, da skupaj izvedemo delavnico in določimo porabnike visokotlačne in nizkotlačne pare. Rezultat te delavnice je bil seznam porabnikov pare, s katerim so pristopili k proizvajalcem turbin in pridobili ponudbe.

Odločitev o tlačnem nivoju je bila nekoliko težja. Hugo Petersen je pripravil osnovne podatke o višini potrebne investicije, ki je bila znotraj študije ocenjena z natančnostjo ±30 % in podatke o izplenu kondenzacijske turbine. Ob pripravi študije izvedljivosti se je izkazalo, da je primernejše razmišljanje o 42 bar tlačnem nivoju pare. Izbor tlaka 42 bar se kaže kot ekonomsko bolj smiseln, zato smo sprejeli odločitev, da bazični inženiring pripravljamo za tlak 42 bar.

Projekt pa ne zajema zgolj sprememb pri proizvodnji žveplove(VI) kisline in pare ter vgradnjo turbine, vendar tudi na področjih, ki so bila definirana znotraj definicije projekta in bodo podrobneje predstavljena v poglavju Rezultati in komentarji. Delo pri projektu je bilo razdeljeno v naslednja poglavja:

1. Priprava bazičnega inženiringa za tlačni nivo 42 bar(g)
2. Izbor turbine in priprava za namestitev
3. Razvod pare in porabniki nizkotlačne pare
4. Gradbena dela, strojne inštalacije in elektroinštalacije
5. Priprava demineralizirane vode
6. Potrebna dovoljenja za vgradnjo in zagon turbine
7. Pridobivanje nepovratnih sredstev
8. Vrednost investicije in študija izvedljivosti

Za čas izvajanja projekta smo s projektantskim podjetjem IEM d.o.o. sklenili krovno pogodbo za izvajanje projektantskih storitev.

**Tekom izvajanja študije izvedljivosti smo prišli do zaključka, da projekt ekonomsko gledano ni smotrn. Ob pregledu možnosti za znižanje vrednosti celotne investicije, smo prišli do ugotovitve, da bi lahko parno turbino namestili tudi brez tako obsežnih sprememb v tehnološkem postopku proizvodnje kisline in bi na turbino vodili paro pri tlaku 29 bar (g). Ta opcija je detajlno razdelana v poglavju 4.**

# Rezultati in komentarji za 42 bar(g) sistem

## Priprava bazičnega inženiringa za tlačni nivo 42 bar(g)

Pri pripravi bazičnega inženiringa smo sodelovali s podjetjem Hugo Petersen. Bazični inženiring je bil pripravljen za tlačni nivo 42 bar in maksimalno kapaciteto proizvodnje kisline 740 t/d, znotraj inženiringa pa so preverili tudi možnost ponovne uporabe obstoječe opreme in obdelali izbrano rešitev za zagotavljanje emisije SO2 pod emisijsko mejo. Bazični inženiring je bil pripravljen skladno s pogodbo za celotno postrojenje, tako za proizvodnjo pare kot tudi za proizvodnjo kisline. Del bazičnega inženiringa je tudi ocena stroškov za zamenjavo opreme, ki je bila pripravljena z natančnostjo ±10 %, zneski iz te ocene stroškov pa so bili uporabljeni tudi pri izdelavi študije izvedljivosti.

Pred samim pričetkom priprave bazičnega inženiringa smo skupaj s Hugo Petersen opravili tudi sestanek z nadzornim organom za opremo pod tlakom TÜV, ki ob vsaki spremembi izda obratovalno dovoljenje za parni sistem. Predstavili smo jim koncept projekta, uskladili smo cevne zanke za tlačne preizkuse opreme. Vsa pripravljena dokumentacija v sklopu bazičnega inženiringa je pripravljena v skladu z napotili TÜV-a, bolj aktivno pa se bi pričeli vključevati tekom priprave detajlnega inženiringa oz. delavniških risb.

Seznam vseh pripravljenih dokumentov znotraj bazičnega inženiringa je v spodnji tabeli (Tabela 1), v celoti pa je bazični inženiring na voljo za vpogled pri vodji projekta in namestniku vodje projekta.

**Tabela 1: Seznam prejetih dokumentov znotraj baz. inž.**

|  |  |
| --- | --- |
| Process flowsheet (PFD) | Cost estimation (±10 %) |
| P&I diagram | 3D model |
| Heat and mass balance | Foundation load plan |
| Equipment list | Equipment general arrangement drawing |
| Valve list | Equipment guide drawings *(za novo opremo)* |
| Process description | Process datasheets for new equipment |
| Media list | Instrument list |
| Line list | Electric consumer list |
| Hazop study |  |

Ob pregledu obstoječe opreme, so pri Hugo Petersen prišli do ugotovitve, da bi lahko v 42 barskem sistemu ponovno uporabili zgolj ECO1, ampak zgolj v primeru, če ga prestavimo in uporabimo kot ECO2 ter vgradimo dodaten snop cevi. Takšna varianta je cenovno gledano ugodnejša od alternative, to je postavitev povsem novega ECO2. Razlika med ocenjeno vrednostjo novega ECO2 in rekonstrukcije ter prestavitve ECO1 na mesto ECO2 je 500.000 €. Takšno rešitev smo predstavili tudi nadzornemu organu za opremo pod tlakom (TÜV), ki je po pregledu dokumentacije ovrgel to možnost, saj obstoječi ECO1 ne ustreza več vsem postavljenih standardom za opremo pod tlakom. Kljub obsežnim razlagam Hugo Petersena, svojega mnenja niso spremenili in smo zato v bazični inženiring vključili tudi novi ECO.

Sicer pa generalno velja, da moramo ob povišanju tlačnega nivoja na 42 bar zamenjati kompletno opremo za proizvodnjo pare, saj obstoječa ni primerna za tako visok tlačni nivo. Zamenjati je potrebno vse večje kose opreme ter tudi vse parovodne povezave, merilnike in ventile. Med večje kose opreme spadajo:

* Dimnocevni kotel 1
* Dimnocevni kotel 2, ki bi ga nadomestil dodatni pregrevalnik pare
* Parni boben
* Ekonomizer 1
* Ekonomizer 2
* Napajalne črpalke

Glede na izvedene investicije v zadnjem obdobju smo preverili tudi računovodsko vrednost obstoječe opreme oz. koliko bi bila vrednost odpisane opreme, v kolikor bi se odločili za nadgradnjo na 42 bar. Upoštevali smo računovodsko vrednost parnega bobna, obeh dimnocevnih kotlov in obeh ekonomizerjev. Če bi odpis izvedli, bi to pomenilo 1.823.836,06 €, ki bi jih premostili v stroške in bi znatno vplivali na poslovni izid leta.

Tekom priprave bazičnega inženiringa smo obravnavali tudi emisijo SO2 iz procesa proizvodnje kisline. Mejna vrednost za emisijo SO2 iz dimnika Z1 je 14 kg/h. Pri sedanji kapaciteti in z rednim obnavljanjem katalizatorja zahtevamo emisijo še dosežemo, pri zvišanju kapacitete proizvodnje H2SO4 pa bomo to vrednost presegli. Možnost prekoračitve emisije si lahko obetamo tudi po več letih obratovanja z istim katalizatorjem zaradi izgube aktivnosti le tega. V sklopu priprave bazičnega inženiringa je Hugo Petersen razdelal tudi rešitev za obvladovanje emisije SO2. Možni sta bili dve varianti:

1. Čistilna naprava s H2O2

Naprava sestoji iz pralnika, skladiščnega in dozirnega rezervoarja za H2O2 ter črpalne posode za vodo. Skladiščna količina H2O2 bi bila ca. 6 t, kar glede na trenutni OVD ne predstavlja spremembe v razvrstitvi vira tveganja. Tekoči odpadek iz čiščenja je 60 % H2SO4, ki se uporabi za uravnavanje koncentracije kisline znotraj procesa. Dosežemo lahko pretvorbo do 99,98 %. Očiščen plin bi izpuščali skozi obstoječi 100 m dimnik, v katerega pa bi morali vstaviti plastični vložek. Pričakovati je dnevno porabo H2O2 okoli 500 kg.

1. 5. sloj katalizatorja

Postavitev novega sloja katalizatorja je izven kontaktnega kotla, sloj ima premer 3,2 m. Postavitev bi bila možna na mestu enega izmed starih betonskih hladilnih stolpov. Dosežemo lahko pretvorbo do 99,93 %. Za hlajenje procesnega plina je potrebno vpihovati dodatne količine osušenega zraka zaradi česar obstaja tveganje, da zgornji del končnega absorpcijskega stolpa ne bo primeren za povišan pretok plina.

Hugo Petersen je predlagal izbor čistilne naprave, na koncu pa smo se po temeljitem premisleku za to pot odločili tudi mi. Čistilna naprava s H2O2 sicer s seboj prinaša tudi več omejitev in birokratskih dopolnitev, saj vodikov peroksid zapade pod Seveso in bo potrebno spreminjati Zasnovo za zmanjšanje tveganja za okolje (ZZTO). Pri odločitvi za ČN je prevladalo dejstvo, da nam čistilna naprava omogoča veliko fleksibilnosti in pušča odprta vrata za prihodnost. Postavitev čistilne naprave si puščamo kot zadnjo možnost, če z drugimi ukrepi ne bi uspeli zagotoviti ustrezne emisije. To pomeni menjavo katalizatorja v vseh 4. slojih in po potrebi tudi izvedbo Presoje vplivov na okolje s ciljem, da bi povišali mejno vrednost emisije. Dodaten plus pri ČN je tudi trajnostni vidik, saj lahko v primeru tendence po nižanju celokupnih emisij, emisijo iz dimnika Z1 tudi dodatno znižujemo.

Postavitev čistilne naprave obstaja kot možnost pri višanju proizvodnih kapacitet kisline – širjenje na 740 t/d. Pri takšni kapaciteti bo postavitev čistilne naprave neizogibna, saj proizvajalci katalizatorjev trenutno ne morejo garantirati učinkovitosti čiščenja, s katero bi dosegli zahtevano emisijsko mejo. Pri sedanju maksimalni kapaciteti (620 t/d) vemo, da lahko z zamenjavo katalizatorja znižamo emisijo pod zahtevano mejo. To možnost smo že razdelali tudi z dobaviteljem katalizatorja BASF, ki je za nas pripravil več simulacij, ki so kot rezultat pokazale emisijo nižjo od 14 kg/h.

## Izbor turbine in priprava na namestitev

Pred pričetkom izvajanja bazičnega inženiringa smo se odločili tudi za tip turbine, ki je primernejši za naše potrebe. V sklopu bazičnega inženiringa smo se namreč dogovorili, da bo Hugo Petersen pripravil tudi primerjavo ponudnikov turbine. Dogovorili smo se, da pridobijo ponudbe za kondenzacijsko turbino z dvema odjemoma – pri 22 bar in 8 bar in s kondenzacijskim koncem. Takšna turbina nam omogoča veliko fleksibilnosti pri obratovanju, omogoča kondenzacijo viškov pare do 15 t/h in zagotavlja visoko in nizkotlačno paro, ki jo zahtevajo porabniki. Izkoristek takšne turbine je 85 %.

Prvi korak je bila izvedba 2-dnevne delavnice s Hugo Petersen na kateri smo sodelovali Axel Schuze in Maria Badi iz Hugo Petersena ter Srđan Gatarić, Peter Mravlak in Mitja Gračner s strani Cinkarne. Namen delavnice je bil identificirati porabnike visoko in nizkotlačne pare pri različnih proizvodnih kapacitetah, določiti vpliv in frekvenco izpadov pri porabnikih na količine pare ter tako pripraviti preglednico porabnikov pare, s katero so pri Hugo Petersenu pristopili k ponudnikom turbin. Pripravljen seznam porabnikov pare je priložen kot priloga 3.

Na osnovi pripravljenega dokumenta so pri HP ponudbe treh ponudnikov turbin – TTK Hrvaška, TGM Kanis Nemčija in Siemens Nemčija. Iz izbora je bil izločen MAN Turbo, ki ni zmožen dobaviti turbine s kondenzacijskim koncem. Dodatno smo sami, v sodelovanju s Siemensom, pridobili tudi ponudbo za turbino proizvedeno v Siemensovi podružnici v Indiji.

Prvotne ponudbe za turbino so bile pridobljene za turbino z odjemom pri 22 in 8 bar. Tekom sodelovanja z IEM smo preverili tudi padce tlaka po obstoječem parovodu, ki bi bil porabljen za transport visokotlačne pare in po novem parovodu, ki ga moramo zgraditi za nizkotlačno paro. Ugotovljeno je bilo, da lahko na turbini definiramo odjeme pri 20 in 6 bar. Zaradi te spremembe se bo spremenila tudi moč turbine in sicer lahko pričakujemo ca. 5 % povečanje izplena turbine.

V tabeli 2 je prikazana moč ponujene turbine različnih ponudnikov iz pridobljenih revidiranih ponudb za odjeme pri 20 in 6 bar. Prikazan je izplen turbine pri maksimalni proizvodni kapaciteti proizvodnje kisline, to je pri 620 t/d in povprečni porabi pare na nivoju kapacitete 71.000 t/a pigmenta.

**Tabela 2: Izplen turbine različnih ponudnikov za tlačni nivo 42 bar(g)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ponudnik | **TTK Hrvaška** | **TGM Kanis Nemčija** | **Siemens Nemčija** | **Siemens Indija** |
| Izplen turbine / MW | 2,49 | 2,69 | 2,61 | 2,34 |
| Letna količina proizvedene el. energije / MWh/a\* | 20.318 | 21.950 | 21.298 | 19.094 |

\*340 obratovalnih dni

Primerjavo ponudnikov turbin so tekom priprave bazičnega inženiringa pripravili pri Hugo Petersenu, dokument C2078-V400-03 je dodan kot priloga 4.

Pomemben dejavnik pri izboru turbine je tudi kapaciteta kondenzatorja. Skupaj s Hugo Petersenom smo določili, da naj bo maksimalna kapaciteta kondenzacijskega konca turbine 15 t/h, saj s tem omogočamo široko fleksibilnost pri potencialnih izpadih pri porabnikih pare. Minimalna kapaciteta je odvisna od proizvajalca turbine. TTK in TGM sta v osnovi ponudila turbino z minimalno kapaciteto 1,1 oz. 1,2 t/h, medtem ko je Siemens ponujal turbino z zahtevano količino pare za kondenzacijo 3,6 t/h. Po pogovoru s tehnično ekipo Siemensa, smo dobili potrditev, da lahko nemško izvedenko Siemensove turbine prilagodijo in omogočijo minimalno kapaciteto kondenzacijskega konca pri 1 t/h, medtem ko tega pri indijski varianti niso zmožni narediti in ostaja pri 3,6 t/h.

Za samo postavitev turbine je potrebno zagotoviti ustrezen prostor. Glede na stanje v Cinkarni, primernega prostora ni, zato smo znotraj projekta predvideli tudi postavitev turbinske strojnice. Predvideno je, da bi bila le ta locirana na mestu ob proizvodnji kisline, kjer sedaj stojita stara betonska hladilna stolpa, ki že leta nista v uporabi kot hladilna stolpa. Eden izmed njiju služi kot glušnik pare, zato je potrebno pri projektiranju nove strojnice predvideti tudi nov dušilec zvoka za primer, če bi bilo potrebno paro kdaj izpuščati v ozračje. Predvideno mesto postavitve nove turbinske strojnice je prikazano z zeleno barvo na sliki 1. Predvidena velikost objekta je 25 × 13 m.

Slika, ki vsebuje besede na prostem, vozlišče, urbanistično oblikovanje, prometni koridor

Opis je samodejno ustvarjen

**Slika 1: Predvideno mesto postavitve turbinske strojnice**

S ponudniki turbin smo govorili tudi o obratovalnih stroških. Pravijo, da stroška ni mogoče vnaprej opredeliti, predlagajo pa podpis dolgoletne vzdrževalne pogodbe. Generalno velja, da se vsako leto izvede revizija turbine, ki traja 5–7 dni, zelo površno ocenjen stroške takšne revizije je 50.000 €. Vsako osmo leto se izvede generalni remont turbine, ki traja 25–30 dni. Strošek je odvisen od obrabe komponent, površno pa smo ga skupaj z dobavitelji ocenili na 200.000 €.

Iz dobljenih ponudb za turbine so bili razvidni tudi dobavni roki. Od vseh segmentov projekta, je prav pri turbini dobavni rok najdaljši. Odvisno od dobavitelja, se dobavni rok giblje med 14 in 18 meseci.

## Razvod pare in porabniki nizkotlačne pare

V sklopu projekta je predvidena vgradnja turbine z dvema odjemoma. Prvi pri višjem tlaku, ki bo zadostil potrebe sušenja, predsušenja in vakuumskega hlajenja ter drugi pri nižjem tlaku, ki bo zadostil večinoma šaržnim porabnikom nizkotlačne pare. Paro pri obeh tlačnih nivojih je potrebno nadalje do porabnikov distribuirati po ločenih parovodih. Predvideno je, da bo visokotlačna para distribuirana po obstoječem parovodu, za nizkotlačno paro pa je predvidena izgradnja novega parovoda.

Da bi popolnoma izkoristili potencial oz. izplen turbine smo morali najprej definirati nivo odjema iz turbine. Ta je odvisen od padca tlaka znotraj parovoda. Za ta del aktivnosti smo intenzivno sodelovali s podjetjem IEM, ki je pripravilo tudi poročilo o svetovanju tekom dosedanje faze projekta. Poročilo je priloženo kot priloga 5.

Ob pregledu obstoječega parovoda, po katerem bi v prihodnjem vodili paro zgolj do porabnikov visokotlačne pare je bilo ugotovljeno, da mora biti odjem iz turbine pri 20 bar, da zagotovimo tlak pri porabnikih pri 18 bar. Za potrebe distribucije nizkotlačne pare je potrebno zgraditi nov parovod. Predvideli smo idejno traso, ki je prikazana na sliki 2. Predviden je nov parovod dimenzije DN 300 od novo postavljene turbinske strojnice (postavljene na mestu starih betonskih hladilnih stolpov), ki se pri 1000 m3 bazenu na črnem delu priključi na nov načrtovan tehnološki most (projekt, ki ga vodi Peter Planinšek). Nov parovod bi vodili do dela stavbe, kjer je hranilnik pare, nato skozi stavbo do južne fasade. Nadalje je parovod DN 200 predviden po južni steni stavbe proizvodnje titanovega dioksida z odcepi do posameznih porabnikov. Preračunano je, da bo padec tlaka znotraj takšnega parovoda 0,5 bar. Za potrebe odjema iz turbine smo predpostavili padec tlaka v višini 1 bar. IEM je pripravil tudi projektantsko oceno stroškov za nov parovod, ki znaša 400.000 €.



**Slika 2: Idejna trasa parovoda za nizkotlačno paro**

Preverili smo tudi šaržne porabnike pare znotraj proizvodnje titanovega dioksida s ciljem, da definiramo, kateri izmed njih potrebuje nizkotlačno paro pri najvišjem tlaku. Ugotovljeno je bilo, da je potreben tlak za izvedbo hidrolize in šaržno kemične obdelave 5 bar. V primeru, da tlak dodatno znižujemo, se podaljšajo šarže pri postopku, kar pa zniža kapaciteto pri tem postopku. Poizkusili smo z znižanjem tlaka pri hidrolizi in ugotovili, da se šarža ob znižanem tlaku na 3,5 barpodaljša za 20 minut. Zato smo za odjem iz turbine predvideli tlak 6 bar, kar zagotavlja tlak 5 bar pri porabnikih.

Hranilnik pare bi bil še vedno napajan z visokotlačno paro, kar zagotovi dodatno varnost in količino pare za porabnike, hkrati pa s takšnim posegom tudi najmanj možno posegamo v parni sistem.

## Gradbena dela, strojne inštalacije in elektroinštalacije

V tem segmentu smo prav tako sodelovali s podjetjem IEM, ki je izvajalo projektantske storitve pri vgradnji kondenzacijske turbine v podjetju Tanin Sevnica v letu 2022. Glede na naše potrebe in nedavne izkušnje so pripravili projektantsko oceno za potrebna dela. Znotraj gradbenih del so zajeli rušenje starih betonskih stolpov in postavitev nove turbinske strojnice. V sklopu strojnih inštalacij je vključen nov parovod z vsemi armaturami, povezava od proizvodnje pare do turbinske strojnice in potrebna strojna oprema v novi strojnici. Pri elektroinštalacijah je zajeta povezava med turbino in razdelilno postajo pri procesu kisline ter elektro oprema za vgradnjo turbine. Vse postavke so naštete in cenovno ovrednotene v poročilu svetovanja podjetja IEM, ki je dodano kot priloga 5.

## Priprava demineralizirane vode

Za delovanje turbine je ena izmed zahtev tudi vsebnost silicija v proizvedeni pari. V primeru povišanih vrednosti SiO2 v pari, se le ta odlaga na lopaticah znotraj turbine, kar pa lahko vodi v decentralizacijo osi turbine in povzroči škodo na napravi. Dobavitelji naprave zahtevajo vsebnost SiO2 v demineralizirani vodi, ki se uporablja za proizvodnjo pare <0,05 mg/L. Ker takšne kvalitete vode z obstoječo opremo ne moremo zagotoviti, smo predvideli tudi postavitev nove naprave v Pripravi vode. Naprava bi bila postavljena za linijo demineralizacije, predno gre voda v rezervoar, ki je namenjen črpanju vode za proizvodnjo pare. Obravnavali smo tri tehnike in sicer elektrodeionizacijo, reverzno osmozo in ionsko izmenjavo.

Pri pogovorih z dobavitelji opreme smo kot osnovo predložili dve možnosti, dva vodna vira in sicer demineralizirano vodo pripravljeno v obstoječi Pripravi vode in demineralizirano vodo pripravljeno v primeru prehoda na vodo iz CČN Celje. Primernejša tehnika za čiščenje obeh tipov vod je elektrodeionizacija. Predvidena investicija v takšno napravo je 401.500 €, razgovore pa smo izvedli z dvema ponudnikoma takšnih naprav (Lenntech, Kolektor). Za primerjavo, potrebna investicija v primeru odločitve za ionsko izmenjavo je 235.000 €.

Zaradi primernosti tehnike za obstoječi tip tehnološke vode in tudi vode iz CČN Celje, je predlagana rešitev elektrodeionizacija, ki je tudi upoštevana v skupni vrednosti investicije in študiji izvedljivosti. Primerjava obeh tehnik je prikazana na sliki 3.



**Slika 3: Primerjava tehnik elektrodeionizacija in ionska izmenjava za izločanje SiO2**

Podrobneje je ta sklop opisan v idejni zasnovi, ki jo je pripravil Jaka Kugler in je dodana kot priloga 6.

## Potrebna dovoljenja za vgradnjo in zagon turbine

Ob izvedbi projekta bo potrebno slediti tudi zakonodajnim zahtevam. Potrebna je pridobitev gradbenega dovoljenja za rušenje starih hladilnih stolpov in postavitev nove turbinske strojnice ter postavitev novega parovoda za nizkotlačno paro. Trenutno imamo s projektantskim podjetjem IEM d.o.o. sklenjeno krovno pogodbo za pripravo projektne dokumentacije, zato bi s pripravo DGD in PZI pričeli takoj po potrditvi izvedbe projekta.

Manjša sprememba je potrebna tudi v okoljevarstvenem dovoljenju. Potrebno bo dopolniti opis naprave za proizvodnjo kisline in priprave vode v IED in uvesti spremembo po OP 177, kjer bo to potrebno. Najverjetneje bo potrebno dopolniti tudi ZZTO zaradi proizvodnje elektrike (podobno kot pri sončnih elektrarnah) in pripraviti dodaten scenarij večje nesreče z naslova požarne varnosti.

Glede na sedanje omejitve v OVD, lahko letno proizvedemo maksimalno 205.000 t kisline. V kolikor se odločimo za vgradnjo turbine, si bomo želeli le to izkoristiti v čim večji meri, kar pomeni, da bo nivo proizvodnje kisline skozi celo leto na visokem nivoju in bomo maksimalno dovoljeno količino kisline presegli. Ob izvajanju sprememb v OVD bomo zajeli tudi povišanje letne proizvedene kisline. V kolikor bo mogoče bi maksimum določili pri 270.000 t/a, kar bi zadostilo tudi morebitnemu prihodnjemu dvigu proizvodnih kapacitet.

## Pridobivanje nepovratnih sredstev

Vseskozi potekajo tudi aktivnosti iskanja možnosti sofinanciranja projekta. Aktivnosti potekajo v sodelovanju s podjetjem NEC Cerknica, preverjata se možnosti sofinanciranja projekta iz naslova ustreznih evropskih projektov ter prav tako možnosti sofinanciranja s strani Republike Slovenije (npr. Ekosklad, ipd.). Projekt se obravnava na rednih mesečnih sestankih s podjetjem NEC Cerknica, stanje pa se spremlja v zapisnikih sestankov, ki so poslani tudi vodstvu podjetja.

## Vrednost investicije in študija izvedljivosti

### Vrednost investicije

Glede na ugotovitve iz prejšnjih poglavij, smo pripravili skupno vrednost investicije za proizvodnjo pare pri tlačnem nivoju 42 bar in vgradnjo parne kondenzacijske turbine. Skupna vrednost investicije je bila pripravljena na sledečih podlagah:

* Bazični inženiring Hugo Petersen za parni sistem
* Ponudba za kondenzacijsko turbino podjetja TTK Karlovac.
* Idejna zasnova projektantskega biroja IEM d.o.o. za gradbeni, strojni in elektro del za postavitev turbinske strojnice in nov nizkotlačni parovod.
* Idejna zasnova za spremembe v pripravi vode (interna, avtor J. Kugler)

Vrednost investicije je predstavljena v tabeli 3.

**Tabela 3: Vrednost investicije (42 bar, kondenzacijska turbina)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Zap. št.* | *Vsebina* | *Znesek* | Vir |
| 1 | Parni sistem | 7.392.800 € | Bazični inženiring Hugo Petersen |
| 2 | Turbina | 3.800.000 € | Ponudba TTK Karlovac |
| 3 | Kislinski del | 0 € |  |
| 4 | Strojne inštalacije | 767.000 € | Idejna zasnova IEM d.o.o. |
| 5 | Gradbena dela | 755.000 € | Idejna zasnova IEM d.o.o. |
| 6 | Elektroinštalacije | 300.000 € | Idejna zasnova IEM d.o.o. |
| 7 | Ostali stroški | 195.000 € | Idejna zasnova IEM d.o.o. |
| 8 | Priprava vode | 401.500 € | Idejna zasnova Priprava vode |
| 9 | Nepredvideni stroški | 680.565 € | Dodatnih 5 %. |
|  | **SKUPAJ** | **14.291.865 €** |  |

**Parni sistem**: obsega zamenjavo celotnega parnega sistema z opremo primerno za tlak 42 bar in vključuje pripravo inženiringa Hugo Petersena (HP) in montažo opreme. Skupna vrednost zamenjave parnega sistema je po pogodbi s HP pripravljena z natančnostjo ±10 %.

**Turbina:** v vrednosti investicije v tabeli 3 smo upoštevali dobljeno ponudbo podjetja TTK Karlovac. Za namen študije izvedljivosti so bile upoštevane enake vrednosti za evropske dobavitelje (TTK, TGM in Siemens Nemčija) in sicer iz ponudbe TTK v višini 3,8 M€ ter ponudba indijske turbine (Siemens Indija), ki je znašala 1,6 M€.

Pri vrednotenju nismo upoštevali še dveh postavk, ki jih je v svojo oceno vštel HP in sicer detajlnega inženiringa (400.000 €) in provizije (600.000 €).V sklopu detajlnega inženiringa ponujajo postavke za katere je predvideno, da jih izvede izbrani slovenski projektant gradbenih in strojnih inštalacij. Za posredovanje pri nakupu turbine pa je trenutno mišljenje takšno, da uslug HP ne potrebujemo in da lahko sklenemo sodelovanje direktno z dobaviteljem turbine. Problem je lahko pri TGM Kanis, kjer nimamo vzpostavljenega direktnega kontakta, zato je pri ceni TGM Kanis turbine upoštevana še provizija Hugo Petersena v višini 600.000 €.

**Gradbeni del, strojne in elektro inštalacije**: ocenjena vrednost teh postavk je nastala v sodelovanju s projektantskim podjetjem IEM d.o.o., ki je projektiralo novo postavitev kondenzacijske turbine v Taninu Sevnica in imajo svež vpogled v to, kar potrebujemo za postavitev takšne turbine. Umestitev turbinske strojnice je predvidena na lokaciji starih betonskih hladilnih stolpov, ki imajo sedaj funkcijo glušnika viškov pare. Pred rušenjem bo potrebno namestiti primeren glušnik, ki bo nadomestil funkcijo stolpov.

**Ostali stroški**: vključeni stroški projektiranja (DGD, PZI, PID), upravnih taks in projektantskega nadzora.

**Priprava vode**: izbirali smo med dvema tehnikama – ionsko izmenjavo in elektrodeionizacijo. Kot primernejšo ocenjujemo elektrodeionizacijo, ki je bolj primerna, če bi v prihodnje kot vodni vir uporabljali vodo iz CČN Celje.

**Nepredvideni stroški**: dodatnih 5 % vrednosti posameznih postavk.

### Študija izvedljivosti

Študija izvedljivosti je bila pripravljena z nekaj predpostavkami:

* Zagon turbine bo leta 2026, s polno močjo prične obratovati leta 2027, ko bo proizvodnja pigmenta na nivoju 71.000 t/a.
* Turbina od zagona dalje obratuje pri polni moči, kar pomeni, da je proizvodnja kisline vseskozi na nivoju 620 t/d.
* Ob proizvodni kapaciteti titanovega dioksida na nivoju 71.000 t/a, potrebujemo 581 t/d kisline. Če kislina obratuje na maksimumu, to pomeni, da dnevno nastaja višek kisline v količini 39 t. Letni višek kisline bi bil 13.260 t, to kislino pa bi bilo potrebno odprodati.
* Prodaja viškov kisline ni upoštevana v študiji izvedljivosti in bi lahko študijo tudi močno izboljšalo.
* Upoštevanih je 340 obratovalnih dni in letna količina proizvedene kisline 210.800 t, kar je več od sedanje maksimalne dovoljene količine v OVD.
* Upoštevana je enaka višina investicije za scenarij s turbino TTK Karlovac in Siemens Nemčija. Pri scenariju s TGM Kanis je dodanih še 600.000 € za provizijo Hugo Petersena, saj imamo s TGM vzpostavljen kontakt zgolj preko H. Petersena. Pri scenariju s turbino iz Indije je upoštevana nižja cena turbine (1,4 M€ nižja od nemške variante).
* V študiji smo upoštevali tudi obratovalne stroške. Upoštevali smo 50.000 € za letno revizijo in 200.000 € za remont vsako osmo leto obratovanja.

Glede na postavljene predpostavke, so osnovni podatki za izračun ekonomskih kazalnikov prikazani v tabeli 4.

**Tabela 4: Osnovni podatki za pripravo študije izvedljivosti**

|  |  |
| --- | --- |
| Kapaciteta proizvodnje kisline / t/d | 620 |
| Kapaciteta proizvodnje kisline / t/a | 210800 |
| Poraba kisline za TiO2 / t/d | 581 |
| Višek kisline / t/d | 39 |
| Višek kisline / t/a | 13260 |

Študija izvedljivosti je bila pripravljena v dveh korakih. V prvem smo preverjali ekonomske kazalnike pri ceni električne energije postavljeni pri 100 €/MWh. V drugem koraku smo določili, kakšna bi morala biti cena električne energije, da je interna stopnja donosa (IRR) projekta 10 % in je neto sedanja vrednost pozitivna. Študijo smo pripravili s štirimi različnimi variantami, za vsakega dobavitelja turbine ločeno, saj so se razlikovale tudi ponujene cene turbine. Rezultati so predstavljeni v tabeli 5.

Ob upoštevanju cene električne energije 100 €/MWh je razvidno, da je IRR za vse variante oz. pri vseh ponudnikih nad mejo 10 %. Najvišji IRR je dosežen pri scenariju z najnižjo potrebno investicijo, to je pri izbiri indijske Siemensove turbine. IRR v tem primeru je 14 %, pri ostalih variantah pa 11 ali 12 %.

**Tabela 5: Preglednica z rezultati študije izvedljivosti za 42 bar(g) sistem**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dobavitelj turbine** | **TTK Karlovac** | **TGM Kanis** | **Siemens Nemčija** | **Siemens Indija** |
| **Investicija** | 14.300.000 € | 14.900.000 € | 14.300.000 € | 12.900.000 € |
| **Izplen turbine od 1.1.2027 / MW** | 2,49 | 2,69 | 2,61 | 2,34 |
| **Letni doprinos el. en. / MWh** | 20318,40 | 21950,40 | 21297,60 | 19094,40 |
| **Upoštevana cena el. en. / €/MWh** | 100 € | | | |
| **NPV / €** | 704.057 € | 1.345.369 € | 1.417.811 € | 2.786.778 € |
| **IRR / %** | 11% | 12% | 12% | 14 % |
| **Cena elektrike, da je NPV 10 %, 15 let pozitiven / €/MWh** | 96 € | 92 € | 92 € | 83 € |
| **NPV / €** | 85.883 € | 9.717 € | 124.364 € | 43.478 € |
| **IRR / %** | 10% | | | |

# Vgradnja turbine pri tlačnem nivoju 29 bar(g)

V želji po izboljšanju rezultatov študije izvedljivosti smo preverjali na kakšen način je mogoče znižati višino potrebne investicije za vgradnjo turbine. Ena izmed opcij je vgradnja turbine indijskega porekla, ki je predstavljena že v zgornjih poglavjih.

Druga obravnavana možnost je vgradnja parno kondenzacijske turbine, na katero bi vodili paro pri tlaku 29 bar(g), ki je tudi maksimalen tlak pri katerem lahko paro proizvajamo sedaj. Da bi paro naredili primerno za napajanje turbine, je potrebno izvesti določene spremembe v postrojenju proizvodnje pare, vendar pa so te spremembe mnogo manj obsežne kot v primeru, če se odločimo za 42 bar sistem. V primerjavi z 42 bar sistemom, kjer je potrebno zamenjati praktično vse komponente proizvodnje pare, je pri 29 bar sistemu potrebna zamenjava »zgolj« parnega bobna in dimnocevnega kotla 2. Parni boben moramo zamenjati zaradi prenizke kapacitete sedanjega hladilnika pare, ki je nameščen znotraj parnega bobna, medtem ko bi dimnocevni kotel 2, enako kot pri 42 bar sistemu, nadomestil pregrevalnik pare, ki bi paro pregrel do temperature primerne za napajanje turbine.

Vrednost investicije za 29 bar(g) sistem se drastično zniža ravno zaradi nižjega potrebnega vložka v proizvodnjo pare v sklopu procesa žveplova kislina. Ostale komponente se praktično ne spremenijo, tudi razlika v ceni turbine je zanemarljiva v primerjavi s turbino za 42 bar sistem (razlika je ca. 50.000 €).

V primeru odločitve za nižji tlačni nivo proizvedene pare, gradbeni, strojni in elektro del projekta opisani v poglavjih 3.3 in 3.4 ostajajo nespremenjeni. Nespremenjena je tudi potrebna posodobitev v sklopu Priprave vode (poglavje 3.5), kjer je predvidena nova naprava za odstranjevanje silicija iz demineralizirane vode.

Celotna vrednost investicije za nižji tlačni nivo je predstavljena v tabeli 6. Vrednost celotne investicije je 9.227.925 €, za namen študije izvedljivosti pa smo upoštevali 9.500.000 €.

**Tabela 6: Vrednost investicije za 29 bar(g) sistem**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Zap. št.* | *Vsebina* | *Znesek* |
| 1 | Parni sistem | 2.570.000 € |
| 2 | Turbina | 3.800.000 € |
| 3 | Kislinski del | 0 € |
| 4 | Strojne inštalacije | 767.000 € |
| 5 | Gradbena dela | 755.000 € |
| 6 | Elektroinštalacije | 300.000 € |
| 7 | Ostali stroški (projektiranje, takse, nadzor) | 195.000 € |
| 8 | Priprava vode | 401.500 € |
| 9 | Nepredvideni stroški | 439.425 € |
|  | **SKUPAJ** | **9.227.925 €** |

Bazični inženiring smo pripravljali za tlačni nivo 42 bar. Ob odločitvi za 29 bar sistem moramo prevetriti tudi dokumente pripravljene v sklopu omenjenega bazičnega inženiringa. Strošek je skupaj z detajlnim inženiringom upoštevan v postavki Parni sistem.

Glede na idejo o nižjem tlačnem nivoju proizvedene pare smo kontaktirali tudi proizvajalce turbin. Pridobili smo informacije dveh in sicer TGM Kanis in TTK Karlovac. Čakamo še na podatke za Siemensovo turbino nemškega in indijskega porekla. V tabeli 7 je prikazana moč ponujene turbine različnih ponudnikov iz pridobljenih ponudb za odjeme pri 20 in 6 bar. Prikazan je izplen turbine pri maksimalni proizvodni kapaciteti proizvodnje kisline, to je pri 620 t/d in povprečni porabi pare na nivoju kapacitete 71.000 t/a pigmenta. Prikazane moči so za turbino, ki je primerna za oba obravnavana tlačna nivoja – 29 in 42 bar. V kolikor se fiksno odločimo za nižji tlačni nivo, je pričakovati še 2–6 % zvišanje moči generatorja.

**Tabela 7: Izplen turbine različnih ponudnikov za tlačni nivo 29 bar(g)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ponudnik | **TTK Hrvaška** | **TGM Kanis Nemčija** | **Siemens Nemčija** | **Siemens Indija** |
| Izplen turbine / MW | 2,05 | 2,39 | N/A | N/A |
| Letna količina proizvedene el. energije / MWh/a\* | 16.728 | 19.502 | N/A | N/A |

\*340 obratovalnih dni

Obstaja tudi možnost, da bi turbina delovala pri obeh tlačnih režimih. Po podatkih TGM Kanis je lahko turbina dimenzionirana za 42 bar in deluje pri 29 bar. Tako bi na pričetku turbino napajali s tlakom 29 bar(g), kasneje pa bi lahko, ob predelavi parnega sistema, na taisto turbino vodili tudi paro pri tlaku 42 bar(g). Če tlaka ne bi dvignili, pa bi bilo potrebno turbino ustrezno predelati, kar po podatkih TGM Kanis-a predstavlja strošek v višini 1/3 cene turbine.

Naslednji korak po pridobljenih informacijah o moči elektro generatorja od proizvajalcev turbine je bil izračun smotrnosti. Tudi za ta tlačni nivo je bila študija izvedljivosti izvedena z nekaj predpostavkami in sicer:

* Zagon turbine bo leta 2026, s polno močjo prične obratovati leta 2027, ko bo proizvodnja pigmenta na nivoju 71.000 t/a.
* Turbina od zagona dalje obratuje pri polni moči, kar pomeni, da je proizvodnja kisline vseskozi na nivoju 620 t/d.
* Ob proizvodni kapaciteti titanovega dioksida na nivoju 71.000 t/a, potrebujemo 581 t/d kisline. Če kislina obratuje na maksimumu, to pomeni, da dnevno nastaja višek kisline v količini 39 t. Letni višek kisline bi bil 13.260 t, to kislino pa bi bilo potrebno odprodati.
* Prodaja viškov kisline ni upoštevana v študiji izvedljivosti in bi lahko študijo tudi močno izboljšalo.
* Upoštevanih je 340 obratovalnih dni in letna količina proizvedene kisline 210.800 t, kar je več od sedanje maksimalne dovoljene količine v OVD.
* Upoštevana je enaka višina investicije za vse scenarije in sicer 9.500.000 €.
* V študiji smo upoštevali tudi obratovalne stroške. Upoštevali smo 50.000 € za letno revizijo in 200.000 € za remont turbine vsako osmo leto obratovanja.

Rezultati so predstavljeni v tabeli 8. Dodani so še rezultati študije izvedljivosti za nižjo kapaciteto proizvodnje kisline, to je 530 t/d, ki je potrebna za letni nivo proizvodnje pigmenta 65.000 t.

**Tabela 8: Preglednica z rezultati študije izvedljivosti za 29 bar(g) sistem**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kapaciteta proizvodnje / t/d** | **530** | **530** | **620** | **620** |
| **Dobavitelj turbine** | TGM | TTK | TGM | TTK |
| **Investicija** | 9.500.000 € | 9.500.000 € | 9.500.000 € | 9.500.000 € |
| **Izplen turbine / MW** | 1,08 | 1,02 | 2,39 | 2,05 |
| **Letni doprinos el. en. / MWh/a** | 8812,8 | 8323,2 | 19502,4 | 16728 |
| **Upoštevana cena el. en. / €/MWh** | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **NPV / €** | -3.619.588 € | -3.247.194 € | 4.883.400 € | 2.773.171 € |
| **IRR / %** | 3% | 3% | 18% | 15% |
| **Cena el. en. za NPV ≥ 0 / €/MWh** | 158 | 149 | 68 | 79 |
| **NPV / €** | 52.213 € | 37.318 € | 136.623 € | 101.245 € |
| **IRR / %** | 10% | 10% | 10% | 10% |

Tabeli 7 in 8 bosta dopolnjeni še s podatki za Siemensovo turbino, takoj ko pridobimo informacije.

# Časovnica izvedbe projekta

Najdaljši dobavni rok od vse opreme ima turbina. Dobavni rok znaša od 14 do 18 mesecev in je odvisen od zasedenosti dobaviteljev. Skupaj s Hugo Petersen smo določili, da bi od odločitve o dobavitelju turbine do zagona preteklo 21 mesecev. V to obdobje je zajeto tehnično usklajevanje, usklajevanje pogodbe, dobavni rok te namestitev in zagon naprave. Dobavni roki ostalih kosov opreme so trenutno nižji od 12 mesecev.

V sklopu inženiringa so pri HP ocenili tudi čas potreben za zamenjavo opreme pri parnem sistemu, če bi se odločili za sistem z 42 bar paro. Skupaj ocenjujejo, da potrebujemo 50 dni, če bi delo izvajali 7 dni v tednu in v dveh 10-unih izmenah. Zaradi dolgega remonta in nezmožnosti po zadostni količini skladiščene kisline, da bi pokrili potrebe proizvodnje TiO2, bi bil manko kisline v povprečju 250 t/d, ki bi jih morali nadomestiti z nakupom kisline.

V kolikor bi ostali na tlačnem nivoju 30 bar in zamenjali zgolj opremo za doseganje tega tlačnega nivoja (parni boben, pregrevalnik pare in napajalne črpalke), ocenjujemo, da lahko vse potrebne zamenjave izvedemo znotraj običajnega remonta, ki traja 22 dni. To pomeni, da bi skladiščena kislina zadoščala potrebam proizvodnje titanovega dioksida in dodatnih količin ne bi potrebovali.

Izvedbo projekta torej narekuje dobavni rok turbine. Hkrati se moramo zavedati, da sta za ohlajanje in ogrevanje procesa proizvodnje kisline zimski in poletni čas zelo neugodna in da je pravi čas za izvedbo remonta spomladi (april, maj) ali jeseni (september, oktober).

Glede na zgoraj napisano, je izvedba sprememb v procesu proizvodnje kisline in zagon turbine mogoč v letu 2026. Ali bo to v spomladanske ali jesenskem času, pa je odvisno od termina odločitve o nadaljevanju projekta in dobavitelja turbine. V kolikor se za dobavitelja turbine odločimo brez izvedbe razpisa, je rok od odločitve o dobavitelju do zagona ocenjen na 21 mesecev. V nasprotnem primeru pa moramo k temu obdobju prišteti še čas za izvedbo razpisa, usklajevanja ponudb in izbora ponudnika.

# Zaključek

Kogeneracija električne energije v sklopu proizvodnje žveplove(VI) kisline, kjer je SO2 proizveden z zgorevanjem žvepla je že desetletja poznana rešitev v svetu. Para, ki se vodi na parno turbino je običajno na visokem tlačnem nivoju – uveljavljena so postrojenja z 42, 64 in celo 80+ barsko paro. Pri nas smo rešitev iskali skupaj s projektantskim podjetjem Hugo Petersen in Nemčije, s katerimi smo v prvi fazi preverjali smiselnost vgradnje turbine pri tlaku 42 ali 64 bar. Zaradi ekonomike celotnega projekta smo se v začetku februarja 2023 odločili za podrobno raziskavo in izdelavo bazičnega inženiringa za sistem z 42 bar paro, v sklopu inženiringa pa smo obdelali tudi širitev proizvodne kapacitete kisline do 740 t/d.

Po izdelavi bazičnega inženiringa smo prevetrili izračun smotrnosti projekta in ugotovili, da je projekt na meji izvedljivega, gledano z ekonomskega vidika. Zaradi tega smo pričeli iskati možnosti za znižanje velikostnega ranga investicije in prišli do ideje o tem, da bi kogeneracijo električne energije izvajali z minimalnimi spremembami v obstoječem postrojenju in na obstoječem tlačnem nivoju, to je 29 bar(g). Proizvodnja električne energije na takšnem tlačnem nivoju v sklopu proizvodnje žveplove(VI) kisline v svetu ni tako poznana, tudi s strani Hugo Petersena smo dobili informacijo, da takšne rešitve še ne poznajo.

Kljub temu, smo mogočo rešitev preverili s proizvajalci turbin in ugotovili, da je tudi takšna rešitev popolnoma izvedljiva. Še več, razlike v izplenu turbine med 29 bar(g) in 42 bar(g) so pravzaprav zelo majhne. Velika razlika pa je v višini potrebne investicije, kar močno izboljša tudi smotrnost same investicije. Primerjava obeh primerov z ekonomsko gledano najboljšim evropskim ponudnikom je prikazana v tabeli 9, velja pa za polno proizvodno kapaciteto kisline pri 620 t/d.

**Tabela 9: Primerjava 29 in 42 bar(g) sistema**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tlačni nivo / bar(g)** | 29 | 42 |
| **Dobavitelj turbine** | TGM Kanis | Siemens Nemčija |
| **Višina investicije / €** | 9.500.000 | 14.300.000 |
| **Izplen turbine / MW** | 2,39 | 2,61 |
| **Letni doprinos el. en. / MWh/a** | 19502 | 21297 |
| **Znižanje izpusta CO2 / t/a** | 8776 | 9584 |
| **IRR pri ceni el. en. 100 €/MWh / %** | 18 | 12 |
| **Cena el. en., da je IRR = 10 % / €/MWh** | 68 | 92 |

Enostavnejši izračun dobe vračanja investicije ob upoštevanju cenen električne energije 100 €/MWh je v primeru 29 bar(g) pare 4,8 let, v primeru 42 bar(g) pare pa 6,7 let.

V prilogi 7 prilagam še predstavitev Hugo Petersena, kjer so na kratko prikazali stanje pri projektu vgradnje parne turbine.

Glede na do sedaj poznana dejstva, je kogeneracija električne energije pri obstoječem maksimalnem tlačnem nivoju bolj smiselna v primerjavi z 42 bar(g) sistemom. Eden izmed razlogov je seveda ekonomika projekta, drugi, tudi pomemben razlog, pa je sama izvedba projekta, ki je v primeru izbire tlaka 29 bar(g) mnogo enostavnejša. Projekt bi lahko razdelili na štiri dele in sicer:

1. Nadgradnja postrojenja za proizvodnjo pare, kjer bi zamenjali parni boben, napajalne črpalke in nadomestili dimnocevni kotel 2 s pregrevalnikom pare ter ostala potrebna dela.
2. Postavitev turbine, kamor bi sodilo tudi rušenje hladilnih stolpov in postavitev turbinske strojnice.
3. Izgradnja novega parovoda za nizkotlačno paro, vključno z energetskim mostov.
4. Namestitev nove naprave za odstranjevanje silicija v Pripravi vode.

Pred odločitvijo o nadaljevanju projekta je potrebno razrešiti še prihodnost projekta rekoncentracije odpadne kisline, ki ga vodi mag. Pavel Blagotinšek, saj sta projekta rekoncentracije in vgradnje parne turbine v navzkrižju in lahko izvedemo zgolj enega izmed obeh. Odločitev o nadaljevanju projekta vgradnje parne turbine ali rekoncentracije odpadne kisline je potrebno sprejeti na nivoju vodstva podjetja, glede na vse informacije, ki jih vodji obeh projektov lahko pridobita.

# Viri

1. Zvišanje energetske učinkovitosti proizvodnje žveplove kisline, študija, Hugo Petersen, oznaka projekta C2078, oktober 2022 – marec 2023 *(PRILOGA 2)*
2. Bazični inženiringa Hugo Petersen, oznaka projekta C2078, september 2023 *(PRILOGA 3, 4)*
3. Svetovanje s področja strojništva, poročilo, IEM, številka projekta 869/23, november 2023 *(PRILOGA 5)*
4. Priprava demineralizirane vode za projekt Optimizacija parnega sistema, idejna zasnova, avtor Jaka Kugler, september 2023 *(PRILOGA 6)*
5. Energetska optimizacija proizvodnje žveplove kisline, predstavitev, Hugo Petersen, oktober 2023 *(PRILOGA 7)*

# Prejemniki

Sodelavci pri projektu iz delovne, vodstvene in odločitvene projektne skupine. Poročilo je skupaj s prilogami objavljeno v dokumentnem sistemu Cinkarne Celje na SharePointu.

# Priloge

|  |  |
| --- | --- |
| Priloga 1: | Definicija projekta 85.009.195 |
| Priloga 2: | Zvišanje energetske učinkovitosti proizvodnje žveplove kisline, študija, Hugo Petersen, oznaka projekta C2078, oktober 2022 – marec 2023 |
| Priloga 3: | Seznam porabnikov pare, bazični inženiring Hugo Petersen |
| Priloga 4: | Primerjava ponudnikov turbin Hugo Petersen, bazični inženiring Hugo Petersen |
| Priloga 5: | Svetovanje s področja strojništva, poročilo, IEM, številka projekta 869/23, november 2023 |
| Priloga 6: | Priprava demineralizirane vode za projekt Optimizacija parnega sistema, idejna zasnova, avtor Jaka Kugler, september 2023 |
| Priloga 7: | Energetska optimizacija proizvodnje žveplove kisline, predstavitev, Hugo Petersen, oktober 2023 |