



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Elektroenergetika

Modul: Učinkovita raba in obnovljivi viri energije

**ZMANJŠANJE OBRATOVALNIH
STROŠKOV IN OPTIMIZACIJA
PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE V
ČISTILNI NAPRAVI KRANJ 95.000PE**

Mentor: doc. dr. Drago Papler, mag. gosp. inž.

Lektorica: Metka Bartol, prof. slov.

Kandidat: Aleksander Mulec

Ljubljana, marec 2019

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Dragu Paplerju, za pomoč in nasvete.

Hvala tudi g. Marku Margetiču in g. Blažu Bajžlju iz CČN Kranj za vso podporo ter posredovanje izčrpnih podatkov. Hvala sodelavcema iz podjetja Hidroinženiring, tehnologinji ge. Jelki Kopše in programerju g. Mihi Erklavcu, za pomoč in nasvete pri izdelavi tehnološkega dela diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici ge. Metki Bartol, prof. slov., ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebej se zahvaljujem moji družini, ženi in obema sinovoma, ki so me vse študentsko obdobje podpirali in mi stali ob strani.

IZJAVA

»Študent Aleksander Mulec izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Draga Paplerja, mag. gosp. inž.«

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

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V centralni čistilni napravi (CČN) odpadnih voda Kranj sta lastnik in upravitelj izrazila željo po zmanjšanju obratovalnih stroškov, predvsem stroškov porabe električne energije. Glede na predhodne raziskave delovanja CČN Kranj in na podlagi dosegljivih arhivskih podatkov ugotavljamo, da bi bilo mogoče prihranke teoretično doseči na dveh področjih, hkrati pa z vzpostavitvijo virtualne elektrarne pridobiti dodatni vir dohodkov.

Podrobnejša analiza procesnega delovanja čistilne naprave, delovanja programskih algoritmov in organizacijske ureditve je razkrila določene pomanjkljivosti, ki jih je z natančnim spremljanjem in ustreznim odzivom posameznih tehnoloških naprav mogoče občutno zmanjšati ali povezati med seboj z namenom povečanja učinkovitosti delovanja. Ker čistilna naprava že v osnovi za delovanje uporablja zelo sodobno tehnološko, krmilno in merilno opremo, je treba vse te možnosti kar najbolje izkoristiti ter jih samo še ustrezno nadgraditi. Lastna proizvodnja električne in toplotne energije zelo poveča učinkovitost in hkrati zmanjša končne stroške obratovanja. Z ustrezno nadgradnjo teh regulacij bi še bolj pripomogli k dinamičnemu delovanju celotnega procesa čiščenja.

Namen naloge je ugotoviti, ali so predvidene nadgradnje ekonomsko upravičene in bi dejansko doprinesle k optimizaciji stroškov porabe. Predvidene nadgradnje v CČN Kranj bi morale zmanjšati porabo elektrike za 10–15 % in na letnem nivoju z naslova virtualne elektrarne pridobiti cca 18.000–20.000 EUR dodatnih sredstev.

KLJUČNE BESEDE

- optimizacija
- regulacija
- kogeneracija
- ekologija
- virtualna elektrarna
- upravičenost investicije

ABSTRACT

In the wastewater treatment plant (WWTP) Kranj, the owner and manager expressed the desire to reduce operating costs, especially the costs of electricity consumption. According to previous research on the operation of the WWTP Kranj and on the basis of available archive data, it was established that the savings could be theoretically achieved in two areas. At the same time it would be possible to obtain an additional source of income by establishing a virtual power plant.

A more detailed analysis of the processing operation of the treatment plant, of the operation of program algorithms and of the organizational arrangement revealed some of the deficiencies that can be significantly reduced or interconnected with each other in order to increase the efficiency of operation through accurate monitoring and appropriate response of individual technological devices. Since the treatment plant already operates with very modern technological, control and measuring equipment, all these options must be used to the best of their ability and they only need to be upgraded. Own production of electric and thermal energy greatly increases efficiency and at the same time reduces final operating costs. By properly upgrading these regulations, we would enable them to further contribute to the dynamic functioning of the entire cleaning process.

The purpose of the task is to determine whether the planned upgrades are economically viable and could actually contribute to the optimization operation cost. The planned upgrades to the WWTP Kranj should reduce electricity consumption by 10–15 %, and at the annual level from the virtual power plant, they will obtain about 18,000–20,000 EUR of additional funds.

KEYWORDS

- optimization
- regulation
- cogeneration
- ecology
- virtual power plant
- eligibility of the investment

KAZALO

1	Uvod	1
1.1	Oprelitev problema	1
1.2	Namen in cilj naloge	1
1.3	Omejitev naloge	2
1.4	Metodologija dela	2
2	Tehnični opis naprave in možnosti za optimizacijo delovanja	3
2.1	Grobi tehnološki opis procesnega dela naprave	3
2.2	Analiza trenutne porabe električne energije	10
2.3	Predlog optimizacije na predlaganih področjih	18
2.3.1	Opis optimizacije regulacije celotnega dušika	19
2.3.2	Opis optimizacije regulacije proizvodnje električne energije	23
2.3.3	Opis izvajanja terciarne regulacije frekvence na sistemu eles	28
3	Opis predvidene naložbe in pričakovani tehnološki učinki	30
3.1	Potrebna oprema in dela za nadgradnjo	30
3.1.1	Področje nadgradnje – skupni dušik	30
3.1.2	Področje nadgradnje – proizvodnja elektrike	31
3.1.3	Področje nadgradnje – virtualna elektrarna	33
3.2	Primerjava obstoječih in pričakovanih učinkov	37
3.2.1	Primerjava obračunane porabe električne energije	37
3.2.2	Izračun procesnih indikatorjev naprave pred in po optimizaciji	38
4	Finančni del – vrednotenje nove naložbe	41
4.1	Investicija po posameznih naložbah	41
4.1.1	Področje nadgradnje – skupni dušik	41
4.1.2	Področje nadgradnje – proizvodnja elektrike	41
4.1.3	Področje nadgradnje – virtualna elektrarna	42
4.2	Rekapitulacija skupnega stroška nadgradnje	42
4.3	Ocena pričakovanih finančnih učinkov po optimizaciji	42
4.4	Sredstva	43
4.5	Izračun individualne diskontne stopnje	43
4.6	Prihodki, odhodki in razlika	44
5	Izračun učinkov naložbe	46
5.1	Metoda sedanje vrednosti naložbe (NSV)	46
5.2	Metoda interne stopnje donosnosti (ISD)	47
5.3	Skupni denarni tok in likvidnost naložbe v obdobju 10 let	50
5.4	Realni denarni tok in prikaz dobe vračanja naložbe	51
5.5	Ocena tveganj in negotovosti	52
5.6	Kazalniki učinkovitosti in uspešnosti	55
6	Zaključek	61
7	Literatura in viri	63
	Priloge	66

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz tehnoloških sklopov oz. objektov v CČN Kranj	9
Slika 2: Blok shema energetskega sistema v CČN Kranj.....	11
Slika 3: Graf porabe in proizvodnje električne energije v CČN Kranj v letu 2018	13
Slika 4: 24-urni potek porabe električne energije v CČN Kranj	14
Slika 5: Dnevni trendi nihanja vrednosti N_{tot} v letu 2018.....	22
Slika 6: Povprečni mesečni trend nihanja vrednosti N_{tot} v letu 2018	23
Slika 7: 24-urni potek porabe električne energije v CČN Kranj	24
Slika 8: 15-minutna povprečna poraba električne energije v CČN Kranj.....	25
Slika 9: 15-minutna najnižja in najvišja poraba električne energije v CČN Kranj	26
Slika 10: Obstoječi plinohram 1000 m ³ v CČN Kranj.....	32
Slika 11: Obstoječi 100 kW bioplinski kogeneraciji v CČN Kranj.....	33
Slika 12: Obstoječi 1020 kW rezervni dizelski generator v CČN Kranj.....	34
Slika 13: Obstoječa transformatorska postaja TP-2, 2 x 1000 kVA v CČN Kranj	35
Slika 14: Blok shema obstoječe transformatorske postaje v CČN Kranj	36
Slika 15: Specifična poraba energije italijanskih čistilnih naprav odpadnih vod.....	38
Slika 16: Primerjalni graf specifičnih porab električne energije v CČN Kranj	40
Slika 17: Graf poteka skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe.....	51
Slika 18: Graf poteka realnega denarnega toka in doba povrnitve naložbe	52
Slika 19: Graf poteka skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe s tveganji ...	54
Slika 20: Graf poteka realnega denarnega toka in doba povrnitve s tveganji.....	55

KAZALO TABEL

Tabela 1: Tabela porabe električne energije v CČN Kranj v letu 2018.....	12
Tabela 2: Razčlenjeni obračun porabe elektrike za mesec oktober 2018	15
Tabela 3: Mejne izpustne vrednosti iz Uredbe	19
Tabela 4: Rezultati javne dražbe za terciarno regulacijo frekvence	30
Tabela 5: Prikaz dejanske porabe obračunane elektrike v letu 2018 v CČN Kranj..	37
Tabela 6: Prikaz zelenega minimalnega učinka optimizacije v CČN Kranj.....	37
Tabela 7: Specifična poraba energije v CČN brez lastne elektrike.....	39
Tabela 8: Specifična poraba energije v CČN z upoštevanjem lastne elektrike.....	39
Tabela 9: Specifična poraba energije v CČN s predvideno optimizacijo	39
Tabela 10: Ocena nadgradnje – skupni dušik.....	41
Tabela 11: Ocena nadgradnje – proizvodnja elektrike	41
Tabela 12: Ocena nadgradnje – virtualna elektrarna	42
Tabela 13: Ocena skupnega stroška nadgradnje CČN Kranj.....	42
Tabela 14: Ocena predvidenih učinkov po optimizaciji v CČN Kranj.....	42
Tabela 15: Tabela izračuna ponderirane vrednosti finančnih virov	44
Tabela 16: Tabela povprečnih letnih stroškov vzdrževanja opreme.....	45
Tabela 17: Tabela pričakovanih prihodkov in odhodkov	45
Tabela 18: Tabela NSV naložbe ob izračunani diskontni stopnji 5,42 %.....	47
Tabela 19: Tabela diskontne stopnje 40 %, pri kateri je NSV negativen	48
Tabela 20: Tabela diskontne stopnje 38 %, pri kateri je NSV pozitiven.....	49
Tabela 21: Kontrolna tabela za NSV = 0 pri diskontni stopnji 39,07 %.....	49
Tabela 22: Tabela skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe	50
Tabela 23: Tabela realnega denarnega toka in dobe vračanja naložbe	51
Tabela 24: Kontrolna tabela za NSV pri disk. st. 5,42 % in ob upoštevanju tveganj	53
Tabela 25: Tabela skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe s tveganji	53

Tabela 26: Tabela realnega denarnega toka in dobe vračanja s tveganji	54
Tabela 27: Tabela 18% diskontne stopnje pri kateri je NSV negativen	59
Tabela 28: Tabela 17% diskontne stopnje, pri kateri je NSV pozitiven.....	59
Tabela 29: Kontrolna tabela za NSV = 0 pri diskontni stopnji 17,437 %.....	60
Tabela 30: Tabela ekonomskih kazalcev	60

POJMOVNIK¹

Nitrifikacija: je proces, v katerem se bakterije hitro razmnožujejo v ugodnih, s kisikom bogatih pogojih v vodi. Hranijo se z organskimi delci in opravljajo oksidacijo. V teh pogojih se iz odpadne vode odstranjuje razgradljive organske spojine, istočasno pa potekajo tudi pretvorba organskega dušika najprej v amonijevo obliko (NH₄⁺), nato oksidacija amonijevega iona v nitrit (NO₂⁻) in nato v nitrat (NO₃⁻).

Denitrifikacija: je proces, ki poteka pri nizki koncentraciji kisika v vodi in ob prisotnosti organske snovi. Pri tem iz nitratnega dušika nastaja atmosferski dušik. Ker redukcija nitratnega dušika v N₂ odstranjuje dušik iz odpadne vode, se proces imenuje denitrifikacija.

Obarjanje fosforja: je odstranjevanje fosforja z dodajanjem kovinskih soli, npr. železa (Fe) ali aluminija (Al), redko tudi apna.

Anaerobna stabilizacija: pomeni gnitje brez prisotnosti zraka (blato je obdelano z anaerobnim gnitjem).

Mezofilno gnilišče: je zalogovnik blata, kjer poteka proces anaerobne stabilizacije blata pri temperaturi 35–37 °C.

Terciarno čiščenje: je trenutno najvišja stopnja čiščenja bioloških odpadnih voda v klasičnih čistilnih napravah. Namen terciarnega čiščenja je zagotoviti končno fazo obdelave in dvigniti kakovost odplak, preden se odvajajo nazaj v sprejemno okolje. Končni proces pred izpustom v okolje je še vedno dezinfekcija.

Algoritem: je navodilo, s katerim se rešuje nek problem. Po navadi je zapisan kot seznam korakov, ki pripeljejo do rešitve problema. Če algoritem izvaja računalnik, potem se govori o računalniškem programu.

Virtualna elektrarna: Elektro Ljubljana je leta 2012 vzpostavil elektroenergetski sistem z imenom Virtualna elektrarna. Gre za segment v sklopu pametnih omrežij, kjer so vključeni razni razpršeni proizvodni viri pri končnih uporabnikih, ki omogočajo kratkotrajno nadomestilo pomanjkanja električne energije v elektroenergetskem sistemu.

¹ Viri: <http://www.comteh.si/biološko-ciscenje.html>; https://kemija.net/e-gradiva/odvajanje_in_ciscenje_odpadnih_voda/5_0_Obdelava_blata_ki_nastaja_na_bioloških_cistilnih_naprava_h/anaerobna_presnova.html; <https://sl.wikipedia.org/wiki/Algoritem>; <http://www.nas-stik.si/1/Novice/novice/tabid/87/ID/2449/Dobre-izkusnje-virtualne-elektrarne-skupine-Elektra-Ljubljana.aspx>; <https://www.zvezarfr.si/pripomocki/slovar?pojmem=ponderirana%20aritmeti%C4%8Dna%20sredina>

Ponderirana aritmetična sredina: razmerje med ocenjeno vsoto vrednosti in vsoto uteži; vsoto vrednosti se oceni tako, da se vsako vrednost pomnoži z utežjo, ki zagotavlja njeno pomembnost, izračunane zmnožke pa se sešteje.

KRATICE IN AKRONIMI

CČN:	centralna čistilna naprava
ELES:	sistemski operater prenosnega omrežja na območju Republike Slovenije
PE:	populacijski ekvivalent – vrednost pretvorbe za primerjavo gospodarskih ali industrijskih odpadnih voda z gospodinjskimi, npr. 200 L/PE/dan
rRPF:	ročna rezerva za povrnitev frekvence
IDZ:	idejna zasnova (po starem zakonu o graditvi objektov – ZGO-1)
FeCl ₃ :	zapis molekule za železov III klorid
O ₂ :	zapis molekule za kisik
NH ₄ -N:	zapis molekule za amonijev dušik
NO ₃ -N:	zapis molekule za nitratni dušik
UV:	ultravijolična svetloba, tehnologija razkuževanja iztočne vode
pH:	koncentracija vodikovih ionov (v naravnih in odpadnih vodah)
KPK:	kemijska potreba po kisiku [mg/L]
BPK:	biokemijska potreba po kisiku [mg/L]
Ntot:	skupni dušik, vsota vseh vrst dušikovih spojin [mg/L]
TPNN:	nizkonapetostna plošča v transformatorski postaji
TP:	transformatorska postaja
NN:	nizka napetost (400 V)
SN:	srednja napetost (20.000 V)
SPT:	soproizvodnja toplote in elektrike
SCADA:	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> , kar pomeni sistem, ki je namenjen nadzoru in krmiljenju različnih tehnoloških procesov z računalnikom
OVE:	obnovljivi viri energije
EVS:	enostavna doba vračanja sredstev
DVS:	diskontirana doba vračanja sredstev
NSV:	neto sedanja vrednost
ISD:	interna stopnja donosnosti

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V novejši centralni čistilni napravi (CČN) odpadnih voda Kranj sta tako investitor, Mestna občina Kranj, kot tudi upravitelj, Komunala Kranj, izpostavila potrebo po zmanjšanju obratovalnih stroškov na področju porabe električne energije in porabe kemičnih reagentov. Glede na predhodne raziskave delovanja CČN Kranj in na podlagi dosegljivih arhivskih podatkov ugotavljamo, da bi bilo mogoče prihranke teoretično doseči na dveh področjih, hkrati pa se kot dodatni vir dohodkov odpira tudi možnost izkoriščanja prostih resursov na stacionarnem dizelskem agregatu. Prvo področje je vezano na optimizacijo delovanja tehnološkega procesa čiščenja skupnega dušika na iztoku iz naprave, drugo področje pa je vezano na tehnološko možnost povečanja izkoristka izplena bioplina v kombinaciji z natančnim merjenjem elektroenergetskih razmer na napravi. Z naprednejšo, bolj dinamično regulacijo bi z lastno proizvodnjo električne energije z obstoječimi kogeneracijskimi napravami lahko učinkoviteje sledili potrebam tehnološkega procesa po električni energiji. Tretje področje je vezano na obstoječi dizelski agregat, ki je trenutno namenjen zgolj kratkotrajnemu napajanju celotne naprave v posebnih okoliščinah. Z ustrezno pogodbo bi se agregat lahko vključilo v sistem t. i. virtualne elektrarne, ki bi z ustreznim vključevanjem v elektroenergetski sistem pomagala pri terciarni regulaciji obratovalne frekvence na tem istem elektroenergetskem sistemu (ELES).

1.2 NAMEN IN CILJ NALOGE

Namen naloge je proučiti realne možnosti za implementacijo sprememb na obstoječi čistilni napravi, ki bi omogočale zmanjšanje obratovalnih stroškov na več področjih. Teoretično bi bilo mogoče zmanjšati porabo električne energije ter kemičnih reagentov, prilagoditi proizvodnjo električne energije trenutni največji porabi in z ustrezno pogodbo prodajati storitev terciarne regulacije (virtualna elektrarna) frekvence za ELES.

Torej je primarni cilj diplomske naloge na podlagi raziskovalnega dela ugotoviti načine za zmanjšanje porabe električne energije, hkrati pa tudi učinke implementacije določenih posameznih sprememb v procesu ter jih primerjalno ovrednotiti s sedanjimi obratovalnimi stroški. Predpostavlja se, da bodo predlagane spremembe znatno pripomogle k učinkovitosti obratovanja procesa in posledično k zmanjšanju obratovalnih stroškov. Pridobljene teoretične osnove bodo investitorju v pomoč pri odločitvi, ali bo te rešitve tudi dejansko uresničil.

1.3 OMEJITEV NALOGE

Ker je raziskovalna naloga omejena na raziskavo potencialnih možnosti in pripravo teoretičnih osnov za poznejšo implementacijo v realno okolje, je ena od omejitev te naloge povratna informacija končnih učinkov po končani implementaciji v redno delujočem procesu čiščenja CČN Kranj. Učinkovitost implementacije bo vidna šele po določenem testnem obdobju, ki bi v danem primeru trajala vsaj leto dni. Za realnost podatkov je treba implementirano rešitev preizkusiti v vseh letnih časih in ob vseh pogojih dela, tako vremenskih kot tudi ob spreminjajočem se vplivu industrije ter človeškega faktorja. Določeno omejitev predstavljajo tudi obstoječa programska oprema in procesni merilni instrumenti. Pri implementaciji ustrezne nadgradnje programske opreme je omejitev predvsem v razpoložljivosti trenutnih zmogljivosti in rezerv, ki jih omogoča obstoječa programska oprema. Tudi določeni obstoječi merilni instrumenti za nadgradnjo ne bodo ustrezni in jih bo treba zamenjati. V nalogi bodo na podlagi pridobljenih podatkov predlagani določeni tehnični posegi v tehnološko opremo, vendar pa zaradi časovnega okvirja te naloge ne bomo obdelovali tehničnih detajlov teh rešitev.

Druge omejitve predstavljajo tehnološke zahteve in mejne vrednosti v CČN Kranj ter zakonodaja. Na področju čiščenja voda se je treba držati zakonsko predpisanih najvišjih dovoljenih vrednosti izpustov v naravo. Te mejne vrednosti so navedene v Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode – Priloga 1.²

1.4 METODOLOGIJA DELA

Za učinkovito delo in uspešno pot do zelenega cilja naloge bodo v nalogi uporabljene naslednje metode:

- analitična metoda – metoda razčlenjevanja celote na posamezne dele, analiziranje obstoječih procesnih in stroškovnih podatkov iz arhiva, analiziranje trenutnega stanja in delovanja naprave, analiziranje obstoječih podatkov ter priprava osnov za pripravo in implementacijo sprememb na omenjenih področjih;
- sintetična metoda – metoda združevanja posameznih delov v celoto. Na podlagi te metode se bo opazovalo delovanje posameznih elementov procesa in jih na podlagi novih raziskav ter rešitev na novo povežalo v celoto. Predmetna tehnologija dosega bistveno višje učinke šele ob ustrezni simbiozi posameznih podprocesov, ki potekajo vzporedno ali zaporedno;
- primerjalna metoda in metoda združevanja – na podlagi primerjalne metode se bodo pripravile določene rešitve v sami procesni zasnovi. S pomočjo primerjanja med obstoječimi procesnimi rešitvami na drugih napravah (rešitev raznih drugih

² Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15 in 76/17) – Priloga 1, vir: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951>

avtorjev) bo mogoče pripraviti podlago za zelo fine nastavitve in dinamiko prilagajanja procesnega programa trenutnim razmeram. Tako bo mogoče znotraj samega procesa po metodi združevanja dinamično povezovati posamezne samostojne procese v celovit proces učinkovitega čiščenja;

- metoda ekonomske analize – je pomembna s finančnega vidika. S pomočjo te metode se analizira, koliko bo treba investirati, kakšni bodo predvideni prihodki in prihranki po izvedeni investiciji ter kakšna bo povračilna doba investicije. Na podlagi dobljenih ekonomskih kazalcev se bo izkazala upravičenost investicije.

2 TEHNIČNI OPIS NAPRAVE IN MOŽNOSTI ZA OPTIMIZACIJO DELOVANJA

2.1 GROBI TEHNOLOŠKI OPIS PROCESNEGA DELA NAPRAVE

Osnovni podatki o Centralni čistilni napravi Kranj (CČN Kranj)

Nova CČN Kranj se nahaja na Savski loki 31 v Kranju. Projektirana in zgrajena je bila za zmogljivost 95.000 PE (populacijskih enot). Izbrani proces obdelave odpadne vode je enostopenjska biološka čistilna naprava s sistemom prezračevanja nitrifikacije-denitrifikacije s kemičnim obarjanjem fosforja, primarnim in sekundarnim usedanjem, anaerobno stabilizacijo blata v mezofilnem gnilišču (35–40 °C) in uporabo bioplina za sproizvodnjo elektrike ter toplote (Načrt gospodarjenja z blatom, Blaž Bajželj, oktober 2016). Glede na trenutno stanje priklopljenih kapacitet je CČN Kranj izračunsko obremenjena 90.000–93.000 PE.

Tehnološka sestava (sklopi) procesnega dela naprave³

(Vir: IDZ, Nadgradnja CČN Kranj, št. pr. 110322/2, leto 2012, in Načrt gospodarjenja z blatom, leto 2016.)

Tehnološki sklopi:

1 Deževni bazen s črpališčem razbremenjevanja

Za zaščito pred prevelikimi dotoki na čistilno napravo in posledično prelevi neobdelane odpadne vode v Savo je pred vhodnim črpališčem zgrajen podzemni deževni bazen s prečrpališčem za razbremenjevanje deževnih vod. Deževni bazen je volumna 3910 m³.

³ Opisi posameznih tehnoloških sklopov (1–33) so deloma povzeti po projektni dokumentaciji IDZ, Nadgradnja CČN Kranj, Konzorcija Veolia Voda, aqua consult, IEI, št. pr. 110322/2, 2012 in Načrt gospodarjenja z blatom, Blaž Bajželj, oktober 2016, ki je bil objavljen na internetni strani: https://www.komunala-kranj.si/sites/default/files/public/4_Na%C4%8Drt%20gospodarjenja%20z%20blatom_2017_2020.pdf).

2 Lovilec kamenja

Med deževnim bazenom in vhodnim črpališčem je za namene odstranjevanja večjih naplavin nameščen lovilnik kamenja.

3 Vhodno črpališče

Vhodno črpališče je namenjeno črpanju odpadnih dotočnih vod v proces čiščenja. Sestavljeno je iz treh polžnih črpalk premera 2 m. Vsaka od črpalk lahko črpa največji pretok odpadne vode 760 l/s. Dve polžni črpalke sta delovni, ena pa služi kot rezerva.

4 Grablje

Dotočna odpadna voda iz vhodnega črpališča prehaja neposredno na mehanske grablje, ki so povezane z vhodnim črpališčem z 1,2 m širokim betonskim kanalom. Pretok je varnostno hidravlično razdeljen na dva kanala mehanskih grabelj. Odpadki iz samodejnih mehanskih grabelj se z vijačnim transporterjem transportirajo na pralni in kompaktni sistem za obdelavo odpadkov.

5 Prezračevalni peskolov in lovilec maščob

Grobo mehansko očiščena odpadna voda nadaljuje pot v dvojni bazen peskolova in lovilnika maščob s križnim pretokom. Pretok je z razdelilno komoro, ki je strukturno priključena na peskolov in lovilnik maščob, hidravlično razdeljen na dve liniji.

6 Primarni usedalnik

Iz bazena peskolova in lovilnika maščob odpadna voda priteka v bazen primarnega usedanja. S primarnim usedanjem se odstrani 50–70 % suspendiranih delcev in 25–40 % BPK. Primarni usedalnik je sestavljen iz dveh enakih bazenov, tako da vsak prevzame polovico dotoka.

7 Obarjanje fosforja

Odpadna voda vsebuje določen delež fosforja, ki se ga v večini v procesu čiščenja lahko odstranjuje biološko, preostanek pa dodatno z obarjanjem, za kar se dodaja FeCl_3 (železov triklorid) pred primarnim usedanjem v kanalu in v odvisnosti od kontrolnih meritev še pred sekundarnim usedanjem (v razdelilniku pred sekundarnim usedanjem). V projektu je predvideno, da je za doseganje zakonske mejne vrednosti fosforja na iztoku (2 mg/L) treba dnevno dodati 200 litrov 40% raztopine železovega triklorida.

8 Prezračevalni bazen

Voda iz primarnih usedalnikov nato priteka v biološki del procesa čiščenja. Biološki del procesa je sestavljen iz treh kaskadnih linij, vsaka s po tremi bazeni velikosti 1562 m³, to je skupno devet bazenov. Bazeni opravljajo denitrifikacijo in nitrifikacijo. Njihovo funkcijo se krmili na podlagi podatka o koncentraciji amonija v obdelovani odpadni vodi. Vsaka linija ima ločen sistem oskrbe z zrakom iz kompresorske postaje, kjer

frekvenčno krmiljena puhala zagotavljajo ustrezne količine zraka. Za ustrezno delovanje bioloških bazenov je pomembno:

- krmiljenje ventilov na prezračevalnih linijah, ki je pogojeno z merjenjem koncentracije O_2 v vsakem nitrifikacijskem bazenu in želeno vrednostjo kisika $\sim 1,5$ mg/L;
- merjenje koncentracije NH_4-N v iztočnem kanalu iz biološke stopnje;
- krmiljenje notranjih obtočnih propelerskih črpalk, ki so krmiljenje glede na koncentracije NO_3-N na prelivnem mestu iz vsakega denitrifikacijskega bazena.

V primerjavi s konvencionalnim sistemom z aktivnim blatom ima ta tehnologija višjo koncentracijo suhe snovi v reaktorjih, kar posledično predstavlja manjše volumne bazenov. Prednosti manjših volumnov so manjše emisije snovi v zrak, nižja investicija in nižji obratovalni stroški.

9 Distributor in črpališče blata

Tako dovod vode kot tudi dovod blata potekata po štirih podzemnih cevovodih. Voda doteka v posamezne sekundarne usedalnike gravitacijsko prek distributorja, ki poskrbi za enakomerno porazdelitev v vse štiri linije. Sekundarno blato, ki se useda na dnu vsake linije, se potiska v lijake na koncu usedalnika, nato se gravitacijsko odvaja v štiri prelivne komore. V črpališču blata (dva ločena črpalna bazena) je vgrajenih šest potopnih centrifugalnih črpalk, ki črpajo sekundarno blato po šestih tlačnih cevovodih v jašek iztoka sekundarnega blata

10 Sekundarni usedalnik

Izveden je štirilinijski (štirje ločeni vzporedni pravokotni bazeni) usedalnik s vodoravnim pretokom. Sistem sekundarnega usedanja je hidravlično sposoben prevzeti celotni pretok (760 L/s) tudi v primeru, ko ena linija ne obratuje. Sekundarno blato se useda na dnu vsake linije sekundarnega usedanja in se potiska v poglobljeni del sekundarnega usedalnika s strgali za blato (eno za vsako linijo). Plavajoče blato oz. snovi, ki plavajo na površini linij sekundarnega usedalnika, se usmerijo v korito za odvajanje plavajočega blata na koncu sekundarnega usedanja s sistemom za odstranjevanje plavajočega blata oz. plavajočih snovi (ločeno za vsako linijo).

11 Globinska filtracija

Prečiščena odpadna voda iz sekundarnega usedalnika teče skozi filter v filtrne segmente. Iz cevi, ki je v sredini filtrirnega segmenta, teče voda brez suspendiranih delcev v iztočni kanal. Delci se zadržijo na površini filtra. V filtracijskih kanalih se z nivojskimi senzorji sproži samodejni sistem za povratno spiranje, ki zazna povečanje hidravličnega upora na površini filtra. Filtri za kakršno koli čiščenje ne potrebujejo kemikalij.

12 UV-dezinfekcija

Iztočni kanali iz vsake filtrske enote vodijo v skupno kineto, ki je predvidena za poznejšo vgradnjo sistema UV-dezinfekcije, če se bo v prihodnosti izkazalo, da je to potrebno.

13 Merilnik pretoka na iztoku

Preden očiščena odpadna voda izteka v reko Savo, se iztočni pretok meri s pomočjo elektromagnetnega merilnika pretoka.

14 Iztočni objekt iz CČN

Iztočni objekt je namenjen izpustu očiščene vode v reko Savo.

15 Sprejem gošč iz greznic

Objekt za sprejem gošče iz greznic je izveden z dvema sprejemnima mestoma, enim za sprejem greznične gošče ter drugim za sprejem maščob, ter z identifikacijskim sistemom. Med dotokom se merita pretok in kakovost (prevodnost/pH /temperatura) dotočne vsebine.

Ustrezne grablje odstranijo tuji material in grobe delce. Precejena gošča gravitacijsko izteka po iztočnem cevovodu v dva zbirna bazena za sprejem gošč iz greznic velikosti po 300 m³, precejeni del pa se s spiralnim transporterjem odvaja v pralnik odpadkov iz grabelj.

16 Zalogovnik blata

Za primarno blato, pred strojnim zgoščevanjem, je na razpolago zalogovnik prostornine 500 m³ z mešalnim sistemom in sistemom za črpanje blatnenice, da je omogočeno neprekinjeno obratovanje strojnega predzgoščanja.

17 Strojno predzgoščanje blata

V pritličju strojnice so trije rotacijski vijačni zgoščevalniki, ki so namenjeni zgoščanju primarnega blata in odvečnega aktivnega biološkega blata. V dozirno cev blata se dozira polielektrolit, da se poveča zmogljivost zgoščevalnikov. Vgrajeni sta ločeni dozirni enoti za polimer za primarno blato in odvečno aktivno biološko blato, seveda ob upoštevanju različnih lastnosti vrst blata.

18 Zalogovnik predzgoščenega blata

Rotacijski vijačni zgoščevalniki so vgrajeni nad zalogovnikom predzgoščenega blata v kleti strojnice. To omogoča neposreden iztok zgoščenega blata iz zgoščevalnika v zalogovnik in tako ni potrebe po prečrpavanju. Oba tipa zgoščenega blata, primarno in odvečno aktivno biološko blato, odtekata v isti zalogovnik velikosti 500 m³, kjer se blato zmeša pred gnitjem.

19 Strojnica

Za strojno zgoščanje blata so na podestu strojnice nameščene tri centrifuge s pretokom cca 26 m³/h. Izmet dehidriranega blata je neposredno na transporter, ki premika blato v kontejnerje v pritličju strojnice. Dve centrifugi obratujeta vzporedno pod njuno mejo zmogljivosti, tretja je rezerva.

V strojnici sta na voljo dve kogeneracijski enoti za izrabo bioplina, proizvodnjo elektrike (2 x 100 kW) in toplote. Toplota iz izpušnega zraka in hladilnega sistema strojnice se obnovi z zračnimi/vodnimi toplotnimi izmenjevalci in se uporabi kot dobava toplote za ciklus toplotne izmenjave doziranja blata v gnilišče.

20 Gnilišče

Z namenom stabilizacije blata, zmanjšanja količine blata in proizvodnje bioplina se blato anaerobno obdeluje v mezofilnem gnilišču (35–40 °C). Postavljeno je eno gnilišče z razpoložljivo prostornino pribl. 4400 m³ z zadrževalnim časom blata 29 dni. Predzgoščeno blato se zmeša s toplim predelanim blatom iz gnilišča, da se čim prej poviša temperatura svežega dodanega blata, ki vstopa v ciklus toplotne izmenjave. Proizvedeni plin se zbira v zgornjem delu gnilišča in odvaja v sistem odjema ter čiščenja bioplina.

21 Zalogovnik pregnitega blata

Potrebna zmogljivost za zalogovnik pregnitega blata je približno 400 m³, kar omogoča neprekinjeno črpanje blata iz gnilišča. Obratovanje naprav za dehidracijo blata poteka samo v rednem delovnem času, ker je shramba blata zagotovljena z zalogovnikoma.

22 Plinohran

Bioplin, proizveden v gnilišču, se začasno skladišči v posebnem balonu podobnem zalogovniku – plinohramu s prostornino 1000 m³. Bioplin se nato uporabi na kogeneracijski napravi za proizvodnjo toplote in elektrike. Preden se bioplin zbira v plinohramu, se ga še prej ustrezno prečisti ter osuši v napravi za razžvepljevanje, filtriranje in sušenje. Mešanje komprimiranega zraka z bioplinskim tokom je nadzorovano s kontrolnimi ventili z namenom preprečitve nastanka mešanice eksplozivnega plina.

23 Plinska bakla

Plinska bakla omogoča varnostno funkcijo izgorevanja bioplina v primeru prevelike količine bioplina v plinohramu. Ta lahko nastane zaradi napake na kogeneracijskih enotah, drugih napak na liniji ali prevelike proizvodnje bioplina glede na predvideno proizvodnjo po tehnološkem postopku.

24 Biofilter linije vode

Biofilter je objekt, ki je namenjen biološkemu čiščenju onesnaženega zraka, ki nastaja v objektih za mehansko čiščenje odpadne vode in v objektih za obdelavo odvečnega

blata. Onesnažen zrak se filtrira skozi navlažen sloj sekancev lubja in korenin vodnih dreves.

25 Filter deževnega bazena

Podobno kot biofilter linije vode je tudi tu filter namenjen čiščenju onesnaženega zraka v deževnem bazenu. Razlika je le v zgradbi filtra – ta je iz katalitičnega oglja.

26 Bazen tehnološke vode

Bazen tehnološke vode je namenjen skladiščenju tehnološke vode, ki se v procesu uporablja povsod tam, kjer ni potrebna pitna kakovost vode.

27 Črpališče tehnološke vode

Črpališče je namenjeno zajetju tehnološke vode in črpanju v bazen tehnološke vode.

28 Iztočni objekt razbremenjevanja

Iztočni objekt razbremenjevanja je namenjen izlivu vode iz deževnega bazena oz. izlivu razbremenjene vode neposredno v Savo.

29 Strojnica gnilišč

Strojnica gnilišč je namenjena za črpanje in prečrpavanje blata ter delno pripravo plina iz gnilišča. Tu se plin najprej prečisti skozi oglene filtre, nato gre skozi plinska puhala v napravo za razžvepljevanje ter sušenje.

30 Elektroagregat

Elektroagregat je predviden za rezervno napajanje čistilne naprave v primeru izpada mrežnega napajanja. Ima moč cca 1020 kVA in deluje popolnoma samodejno.

31 Upravna stavba

Omenjeni objekt je namenjen upravnemu in vzdrževalnemu osebju čistilne naprave. V sklopu stavbe je tudi glavna nadzorna soba za nadzor delovanja naprave.

32 Garaža

Omenjeni objekt bo namenjen garažiranju, popravilu in pranju tovornih vozil.

33 Transformatorska postaja

Nova transformatorska postaja je namenjena napajanju celotne čistilne naprave v Kranju. Vgrajena ima dva energetska transformatorja z močjo po 1000 kVA. Delujeta vzporedno.



Slika 1: Prikaz tehnoloških sklopov oz. objektov v CČN Kranj
(Vir: Načrt gospodarjenja z blatom, Blaž Bajželj, oktober 2016)⁴

⁴ Fotografija je kopirana iz besedila, objavljenega na internetni strani: https://www.komunala-kranj.si/sites/default/files/public/4_Na%C4%8Drt%20gospodarjenja%20z%20blatom_2017_2020.pdf.

2.2 ANALIZA TRENUTNE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Večinski del stroškov na komunalnih čistilnih napravah predstavlja električna energija. Hkrati je to energija, s katero je mogoče z ustreznimi pristopi in moderno tehnično opremo najučinkoviteje upravljati. Glavni električni porabniki so predvsem velike električne črpalke in mešala, puhala za proizvodnjo procesnega zraka, centrifugalne naprave za zgoščanje blata in ogrevanje objektov ter večje število manjših elektromotornih pogonov, ki krmilijo raznovrstno strojno tehnološko opremo. Vso to opremo glede na funkcijo zagotavljanja potreb na čistilni napravi v grobem lahko razdelimo v tri skupine:

- oprema za splošno podporo delovanja celotne naprave, kot so ogrevanje, hlajenje, razsvetljava, tehnična varnost itn.
- strojno-tehnološka oprema, ki je namenjena glavnemu izvajanju tehnološkega procesa čiščenja in je tudi največji porabnik električne energije. Delovanje posameznih tehnoloških porabnikov je določeno s tehnološkim postopkom in v celoti podrejeno zagotavljanju najvišje stopnje čiščenja odpadne vode. Vsakršna sprememba na opremi se lahko implementira zgolj znotraj določenih dopustnih tehnološko pogojenih okvirov.
- lastna soproizvodnja električne in toplotne energije, s pomočjo katere lahko zmanjšamo obratovalne stroške. V sklopu tehnološkega postopka je mogoče pridobivanje bioplina kot surovine za delno proizvodnjo lastne energije.

Blok shema energetskega sistema v CČN Kranj

Legenda elementov na shemi:



mrežni vir električne energije



- distribucija nizkonapetostne (NN) električne energije



- tehnološki in netehnološki porabniki



- proizvodnja lastne električne in toplotne energije



- distribucija toplotne energije



- smer mrežne električne energije

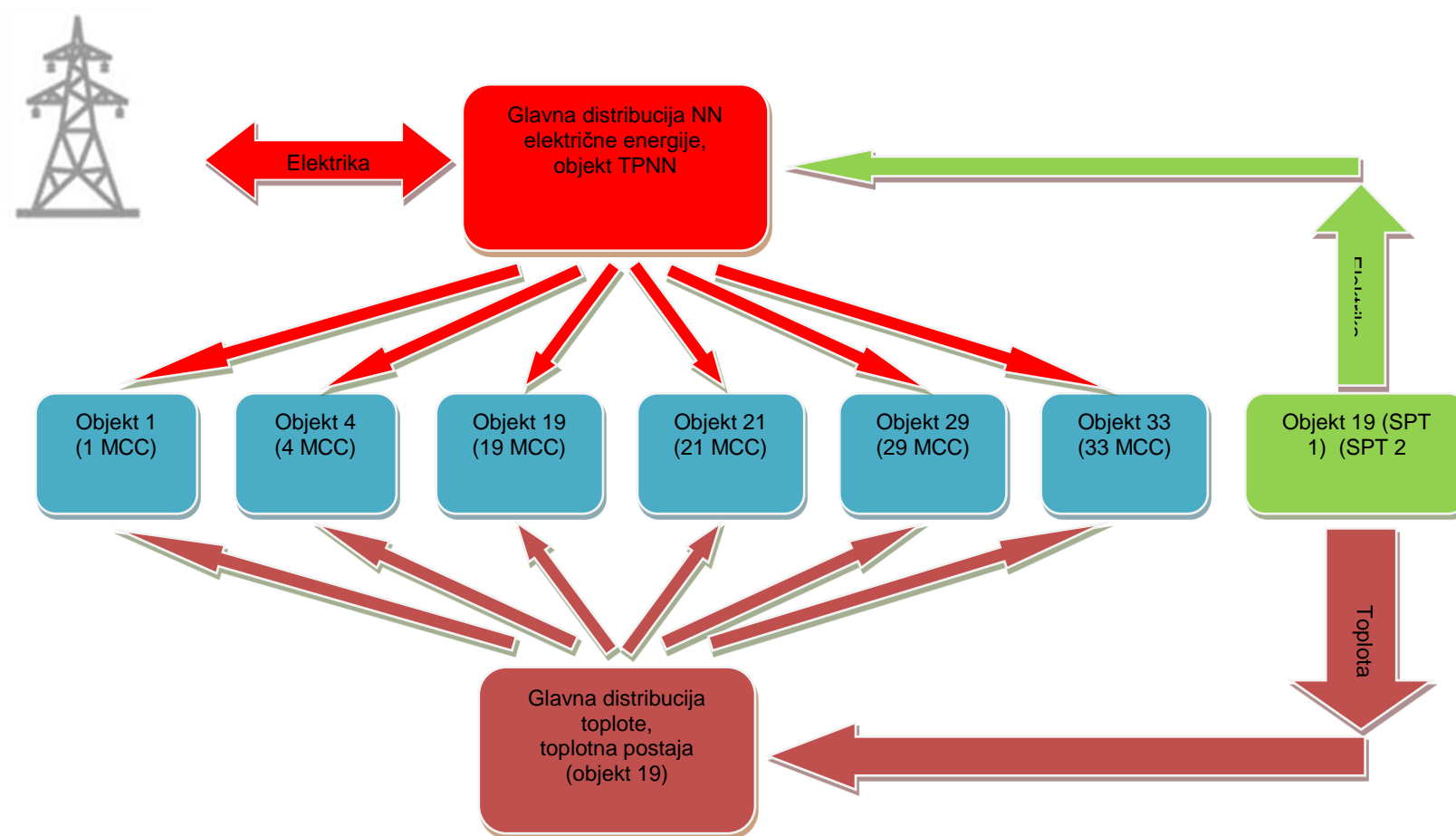


- smer električne energije lastne proizvodnje



- smer toplotne energije

Blok shema energetskega sistema v CČN Kranj



Slika 2: Blok shema energetskega sistema v CČN Kranj
(Vir: Lastni)

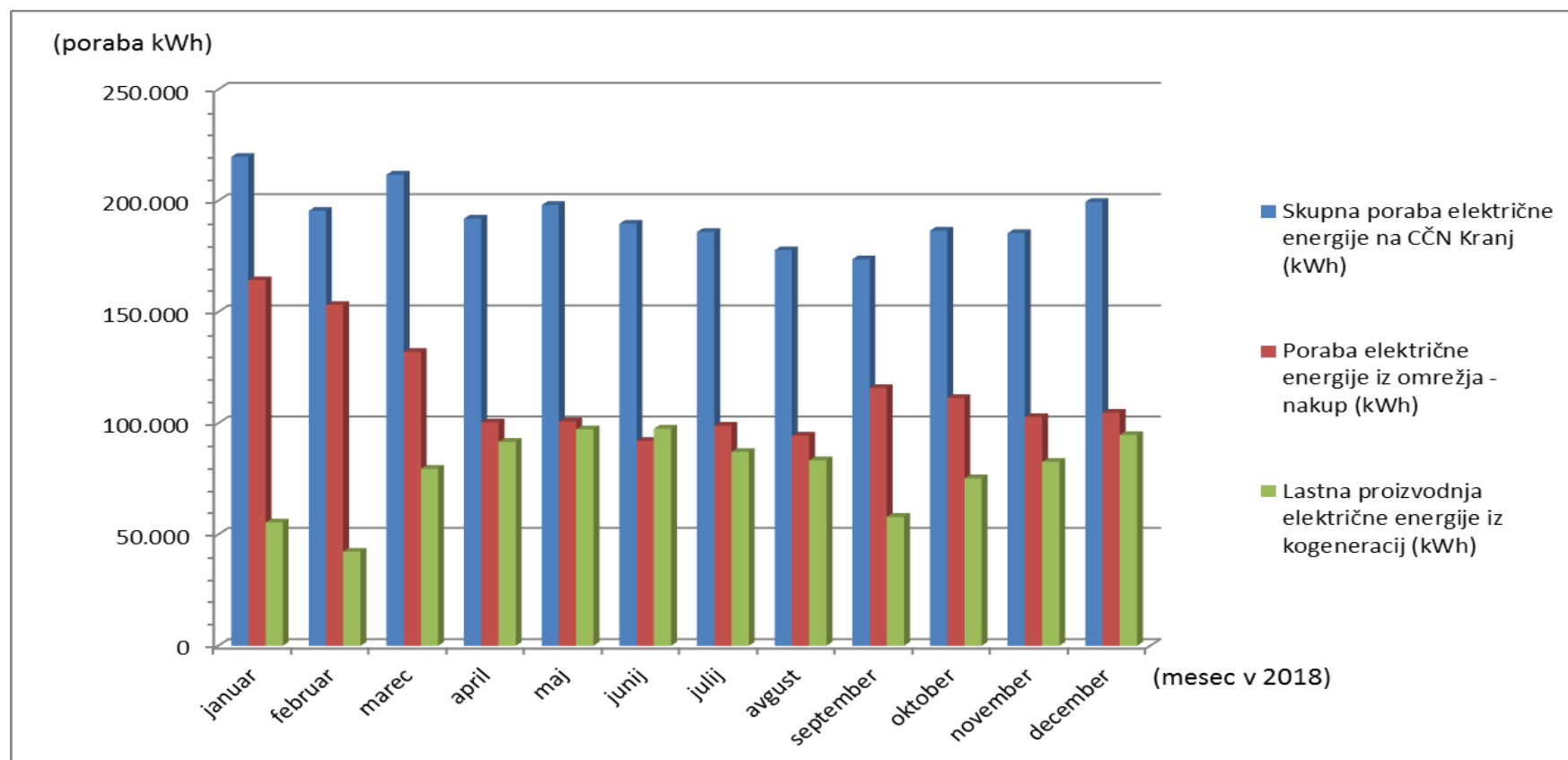
Za analizo obstoječega stanja porabe električne energije je bilo treba najprej pridobiti natančne podatke meritev v določenem širšem časovnem obdobju in nato še meritve trenutne porabe v naključno izbranih dneh. Treba je omeniti, da meritev porabe električne energije poteka na srednjenapetostni (SN) strani v transformatorski postaji (TP) in da je v ta meritev že zmanjšana za količino lastne proizvodnje električne energije. To analizo sem izdelal v dveh korakih, in sicer v obdobju enega leta (leto 2018) ter v obdobju štirih zaporednih mesecev, torej od 1. 8. 2018 do 31. 11. 2018. V obdobju enega leta so podatki analizirani za posamezni mesec, podrobneje pa so podatki obdelani v izbranem terminu štirih mesecev, ko sem natančno analiziral podatke o skupni minutni porabi električne energije za vsak peti zaporedni dan. Tako je bilo analiziranih po sedem dni v mesecu. Vsak peti dan sem izbral zato, da se v analizi upošteva tako delovne kot nedelovne dni (sobota oz. nedelja ali praznične dni). Analiza na minutni bazi je pomenila povprečenje vrednosti električne porabe na 60 minut. Tako sem dobil podatke o moči v kW za vsako uro izbranega dneva. Iz te analize sem želel ugotoviti dejanski trend dnevne porabe električne energije na uro natančno. Zanimalo me je predvsem, ali iz vseh pridobljenih podatkov lahko izluščim določen širši vzorec poteka povprečne dnevne porabe električne energije, ki bi pozneje lahko služil kot groba informacija programerju za izdelavo ustrezne programske regulacije.

V letu 2018 je znašala skupna poraba električne energije 2.315.621 kWh. Od tega je lastna proizvodnja električne energije iz bioplinskih kogeneracij dosegla dobrih 40 % potreb, preostalo se je zagotovilo iz elektroenergetske mreže. Skupni strošek za kupljeno električno energijo je v letu 2018 znašal 98.750,54 EUR brez DDV. Na grafu (slika 3) so prikazani: razmerje skupne porabe električne energije, dosežene proizvodnje lastne električne energije in potrebe po nakupu mrežne električne energije v letu 2018. Podrobneje so vrednosti prikazane po mesecih (tabela 1).

Mesec v letu 2018	Skupna poraba električne energije na CČN Kranj (kWh)	Poraba električne energije iz omrežja - nakup (kWh)	Lastna proizvodnja električne energije iz kogeneracij (kWh)	Najvišje registrirana obračunska moč - konica (kW)
januar	219.688	164.230	55458	558
februar	195.466	153.136	42330	514
marec	211.692	132.127	79565	469
april	192.041	100.395	91646	337
maj	198.077	100.805	97272	373
junij	189.663	92.081	97582	389
julij	185.987	98.867	87120	352
avgust	177.798	94.416	83382	356
september	173.712	115.826	57886	379
oktober	186.582	111.340	75242	443
november	185.443	102.804	82639	334
december	199.472	104.738	94734	340
skupaj	2.315.621	1.370.765	944.856	
Uspešnost pokrivanja potreb z lastno proizvodnjo v %	100	59,20	40,80	

*Tabela 1: Tabela porabe električne energije v CČN Kranj v letu 2018
(Vir: Arhiv Komunala Kranj, 2018.)*

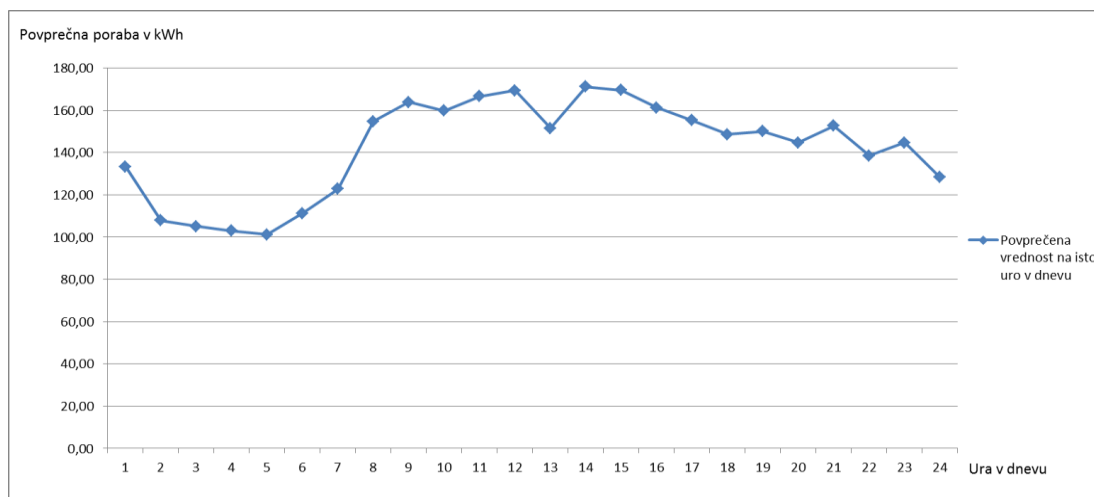
Grafični prikaz gibanja porabe in proizvodnje električne energije iz tabele 1



Slika 3: Graf porabe in proizvodnje električne energije v CČN Kranj v letu 2018
(Vir: Arhiv Komunala Kranj, Margetič, 2018)

Iz grafa je mogoče razbrati, da je skupna poraba električne energije dokaj konstantna in da ni veliko odvisna od letnega časa. Vse leto se giblje med 173.000 in 219.000 kWh na mesec. Toplotna energija iz kogeneracijskih enot se v zimskem času porabi za ogrevanje gnilišča in vseh drugih objektov, v poletnem času pa se toplota odvaža v ozračje prek namenskih ventilatorskih hladilnikov. Zelo pomemben je podatek o razmerju količine lastne proizvodnje električne energije in potrebe po nakupu mrežne elektrike. Trenutno lastna proizvodnja doseže cca 40,8 %, razliko je treba dokupiti. Če hočemo razumeti trend porabe električne energije, je treba njeno porabo povprečiti na manjše časovno obdobje, npr. na navaden delovni dan v procesu čiščenja, in nato natančno razdeliti tudi obračun stroškov, ki ga po navadi zaračuna dobavitelj elektrike.

Prikaz trenda povprečne električne porabe na merilnem mestu ob istih urah



Slika 4: 24-urni potek porabe električne energije v CČN Kranj
(Vir: SCADA-Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

Iz grafa vidimo, da trend porabe električne energije čez dan ni konstanten; ima obdobje nižje porabe ter obdobje, ko je poraba višja. To sovпада s trendom dotoka na čistilno napravo in delovnim urnikom zaposlenih. Pomemben dejavnik je delovanje naprav za dehidracijo blata, ki navadno obratujejo med 7. in 17. uro. V tem času je čistilna naprava najbolj obremenjena, zato tudi druge naprave delujejo z višjo intenzivnostjo ter posledično z višjimi potrebami po energiji. Ker se električna energija obračunava tarifno, je zelo pomembno, kdaj določena oprema obratuje in že manjši premiki delovanja v nižjo tarifo lahko pomenijo znatne prihranke. Podobno je tudi pri omrežnini. Z regulacijo je treba doseči, da bodo 15-minutne registracije moči čim nižje, ker se na koncu obračunskega meseca plača najvišje dosežena konica. Na računu dobavitelj izračuna tudi, kolikšna je bila povprečna dnevna poraba v preteklem obdobju. Za oktober 2018 je znašala 3591,61 kWh, kar preračunano na 24 ur pomeni povprečje cca 149,65 kW/h.

Razčlenitev obračuna porabe električne energije

Tabela za izračun stroška elektrike		Vrsta odjema: SN-T>2500 UR, Poslovni odjem				Datum: 31.10.2018	
Obračunska moč v kW	443,0	Letna količina VT	60.420,000	kWh	Letna količina NT	50.920,000	kWh
		VT (visoka tarifa)			NT (nizka tarifa)		
DELOVNA ENERGIJA	Merjena enota	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €
Energija	kWh	0,04206	60.420,00	2.541,26520	0,02698	50.920,00	1.373,82160
OMREŽNINA	Merjena enota	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €
Obračunska moč	kW	3,63920	443,00	1.612,16560			
Omrežnina	kWh	0,00910	60.420,00	549,82200	0,00700	50.920,00	356,44000
PRISPEVKI	Merjena enota	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €
Prispevek OVE in SPTE	kW	4,10702	443,00	1.819,40986			
Prispevek za energetske učinkovitost (EnU)	kWh	0,00080	60.420,00	48,33600	0,00080	50.920,00	40,73600
Dodatek za AGEN-RS+BORZEN (Delovanje Operaterja trga)	kWh	0,00013	60.420,00	7,85460	0,00013	50.920,00	6,61960
Trošarina - poslovni uporabniki	kWh	0,00305	60.420,00	184,28100	0,00305	50.920,00	155,30600
JALOVA ENERGIJA	Merjena enota	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €	€/kWh	količina kWh/mesec	cena v €
Jalova energija	kWh	0,00835	374,0	3,12290			
OBRAČUN za obdobje (datum)	od 1.10.2018 do 31.10.2018		TARIFA	cena v €		TARIFA	cena v €
CENA ENERGIJE (€/mesec)			VT	2.541,26520		MT	1.373,82160
CENA OMREŽNINE (€/mesec)			VT	549,82200		MT	356,44000
			MOČ				1.612,16560
CENA PRISPEVKOV (€/mesec)			KOLIČINA				443,13320
			MOČ				1.819,40986
CENA JALOVE ENERGIJE (€/mesec)							3,12290
CENA SKUPAJ brez DDV (€/mesec)							8.699,18036

Tabela 2: Razčlenjeni obračun porabe elektrike za mesec oktober 2018
(Vir: Lastni, december 2018)

Obrazložitev pojmov v obračunu porabe električne energije:⁵

Delovna energija (kWh)

Za opravljanje določenega dela v določenem trenutku je potrebna moč. Energija je moč, ki jo uporabimo v določenem času. Enota za moč je W (vat, za energijo Ws), vendar se v elektroenergetiki pogosteje uporabljata kW (torej 1000 W) in kWh (kar je 1000 W x 3600 s).

Omrežnina (kWh)

Omrežnino za elektroenergetsko omrežje določa Agencija za energijo RS skladno z Aktom o določitvi metodologije za obračunavanje omrežnine in metodologije za določitev omrežnine in kriterijev za ugotavljanje upravičenih stroškov za elektroenergetsko omrežja. Tarifne postavke za omrežnino so določene za:

- omrežnino za prenosno omrežje,
- omrežnino za distribucijsko omrežje,
- omrežnino za sistemske storitve.

Pri odjemalcih z nemerjeno močjo je znesek omrežnine sestavljen iz stalnega in spremenljivega dela. Stalni del omrežnine predstavlja prispevek za obračunsko moč, ki je odvisen od moči omejevalca toka oziroma od nazivne moči obračunskih varovalk, spremenljivi del pa je odvisen od porabe električne energije v času višje, nižje oziroma enotne tarife.

Pri odjemalcih z merjeno močjo (večji odjemalci) se tudi obračunska moč obračuna po doseženi moči.

Obračunska moč (kW)

Obračunska moč je merilo največjega trenutnega odjema električne energije, ki ga omogoča odjemalčev priključek. Določena je na podlagi zmogljivosti omejevalnika toka, ki je pri gospodinjskih odjemalcih praviloma glavna varovalka. Obračunska moč je navedena na računu in je lahko enaka ali nižja od priključne moči (pri večjih negospodinjskih odjemalcih).

Sestavine cene za uporabo omrežja (prispevki)

Cena za uporabo omrežij je znesek, ki ga plača odjemalec električne energije iz omrežja na določenem napetostnem nivoju glede na odjemno skupino, in je odvisna od obračunane moči in prenesene oziroma distribuirane energije. Odjemna skupina se določi glede na merjenje moči in število obratovalnih ur.

⁵ Obrazložitev pojmov na obračunu porabe električne energije so citirani iz uradne internetne strani podjetja Elektro energija d.o.o. (vir: <http://www.elektro-energija.si/pomoc/slovar-izrazov>, december 2018).

Cena za uporabo omrežij vsebuje naslednje sestavine:

- delež omrežnine za prenosno omrežje,
- delež omrežnine za distribucijsko omrežje,
- delež za sistemske storitve,
- delež za delovanje Agencije za energijo,
- če je tako določeno z zakonom ali podzakonskim aktom Vlade RS vključuje tudi dodatke za prednostno dispečiranje po EZ in podzakonskih aktih k EZ, evidentiranje pogodb na organiziranem trgu z električno energijo, spodbude kvalificiranim proizvajalcem in morebitne druge dodatke.

Dodatki so upoštevani tako, da se potrebne dodatne zneske prišteje k zneskom, ki so rezultat sestavin. Cenik vsebuje cene za uporabo omrežij kot vsoto vseh prej navedenih sestavin v obliki, ki upošteva napetostni nivo in odjemne skupine.

PRISPEVEK OVE + SPTE (kW)

Na podlagi 378. člena Energetskega zakonika (EZ-1, Ur. l. RS, št. 17/2014) in Uredbe o načinu določanja in obračunavanja prispevkov za zagotavljanje podpor proizvodnji električne energije v soproizvodnji z visokim izkoristkom in iz obnovljivih virov energije (Ur. l. RS, št. 46/2015) so končni odjemalci električne energije in končni odjemalci trdnih, tekočih, plinastih fosilnih goriv ali daljinske toplote za končno rabo zavezanci za plačevanje prispevka za zagotavljanje podpor proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov energije ter v soproizvodnji z visokim izkoristkom (prispevek OVE + SPTE).

PRISPEVEK ZA ENERGETSKO UČINKOVITOST (kWh)

Prispevek je naveden na mesečni položnici in je namenjen za povečanje energetske učinkovitosti ter zagotavljanje prihrankov energije pri končnih odjemalcih.

PRISPEVEK ZA AGEN + BORZEN (kWh)

Dodatek k omrežnini za delovanje organizatorja trga Borzen in dodatek k omrežnini za delovanje Agencije za energijo (AGEN) je nadomestil enotni prispevek za delovanje operaterja trga.

JALOVA ENERGIJA (kWh)

Jalova energija je tista, ki se v sistemu z izmenično napetostjo v določenem časovnem obdobju zvezno izmenjuje med energijami električnih in magnetnih polj elektroenergetskega sistema ter vseh nanj priključenih naprav.

TARIFNI ČASI

Tarifni časi so cenovne kategorije električne energije, ki so praviloma odvisne od časa oziroma pogodbe. V našem primeru imamo po pogodbi dve tarifi:

- VT – višja tarifa velja od ponedeljka do petka od 6. do 22. ure,
- MT – nižja tarifa oz. »poceni tok« velja od ponedeljka do petka od 22. do 6. ure naslednjega dne ter ob sobotah, nedeljah in dela prostih dnevih od 00.00 do 24. ure.

2.3 PREDLOG OPTIMIZACIJE NA PREDLAGANIH PODROČJIH

Po skupnem pogovoru s tehnologi na objektu CČN Kranj in tehnologi v našem podjetju smo ugotovili, da bi se optimizacije lahko izvedle na vsaj treh področjih oz. tehnoloških podsklopih:

- Prvo področje je vezano na optimizacijo delovanja tehnološkega procesa čiščenja skupnega dušika (N_{tot})⁶ na iztoku iz naprave do zakonsko predvidenih dopustnih vrednosti. Procesni program bi dinamično spremljal delovanje celotne naprave in vtočno-iztočne izmerjene vrednosti parametrov ter na podlagi teh podatkov prilagajal proces. Predvidena optimizacija bi lahko zmanjšala porabo električne energije oz. potrebe po nakupu električne energije od 3–5 % (ocenjeno).
- Drugo področje je vezano na tehnološko možnost regulacije lastne proizvodnje elektrike in povečanja obstoječega izkoristka izplena bioplina. Prva je dinamična regulacija proizvodnje lastne električne energije na podlagi merjenja porabe ter natančnega sledenja trenutnim potrebam tehnološkega procesa po električni energiji. Druga je povečanje izkoristka proizvodnje bioplina z delom primarnega biološkega mulja, ker to blato vsebuje večjo koncentracijo biološkega materiala. Predvidena optimizacija bi lahko zmanjšala porabo električne energije oz. potrebe po nakupu električne energije od 10–15 %.
- Tretje področje je vezano na obstoječi dizelski agregat, ki je trenutno namenjen zgolj kratkotrajnemu napajanju celotne naprave v posebnih okoliščinah. Z ustrežno pogodbo bi se agregat lahko vključilo v sistem t. i. virtualne elektrarne (aktivna terciarna regulacija)⁷. Cene so odvisne od

⁶ N_{tot} – je oznaka za skupni oz. totalni dušik, ki se lahko pojavlja v odpadni vodi kot vsota vseh oblik dušikov, npr. organski dušik ($N_{organski}$) + amonijev dušik (NH_4-N) + nitritni dušik (NO_2-N) in nitratni dušik (NO_3-N) (brošura Usposobljenost osebja za delo na čistilni napravi, Založnik German association for Water, Wastewater and Waste, Hennef, Germany, izdaja 2015, Izdajatelj prevoda: Slovensko društvo za zaščito voda).

⁷ Terciarna regulacija je namenjena nadomestitvi izrabljene rezerve moči za sekundarno regulacijo in s tem vzpostavitvi normalnega stanja rezerv pri regulaciji frekvence. V terciarni

sprejetih cen po zaključku vsakoletne dražbe na ELES-u in števila aktivacij oz. delovnih ur agregata v času aktivne regulacije ([www.eles.si/novice-za-poslovne-uporabnike/ArticleID/14096/Rezultati-javne-dražbe-za-terciarno-regulacijo-frekvence-za-januar-2019](http://www.eles.si/novice-za-poslovne-uporabnike/ArticleID/14096/Rezultati-javne-drazbe-za-terciarno-regulacijo-frekvence-za-januar-2019)).

2.3.1 OPIS OPTIMIZACIJE REGULACIJE CELOTNEGA DUŠIKA

Prvo področje optimizacije je vezano na optimizacijo delovanja tehnološkega procesa čiščenja skupnega dušika (P_{tot} v mg/L) na iztoku iz naprave v smislu linearizacije izpustnih vrednosti P_{tot} znotraj najvišjih zakonsko dopustnih vrednosti. Te vrednosti morajo biti skladne z Uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode.⁸ Vrednosti iz Uredbe za posamezne parametre so podane v tabeli 3.

parameter	izražen kot	enota	MDK
neraztopljene snovi		mg/L	35
amonijev dušik	N	mg/L	10
KPK	O ₂	mg/L	110
BPK ₅	O ₂	mg/L	20
celotni dušik	N_{tot}	mg/L	15
učinek čiščenja celotnega dušika		%	70
celotni fosfor	P_{tot}	mg/L	2
učinek čiščenja celotnega		%	80

Tabela 3: Mejne izpustne vrednosti iz Uredbe
(Vir: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951>, leto 2019)

Po natančnejšem pregledu arhivskih podatkov smo ugotovili, da prihaja do večjih nihanj trenutno izmerjenih iztočnih vrednosti N_{tot} . Te vrednosti se v povprečju gibljejo od 0 mg/L do 32 mg/L, vendar je v 24-urnem vzorcu s tehnološkim postopkom ta vrednost navadno nižja kot zgornja še dovoljena z Uredbo o dovoljenih emisijah, ki znaša 15 mg/L. Uradne meritve potekajo 24 ur in vrednost se arhivira kot povprečna vrednost v 24 urah. Ideja za regulacijo izhaja ravno iz podatka o višini nihanj vrednosti vzorca. Bolj kot sama optimizacija delovanja v smislu zmanjševanja stroškov bi ustrezna regulacija vrednosti N_{tot} doprinesla k širši stabilizaciji tehnološkega procesa, saj vrednost N_{tot} pod 10 mg/L (tipično najoptimalnejša vrednost od 6 do 10 mg/L) zagotavlja tudi boljšo usedljivost blata. Regulacija bi tako morala spremljati potek vrednosti meritve na merilnem mestu in temu ustrezno prilagajati tehnološki proces,

regulaciji lahko sodelujejo agregati, ki se najpozneje v 15 minutah lahko sinhronizirajo z omrežjem in prevzamejo zahtevano moč (<https://www.agen-rs.si/-/zagotavljanje-sistemskih-storitev>).

⁸ Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15 in 76/17) (<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951>, leto 2019).

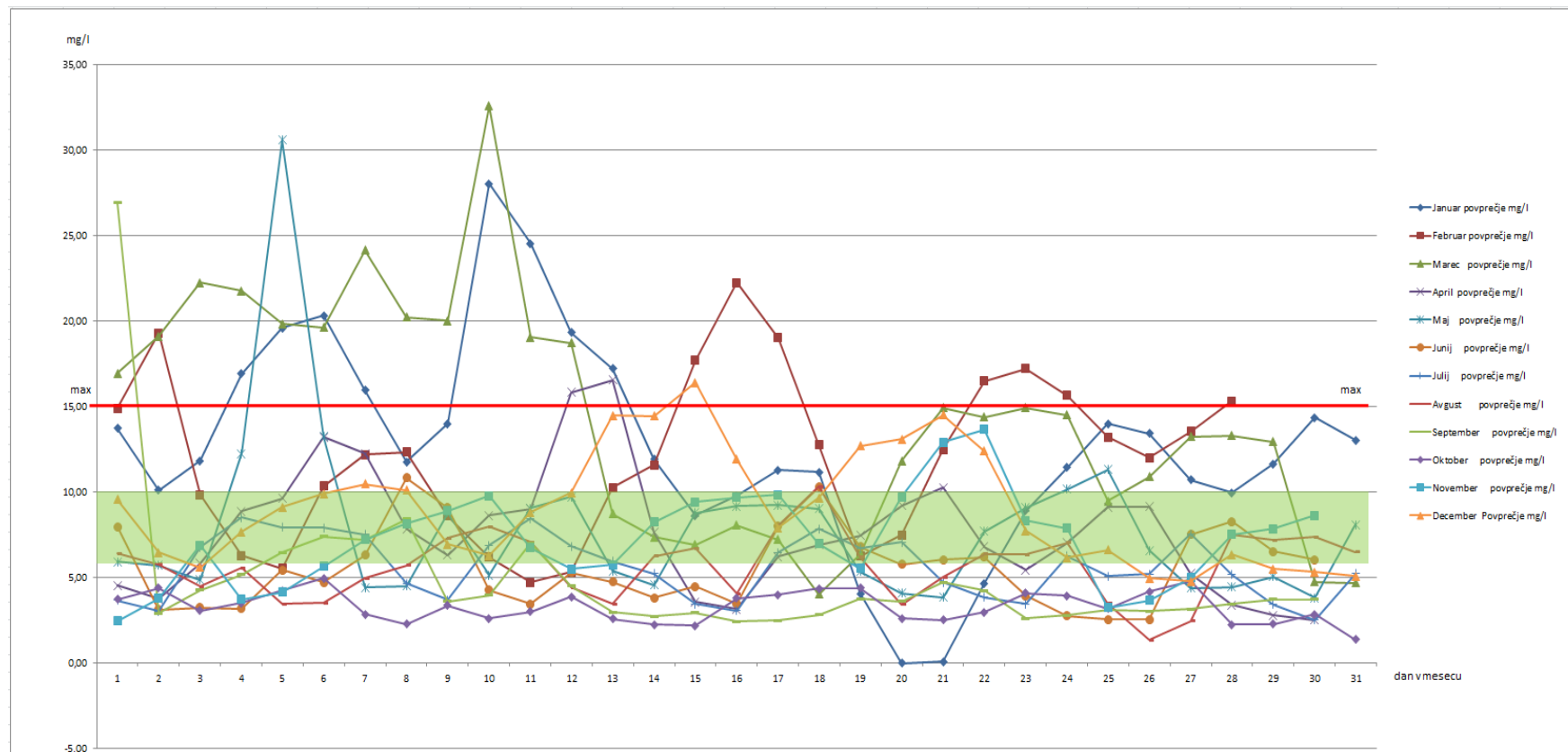
ki bi posledično vplival na te iztočne vrednosti. Tehnološko gledano je učinkovitost oziroma iztočna vrednost N_{tot} odvisna od mešanja v denitrifikacijskih conah in internega recikla v biološki stopnji ter razmerja med energijo (ogljik – C) in dušikom – N, torej ustreznega razmerja C : N. Iz poglobljene analize je mogoče sklepati, da bi z ustrezno povezanim programskim krmiljenjem in regulacijo na treh področjih že učinkovito in še vedno cenovno sprejemljivo lahko reševali ta problem, ki v CČN Kranj zajema: upravljanje z vsebino iz zalogovnika sprejema septike, upravljanje s filtratom iz zalogovnika filtrata iz centrifugalnih naprav za dehidracijo blata in ustrezno dinamično regulacijo internega recikla. Trenutno se septična vsebina črpa samodejno sproti, brez posebne regulacije in neposredno v proces. Podobno je tudi z izcednimi vodami oz. filtratom iz centrifug. Te se preprosto prelivajo nazaj v vhodno črpališče. Mešala v anaerobnih bazenih sicer delujejo skladno s tehnološkim postopkom, vendar so po ugotovitvah, glede na višino koncentracije blata v bazenih, trenutno premalo učinkovita za doseganje dovolj homogene vsebine. K optimizaciji bi zelo pripomogel tudi zahtevnejši algoritem krmiljenja z upoštevanjem določenih motenj, časovnih zapoznitev in po možnosti celo prediktivnega načina regulacije, kot ugotavljata Martin Stepančič in Juš Kocijan (oktober 2014, str. 374), ki bi z ustrezno predelavo lahko bil primeren kot regulator internega cikla v bioloških bazenih. Ta omogoča določeno stopnjo dinamičnega prilagajanja spreminjajočim se pogojem v procesu, izhajajoč iz referenčnih podatkov predhodnih procesnih trendov in arhive. Tako programska oprema do neke mere lahko predvideva obnašanje procesa in posledično prilagaja referenčne vrednosti. Pri implementaciji ustrezne nadgradnje programske opreme je omejitev predvsem v razpoložljivosti trenutnih zmogljivosti in rezerv, ki jih omogoča obstoječa programska oprema.

Dodatna težava nastane zaradi časovno koncentriranega hkratnega dotoka na čistilno napravo in dovoza septičnih vsebin ter dehidriranja blata. Vse aktivnosti potekajo v dopoldanskem času od 8 do 14 ur, potem pa se določene aktivnosti ali zmanjšajo ali pa celo ustavijo do naslednjega dne. Reševanja tega problema bi se bilo treba lotiti v dveh sklopih. Prvi sklop bi bil lahko izveden večinoma s programsko rešitvijo, in sicer z dozirne črpalke in ustreznim organizacijskim ukrepom. Drugi sklop bi moral biti izveden tudi z večjim strojno-tehnološkim posegom, ki pa bi bil trenutno previsoko finančno breme. Torej se bom v nalogi omejil zgolj na prvi sklop optimizacije.

Najučinkovitejšo optimizacijo bi izvedli s preprosto nadgradnjo obstoječega programa, ki bi na podlagi podatkov iz procesa samodejno intenziviral doziranje septičnih vsebin v ustreznem časovnem obdobju in zunaj dosedanjih delovnih ur (med 8 in 14 ur). Doziranje v proces bi prerazporedili čez ves dan. Izcedne vode oz. filtrat, ki se izteka v zalogovnik iz naprav za dehidracijo blata, bi bilo treba v zalogovniku ustrezno znižati, da ne bi prihajalo do nenadzorovanih iztokov, in v notranjost zalogovnika vgraditi ustrezno potopno črpalko za primerno doziranje te vsebine ter v procesu primernem času. Podobno kot za septične vsebine bi se dodatno nadgradilo programska opremo za spremljanje določenih vrednosti, ki bi nato bile pogoj za



izračun količin in načina doziranja teh izcednih voda v proces. Z optimizacijo regulacije iztočnega N_{tot} bi poleg večje stabilizacije celotne čistilne naprave v okviru izvedbe drugega sklopa dosegli tudi znižanje porabe električne energije za mešanje, ki ga proces denitrifikacije nujno potrebuje, in sicer ocenjeno nekje za 25–30 W/m³ odpadne vode.

Prikaz dnevnega trenda nihanja vrednosti iztočnega N_{tot} v letu 2018, razdeljeno po posameznih mesecih

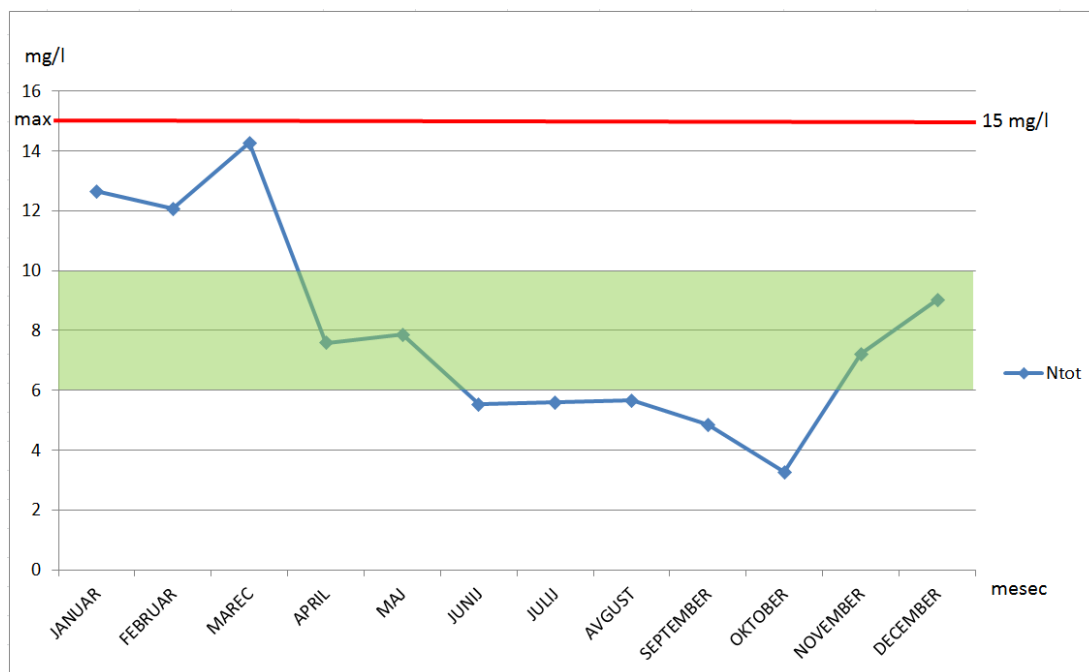


Slika 5: Dnevni trendi nihanja vrednosti N_{tot} v letu 2018
(Vir: SCADA-Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

Legenda elementov na sliki 5:

-  - mejna vrednost po uredbi (15 mg/L)
-  - zaželeno območje izpustnih vrednosti N_{tot} (6–10 mg/L)

Trend gibanja iztočnega N_{tot} povprečno po mesecih v letu 2018



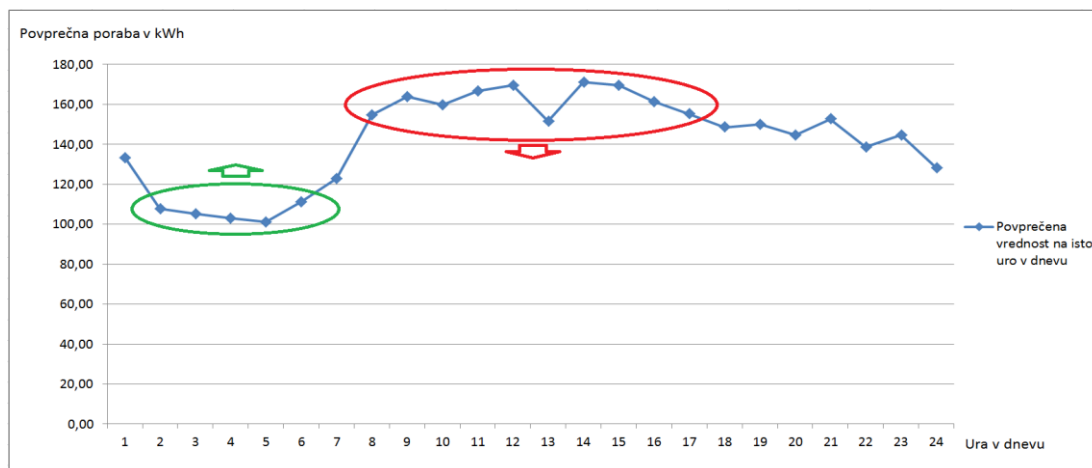
Slika 6: Povprečni mesečni trend nihanja vrednosti N_{tot} v letu 2018
(Vir: SCADA-Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

Iz grafa na sliki 6 je razvidno, da je čiščenje N_{tot} v poletnem času učinkovitejše, na kar vplivata tudi višja temperatura zraka in temperatura dotočne vode⁹.

2.3.2 OPIS OPTIMIZACIJE REGULACIJE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Za razumevanje dinamike elektroenergetskih potreb je treba natančno razčleniti obstoječe stanje. Izhajajoč iz povprečenega urnega trenda v 24-urnem obdobju se kaže možnost za optimizacijo delovanja (slika 7).

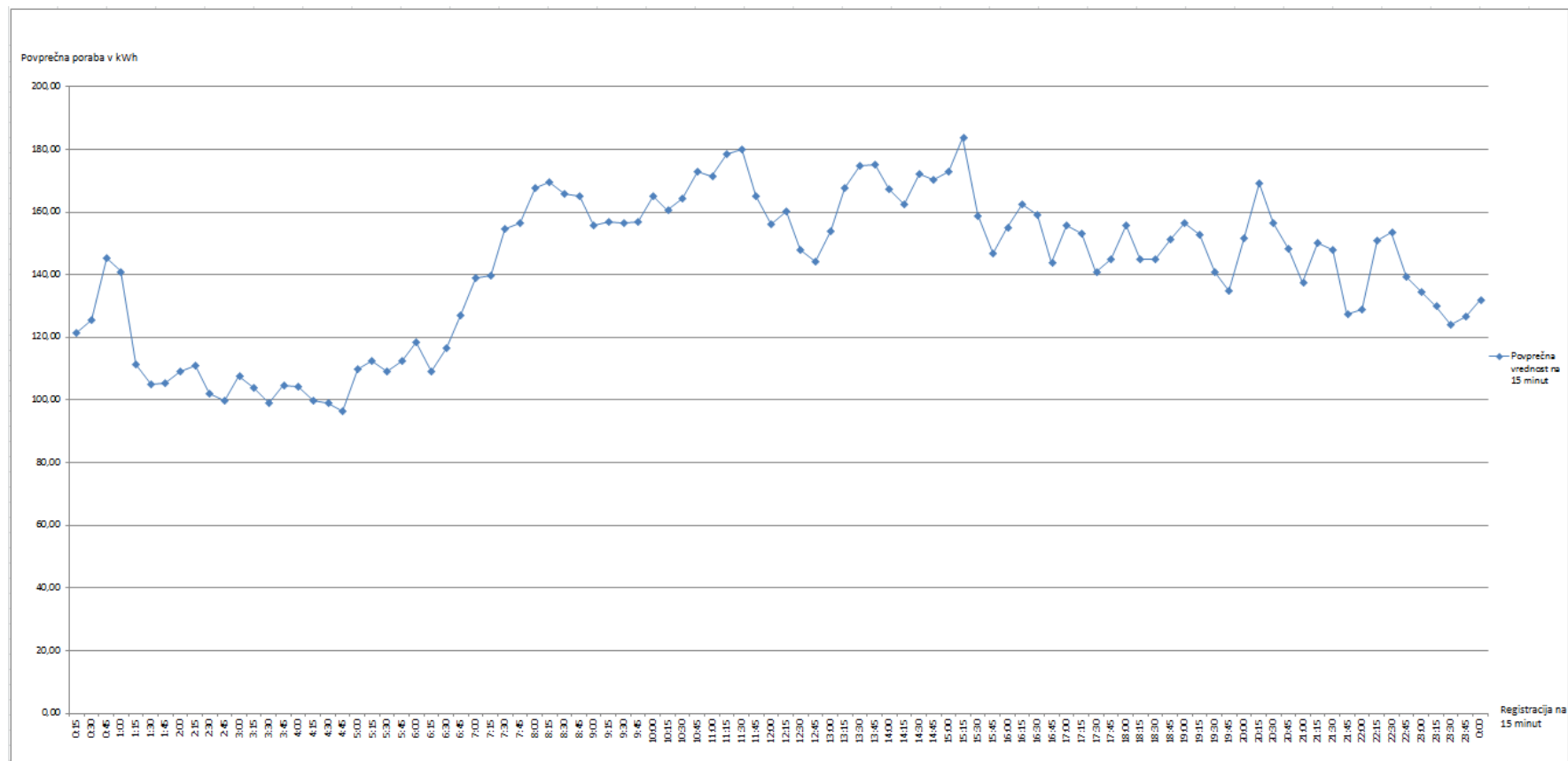
⁹ Mejna vrednost za celotni dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12 °C in več na iztoku aeracijskega bazena (<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951>). Priloga 1: Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti.



Slika 7: 24-urni potek porabe električne energije v CČN Kranj
(Vir: SCADA-Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

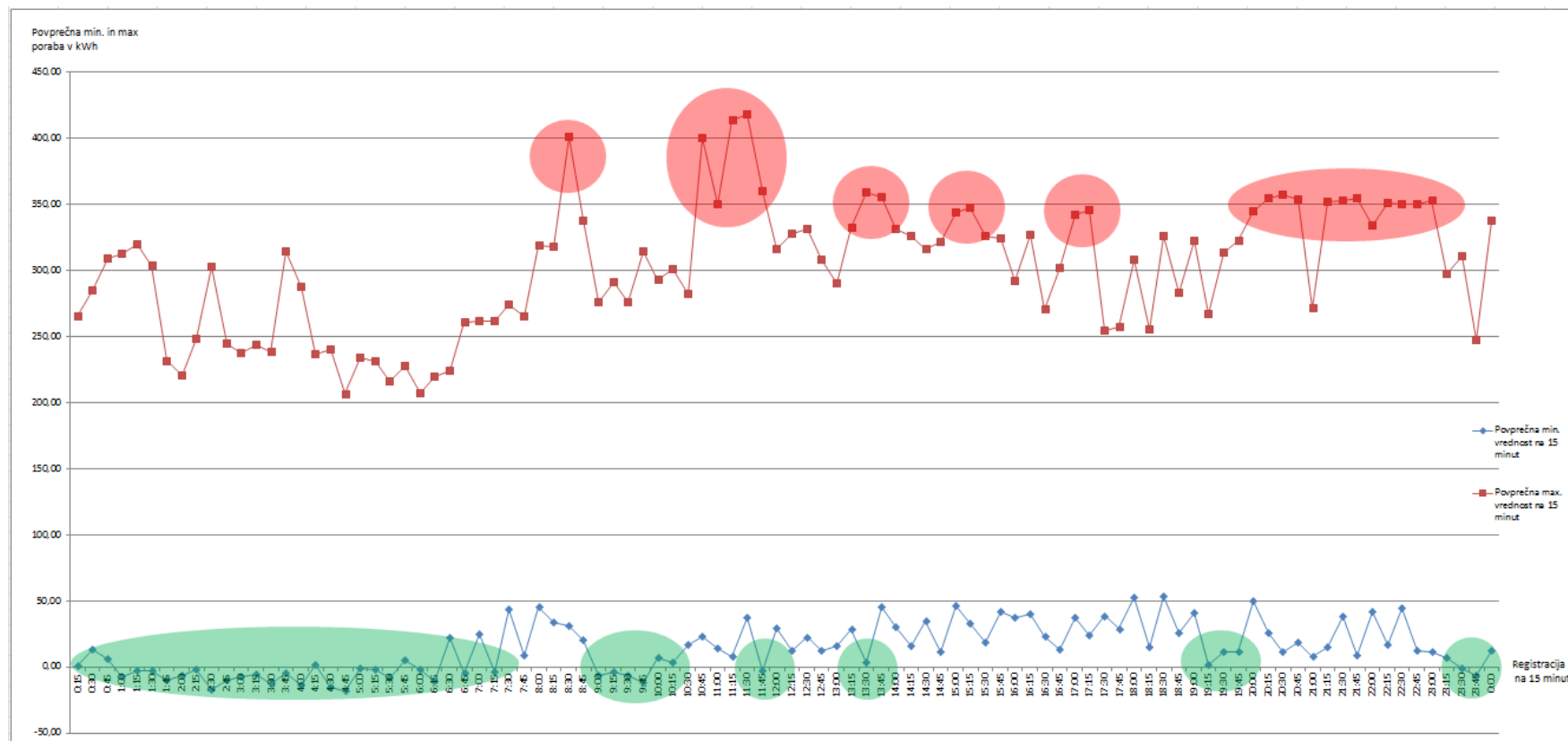
Iz grafa povprečenih vrednosti porabe električne energije na sliki 7 je mogoče razbrati določen vzorec trenutnega poteka višje in nižje porabe, vezan na določen čas v dnevu. Trend povišanja porabe je zaznan med normalnim delovnikom, medtem ko v nočnem času pade. Glede na zgoraj pridobljene podatke smo prepoznali določene možnosti tudi na področju uravnavanja obremenitve. Na sliki 7 sta označeni dve območji, na katerih bi z ustrezno regulacijo aktivno lahko vplivali na zniževanje porabe električne energije. Zeleno področje predstavlja manjšo porabo in hkrati nekoliko previsoko lastno proizvodnjo elektrike, na rdečem področju je ravno obratno. Žal pa nam je enourna resolucija meritev lahko v pomoč zgolj okvirno. Registracija porabe električne energije namreč poteka v 15-minutnem ciklu, kar pomeni, da je treba na spremembo porabe reagirati najpozneje v 5 minutah po izmerjeni spremembi. Optimizacija porabe električne energije bo učinkovita samo takrat, ko bo učinkovit način uravnavanja porabe in ko bo tej porabi sledila tudi lastna proizvodnja električne energije. Graf dnevnega povprečnega gibanja porabe električne energije nam poda zgolj grobo informacijo za regulacijo lastne proizvodnje v varnem območju moči. Poglobljena analiza pomeni natančno razčlenitev dogajanja daljšega testnega obdobja na 15-minutni ločljivosti. Tako na dan nastane 96 povprečenih merilnih vrednosti, kar v štirimesečnem obdobju znesse skupaj 2688. Iz teh podatkov sta nastala dva grafa. V prvem grafu (slika 8) je prikazan natančnejši trend povprečenja na 15-minutni ločljivosti, v drugem grafu (slika 9) pa sta dva trenda najnižjih in najvišjih vrednosti oz. konic.

24-urni potek povprečne vrednosti porabe električne energije na 15 minut v CČN Kranj (za leto 2018)





Slika 8: 15-minutna povprečna poraba električne energije v CČN Kranj (Vir: SCADA-Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

24-urni potek povprečne najnižje in najvišje vrednosti porabe električne energije na 15 minut v CČN Kranj (za leto 2018)



Slika 9: 15-minutna najnižja in najvišja poraba električne energije v CČN Kranj (Vir: SCADA-Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

Legenda elementov na grafu 5:

-  - previsoka konica trenutne porabe električne energije
-  - previsoka lastna proizvodnja električne energije

V CČN Kranj poteka lastna sproizvodnja električne in toplotne energije s pomočjo dveh bioplinskih kogeneracij z električno močjo 2 x 100 kW in s toplotno močjo cca 2 x 220 kW. Trenutno potekata proizvodnja in posledično poraba bioplina, in sicer neodvisno od delovanja procesa. To pomeni, da se delovanje obeh kogeneracij krmili izključno na količino bioplina v zalogovniku bioplina oz. plinohramu. Obstoječi plinohram je prostornine 1000 m³. Dokumentirana celotna proizvodnja bioplina iz procesa čiščenja je v letu 2017 znašala 592.840 m³, v letu 2018 pa 585.879 m³. Proizvodnja bioplina se tako v povprečju giblje med cca 1600 m³ in 1750 m³ na dan, kar pomeni cca 60–70 m³/h. Ob predpostavki, da posamezna kogeneracija porabi cca 50 m³/h bioplina ob 90% zmogljivosti proizvodnje električne energije, bi ob omenjeni proizvodnji bioplina to zadoščalo za delovanje obeh kogeneracij dobrih 16–17 ur dnevno. V praksi se je izkazalo, da delovanje obeh kogeneracij ni vedno mogoče v enem sklopu, ampak so vmes občasne daljše prekinitve, ki so posledica neustreznega in posledično nezanesljivega obstoječega sistema merjenja količine plina v plinohramu. Ugotovilo se je, da se količine bioplina v plinohramu pod 70 % ne da zanesljivo meriti, ker prihaja do izpadanja signala in posledično ob višjih vrednostih tlaka v sistemu do varnostnega vklapljanja plinske bakle. Tako je za regulacijo v procesu na voljo samo slaba četrtnina zaloge plinohrama. Vsako delovanje plinske bakle še dodatno zmanjšuje učinkovitost izrabe bioplina. Po pregledu arhivskih podatkov o delovnih urah plinske bakle za leti 2017 in 2018 je bilo ugotovljeno, da je bakla delovala skupaj več kot 1860 ur, kar pomeni, da ob nastavljeni zmogljivosti 40 m³/h porabi cca 74.400 m³ bioplina. Izgube bioplina zaradi delovanja plinske bakle tako znašajo cca 6,5 % letno. Smiselno bi bilo zagotoviti takšno količino plina, da bi obe kogeneraciji lahko obratovali neprekinjeno 24 ur z 90% zmogljivostjo, kar bi dnevno zagotovilo 4320 kWh lastne električne energije. Da bi to dosegli, bi morala biti tudi proizvodnja bioplina konstantno nad 2400 m³/dan, kar pa ob obstoječi tehnološki zmogljivosti in obstoječih količinah ni mogoče doseči. Teoretično bi se bilo mogoče tej vrednosti približati z dodajanjem primarnega blata, s čimer bi povečali proizvodnjo bioplina na cca 80–90 m³/h in tako dosegli skupno proizvedeno količino bioplina do 2160 m³/dan. Z zmanjšanjem delovanja bakle bi lahko pridobili še dobrih 6 % količine bioplina. Obratovanje obeh kogeneracij bi tako lahko podaljšali na teoretično 22–23 ur dnevno.

Za regulacijo lastne proizvodnje bi v tem primeru imeli na voljo območje 70–100% zmogljivosti obeh kogeneracij. Izhajajoč iz grafa (slika 9), bi lastno proizvodnjo elektrike lahko nekoliko zmanjšali v nočnem času, ko bi obe kogeneraciji lahko

obratovali največ do 70%, torej skupaj cca 140 kW, v dnevnem režimu nekje 85–90% in za pokrivanje konic tudi kratkotrajno 100%, kar bo največja predvidena proizvodnja elektrike, in sicer 200 kW. Za uspešno realizacijo predvidenega delovanja bo treba zagotoviti predvsem konstantnost delovanja kogeneracij brez izpadov, zanesljivo merjenje nivoja bioplina v plinohramu in hitro odzivnost proizvodnje elektrike glede na procesne potrebe.

Povečanje proizvodnje bioplina na predvidenih cca 80–90 m³/h bi bilo mogoče s sprotnim črpanjem večjega deleža viška biološkega mulja v zalogovnik in nato neposredno v gnilišče. Posledično bi tako bila koncentracija mulja v bioloških bazenih nekoliko nižja, tudi starost blata bi bila do 16 dni, kar je optimalnejše od sedanjih 24 dni. Starost blata do 16 dni še vedno pomeni učinkovito čiščenje, hkrati pa dosežemo višji izkoristek biomase v tem blatu, ki bi bil prečrpan za proizvodnjo plina v gnilišču. Črpanje primarnega blata bi bilo mogoče brez posebno velikega posega v obstoječo tehnološko inštalacijo.

2.3.3 OPIS IZVAJANJA TERCIARNE REGULACIJE FREKVENCE NA SISTEMU ELES

To je področje, ki zadnja leta postaja zelo aktualno. Terciarna regulacija pomeni »Spremembo delovne točke agregata s posegom systemskega operaterja prenosnega elektroenergetskega omrežja (ELES) zaradi nadomeščanja izpadle proizvodne enote in sprostitev sekundarne rezerve moči.« V skladu z določili 54. člena Energetskega zakona (Energetski zakon – EZ-1 (Uradni list RS, št. 17/14 z dne 7. 3. 2014))¹⁰ je ELES d.o.o. dolžan zagotavljati varno, zanesljivo in učinkovito obratovanje prenosnega sistema vsem uporabnikom v Sloveniji. Za izpolnjevanje teh zahtev pa ELES potrebuje zanesljive vire iz regulacijskih enot, ki so v stalni pripravljenosti in se jih na zahtevo ELES-a kadar koli lahko aktivira.

Dizelski agregati so idealne naprave za nudenje terciarne minutne rezerve moči. Prednosti so predvsem v stalni pripravljenosti agregata, hitrem zagonu, ustreznem izkoristku, in ker so ti agregati redno vzdrževani, so posledično tudi zelo zanesljivi. Dizelski agregati so navadno namenjeni zgolj kratkotrajnemu napajanju celotne naprave v posebnih okoliščinah, torej ob izpadih omrežja ali drugih napakah, ki imajo za posledico izpad primarnega električnega napajanja. Zaradi zahtev po zanesljivosti delovanja agregatov je potrebno redno mesečno samodejno testiranje kratkotrajnega delovanja, kar pomeni, da imajo agregati najmanj 12 vklopov letno. To prinaša

¹⁰ Energetski zakon – EZ-1 (Uradni list RS, št. 17/14 z dne 7. 3. 2014) določa načela energetske politike, pravila delovanja trga z energijo, načine in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb na področju energetike, načela in ukrepe za doseganje zanesljive oskrbe z energijo, za povečanje energetske učinkovitosti in varčevanja z energijo ter za večjo rabo energije iz obnovljivih virov, določa pogoje za obratovanje energetskih naprav, ureja pristojnosti, organizacijo in delovanje Agencije za energijo (v nadaljnjem besedilu: Agencija) ter pristojnosti drugih organov, ki opravljajo naloge po tem zakonu.

določene finančne stroške, električna energija pa se v testnih primerih ne uporablja v koristne namene. Gledano samo s finančnega vidika na letnem nivoju (brez okvar in delovanja v času daljših izpadov primarnega napajanja) je strošek vklopov (vključno s porabo goriva) ter rednega vzdrževanja agregata velikosti 1 MVA cca 2.000–3.000 EUR.

ELES z namenom zagotavljanja teh storitev v sodelovanju z BSP Regionalno Energetsko Borzo d.o.o. izvaja periodične nakupe oz. prodaje (dražbe) električne energije, potrebne za izvajanje ročne rezerve za povrnitev frekvence (rRPF), na katerih zbira ponudbe potencialnih dobaviteljev ročne rezerve z dizelski agregati. Zahteve, ki jih mora posamezni ponudnik zagotoviti, so naslednje:¹¹

- čas začetka dobave/prevzema energije z zahtevano močjo je najpozneje v 15 minutah od podane zahteve ELES-a;
- čas izvedbe spremembe zahtevane moči ali zaključka aktivacije je najpozneje v 15 minutah od podane zahteve ELES-a;
- število aktivacij ni omejeno;
- trajanje ene dobave/prevzema je največ 4 ure;
- regulacijska enota je takoj po zaključeni aktivaciji znova na voljo v polnem zahtevanem obsegu;
- v pogodbenem obdobju ima ELES pravico aktivirati poljubno količino (zaokroženo na 1 MW) rRPF v okviru pogodbenih količin, določenih z rezultati dražbe;
- prevzemno-predajno mesto električne energije je na območju Slovenije.

Ker na dražbah lahko sodelujejo samo ponudniki s statusom kvalificiranega ponudnika storitev rRPF in z minimalno kapaciteto 5 MW, se je treba vključiti v sistem večjega števila regulacijskih enot pri enem ponudniku teh storitev. Ta nato s celotno pridobljeno kapaciteto rezerv sodeluje na dražbi.

Dne 18. 12. 2018 je ELES, d.o.o., sistemski operater prenosnega omrežja, v skladu z razpisno dokumentacijo, objavljeno na spletni strani www.eles.si, izvedel Javno dražbo za nakup električne energije, potrebne za izvajanje ročne rezerve za povrnitev frekvence za mesec januar 2019¹².

Po zaključku dražbe je ELES v okviru zamejenih cen sprejel naslednje ponudbe:

¹¹Vir: <https://www.eles.si/Portals/0/Novice/avkcije/sistemske%20storitve/2018%2012%204%20Pravila%20za%20mesecne%20avkcije%20TMR%202019.pdf>

¹²Vir: <https://www.eles.si/obratovanje/novice-za-poslovneuporabnike/ArticleID/14096/Rezultati-javne-drazbe-za-terciarno-regulacijo-frekvence-za-januar-2019>

Moč (MW)	Cena rezervacije (EUR/MWh)	Cena energije (EUR/MWh)
5	4,25	253,00

Tabela 4: Rezultati javne dražbe za terciarno regulacijo frekvenca
(Vir: www.eles.si, rezultati javne dražbe, leto 2019)

Pomeni, da bi se za mesec januar 2019 glede na ceno rezervacije lahko iztržilo naslednje:

- Rezervacija:

Januar 2019 = 31 dni x 24 ur = 744 ur x 4,25 EUR = 3.162,00 EUR

- V primeru proizvodnje dodatno še cena za proizvedeno električno energijo:
Proizvodnja 1 MWh = 253,00 EUR

Ob predpostavki, da bi bila v mesecu januarju 2019 opravljena aktivacija 1 MW agregata, ki bi na zahtevo obratoval 4 ure s 100% zmogljivostjo, bi bila končna cena za ponudnika skupaj 4.174,00 EUR. V sklopu pogodbe s kvalificiranim ponudnikom teh storitev bi si dobiček iz naslova rezervacij delili na pol in z naslova proizvodnje bi ga pridobili v celoti. Za grobo oceno bi na letni ravni z naslova rezervacij lahko pridobili $12 \times 3.162,00 \text{ EUR} = 37.944,00 \text{ EUR} - 50\% = 18.972,00 \text{ EUR}$. In če predpostavimo letno dve aktivaciji po 4 ure, lahko zaključimo z oceno $2 \times 4 \text{ MWh} = 8 \text{ MWh} \times 253,00 \text{ EUR} = 2.024,00 \text{ EUR}$. Predvidoma bi CČN Kranj s tega naslova na leto lahko pridobila cca 20.000,00 EUR (brez odšteti stroškov) dodatnih finančnih sredstev.

3 OPIS PREDVIDENE NALOŽBE IN PRIČAKOVANI TEHNOLOŠKI UČINKI

3.1 POTREBNA OPREMA IN DELA ZA NADGRADNJO

3.1.1 PODROČJE NADGRADNJE – SKUPNI DUŠIK

Za prvo področje, ki je vezano na optimizacijo delovanja tehnološkega procesa čiščenja skupnega dušika na iztoku iz naprave, bodo v prvi fazi potrebne dobava in vgradnja dozirne črpalke, ustrezna nadgradnja procesne programske opreme v delu, ki je povezan z izvajanjem te regulacije, ter nekoliko spremenjen organizacijski pristop. Kot je bilo že napisano v točki 2.3.1, bi največjo učinkovitost dosegli s kombinacijo enakomernega doziranja septičnih vsebin čez cel dan in ob implementaciji zahtevnejšega algoritma krmiljenja z upoštevanjem določenih motenj, časovnih zapoznitev ter po možnosti celo naprednejšega prediktivnega načina

krmiljenja. Trenutno stanje obstoječe strojne in programske opreme v CČN Kranj omogoča širok spekter nadgradenj ter širitev raznih licenc znotraj procesne programske opreme in sistema SCADA. Podrobna navodila za izdelavo ustrezne programske nadgradnje bo moral podati tehnolog, ki se bo predhodno poglobil v omenjeno problematiko. Električni priklop nove dozirne črpalke je mogoč v rezervnem delu obstoječega električnega razdelilnika 4MCC v elektroprostoru objekta grabelj. Krmiljenje in signalizacija se bosta priključila na obstoječi krmilnik v glavni krmilni omari 4CBA, ki se nahaja v istem elektroprostoru. Vse kable za dodatno črpalko se bo položilo na obstoječe kabelske trase in police. V sklopu bazena septičnih vsebin je vgrajen tudi ultrazvočni merilnik nivoja, ki se bo uporabljal še naprej in bo poleg podatka o trenutnem nivoju septike v bazenu služil tudi za regulacijo doziranja z novo črpalko.

3.1.2 PODROČJE NADGRADNJE – PROIZVODNJA ELEKTRIKE

Drugo področje je vezano na tehnološko možnost povečanja izkoristka izplena bioplina in dinamične regulacije proizvodnje lastne elektrike. Višji izplen bioplina bi se lahko doseglo s sprotnim črpanjem večjega deleža viška biološkega mulja neposredno v gnilišče. To se bo izvedlo z ustrezno spremembo v procesnem programu, ki bo omogočal regulacijo črpanja blata v gnilišče. Posledično se bo po povečanju izplena bioplina plinohram hitreje polnil. Ob pregledu linije bioplina na objektu čistilne naprave smo ugotovili, da je obstoječa meritev nivoja bioplina v plinohramu nezanesljiva, kar vpliva na regulacijo obeh kogeneracij. Ker trenutna rešitev omogoča regulacijo samo v območju 70–90 % nivoja plinohrama, bo nujno treba zamenjati merilnik nivoja. Novi merilnik bo omogočal zvezno regulacijo v kompletnem nivojskem območju in posledično ne bo izpadov delovanja kogeneracij. Obstoječi merilnik nivoja na vrhu plinohrama je ultrazvočni in pogosto se dogaja, da se notranja vreča, ki zadržuje bioplino, zelo hitro premika. To na določenih nivojih bioplina povzroča slabe odboje in ultrazvočni sprejemnik ne zaznava ustreznega signala. Rešitev je v zamenjavi obstoječega merilnika z vrvičnim. Ta deluje na principu navijanja vrvi, ki je vpeta med zgornjim zunanjim balonom, kjer je pritrjen merilnik z notranjim premičnim balonom, ki zadržuje bioplino. Merilnik bo umerjen na obe skrajni točki nivoja, vmesno stanje se bo beležilo na krmilniku. Merilni signal bo analogni, tokovni 4–20 mA. Druge električne predelave ne bodo potrebne, tudi kabli ostanejo obstoječi.

Fotografija obstoječega plinohrama 1000 m³, na katerem je zgoraj viden obstoječi merilnik nivoja bioplina znotraj zaščitnega ovoja



*Slika 10: Obstoječi plinohram 1000 m³ v CČN Kranj
(Vir: Lastni, december 2018)*

V segmentu krmiljenja regulacije lastne proizvodnje na dveh obstoječih kogeneracijah bosta potrebni samo programska nadgradnja oz. vključitev dinamičnega spremljanja porabe ter na drugem koncu proizvodnja elektrike. Ker so na čistilni napravi že vgrajeni merilniki porabe električne energije na posameznih podsklopih naprav, bo mogoče vse te podatke aktivno uporabiti za nadgradnjo regulacije.

Prikaz dveh 100kW kogeneracij v tehnološkem objektu 19 – strojnica



Slika 11: Obstoječi 100 kW bioplinski kogeneraciji v CČN Kranj
(Vir: Lastni, december 2018)

3.1.3 PODROČJE NADGRADNJE – VIRTUALNA ELEKTRARNA

Tretje področje je vezano na nadgradnjo obstoječega dizelskega agregata. Po nadgradnji se bo dizelski agregat vključilo v sistem virtualne elektrarne. Tu bo treba vgraditi nekaj več opreme in tehnično spremeniti način vključevanja na porabnike oz. na elektroenergetsko mrežo. Agregat je trenutno namenjen zgolj kratkotrajnemu internemu napajanju celotne naprave v posebnih okoliščinah. Z ustrežno pogodbo in soglasjem pristojne elektrodistribucije bi se agregat vključilo v sistem t. i. virtualne elektrarne oz. aktivne terciarne regulacije.

Za nadgradnjo bo treba predelati obstoječo transformatorsko postajo, merilno priključno mesto, preklopna polja za oba transformatorja, polje preklopnega mesta agregat / mreža ter obstoječi agregat.

1. Predelava obstoječega dizelskega agregata:

- dograditi samodejno mrežno sinhronizacijsko napravo;

- preurediti obstoječe krmiljenje lastnega glavnega stikala – QG;
- dograditi komunikacijski procesor za daljinski nadzor delovnih parametrov agregata.

Rezervni dizelski generator v CČN Kranj



Slika 12: Obstoječi 1020 kW rezervni dizelski generator v CČN Kranj
(Vir: Lastni, december 2018)

2. Predelava obstoječe transformatorske postaje:

- na agregatnem stikalu -1Q0 v NN plošči odklopiti obe žični blokadi iz transformatorskih stikal -3Q0 in -5Q0;
- v transformatorski stikali -3Q0 in -5Q0 vgraditi podnapetostni tuljavi;
- iz obstoječega pretvornika Ethernet-RS485 (MOXA) v razdelilniku 33MCC izvesti kabelsko povezavo do preklopne logike krmilnika ATS 022 (-1K0) za vzpostavitev komunikacije na centralno SCADO;
- prevezati signal za izklop obstoječe kompenzacijske naprave -33AKMP1 s stikala -1Q0 na agregatno stikalo -QG znotraj agregata.

3. Nadgradnja za vključitev v sistem virtualne elektrarne:

- dobava in vgradnja komunikacijskega krmilnika za vključitev v nadzorni sistem virtualne elektrarne;
- dobava in vgradnja relejne, spončne in varovalčne opreme;

- dobava in vgradnja dodatnega tokovnega transformatorja;
- dobava in vgradnja elektroinštalacijskega materiala;
- parametriranje in zagon.

4. Skupni del:

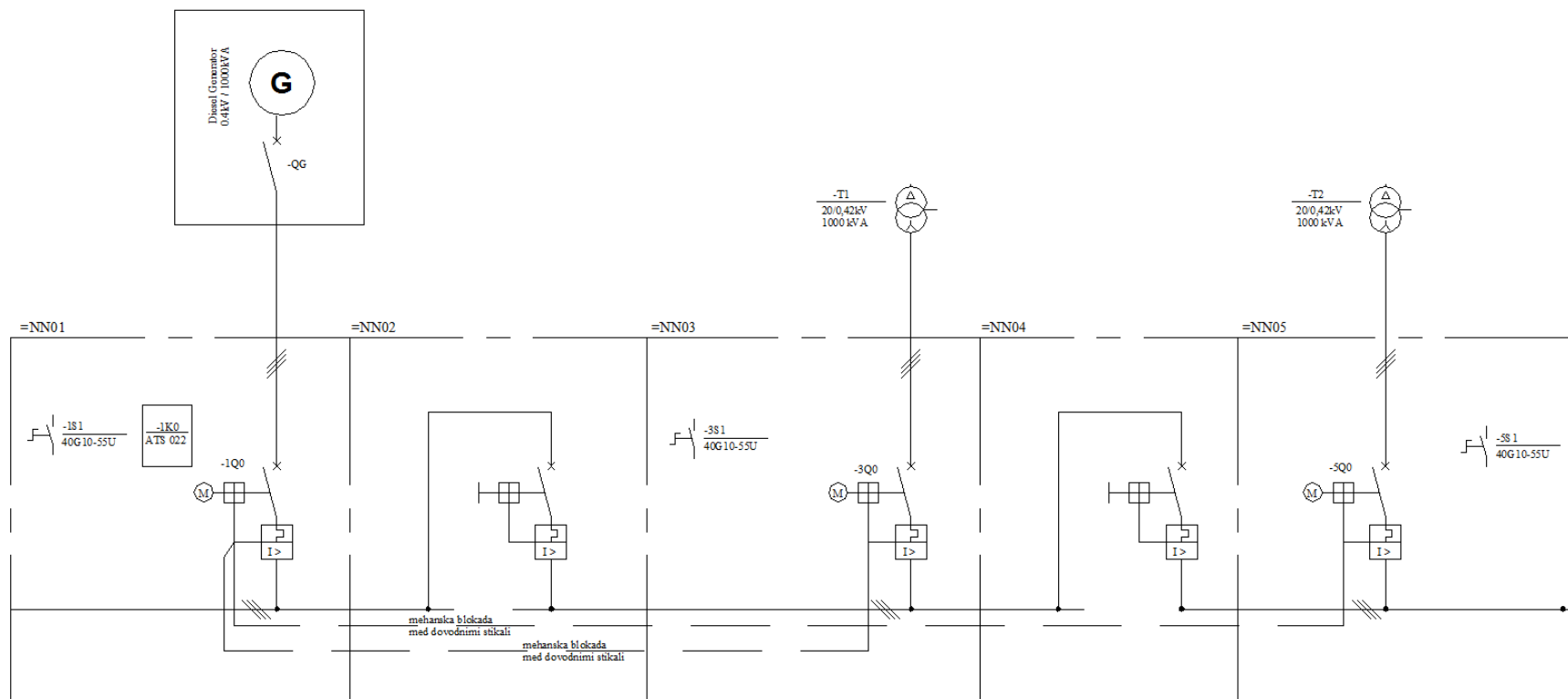
- pridobivanje ustreznih soglasij pri pristojnih soglasodajalcih;
- izdelava končnih poročil o delovanju sistema in izdelava projektne dokumentacije PZI in PID.

Transformatorska postaja v CČN Kranj



Slika 13: Obstoječa transformatorska postaja TP-2, 2 x 1000 kVA v CČN Kranj
(Vir: Lastni, december 2018)

Blok shema obstoječe transformatorske postaje v CČN Kranj



Slika 14: Blok shema obstoječe transformatorske postaje v CČN Kranj
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

3.2 PRIMERJAVA OBSTOJEČIH IN PRIČAKOVANIH UČINKOV

3.2.1 PRIMERJAVA OBRAČUNANE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE

V spodnji tabeli so ločeno prikazane porabe v času nizke in visoke tarife ter najvišje registrirana obračunska moč v tekočem mesecu. Prikazane so tudi mesečne obveznosti, ločeno za obračunsko moč in porabljeno energijo.

Mesec v letu 2018	visoka tarifa (kWh)	nizka tarifa (kWh)	Skupaj poraba električne energije iz omrežja (kWh)	Najvišje registrirana obračunska moč - konica (kW)	Cena za omrežnino/mesec (EUR)	Cena za energijo/mesec (EUR)	Skupaj cena za porabljeno el. energijo (EUR)
januar	85.576	78.654	164.230	558	4.325,51	7.704,37	12.029,88
februar	76.807	76.329	153.136	514	3.984,67	7.132,59	11.117,26
marec	74.456	57.671	132.127	469	3.636,10	6.294,70	9.930,80
april	54.411	45.984	100.395	337	2.290,01	4.511,25	6.801,26
maj	56.802	44.003	100.805	373	2.534,64	4.565,59	7.100,23
junij	51.495	40.586	92.081	389	2.643,36	4.163,99	6.807,35
julij	57.260	41.607	98.867	352	2.391,94	4.503,48	6.895,42
avgust	55.871	38.545	94.416	356	2.419,12	4.320,42	6.739,54
september	59.626	56.200	115.826	379	2.575,41	5.152,51	7.727,92
oktober	60.420	50.920	111.340	443	3.434,70	5.264,48	8.699,18
november	55.904	46.900	102.804	334	2.590,36	4.862,87	7.453,23
december	51.354	53.384	104.738	334	2.590,36	4.858,11	7.448,47
skupaj	739.982,00	630.783,00	1.370.765	4.838	35.416,18	63.334,36	98.750,54
povprečeno / mesec	61.665	52.565	114.230	403	/	/	/

Tabela 5: Prikaz dejanske porabe obračunane elektrike v letu 2018 v CČN Kranj (Vir: Hidroinženiring d.o.o., januar 2019)

Vezano na pričakovane učinke predlagane optimizacije bi bilo treba doseči zmanjšanje tako porabljene energije kot tudi obračunske moči. Ocenjeno bi bilo mogoče zmanjšati obračunsko moč do 10 % in porabljeno energijo do 15 %.

Tabelarni prikaz zelenega minimalnega učinka optimizacije v CČN Kranj

Mesec v letu 2018	visoka tarifa (kWh)	nizka tarifa (kWh)	Skupaj poraba električne energije iz omrežja (kWh)	Najvišje registrirana obračunska moč - konica (kW)	Cena za omrežnino/mesec (EUR)	Cena za energijo/mesec (EUR)	Skupaj cena za porabljeno el. energijo (EUR)
januar	72.740	66.856	139.596	502	3.888,60	6.548,74	10.437,34
februar	65.286	64.880	130.166	463	3.586,50	6.062,72	9.649,22
marec	63.288	49.020	112.308	422	3.268,90	5.350,50	8.619,40
april	46.249	39.086	85.336	303	2.058,97	3.834,53	5.893,50
maj	48.282	37.403	85.684	336	2.283,21	3.880,78	6.163,99
junij	43.771	34.498	78.269	350	2.378,35	3.539,40	5.917,75
julij	48.671	35.366	84.037	317	2.154,10	3.827,96	5.982,06
avgust	47.490	32.763	80.254	320	2.174,49	3.672,33	5.846,82
september	50.682	47.770	98.452	341	2.317,19	4.379,63	6.696,82
oktober	51.357	43.282	94.639	399	3.090,74	4.474,81	7.565,55
november	47.518	39.865	87.383	301	2.331,61	4.133,42	6.465,03
december	43.651	45.376	89.027	301	2.331,61	4.129,39	6.461,00
skupaj	628.984,70	536.165,55	1.165.150	4.354	31.864,27	53.834,21	85.698,48
povprečeno / mesec	52.415	44.680	97.096	363	/	/	/

Tabela 6: Prikaz zelenega minimalnega učinka optimizacije v CČN Kranj (Vir: Hidroinženiring d.o.o., januar 2019)

3.2.2 IZRAČUN PROCESNIH INDIKATORJEV NAPRAVE PRED IN PO OPTIMIZACIJI

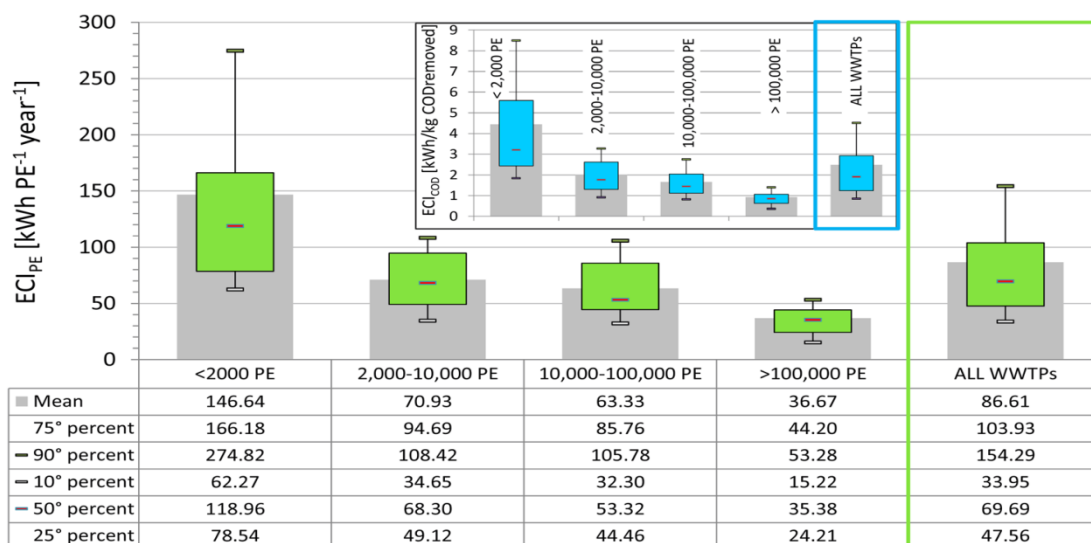
Pri izračunu procesnih indikatorjev se bomo v nalogi omejili na izračun specifične porabe električne energije na kWh/PE_{BPK}. Specifična poraba električne energije (SPee) na PE_{BPK} nam pove, koliko električne energije se na čistilni napravi porabi glede na obremenitev na PE. Obremenitev PE_{BPK} predstavlja obremenitev surove odpadne vode na prebivalca, ki se izraža v BPK. PE tako pomeni 1 PE = 60 g_{BPK}/dan.

PE se izračuna na naslednji način, kjer pomeni:

- BPK – biološka potreba po kisiku v mg/L
- Q_{vode} – pretok dotočne vode na čistilno napravo v m³/dan
- PE_{dan} – populacijski ekvivalent

$$PE = \frac{\left(\frac{mg}{l}\right) * c(BPK) * Q_{vode} \left(\frac{m^3}{dan}\right)}{\frac{60 g}{PE_{dan}}}$$

Za primerjavo smo vzeli podatke o specifični porabi energije SPee italijanskih čistilnih naprav za odpadne vode in statistične parametre štirih razredov zmogljivosti. Posamezni stolpci na sliki 15 vsebujejo statistične podatke vseh čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda ločeno na kapaciteto čistilne naprave (Vaccari, Foladori, Nembrini in Vitali, marec 2018).



Slika 15: Specifična poraba energije italijanskih čistilnih naprav odpadnih vod (Vir: Vaccari, Foladori, Nembrini in Vitali, marec 2018)

CČN Kranj se uvršča v razred čistilnih naprav s kapaciteto 10.000–100.000 PE, torej spada v tretji stolpec. Spodaj so tabele specifične porabe električne energije glede na upoštevanje optimizacijo.

Mesec v letu 2018	Povprečna vtočna vrednost BPK v mg/l	Povprečna vrednost pretoka na dotoku v m ³	Izračunana povprečna vrednost obremenitve v PE	Skupna poraba električne energije na CČN Kranj (kWh)	Povprečna specifična poraba električne energije na kWh / PE _{BPK}
januar	333,36	11.119,68	61.781	219.688	3,56
februar	269,00	13.300,43	59.630	195.466	3,28
marec	287,73	15.871,97	76.114	211.692	2,78
april	370,00	11.344,20	69.956	192.041	2,75
maj	298,00	10.179,81	50.560	198.077	3,92
junij	327,22	10.084,73	54.999	189.663	3,45
julij	286,35	9.100,32	43.431	185.987	4,28
avgust	284,32	9.062,48	42.944	177.798	4,14
september	319,40	9.877,33	52.580	173.712	3,30
oktober	336,00	10.491,58	58.753	186.582	3,18
november	290,00	12.715,13	61.456	185.443	3,02
december	312,13	7.764,35	40.391	199.472	4,94
skupaj				2.315.621	42,58

*Tabela 7: Specifična poraba energije v CČN brez lastne elektrike
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., marec 2018)*

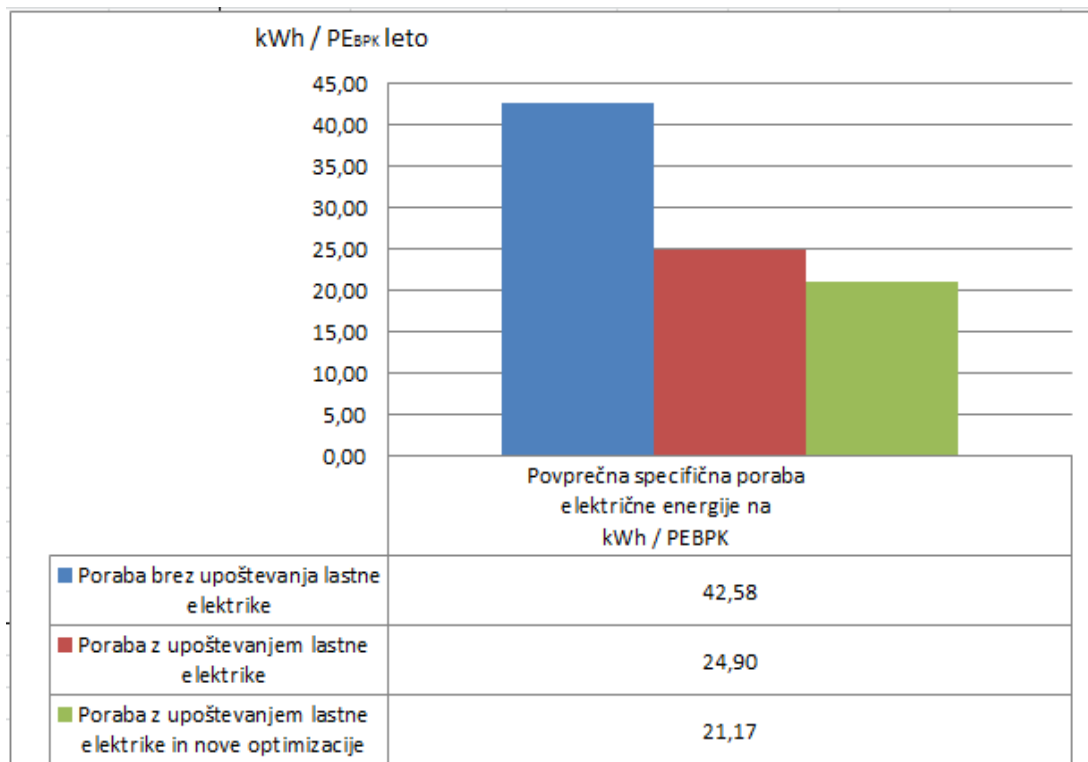
Mesec v letu 2018	Povprečna vtočna vrednost BPK v mg/l	Povprečna vrednost pretoka na dotoku v m ³	Izračunana povprečna vrednost obremenitve v PE	Poraba električne energije iz omrežja - nakup (kWh)	Povprečna specifična poraba električne energije na kWh / PE _{BPK}
januar	333,36	11.119,68	61.781	164.230	2,66
februar	269,00	13.300,43	59.630	153.136	2,57
marec	287,73	15.871,97	76.114	132.127	1,74
april	370,00	11.344,20	69.956	100.395	1,44
maj	298,00	10.179,81	50.560	100.805	1,99
junij	327,22	10.084,73	54.999	92.081	1,67
julij	286,35	9.100,32	43.431	98.867	2,28
avgust	284,32	9.062,48	42.944	94.416	2,20
september	319,40	9.877,33	52.580	115.826	2,20
oktober	336,00	10.491,58	58.753	111.340	1,90
november	290,00	12.715,13	61.456	102.804	1,67
december	312,13	7.764,35	40.391	104.738	2,59
skupaj				1.370.765	24,90

*Tabela 8: Specifična poraba energije v CČN z upoštevanjem lastne elektrike
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., marec 2018)*

Mesec v letu 2018	Povprečna vtočna vrednost BPK v mg/l	Povprečna vrednost pretoka na dotoku v m ³	Izračunana povprečna vrednost obremenitve v PE	Optimizirana poraba električne energije iz omrežja - nakup (kWh)	Povprečna specifična poraba električne energije na kWh / PE _{BPK}
januar	333,36	11.119,68	61.781	139.596	2,26
februar	269,00	13.300,43	59.630	130.166	2,18
marec	287,73	15.871,97	76.114	112.308	1,48
april	370,00	11.344,20	69.956	85.336	1,22
maj	298,00	10.179,81	50.560	85.684	1,69
junij	327,22	10.084,73	54.999	78.269	1,42
julij	286,35	9.100,32	43.431	84.037	1,93
avgust	284,32	9.062,48	42.944	80.254	1,87
september	319,40	9.877,33	52.580	98.452	1,87
oktober	336,00	10.491,58	58.753	94.639	1,61
november	290,00	12.715,13	61.456	87.383	1,42
december	312,13	7.764,35	40.391	89.027	2,20
skupaj				1.165.150	21,17

*Tabela 9: Specifična poraba energije v CČN s predvideno optimizacijo
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., marec 2018)*

Na sliki 16 je grafični prikaz različnih porab električne energije glede na upoštevanje posameznih učinkov optimizacij delovanja procesa čiščenja.



Slika 16: Primerjalni graf specifičnih porab električne energije v CČN Kranj
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., marec 2018)

S pomočjo primerjave specifične porabe električne energije v CČN Kranj na različnih stopnjah optimizacije smo dobili kakovostni podatek, s katerim lahko izvedemo primerjavo tudi z drugimi podobnimi čistilnimi napravami po svetu. Za primer smo vzeli statistične podatke čistilnih naprav v sosednji Italiji in prišli do zanimivih odkritij. CČN Kranj bi bila v osnovni izvedbi brez izvedenih kogeneracijskih enot v predvidenem območju italijanskih statističnih podatkov. Če upoštevamo, da je bila v CČN Kranj že upoštevana zelo kakovostna optimizacija s proizvodnjo bioplina ter uporabo kogeneracijskih enot, dobimo bistveno nižji podatek, pod 25 kWh/PE na leto. Z našo dodatno predlagano optimizacijo pa bi se poraba predvidoma še znižala na zelo dobrih 21,2 kWh/PE na leto.

4 FINANČNI DEL – VREDNOTENJE NOVE NALOŽBE

4.1 INVESTICIJA PO POSAMEZNIH NALOŽBAH

Investicije so za vsako podjetje ali organizacijo ključnega pomena in odločanje o investicijah je med najpomembnejšimi procesi, ki na podjetje vplivajo dolgoročno. Za pravilno odločanje so pomembni ustrezni podatki ter ustrezne metode, s katerimi lahko preverimo razna tveganja in scenarije, ki vplivajo na uspešnost investicije. V grobem jih delimo na statične in dinamične metode (Založba forum media, Finančni menedžment, 2018). Pred uporabo teh metod je treba najprej oceniti stroške investicije po posameznih področjih nadgradnje.

4.1.1 PODROČJE NADGRADNJE – SKUPNI DUŠIK

NADGRADNJA - SKUPNI DUŠIK	enota	kpl	cena EUR / enoto	skupaj EUR
Izdelava projektne dokumentacije PZI in PID	kpl	1,00	2.000,00	2.000,00
Izdelava funkcijske specifikacije na podlagi tehnoloških osnov	kpl	1,00	4.000,00	4.000,00
Dobava in vgradnja ustrezne dozirne črpalke septičnih vsebin	kpl	1,00	3.500,00	3.500,00
Dobava in vgradnja cevnege in montažnega materiala	kpl	1,00	4.500,00	4.500,00
Praznjenje zalogovnika in priprava za vgradnjo strojnih elementov	kpl	1,00	1.500,00	1.500,00
Dobava in vgradnja električnih inštalacij	kpl	1,00	1.000,00	1.000,00
Dobava in vgradnja elektro elementov v razdelilec 4MCC	kpl	1,00	750,00	750,00
Testiranje delovanja opreme	kpl	1,00	500,00	500,00
Izvedba programske nadgradnje in zagon opreme s tehnologom	kpl	1,00	7.500,00	7.500,00
Izvedba meritev in izdaja merilnega protokola	kpl	1,00	1.500,00	1.500,00
Skupaj kpl (ocena)	kpl			26.750,00

Tabela 10: Ocena nadgradnje – skupni dušik
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

4.1.2 PODROČJE NADGRADNJE – PROIZVODNJA ELEKTRIKE

NADGRADNJA – PROIZVODNJA ELEKTRIKE	enota	kosov / kpl	cena EUR / enoto	skupaj EUR
Izdelava projektne dokumentacije PZI in PID	kpl	1,00	500,00	500,00
Izdelava funkcijske specifikacije na podlagi tehnoloških osnov	kpl	1,00	1.500,00	1.500,00
Praznjenje plinohrama in priprava za vgradnjo merilnika nivoja	kpl	1,00	250,00	250,00
Dobava in vgradnja novega vrvičnega merilnika nivoja	kpl	1,00	2.000,00	2.000,00
Certificiranje novega merilnika vgrajenega v ATEX coni	kpl	1,00	750,00	750,00
Testiranje delovanja opreme	kpl	1,00	500,00	500,00
Izvedba programske nadgradnje in zagon opreme s tehnologom	kpl	1,00	4.500,00	4.500,00
Izvedba meritev in izdaja merilnega protokola	kpl	1,00	250,00	250,00
Skupaj kpl (ocena)	kpl			10.250,00

Tabela 11: Ocena nadgradnje – proizvodnja elektrike
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

4.1.3 PODROČJE NADGRADNJE – VIRTUALNA ELEKTRARNA

NADGRADNJA - VIRTUALNA ELEKTRARNA	enota	kosov / kpl	cena EUR / enoto	skupaj EUR
Izdelava projektne dokumentacije PZI in PID	kpl	1,00	2.000,00	2.000,00
Izdelava funkcijske specifikacije na podlagi tehničnih zahtev	kpl	1,00	1.000,00	1.000,00
Dobava in vgradnja komunikacijskega krmilnika za daljinsko upravljanje diesel generatorja	kpl	1,00	3.500,00	3.500,00
Vgraditev sinhronizacijske naprave in nadgradnja obstoječega krmiljenja v obstoječi diesel generator	kpl	1,00	6.500,00	6.500,00
Dograditev ostalih elektro elementov v diesel generator (releji, varovalke, tokovni transformatorji, ožičenje, vodovni material, zaščita pred dotikom,...)	kpl	1,00	850,00	850,00
Predelava obstoječega preklopnega mesta v obstoječi TP, preureditev električnih in mehanskih blokad, preparametriranje glavne preklopne logike ATS022, izvedba električnih, signalnih in komunikacijskih prevezav	kpl	1,00	4.500,00	4.500,00
Delo inženirjev na objektu (ocenjeno)	kpl	1,00	5.500,00	5.500,00
Funkcionalno testiranje delovanja opreme	kpl	1,00	500,00	500,00
Izvedba parametriranja in zagon	kpl	1,00	1.500,00	1.500,00
Vključitev generatorja in ostalih novih podatkov v obstoječi centralni nadzorni sistem CNS na CČN Kranj, izdelava ekranskih slik, grafov in arhiviranje podatkov	kpl	1,00	3.500,00	3.500,00
Izvedba meritev in izdaja merilnega protokola	kpl	1,00	1.500,00	1.500,00
Skupaj kpl (ocena)	kpl			30.850,00

Tabela 12: Ocena nadgradnje – virtualna elektrarna
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., december 2018)

4.2 REKAPITULACIJA SKUPNEGA STROŠKA NADGRADNJE

REKAPITULACIJA CELOTNE NADGRADNJE	enota	kosov / kpl	cena EUR / enoto	skupaj EUR
NADGRADNJA - SKUPNI DUŠIK	kpl	1,00	26.750,00	26.750,00
NADGRADNJA – PROIZVODNJA ELEKTRIKE	kpl	1,00	10.250,00	10.250,00
NADGRADNJA - VIRTUALNA ELEKTRARNA	kpl	1,00	30.850,00	30.850,00
Skupaj kpl (ocena)	kpl			67.850,00

Tabela 13: Ocena skupnega stroška nadgradnje CČN Kranj
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., december 2018.)

4.3 OCENA PRIČAKOVANIH FINANČNIH UČINKOV PO OPTIMIZACIJI

OCENA PREDVIDENIH UČINKOV / LETNO	Skupaj poraba električne energije iz omrežja (kWh)	Skupaj vsota registriranih obračunskih moči - konic (kW)	Cena za omrežnino (moč) letno (EUR)	Cena za energijo (poraba) letno (EUR)	Skupaj strošek za porabljeno el. energijo letno (EUR)
OBSTOJEČE STANJE	1.370.765	4.838	35.416,18	63.334,36	98.750,54
ŽELJENO STANJE PO OPTIMIZACIJI, OBRAČUNSKA MOČ -10% IN PORABA -15%	1.233.689	4.354	31.864,27	53.834,21	85.698,48
SKUPAJ PREDVIDEN PRIHRANEK PO OPTIMIZACIJI OBRATOVALNIH STROŠKOV					13.052,06
PREDVIDENI PRIHODKI VIRTUALNE ELEKTRARNE (samo iz naslova letne rezervacije)					18.972,00
Skupaj letni prihranek EUR (ocena)					32.024,06

Tabela 14: Ocena predvidenih učinkov po optimizaciji v CČN Kranj
(Vir: Hidroinženiring d.o.o., januar 2019)

4.4 SREDSTVA

Izračun stopnje amortizacije za predvideno naložbo:

Izračuna se po formuli, kjer pomeni:

- ZA – predvidena življenjska doba predvidene za 10 let
- STA – stopnja amortizacije

$$STA = \frac{100 \%}{ZA} = \frac{100}{10} = 10 \%$$

Stopnja amortizacije ob predvideni življenjski dobi predvidene opreme za 10 let znaša 10 %.

Letni znesek amortizacije se izračuna po formuli, kjer pomeni:

- Nv – nabavna vrednost naložbe
- PP – predvidena življenjska doba
- Am – amortizacija na leto

$$Am = \frac{Nv}{PP} = \frac{67.850,00 \text{ EUR}}{10} = 6.785,00 \text{ EUR / leto}$$

Letni znesek amortizacije znaša 6.785,00 EUR.

4.5 IZRAČUN INDIVIDUALNE DISKONTNE STOPNJE¹³

Izračunana individualna diskontna stopnja je eden od dejavnikov, ki zelo močno vplivajo na uspešnost investicije, in sicer na izračun neto sedanje vrednosti (NSV), pa tudi na druge pokazatelje uspešnosti investicije. Za določeno investicijo porabljena finančna sredstva morajo dosegati vsaj tolikšno diskontno stopnjo, kot znašajo npr. stroški najema kredita in obresti, ali vsaj toliko kot znašajo donosi lastnih sredstev, če bi jih namenili v druge naložbene namene ali s ponderirano aritmetično sredino¹⁴ kombiniranih virov financiranja.

¹³ Internetna stran podjetja AKC – izdelava poslovnih načrtov, področje investicije, Čebokli Zdravko, januar 2019, <http://www.akc.si/investicije.php>.

¹⁴ Internetna stran zveze RFR, Pojmovnik, dr. Turk Ivan, januar 2019, <https://www.zvezarfr.si/pripomocki/slovar?pojem=ponderirana%20aritmeti%C4%8Dna%20sredina>.

Predvideni viri financiranja:¹⁵

Vrsta finančnega vira	Delež v investiciji (%)	Znesek glede na delež v investiciji (EUR)	Obrestna mera 3 mes. EURIBOR** + pribitek (%)	Ponderirana obrestna mera (%)
1	2	3	4	5 = (2 x 4)/100
Domači kredit - banka*	90	61.065,00	5,39	4,85
Lastna sredstva (občina)	10	6.785,00	5,70	0,57
SKUPAJ	100	67.850,00		5,42

Tabela 15: Tabela izračuna ponderirane vrednosti finančnih virov
(Vir: UniKredit Banka in lastni izračun, marec 2019)

Izračunana individualna diskontna stopnja ob izbranih finančnih virih je 5,42 %.

4.6 PRIHODKI, ODHODKI IN RAZLIKA

Pričakovani optimistični letni prihodek oz. prihranek ob pričakovanem določenem obsegu proizvodnje se obračuna na osnovi formule, kjer pomeni:

- Ps – skupni strošek porabe električne energije v EUR
- Pn – strošek ob normalni porabi električne energije v EUR
- Pp – strošek ob porabi s prihrankom električne energije v EUR

$$P_s = P_n - P_p = 98.750,54 \text{ EUR} - 66.726,48 \text{ EUR} = 32.024,06 \text{ EUR}$$

Skupaj načrtovani optimistični letni prihranek (skupaj s prihodkom od virtualne elektrarne) zaradi izvedene optimizacije v CČN Kranj bi po izračunih znašal 32.024,06 EUR.

Pričakovani celotni optimistični prihodek oz. prihranek v določenem obdobju pri določenem obsegu proizvodnje se obračuna na osnovi formule, kjer pomeni:

- CP – celotni prihodek oz. prihranek (v EUR)
- Q – proizvodnja na leto (v kWh/leto)
- pc – prodajna cena oz. izračunani prihranek (v EUR)

$$CP = Q * pc = 320.240,60 \text{ EUR}$$

Pričakovani celotni prihodek (optimistična napoved) v življenjski dobi vgrajene opreme za 10 let bo znašal 320.240,60 EUR.

¹⁵*Informativni izračun za nekomitente UniKredit Bank, vir: https://kredit.unicreditbank.si/izracun-potrosniski-kredit?gclid=EA1a1QobChMIwl2Yr8uI4 QIVDMKyCh1uaQ6pEAAyAIAAEgL70vD_BwE#/konfigurator.

**Trimesečni EURIBOR je trenutno negativen (-0,31 %), zato je v izračunu upoštevan seštevek pribitka banke, ki po trenutnih podatkih UniKredit Banke znaša 5,70 %, in Euriborja -0,31 %, skupaj torej 5,39 % (podatki na dan 17. 3. 2019).

Odhodki so vsi stroški, ki nastajajo v času obratovanja v predvideni življenjski dobi. Vsi predvideni stroški za predmetno nadgradnjo so prikazani v spodnji tabeli za življenjsko dobo najmanj 10 let.

Ocenjeni letni stroški vzdrževanja izvedene nadgradnje	enota	kpl	cena EUR / enoto	skupaj v EUR / letno
Stroški rednega vzdrževanja	mesečno	12	150,00	1.800,00
Ciklično testiranje in pregledi opreme	letno	1	350,00	350,00
Ciklične meritve in izdaja poročil	na 4 leta	0,1	2.000,00	200,00
Vzdrževanje programske opreme	mesečno	12	60,00	720,00
Predvideni remont in menjave opreme	na 5 let	0,1	25.000,00	2.500,00
Stroški zavarovanja	letno	1,00	350,00	350,00
SKUPAJ				5.920,00

Tabela 16: Tabela povprečnih letnih stroškov vzdrževanja opreme
(Vir: Lastni izračun, januar 2019)

Pričakovani celotni odhodek v življenjski dobi 10 let bo znašal 59.200,00 EUR.

Razlika med prihodki in odhodki se obračuna na osnovi formule, kjer pomeni:

- CP – celotni prihodek oz. prihranek (v EUR)
- CO – celotni odhodek (v EUR)
- Rpo – razlika med prihodki in odhodki (v EUR)

$$Rpo = CP - CO$$

časovna obdobja			
i	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So
0	2019		67.850
1	2020	32.024	3.220
2	2021	32.024	3.220
3	2022	32.024	3.220
4	2023	32.024	4.020
5	2024	32.024	15.720
6	2025	32.024	3.220
7	2026	32.024	3.220
8	2027	32.024	4.020
9	2028	32.024	3.220
10	2029	32.024	16.120
Skupaj		320.240,60	127.050,00
SV		Sd-So=	193.190,60

Tabela 17: Tabela pričakovanih prihodkov in odhodkov
(Vir.: Lastni izračun, januar 2019)

Pričakovana celotna razlika med prihodki in odhodki v življenjski dobi 10 let bo znašala 193.190,60 EUR.

5 IZRAČUN UČINKOV NALOŽBE¹⁶

Z vidika gospodarjenja katere koli družbe, podjetja ali organizacije so investicijske odločitve med najpomembnejšimi poslovnimi odločitvami. Te so še posebej pomembne v okoljevarstveno usmerjenem podjetju, kot je npr. komunalno podjetje, saj stroški upravljanja in obratovanja bistveno določajo pogoje gospodarjenja v prihodnosti. Pri okoljevarstvenih naložbah so finančna sredstva vedno omejena, stroški vsake investicije pa neposredno vplivajo na ceno komunalnih storitev. Tako je skrbna proučitev v danem primeru več kot potrebna, optimizacija delovanja ter znižanje stroškov pa zelo pomembni odločitvi. Ker je poleg tehničnih rešitev pomemben tudi ekonomski del, bo treba z različnimi metodami ocenjevanja potrditi uspešnost predlagane investicije (Čebokli, januar 2019).

5.1 METODA SEDANJE VREDNOSTI NALOŽBE (NSV)

Neto sedanja vrednost (NSV) pomeni vrednost nekega projekta v sedanjem času in se jo opredeli kot razliko med diskontiranim tokom vseh prilivov (S_d) in diskontiranim tokom vseh odlivov (S_o) neke naložbe oz. kot vsoto diskontiranih neto prilivov iz finančnega toka naložbe. Po tej metodi je mogoče diskontirati donose v prihodnosti in investicijske izdatke na začetek, še preden nastopijo prvi investicijski izdatki. Vrednost naložbenega 1 EUR danes nima enake vrednosti kot vrednost 1 EUR dobička v prihodnosti. Osnovno pravilo pri odločitvi o naložbi na podlagi metode NSV je, da mora biti neto sedanja vrednost pozitivna, torej mora biti znesek neto sedanje vrednosti višji od celotnega negativnega toka stroškov. Naložbo se lahko sprejme, če je neto sedanja vrednost večja od 0 EUR, če je enaka 0 EUR ali celo manjša od 0 EUR pa se investicijo zavrne (Čebokli, januar 2019, Papler, 2005).

- NSV – sedanja vrednost naložbe oz. projekta ($NSV = S_d - S_o$)
- S_d – skupni donos naložbe oz. projekta
- S_o – skupni odhodki naložbe oz. projekta
- r – diskontna stopnja določena vnaprej
- n – število obdobj v življenjski dobi naložbe oz. projekta
- i – tekoči indeks časovnih obdobj

Izpolnjenost pogoja NSV:

Po tej metodi je naložba oz. projekt sprejemljiv, če izpolnjuje pogoj $NSV \geq 0$ (Papler, 2005).

¹⁶ Internetna stran podjetja AKC – izdelava poslovnih načrtov, področje investicije, Čebokli Zdravko, januar 2019, <http://www.akc.si/investicije.php>.

To pomeni, da so diskontne vrednosti skupnih donosov večje od diskontnih vrednosti skupnih odhodkov. Pri tem celotni odhodki pomenijo naložbe v projekt, donosi pa neto učinke (Papler, 2005).

NSV izračunamo z upoštevanjem ustrezne individualne diskontne stopnje, ki smo jo za naš primer izračunali na 5,42 %.

Tabela neto sedanje vrednosti ob izračunani individualni diskontni stopnji

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja r= 5,42 % (1+r)ⁱ	Diskontni faktor 1/(1+r)ⁱ	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju r=5,42 %	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju r=5,42 %
0	2019		67.850	1	1	0	67.850,00
1	2020	32.024	3.220	1,054	0,949	30.377,59	3.054,45
2	2021	32.024	3.220	1,111	0,900	28.815,78	2.897,41
3	2022	32.024	3.220	1,172	0,854	27.334,26	2.748,44
4	2023	32.024	4.020	1,235	0,810	25.928,91	3.254,87
5	2024	32.024	15.720	1,302	0,768	24.595,82	12.073,62
6	2025	32.024	3.220	1,373	0,729	23.331,27	2.345,94
7	2026	32.024	3.220	1,447	0,691	22.131,73	2.225,33
8	2027	32.024	4.020	1,525	0,656	20.993,86	2.635,37
9	2028	32.024	3.220	1,608	0,622	19.914,49	2.002,39
10	2029	32.024	16.120	1,695	0,590	18.890,62	9.509,00
Skupaj		320.240,60	127.050,00			242.314,34	110.596,83
SV		Sd-So=	193.190,60			Sv=Sd-So=	131.717,51

*Tabela 18: Tabela NSV naložbe ob izračunani diskontni stopnji 5,42 %
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)*

$$NSV = Sd - So$$

$$NSV = 242.314,34 \text{ EUR} - 110.596,83 \text{ EUR} = 131.717,51 \text{ EUR}$$

Pogoj $NSV > 0$ je izpolnjen in projekt sprejemljiv, saj je vsota donosov (Sd) višja kot vsota odhodkov (So) oziroma $Sd > So$, torej pri izračunu z dejanskimi podatki njegova sedanja vrednost znaša 131.717,51 EUR. NSV je bila izračunana pri izračunani 5,42% individualni diskontni stopnji (Papler, 2005).

5.2 METODA INTERNE STOPNJE DONOSNOSTI (ISD)¹⁷

Pri interni stopnji donosnosti (ISD) iščemo tisto diskontno stopnjo, z uporabo katere je NSV enaka 0 (nič) oziroma pri kateri se sedanja vrednost prilivov in sedanja vrednost odlivov izenačita. ISD uporabljamo kot investicijski kriterij tako, da jo

¹⁷ Internetna stran podjetja AKC – izdelava poslovnih načrtov, področje investicije, Čebokli Zdravko, januar 2019, <http://www.akc.si/investicije.php>.

primerjamo z individualno diskontno stopnjo. Za naložbo se odločimo, če je ISD višja od individualne diskontne stopnje, če ji je enaka smo ravnodušni, če je manjša, pa se za naložbo ne odločimo. Ko pa izbiramo med večjim številom naložbenih možnosti, se odločimo za tisto z najvišjo ISD (Čebokli, januar 2019).

Izračun interne diskontne stopnje, pri kateri bo NSV enaka 0 (nič) in kjer pomeni:

- ISD – interna stopnja donosnosti
- NSV – neto skupni donos ($NSV = S_d - S_o$)
- NSD_p – neto skupni donos pri diskontni stopnji R_p
- NSD_n – neto skupni donos pri diskontni stopnji R_n
- r_p – diskontna stopnja, pri kateri je NSD pozitiven
- r_n – diskontna stopnja, pri kateri je NSD negativen

Najprej poiščemo diskontno stopnjo, pri kateri je NSD negativen in pri kateri je NSD pozitiven.

Iskanje diskontne stopnje, pri kateri je NSD že negativen (oznaka r_n = 40 %)

indeks	leto	Skupaj prihodki S_d	Skupaj odhodki S_o	Diskontna stopnja r= 40 % $(1+r)^i$	Diskontni faktor $1/(1+r)^i$	Skupni donos S_d pri diskontnem faktorju r=40 %	Skupni odhodki S_o pri diskontnem faktorju r=40 %
0	2019		67.850	1	1	0	67.850,00
1	2020	32.024	3.220	1,400	0,714	22.874,33	2.300,00
2	2021	32.024	3.220	1,960	0,510	16.338,81	1.642,86
3	2022	32.024	3.220	2,744	0,364	11.670,58	1.173,47
4	2023	32.024	4.020	3,842	0,260	8.336,13	1.046,44
5	2024	32.024	15.720	5,378	0,186	5.954,38	2.922,89
6	2025	32.024	3.220	7,530	0,133	4.253,13	427,65
7	2026	32.024	3.220	10,541	0,095	3.037,95	305,46
8	2027	32.024	4.020	14,758	0,068	2.169,96	272,40
9	2028	32.024	3.220	20,661	0,048	1.549,97	155,85
10	2029	32.024	16.120	28,925	0,035	1.107,12	557,29
Skupaj		320.240,60	127.050,00			77.292,34	78.654,31
SV		S_d-S_o=	193.190,60			S_v=S_d-S_o=	-1.361,97

Tabela 19: Tabela diskontne stopnje 40 %, pri kateri je NSV negativen
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Iskanje diskontne stopnje, pri kateri je NSD še pozitiven (oznaka $r_p = 38\%$)

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 38\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=38\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=38\%$
0	2019		67.850	1	1	0	67.850,00
1	2020	32.024	3.220	1,380	0,725	23.205,80	2.333,33
2	2021	32.024	3.220	1,904	0,525	16.815,80	1.690,82
3	2022	32.024	3.220	2,628	0,381	12.185,36	1.225,23
4	2023	32.024	4.020	3,627	0,276	8.829,97	1.108,43
5	2024	32.024	15.720	5,005	0,200	6.398,53	3.140,92
6	2025	32.024	3.220	6,907	0,145	4.636,62	466,21
7	2026	32.024	3.220	9,531	0,105	3.359,87	337,83
8	2027	32.024	4.020	13,153	0,076	2.434,69	305,63
9	2028	32.024	3.220	18,151	0,055	1.764,26	177,40
10	2029	32.024	16.120	25,049	0,040	1.278,45	643,54
Skupaj		320.240,00	127.050,00			80.909,33	79.279,35
SV		Sd-So=	193.190,00			Sv=Sd-So=	1.629,99

Tabela 20: Tabela diskontne stopnje 38 %, pri kateri je NSV pozitiven
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Nato izračunamo interno diskontno stopnjo, pri kateri bo NSV enaka 0 (nič):

$$ISD = R_p + (R_n - R_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n} = 38 + (40 - 38) \cdot \frac{1.629,99}{1.629,99 - (-1.361,97)} = 39,07\%$$

Kontrolna tabela izračunane stopnje za NSV = 0.

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 39,07\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=39,07\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=39,07\%$
0	2019		67.850	1	1	0	67.850,00
1	2020	32.024	3.220	1,391	0,719	23.027,30	2.315,38
2	2021	32.024	3.220	1,934	0,517	16.558,06	1.664,90
3	2022	32.024	3.220	2,690	0,372	11.906,28	1.197,17
4	2023	32.024	4.020	3,741	0,267	8.561,36	1.074,71
5	2024	32.024	15.720	5,202	0,192	6.156,15	3.021,94
6	2025	32.024	3.220	7,234	0,138	4.426,65	445,10
7	2026	32.024	3.220	10,061	0,099	3.183,04	320,05
8	2027	32.024	4.020	13,992	0,071	2.288,80	287,32
9	2028	32.024	3.220	19,458	0,051	1.645,79	165,48
10	2029	32.024	16.120	27,060	0,037	1.183,43	595,70
Skupaj		320.240,60	127.050,00			78.936,86	78.937,75
SV		Sd-So=	193.190,60			Sv=Sd-So=	-0,89

Tabela 21: Kontrolna tabela za NSV = 0 pri diskontni stopnji 39,07 %
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Primerjava izračunane individualne in interne diskontne stopnje nam da podatek, ali se določeno investicijo sprejme ali zavrne. Če je donos ob interni diskontni stopnji višji kot donos pri individualni, potem se investicija lahko sprejme.

Izračunana individualna diskontna stopnja, pri kateri izračunana NSV znaša 5,42 %. Izračunana interna diskontna stopnja, pri kateri je NSV enaka 0 (nič), znaša 39,07 %.

Ob primerjavi obeh diskontnih stopenj ugotovimo, da je interna diskontna stopnja višja, torej se investicijo lahko sprejme.

5.3 SKUPNI DENARNI TOK IN LIKVIDNOST NALOŽBE V OBDOBJU 10 LET

V skupnem denarnem toku upoštevamo vse prihodke in odhodke, tudi lastna in tuja sredstva v predvideni 10-letni dobi naložbe (Papler, 2005).

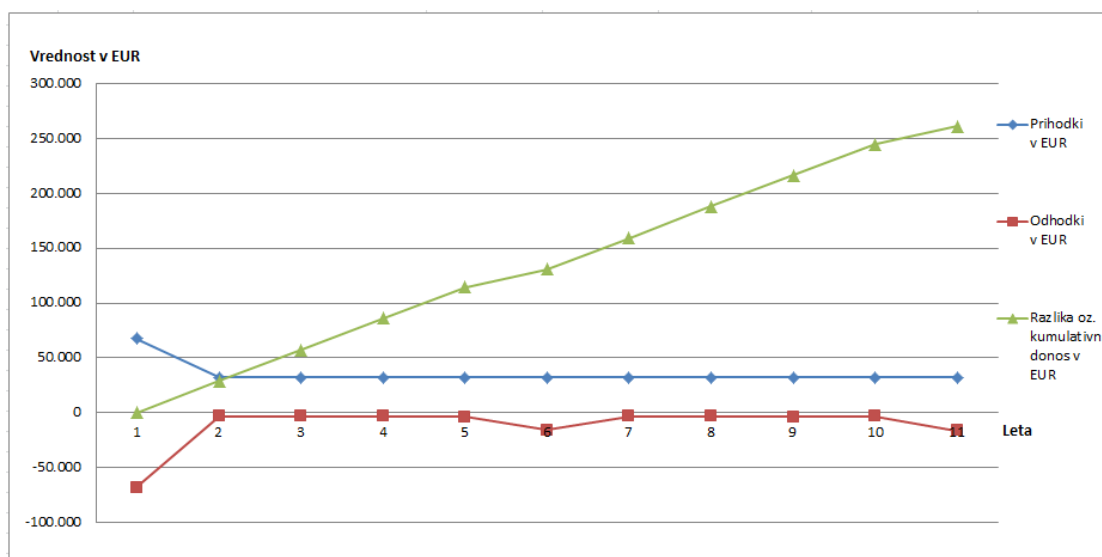
Tabela skupnega denarnega toka in prikaz likvidnosti naložbe

Leto	Prihodki v EUR	Odhodki v EUR	Razlika oz. kumulativni donos v EUR
Naložba	67.850	-67.850	0
1	32.024	-3.220	28.804
2	32.024	-3.220	57.608
3	32.024	-3.220	86.412
4	32.024	-4.020	114.416
5	32.024	-15.720	130.720
6	32.024	-3.220	159.524
7	32.024	-3.220	188.328
8	32.024	-4.020	216.332
9	32.024	-3.220	245.137
10	32.024	-16.120	261.041

Tabela 22: Tabela skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe
(Vir: Lastni izračun, marec 2019)

Iz podatkov v tabeli 19 je razvidno, da je skupni denarni tok v predvidenem 10-letnem obdobju ves čas pozitiven, kar zagotavlja ustrezno likvidnost naložbe. Grafično so trendi prikazani na sliki 17.

Prikaz skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe



Slika 17: Graf poteka skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe
(Vir: Lastni, marec 2019)

5.4 REALNI DENARNI TOK IN PRIKAZ DOBE VRAČANJA NALOŽBE

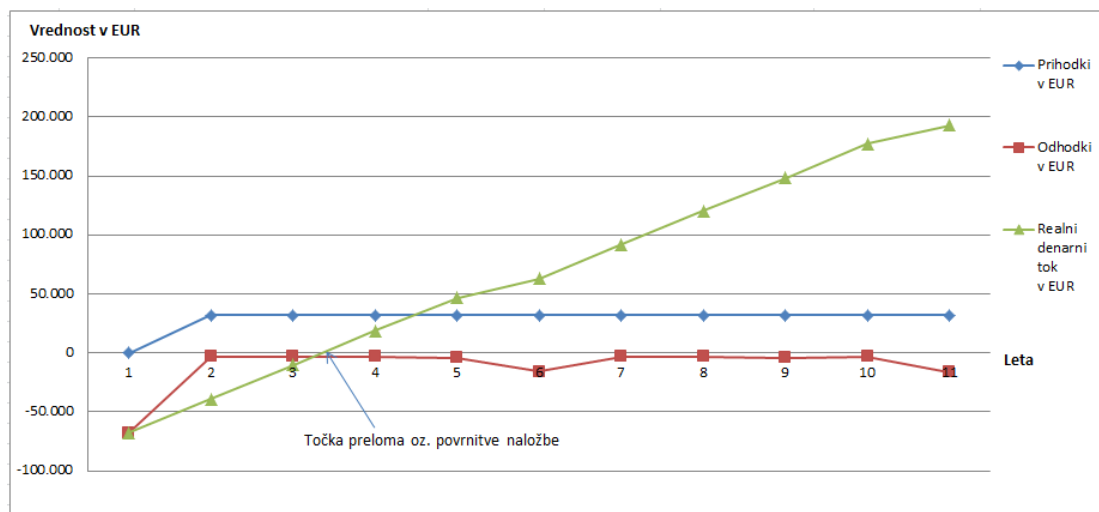
Realni denarni tok pomeni vse donose in odhodke s stališča investitorja v življenjski dobi naložbe, s tem da izločimo sredstva na donosni strani ter anuitete na odhodkovni strani ter upoštevamo le realne stroške (Papler, 2005).

Tabela realnega denarnega toka in prikaz dobe vračanja naložbe

Leto	Prihodki v EUR	Odhodki v EUR	Realni denarni tok v EUR
Naložba	0	-67.850	-67.850
1	32.024	-3.220	-39.046
2	32.024	-3.220	-10.242
3	32.024	-3.220	18.562
4	32.024	-4.020	46.566
5	32.024	-15.720	62.870
6	32.024	-3.220	91.674
7	32.024	-3.220	120.478
8	32.024	-4.020	148.482
9	32.024	-3.220	177.287
10	32.024	-16.120	193.191

Tabela 23: Tabela realnega denarnega toka in dobe vračanja naložbe
(Vir: Lastni izračun, marec 2019)

Prikaz realnega denarnega toka in dobe povrnitve naložbe



Slika 18: Graf poteka realnega denarnega toka in doba povrnitve naložbe
(Vir: Lastni, marec 2019)

Graf poteka realnega denarnega toka na sliki 18 nam skozi časovno dobo naložbe pokaže dobo vračanja. Realni denarni tok preide iz negativne vrednosti v pozitivno v 2,5 leta, kar pomeni, da se bo naložba v optimistično zastavljenem planu povrnila zelo hitro.

5.5 OCENA TVEGANJ IN NEGOTOVOSTI

Med oceno tveganj lahko štejemo naslednje dejavnike:

- padec proizvodnje bioplina zaradi kakršne koli tehnične okvare ali neustreznega dotoka na čistilno napravo itn.;
- nihanje kakovosti delovanja procesnega dela in posledično slabše splošno delovanje čistilne naprave (pojav škodljivih bakterij itn.);
- povečanje EURIBOR-ja za vzeti kredit (trenutno je negativen);
- povečanje stroškov vzdrževanja opreme in kadrov;
- sprememba zakonodaje glede vplivov proizvodnje na električno omrežje.

Ocena tveganja in negotovosti naložbe bo pripravljena ob izračunani diskontni stopnji 5,42 % in v kombinaciji naslednjih tveganj:

- pesimistične napovedi učinkov optimizacije (10 % nižji prihodki);
- ena večja okvara na kogeneraciji v roku pet let ter posledično tudi delni izpad dohodka;
- zaradi nepredvidenih del povečanje investicijskih stroškov na 80.000 EUR.

Izračun finančnih učinkov ob upoštevanju določenih tveganj in negotovosti

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r=5,42\%$ $(1+r)^t$	Diskontni faktor $1/(1+r)^t$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=5,42\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=5,42\%$
0	2019		80.000	1	1	0	80.000,00
1	2020	28.822	3.220	1,054	0,949	27.339,78	3.054,45
2	2021	28.822	3.220	1,111	0,900	25.934,15	2.897,41
3	2022	28.822	3.220	1,172	0,854	24.600,79	2.748,44
4	2023	28.822	4.020	1,235	0,810	23.335,98	3.254,87
5	2024	15.000	65.720	1,302	0,768	11.520,63	50.475,72
6	2025	28.822	3.220	1,373	0,729	20.998,10	2.345,94
7	2026	28.822	3.220	1,447	0,691	19.918,52	2.225,33
8	2027	28.822	4.020	1,525	0,656	18.894,44	2.635,37
9	2028	28.822	3.220	1,608	0,622	17.923,01	2.002,39
10	2029	28.822	16.120	1,695	0,590	17.001,53	9.509,00
Skupaj		274.394,40	189.200,00			207.466,93	161.148,93
SV		Sd-So=	85.194,40			Sv=Sd-So=	46.318,00

Tabela 24: Kontrolna tabela za NSV pri disk. st. 5,42 % in ob upoštevanju tveganj
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

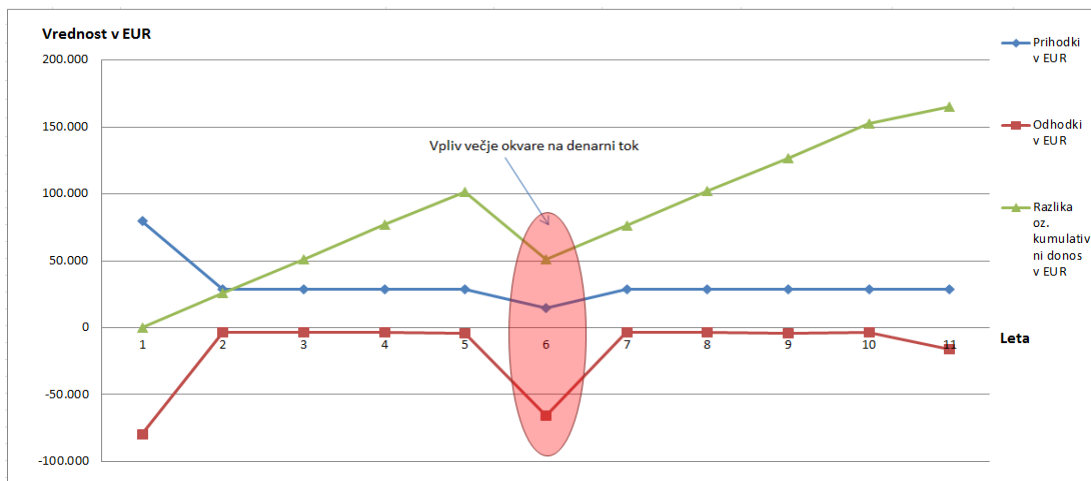
Pogoj $NSV > 0$ je izpolnjen in projekt sprejemljiv tudi ob hkratnem upoštevanju nižjih prihodkov, višje nepredvidene začetne investicije ter večje tehnične okvare v prvih petih letih po implementaciji optimizacije. Izračun pogoja NSV temelji na izračunani individualni diskontni stopnji 5,42 %, saj je vsota donosov (Sd) še vedno večja kot vsota odhodkov (So) oziroma $Sd > So$, torej bi v tem primeru njegova sedanja vrednost znašala 46.318,00 EUR.

Tabela skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe ob upoštevanju tveganj

Leto	Prihodki v EUR	Odhodki v EUR	Razlika oz. kumulativni donos v EUR
Naložba	80.000	-80.000	0
1	28.822	-3.220	25.602
2	28.822	-3.220	51.203
3	28.822	-3.220	76.805
4	28.822	-4.020	101.606
5	15.000	-65.720	50.886
6	28.822	-3.220	76.488
7	28.822	-3.220	102.090
8	28.822	-4.020	126.891
9	28.822	-3.220	152.493
10	28.822	-16.120	165.194

Tabela 25: Tabela skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe s tveganji
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Prikaz skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe ob upoštevanju tveganj in negotovosti



Slika 19: Graf poteka skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe s tveganji (Vir: Lastni, marec 2019)

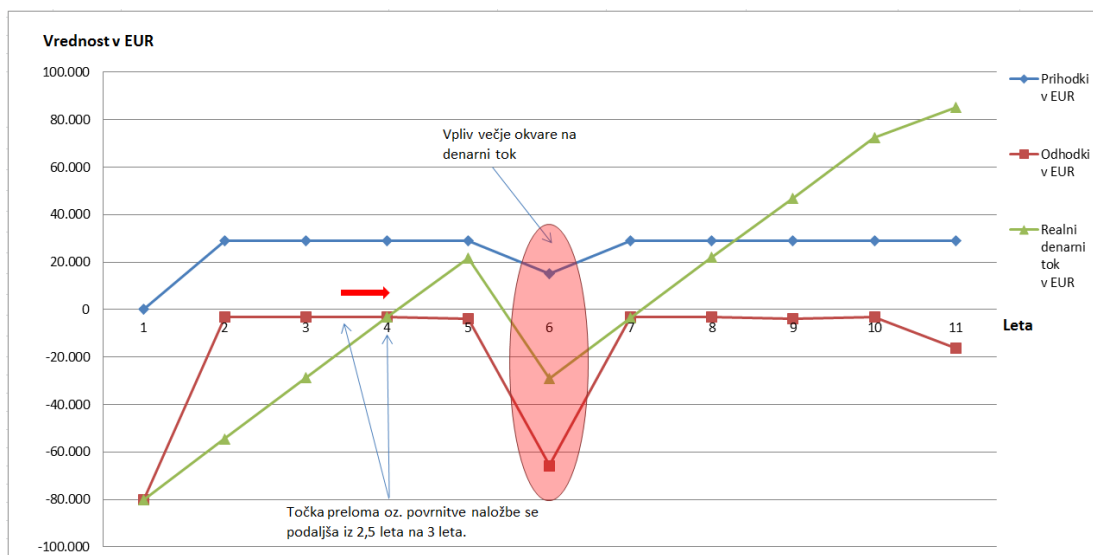
Iz podatkov je razvidno, da bo naložba kljub upoštevanju predvidenih tveganj in negotovosti še vedno ustrezno likvidna ves čas predvidenega 10-letnega obdobja. Poudariti je treba močan vpliv na likvidnost, ki ga povzroči nepredvidena večja okvara kogeneracije. Ob stroških popravila se hkrati pojavi tudi določen izpad dohodka.

Tabela realnega denarnega toka in dobe vračanja naložbe ob upoštevanju tveganj in negotovosti

Leto	Prihodki v EUR	Odhodki v EUR	Realni denarni tok v EUR
0	0	-80.000	-80.000
1	28.822	-3.220	-54.398
2	28.822	-3.220	-28.797
3	28.822	-3.220	-3.195
4	28.822	-4.020	21.606
5	15.000	-65.720	-29.114
6	28.822	-3.220	-3.512
7	28.822	-3.220	22.090
8	28.822	-4.020	46.891
9	28.822	-3.220	72.493
10	28.822	-16.120	85.194

Tabela 26: Tabela realnega denarnega toka in dobe vračanja s tveganji (Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Prikaz realnega denarnega toka in dobe povrnitve naložbe ob upoštevanju tveganj in negotovosti



Slika 20: Graf poteka realnega denarnega toka in doba povrnitve s tveganji
(Vir: Lastni, marec 2019)

Iz podatkov je razvidno, da bo predvidena doba povrnitve naložbe kljub upoštevanju predvidenih tveganj in negotovosti v naložbo še vedno sprejemljiva dobra 3 leta. Morebitna okvara na eni od kogeneracij zelo vpliva na denarne tokove, medtem ko upoštevanji nižjih prihodkov in večjega finančnega vložka od predvidenega ne vplivata bistveno na podaljšanje dobe vračanja investicije.

5.6 KAZALNIKI UČINKOVITOSTI IN USPEŠNOSTI¹⁸

Izračun enostavne dobe vračanja sredstev

Doba vračanja je opredeljena kot čas, v katerem kumulativa neto prilivov finančnega toka (donosov) v času obratovanja naložbe doseže vsoto investicijskih stroškov in ne sme biti daljša od ekonomske dobe naložbe. Po tej metodi je najuspešnejša tista investicija, ki ima najkrajšo dobo vračanja. Ta metoda daje le odgovor na vprašanje, v kolikem času se bodo investirana sredstva povrnila, ne upošteva pa vseh donosov naložbe, niti časovne razporeditve donosov in investicijskih stroškov, zato investicije medsebojno niso primerljive (Čebokli, januar 2019, Papler, 2005).

¹⁸ Internetna stran podjetja AKC – izdelava poslovnih načrtov, področje investicije, Čebokli Zdravko, januar 2019, <http://www.akc.si/investicije.php>.

Izračun enostavne dobe vračanja sredstev po formuli:

$$EVS = t = \frac{N}{d} = \frac{N}{Sd - So}$$

Kjer pomeni:

- N – celotna nabavna vrednost naložbe
- d – povprečni letni donos
- EVS – odplačilna doba v letih

Izračun kazalnika gospodarnosti ali ekonomičnosti

Pomen vrednosti kazalnika gospodarnosti ali ekonomičnosti E

E > 1 pomeni, da je bil v poslovnem procesu ustvarjen dobiček

E = 1 pomeni, da sta bila v poslovnem procesu ustvarjena enaka dobiček in potrošnja

E < 1 pomeni, da je bila v poslovnem procesu ustvarjena večja potrošnja, kot je bil ustvarjen dobiček; v tem primeru je to kazalec slabega gospodarjenja (Papler, 2005)

Izračun kazalnika po formuli:

$$E = \frac{Sd}{So}$$

Kjer pomeni:

- Sd – skupni donos naložbe oz. projekta
- So – skupni odhodki naložbe oz. projekta
- E – kazalnik gospodarnosti (E > 1 pomeni dobro gospodarjenje)

Izračun kazalnika donosnosti in rentabilnosti naložbe

Izračun kazalnika donosnosti nam pokaže, koliko neto dodane vrednosti doprinese 1 EUR naložbe. Relativna vrednost projekta mora biti večja od 0 (nič). To pomeni, da je projekt rentabilen in kot takšen sprejemljiv za naložbo (Papler, 2005).

Izračun kazalnika po formuli:

$$D = \frac{Sd - So}{N} \times 100 \%$$

Kjer pomeni:

- D – kazalnik donosnosti ali rentabilnosti

Izračun kazalnika donosnosti odhodkov ali rentabilnosti vseh sredstev

Izračun rentabilnosti vseh sredstev pokaže letni donos v odstotku od skupnih prihodkov za naložbo. V primeru, ko je večji od 0 (nič), pomeni, da je naložba rentabilna (Papler, 2005).

Izračun kazalnika po formuli:

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \times 100 \%$$

Kjer pomeni:

- Do – kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnosti vseh sredstev (Do > 0 pomeni, da je naložba rentabilna)

Kazalniki učinkovitosti in uspešnosti v optimističnem primeru pri r = 5,42 %:

1. Izračun enostavne dobe vračanja sredstev naložbe po formuli:

$$EVS = t = \frac{N}{d} = \frac{N}{Sd - So} = \frac{67.850,00 \text{ EUR}}{32.024,60 \text{ EUR} - 5.598,00 \text{ EUR}} = 2,5 \text{ leta}$$

Izračunana enostavna doba vračanja naložbe je 2,5 leta.

2. Izračun kazalnika gospodarnosti in ekonomičnosti po formuli:

$$E = \frac{Sd}{So} = \frac{242.314,34 \text{ EUR}}{110.596,83 \text{ EUR}} = 2,19 \%$$

pri pozitivni diskontni stopnji r = 5,42 %

Izračunana vrednost kazalnika gospodarnosti in ekonomičnosti pri pozitivni diskontni stopnji r = 5,42 % znaša >2,19 %.

3. Izračun kazalnika donosnosti ali rentabilnosti naložbe po formuli:

$$D = \frac{Sd - So}{N} \times 100 \% = \frac{242.314,34 \text{ EUR} - 110.596,83 \text{ EUR}}{67.850,30 \text{ EUR}} \times 100 \% = 194,13 \%$$

Izračunana vrednost kazalnika donosnosti ali rentabilnosti pri izračunani diskontni stopnji r = 5,42 % znaša 194,13 %.

4. Izračun kazalnika donosnosti odhodkov ali rentabilnosti vseh sredstev po formuli:

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \times 100\% = \frac{242.314,34 \text{ EUR} - 110.596,83 \text{ EUR}}{110.596,83 \text{ EUR}} \times 100\% = 119,10\%$$

Izračunana vrednost kazalnika donosnosti odhodkov ali rentabilnosti vseh sredstev pri pozitivni diskontni stopnji $R_p = 5,42\%$ znaša 119,10 %.

Kazalniki učinkovitosti in uspešnosti v primeru upoštevanja tveganj in negotovosti

1. Izračun enostavne dobe vračanja sredstev naložbe po formuli:

$$EVS = \frac{N}{d} = \frac{80.000,00 \text{ EUR}}{28.822,60 \text{ EUR} - 4.348,00 \text{ EUR}} = 3,26 \text{ leta}$$

Izračunana doba vračanja naložbe ob upoštevanju višje nepredvidene nabavne vrednosti, večje okvare na opremi in nižjem prihodku se podaljša na 3,26 leta.

2. Izračun kazalnika gospodarnosti in ekonomičnosti po formuli:

$$E = \frac{Sd}{So} = \frac{207.466,93 \text{ EUR}}{161.148,93 \text{ EUR}} = 1,29\% \quad \text{pri izračunani diskontni stopnji } r = 5,42\%$$

Izračunana vrednost kazalnika gospodarnosti in ekonomičnosti ob upoštevanju višje nepredvidene nabavne vrednosti, večje okvare na opremi in nižjem prihodku ter pri izračunani diskontni stopnji $r = 5,42\%$ znaša 1,29 %.

3. Izračun kazalnika donosnosti ali rentabilnosti naložbe po formuli:

$$D = \frac{Sd - So}{N} \times 100\% = \frac{207.466,93 \text{ EUR} - 161.148,93 \text{ EUR}}{80.000,00 \text{ EUR}} \times 100\% = 57,90\%$$

Izračunana vrednost kazalnika donosnosti ali rentabilnosti ob 10 % zmanjšanju prihodka, večji okvari na kogeneraciji, nepredvidenem povišanju investicije zaradi nepredvidenih del in pri izračunani diskontni stopnji $R_p = 5,42\%$ znaša 57,90 %.

4. Izračun kazalnika donosnosti odhodkov ali rentabilnosti vseh sredstev po formuli:

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \times 100\% = \frac{207.466,93 \text{ EUR} - 161.148,93 \text{ EUR}}{161.148,93 \text{ EUR}} \times 100\% = 28,74\%$$

Izračunana vrednost kazalnika donosnosti ali rentabilnosti ob 10% zmanjšanju prihodka, večji okvari na kogeneraciji, nepredvidenem povišanju investicije zaradi nepredvidenih del in pri izračunani diskontni stopnji $R_p = 5,42\%$ znaša 28,74 %.

Iskanje diskontne stopnje, pri kateri je NSD že negativen (oznaka $r_n = 18\%$)

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 18\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=18\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=18\%$
0	2019		80.000	1	1	0	80.000,00
1	2020	28.822	3.220	1,180	0,847	24.425,08	2.728,81
2	2021	28.822	3.220	1,392	0,718	20.699,22	2.312,55
3	2022	28.822	3.220	1,643	0,609	17.541,72	1.959,79
4	2023	28.822	4.020	1,939	0,516	14.865,86	2.073,47
5	2024	15.000	65.720	2,288	0,437	6.556,64	28.726,82
6	2025	28.822	3.220	2,700	0,370	10.676,43	1.192,79
7	2026	28.822	3.220	3,185	0,314	9.047,82	1.010,84
8	2027	28.822	4.020	3,759	0,266	7.667,65	1.069,47
9	2028	28.822	3.220	4,435	0,225	6.498,00	725,97
10	2029	28.822	16.120	5,234	0,191	5.506,78	3.079,96
Skupaj		274.394,40	189.200,00			123.485,21	124.880,48
SV		Sd-So=	85.194,40			Sv=Sd-So=	-1.395,27

Tabela 27: Tabela 18% diskontne stopnje pri kateri je NSV negativen
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Iskanje diskontne stopnje, pri kateri je NSD še pozitiven (oznaka $r_p = 17\%$)

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 18\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=18\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=18\%$
0	2019		80.000	1	1	0	80.000,00
1	2020	28.822	3.220	1,170	0,855	24.633,85	2.752,14
2	2021	28.822	3.220	1,369	0,731	21.054,57	2.352,25
3	2022	28.822	3.220	1,602	0,624	17.995,36	2.010,47
4	2023	28.822	4.020	1,874	0,534	15.380,65	2.145,27
5	2024	15.000	65.720	2,192	0,456	6.841,67	29.975,62
6	2025	28.822	3.220	2,565	0,390	11.235,77	1.255,28
7	2026	28.822	3.220	3,001	0,333	9.603,22	1.072,89
8	2027	28.822	4.020	3,511	0,285	8.207,88	1.144,83
9	2028	28.822	3.220	4,108	0,243	7.015,29	783,76
10	2029	28.822	16.120	4,807	0,208	5.995,97	3.353,56
Skupaj		274.394,40	189.200,00			127.964,22	126.846,08
SV		Sd-So=	85.194,40			Sv=Sd-So=	1.118,15

Tabela 28: Tabela 17% diskontne stopnje, pri kateri je NSV pozitiven
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Nato izračunamo interno diskontno stopnjo, pri kateri bo NSV enaka 0 (nič):

$$ISD = R_p + (R_n - R_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n} = 17 + (18 - 17) \cdot \frac{1.118,15}{1.118,15 - (-1.395,27)} = 17,437 \%$$

Kontrolna tabela izračunane stopnje za NSV = 0

indeks	leto	Skupaj prihodki Sd	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja r= 17,437 % $(1+r)^i$	Diskontni faktor $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju r=17,437 %	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju r=17,437 %
0	2019		80.000	1	1	0	80.000,00
1	2020	28.822	3.220	1,174	0,852	24.542,18	2.741,90
2	2021	28.822	3.220	1,379	0,725	20.898,17	2.334,78
3	2022	28.822	3.220	1,620	0,617	17.795,22	1.988,11
4	2023	28.822	4.020	1,902	0,526	15.152,99	2.113,52
5	2024	15.000	65.720	2,234	0,448	6.715,32	29.422,04
6	2025	28.822	3.220	2,623	0,381	10.987,23	1.227,51
7	2026	28.822	3.220	3,081	0,325	9.355,85	1.045,25
8	2027	28.822	4.020	3,618	0,276	7.966,70	1.111,19
9	2028	28.822	3.220	4,249	0,235	6.783,81	757,90
10	2029	28.822	16.120	4,989	0,200	5.776,55	3.230,84
Skupaj		274.394,40	189.200,00			125.974,02	125.973,04
SV		Sd-So=	85.194,40			Sv=Sd-So=	0,97

Tabela 29: Kontrolna tabela za NSV = 0 pri diskontni stopnji 17,437 %
(Vir: Izvor tabele Papler, izračun lastni, marec 2019)

Pregled kazalnikov učinkovitosti in uspešnosti v tabeli

Ekonomski kazalci	Investicija pri izračunani diskontni stopnji r=5,42 %	Investicija pri upoštevanju tveganj in diskontni stopnji r=5,42%
Naložba (v EUR)	67.850,00	80.000,00
Stroški (v EUR)	59.200,00	109.200,00
Prihodki (v EUR)	320.240,60	274.394,40
Sedanja vrednost projekta (v EUR) pri r=5,42%	131.717,51	46.318,00
Interna stopnja donosnosti ISD (v %)	39,07	17,437
1. Odplačilna doba (v letih)	2,5	3,26
2. Kazalnik gospodarnosti in ekonomičnosti E = (v %)	2,19	1,29
3. Kazalnik donosnosti in rentabilnosti naložbe D = (v %)	194,13	57,9
4. Kazalnik donosnosti odhodkov Do=(v %)	119,10	28,74

Tabela 30: Tabela ekonomskih kazalcev
(Vir: Lastni izračun, marec 2019)

V tabeli ekonomskih kazalcev je prikazana analiza posameznih kazalnikov glede na variante optimalne investicije ter investicije s predvidenimi možnimi določenimi tveganji, ki se v tovrstni industriji lahko zgodijo. Osnovna investicija izkazuje pozitivno in zelo uspešno rešitev, ki bi se ob predvidenih aktivnostih povrnila že v 2,5 leta. Druga možnost je predstavljena kot možnost bolj tvegane investicije, ki bi se ob zelo neugodnih dogodkih lahko precej poslabšala. Predvidelo se je težave že ob sami izvedbi investicije, kar bi podražilo začetno investicijo, nato bi bil problem pri zagotavljanju optimalnega delovanja tehnologije čiščenja, s čimer bi padla tudi lastna proizvodnja elektrike za 10 %. Kot dodatna oteževalna okoliščina je predviden še izpad delovanja kogeneracije zaradi večje okvare. Tako bi posledično prišlo do izpada dohodka in precejšnje investicije v popravilo naprave. Analiza predvidenih podatkov sicer še vedno pokaže smiselnost investicije, so pa ekonomski kazalci občutno slabši. Vračilna doba naložbe se sicer podaljša samo na dobra 3,2 leta, ker smo predvideli težjo okvaro šele v petem letu obratovanja. Strošek popravila zelo vpliva na vse kazalce ekonomičnosti.

6 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil proučiti realne možnosti za implementacijo sprememb in nadgradenj na obstoječi čistilni napravi v Kranju, ki bi omogočale določeno zmanjšanje obratovalnih stroškov. Čistilne naprave so v osnovi veliki potrošniki električne energije in vsaka možnost za izboljšanje delovanja, ki ima za posledico zmanjšanje porabe električne energije, pomeni dobro naložbo.

Uvodoma so bile predstavljene možnosti za optimizacijo delovanja na dveh področjih znotraj tehnološkega procesa čiščenja in dodatna tretja možnost koriščenja obstoječega rezervnega generatorja kot generatorja za namen virtualne elektrarne.

Torej je bil primarni cilj diplomske naloge na podlagi raziskovalnega dela ugotoviti, kolikšna je trenutna učinkovitost delovanja in kako čim bolj izkoristiti obstoječe možnosti ter z ustrežno nadgradnjo ali dodelavo obstoječe tehnološke opreme, pod pogojem ekonomsko še upravičene investicije, doseči kar največje znižanje obratovalnih stroškov. Treba je poudariti, da je naprava relativno nova, zelo sodobno zasnovana in da je že v osnovni tehnološki izvedbi vsebovala določene optimizacije, kot so izraba bioplina ter soproizvodnja toplotne in električne energije, kar jo uvršča med najvarčnejše naprave v regiji. Omenjeno učinkovitost pri porabi električne energije smo primerjali s statistično obdelanimi podobnimi napravami v Italiji, in po rezultatih CČN Kranj dosega odličnih $SP_{ee} < 25$ kWh/PE/leto. Z našo dodatno predlagano optimizacijo pa bi se poraba predvidoma še znižala na $SP_{ee} < 21,2$ kWh/PE/leto.

Finančni izračun je pokazal ekonomsko upravičenost predlagane nadgradnje tudi v primeru upoštevanja nekoliko slabših okoliščin in določenih nepredvidenih dogodkov. Doba vračanja naložbe v optimistično zastavljenem načrtu je 2,5 leta, v primeru

upoštevanja določenih tveganj in negotovosti pa se ta doba podaljša na še vedno sprejemljiva 3,26 leta. Na ugodno dobo vračanja naložbe zelo pripomore tudi dodatni vir dohodkov ob nadgradnji obstoječega generatorja v virtualno elektrarno.

Obeti za prihodnost

Ker je tehnološka oprema na Centralni čistilni napravi Kranj relativno nova in temu primerno sodobna, so mogoče tudi druge postopne optimizacije, ki bi v prihodnosti pomenile določene prihranke ter še stabilnejše delovanje procesa. Ena od teh bi bila proučitev možnosti za postavitve samostojnega sklopa za sušenje blata po izvedeni dehidraciji, kjer bi se lahko dosegalo bistveno višjo suhost blata ter posledično nižji strošek odvoza tega blata na sežiganje.

Skrbno spremljanje sodobnih trendov pri učinkoviti rabi energije ter obnovljivih virov omogoča nadgradnjo znanja za uporabo novih tehnologij in organizacijskih ukrepov, ki za doseganje enakih ali celo boljših učinkov zahtevajo manj energije.

7 LITERATURA IN VIRI

Akt o določitvi metodologije za določanje cen sistemskih storitev, Uradni list RS 15/18 in 20/19, *neuradno prečiščeno besedilo št.1*, (2019). Pridobljeno marec 2019 vir: http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=AKT_1029.

Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira in metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje (Uradni list RS, št. 66/15, 105/15, 61/16 in 46/18), *neuradno prečiščeno besedilo št. 2*. Pridobljeno marec 2019, vir: http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=AKT_944.

Aqua consult GmbH, (marec 2013). *Upgrading of the Kranj Waste Water Treatment Plant, Concept Sizing of the Main Treatment Components*, vir: interna dokumentacija na projektu izdelave projektne tehnične dokumentacije za nadgradnjo CČN Kranj.

Bajželj, B. (oktober 2016). *Načrt gospodarjenja z blatom*, vir: https://www.komunala-kranj.si/sites/default/files/public/4_Na%C4%8Drt%20gospodarjenja%20z%20blatom_2017_2020.pdf.

Bojnec, Š., Papler, D. *Biogas energy development in Slovenia. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, ISSN 1584–2665, (2013), tome 9, fasc. 1, str. 77–86, tabele. vir: https://www.researchgate.net/publication/280918358_Biogas_energy_development_in_Slovenia

Cigre, XX (2015). *Uporaba dizel električnih agregatov za terciarno regulacijo frekvence*, 12. konferenca slovenskih elektroenergetikov, Portorož 2015. Pridobljeno november 2018, vir: <https://www.cigre-cired.si/referat/uporaba-dizel-elektricnih-agregatov-za-terciarno-regulacijo-frekvence>

COMteh d.o.o., (december 2018). Internetna stran *Biološko čiščenje*. Pridobljeno december 2018, vir: <http://www.comteh.si/biolosko-ciscenje.html>

Čebokli, Z. (januar 2019). Internetna stran podjetja AKC – *izdelava poslovnih načrtov, področje investicije*. Pridobljeno januar 2019, vir: <http://www.akc.si/investicije.php>

ELES, d.o.o., (2019). *Rezultati javne dražbe za terciarno regulacijo frekvence za januar 2019*. Pridobljeno januar 2019, vir: <https://www.eles.si/obratovanje/novice-za-poslovne-uporabnike/ArticleID/14096/Rezultati-javne-drazbe-za-terciarno-regulacijo-frekvence-za-januar-2019>

Energetski zakon EZ-1, Uradni list RS 17/14, 81/15, *neuradno prečiščeno besedilo št. 1*, (2015). Pridobljeno marec 2019, vir: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6665>.

German Association for Waterm Wastewater and Waste (DWA). Theodor-Heuss-Alle 17, 53773 Hennef, Germany, Edition 2015 (2015), *Usposobljenost osebja za delo na čistilni napravi*, prevod Slovensko društvo za zaščito voda, Hajdrihova ulica 19, Ljubljana, namen: Strokovna literatura za delavce na čistilnih napravah.

Habjan, V. (30. 6. 2014). strokovni članek v reviji NAŠ STIK, *Dobre izkušnje virtualne elektrarne skupine Elektra Ljubljana*. Pridobljeno januar 2019, vir: <http://www.nas-stik.si/1/Novice/novice/tabid/87/ID/2449/Dobre-izkusnje-virtualne-elektrarne-skupine-Elektra-Ljubljana.aspx>

Hidroinženiring d.o.o., (2012–2013). PGD, *4–3 Načrt električnih inštalacij in električne opreme – tehnološka oprema*, št: PGD – 6C11303-10, marec 2013, vir: Interna dokumentacija.

Hidroinženiring d.o.o., (2012–2013). PZI, *4–3 Načrt električnih inštalacij in električne opreme – tehnološka oprema*, št: PZI – 6C11303-20, avgust 2013, vir: Interna dokumentacija.

Kemija.net, (december 2018). e-gradiva, področje: Obdelava blata, ki nastaja na bioloških čistilnih napravah. Pridobljeno december 2018, vir: https://kemija.net/e-gradiva/odvajanje_in_ciscenje_odpadnih_voda/5_0_Obdelava_blata_ki_nastaja_na_bioloskih_cistilnih_napravah/anaerobna_presnova.html

Konzorcij Veolia Voda d.o.o., Aquaconsult GmbH in IEI d.o.o. (2012). *IDZ, Nadgradnja CČN Kranj*, Konzorcija Veolia Voda, aqua consult, IEI, št. pr. 110322/2: Kranj_IDZ_AC_02_13321 s podpisi.doc.

Papler, D. (2005). 7. konferenca slovenskih elektroenergetikov – Velenje 2005, *Interna stopnja donosnosti, kriterij ekonomskega optimiranja elektroenergetske infrastrukture z vidika gospodarskega inženirstva*. Pridobljeno december 2018, vir: https://www.researchgate.net/publication/241037211_Interna_stopnja_donosnosti_kriterij_ekonomskega_optimiranja_elektroenergetske_infrastrukture_z_vidika_gospodarskega_inzenirstva.

Papler, D. (december 2016). Zapiski predavanj in prejeta gradivo na predavanjih pri predmetu Učinkovita raba in obnovljivi viri energije, Višja strokovna šola ICES, Ljubljana, šolsko leto 2016/17.

Pravila za izvajanje izravnalnega trga z elektriko, Uradni list RS 97/14, 28/17, *neuradno prečiščeno besedilo št. 1, (2017)*. Pridobljeno marec 2019, vir: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=DRUG4066>.

SODO d.o.o., (2010). *Navodila za priključevanje in obratovanje elektrarn inštalirane električne moči do 10 MW*. Pridobljeno december 2018, vir: https://www.sodo.si/_files/366/SONDO%202011%20Priloga%205.pdf

Turk, I. (januar 2019). Zveza računovodij, finančnikov in revizorjev Slovenije (RFR), *Pojmovnik*. Pridobljeno januar 2019, vir: <https://www.zvezarfr.si/pripomocki/slovar?pojem=ponderirana%20aritmeti%C4%8Dna%20sredina>

Založba Forum Media d.o.o., (november 2018). Priročnik *Finančni menedžment*. Pridobljeno december 2018, vir: <https://www.zfm.si/prirocniki/uspesen-financni-menedzer.html>

Sistemska obratovalna navodila za distribucijsko omrežje električne energije, Uradni list RS 41/11, 17/14 - EZ-1, (2011). Pridobljeno marec 2019, vir: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=NAVO1023>.

Stepančič, M., Kocijan, J. (oktober 2014). Strokovni članek v reviji Ventil, *Prediktivno vodenje nestabilnega sistema s sprotno identifikacijo verjetnostnega modela*. Pridobljeno januar 2019, vir: <http://www.revija-ventil.si/data/strokovni-clanki/20-2014-5/stepancic.pdf>.

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS 98/15 in 76/17, *neuradno prečiščeno besedilo št. 1* (2017). Pridobljeno marec 2019, vir: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951>.

Vaccari, M., Foladori P., Nembrini S., in Vitali F. (marec 2018). Strokovni članek *Water Science & Technology, Benchmarking of energy consumption in municipal wastewater treatment plants – a survey of over 200 plants in Italy*. Pridobljeno marec 2019, vir: <https://iwaponline.com/wst/article/77/9/2242/38630/Benchmarking-of-energy-consumption-in-municipal>

Wikipedija, (november 2018), prosta internetna enciklopedija, tema: *Algoritem*. Pridobljeno december 2018, vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Algoritem>.

Wikipedija, (november 2018), prosta internetna enciklopedija, tema: *Čistilna naprava*. Pridobljeno december 2018, vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cistilna_naprava

PRILOGE

Priloga 1: Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti (1 stran)

Priloga 2: Merilna poročila v CČN Kranj

- 1. mesečno poročilo – januar 2018 (4 strani)
- 2. mesečno poročilo – februar 2018 (4 strani)
- 3. mesečno poročilo – marec 2018 (4 strani)
- 4. mesečno poročilo – april 2018 (4 strani)
- 5. mesečno poročilo – maj 2018 (4 strani)
- 6. mesečno poročilo – junij 2018 (4 strani)
- 7. mesečno poročilo – julij 2018 (4 strani)
- 8. mesečno poročilo – avgust 2018 (4 strani)
- 9. mesečno poročilo – september 2018 (4 strani)
- 10. mesečno poročilo – oktober 2018 (4 strani)
- 11. mesečno poročilo – november 2018 (4 strani)
- 12. mesečno poročilo – december 2018 (4 strani)