Analiza rada termoelektrane i hidroelektrane na Peruči

Mrla, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:015652

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Domagoj Mrla

Zagreb, veljača 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

voditelj rada: student:
doc. dr. sc. Mislav Čehil Domagoj Mrla

Zagreb, veljača 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Domagoj Mrla** Mat. br.: 0035196659

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza rada termoelektrane i hidroelektrane na Peruči**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of Thermal and Hydro Power Plant on Lake Peruča**

Opis zadatka:

Proteklih nekoliko godina postojala je namjera izgradnje termoelektrane i hidroelektrane na jezeru Peruča. U termoelektrani bi se koristilo plinsko gorivo u kombiniranom postrojenju s plinskom i parnom turbinom ukupne električne snage 450MW te 50MW toplinske snage. Hidroelektrana snage 500 MW bi bila reverzibilnog tipa.

U radu je potrebno napraviti analizu rada planirane termoelektrane i hidroelektrane te mogućeg uklapanja u elektroenergetski sustav Republike Hrvatske.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:
1. rok: 22. veljače 2019.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Mislav Čehil

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, služeći se znanjem stečenim tijekom studija i koristeći navedenu literaturu.

Ovom prilikom zahvaljujem se voditelju rada doc. dr. sc. Mislavu Čehilu na savjetima i pomoći tijekom izrade završnog rada.

Također zahvaljujem se obitelji i djevojci na razumijevanju, potpori, pomoći i strpljenju kako tijekom izrade ovog rada tako i tijekom trajanja cijelog studija.

Domagoj Mrla

SAŽETAK

Potrebe za električnom energijom u razvijenom svijetu rastu svake godine te se shodno tome nameće potreba za izgradnjom dodatnih energetskih postrojenja. Slučaj Republike Hrvatske i njenog elektro-energetskog sustava nije izuzetak u tom slučaju. Tako se 2016. javnosti predstavio projekt izgradnje kombi-kogeneracijske plinske elektrane na Perućkom jezeru u blizini već postojeće Hidroelektrane Peruća. Projekt je predstavljen kao strateška investicija u zapuštenu Dalmatinsku Zagoru, energetsko osamostaljivanje Hrvatske i Dalmacije te kao nužna potreba u ljetnim mjesecima kada je turistička sezona na vrhuncu, a potrebe za električnom energijom višestruko veće nego tijekom ostatka godine. Odmah po predstavljanju projekta u javnosti se pojavila polemika oko pitanja izgradnje termoelektrane na najvećem bazenu pitke vode u Republici Hrvatskoj. Rad predstavlja energetsku iskorištenost rijeke Cetine, dostupne tehničke podatke o novoj elektrani, problem gašenja plinskih elektrana u Europi; analizira utjecaj rada elektrane na okoliš i ljude te propituje ekonomsku smislenost projekta. Paralelno s izgradnjom termoelektrane predviđena je i izgradnja plinovoda Dugopolje-Peruća te dalekovoda napona 440kV Peruća-Konjsko. Uz ta dva projekta bez kojih termoelektrana nije izvediva predstavljen je i projekt izgradnje reverzibilne hidroelektrane na Peruči gdje bi gornja akumulacija bila na dinarskoj visoravni Ravno Vrdovo. Analizom cijena plina, cijene električne energije iz uvoza, dostupnih podataka o onečišćenju, manjkavosti nekih prikazanih podataka, postojećim energetskim postrojenjima na Cetini, položajima vodocrpilišta, Studije o utjecaju na okoliš dobivamo realnu sliku o tome postoje li potreba za novim velikim postrojenjima u elektro-energetskom sustavu Republike Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI

Republika Hrvatska, Dalmacija, Peruća, Cetina, termoelektrana, reverzibilna hidroelektrana, pitka voda, elektroenergetski sustav

SUMMARY

The demand for electricity in the developed world is increasing every year, and consequently the need for the construction of additional power plants is imposed. The case of the Republic of Croatia and its electricity system is no exception in this case. Thus, in 2016, the project for the construction of a combined-cogeneration gas power plant on lake Peruća near the already existing Hydroelectric power plant Peruća was presented to the public. The project was presented as a strategic investment in the neglected Dalmatian Zagora, energy independence of Croatia and Dalmatia, and as a necessary necessity in the summer months when the tourist season is at its peak and electricity needs are many times higher than during the rest of the year. Immediately after the presentation of the project, controversy arose over the issue of the construction of a thermal power plant at the largest drinking water pool in the Republic of Croatia. The paper presents the energy efficiency of the Cetina River, the available technical data on the new power plant, the problem of shutting down gas power plants in Europe; analyses the impact of the power plant operation on the environment and people and questions the economic relevance of the project. Parallel to the construction of the thermal power plant, the construction of the Dugopolje-Peruća gas pipeline and the 440kV Peruća-Konjsko transmission line is envisaged. In addition to these two projects without which the thermal power plant is not feasible, a project for the construction of a reversible hydroelectric power plant on Peruća was presented, where the upper reservoir would be on the Dinaric plateau Ravno Vrdovo. By analyzing gas prices, electricity prices from imports, available pollution data, lack of some of the data presented, existing energy plants at Cetina, water supply sites, environmental impact study we get a realistic picture of whether there is a need for new large power plants electro-energy system of the Republic of Croatia.

KEY WORDS

Republic of Croatia, Dalmatia, Peruća, Cetina, termoelectric plant, reversible hidroelektric plant, drinkable water, electro-energy system

SADRŽAJ

SAŽETAK 5

SUMMARY 6

SADRŽAJ 7

POPIS OZNAKA 9

POPIS SLIKA 10

POPIS TABLICA 11

1. UVOD 12

2. HIDROENERGETSKI SUSTAV RIJEKE CETINE 13

2.1 Popis hidroenergetskih postrojenja na Cetini 14

2.1.1 Hidroelektrana Peruća i Perućko jezero 14

2.1.2 Hidroelektrana Orlovac [7] 15

2.1.3. Hidroelektrana Đale [10] 17

2.1.4. akumulacija Prančevići i MHE Prančevići [12] 17

2.1.5. Hidroelektrana Kraljevac [13] 18

2.1.6. Hidroelektrana Zakučac [15] 20

2.2 Tablična usporedba hidroelektrana na Cetini 21

3. REVERZIBILNA HIDROELEKTRANA VRDOVO 23

3.1. Općenito o reverzibilnim hidroelektranama 23

3.2. Opći podaci o RHE Vrdovo [16] 24

3.3. Tablična usporedba s RHE Velebit 26

4. KOMBI-KOGENERACIJSKA PLINSKA ELEKTRANA PERUĆA 27

4.1. Kombinirani proces 27

4.2. Kogeneracijski proces [21] 28

4.3. Opći podaci o KKPE Peruća 28

4.4. Usporedba sa sličnim postrojenjima i analiza zagrijavanja vode 32

4.5. ugašene plinske elektrane u Europi 35

5. EKOLOŠKI PROBLEMI KKPE PERUĆA 37
5.1. Problemi Studije o utjecaju na okoliš 37
5.2. Zagađenje zraka [23] 38
5.4. Otpadne vode 38
5.5. Vodozahvati na rijeci Cetini [39] 39
6. EKONOMSKA ANALIZA GRADNJE ELEKTRANE 41
6.1. Stabilnost elektroenergetskog sustava Hrvatske 41
6.2. vršna opterećenja elektroenergetskog sustava 42
6.3. Usporedba cijena električne energije i cijene proizvodnje iz plina 44
6.4. Trgovinska razmjena [44] 44
7. ZAKLJUČAK 46
8. LITERATURA 47

POPIS OZNAKA

HE	hidroelektrana
EES	elektro energetski sustav
RHE	reverzibilna hidroelektrana
MHE	mala hidroelektrana
KKPE	kombi kogeneracijska plinska elektrana
TE-TO	termoelektrana-toplana
EL-TO	elektrana-toplana
TS	trafostanica
NE	nuklearna elektrana
HOPS	Hrvatski operater prijenosnog sustava
CROPEX	Croatian power exchange

POPIS SLIKA

Slika 1. Hidroenergetski sustav rijeke Cetine [2] 13
Slika 2.Pogled na HE Peruća i Perućko jezero [4] 14
Slika 3. Satelitski pogled na Perućko jezero [6] 15
Slika 4. HE Orlovac i dovodni tunel [8] 16
Slika 5. Sustav Buško blato – Lipa – Orlovac [9] 16
Slika 6. Hidroelektrana Đale s akumulacijskim jezerom [11] 17
Slika 7. Akumulacija, brana i MHE Prančevići i ulazna građevina HE Zakučac 18
Slika 8. HE Kraljevac i dovodni cjevovodi [14] 19
Slika 9. HE Zakučac - izlazna građevina i rasklopište 20
Slika 10. HE Zakučac – rasklopište, odvodni kanal i rijeka Cetina 21
Slika 11. RHE Vrdovo – panoramski pogled [17] 25
Slika 12. Shema kombiniranog procesa [20] 27
Slika 13. Planirana lokacija gradnje KKPE Peruća [22] 29
Slika 14. Etažiranje KKPE Peruća[23, stranica 35.] 29
Slika 15. Trasa dalekovoda Hrvace – Konjsko[24] 30
Slika 16. Spojni plinovod Peruća – Dugopolje[25] 31
Slika 17. Potrošnja na mreži prijenosa RH 2018. [41] 42
Slika 18. Potrošnja na mreži prijenosa RH 2017. [40] 43

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz svojstava hidroelektrana na Cetini 21
Tablica 2. Usporedba RHE Vrdovo i RHE Velebit 26
Tablica 3. Tehnički podaci KKPE Peruća 32
Tablica 4. Usporedba KKPE Peruća s NE Krško i TE-TO Zagreb 33
Tablica 5. Popis ugašenih plinskih elektrana 36
Tablica 6. Ispušni dimni plinovi 38
Tablica 7. Prekidi napajanja u 2017. godini [40] 41
Tablica 8. Prekidi napajanja u 2018. godini [41] 42
Tablica 9. Uvezena električna energija[GWh] u 2018. [44] 45
Tablica 10. Izvezena električna energija[GWh] u 2018. 45

1. UVOD

Tijekom dosadašnjeg trajanja studija predstavljene su, kroz više kolegija, elektrane raznih vrsta pogona. Ovaj rad ima za cilj pokazati smisao i potrebu izgradnje kombi-kogeneracijske plinske elektrane na jezeru Peruća te reverzibilne hidroelektrane na istom tom jezeru s gornjom akumulacijom na dinarskoj visoravni Ravno Vrdovo.

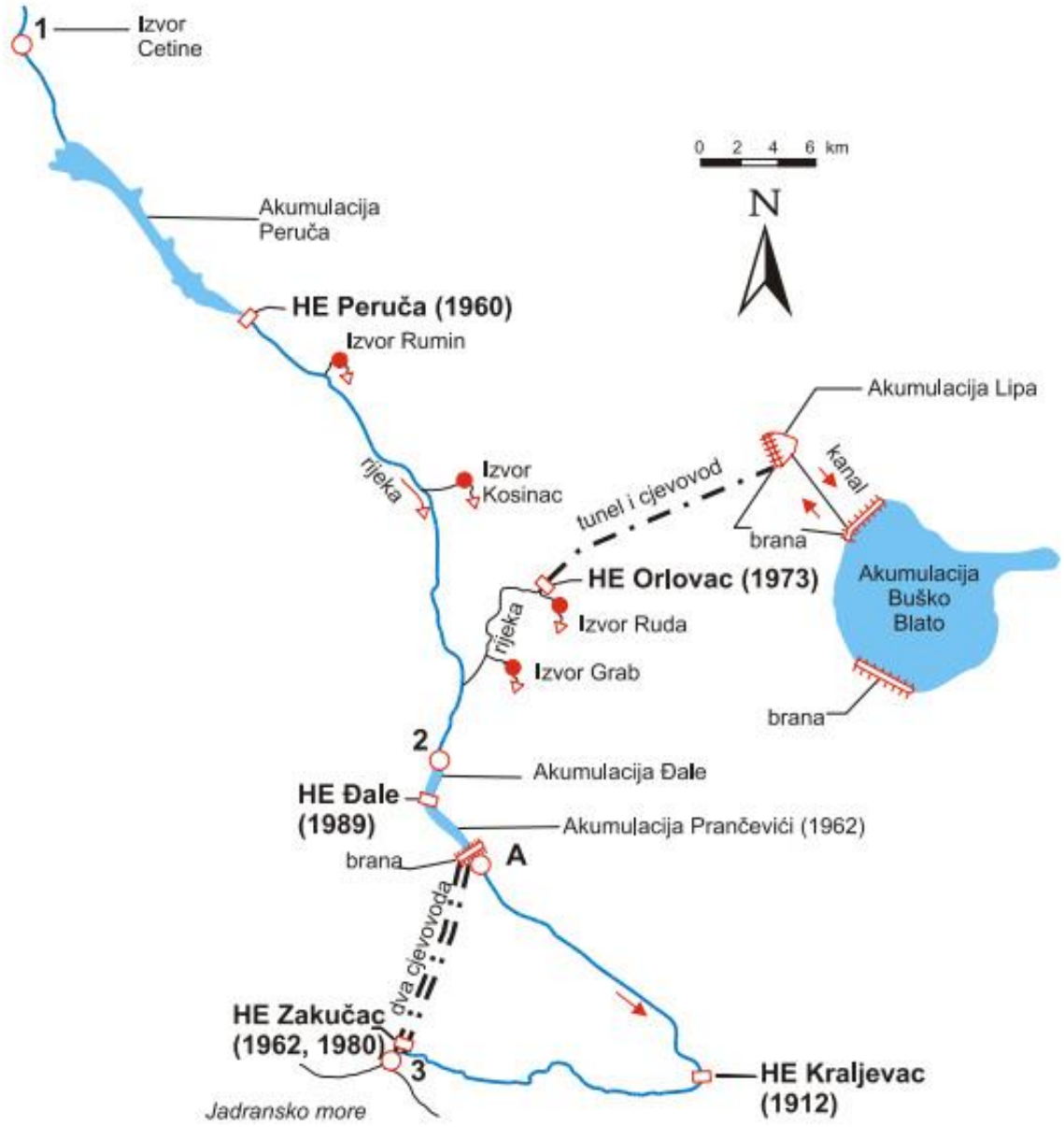
Ova tema nametnula se nakon što se dugo vremena pojavljivala u hrvatskom medijskom prostoru zbog mnogih pritužbi građana Cetinskog kraja i znanstvenika na ideju izgradnje tako velikog termoenergetskog postrojenja na tako velikom bazenu pitke vode kao što je Perućko jezero i cijeli sliv rijeke Cetine koja je potpuno pitka od izvora do ušća u Jadransko more. Ekološka svijest, društvena solidarnost i strojarska znatiželjnost utjecale su na to da ovaj rad razluči i pokaže sve utjecaje, dobiti i gubitke koje donosi tako veliko termoenergetsko postrojenje u takvom okruženju. Ideja reverzibilne hidroelektrane nije se pojavljivala toliko u javnosti kao sporna te ona nije bila zamišljena kao predmet rada, ali istraživanjem podataka za potrebe rada uočeno je da je zbog slične snage kao i plinska elektrana pogodna za analizu.

U početku pretraživanja informacija najčešće pritužbe na rad elektrane bile su ekološkog tipa, a daljnjim istraživanjem postavilo se pitanje i ekonomskog smisla gradnje tako velikog termoenergetskog postrojenja čija snaga prelazi 10% ukupne snage elektro-energetskog sustava Republike Hrvatske. Analizom potrebne količine električne energije iz uvoza te kretanjima njene cijene te cijene uvoznog plina i cijene proizvodnje električne energije iz plina uz zadanu cijenu vrijednosti izgradnje i održavanja elektrane dobiva se odgovor o ekonomskoj smislenosti izgradnje termoelektrane pogonjene na plin pretpostavljene snage 450 MW.

Tijekom izrade rada ispostavilo se da je cijeli projekt dijelom obavijen velom tajne na što ukazuju nepotpuni podaci, medijske manipulacije te očit primjer sukoba interesa pri izradi Studije o utjecaju na okoliš. Najočigledniji primjer medijske manipulacije je pozivanje na Institut Ruđer Bošković koji je svaku vezu s izradom projekta i Studije o utjecaju na okoliš u javnosti demantirao što je prikazano u radu. Sve ove činjenice vodile su ka jednom zaključku do kojeg je, unatoč zatvorenom krugu indicija, trebalo doći znanstvenim putem.

2. HIDROENERGETSKI SUSTAV RIJEKE CETINE

Iako postojeća hidroenergetska postrojenje na rijeci Cetini nisu tema ovoga rada, primjereno ih je prikazati kako bi čitatelj stekao dojam o energetskoj iskorištenosti same Cetine. Rijeka Cetina iako duga samo 105 kilometara obiluje hidroenergetskim postrojenjima koja iskorištavaju njen prirodni pad od 385 metara, njene doline, pritoke, kanjone i najbliža susjedna krška polja viših nadmorskih visina kao što se vidi na Slika 1.[1] Kako bi se što bolje usporedila postojeća postrojenja, najprije će biti prikazano svako od njih pojedinačno kratkim opisom i tehničkim podacima.



Slika 1. Hidroenergetski sustav rijeke Cetine [2]

2.1 POPIS HIDROENERGETSKIH POSTROJENJA NA CETINI

Redoslijed prikaza postrojenja bit će od izvora prema ušću.

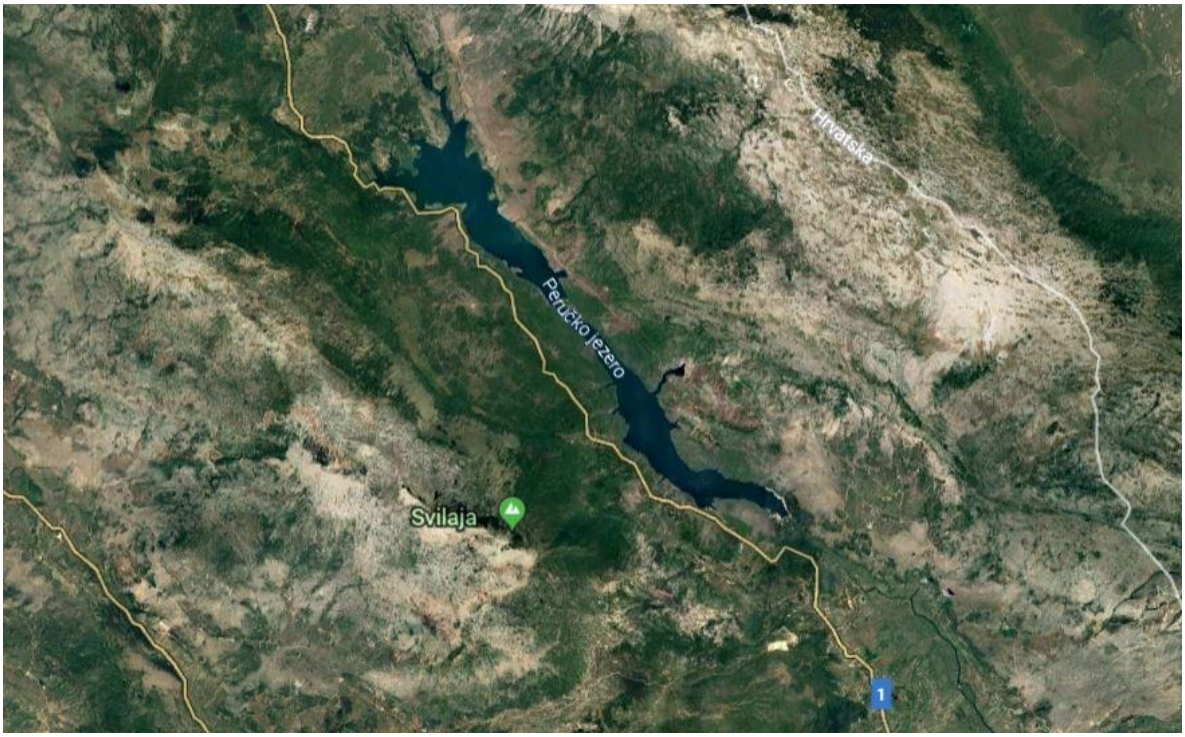
2.1.1 Hidroelektrana Peruća i Perućko jezero

Hidroelektrana Peruća nalazi se u općini Hrvace u Splitsko-dalmatinskoj županiji ispod brane akumulacijskog Perućkog jezera. Kada je izgrađena 1960. njena snaga iznosila je 41,6 MW(2 generatora s 20,8 MW snage), a nakon remonta koji je izvršen 2003. zbog oštećenja na brani i samoj hidroelektrani nastalih tijekom Domovinskog rata snaga je hidroelektrane povećana je na 61,4 MW. Hidroelektrana koristi 2 Francisove turbine za pokretanje rotora generatora. Prosječna godišnja proizvodnja električne energije u HE Peruća je 203 milijuna kWh. Generatori su spojeni na električnu mrežu napona 220 kV. [3] HE Peruća nalazi se ispod akumulacijske brane što se može vidjeti na slici 2.



Slika 2.Pogled na HE Peruća i Perućko jezero [4]

Za temu planirane termoelektrane puno su zanimljiviji podaci o samom Perućkom jezeru jer po podacima iz Studije o utjecaju na okoliš termoelektrana se planira hladiti vodom iz jezera. Perućko jezero akumulacijsko je jezero nastalo plavljenjem doline rijeke Cetine u podnožju planina Svilaje i Dinare kao što prikazuje Slika 3. Jezero je dugačko oko 20 kilometara, širina mu se kreće u prosjeku od 1 do 2 kilometra, a najveća širina mu je 4 kilometra. Površina jezera se kreće oko 20,092 km^2, a zapremnina jezera u prosjeku je 565 250 000 m^3. [5]



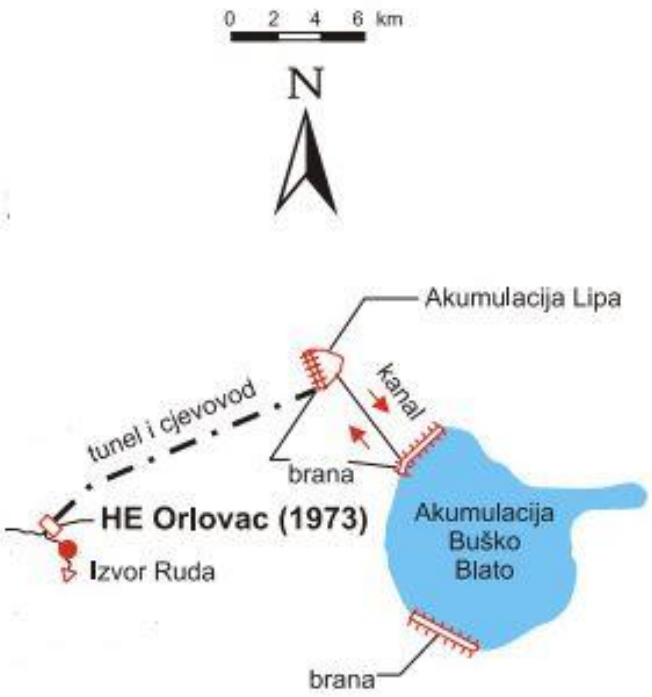
Slika 3. Satelitski pogled na Perućko jezero [6]

2.1.2 Hidroelektrana Orlovac [7]

Hidroelektrana Orlovac nalazi se na rijeci Rudi, pritoku Cetine, u naselju Ruda, općina Otok, Splitsko-dalmatinska županija. Ova hidroelektrana puštena je u pogon 1973. godine. Instalirana snaga turbina je 237 MW (3 Francisove turbine, svaka snage 79 MW). Instalirani protok Q_i je 70 m^3/s koji se jednoliko raspoređuje na sve 3 turbine pa instalirani protok po turbini iznosi 23,3 m^3/s. Najveća godišnja proizvodnja zabilježena je 1980. godine i iznosila je 814 GWh dok je 2015. godine iznosila 395 GWh, a 2014. godine 327 GWh. Konstruktivni pad H_T između jezera Lipa i turbina iznosi 380 metara. Električni generatori spojeni su na mrežu napona 220 kV. Akumulacija ove hidroelektrane je Buško jezero čiji kapacitet iznosi 800 milijuna m^3, a nalazi se u susjednoj Bosni i Hercegovini zajedno s kompenzacijskim jezerom Lipa. Iz Buškog jezera voda kanalom dolazi u kompenzacijsko jezero Lipa u kojem se skupljaju i površinske vode Livanjskog polja te se zatim kroz masiv planine Kamešnice tunelima voda dovodi na turbine hidroelektrane Orlovac(Slika 4 i Slika 5..) Za potrebe reguliranja razine vode u jezeru Lipa u cjelokupni sustav ugrađena je i Crpna stanica Buško Blato koja po potrebi transportira vodu iz jezera Lipa sa 700 do 703,5 metara nadmorske visine u Buško jezero čija nadmorska visina doseže i 716,4 metra.



Slika 4. HE Orlovac i dovodni tunel [8]



Slika 5. Sustav Buško blato – Lipa – Orlovac [9]

2.1.3. Hidroelektrana Đale [10]

Hidroelektrana Đale (Slika 6.) je pribranska akumulacijska hidroelektrana u kanjonu rijeke Cetine puštena u pogon 1989. godine. Smještena je 6 kilometara nizvodno od grada Trilja u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Ukupna instalirana snaga joj je 40,8 MW koju dobiva preko 2 Kaplanove turbine snaga 20,4 MW. Elektrana koristi konstruktivni pad vode od 21 metar, a ukupni instalirani volumni protok Q_i iznosi 220 m^3/s od kojeg svaka turbina koristi jednak udio odnosno 110 m^3/s. Srednja godišnja proizvodnja elektrane iznosi 128 GWh dok je najveća iznosila 208 GWh u 2010. godini, a za usporedbu valja napomenuti da je samo dvije godine poslije godišnja proizvodnja iznosila 78 GWh. Sama strojarnica smještena je u tijelu brane. Najveći mogući obujam akumulacijskog jezera je 3,7 milijuna m^3. Elektrana je spojena na električnu mrežu na naponu od 110 kV.



Slika 6. Hidroelektrana Đale s akumulacijskim jezerom [11]

2.1.4. akumulacija Prančevići i MHE Prančevići (Slika 7.) [12]

Akumulacijsko jezero Prančevići nalazi se neposredno iza HE Đale. Natopljeno je u kanjonu rijeke Cetine za potrebe HE Zakučac betonskom gravitacijskom branom visine 35 metara na čijem se desnom kraju nalazi ulazni uređaj za dovod vode za potrebe HE Zakučac. Najveći raspoloživi volumen akumulacije iznosi 6,8 milijuna m^3.

Godine 2017. na desnoj obali Cetine 90 metara nizvodno od brane akumulacijskog jezera Prančevići puštena je u pogon Mala hidroelektrana Prančevići snage 1,15 MW koja koristi hidropotencijal vode koja se radi očuvanja prirodnog uvjeta vodotoka ispušta iz akumulacije Prančevići. Godišnja proizvodnja iznosi do 9 GWh, a elektrana proizvedenu energiju predaje u distribucijsku mrežu napona 10 kV. Pretvorba energije vode u električnu energiju dobiva se preko Francisove turbine s horizontalnim vratilom i sinkronim generatorom.



Slika 7. Akumulacija, brana i MHE Prančevići i ulazna građevina HE Zakučac

2.1.5. Hidroelektrana Kraljevac [13]

HE Kraljevac je prva izgrađena hidroelektrana na rijeci Cetini. Nalazi se kod mjesta Zadvarje u Splitsko-dalmatinskoj županiji 21 kilometar uzvodno od ušća Cetine u Jadransko more. HE Kraljevac građena je u dvije etape. Prva etapa je bila gotova 1912. te je elektrana puštena u pogon s ukupnom snagom od 25,6 MW(2 x 12,8 MW; Francisova turbina). Nakon izgradnje druge faze i dodavanja dvije nove Francisove turbine ukupne snage 41,6 MW(2 x 20,8 MW) instalirani protok Q_i hidroelektrane Kraljevac bio je 80 m^3/s (2x15 m^3/s + 2x25 m^3/s), a snaga 67,2 MW. Zbog boljeg iskorištavanja hidropotencijala rijeke Cetine 1962. godine puštena je u rad hidroelektrana Zakučac čiji rad je izravno utjecao na smanjenje proizvodnje električne energije na hidroelektrani Kraljevac. Naime HE Zakučac koristi konstruktivni pad vode H_t od

250,8 metara dok konstruktivni pad vode H_t na HE Kraljevac iznosi 108 metara. Zbog smanjene količine vode proizvodnja je naglo pala pa je tako samo dvije godine prije puštanja HE Zakučac u pogon godišnja proizvodnja na HE Kraljevac iznosila 471 GWh, a nakon toga je prosječna proizvodnja do 1980. godine i izgradnje drugog dijela HE Zakučac iznosila 137 GWh. Nakon 1980. godine i nadogradnje HE Zakučac prosječna godišnja proizvodnja na HE Kraljevac iznosila je 16,3 GWh.

Danas HE Kraljevac koristi vode biološkog minimuma, preljevne vode sa brane Prančevići te vode međutoka kod obilnijih kiša. Trenutna instalirana snaga je 46,4 MW koja se dobiva iz 2 Francisove turbine iz 1932. snaga 20,8 MW te jedne Francisove turbine 4,8 MW iz 1990. godine. Današnji instalirani protok Q_i iznosi 55 m^3/s (2x25 m^3/s + 5 m^3/s). Rekonstrukcijom početkom tisućljeća prosječna godišnja proizvodnja porasla je sa 40 GWh, koliko je iznosila u periodu od 1990. – 2000., na 60 GWh, koliko iznosi od 2001. do danas. Od zadnje rekonstrukcije do danas najveća zabilježena proizvodnja bila je 2010. godine i iznosila je 112 GWh, a tolika razlika u proizvedenoj energiji posljedica je veće količine kiše u cjelokupnom slivu rijeke Cetine što se očituje i u proizvedenoj energiji drugih elektrana u cetinskom slivu. Elektrana je spojena u sustav preko mreže napona 110 kV.

Zahvat vode ostvaruje se betonskom branom u klancu Cetine oko 2 kilometra uzvodno od same elektrane. Brana je visoka 18 metara, a dugačka 25. Voda se od brane do vodne komore vodi kanalom dugačkim 194 metra te tunelom dimenzija 6,5 x 5,5 metara duljine 1265 metara. Vodna komora obujma je 4500 m^3 te je opremljena temeljnim ispustom, slapnicom i četiri ulazne komore. Voda se do strojarnice dovodi četirima čeličnim tlačnim cjevovodima promjera od 1,7 do 2,3 metra kao što se vidi na Slika 8.



Slika 8. HE Kraljevac i dovodni cjevovodi [14]

2.1.6. Hidroelektrana Zakučac [15]

Hidroelektrana Zakučac najveća je hidroelektrana u Republici Hrvatskoj ukupne snage 576 MW koju dobiva preko 4 Francisove turbine, svaka snage od 144 MW. Strojarnica elektrane je smještena 2 kilometra uzvodno od ušća Cetine u Jadransko more u planinskom masivu Mosora. (Slika 9.Slika 10.) Elektrana je građena u dvije etape; prva etapa je bila gotova 1961. godine kada su u pogon puštene dvije Francisove turbine snaga 108 MW, a druga etapa je bila gotova 1980. kada su u rad puštene još dvije turbine svaka snage po 135 MW. Godine 2012. elektrana je ponovno doživjela promjenu te su zbog dotrajalosti promijenjene sve turbine i generatori te snaga danas iznosi 576 MW(4x144) MW, kao što je gore već napisano. Zbog činjenice da su dovodni tuneli rađeni za stare snage danas je najveća raspoloživa snaga manja od nazivne snage turbina te iznosi 538 MW. Srednja godišnja proizvodnja iznosi 1440,46 GWh, a najveća zabilježena godišnja proizvodnja je zabilježena je 2010. godine i iznosila je 2430 GWh što je posljedica obilnijih padalina u toj godini.

Voda potrebna za rad HE Zakučac dolazi iz akumulacije Prančevići (Slika 7.) smještene s druge strane planine Mosor. Od ulazne brane na samom akumulacijskom jezeru do HE Zakučac voda se dovodi tunelima promjera 6,1 metar i 6,5 metara čije su duljine 9876 metara i 9894 metra. Na kraju tunela nalazi se sustav vodenih komora, na kraju svakog tunela je po jedna vodena komora te nakon toga jedna zajednička nakon koje slijedi račvanje u čelične tlačne cjevovode koji su izvedeni kao ubetonirane čelične cijevi duljine 279,3 metra.



Slika 9. HE Zakučac - izlazna građevina i rasklopište



Slika 10. HE Zakučac – rasklopište, odvodni kanal i rijeka Cetina

2.2 TABLIČNA USPOREDBA HIDROELEKTRANA NA CETINI

Tablica 1. Prikaz svojstava hidroelektrana na Cetini

hidroelektrana	**Peruća**	**Orlovac**	**Đale**	**Kraljevac**	**Zakučac**
godina izgradnje	1960.	1973.	1989.	1912./1932./1990.	1980.
snaga [MW]	61,4	237	40,8	67,2('32-'60) 46,4('90-'18)	486
protok [m^3/s]	120	70	220	80('32-'60) 55('90-'18)	220
akumulacija [m^3 x 10^6]	565,25	800	3,7		4,4
konstruktivni pad [m]	47	380	21	108	250,4
prosječna godišnja proizvodnja 2010.-2015. [GWh]	138	392,5	123,18	166('32-'60) 64,85(2010-'15)	1672,5

Jasno je da je HE Kraljevac doživio najviše promjena te da je njegova dominantna uloga kao prvog izgrađenog hidroenergetskog postrojenja na Cetini opadala s izgradnjom novih postrojenja prvenstveno HE Orlovca i HE Zakučca koji koriste više nego trostruko odnosno dvostruko veće konstruktivne padove koji su posljedica napretka tehnike te bušenja tunela kroz masive Kamešnice odnosno Mosora. Nadalje kako se nebi ulazilo u preduboku analizu podataka valja samo naglasiti kako u svakoj karakteristici brojem ističu po 2 elektrane. Tako se redom: po snazi, prosječnoj godišnjoj proizvodnji i konstruktivnom padu ističu Zakučac i Orlovac, po protoku Đale i Zakučac te po akumulaciji Peruča i Orlovac.

Najjasniji prikaz razlika dan u Tablica 1. vidi se između Peruće i Zakučca kao prve i zadnje elektrane na rijeci. Tako Zakučac s gotovo 130 puta manjom akumulacijom od Peruće ostvaruje gotovo 8 puta veću snagu. Uzrok tom je i 5 puta veći konstruktivni pad u HE Zakučac koji je ostvaren iskorištavanjem prirodnog pada dok je za potrebe Peruće i njenog konstruktivnog pada od 47 metara naplavljeno 20 kilometara riječne doline uzvodno od brane. Ovakve usporedbe odlično prikazuju razlike u uspješnosti iskorištavanja hidropotencijala jedne rijeke te mogu bit jasna poruka za buduće projekte koji iskorištavaju energetski potencijal vode.

3. REVERZIBILNA HIDROELEKTRANA VRDOVO

3.1. OPĆENITO O REVERZIBILNIM HIDROELEKTRANAMA

Reverzibilne hidroelektrane su posebna vrsta hidroelektrana koje služe za pohranjivanje potencijala vode u spremnik. Voda se pohranjuje u gornji spremnik kako bi se kasnije spuštanjem vode u donji spremnik stvorila električna energija. Razlika između klasične i ovakove reverzibilne hidroelektrane je ta što kod obične voda iz akumulacije prolazi kroz turbinu i ide dalje svojim prirodnim tokom dok se u reverzibilnoj voda prebacuje iz gornjeg u donji spremnik i obrnuto, ovisno o potrebi.

Reverzibilne hidroelektrane izvedive su na dva načina. Prvi način je taj da ih se poveže jednim cjevovodom u kojem se nalazi reverzibilna turbina koja se prilagođava režimu rada. Ona ima mogućnost pumpati vodu iz donjeg u gornje jezero te proizvoditi električnu energiju kada se preko nje pušta voda iz gornjeg u donje akumulacijsko jezero. U postrojenja s jednim cjevovodom najčešće se ugrađuju Francisove turbine. Drugi je način spajanja gornjeg i donjeg jezera preko dva cjevovoda gdje jedan služi za crpni, a drugi za turbinski rad te je shodno tome u jedan ugrađena crpka, a u drugi turbina. Ovakvom izvedbom s dva zasebna cjevovoda izbjegava se vrijeme potrebno za promjenu režima rada iz turbine u crpku te obrnuto. U razdobljima niske potražnje za električnom energijom u elektro-energetskom sustavu pojedine zemlje voda se pumpa u gornje jezero dok se pri većoj potražnji za električnom energijom voda preko turbine pušta iz gornje u donju akumulaciju kako bi se proizvela željena električna energija.

Ova vrsta hidroelektrana razvila se paralelno s potrebom za stabilizacijom EES-a i kontrolom proizvodnje električne energije. Kontroliranom proizvodnjom postiže se da pri većim potrebama proizvodi više te pri manjima manje kako bi se izbjeglo stvaranje viškova koji se moraju odbacivati jer ih EES ne može primiti. Razvojem drugih obnovljivih izvora energije, a posebice vjetroelektrana i solarnih elektrana koje imaju nepredvidljivu proizvodnju, razvoj reverzibilnih hidroelektrana dobio je još više na značaju. Naime reverzibilne hidroelektrane pružaju mogućnost pohrane električne energije proizvedene iz vjetroelektrana i solarnih elektrana onda kada su potrebe za električnom energijom manje nego što se iz njih proizvede. Na taj se način maksimalno iskorištava energija dobivena iz vjetra i sunca te se postiže gotovo potpuna kontrola nad EES pojedine zemlje i omogućava instaliranje većih snaga vjetro i solarnih elektrana bez straha da će se proizvoditi nepotrebni višak električne energije.

Kao i svaki proces i ovaj ima svoje nedostatke, a oni su u ovom slučaju gubici prilikom dvostrukog pretvaranja energije, gubici nastali pri strujanju kroz cjevovode, gubici prilikom ishlapljivanja akumulirane vode te gubici na ostalim uređajima koji su sastavni dio reverzibilne hidroelektrane. Stupanj efikasnosti proizvodnje kreće se od 70 do 85% ovisno o vrsti izvedbe.

Kako bi se osigurala mogućnost pohrane i proizvodnje dovoljne količine energije, zbog male gustoće energije potrebno je ostvariti veliku visinsku razliku između akumulacija uz ogromne količine vode u akumulacijama. Stvari su jasnije kada se uzme u obzir da za proizvodnju 1 MWh energije je potrebno spustiti oko 4500 m^3 s visine od 100 metara.

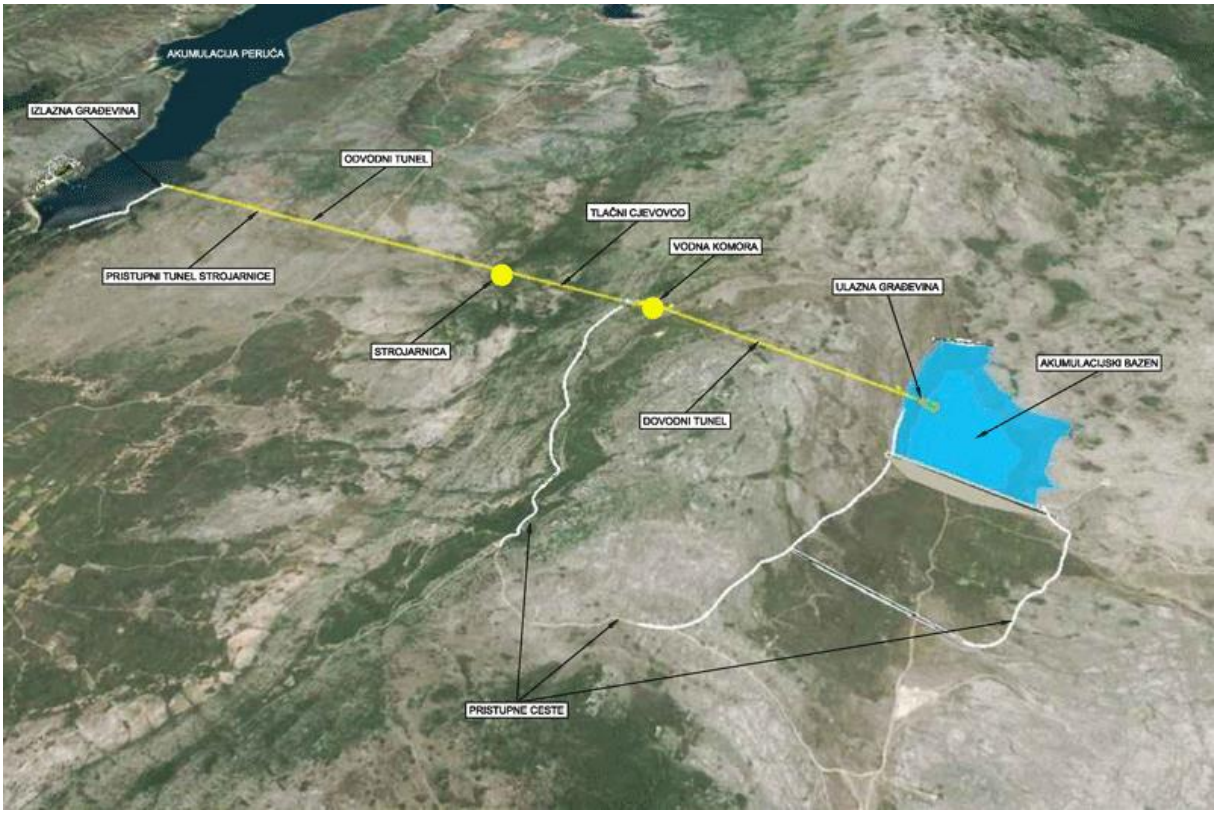
Nadalje svrha ovih elektrana očituje se u brzom reguliranju frekvencije i napona kada zbog iznenadnih promjena u potražnji električne energije dolazi do velikih promjena frekvencije napona. Iako se konstantno prebacivanje vode iz gornje u donje jezero čini na prvi pogled sumanuto te generira ukupno gubitak energije jer bi dobitak bio suprotan zakonima termodinamike ovakvi projekti su isplativi zbog velikih dnevnih razlika u cijeni električne energije. Naime pri niskoj potražnji za energijom cijena energije je blizu nule, odnosno može biti i negativna u slučajevima kad je proizvodnja energije u sustavu veća od potrošnje; u tim situacijama reverzibilne hidroelektrane troše energiju pumpajući vodu iz donjeg u gornje jezero da bi kada potražnja za energijom dovoljno poraste i postigne dovoljno visoku cijenu elektrana proizvodila energiju puštanjem vode iz gornje u donje jezero preko turbine. U toj jednostavno prikazanoj računici očituje se isplativost ovog tipa hidroelektrana.

3.2. OPĆI PODACI O RHE VRDOVO [16]

Iako svojom snagom od 540 MW premašuje snagu KKPE Peruća, ideja o reverzibilnoj hidroelektrani s Perućom kao donjom akumulacijom ostala je u sjeni zbivanja oko ukupnog projekta Vis Viva. Razlog tomu svakako je njena ekološka prihvatljvost kao obnovljivog izvora energije pa lokalno stanovništvo koje se pobunilo protiv izgradnje termoelektrane nije previše bilo zaokupljeno temom još jedne hidroelektrane na Perućkom jezeru.

U javnosti je termoelektrana na Perućkom jezeru predstavljena kao potreba EES-a Hrvatske, a poglavito Dalmacije, zbog povećanog uvoza električne energije u ljetnim mjesecima te većih dnevnih odstupanja u potražnji električne energije na području Dalmacije također u ljetnim mjesecima iako je za potonji problem izgradnja reverzibilne hidroelektrane gotovo pa školski primjer tog rješenja koji još omogućava dodatnu implementaciju već planiranih dodatnih vjetroelektrana na području Dalmacije.

Predviđena gornja akumulacija za RHE Vrdovo bila bi dinarska visoravan Ravno Vrdovo (Slika 11.) gdje bi se s jednom velikom i jednom malom pomoćnom branom natopilo jezero maksimalnog obujma 21,6 milijuna m^3 čija bi se površina kretala između 925 i 955 metara nadmorske visine. Izgradnjom akumulacije na toj visoravni postigla bi se razlika nadmorskih visina između gornjeg i donjeg jezera koja bi se kretala oko 600 metara jer se Perućko jezero kao donja akumulacija kreće između 335 i 361,5 metara nadmorske visine, a volumen mu u prosjeku iznosi 565,25 milijuna m^3. Snaga u crpnom radu iznosila bi 490 MW pri protoku od 80 m^3/s gdje kroz svaku od dvije crpke protiče jednak udio odnosno 40 m^3/s dok u turbinskom radu protok iznosi 102 m^3/s gdje također na obje turbine ide jednak udio količine vode. Planirana prosječna godišnja proizvodnja iznosila bi 1 512 000 MWh dok bi potrošnja iznosila 1 680 000 MWh. Najbolja ilustracija snage ove elektrane bila bi usporedba njene snage s ukupnom snagom svim elektrana u Republici Hrvatskoj koja iznosi oko 4468 MW. Snaga ove elektrane iznosi 11,2% ukupne snage trenutnog EES Republike Hrvatske dok bi njenom izgradnjom i implementacijom u EES Republike Hrvatske ona činila 10% ukupnog sustava.



Slika 11. RHE Vrdovo – panoramski pogled [17]

3.3. TABLIČNA USPOREDBA S RHE VELEBIT

Tablica 2. Usporedba RHE Vrdovo i RHE Velebit

	RHE Vrdovo	**RHE Velebit [18]**
snaga u turbinskom režimu [MW]	540	276 (2 x 138)
snaga u crpnom režimu [MW]	490	240 (2 x 120)
protok [m^3/s]	Q_t = 102 (2 x 51) Q_c = 80 (2 x 40)	Q_t = 60 (2 x 30) Q_c = 40 (2 x 20)
konstruktivni pad [m]	H≈600	H_t=517 H_c=559
V gornje akumulacije [m^3 x10^6]	~20	~13,65
V donje akumulacije [m^3 x10^6]	~565,25	~1,84
duljina cjevovoda [m]	[podatak nedostupan]	8191+2108*
pritok gornji [m^3/s]	oborinske i podzemne vode	11,94
pritok donji [m^3/s]	~120	~23 [19]

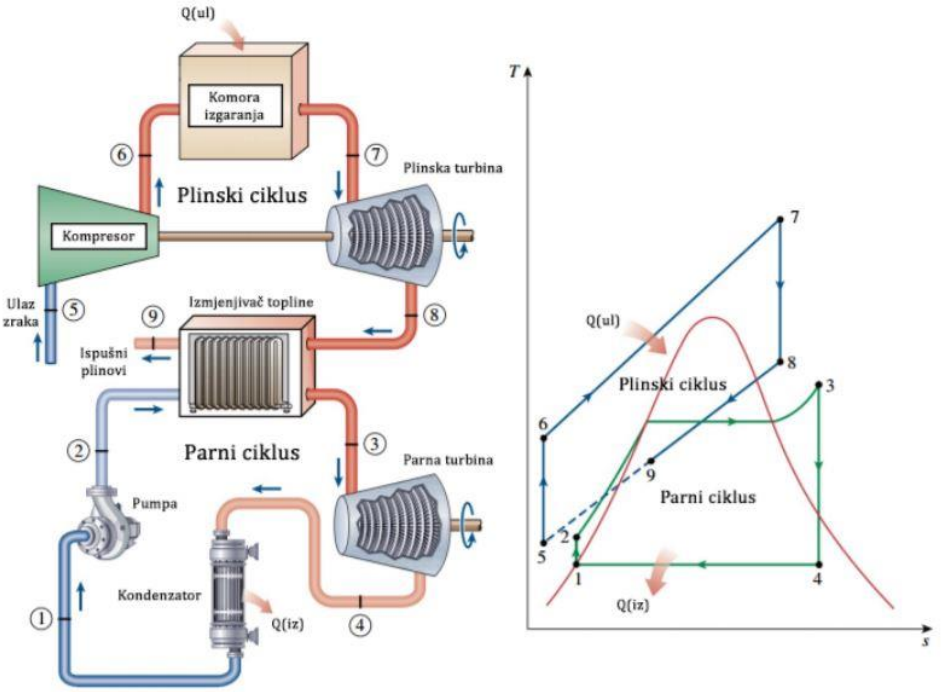
**betonski tlačni tunel + čelični tlačni cjevovod

Usporedba RHE Vrdovo s RHE Velebit, prikazana u Tablica 2 je više nego logična s obzirom da je RHE Velebit jedina reverzibilna hidroelektrana većeg kapaciteta u Republici Hrvatskoj te je jedina elektrana spojena na 440 kV mrežu koja čini okosnicu EES-a Republike Hrvatske. Razlog spajanja na 440 kV mrežu između ostalog je svakako i činjenica da je RHE Velebit kao jedina reverzibilna hidroelektrana najpogodnija za regulaciju frekvencije i napona mreže. Kada se sve to uzme u obzir zajedno s činjenicom da je snaga RHE Vrdovo gotovo duplo veća elektrana od RHE Velebit možemo samo zaključit da bi utjecaj RHE Vrdovo bio više nego pozitivan na EES Republike Hrvatske.

4. KOMBI-KOGENERACIJSKA PLINSKA ELEKTRANA PERUĆA

4.1. KOMBINIRANI PROCES

Kombinirani ili kraće nazvani kombi proces podrazumijeva spoj plinsko-turbinskog i parno-turbinskog procesa prikazan je na Slika 12. Smisao i namjena ovog procesa je iskorištavanje otpadne topline ispušnih plinova koji izlaze iz plinske turbine pri visokim temperaturama od oko 600°C. U kombiniranom procesu se ta toplina dimnih plinova koristi za proizvodnju vodene pare iz kondenzata koji nastaje u parno-turbinskom procesu te se dalje proizvedena para koristi za isti taj parno-turbinski proces iz kojeg se dobiva dodatna energija. Cijeli taj proces prijenosa topline s dimnih plinova na kondenziranu paru odvija se u utilizatoru gdje je zbog potreba parno-turbinskog procesa moguće sagorjeti dodatnu količinu goriva kao dodatni izvor topline. Na taj način učinkovitije se koristi gorivo jer vrući dimni plinovi ne izlaze izravno u okoliš već ih se prvo koristi za parni proces te ih se nakon toga na nižoj temperaturi pušta u okoliš. Kombinirani procesi dostižu iskoristivost i preko 60%. Veća efikasnost procesa podrazumijeva više dobivene električne energije u odnosu na klasični plinsko-turbinski proces, a za jednaku količinu sagorenog goriva što ujedno znači da za jednaku količinu električne energije u kombiniranom procesu iskoristimo manje goriva no u klasičnom plinsko-turbinskom procesu pa je stoga kombinirani proces i ekološki i ekonomski prihvatljiviji od klasičnog plinsko-turbinskog procesa.



Slika 12. Shema kombiniranog procesa [20]

4.2. KOGENERACIJSKI PROCES [21]

Iskoristivost proizvodnje električne energije u klasičnim termoenergetskim postrojenjima kreće se između 30% u kondenzacijskom režimu rada i 50% u kombi procesu što znači da se u većini slučajeva više od pola uložene energije nepovratno gubi. Najveći dio energije gubi se u procesu kondenzacije te se stoga ideja kogeneracija zasniva na što boljem iskorištavanju upravo te energije ostale nakon proizvodnje električne energije. Kogeneracija(eng. CHP – Combined Heat and Power) bi stoga predstavljala proizvodnju mehaničkog rada i toplinske energije iz istog goriva u istom procesu. Najčešći način iskorištavanja tog mehaničkog rada je proizvodnja električne energije, a toplinska energija najčešće nalazi primjenu u tehnološkim procesima ili u procesima grijanja. Upravo zbog korištenja toplinske energije učinkovitost kogeneracije penje se na 70 do 85% što je više nego osjetljiva razlika u iskorištenju primarne energije ukoliko postoji potreba za većim količinama toplinske energije. Kao što je već navedeno toplinska energija dobivena iz kogeneracijskog procesa često se koristi za grijanje, a odličan primjer za to je centralno grijanje u gradovima kao npr. Zagreb gdje se u zimskim mjesecima velik broj kućanstava grije na toplinsku energiju dobivenu u kogeneracijskim postrojenjima TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb. Kogeneracijska postrojenja mogu biti koncipirana tako da im je primarna proizvodnja trenutno potrebne toplinske energije ili da im je primarna proizvodnja električne energije, a toplinski višak se iskorištava već prema potrebi. Veću energetsku učinkovitost postižu postrojenja s većim udjelom proizvodnje toplinske energije. Tri najčešća postrojenja za kogeneracijsku proizvodnju su:

- postrojenje s protutlačnom turbinom
- postrojenje s dvostupanjskom turbinom s reguliranim oduzimanjem pare
- postrojenje s plinskom turbinom s korištenjem otpadne topline dimnih plinova

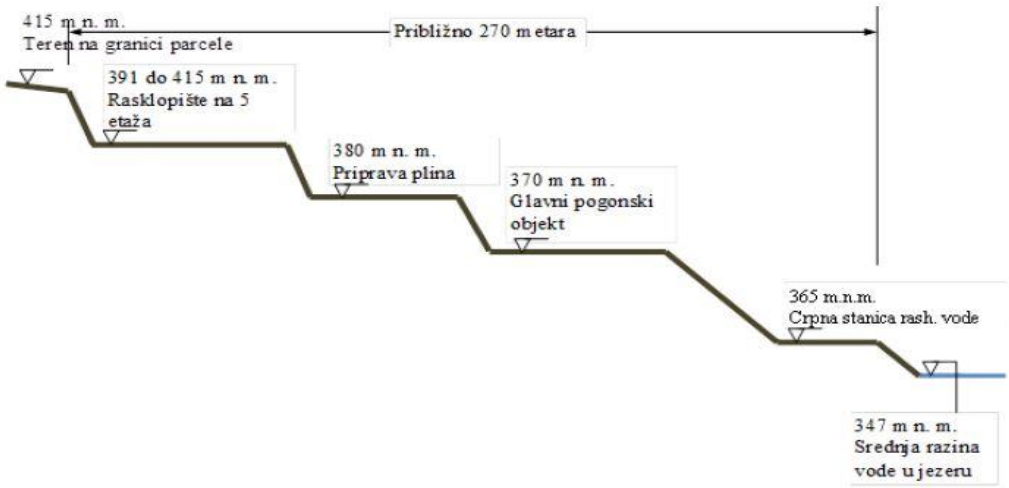
4.3. OPĆI PODACI O KKPE PERUĆA

Kombi kogeneracijska plinska elektrana Peruća trebala bi se nalaziti na obali Perućkog jezera u općini Hrvace na području Splitsko-dalmatinske županije u neposrednoj blizini akumulacijske brane Perućkog jezera i HE Peruća. Elektrana bi se radila na desnoj obali jezera, gledano po toku Cetine, na prostoru kamenoloma s kojega se uzimao kamen za potrebe izgradnje akumulacijske brane. Trenutni izgled lokacije na kojoj bi se gradila KKPE Peruća vidi se na Slika 13. Zbog strmovitog terena elektrana bi se gradila na četiri etaže. Visinka razlika od najniže gdje se nalazi crpna stanica za vodu do granice parcele iza posljednje etaže iznosi

50 metara što je velika razlika ako se uzme u obzir da je širina parcele 270 metara pa tako proizlazi da se etažiranjem savladava prosječni nagib od 18,5 %. Shema etažiranja prikazana je naSlika 14.

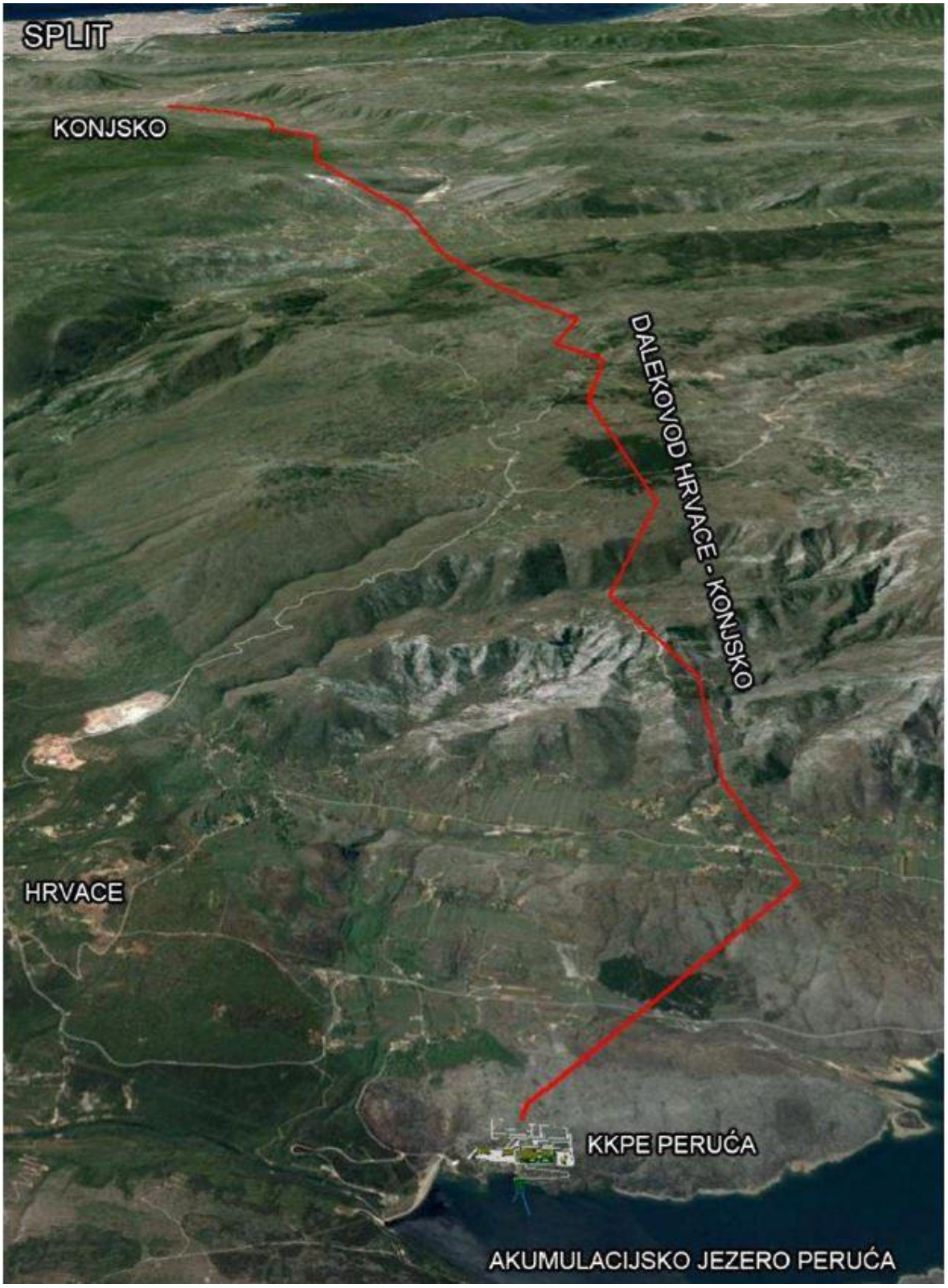


Slika 13. Planirana lokacija gradnje KKPE Peruća [22]



Slika 14. Etažiranje KKPE Peruća[23, stranica 35.]

Za potrebe funkcioniranja elektrane gradio bi se novi dalekovod TS Hrvace - TS Konjsko i plinovod KKPE Peruća – plinsko čvorište Dugopolje. Na Slika 15. vidi se trasa dalekovoda, a na Slika 16. vidi se trasa plinovoda kojim bi se plinom snabdijevala KKPE Peruća.



Slika 15. Trasa dalekovoda Hrvace – Konjsko[24]



Slika 16. Spojni plinovod Peruća – Dugopolje[25]

Kao što se vidi na Slika 15.Slika 16. trase dalekovoda i plinovoda značajnih su razmjera. Njihova izgradnja ulazi u cijenu investicije. Studije o utjecaju na okoliš posebno su rađene i za plinovod i za dalekovod, ali one nisu toliko bitne za ovaj rad zbog činjenice da je njihov utjecaj na okoliš zanemariv u odnosu na utjecaj kakav stvara plinska elektrana koja je uzrok izgradnje i dalekovoda i plinovoda. Utjecaj i plinovoda i dalekovoda očituje se u sječi flore za potrebe izgradnje trase, privremenom utjecaju na stanište životinja za vrijeme izgradnje te trajnoj vizualnoj izmjeni okoliša trase. Na osnovu toga može se reći da je dugotrajni utjecaj na život ljudi i životinja te na biološku raznolikost uistinu zanemariv.

Kako bi se što čitljivije prikazali osnovni tehnički podaci o radu KKPE Peruća, oni će biti prikazani tablično. Svi podaci prikazani u tablici preuzeti su iz Studije [23].

Tablica 3. Tehnički podaci KKPE Peruća

snaga	450 MW električne energije 50 MW toplinske energije
radni sati elektrane	do 7000 sati u kondenzacijskom režimu do 3500 sati u kombi-kogeneracijskom procesu
planirana godišnja proizvodnja	do 3150 GWh električne energije do 175 GWh toplinske energije
vrsta goriva	glavno: prirodni plin za rad startnog i pomoćnog kotla: ekstra lako lož ulje
potrošnja plina	14-15,5 kg/s ovisno o vanjskoj temperaturi
zahvat rashladne vode iz jezera	8,1 m^3/s
zagrijavanje rashadne vode	do 8°C
površina izgradnje	10,8 ha
trajanje izgradnje	26 mjeseci
cijena izgradnje	~1 000 000 000 €

Cilj ovog potpoglavlja i Tablica 3. je prikazati javno predstavljene podatke o elektrani dok će svaki pojedini podatak iz tablice, što izravno što neizravno, uz još neke dodatne podatke, biti predmet zasebnih što ekoloških, što ekonomskih analiza u daljnjim dijelovima rada.

4.4. USPOREDBA SA SLIČNIM POSTROJENJIMA I ANALIZA ZAGRIJAVANJA VODE

U svrhu dobivanja što kvalitetnije i potpunije slike rada i karakteristika planirane termoelektrane izrađena je tablica u kojoj je KKPE Peruća uspoređena s Nuklearnom elektranom Krško i Termoelektranom-toplanom Zagreb. Razlog zašto su odabrane upravo te dvije elektrane za usporedbu je snaga elektrana koje su istog reda veličine te činjenica da sve tri elektrane imaju protočno hlađenje te su smještene na rijeci. Nadalje, iz tih se istih razloga mogu lako analizirati podaci o zagrijavanju rashladne vode, a samim time i zagrijavanju rijeke odnosno u slučaju KKPE Peruća rijeke i jezera.

Tablica 4. Usporedba KKPE Peruća s NE Krško i TE-TO Zagreb

	KKPE Peruća	NE Krško [26]	TE-TO Zagreb [27]
snaga	500 MW	696 MW	420 MW
prosječna godišnja proizvodnja	do 3150 GWh	~5000 GWh	~1400 GWh
prosječni godišnji protok rijeke	41 m^3/s	309 m^3/s	309 m^3/s
protok rashladne vode	8,1 m^3/s	9 m^3/s	
zagrijavanje rashladne vode	do 8°C	37°C	
zagrijavanje rijeke nakon ispusta rashladne vode	1,5 – 2°C	do 3°C	0,5°C

U Tablica 4. je kao i u Tablica 3. u prethodnom potpoglavlju, na osnovu podataka u Studiji na stranicama (npr. str. 31., 34., 81. i sl.), upisana vrijednost snage elektrane od 500 MW od čega 450 MW odgovara električnoj snazi elektrane dok toplinskoj pripada 50 MW. Međutim na stranici 325. iste te Studije stoji podatak da snaga električnog generatora iznosi 530 MVA što odgovara snazi od 530 MW električne energije te ukupnoj snazi elektrane od 580 MW što je primjetno veća snaga u odnosu na najčešće spominjanih 500 MW. Svakako treba uzeti u obzir da je snaga generatora uvijek veća od nazivne snage iz sigurnosnih razloga te da elektrana neće raditi uvijek pri vršnim i prekovršnim opterećenjima, ali se ne smije zanemariti ni to povremeno zagrijavanje veće od proračunskog.

Za dobivanje realnih, znanstveno utemeljenih, podataka o zagrijavanju bilo potrebno izraditi izrazito složen termodinamički sustav gdje bi precizno trebalo mjeriti najmanje 10 parametara koji bi bili ulazni podaci za model sustava što bi samo za sebe moglo biti zaseban rad, a tako precizan izračun nije neophodan za daljnje potrebe rada.

Odličnu usporedbu KKPE Peruća i NE Krško napravio je dr. rer. nat. Mislav Cvitković mag. phys. u članku napisanom u časopisu Cetinska vrila gdje je iznio niz argumenata protiv gradnje ove termoelektrane pa tako i ovaj argument o prekomjernom zagrijavanju rijeke Cetine i Perućkog jezera te utjecaju na floru i faunu te pitkost vode. [28]

„*Konačno, cijeli način izrade Studije i ovog najbitnijeg modela je neozbiljan za ovako važan projekt. Termodinamički sustav u pitanju je izrazito složen, pa je potrebno precizno izmjeriti barem 10 parametara koji su ulazni podatci u model. Svi ti parametri u Studiji su samo procijenjeni. Usporedbe radi, pri izradi NE Krško, provedena su višegodišnja mjerenja 10 hidrološko-fizičkih parametara da bi se napravio model grijanja rijeke Save zbog topline iz NE Krško, a model je potom podrobno obrazložen i javno objavljen.*

Kad se provede pravi račun, sa srednjim godišnjim protokom Cetine od 41 m^3/s, te teorijski maksimalnim mogućim parametrima mehanizama odvođenja topline (evaporacija, difuzija kroz Jezero, kondukcija u dno) dobije se 1,5 do 2 °C grijanja, a u biološkom minimumu (3,5 m3/s) to se penje i do 20 °C.

Ovakvu teorijsku procjenu potvrđuje i već postojeći eksperiment koji imamo, a to je grijanje rijeke Save zbog NE Krško. NE Krško ispušta otprilike 4,5 puta više topline u Savu koja ima srednji godišnji protok od 309 m^3/s, tj. 7,5 puta više od Cetine na Perući. Izmjereno prosječno grijanje Save tijekom zadnje dvije godine iznosi 1,8 °C. Ako sve ove brojeve reskaliramo na Cetinu, očekivali bismo prosječno grijanje od 3,0 °C, što je nešto iznad gornjeg modela budući da je model najbolji mogući scenarij.

Ako uzmemo najgori scenarij, a to je minimalni protok od 3,5 m^3/s na Perući, što je 88 puta manje nego Sava, na temelju podataka za Savu, očekivano grijanje bi bilo 35 °C.

Na kraju, zašto je grijanje Cetine problem? Zasićenost vode kisikom je ključni čimbenik za bio-sustav bilo koje rijeke ili Jezera. Zasićenost drastično pada s porastom temperature, čak i od 2 °C, a pogotovo od nekoliko desetaka stupnjeva, što bi bio scenarij ljeti. Zbog toga će grijanje dovesti do smrti gotovo svih oblika života u Cetini, a time će Cetina postati i nepitka. Uz to, relativno mali broj štetnih mikroorganizama u Cetini, zbog čega je najvećim dijelom i pitka, zahvaljujemo upravo njenoj niskoj temperaturi, koja čak i u slučaju onečišćenja drži rast mikroorganizama u granicama. Ako se temperatura povisi, čak i najmanje onečišćenje može imati puno veće posljedice nego što ih ima sada, jer se pomiče točka biološke ravnoteže u korist štetnih mikroorganizama.“

Dalje se u istom tom članku provlači i usporedba KKPE Peruće sa zagrebačkim elektranama TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb koje također rade kao kogeneracije. Po javno dostupnim podacima udio proizvodnje električne energije u EL-TO Zagreb je 16,8 %, u TE-TO Zagreb 34,9 %, dok u KKPE Peruća udio nazivne električne snage iznosi 91,2 %, a ako se uzmu u obzir sati rada u kogeneracijskom načinu rada dolazimo do činjenice da udio električne energije u ukupnoj proizvodnji iznosi 99%. Poznavajući tu činjenicu ova elektrana se nikako ne može nazvati kogeneracijom. Nadalje EL-TO Zagreb je primarno toplana koja proizvodi i industrijsku paru dok se TE-TO Zagreb hladi Savom višestruko većeg protoka nego Cetina te po nekim procjenama grije Savu za oko 0,5°C što je značajno manje nego u Studiji prikazanih 8°C za grijanje Peruće i Cetine kod rada KKPE Peruća.

4.5. UGAŠENE PLINSKE ELEKTRANE U EUROPI

Analiza rada plinske elektrane ne može proći bez saznanja da se u Europi masovno gase plinske elektrane. Razlog gašenja kod svih zatvorenih elektrana je neisplativost proizvodnje električne energije iz plina.[29] Neke od elektrana zatvorene su trajno, a neke su stavljene u hladni pogon odnosno vlasnici čekaju da proizvodnja postane profitabilna.

Reuters donosi popis od 41 elektrane u vlasništvu ukpuno 10 različitih prozvođača od kojih je prosječnom građaninu najpoznatiji njemački RWE koji je ne tako davno ušao na tržište električne energije u Republici Hrvatskoj. Ukupna snaga ugašenih plinskih elektrana iznosi 21,399 GW što je za usporedbu gotovo 5 puta veća snaga od zbroja snaga svih elektrana instaliranih u Hrvatskoj. Neke od njih su za stalno zatvorene, a neke su zatvorene dok proizvodnja električne energije iz plina ne postane ponovno isplativa. Sve elektrane na popisu [30] nalaze se u državama članicama Europske unije, a ovdje je priložen popis 15 elektrana, što onih najvećih snaga, što elektrana snagom najsličnijih KKPE-i Perući.

Tablica 5. Popis ugašenih plinskih elektrana

naziv elektrane	**vlasnik elektrane**	**država**	**snaga [MW]**
Teeside	GDF Suez	Velika Britanija	1875
Peterhead	SSE	Velika Britanija	1840
Gran 1 i 4	E.ON	Velika Britanija	1320
Magnum	Vattenfall	Nizozemska	1300
Irsching 4	E.ON	Njemačka	545
Irsching 5	E.ON	Njemačka	425
Moerdijk 2	RWE	Nizozemska	430
Knapsack 2	Statkraft	Njemačka	430
Emden	Statkraft	Njemačka	450
Robert Franck	Statkraft	Njemačka	510
Cycofos	GDF Suez	Francuska	490
Combigolfe	GDF Suez	Francuska	435
SPEM	GDF Suez	Francuska	435
Eems	GDF Suez	Nizozemska	530
Herdersburg	GDF Suez	Belgija	480

Osim u gore navedenim državama ugašene elektrane nalaze se još u Slovačkoj, Češkoj i Italiji.

5. EKOLOŠKI PROBLEMI KKPE PERUĆA

5.1. PROBLEMI STUDIJE O UTJECAJU NA OKOLIŠ

Prije samog detaljnog proučavanja Studije trebaju se napomenuti dvije vrlo bitne činjenice koje vrlo indikativno pokazuju karakter Studije

Prvi je taj da se na stranicama projekta Vis Viva [31] navodi da je tvrtka Elektroprojekt d.d. sudjelovala u izradi projekta KKPE Peruća što nebi bilo ništa sporno da ista tvrtka nije izrađivala i Studiju[23] što se može vidjeti već na drugoj stranici Studije te na svakoj sljedećoj.

Drugi razlog je taj da je u medijima i u službenoj prezentaciji projekta na stranicama 22. i 24.[32] iskomunicirano od strane predstavljača projekta da je Institut Ruđer Bošković, kao najjača znanstvena institucija u Republici Hrvatskoj, izradio model miješanja vode. Primjeri medija u kojima su izašli članci gdje se predstavljači pozivaju na IRB su:

- Jutarnji list [33]
- Slobodna Dalmacija [34]
- Ferata [35]

Institut Ruđer Bošković je tvrdnje demantirao na svakom od portala gdje su takve tvrdnje iznešene:

- Jutarnji list [36]
- Slobodna Dalmacija [37]
- Ferata [38]

Poznavajući ove činjenice postavlja se pitanje zašto u izradi ovakvog projekta i u Studiji o utjecaju na okoliš zbilja nije angažirana najveća znanstvena institucija u Republici Hrvatskoj te zašto se javno predstavljalo da je sudjelovala ako su nosioci projekta znali da nije te zašto su i dalje javno dostupni članci i dokumenti koji se pozivaju na Institut.

5.2. ZAGAĐENJE ZRAKA [23]

Najpreciznije što Studija donosi o zagađenju zraka ispušnim plinovima je tablica na 73. stranici Studije čiji je dio koji se odnosi na zagađenje zraka prikazan ovdje u Tablica 6.

Tablica 6. Ispušni dimni plinovi

Red. broj	Veličina	Mjerna jedinica	Vrijednost pri 100% snage elektrane
1	**Dimni plinovi pri izlazu iz kotla na ispušne plinove**		
1.1	Količina dimnih plinova	kg/h	2 237 040
1.2	Temperatura dimnih plinova	°C	80
1.3	Sastav dimnih plinova	kg/h	/
1.4	- N_2		1 651 320
1.5	- O_2		294 120
1.6	- Ar		2 808
1.7	- CO_2		145 440
1.8	- H_20		115 920
1.9	- NO_2	mg/m^3	50 (15%O_2, 0°C, 1,01325 bar(a))
1.10	- CO	mg/m^3	100 (15%O_2, 0°C, 1,01325 bar(a))

Tablica 6. pokazuje zašto je plin ekološki najprihavtljivije gorivo. Uzimajući u obzir činjenicu da plin gotovo u potpunosti sagorijeva može se zaključiti da je udio nesagorenih ugljikovodika minoran kao što je i udio ugljikovog monoksida izrazito malen. Sagorijevanje prirodnog plina ne oslobađa SO_x spojeve koji su glavni uzročnici kiselih kiša, a emisija NO_x spojeva također je daleko manja nego kod ostalih fosilnih goriva. Emisije teških metala kao najvećih zagađivača može se reći da i nema pri sagorijevanju prirodnog plina. Također teški metali se ne spominju niti u poglavlju 4.2.3.2 „Utjecaji na tlo tijekom korištenja zahvata“ na stranici 374. Studije te se tamo bez ikakve analize navodi: „Pri radu KKPE Peruća koristit će se prirodni plin kao pogonsko gorivo, te se ne očekuje značajan utjecaj na tlo.“

5.4. OTPADNE VODE

Sve što je o otpadnim vodama rečeno u Studiji svodi se na jednu tablicu koja ne specificira sastav otpadnih voda. Tablica 7. samo je dio tablice 1.4.1 sa stranice 48. i 49. Studije te prikazuje samo grupu otpadnih voda, izvor, značajke i količinu otpadnih voda te kratku napomenu kako se tretiraju otpadne vode, ali ne donosi ništa o konačnom sastavu otpadnih voda nakon obrade.

Tablica 7. Dio tablice otpadnih voda

Grupa	Izvor otpadne vode	Značajka otpadne vode	Količina otpadne vode	Napomena
1. Kotao na otpadnu toplinu	1.1 Odsoljavanje, odmuljivanje, odvodnjavanje	- sadržava soli, lužnata, - sadržaj amonijaka 3 mg/l, - visoke temperature.	- kontinuirano 3,75 t/h, - pri upuštanju postroj. 7,5 t/h, trajanje 2 sata.	U ekspander, zatim u odmuljnu jamu, zatim u postr. za pročišć. otp. voda
	1.2 Pranje vodne strane kotla	- kiselo - suspendirano željezo, magnezij, silikati	- jednom godišnje, 30 m^3 po pranju	U postrojenje za pročišć. otp. voda
	1.3 Otp. vode od konzerviranja kotla	- sadrži u tragovima amonijak i hidrazin	- jednom godišnje, 30m^3 po konzervaciji	U postrojenje za pročišć. otp. voda
	1.4 Odvodnja dimnjaka	- blago kiselo	- kontinuirano, 6 m^3 na dan	U postrojenje za pročišć. otp. voda

Zbrojem svih redovnih ispusta otpadne vode dobivamo količinu od 280 000 L po danu što preračunato iznosi 3.24 L/s. Iako je količina otpadnih voda naočigled zanemarivo mala u usporedbi sa volumenom jezera i protokom same rijeke Cetine ona se nikako ne može zanemariti ako se uzme u obzir činjenica da one sadrže razne spojeve koji i u najmanjim količinama bitno utječu na okoliš i život u vodi. Tablica ne donosi nikakve informacije o sadržaju otpadnih voda nakon obrade te stoga se ne može na osnovu čega tvrditi da zagađenja otpadnim vodama neće biti kao što se tvrdi u Studiji. Otpadne vode uvijek i svugdje bitno utječu na okoliš te se njihov utjecaj nikako ne može zanemariti, pogotovo ne kad je riječ o rijeci koja je pitka od izvora do ušća te kojom se što posredno što neposredno vodom snabdijeva gotovo 500 000 stalnih stanovnika, a broj korisnika vode se u ljetnoj sezoni višestruko povećava. Više riječi o vodozahvatima biti će u sljedećem potpoglavlju. Bližih primjera za usporedbu nemamo jer su, gore spominjane i korištene za neke druge usporedbe, NE Krško i TE-TO Zagreb smještene na Savi koja ionako nije pitka.

5.5. VODOZAHVATI NA RIJECI CETINI [39]

Kao što je navedeno u prethodnom potpoglavlju 5.4. Otpadne vodei u potpoglavlju 4.4. Usporedba sa sličnim postrojenjima i analiza zagrijavanja vode najočitiji utjecaj otpadnih voda bio bi na pitkost Cetine i izvora u njenom slivu. Prema Vodoopskrbonm planu Splitko-dalmatinske županije donesenom 2008. godine rijeka Cetina je temelj vodoopskrbe cijele Splitsko-dalmatinske županije te su izravno na rijeku Cetinu povezani sljedeći vodozahvati:

- vodozahvat Šilovka; Nalazi se neposredno podno HE Peruća. Ima kapacitet 40 L/s te se s nje vodom napaja općina Hrvace.
- vodozahvat Zadvarje; Nalazi se uz HE Kraljevac. Kapacitet iznosi 500 L/s te se s njega vodom napaja čitavo Makarsko primorje i općine Šestanovac i Zadvarje.

- vodozahvat Zagrad; Nalazi se uz HE Zakučac. Kapacitet mu iznosi 630 L/s te se njime opskrbljuju grad Omiš, općina Dugi rat te otoci Brač, Hvar i Šolta.
- vodozahvat Jadro; Nalazi se uz izvor rijeke Jadro te iznosi 2000 L/s. Iako je glavni izvor vode rijeka Jadro 30% vode dolazi podzemnim kanalima sa rijeke Cetine. Ovo je najveći vodozahvat u Županiji te se preko njega vodom opskrbljuju Split, Solin, Kaštela i Trogir.

Ako se uzme u obzir da ukupna količina vodozahvata u županiji iznosi 4619 l/s onda vidimo koliki je utjecaj kakvoće rijeke Cetine na život u Splitsko-dalmatinskoj županiji. S rijeke Cetine napaja se preko 500 000 stalnih stanovnika, a broj korisnika vodovodne vode ljeti se višestruko povećava zbog velikog broja turista u turističkoj sezoni. Zagađenjem rijeke Cetine izravno se dovodi u opasnost da 500 000 stanovnika ostane bez pitke vode, a utjecaj Cetine na ostale izvore u županiji nije u potpunosti istražen zbog kompleksnosti krškog podzemlja te se ne može sa sigurnošću tvrditi kakav je. Stoga se sa stajališta pristupačnosti pitke vode uz nepoznat sastav otpadnih voda te znatno zagrijavanje Perućkog jezera i rijeke Cetine ne može nikako odobriti gradnja ovakovoga projekta na glavnom izvoru pitke vode za cijelu Splitsko-dalmatinsku županiju.

6. EKONOMSKA ANALIZA GRADNJE ELEKTRANE

Kao što je prikazano u potpoglavlju 4.5 plinske se elektrane po Europi zatvaraju, neke trajno, neke privremeno dok proizvodnja iz plina ne postane profitabilna. Glavni trenutni razlog tomu je ekonomska neisplativost proizvodnje električne energije iz plina. Zašto je neisplativo električnu energiju proizvoditi iz plina i zašto u Hrvatskoj trenutno ne postoji potreba za izgradnjom velike plinske elektrane biti će prikazano u ovom poglavlju.

6.1. STABILNOST ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA HRVATSKE

Prema podacima Hrvatskog operatera prijenosnog sustava – HOPS, glavnina elektroenergetskog sustava, u daljnjem tekstu EES, Republike Hrvatske sastoji se od 1247 kilometara dalekovoda napona 400 kV, 1213 kilometara dalekovoda napona 220 kV te 5223 kilometara dalekovoda napona 110 kV uz ukupnu instaliranu snagu svih elektrana u iznosu od 4627 MW. Po zadnjem javno dostupnom godišnjem izvješću o sigurnosti opskrbe EES Republike Hrvatske iz 2017. godine ocjena sigurnosti opskrbe električnom energijom potrošača je takva da je količina proizvedene i uvezene energije dovoljna za osiguravanje potrebnih količina električne energije krajnjim korisnicima. Hrvatski EES specifičan je po tome što ima velik udio proizvodnje iz hidroelektrana čija proizvodnja uvelike ovisi o kišnim režimima te se samim time ponaša nepredvidljivo te tako predstavlja specifičan zadatak za operatere prijenosnog sustava. U 2017. godini prema istom gore spomenutom izvješću nisu zabilježeni veći problemi u EES kao ni problemi s dobavom električne energije. Svi problemi koji su se pojavili, kako u 2017. tako i u 2018., većinom su bili posljedica elementarnih nepogoda poput požara i olujnih nevremena. Podatke o broju prekida, vremenu trajanja prekida i količini neisporučene energije donosi Tablica 7. za 2017. godinu te Tablica 8. za 2018. godinu. Tablica za 2018. godinu donosi preciznije podatke pa tako razlikuje planirane i neplanirane prekide napajanja. Planirani prekidi napajanja podrazumijevaju prekide u najvećem broju zbog popravaka na prijenosnoj i distribucijskoj mreži.

Tablica 7. Prekidi napajanja u 2017. godini [40]

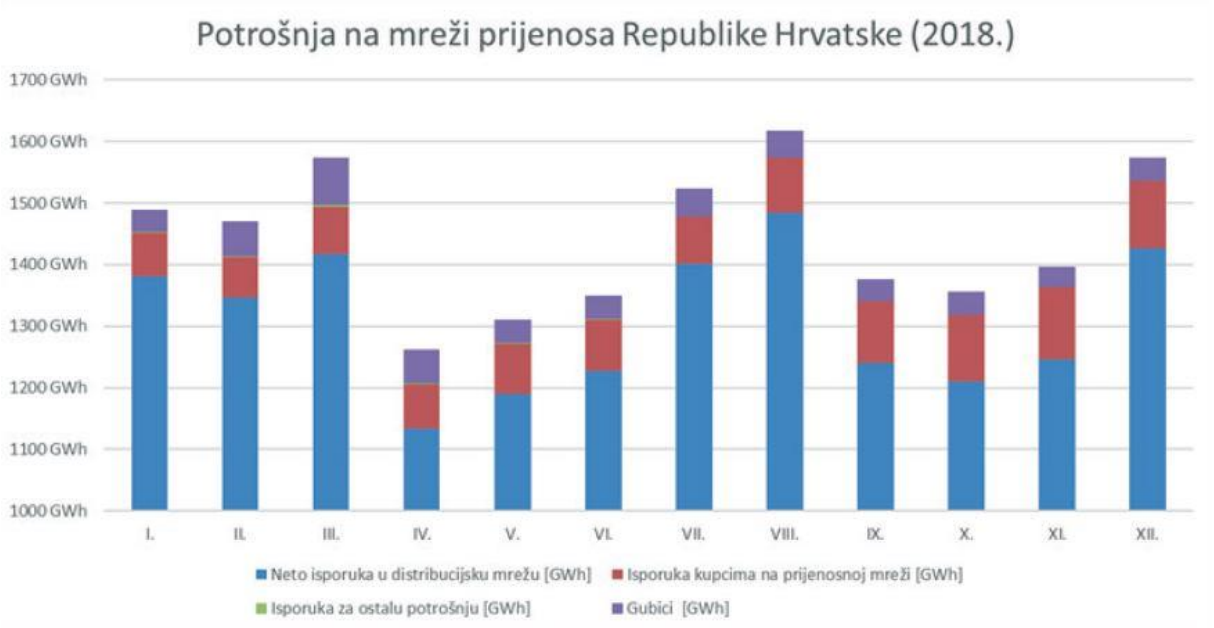
broj prekida napajanja	trajanje prekida napajanja [min]	procijenjena neisporučena električna energija [MWh]
147	10 448,1	948,81

Tablica 8. Prekidi napajanja u 2018. godini [41]

broj prekida napajanja		trajanje prekida napajanja [min]		procijenjena neisporučena električna energija [MWh]	
planirano	neplanirano	planirano	neplanirano	planirano	neplanirano
17	94	2754	3370	279,42	292,294
111		6124		571,7	

6.2. VRŠNA OPTEREĆENJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

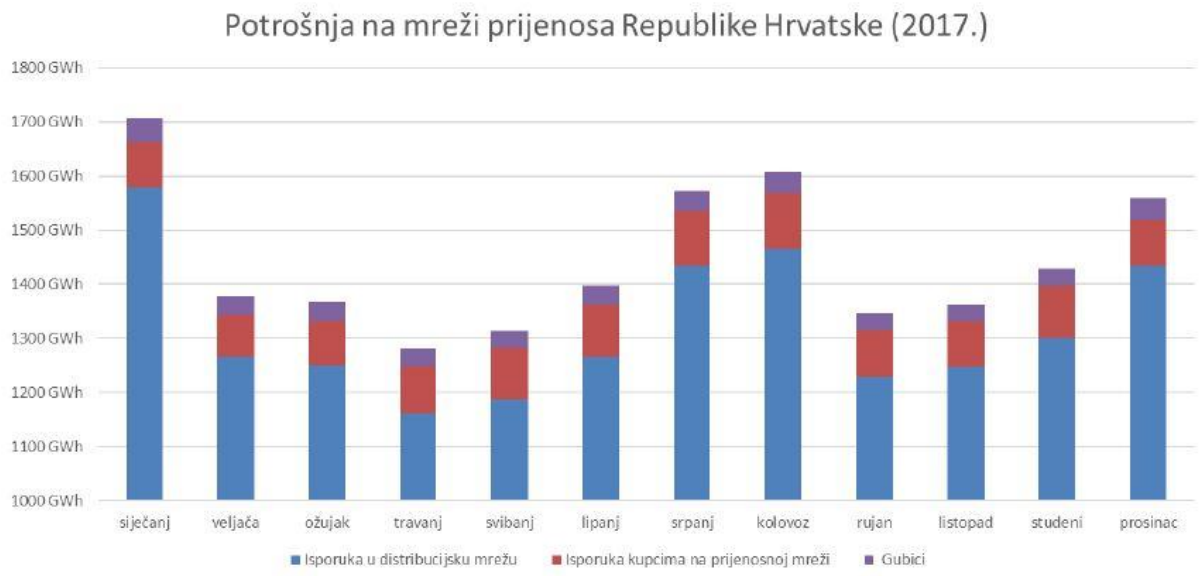
Kod vršnih opterećenja razlikuje se satno vršno opterećenje te mjesečno vršno opterećenje. U 2018. godini vršno satno opterećenje bilo je u veljači i iznosilo je 3168 MW dok je najveća mjesečna potrošnja bila u mjesecu kolovozu i iznosila 1618 GWh. [41] Pregled kretanja potrošnje po mjesecima 2018. godine donosi slika 17.



Slika 17. Potrošnja na mreži prijenosa RH 2018. [41]

U dijagramu na slici prikazana je i raspodjela distribuirane energije te se iz njega vidi da najviše energije odlazi na distribucijsku mrežu odnosno da najviše energije troše kućanstva, a nagli porast u srpnju i kolovozu poklapa se s dolaskom većeg broja turista, visokim temperaturama i sve većoj potrebi za energijom za potrebe hlađenja klima uređajima.

Podaci za 2017. nešto su drugačiji pa je vršno satno opterećenje 4. kolovoza iznosilo 3079 MW dok je mjesec siječanj bio rekordan po potrošnji energije, a potrošnja je iznosila 1707 GWh. [40] Na slici 18. prikazan je isti dijagram mjesečne potrošnje kao i na prethodnoj slici 17.



Slika 18. Potrošnja na mreži prijenosa RH 2017. [40]

Iako su vršna satna i mjesečna opterećenjima za prethodne dvije godine u različitim godišnjim dobima dijagrami na Slika 17Slika 18. pokazuju određene sličnosti pa tako je uočljivo da potrošnja raste u ljetnim i zimskim mjesecima, a opada u proljetnim i jesenskim.

Ova kratka analiza vršnih opterećenja u posljednje dvije godine poslužila je za logičko raščlanjivanje tvrdnje kako je izgradnja KKPE Peruće potrebna kako bi se zadovoljile vršne potrebe hrvatskog EES-a. Kako je već prikazano protok Cetine upravo je najmanji u ljetnim mjesecima i nedostatan je za potrebe hlađenja pogona, a upravo se u tim mjesecima redovno pojavljuju najveća opterećenja u hrvatskom EES. Nadalje najveće protoke rijeke ostvaraju u zimskim mjesecima kao posljedica većeg broja padalina kada posljedično tome i hidroelektrane rade pri svojim vršnim snagama, a one u Republici Hrvatskoj s 2104 MW čine 45,47 % ukupno instalirane snage elektrana pa se tako ni u tom pogledu ne može logički opravdati izgradnja elektrane veličine i cijene kao što je KKPE Peruća.

6.3. USPOREDBA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE I CIJENE PROIZVODNJE IZ PLINA

Prema podacima Hrvatske burze električne energije – CROPEX za mjesec kolovoz 2019. godine koji predstavlja jedan od energetski najopterećenijih mjeseci u godini, kao što je prikazano u prethodnom potpoglavlju, prosječna cijena uvezene električne energije iznosila je 55,87 €/MWh. [42] Kada se uzme cijena plina iz dokumenta Cijena energenata i troškovi energije u Europi kojeg je izdala Europska komisija, a u kojem stoji cijena plina od 25 €/MWh[43, slika 7.] što uz faktor pretvorbe od 60 % iznosi 41,67 €/MWh. U tu cijenu dakako nisu uračunati troškovi hladnog pogona i radne snage, cijena investicije same elektrane koji značajno povećavaju cijenu proizvodnje te, sudeći po brojnim ugašenim elektranama u zapadnoj Europi, uvelike premašuju prosječnu cijenu električne energije na tržištu. Točniji izračun cijene nije bio moguć upravo zbog manjka gore navedenih podataka.

6.4. TRGOVINSKA RAZMJENA [44]

Da je održavanje EES-a Republike Hrvatske moguće uravnoteženom proizvodnjom i trgovinskom razmjenom pokazuju izvješća HOPS-a na temelju kojih je utvrđeno da je EES Republike Hrvatske stabilan. Razlog tomu je povoljan geografski položaj Hrvatske koji omogućava izravnu razmjenu na 400 kV mreži s četiri susjedne zemlje, Slovenijom, Mađarskom, Srbijom te Bosnom i Hercegovinom. Državne mreže međusobno su povezane i dalekovodima nižih napona, ali se glavnina prometa zbog manjih gubitaka izvodi na dalekovodima najvišeg napona. Pravci razmjene na 400 kV mreži su sljedeći:

- s Bosnom i Hercegovinom – Ernestinovo-Ugljevik te Konjsko-Mostar
- s Mađarskom – Žerjavinec-Heviz te Ernestinovo-Pecs
- sa Slovenijom – Tumbri-Krško te Melina-Divača
- sa Srbijom – Ernestinovo-Sremska Mitrovica 2

U Tablica 9.Tablica 10. biti će prikazana razmjena sa svakom pojedinom državom odnosno koliko je u EES Republike Hrvatske uvezeno, a koliko izvezeno u odnosu na svaku pojedinu državu.

Tablica 9. Uvezena električna energija[GWh] u 2018. [44]

godina	Slovenija	Mađarska	Srbija	Bosna i Hercegovina
2018	2180	2750	1799	5963
2017	3534	4883	830	2909
2016	2585	3736	1418	4657

Tablica 10. Izvezena električna energija[GWh] u 2018.

godina	Slovenija	Mađarska	Srbija	Bosna i Hercegovina
2018	4774	725	47	986
2017	3001	31	116	1630
2016	4484	305	64	1202

7. ZAKLJUČAK

Iako rad ne obiluje proračunima koji dokazuju tvrdnje zaključak se logično nameće sam od sebe kroz gotovo sva poglavlja. Glavni uzrok nedostatku proračuna je taj što ni u samoj Studiji, koja je rađena na puno višoj razini, i od strane cijele grupe stručnjaka nisu prikazani proračuni koji se mogu reproducirati odnosno ponovno samostalno izvesti kako bi se došlo do konačnih brojeva i podataka. Uz takve izvore nije bilo lako provesti analizu na kraju koje se može zaključiti je li nešto štetno ili nije u ekološkom pogledu te je li nešto potrebno i isplativo u ekonomskom smislu. Poznavajući neke osnovne podatke vezane za ovu tematiku, a koji nisu prikazani u javnosti kada se projekt predstavljao te u konačnici ni u Studiji, zaključak rada nametao se postepeno. Tako je u prvom poglavlju prikazana energetska iskorištenost Perućkog jezera i rijeke Cetine koja na svojih stotinjak kilometara ima čak pet hidroelektrana ukupne instalirane snage 871,6 MW što čini gotovo 20% ukupne snage svih elektrana u Republici Hrvatskoj te je neupitno da je ova krška rijeka u potpunosti energetski iskorištena, a da nije značajnije narušen njen prirodni karakter čiste rijetke sa čijeg se sliva napaja oko 500 000 ljudi što je prikazano u radu. Prikazom projekta RHE Vrdovo cilj je bio pokazati da se Perućko jezero može dodatno energetski iskoristiti bez značajnijeg negativnog utjecaja na rijeku Cetinu te da je taj dio projekta Vis-Viva prihvatljiv za razliku od KKPE Peruća. Iz gotovo svakog potpoglavlja u poglavljima 4, 5 i 6 mogao se izvući zaključak da je ovaj projekt neprihvatljiv sa ekološkog gledišta te besmislen i nepotreban za građane Republike Hrvatske gledajući sa ekonomskog aspekta. Nakon svih dostignutih zaključaka u daljnju analizu zašto je projekt uopće pokrenut nije bilo potrebno ulaziti jer bi to zahtijevalo analizu raznih zakona i propisa Republike Hrvatske i Europske Unije, a štetnost i besmislenost već je bila vidljiva i bez takvih analiza. Također treba napomenuti da je proizvodnja električne energije iz prirodnog plina, iako trenutno neprofitabilna, najprihvatljiviji i najmanje štetan način proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva. Uzroke trenutne neprofitabilnosti ne treba tražiti u tehnologiji jer plinske elektrane postižu značajno veću učinkovitost od elektrana na ugljen i derivate nafte. Uzrok neprofitabilnosti prvenstveno leži u trenutnoj cijeni plina na tržištu, a razlozi zašto se cijene kreću tako visoko nisu tehničke već političke naravi.

8. LITERATURA

[Iako postojeća hidroenergetska postrojenje na rijeci Cetini nisu tema ovoga rada, primjereno ih je prikazati kako bi čitatelj stekao dojam o energetskoj iskorištenosti same Cetine. Rijeka Cetina iako duga samo 105 kilometara obiluje hidroenergetskim postrojenjima koja iskorištavaju njen prirodni pad od 385 metara, njene doline, pritoke, kanjone i najbliža susjedna krška polja viših nadmorskih visina kao što se vidi na Slika 1.[1] https://hr.wikipedia.org/wiki/Cetina

[Slika 1. Hidroenergetski sustav rijeke Cetine [2]] https://bib.irb.hr/datoteka/246317.mbozicevic.pdf

Hidroelektrana Peruća nalazi se u općini Hrvace u Splitsko-dalmatinskoj županiji ispod brane akumulacijskog Perućkog jezera. Kada je izgrađena 1960. njena snaga iznosila je 41,6 MW(2 generatora s 20,8 MW snage), a nakon remonta koji je izvršen 2003. zbog oštećenja na brani i samoj hidroelektrani nastalih tijekom Domovinskog rata snaga je hidroelektrane povećana je na 61,4 MW. Hidroelektrana koristi 2 Francisove turbine za pokretanje rotora generatora. Prosječna godišnja proizvodnja električne energije u HE Peruća je 203 milijuna kWh. Generatori su spojeni na električnu mrežu napona 220 kV. [3] HE Peruća nalazi se ispod akumulacijske brane što se može vidjeti na slici 2. https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Peru%C4%87a

Slika 2.Pogled na HE Peruća i Perućko jezero [4] http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-peruca/1551

Za temu planirane termoelektrane puno su zanimljiviji podaci o samom Perućkom jezeru jer po podacima iz Studije o utjecaju na okoliš termoelektrana se planira hladiti vodom iz jezera. Perućko jezero akumulacijsko je jezero nastalo plavljenjem doline rijeke Cetine u podnožju planina Svilaje i Dinare kao što prikazuje Slika 3. Jezero je dugačko oko 20 kilometara, širina mu se kreće u prosjeku od 1 do 2 kilometra, a najveća širina mu je 4 kilometra. Površina jezera se kreće oko 20,092 km^2, a zapremnina jezera u prosjeku je 565 250 000 m^3. [5] https://hr.wikipedia.org/wiki/Peru%C4%87ko_jezero

[Slika 3. Satelitski pogled na Perućko jezero [6] https://earth.google.com/web/

[Hidroelektrana Orlovac [7] https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Orlovac

[Slika 4. HE Orlovac i dovodni tunel [8] http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-orlovac/1552

[Slika 5. Sustav Buško blato – Lipa – Orlovac [9] https://bib.irb.hr/datoteka/246317.mbozicevic.pdf

[2.1.3. Hidroelektrana Đale [10] https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_%C4%90ale

[Slika 6. Hidroelektrana Đale s akumulacijskim jezerom [11] http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-orlovac/1552

[2.1.4. akumulacija Prančevići i MHE Prančevići http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-zakucac/1555

[2.1.5. Hidroelektrana Kraljevac [13] http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/mhe-prancevici/1556

[Slika 8. HE Kraljevac i dovodni cjevovodi [14] https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Kraljevac

[2.1.6. Hidroelektrana Zakučac [15] http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-kraljevac/1557

[3.2. Opći podaci o RHE Vrdovo [16] http://www.vis-viva-energija.com/wp-content/uploads/2015/12/RHE-Vrdovo_tehni%C4%8Dki-sa%C5%BEetak_final.pdf

[Slika 11. RHE Vrdovo – panoramski pogled [17] http://www.vis-viva-energija.com/rhe-vrdovo/

RHE Velebit [18] http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/rhe-velebit/1546

[~23 [19] https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrmanja

[Slika 12. Shema kombiniranog procesa [20] https://repozitorij.fkit.unizg.hr/islandora/object/fkit%3A449/datastream/PDF/view

[4.2. Kogeneracijski proces
[21]http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE#Kogeneracija

[Slika 13. Planirana lokacija gradnje KKPE Peruća [22] https://www.braniteljski-portal.com/u-prigodi-obiljezavanja-25-obljetnice-obrane-brane-peruca-fala-vrlin-ratnicin-i-domoljubin

Slika 14. Etažiranje KKPE Peruća[23, stranica 35.] Elektroprojekt d.d., KKPE Peruća Studija utjecaja na okoliš, Zagreb 2016.

[Slika 15. Trasa dalekovoda Hrvace – Konjsko[24] Elektroprojekt d.d., Dalekovod 2x400 kV Hrvace - Konjsko s rasklopištem TS Hrvace 400/110 kV Studija o utjecaju na okoliš, Zagreb 2016

[Slika 16. Spojni plinovod Peruća – Dugopolje[25] Elektroprojekt d.d., Spojni plinovod PČ Dugopolje-OPČS Peruća DN 500/75 Studija o utjecaju na okoliš, Zagreb 2016.

[NE Krško [26] https://www.nek.si/hr/o-nuklearnoj-tehnologiji/tehnicki-podaci

[TE-TO Zagreb [27] http://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane-toplane/te-to-zagreb/1565

[Odličnu usporedbu KKPE Peruća i NE Krško napravio je dr. rer. nat. Mislav Cvitković mag. phys. u članku napisanom u časopisu Cetinska vrila gdje je iznio niz argumenata protiv gradnje ove termoelektrane pa tako i ovaj argument o prekomjernom zagrijavanju rijeke Cetine i Perućkog jezera te utjecaju na floru i faunu te pitkost vode. [28] dr. rer. nat. Mislav Cvitković mag. phys., Termoelektrana Peruća – pitanje budućnosti Države ili skoro sve što nije rečeno o mrtvilu projekta Vis Viva, Cetinska vrila, Sinj 2017.

Analiza rada plinske elektrane ne može proći bez saznanja da se u Europi masovno gase plinske elektrane. Razlog gašenja kod svih zatvorenih elektrana je neisplativost proizvodnje električne energije iz plina.[29] Neke od elektrana zatvorene su trajno, a neke su stavljene u hladni pogon odnosno vlasnici čekaju da proizvodnja postane profitabilna. https://af.reuters.com/article/commoditiesNews/idAFL6N0O01ZU20140514

Reuters donosi popis od 41 elektrane u vlasništvu ukpuno 10 različitih prozvođača od kojih je prosječnom građaninu najpoznatiji njemački RWE koji je ne tako davno ušao na tržište električne energije u Republici Hrvatskoj. Ukupna snaga ugašenih plinskih elektrana iznosi 21,399 GW što je za usporedbu gotovo 5 puta veća snaga od zbroja snaga svih elektrana instaliranih u Hrvatskoj. Neke od njih su za stalno zatvorene, a neke su zatvorene dok proizvodnja električne energije iz plina ne postane ponovno isplativa. Sve elektrane na popisu [30] nalaze se u državama članicama Europske unije, a ovdje je priložen popis 15 elektrana, što onih najvećih snaga, što elektrana snagom najsličnijih KKPE-i Perući. https://af.reuters.com/article/idAFL5N0KR0S220140117

Prvi je taj da se na stranicama projekta Vis Viva [31] navodi da je tvrtka Elektroprojekt d.d. sudjelovala u izradi projekta KKPE Peruća što nebi bilo ništa sporno da ista tvrtka nije

izrađivala i Studiju[23] što se može vidjeti već na drugoj stranici Studije te na svakoj sljedećoj. http://www.vis-viva-energija.com/o-projektu/
Drugi razlog je taj da je u medijima i u službenoj prezentaciji projekta na stranicama 22. i 24.[32] iskomunicirano od strane predstavljača projekta da je Institut Ruđer Bošković, kao najjača znanstvena institucija u Republici Hrvatskoj, izradio model miješanja vode. Primjeri medija u kojima su izašli članci gdje se predstavljači pozivaju na IRB su: http://www.vis-viva-energija.com/wp-content/uploads/2015/11/Vis-Viva_SD%C5%BD_predstavljanje-projekta.pdf

[Jutarnji list [33] https://www.jutarnji.hr/biznis/posao-desetljeca-u-srcu-zagore-na-peruci-se-gradi-veliki-energetski-kompleks-ukupne-vrijednosti-milijardu-eura-koji-ce-preporoditi-pet-malih-opcina/5445215/

[Slobodna Dalmacija [34] https://slobodnadalmacija.hr/dalmacija/split-zupanija/clanak/id/460716/posao-desetljeca-koji-je-izazvao-buru-u-splitskom-zaleu-ispod-peruce-gradi-se-nova-hidroelektrana-i-energetski-kompleks-od-milijardu-eura

[Ferata [35] http://www.ferata.hr/hrvatacani-ne-zele-kombi-kogeneracijsku-elektranu-peruca/

[Jutarnji list [36] https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/ispravak-netocnih-navoda-o-institutu-ruder-boskovic/5489531/

[Slobodna Dalmacija [37] https://slobodnadalmacija.hr/dalmacija/split-zupanija/clanak/id/461995/institut-ruer-boskovic-nismo-sudjelovali-u-studiji-utjecaja-na-okolis-nove-hidroelektrane-kraj-sinja

[Ferata [38] http://www.ferata.hr/institut-ruder-boskovic-nije-sudjelovao-u-izradi-studije-utjecaja-na-okolis-za-projekt-kogeneracijske-elektrane-hrvace/

[5.5. Vodozahvati na rijeci Cetini [39]Hrvatske vode, Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije, Split prosinac 2008.

[Tablica 7. Prekidi napajanja u 2017. godini [40] HOPS, Godišnje izvješće o sigurnosti opskrbe hrvatskog EES-a za 2017. godinu, Zagreb lipanj 2018.
[Tablica 8. Prekidi napajanja u 2018. godini [41] HOPS, Izvještaj o održivosti 2018., Zagreb lipanj 2019.

Prema podacima Hrvatske burze električne energije – CROPEX za mjesec kolovoz 2019. godine koji predstavlja jedan od energetski najopterećenijih mjeseci u godini, kao što je prikazano u prethodnom potpoglavlju, prosječna cijena uvezene električne energije iznosila je 55,87 €/MWh. [42] Kada se uzme cijena plina iz dokumenta Cijena energenata i troškovi energije u Europi kojeg je izdala Europska komisija, a u kojem stoji cijena plina od 25 €/MWh[43, slika 7.] što uz faktor pretvorbe od 60 % iznosi 41,67 €/MWh. U tu cijenu dakako nisu uračunati troškovi hladnog pogona i radne snage, cijena investicije same elektrane koji značajno povećavaju cijenu proizvodnje te, sudeći po brojnim ugašenim elektranama u zapadnoj Europi, uvelike premašuju prosječnu cijenu električne energije na tržištu. Točniji izračun cijene nije bio moguć upravo zbog manjka gore navedenih podataka. CROPEX, Trading report August 2019.

Prema podacima Hrvatske burze električne energije – CROPEX za mjesec kolovoz 2019. godine koji predstavlja jedan od energetski najopterećenijih mjeseci u godini, kao što je prikazano u prethodnom potpoglavlju, prosječna cijena uvezene električne energije iznosila je 55,87 €/MWh. [42] Kada se uzme cijena plina iz dokumenta Cijena energenata i troškovi energije u Europi kojeg je izdala Europska komisija, a u kojem stoji cijena plina od 25 €/MWh[43, slika 7.] što uz faktor pretvorbe od 60 % iznosi 41,67 €/MWh. U tu cijenu dakako nisu uračunati troškovi hladnog pogona i radne snage, cijena investicije same elektrane koji značajno povećavaju cijenu proizvodnje te, sudeći po brojnim ugašenim elektranama u zapadnoj Europi, uvelike premašuju prosječnu cijenu električne energije na tržištu. Točniji izračun cijene nije bio moguć upravo zbog manjka gore navedenih podataka. Europska komisija, Cijene energenata i troškovi energije u Europi, Bruxelles 2019.

[6.4. Trgovinska razmjena [44] https://www.hops.hr/page-file/oEvvKj779KAhmQg10Gezt2/temeljni-podaci/Temeljni%20podaci%202018.pdf