

# UTJECAJ ELEKTRANA NA OKOLIŠ

---

**Rožić, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:473465>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-06**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Filip Rožić

# **UTJECAJ ELEKTRANA NA OKOLIŠ**

Završni rad

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Filip Rožić

# **IMPACT OF POWER PLANTS ON THE ENVIRONMENT**

Final paper

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Filip Rožić

# **UTJECAJ ELEKTRANA NA OKOLIŠ**

Završni rad

Mentor:

dr.sc. Igor Peternel, v. pred.

Karlovac, 2020.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2020.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Filip Rožić      Matični broj: 0415617004

Naslov: Utjecaj elektrana na okoliš

Opis zadatka:

U ovom završnom radu objasniti pojam elektrana, navesti vrste elektrana, njihove značajke te prednosti i nedostatke. Opisati i nabrojati par vrsta elektrana u Hrvatskoj i svijetu. Potrebno je navesti kako pojedine vrste elektrana utječu na okoliš. U eksperimentalnom dijelu ovog završnog rada detaljno razraditi hidroelektranu Tri klanca. Napisati zaključak nakon razrađenog eksperimentalnog primjera. Kod pisanja završnog rada koristiti stručnu literaturu.

Zadatak zadan:

06/2020.

Rok predaje rada:

06/2020.

Predviđeni datum obrane:

07/2020.

Mentor:

dr.sc. Igor Peternel, v. pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Zvonimir Matusinović

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Igoru Peternelu koji mi je omogućio pisanje ovog završnog rada i svojoj obitelji na potpori i razumijevanju ne samo u periodu izrade završnoga rada nego i na velikoj potpori tijekom studiranja.

Zahvaljujem se i svojim kolegama sa studija koji su mi davali podršku, savijete i uljepšali studentske dane.

Od srca se zahvaljujem svojoj sestri Kristini i budućem šogoru Krešimiru na savjetima i susretljivosti koju su mi pružali tokom izrade ovoga rada i tijekom studiranja.

Tijekom pisanja ovog rada, došao sam do mnogih spoznaja o različitim vrstama elektrana, njihovim prednostima i nedostacima te najvažnije, njihovom utjecaju na okoliš.

## **SAŽETAK**

Završni rad obrađuje temu utjecaja elektrana na okoliš. Definirane su vrste elektrana i njihov način proizvodnje električne energije. Nabrojane su neke od poznatijih vrsta elektrana u Hrvatskoj i par primjera u svijetu. Značajna cijelina ovog rada je utjecaj elektrana na okoliš u kojem se opisuje djelovanje pojedinih vrsta elektrana na zrak, tlo, životinjski svijet. U ovom radu je za primjer uzeta hidroelektrana Tri klanca, najveća hidroelektrana na svijetu koja je poznata po svojom impresivnošću, ali i mnogim posljedicama tijekom perioda njene izgradnje.

Ključne riječi: elektrane, utjecaj elektrana na okoliš, električna energija, ekologija, hidroelektrana Tri klanca

## **SUMMARY**

The final paper deals with the environmental impact of power plants. The types of power plants and their way of generating electricity are defined. Some of the most famous types of power plants in Croatia and a few examples in the world are listed. An important part of this paper is the influence of power plants on the environment, which describes the effects of particular types of power plants on air, soil, animal life. The Three Gorges Dam, the world's largest hydroelectric power plant known for its impressions and many consequences during its construction period, was used as an example in this paper.

Keywords: power plants, environmental impact of power plants, electricity, ecology, Three Gorges Dam

# SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....	1
2. VRSTE ELEKTRANA .....	2
2.1. Pojam elektrana .....	2
2.2. Elektrane na neobnovljive izvore energije .....	2
2.2.1. Termoelektrane.....	2
2.2.2. Nuklearne elektrane.....	3
2.3. Elektrane na obnovljive izvore energije .....	4
2.3.1. Elektrane na biomasu .....	4
2.3.2. Geotermalne elektrane.....	5
2.3.3. Hidroelektrane .....	6
2.3.4. Vjetroelektrane .....	7
2.3.5. Solarne elektrane .....	8
3. ELEKTRANE U HRVATSKOJ I SVIJETU.....	10
3.1. Hidroelektrana Tri klanca.....	15
3.2. Termoelektrana Tuoketuo.....	16
3.3. Geotermalne elektrane Geysers .....	17
4. UTJECAJ ELEKTRANA NA OKOLIŠ.....	18
4.1. Utjecaj elektrana na fosilna goriva na okoliš.....	18
4.2. Utjecaj nuklearnih elektrana na okoliš.....	18
4.3. Utjecaj elektrana na biomasu na okoliš .....	19
4.4. Utjecaj geotermalnih elektrana na okoliš .....	19



4.5.	Utjecaj hidroelektrana na okoliš .....	19
4.6.	Utjecaj vjetroelektrana na okoliš .....	20
4.7.	Utjecaj solarnih elektrana na okoliš.....	20
5.	EKOLOŠKE KATASTROFE UZROKOVANE ELEKTRANAMA .....	22
5.1.	Nesreća u nuklearnim elektranama Fukushima Daiichi .....	22
5.2.	Nesreća na hidroelektrani Sayano-Shushenskaya .....	23
5.3.	Černobilska nesreća .....	23
6.	HIDROELEKTRANA TRI KLANCA.....	25
6.1.	Povijest hidroelektrane Tri klanca .....	25
6.2.	Konstrukcija hidroelektrane Tri klanca .....	27
6.3.	Kontrola poplava na hidroelektrani Tri klanca .....	28
6.4.	Proizvodnja električne energije na hidroelektrani Tri klanca.....	30
6.5.	Upravljanje branom na hidroelektrani Tri klanca.....	30
6.5.1.	Brodska prevodnica.....	30
6.5.2.	Brodsko dizalo.....	31
6.6.	Ekološki problemi vezani za hidroelektranu Tri klanca .....	32
7.	ZAKLJUČAK .....	35
8.	LITERATURA .....	36
9.	PRILOZI .....	39
9.1.	Popis simbola.....	39
9.2.	Popis slika.....	39

# **1. UVOD**

## **1.1. Predmet i cilj rada**

Predmet i cilj ovog završnog rada bio je objasniti utjecaj elektrana na okoliš. U narednim poglavljima ovog završnog rada biti će opisane elektrane, te njihov utjecaj na okoliš. Nakon teorijskog djela slijedi praktični primjer u kojem će pobliže biti opisana jedna hidroelektrana i njen utjecaj na okoliš.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Prilikom izrade ovog završnog rada korištena je stručna literatura i podaci prikupljeni na Internet stranicama. Na temelju svih prikupljenih podataka odabrani su oni najvažniji te je u rad sažet potrebni sadržaj kako bi rad bio što jasniji. Vizualnom dočaravanju pridonose mnoge slike i tablice.

## **2. VRSTE ELEKTRANA**

Klimatske promjene i masovno zagađenje okoliša već dugo su dio sadašnjosti. U posljednje vrijeme oštro se kritiziraju velike hidroelektrane, posebno one s velikim branama koje imaju značajan utjecaj na ekosustav i koje ometaju staništa životinja te iseljavaju lokalno stanovništvo. Vodeći uzrok industrijskog onečišćenja u svijetu je proizvodnja električne energije koja je čovječanstvu prijeko potrebna.

Sve se više zagovara okretanje prema obnovljivim izvorima energije umjesto elektrana koje imaju štetne posljedice na prirodu i okoliš.

### **2.1. Pojam elektrana**

Elektrane su postrojenja u kojima se toplinska energija dobivena oksidacijom fosilnih goriva ili nuklearnim reakcijama u nuklearnom gorivu, te kinetička energija kretanja vode i zračnih masa ili energija sunčevog zračenja transformira u električnu energiju. Unutar postrojenja električna se energija proizvodi u parnim kotlovima, ložištima plinskih turbina ili nuklearnim reaktorima.

[1] Prema energetskom izvoru ili energiji koja se u elektrani pretvara u električnu energiju, razlikuju se termoelektrane, hidroelektrane, vjetrove i sunčane elektrane.

### **2.2. Elektrane na neobnovljive izvore energije**

Elektrane na neobnovljive izvore energije koriste fosilna goriva, naftu, ugljen, plin i uranij kao gorivo za proizvodnju električne energije. Elektrane na neobnovljive izvore energije se sve manje koriste te bi one do kraja 2020. godine prema protokolu iz Kyota trebale biti izbačene iz upotrebe. Najveći problem predstavlja njihov utjecaj na okoliš. Problemi koji elektrane na neobnovljive izvore energije predstavljaju su izgaranje fosilnih goriva, odlaganje otpada te problemi s onečišćenjem okoliša.

#### **2.2.1. Termoelektrane**

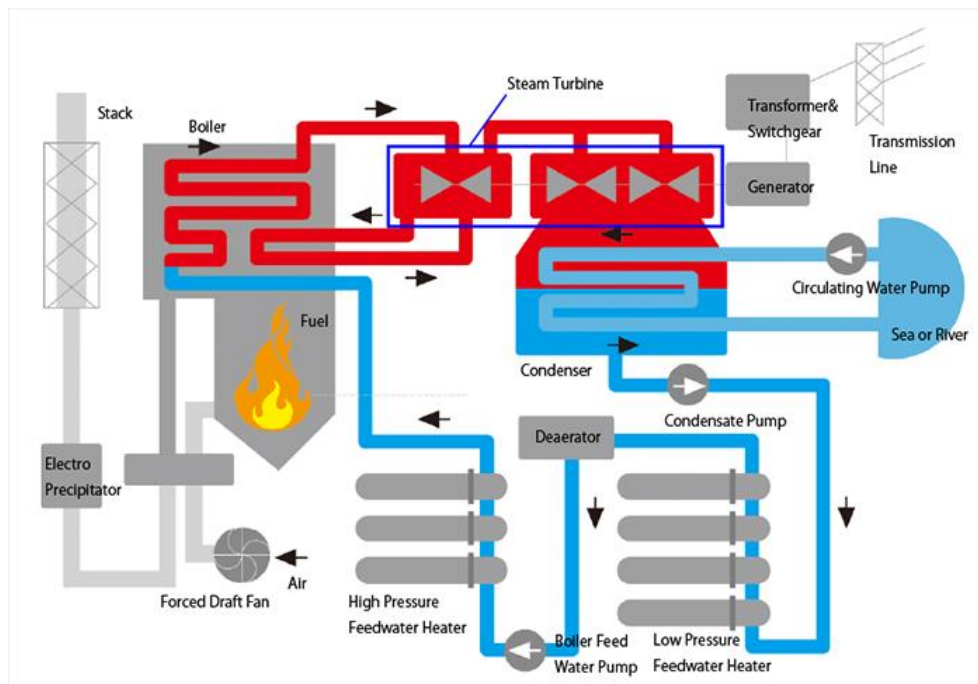
Termoelektrane su energetska postrojenja koje energiju dobivaju sagorijevanjem goriva, a glavna primjena i svrha termoenergetskih postrojenja je proizvodnja pare koja će pokretati turbinu, a potom i generator električne energije.

Osnovna namjena im je proizvodnja i transformacija primarnih oblika energije u koristan rad, koji se kasnije u obliku mehaničke energije dalje iskorištava za proizvodnju električne energije.

Mehanička energija je proizvedena uz pomoć toplinskog stroja koji transformira toplinsku energiju. Imamo pretvaranje kemijske energije u toplinsku koja se pak različitim procesima predaje nekom radnom mediju. Radni medij pak služi kao prijenosnik te energije, često izgaranjem goriva, u energiju vrtnje. [2]

Prema vrsti pokretača, termoelektrane se dijele na:

- plinsko-turbinska postrojenja,
- parno-turbinska postrojenja,
- kombinirana postrojenja.



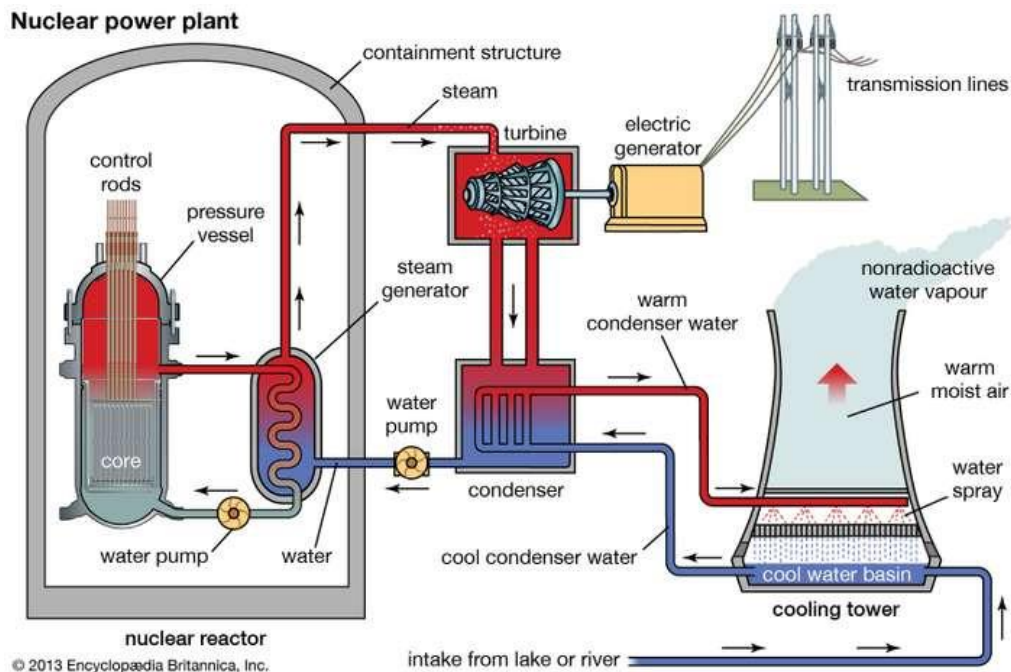
Slika 1. Shema termoelektrane [3]

### 2.2.2. Nuklearne elektrane

Nuklearne elektrane su energetska postrojenja u kojem se toplinska energija, proizvedena u nuklearnom reaktoru kontroliranom lančanom reakcijom fisije uranija ili plutonija, pretvara u električnu. Slično kao i u termoelektrani, toplinska se energija termodinamičkim kružnim procesom u turbini pretvara u mehaničku energiju, a turbina pokreće generator, u kojem se mehanička energija pretvara u električnu. Nuklearna elektrana proizvodi električnu energiju po cijeni konkurentnoj proizvodnji u termoelektrani, ali bez ispuštanja plinova koji uzrokuju efekt staklenika i globalno zatopljenje. [4]

Nuklearne elektrane se dijele po vrsti reaktora:

- nuklearne elektrane s tlačnim reaktorom
- nuklearne elektrane s kipućim reaktorom
- nuklearne elektrane s tlačnim teškovodnim reaktorom
- nuklearne elektrane s plinskim reaktorom
- nuklearne elektrane s reaktorom hlađenim vodom i moderiranim grafitom



Slika 2. Shema nuklearne elektrane [5]

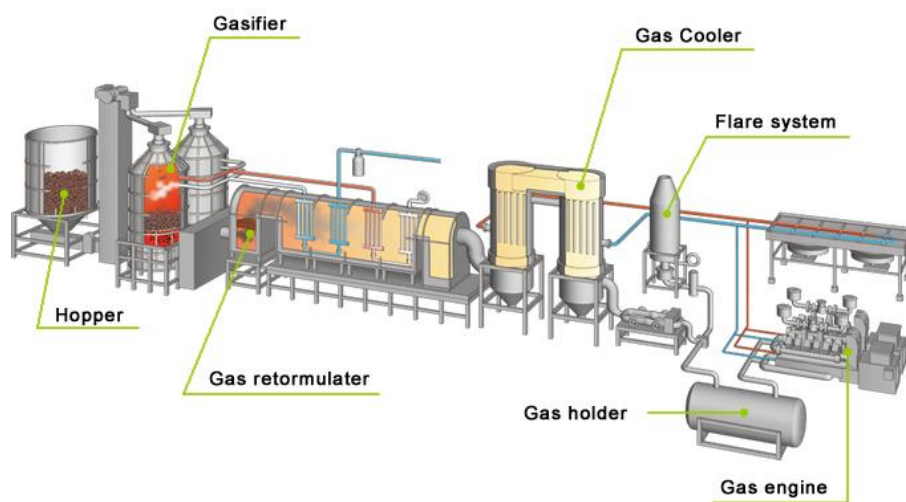
## 2.3. Elektrane na obnovljive izvore energije

Obnovljivi izvori energije koriste prirodne cikluse cirkuliranja energija i energenata te pri proizvodnji električne i/ili toplinske energije imaju znatno manji okolišni otisak kao posljedicu rada u odnosu na konvencionalne izvore energije. [6]

### 2.3.1. Elektrane na biomasu

Elektrane na biomasu i otpad su takva vrsta termoelektrana u kojima se umjesto konvencionalnih goriva, najčešće fosilnih: nafte, ugljena i plina, spaljuje biomasa i otpad, koji se nalaze u kategoriji obnovljivih izvora energije. Kao i u svakom termoenergetskom postrojenju u elektranama na biomasu i otpad nalaze se četiri glavna dijela: kotao, turbina, kondenzator i pumpa. Postoje dvije osnovne vrste tehnologije izgaranja, a to su: izgaranje u fluidiziranom stanju i izgaranje na rešeci.

Tehnologija izgaranja je važan dio u termoelektromskim postrojenjima jer je izvor korisne energije u vidu topline. Biomasa je oduvijek primarni izvor energije i čovjek ju je koristio za gorivo otkad je ovladao vatrom. Međutim, kada se biomasa koristi za dobivanje električne energije i topline, izgara se velika količina biomase koja nema homogena svojstva po cijelom volumenu ili ima manju homogenost od ugljena, nafte i plina. Zbog toga je potrebno prilagoditi tehnologije izgaranja specifičnim svojstvima biomase i otpada koje nisu tako homogena goriva. Danas su tehnologija izgaranja na rešetci i u fluidiziranom sloju dvije najčešće korištene tehnologije u dobivanju energije iz biomase i otpada. [7]



Slika 3. Shema elektrane na biomasu [8]

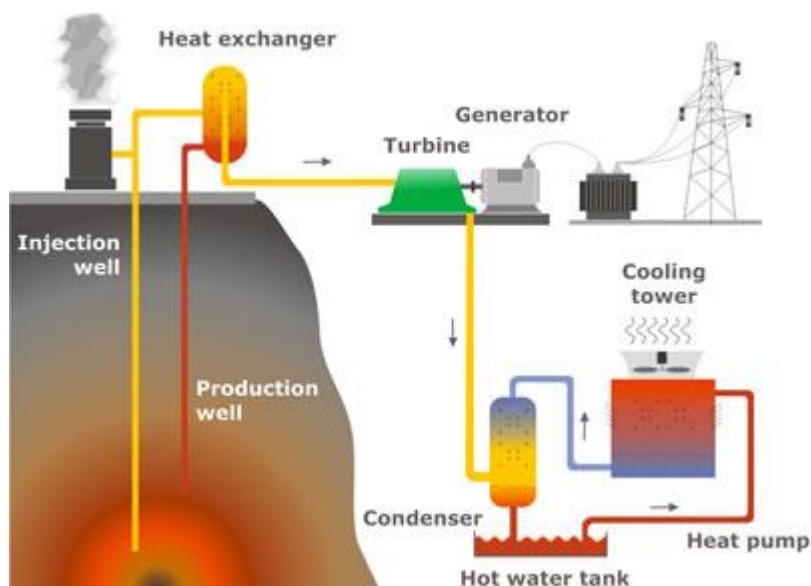
### 2.3.2. Geotermalne elektrane

Geotermalna elektrana je kao svaka druga elektrana, osim što se para ne proizvodi izgaranjem fosilnih ili drugih goriva, već se crpi iz zemlje. Daljnji je postupak s parom isti kao kod konvencionalne elektrane: para se dovodi do parne turbine, koja pokreće rotor električnog generatora. Nakon turbine para odlazi u kondenzator, kondenzira se, da bi se tako dobivena voda vratila natrag u geotermalni izvor.

Pod pojmom geotermalna energija smatramo onu energiju koja se može pridobiti iz Zemljine unutrašnjosti i koristiti u energetske ili neke druge svrhe. [9]

Geotermalne elektrane se dijele na:

- geotermalne elektrane sa suhom parom,
- geotermalne elektrane s isparavanjem,
- geotermalne elektrane s binarnim ciklusom.



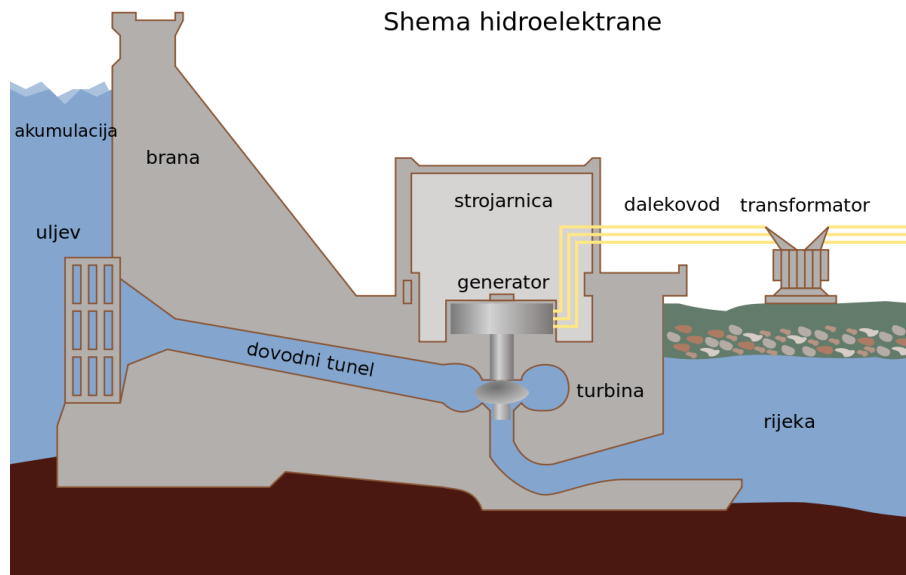
Slika 4. Shema geotermalne elektrane [10]

### 2.3.3. Hidroelektrane

Hidroelektrana je postrojenje u kojem se potencijalna energija vode najprije pretvara u kinetičku energiju njezinog strujanja, a potom u mehaničku energiju vrtnje vratila turbine te, konačno u električnu energiju u električnom generatoru. Hidroelektranu u širem smislu čine i sve građevine i postrojenja, koje služe za prikupljanje (akumuliranje), dovođenje i odvođenje vode (brana, zahvati, dovodni i odvodni kanali, cjevovodi itd.), pretvorbu energije (vodne turbine, generatori), transformaciju i razvod električne energije (rasklopna postrojenja, dalekovodi) te za smještaj i upravljanje cijelim sustavom (strojarnica i sl). [11]

Postoje slijedeće vrste hidroelektrana:

- konvencionalne hidroelektrane (akumulacijske, protočne i reverzibilne),
- hidroelektrane na valove,
- hidroelektrane na plimu i oseku.



Slika 5. Shema hidroelektrane [11]

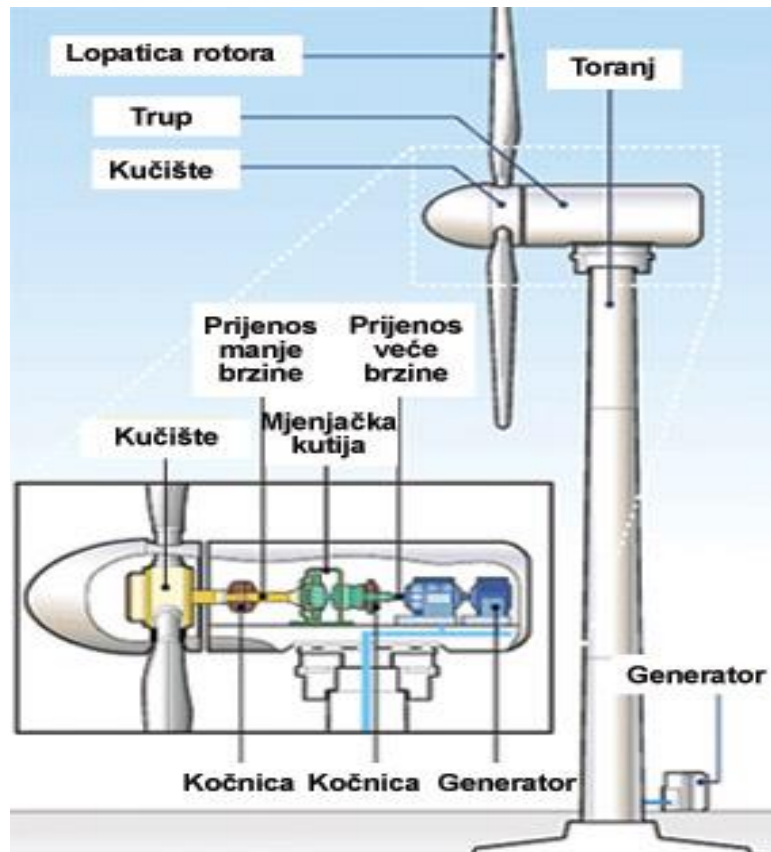
#### 2.3.4. Vjetroelektrane

Vjetroelektrana vrsta elektrane koja koristi obnovljiv izvor električne energije pokretan kinetičkom energijom vjetra. [12] Sastoje se od smještenih vjetroagregata, najčešće istog tipa, izloženih istom vjetru i priključenih posredstvom zajedničkog rasklopnog uređaja na elektroenergetski sustav. Vjetroagregat je rotirajući stroj koji pretvara kinetičku energiju vjetra prvo u mehaničku, a zatim preko električnih generatora u električnu energiju. Pri tome se rotor vjetroturbine i rotor električnog generatora nalaze na istom vratilu.

Vjetroelektrane se dijele na:

- koprne vjetroelektrane,
- priobalne vjetroelektrane,
- plutajuće vjetroelektrane
- visinske vjetroelektrane.





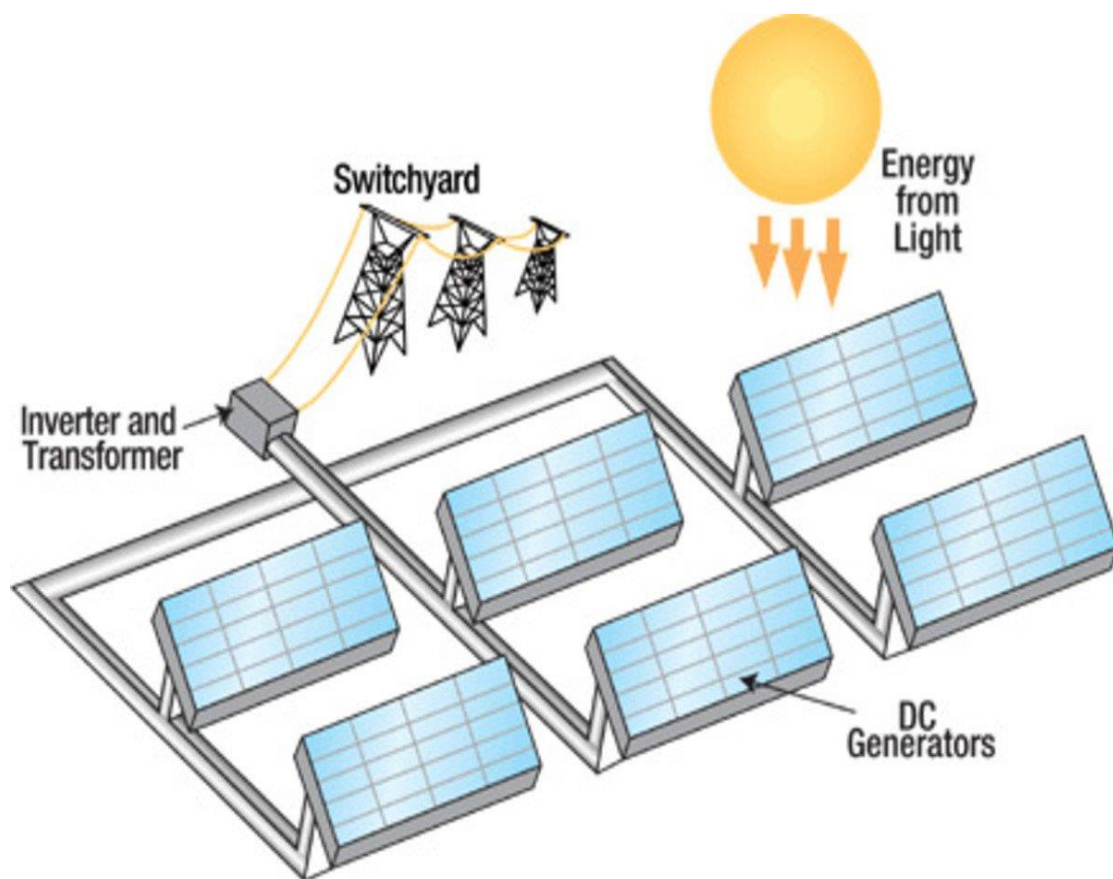
Slika 6. Shema vjetroelektrane [13]

### 2.3.5. Solarne elektrane

Solarne elektrane su veliki fotonaponski sustavi namijenjeni opskrbi tržištu električne energije. Razlikuju se od većine drugih agregata za solarnu energiju ugrađenih na zgrade i decentraliziranih agregata za solarnu energiju jer napajaju na utilizacijskoj razini, a ne na razini korisnika. Za opisivanje ovog tipa projekta ponekad se koristi generički izraz komunalni solarni sustav.

Solarne elektrane se dijele na:

- fotonaponske solarne elektrane
- solarne termalne elektrane
- hibridne solarne elektrane

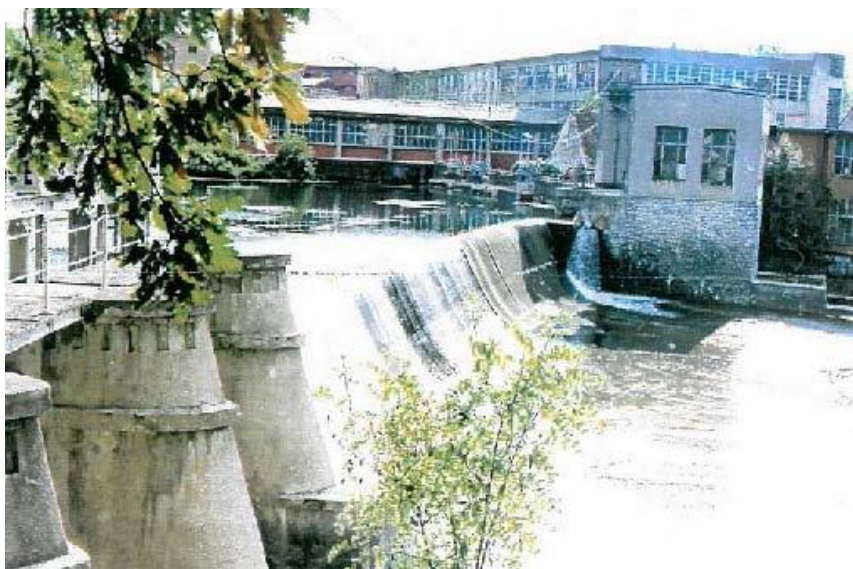


Slika 7. Shema solarne elektrane [14]

### 3. ELEKTRANE U HRVATSKOJ I SVIJETU

Prva elektrana u svijetu ušla je u pogon 1882. u New Yorku sa šest generatora istosmjerne struje ukupne snage oko 500 kW. Najveća hidroelektrana na svijetu, s instaliranom snagom od 22 500 MW, izgrađena je u sklopu projekta Tri kanjona na rijeci Yangtze u Kini. [15]

U Hrvatskoj su se krajem 19. stoljeća u industrijskim postrojenjima ugrađivali manji generatori, većinom za napajanje lokalne rasvjete. Tako je, među prvima, za potrebe rasvjete u industriji izgrađena 1884. hidroelektrana na Mrežnici u Dugoj Resi. [15]



Slika 8. Mala hidroelektrana Pamučna industrija Duga Resa [16]

Neke od poznatijih elektrana u Hrvatskoj su:

#### 1. RHE Velebit

RHE Velebit je reverzibilna hidroelektrana. Nalazi se na rijeci Zrmanji 10 km uzvodno od Obrovca. Za proizvodnju električne energije koristi vodne tokove na Gračačkom polju i to: Opsenice, Ričice, Otuče i potoka Krivka. U crpnom pogonu RHE Velebit uz vodu navedenih rječica koristi i vode rijeke Zrmanje. [17]



Slika 9. Reverzibilna hidroelektrana Velebit [17]

## 2. HE Dubrava

HE Dubrava je višenamjenska protočno derivacijska hidroelektrana dravskog sliva koja predstavlja posljednju stepenicu na dionici Drave od granice Slovenije do utoka Mure. Koristi potencijal rijeke Drave za proizvodnju električne energije, povećava zaštitu od poplava, poboljšava odvodnju, omogućuje gravitacijsko natapanje poljoprivrednih površina. [17]



Slika 10. Hidroelektrana Dubrava [17]

## 3. NE Krško

Nuklearna elektrana Krško je nuklearna elektrana koja se nalazi u Republici Sloveniji, na lijevoj obali rijeke Save, tri kilometra nizvodno od grada Krško. Republika Hrvatska i Republika Slovenija suvlasnice su nuklearne elektrane, svaka s udjelom od 50% te svaka dobiva 50%

proizvedene električne energije. Radi se o prvoj nuklearnoj elektrani zapadnog tipa izgrađenoj u nekoj od tadašnjih socijalističkih zemalja. [18]



Slika 11. Nuklearna elektrana Krško [18]

#### 4. TE Plomin

Termoelektrana Plomin izgrađena je u Plominskom zaljevu i jedina je aktivna termoelektrana na ugljen u Hrvatskoj. Lokacija je odabrana zbog nekadašnjeg ugljenokopa, topografski i geološki prikladnog terena, opskrbe slatkom i morskom vodom, a u području s dobro razvijenom morskom i kopnenom prometnom infrastrukturom.

Postrojenje TE Plomin je kondenzacijska termoelektrana koja se sastoji od dvije proizvodne jedinice Bloka A i Bloka B koje imaju svaka svoj kotao i po jednu parnu turbinu.

Energent kameni ugljen nabavlja se na svjetskom tržištu i dovozi brodovima do luke posebne namjene Plomin, gdje se iskrcava i sustavom traka doprema do otvorenog odlagališta. [17]



Slika 12. Termoelektrana Plomin [17]

## 5. BE-TO Osijek

BE-TO Osijek električne snage 3 MWe i toplinske snage 10 MWt, projekt je kombi-kogeneracijske elektrane na šumsku biomasu u spojnoj proizvodnji topline i električne energije. Primarna svrha BE-TO Osijek je proizvodnja tehnološke pare za industrijske potrošače te toplinske energije za centralizirani toplinski sustav grada Osijeka. Kao visokoučinkovita kogeneracija na obnovljivi izvor elektrana ima status povlaštenog proizvođača električne energije u razdoblju od 14 godina. Bioelektrana toplana smještena je pored TE-TO Osijek. [17]



Slika 13. Bioelektrana Osijek [17]

## 6. Solarna elektrana Genera Sveta Nedjelja

Na lokaciji tvrtke Genera u Svetoj Nedelji u rujnu 2019. godine puštena je u rad najveća integrirana solarna fotonaponska elektrana za vlastite potrebe u Hrvatskoj, vrijedna gotovo 15 milijuna kuna. Na približno 9.000 četvornih metara krovnih površina zgrada izgrađeno je solarno fotonaponsko postrojenje. Godišnje će proizvoditi 1.535.585 kWh električne energije i uštedjeti više od milijun kuna. [19]



Slika 14. Solarna elektrana Genera [19]

## 7. VE Danilo

Vjetroelektrana se nalazi oko 15 kilometara od obale i grada Šibenika. RP Global navodi kako će Danilo povećati proizvodnju energije dobivene iz vjetra u Hrvatskoj za 20 posto, a 19 vjetroturbinskih generatora ENERCON E-82 s ukupnom instaliranom snagom od 43,7 MW proizvodit će oko 100 GWh električne energije godišnje. [20]



Slika 15. Vjetroelektrana Danilo [21]

## 8. GTE Velika 1

Geotermalna elektrana Velika 1 u punoj je proizvodnji od ožujka 2019. i električnom energijom opskrbljuje gotovo cijeli Bjelovar. [22]

Velika 1 ima ugovor o otkupu električne energije s HROTE-om sklopljen na 10 MW, što odgovara prosječnoj potrošnji energije oko 29 tisuća hrvatskih kućanstava. Kako su geotermalne elektrane bazni proizvođači električne energije, ona se u mrežu isporučuje neovisno o vremenskim uvjetima i dobu dana.

Otkad je Velika 1 u punoj proizvodnji, isporučeno je više od 55 GWh električne energije. [23]



Slika 16. Geotermalna elektrana Velika 1 [24]

### 3.1. Hidroelektrana Tri klanca

Hidroelektrana Tri klanca se nalazi na trećoj najdužoj rijeci na svijetu, a to je Yangtze (nakon Nila i Amazone) te je dugačka 6300 kilometara. Ova rijeka izvire na tibetanskoj visoravni i prolazi kroz osam kineskih pokrajina. Porječje rijeke je dugačko 1,8 milijuna  $\text{km}^2$  te joj je protok vode  $31,055 \text{ m}^3/\text{s}$ . Najznačajniji pritoci ove rijeke su Yalong, Dadu, Min, Toujing i Wuijang. Pad rijeke Yangtze ukupno iznosi 5800 metara što se odnosi na njezinu potencijalnu snagu od 288 milijuna kW, ali se od toga koristi samo 6%. Iako je rijeka slavljena kao hraniteljica Kine, u 20. stoljeću potopila je više od 300.000 Kineza. Poplave se pojavljuju periodično svakih desetak godina te se visina rijeke zna povisiti 6-17 metara, te su iz tog razloga obale zaštićene nasipima ukupne duljine 33.000 km. [25]





Slika 17. Hidroelektrana Tri klanca [26]

### 3.2. Termoelektrana Tuoketuo

Termoelektrana Tuoketuo je najveća termoelektrana na ugljen u svijetu i nalazi se u Kini. Elektranu je u studenom 1995. godine pustila u rad elektroenergetska tvrtka Tuoketuo, koja ujedno posjeduje i upravlja elektranom.



Slika 18. Termoelektrana Tuoketuo [27]

### 3.3. Geotermalne elektrane Geysers

Geotermalne elektrane Geysers predstavljaju najveću cjelinu geotermalnih elektrana u svijetu, koja ima preko 350 bušotina, a smještene su u planinama Mayacamas, 116 kilometara sjeverno od San Francisca (Kalifornija, SAD). Sveukupno, geotermalne elektrane Geysers imaju instaliranu snagu od 1517 MW, iako im je stupanj iskorištenja samo 63%, tako da im je stvarna snaga 955 MW.

Geotermalne elektrane Geysers se prostiru na površini od 78 km<sup>2</sup> i spadaju u postrojenja sa suhom parom, gdje se koristi suhozasićena para, temperature veće od 220 °C. [28]



Slika 19. Geotermalne elektrane Geysers [28]

## **4. UTJECAJ ELEKTRANA NA OKOLIŠ**

Za razliku od prirodnih nepogoda koje se u većini slučajeva događaju same od sebe, za antropogeno zagađenje okoliša su zaduženi ljudi. Onečišćivači okoliša mogu se svrstati u pet osnovnih skupina: 1) Prirodni onečišćivači (otpadne vode), 2) Minerali kao onečišćivači (živa, kadmij, olovo, cink, teški metali itd.), 3) Izgaranje goriva (ugljen, nafta i njeni derivati, plin, biomasa i tako dalje), 4) Upotreba kemikalija i 5) Nuklearni otpad (nuklearna goriva). [29]

Razvojem tehnologija u industriji proizvodnje električne energije dolazi do povećanja efektivnosti i efikasnosti njezine proizvodnje, transporta i na kraju konzumacije. Upravo radi porasta proizvodnje dolazi do pojačanog zagađenja okoliša. Područja prevelike zagađenosti su upravo područja gdje se nalazi najveća koncentracija industrijskih pogona i velikih koncentracija prometa.

### **4.1. Utjecaj elektrana na fosilna goriva na okoliš**

Izgaranjem fosilnih goriva proizvode se zagađivači zraka, kao što su dušikovi oksidi, sumporovi dioksidi, hlapljivi organski spojevi i teški metali, te sumporne, ugljične i dušične kiseline koje padaju na Zemlju u obliku kiselih kiša te utječu i na prirodu i na građevine.

Fosilna goriva sadrže i radioaktivne tvari, uglavnom uranij i torij, koji se ispuštaju u atmosferu. Ovim načinom 2000. godine oko 12.000 tona torija i 5.000 tona urana bilo je otpušteno u atmosferu. Sječa, prerada i distribucija fosilnih goriva također je dio brige za okoliš. Bušenje nafte predstavlja opasnost za vodenu floru i faunu. Rafinerije nafte zagađuju vodu i zrak. Prijevoz ugljena zahtjeva korištenje vlakova, dok se nafta obično prevozi tankerima, tako da svaki način transportiranja zahtjeva dodatnu potrošnju fosilnih goriva. [30]

### **4.2. Utjecaj nuklearnih elektrana na okoliš**

Najveća opasnost za okoliš iz nuklearne elektrane dolazi od radioaktivnog materijala koji se nuklearnim reakcijama stvara u nuklearnom reaktoru.

Nuklearne elektrane projektirane su, izgrađene i korištene na takav način da se spriječi ispuštanje radioaktivnog materijala u okoliš. S druge strane toplinska se energija u nuklearnoj elektrani ne dobiva sagorjevanjem goriva nego nuklearnom fisijom tako da nuklearna elektrana ne ispušta u okoliš štetne produkte sagorjevanja kao što su ugljični dioksid, dušični oksidi i sumporni dioksid. [31]

### **4.3. Utjecaj elektrana na biomasu na okoliš**

Elektrane na biomasu mogu biti veliki zagađivači okoliša, ovisno o gorivu kojeg koriste. Korištenjem biomase dobiva se bioenergija koja se potom može koristiti kao toplinska energija, u obliku biogoriva ili se upotrijebiti za proizvodnju električne energije, a u svakoj varijanti je povoljnija za okoliš od korištenja fosilnih goriva. Najznačajniji utjecaj izgaranja biomase su emisije u atmosferu, a u ostale utjecaje ubrajaju se kruti otpad, otpadne vode, maglica od rashladnih tornjeva, vizualni utjecaj i drugo. [32]

### **4.4. Utjecaj geotermalnih elektrana na okoliš**

Geotermalnu energiju je nemoguće transportirati i zbog toga se može koristiti samo za opskrbu toplinom obližnjih mjesta i za proizvodnju električne energije. Problem kod korištenja je ispuštanje materijala i plinova iz dubine zemlje koji mogu biti štetni kada izađu na površinu. Najopasniji je vodikov sulfid koji je vrlo korozivan i vrlo ga je teško pravilno odložiti. Statistike pokazuju da je povećana pojava potresa u regijama gdje se iskorištava geotermalna energija. [33]

### **4.5. Utjecaj hidroelektrana na okoliš**

Prema Europskom udruženju malih hidroelektrana (ESHA, 2009) neki od negativnih utjecaja hidroelektrana su onemogućavanje migracija riba i prekid riječnog kontinuiteta, povećanje smrtnosti riba, morfološke promjene, buka te fragmentacija i degradacija staništa pojedinih vrsta.

Kod izgradnje brana i hidroelektrana dolazi do promjena hidrološkog režima vodotoka i značajnih utjecaja kao što su:

- 1.) Gubitak kopnenih staništa stvaranjem akumulacije uslijed izgradnje brane te promjene u prirodnoj varijabilnosti vodostaja;
- 2.) Utjecaji na obalnu zonu, npr. uslijed potapanja obalne zone pri čemu dolazi do promjene mikrostaništa;
- 3.) Nagle promjene vodostaja koje se javljaju uslijed rada hidroelektrane uzvodno od brane nisu usklađene s prirodnim hidrološkim režimom što dovodi do degradacije i nestanka obalne vegetacije;
- 4.) Isušivanje korita nizvodno od hidroelektrane u slučaju da povremeno ili trajno nema ispuštanja vode u staro korito pogubno je za floru i faunu koja živi u vodi ili u riparijskoj zoni;

- 5.) Snižavanje razine podzemne vode nizvodno od brane ima negativne utjecaje na riparijsku i vodenu vegetaciju;
- 6.) Utjecaji su mogući i u slučaju kada se u staro korito rijeke ispušta ekološki prihvatljiv protok ovisno o njegovoj veličini; ako je ovaj protok jako mali proporcionalno će se smanjivati površine pod izvorno prisutnim stanišnim tipovima;
- 7.) Stvaranje bujičnih valova i nagli porasti vodostaja (engl. hydropeaking) najčešće su prisutni kod rada akumulacijskih hidroelektrana. Uslijed naglih ispuštanja velikih količina vode dolazi do negativnih utjecaja, npr. otplavlivanja riblje mladi i malih riba. Ovi utjecaji su mogući i kod protočnih elektrana s kraćim razdobljima akumuliranja vode. Riba se nakon takvog poplavnog događaja mogu naći zarobljene u malim bazenima zaostalim nakon poplave, te najčešće ugibaju kad se takva staništa isuše;
- 8.) Utjecaji na brzinu vode; uzvodno od brane nekadašnja tekućica postaje gotovo stajaćica (utjecaj na stvaranje leda u zimskom periodu);
- 9.) Utjecaji na temperaturu vode (uzvodno i nizvodno od brane) radi povećanog ili smanjenog protoka, promjene dubine vode (npr. kod akumulacija). Temperatura vode je važan okolišni čimbenik za biljne i životinjske vrste, a njene promjene utječu na mrijest riba i preživljavanje ribljih jajašaca. [34]

#### **4.6. Utjecaj vjetroelektrana na okoliš**

Energija dobivena iz vjetra ne zahtjeva gorivo za proizvodnju i ne proizvodi zagađenje zraka. Postoje razna istraživanja koja su pokazala kako vjetroelektrane imaju negativan utjecaj na ljudsko zdravlje, štete usjevima, doprinose globalnom zatopljenju i slično.

Vjetroturbine smještene na poljoprivrednim područjima mogu stvarati poteškoće pilotima letjelica koje zaprašuju usjeve. Isto tako postoje izvještaji o stradavanju ptica i šišmiša od vjetroturbina. [35]

#### **4.7. Utjecaj solarnih elektrana na okoliš**

Tijekom izgradnje solarnih elektrana postoji mogućnost negativnog utjecaja na tlo uslijed radova na uklanjanju vegetacije, kretanja po tlu građevinske i ostale mehanizacije prilikom niveliranja lokalnih uzdignuća i udubljenja, kopanja temelja za konstrukciju panela i rovova za polaganje podzemnih kabela te privremenog odlaganja otpadnog materijala.

Isto tako izgradnjom sunčane elektrane dolazi do dugoročne promjene vizualnih značajki krajobraza, prije svega zbog uklanjanja postojećeg vegetacijskog pokrova. Osim gubitka staništa uslijed uklanjanja vegetacije, može doći do uznemiravanja faune uslijed prisutnosti ljudi i mehanizacije, buke, vibracije i emisija.

Također, izgradnjom sunčane elektrane dolazit će do emisija u zrak, ponajviše prašine i ispušnih plinova motora, a kao posljedica građevinskih radova, rada građevinskih strojeva i transporta materijala za građenje. [36]

## 5. EKOLOŠKE KATASTROFE UZROKOVANE ELEKTRANAMA

### 5.1. Nesreća u nuklearnim elektranama Fukushima Daiichi

Razorni potres intenziteta 9 stupnjeva po Mercalliju pogodio je 11. ožujka 2011. istočnu obalu otoka Honshu u Japanu. U regiji zahvaćenoj potresom bilo je u trenutku potresa u pogonu 11 reaktora na četiri lokacije. Zbog jačine potresa došlo je do automatskog gašenja svih 11 reaktora. Električna energija iz mreže ili rezervnih generatora omogućila je rad sustava rashladnih pumpi za odvođenje ostatne topline kod 8 od 11 reaktora i oni su unutar nekoliko dana usprkos nekim problemima došli u stanje hladne obustave. Preostala tri reaktora smještena na lokaciji Fukushima Daiichi izgubila su napajanje električnom energijom, a time i mogućnost adekvatnog hlađenja reaktora jedan sat nakon potresa zbog poplave izazvane 15 metara visokim tsunamijem. Djelovanjem tsunamija došlo je do kvara na 12 od 13 rezervnih generatora na lokaciji kao i na izmjenjivačima topline za odvođenje ostatne topline reaktora u more. To je rezultiralo pregrijavanjem i značajnim topljenjem jezgre sva tri reaktora unutar tri dana. Zbog opasnosti od ispuštanja radioaktivnosti stanovništvo je pravovremeno evakuirano u zoni 20 km oko elektrane. [37]



Slika 20. Oštećenje kompleksa nuklearne elektrane Fukushima Daiichi [38]

## 5.2. Nesreća na hidroelektrani Sayano-Shushenskaya

Turbina hidroelektrane Sayano-Shushenskaya u blizini Sayanogorska u Rusiji zakazala je 17. kolovoza 2009. godine, poplavljujući zgradu i ubivši 75 osoba. Srušen je dio krova turbinskog postrojenja, sve osim jedne od deset turbina su oštećene ili uništene. Izgubljena je cjelokupna proizvodnja elektrane, ukupne veličine 6.400 MW što je značajan dio opskrbe lokalnog područja i što je dovelo do rasprostranjenih nestašica struje. [39]



Slika 21. Šest uništenih generatora na hidroelektrani Sayano-Shushenskaya [40]

## 5.3. Černobilska nesreća

Katastrofa u Černobilju 1986. godine na RBMK reaktoru je bila posljedica nedostatka sigurnosti u dizajnu reaktora i nepridržavanja sigurnosnih procedura od strane operatera reaktora koji su reaktor odveli u stanje promptne kritičnosti, što je izazvalo parnu eksploziju. Eksplozija je raznijela reaktorsku nadgradnju čime je radioaktivnost iz jezgre došla u kontakt s atmosferom. Od posljedica nesreće je umrlo ukupno 56 ljudi, od čega su to većinom bili spasioci i vatrogasci. Više od 130.000 ljudi je bilo evakuirano, a okoliš je pretrpio značajne štete. Međunarodne sigurnosne studije danas procjenjuju da nije bilo nikakvih porasta smrtnosti od malignih bolesti koje bi se mogle pripisati Černobilju za stanovništvo koje se nalazilo na kontaminiranom području. Nesreća je imala negativan učinak na daljnji razvoj nuklearnih programa u svijetu, ali je i znatno utjecala na postroženje sigurnosnih mjera u nuklearnim postrojenjima. Potrebno je istaknuti kako RBMK reaktor nije izgrađen u skladu sa



međunarodno usvojenim sigurnosnim načelima a to se posebno odnosi na izostanak zaštitne zgrade (kontejnmenta). [37]

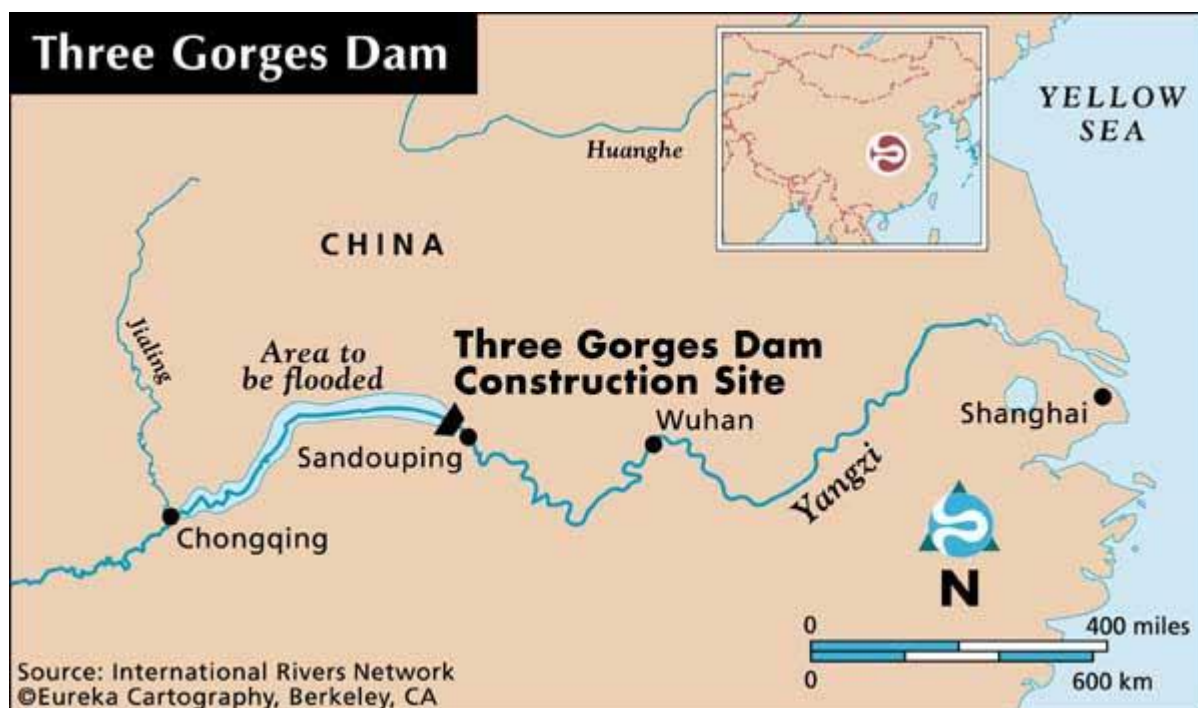


Slika 22. Četvrti i treći reaktor nakon eksplozije u nuklearnoj elektrani Černobil [41]

## 6. HIDROELEKTRANA TRI KLANCA

Projekt hidroelektrane Tri klanca (TGP) jedan je od najvećih projekata hidroenergetskog kompleksa na svijetu smješten u klanca Xilingxia, jednom od tri klanca rijeke Yangtze u Kineskoj provinciji Hubei.

Klanac nadzire oko milijun četvornih kilometara drenažnog područja i prosječno otječe 451 milijardu kubičnih metara godišnje. China Three Gorges Corporation (CTGPC) odgovorna je za izgradnju, rad i financiranje projekta. [42]



Slika 23. Lokacija hidroelektrane Tri klanca [43]

### 6.1. Povijest hidroelektrane Tri klanca

Tijekom 1920-ih godina, projekt Tri klanca je organizirana nacionalna mreža stručnjaka za izradu i pregled pojedinih rješenja i dijelova projekta, a uključeni su i brojni stručnjaci iz preko deset zemalja svijeta. Zbog II. svjetskog rata ideja o brani nije se mogla provesti sve do 1953. godine kada je kineski čelnik Mao Ce-tung naredio proučavanje izvedivosti izgradnje na mnogim mjestima. Detaljno planiranje projekta započelo je 1955. godine. Zagovornici projekta su inzistirali da hidroelektrana kontrolira katastrofalne poplave duž rijeke Yangtze, olakšava unutarnju trgovinu i opskrbu prijeko potrebnom strujom za središnju Kinu, ali postojali su mnogi nedostaci. Kritike projekta hidroelektrane Tri klanca su započele čim su predloženi planovi te su nastavljene tijekom izgradnje. Ključni problemi uključuju: opasnost od rušenja

brane, raseljavanje oko 1,3 milijuna ljudi koji žive u više od 1500 gradova, mjesta i sela uz rijeku, te uništavanje veličanstvenih krajolika i bezbroj rijetkih arheoloških nalazišta. Postojao je strah da će ljudski i industrijski otpad iz gradova uzrokovati zagađenje pri akumulaciji i da bi ogromna količina vode mogla izazvati potrese i klizišta. Neki kineski i strani inženjeri su tvrdili da bi broj manjih i daleko jeftinijih manje problematičnih hidroelektrana na pritocima rijeke Yangtze mogli stvoriti toliko energije kao i hidroelektrana Tri klanca i također podjednako kontrolirati poplave. Tvrdili su da bi izgradnja tih hidroelektrana omogućila vladi da bez rizika prijeđe u svoje glavne prioritete.

Zbog ovih problema, rad na hidroelektrani Tri klanca je odgađan gotovo 40 godina jer se kineska vlada borila da donese odluku o ispunjenju planova za projekt. Godine 1992. premijer Li Peng konačno je uspio nagovoriti Narodni kongres da ratificira odluku o izgradnji hidroelektrane, iako je gotovo trećina njegovih članova bila suzdržana ili glasala protiv projekta. Predsjednik Jiang Zemin nije pratio premijera Penga na službenoj inauguraciji hidroelektrane 1994. godine, a Svjetska banka je odbila odobriti sredstva Kine za pomoć u projektu, navodeći velike ekološke i druge probleme.

Ipak, projekt Tri klanca je bio u toku. Godine 1993. započeli su radovi na pristupnim cestama i struji do lokacije. Radnici su blokirali i preusmjerili rijeku 1997. godine, čime je završena prva faza izgradnje. Godine 2003. rezervoar se počeo puniti. Brodske prevodnice koje su dopuštale brodovima do 10.000 tona da prolaze kroz nasip su puštene u preliminarni rad, a prvi od generatora hidroelektrane je spojen u mrežu čime je završena druga faza gradnje. Nakon završetka druge faze, oko 1.200 lokaliteta od povijesnog i arheološkog značaja koji su nekoć bili obloženi srednjim tokom rijeke Yangtze nestalo je s porastom poplavnih voda. Izgradnja glavnog zida hidroelektrane dovršena je 2006. godine. Ostatak generatora hidroelektrane je bio operativan do sredine 2012. godine. Brodsko dizalo koje je omogućavalo brodovima do 3.000 tona da zaobiđu brodske prevodnice je počelo s radom krajem 2015. godine. [26]



Slika 24. Hidroelektrana Tri Klanca tijekom izgradnje [44]

## 6.2. Konstrukcija hidroelektrane Tri klanca

Hidroelektrana Tri klanca je betonska gravitacijska hidroelektrana duljine 2335 m, širine 115 m na dnu i širine 40 m na vrhu. Visina vrha brane je 185 m, maksimalna visina lijeve brane je 181 m, a normalan vodostaj je 175 m. Vodostaj nizvodno od brane je oko 66 m iznad razine mora, najniži vodostaj ispod brane je 62 m iznad razine mora, a maksimalni pad uzvodno i nizvodno od plovne komore iznosi 113 m. Obujam iskopa i punjenja glavne zgrade iznosi oko 134 milijuna m<sup>3</sup>, količina ispušenog betona iznosi oko 29,94 milijuna m<sup>3</sup>, a potrošnja čelika 593.000 tona. Među njima, ugradnja metalne konstrukcije iznosi 256.500 tona, a pogon za proizvodnju čeličnih šipki 463.300 tona. Ukupna dužina akumulacije iznosi više od 600 km, os brane iznosi 2309.47 m, prosječna širina površine vode iznosi 1,1 km. Ukupna površina iznosi 1084 četvorna kilometra, ukupni kapacitet akumulacije iznosi 39,3 milijarde m<sup>3</sup>, od čega kapacitet poplavnog skladištenja iznosi oko 22.15 milijardi m<sup>3</sup>.

Hidroelektrana Tri klanca dizajnirana je tako da se sastoji od više funkcionalnih modula. Od lijeve do desne strane (nizvodno) se radi o: brodskoj prevodnici, broskom dizalu, kanalu za ispaljivanje pijeska (privremena prevodnica), lijevoj obali brane, odjeljka brane za preljevanje, desnoj obali brane i elektrane, podzemnoj elektrani, itd.

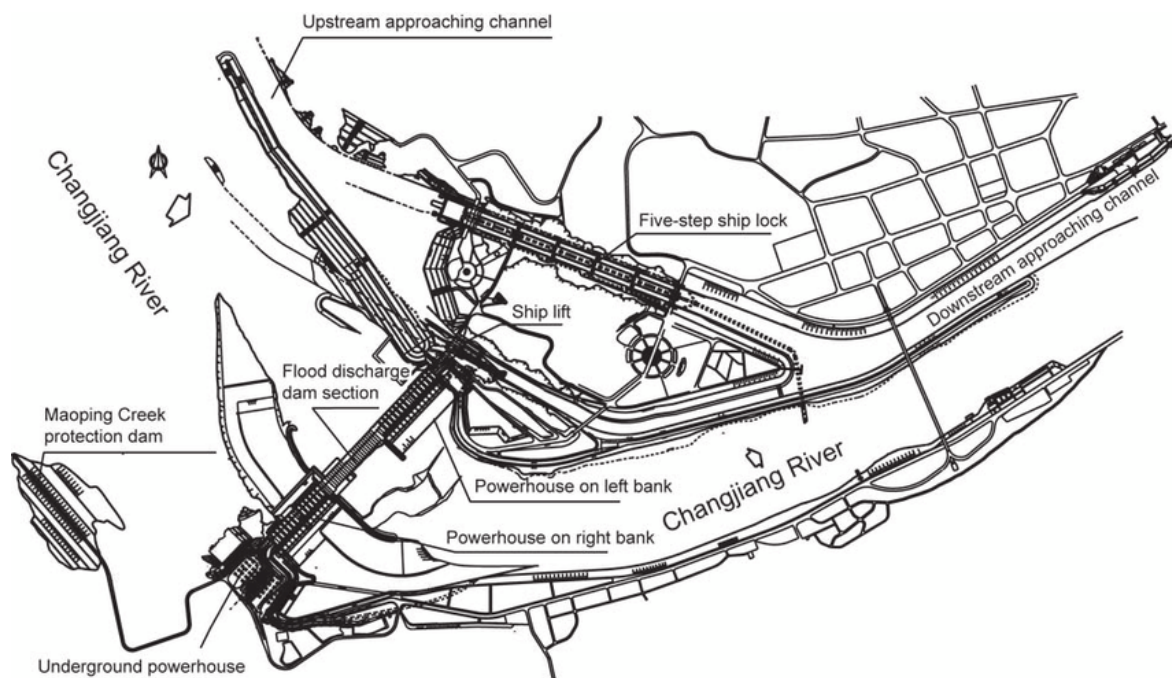
Energetski kompleks hidroelektrane Tri klanca snage 22,5 GW obuhvaća 185 m visoku i 2,3 km dugu betonsku gravitacijsku branu na rijeci Yangtze, dvije elektrane na lijevoj i desnoj obali rijeke i podzemnu elektranu. [45]

Branom se stvara akumulacija Tri klanca duljine 667 km s prosječnom širinom od 1,57 km, površinom od 1.045 km<sup>2</sup> te skladišnim kapacitetom od 45 milijardi m<sup>3</sup>.

Lijeva obala je opremljena sa 14 Francis-ovih turbinskih generatora kapaciteta 700MW, dok je desna obala elektrane opremljena sa 12 sličnih proizvodnih jedinica. Podzemno postrojenje je instalirano sa šest jedinica turbinskih generatora snage 700 MW. Hidroelektrana također koristi dvije male hidroturbine snage 50 MW.

Hidroelektrana koristi projektiranu ukupnu vodenu glavu od 113 metara.

Vodovodne čelične cijevi koje povezuju turbinu promjera su 12,4 metara, dok su energetska okna koja povezuju turbine i generatore promjera 3,8 metara. [46]



Slika 25. Izgled projekta hidroelektrane Tri klanca [47]

### 6.3. Kontrola poplava na hidroelektrani Tri klanca

Hidroelektrana Tri klanca ima normalnu razinu radne vode od 175 metara, što odgovara kapacitetu skladištenja od 39,3 milijarde kubičnih metara. Projektirana granična vodna razina kontrole poplava iznosi 145 metara, a odgovarajući skladišni kapacitet 17,15 milijardi kubičnih metara. To znači da je kapacitet kontrole poplava u akumulaciji hidroelektrane Tri klanca tijekom sezone poplava 22,15 milijardi kubičnih metara.

Postoje tri vrste poplava koje su se dogodile od 1949. godine uz rijeku Yangtze:

1. Velike poplave na cijeloj rijeci, kao što je bilo 1954. godine,
2. Poplave koje su ozbiljne samo u gornjem toku, kao što su bile poplave 1981. godine,
3. Poplave koje su nastale zbog lokalnih oluja samo u donjem i srednjem toku, poput poplava iz 1991. godine.

Hidroelektrana Tri klanca može kontrolirati samo poplave iz rijeke Chuanjiang u gornjem toku, a ne može kontrolirati poplave mnogih velikih pritoka u donjem i srednjem toku poput rijeka Xiang, Zishui, Yuanshui, Lishui, Han i Gan. Druga vrsta poplave, predstavljena poplavom iz 1981. godine bila je vrlo ozbiljna u gornjim slojevima. Najviši ispušt pri rijeci Chongqing od  $85.700 \text{ m}^3/\text{s}$  se smanjio na  $70.800 \text{ m}^3/\text{s}$  kada je stigao do Yichang-a niz rijeku kao rezultat skladištenja kanala. Donji i srednji tok uopće nisu bili pogođeni. Dakle, hidroelektrana Tri klanca je jedva potrebna za ovu vrstu poplave. Nepotrebno je ustvrditi da je hidroelektrana Tri klanca beskorisna za treću vrstu poplave. [48]

Hidroelektrana Tri klanca ne može sniziti vodostaj u gradu Wuhanu, glavnom gradu provincije Hubei niti može smanjiti ozbiljnost poplava u svojim okolnim područjima. Za poplave koje se javljaju u provincijama Jiangxi i Anhui, nizvodno od Wuhana, projekt hidroelektrane Tri klanca bio bi potpuno beskoristan. Dakle, kapacitet brane za kontrolu poplave je ograničen.



Slika 26. Tok rijeke Yangtze [49]

## **6.4. Proizvodnja električne energije na hidroelektrani Tri klanca**

U hidroelektrani Tri klanca radi ukupno 32 glavna generatora struje, koji uključuju 12 setova na desnoj obali i 14 setova na lijevoj obali instaliranih 2006., odnosno 2008. godine. Dodatnih šest generatora pridodano je podzemnom postrojenju hidroelektrane. Prva tri postala su operativna u lipnju 2011. godine. Treća generator jedinica (jedinica 30) završila je 72-satni test u srpnju 2011. godine.

Infrastruktura hidroelektrane Tri klanca za distribuciju i prijenos električne energije je završena u prosincu 2007. godine uz trošak od približno 934, 3 milijarde kineskog yuana.

Prva podzemna jedinica (jedinica 32) započela je s radom u svibnju 2011. godine, a druga (jedinica 31) počela je s radom u lipnju 2011. godine. U 2012. godini sve 32 hidro jedinice angažirane su za proizvodnju ukupno 22.500 MW energije.

Struja proizvedena iz brane prebačena je u dva grada, uključujući Šangaj i devet provincija iz tri smjera. Distribuciju podržava prijenosni dalekovod snage 500 kV na mreži Istočne Kine, kapaciteta 7.200 MW, istosmjernog dalekovoda snage 500 kV kapaciteta 3.000 MW na mrežu Južne Kine i prijenosni dalekovod snage 500 kV s kapacitetom od 12.000 MW na središnju kinesku mrežu.

Mreža istočne Kine spojena je na tri istosmjerna visokonaponska (ISVN) dalekovoda snage 500 kV koji uključuju: ISVN Tri klanca-Changzhou kapaciteta 3.000 MW, ISVN Tri klanca-Shanghai kapaciteta 3.000 MW i ISVN dalekovod Gezhouba-Shanghai kapaciteta 1.200 MW. [46]

## **6.5. Upravljanje branom na hidroelektrani Tri klanca**

### **6.5.1. Brodska prevodnica**

U blizini brane su instalirane dvije serije brodskih prevodnica. Svaka od njih se sastoji od pet faza s vremenom tranzita oko četiri sata. Maksimalna veličina plovila iznosi 10.000 tona. Prevodnice su duge 280 m, široke 35 m i duboke 5 m.

Prije izgradnje brane, maksimalni teretni kapacitet na lokaciji Tri klanca iznosio je 18,0 milijuna tona godišnje. Od 2004. do 2007. godine kroz prevodnicu je prošlo ukupno 198 milijuna tona tereta. Teretni kapacitet rijeke povećao se šest puta, a trošak otpreme smanjen je za 25%. Ta vrsta prevodnica su stubišne prevodnice, pri čemu parovi unutarnjih vrata služe kao gornja i donja vrata. Vrata su šarnirskog tipa, koji bi zbog oštećenja mogao privremeno učiniti

cijeli transport neupotrebljivim. Budući da postoje odvojeni skupovi prevodnica za uzvodni i nizvodni promet, ovaj sustav je učinkovitiji od dvosmjernih stubišnih prevodnica.

Cilj montaže brodskih prevodnica bio je povećanje riječnog prometa s deset na 100 milijuna tona godišnje, zbog čega bi troškovi transporta bili smanjeni između 30 i 37 posto. Transport bi postao sigurniji, budući da su klanci opasni za plovidbu. Također, brodovi s mnogo dubljim trupom bi se mogli kretati 2.400 kilometara uzvodno od Šangaja sve do Chongqinga. [50]

### 6.5.2. Brodsko dizalo

Osim kanalskih brodskih prevodnica, postoji brodsko dizalo koje je svojevrsno dizalo za plovila. Brodsko dizalo može podići brodove do 3.000 tona. Predložena vertikalna udaljenost iznosi 113 metra a veličina bazena broskog dizala iznosi  $120\text{ m} \times 18\text{ m} \times 3,5\text{ m}$ . Trajanje tranzitne operacije broskog dizala je 30 do 40 minuta, za razliku od tri do četiri sata pri prolasku kroz prevodnicu. Jedan od čimbenika koji može stvoriti problem je razina vode i njeno drastično variranje. Brodsko dizalo mora raditi čak i ako se razina vode mijenja za 12 m na donjoj strani, a 30 m na gornjoj strani.

Dizajn broskog dizala koristi sustav spiralnog zupčanika, za penjanje ili spuštanje zupčane stalke. [50]



Slika 27. Brodsko dizalo i prevodnica na hidroelektrani Tri klanca [51]



## 6.6. Ekološki problemi vezani za hidroelektranu Tri klanca

Utjecaj hidroelektrane Tri klanca na okoliš i ekologiju je vrlo širok. Područje akumulacije ima značajan utjecaj na sliv rijeke Yangtze.

Izgradnja hidroelektrane Tri klanca zajedno s drugim razvojem u slivu rijeke Yangtze je imala duboke posljedice za protok rijeke i riječne sedimente. To je imalo velik utjecaj na geomorfologiju i ekologiju rijeke nizvodno od hidroelektrane s povezanim utjecajima na biološku raznolikost, uključujući riblju populaciju, sredstva za život i sigurnost voda u srednjem i donjem dijelu rijeke Yangtze. U slivu rijeke Yangtze nalazi se 27% od ukupnog postotka ugrožene kineske slatkovodne ribe, a postoji čak 177 endemskih vrsta riba. Promjene populacija riba uključivale su pad od oko 90% u ukupnom broju ribnjaka za četiri gospodarski važne kineske vrste šarana, barem djelomično uzrokovane izmjenama režima protoka. [52]

Zbog hidroelektrane ribe ne mogu normalno prolaziti kroz Tri klanca, a njihove životne navike i nasljedstvo su promijenjene.

Stopa pokrivenosti šumama u području akumulacije hidroelektrane Tri klanca drastično je pala. Završetak hidroelektrane Tri klanca doveo je do brzog i značajnog smanjenja silaznog nanosa. Kanalizacija i kućanski otpad koje ispuštaju gradovi s obje strane hidroelektrane Tri klanca se izravno ispuštaju u rijeku Yangtze bez obrade. Nakon skladištenja vode zbog statičkog toka, onečišćujuće tvari se ne mogu pravovremeno ispuštati i akumulirati u spremniku, što je dovelo do pogoršanja kvalitete vode te plutanja smeća koje može uzrokovati zarazne bolesti. Neki gradovi prikupljaju vodu iz drugih izvora. Istovremeno, velik broj doseljenika koji obnavljaju pustoš također je povećao zagađenje vode i prouzročio eroziju tla.



Slika 28. Poplava prouzročena hidroelektranom Tri klanca [43]

Projekt hidroelektrane Tri klanca je izazvao preseljenje oko 1,3 milijuna ljudi u razdoblju između 1993. i 2009. godine, što se smatra najvećim raseljavanjem stanovništva za hidroenergetski projekt u povijesti čovječanstva. Ukupna potopljena površina bila je više od 632 km<sup>2</sup>, što uključuje 13 gradova, 140 mjesta i 1.350 sela. Veliki hidroenergetski projekt također je prouzročio preseljenje 1.632 industrijskih i rudarskih poduzeća. [46]



Slika 29. Premještaj grada Kaixiana [53]

Neka od povijesnih lokacija koja su bila ispod konačne razine vode morala su biti očuvana na licu mjesta ili biti premještena. Kamen Baiheliang, najbolje sačuvana antička hidrološka stanica na svijetu je spašena izgradnjom podvodnog muzeja. Shibaozhai, antički budistički hram kojeg je izgradio car Ming Wan Li danas je otok u središtu novog jezera okružen betonskim zidovima. Neke strukture u cijelosti se premještaju, kao što je hram Zheng Fei, koji je istovremeno premješten i ponovno sastavljen na višoj visini. Međutim, veći dio nadzemnih lokacija i objekata su ostali samo u prikupljenim podacima jer su ti lokaliteti nestali ispod vode. [54]



Slika 30. Hram Zheng Fei [54]



## 7. ZAKLJUČAK

Rastom svjetske tehnologije sve je veća potražnja i potreba za električnom energijom.

U ovom završnom radu dana je definicija elektrana, njihova podjela i njihov utjecaj na okoliš. Elektrane su postrojenja u kojima se toplinska energija dobivena oksidacijom fosilnih goriva ili nuklearnim reakcijama u nuklearnom gorivu, te kinetička energija kretanja vode i zračnih masa ili energija sunčevog zračenja transformira u električnu energiju.

Razlikujemo elektrane na obnovljive i neobnovljive izvore energije. Najveći zagađivači današnjice upravo su elektrane.

Izgradnjom solarnih elektrana stvara se otpad koji može imati razne negativne utjecaje na okoliš. Također, izgradnjom vjetroelektrana stvara se buka i često dolazi do ubijanja ptica i može se narušiti zdravlje ljudi koji žive u blizini. Što se tiče negativnih utjecaja hidroelektrana na okoliš, to može biti onemogućavanje migracija riba i prekid riječnog kontinuiteta, povećana smrtnost riba, morfološke promjene, buka te fragmentacija i degradacija staništa pojedinih vrsta.

U praktičnom primjeru ovog završnog rada opisana je elektrana na obnovljiv izvor energije, a koja je ujedno i jedna od najvećih elektrana na svijetu, a to je hidroelektrana Tri klanca.

Hidroelektrana Tri klanca nalazi se u Kini na rijeci Jangce, koja je treća najduža rijeka na svijetu. Za vrijeme monsunskih kiša rijeka Jangce i pritoci se razlijevaju te su česti razorni poplavni valovi. Zadržavanjem vode ispred brane povećava se njena temperatura što negativno utječe na biljni i životinjski svijet i ozbiljno ugrožava rijetke riječne vrste riba. Zadržavanjem i usporavanjem rijeke smanjuje se njezina funkcija odvodnjavanja otpadnih voda velikih gradova. Također, stopa pokrivenosti šumama u području akumulacije hidroelektrane Tri klanca drastično je pala.

Projekt hidroelektrane Tri klanca je izazvao preseljenje oko 1,3 milijuna ljudi u razdoblju između 1993. i 2009. godine, što se smatra najvećim raseljavanjem stanovništva za hidroenergetski projekt u povijesti čovječanstva.

Iz svega navedenog može se zaključiti kako elektrane značajno doprinose stvaranju električne energije, ali isto tako njihovom izgradnjom i radom negativno utječu na okoliš.

## 8. LITERATURA

- [1] Feretić D. i sur.: Elektrane i okoliš, Element, Zagreb, 2000., str. 1
- [2] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Termoelektrane>, pristupljeno 05.06.2020.
- [3] <https://www.toshiba-energy.com/en/thermal/product/>, pristupljeno 05.06.2020.
- [4] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=44374>, pristupljeno 09.06.2020.
- [5] <https://www.britannica.com/technology/nuclear-power>, pristupljeno 05.06.2020.
- [6] <https://www.hep.hr/proizvodnja/obnovljivi-izvori-energije/1395>, pristupljeno 05.06.2020.
- [7] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektrane\\_na\\_biomasu\\_i\\_otpad](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektrane_na_biomasu_i_otpad), pristupljeno 05.06.2020.
- [8] <http://www.ze-energy.net/english/product/plant/system.html>, pristupljeno 05.06.2020.
- [9] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna\\_elektrana](https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_elektrana), pristupljeno 05.06.2020.
- [10] <https://www.energygroove.net/technologies/geothermal-energy/>, pristupljeno 09.06.2020.
- [11] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana>, pristupljeno 09.06.2020.
- [12] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana>, pristupljeno 09.06.2020.
- [13] <https://blog.dnevnik.hr/zoranostric/2015/04/1631933314/vjetroelektrane-u-svijetu-2014.2.html>, pristupljeno 04.06.2020.
- [14] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photovoltaic\\_power\\_station\\_diagram.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photovoltaic_power_station_diagram.svg), pristupljeno 04.06.2020.
- [15] Enciklopedija.hr, pristupljeno 09.06.2020.
- [16] [hr.wikipedia.org/wiki/Mala\\_hidroelektrana\\_Pamu%C4%8Dna\\_industrija\\_Duga\\_Resa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mala_hidroelektrana_Pamu%C4%8Dna_industrija_Duga_Resa), pristupljeno 10.06.2020.
- [17] <https://www.hep.hr/>, pristupljeno 11.06.2020.
- [18] [Wikipedia.org/wiki/Nuklearna\\_elektrana-Krško](https://wikipedia.org/wiki/Nuklearna_elektrana-Krško), pristupljeno 09.06.2020.
- [19] <https://novac.jutarnji.hr/aktualno/u-pogon-je-pustena-najveca-solarna-fotonaponska-elektrana-za-vlastite-potrebe-u-hrvatskoj/9345044/>, pristupljeno 11.06.2020.
- [20] <https://www.vecernji.hr/vijesti/otvorena-najveca-vjetroelektrana-u-hrvatskoj-943085>, pristupljeno 04.06.2020.
- [21] <http://dajakovic.hr/vjetroelektrana-danilo/>, pristupljeno 13.06.2020.
- [22] <http://www.energetika-net.com/vijesti/obnovljivi-izvori-energije/otvorena-je-prva-geotermalna-elektrana-u-hrvatskoj-29571>, pristupljeno 13.06.2020.
- [23] <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/2318/gte-velika-1-otvorena-je-prva-geotermalna-elektrana-u-hrvatskoj>, pristupljeno 10.06.2020.
- [24] <https://novac.jutarnji.hr/aktualno/prva-hrvatska-geotermalna-elektrana-usla-u-sustav-poticaja/8472413/>, pristupljeno 10.06.2020.

- [25] Nadilo B.: Projekt Tri Klanca - najveća hidroelektrana na svijetu na rijeci Jangce, Građevinar, 2002, Br.54, , str. 239
- [26] <https://www.britannica.com/topic/Three-Gorges-Dam>, pristupljeno 13.06.2020.
- [27] <https://alchetron.com/Tuocketuo-Power-Station>, pristupljeno 17.06.2020.
- [28] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalne\\_elektrane\\_Geysers](https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalne_elektrane_Geysers), pristupljeno 17.06.2020.
- [29] Udovičić B., Čovjek i okoliš, Kigen, Zagreb, 2009., str. 99-100
- [30] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Fosilna\\_goriva](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fosilna_goriva), pristupljeno 17.06.2020
- [31] <http://www.nemis.hr/index.php/energetske-svrhe/utjecaj-na-okolis.html>, pristupljeno 17.06.2020
- [32] <http://www.obnovljivi.com/energija-biomase/404-biomasa-za-bioenergiju?showall=1>, pristupljeno 19.06.2020.
- [33] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna\\_energija#Nedostaci](https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija#Nedostaci), pristupljeno 19.06.2020.
- [34] [http://www.izvorienergije.com/energija\\_vode.html](http://www.izvorienergije.com/energija_vode.html), pristupljeno 19.06.2020.
- [35] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Utjecaj\\_vjetroelektrana\\_na\\_okoli%C5%A1](https://hr.wikipedia.org/wiki/Utjecaj_vjetroelektrana_na_okoli%C5%A1), pristupljeno 19.06.2020.
- [36] <https://mzoe.gov.hr>, pristupljeno 20.06.2020.
- [37] <http://www.nemis.hr>, pristupljeno 20.06.2020.
- [38] <https://news.stanford.edu/news/2012/july/fukushima-health-impacts-071712.html>, pristupljeno 20.06.2020.
- [39] [https://en.wikipedia.org/wiki/2009\\_Sayano-Shushenskaya\\_power\\_station\\_accident](https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Sayano-Shushenskaya_power_station_accident), pristupljeno 20.06.2020.
- [40] <https://www.hydroreview.com/2010/03/01/restoring-sayano-shushenskaya/#gref>, pristupljeno 20.06.2020
- [41] [https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl\\_disaster](https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_disaster), pristupljeno 20.06.2020.
- [42] <https://www.power-technology.com/projects/gorges/>, pristupljeno 20.06.2020.
- [43] <https://www.mtholyoke.edu/~lpohara/>, pristupljeno 20.06.2020.
- [44] <https://www.stevenbensonphotographer.com/three-gorges-dam>, pristupljeno 21.06.2020.
- [45] <https://zh.wikipedia.org/wiki/长江三峡水利枢纽工程>, pristupljeno 21.06.2020.
- [46] <https://www.nsenergybusiness.com/projects/three-gorges-dam-hydropower-station/>, pristupljeno 21.06.2020.
- [47] [https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-the-Three-Gorges-Project\\_fig1\\_309749072](https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-the-Three-Gorges-Project_fig1_309749072), pristupljeno 22.06.2020.

- [48] <https://journal.probeinternational.org/2016/07/22/why-is-the-flood-control-capacity-of-the-three-gorges-dam-project-being-questioned-again/>, pristupljeno 22.06.2020.
- [49] <https://getsetandgo.wordpress.com/2014/12/26/yangtze-river-legend-journeys-and-visiting-its-first-bend/>, pristupljeno 22.06.2020.
- [50] [https://en.wikipedia.org/wiki/Three\\_Gorges\\_Dam](https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Gorges_Dam), pristupljeno 23.06.2020.
- [51] <https://www.yangtze-river-cruises.com/yangtze-river-guide/three-gorges-dam-ship-lift.html>, pristupljeno 23.06.2020.
- [52] <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2018.00064/full>, pristupljeno 23.06.2020.
- [53] <https://blog.nationalgeographic.org/2008/10/24/flooding-may-offset-three-gorges-dam-impact-on-environment-expert-says/>, pristupljeno 24.06.2020.
- [54] <https://pages.vassar.edu/realarchaeology/2015/11/22/the-three-gorges-dam-and-the-preservation-of-archaeological-sites/>, pristupljeno 24.06.2020.

## 9. PRILOZI

### 9.1. Popis simbola

RHE - reverzibilna hidroelektrana

HE - hidroelektrana

TE-TO - termoelektrana toplana

NE - nuklearna elektrana

BE-TO - bioelektrana toplana

GTE - geotermalna elektrana

TE - termoelektrana

VE - vjetroelektrana

HROTE - Hrvatski operator tržišta energije

RBMK - nuklearni reaktor hlađen vodom i moderiranim grafitom, nuklearni reaktor II. generacije

ESHA - Europsko udruženje malih hidroelektrana

TGP - Projekt Tri klanca

CTGPC - Kineska korporacija Triju klanca

ISVN - istosmjerni visokonaponski delekovod

### 9.2. Popis slika

Slika 1. Shema termoelektrane [2].....	3
Slika 2. Shema nuklearne elektrane [4] .....	4
Slika 3. Shema elektrane na biomasu [7].....	5
Slika 4. Shema geotermalne elektrane [9] .....	6
Slika 5. Shema hidroelektrane [10] .....	7
Slika 6. Shema vjetroelektrane [12].....	8
Slika 7. Shema solarne elektrane [13] .....	9
Slika 8. Mala hidroelektrana Pamučna industrija Duga Resa [15].....	10
Slika 9. Reverzibilna hidroelektrana Velebit [16] .....	11
Slika 10. Hidroelektrana Dubrava [16].....	11
Slika 11. Nuklearna elektrana Krško [17] .....	12
Slika 12. Termoelektrana Plomin [16].....	12
Slika 13. Bioelektrana Osijek [16].....	13



Slika 14. Solarna elektrana Genera [18] .....	14
Slika 15. Vjetroelektrana Danilo [20].....	14
Slika 16. Geotermalna elektrana Velika 1 [23].....	15
Slika 17. Hidroelektrana Tri klanca [25] .....	16
Slika 18. Termoelektrana Tuoketuo [26].....	16
Slika 19. Geotermalne elektrane Geysers [27] .....	17
Slika 20. Oštećenje kompleksa nuklearne elektrane Fukushima Daiichi [33].....	22
Slika 21. Šest uništenih generatora na hidroelektrani Sayano-Shushenskaya [35] .....	23
Slika 22. Četvrti i treći reaktor nakon eksplozije u nuklearnoj elektrani Černobil [36] ...	24
Slika 23. Lokacija hidroelektrane Tri klanca [38] .....	25
Slika 24. Hidroelektrana Tri Klanca tijekom izgradnje [39].....	27
Slika 25. Izgled projekta hidroelektrane Tri klanca [42] .....	28
Slika 26. Tok rijeke Yangtze [44] .....	29
Slika 27. Brodsko dizalo i prevodnica na hidroelektrani Tri klanca [46].....	31
Slika 27. Poplava prouzročena hidroelektranom Tri klanca [38].....	32
Slika 29. Premještaj grada Kaixiana [48] .....	33
Slika 30. Hram Zheng Fei [49].....	33