

# Predmet: **ENERGETSKA EFIKASNOST**

Studijski program:  
**INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

# Energetska efiksanost u proizvodnji i distribuciji električne energije

# Proizvodnja električne energije

Transformacijom **mehaničke energije** pada vode (hidroelektrane), **ekspanzijom** pare ili gasa **proizvedenih** sagorevanjem fosilnih goriva (termoelektrane), **fisijom** nuklearnog goriva (nuklearne elektrane) ili **energije nekog od obnovljivih izvora energije** (osim vode).

## Fosilna goriva

Ugalj

Mazut

Gas

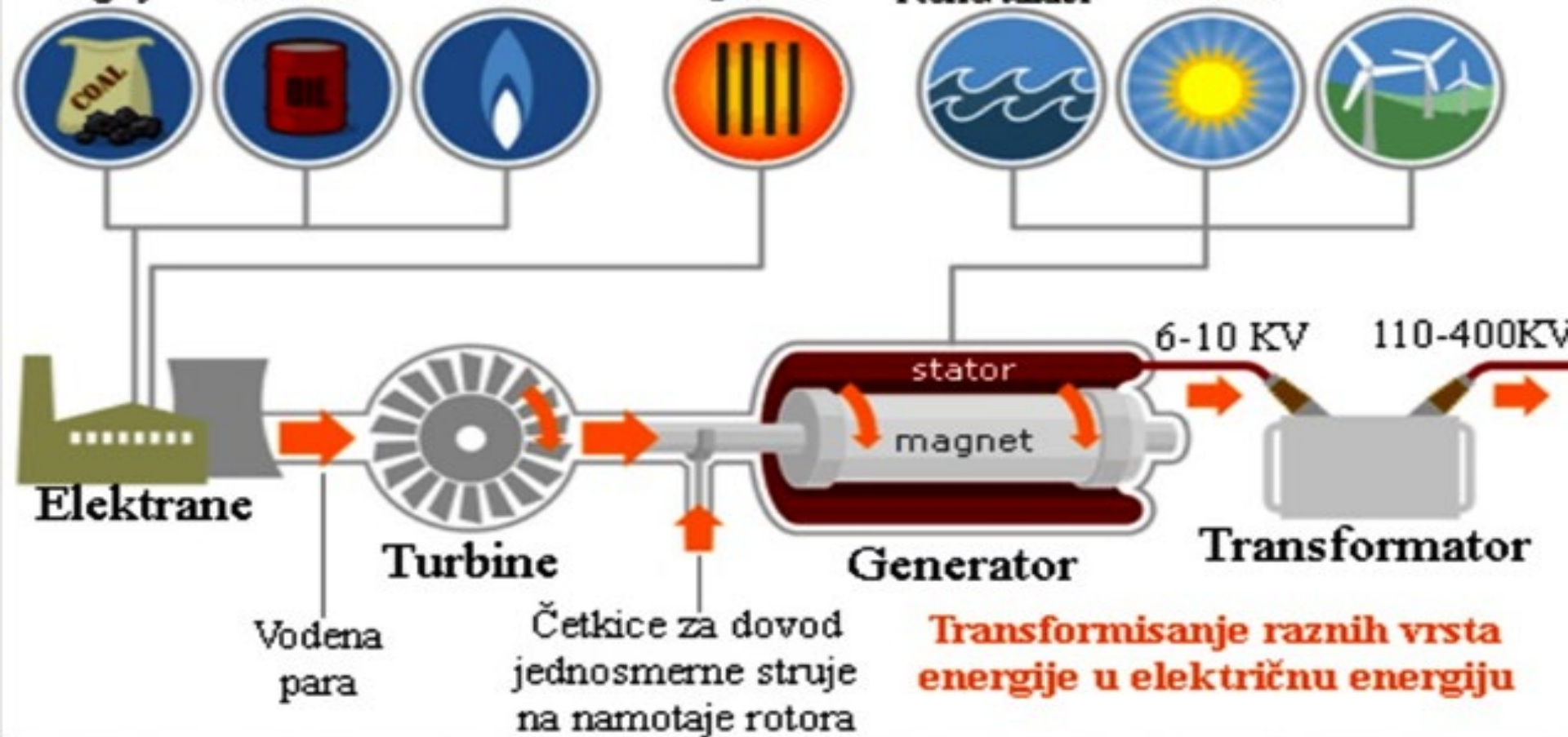
Nuklearno  
gorivo

## Resursi obnovljive energije

Reke/talasi

Sunce

Vetar



# Termoelektrane

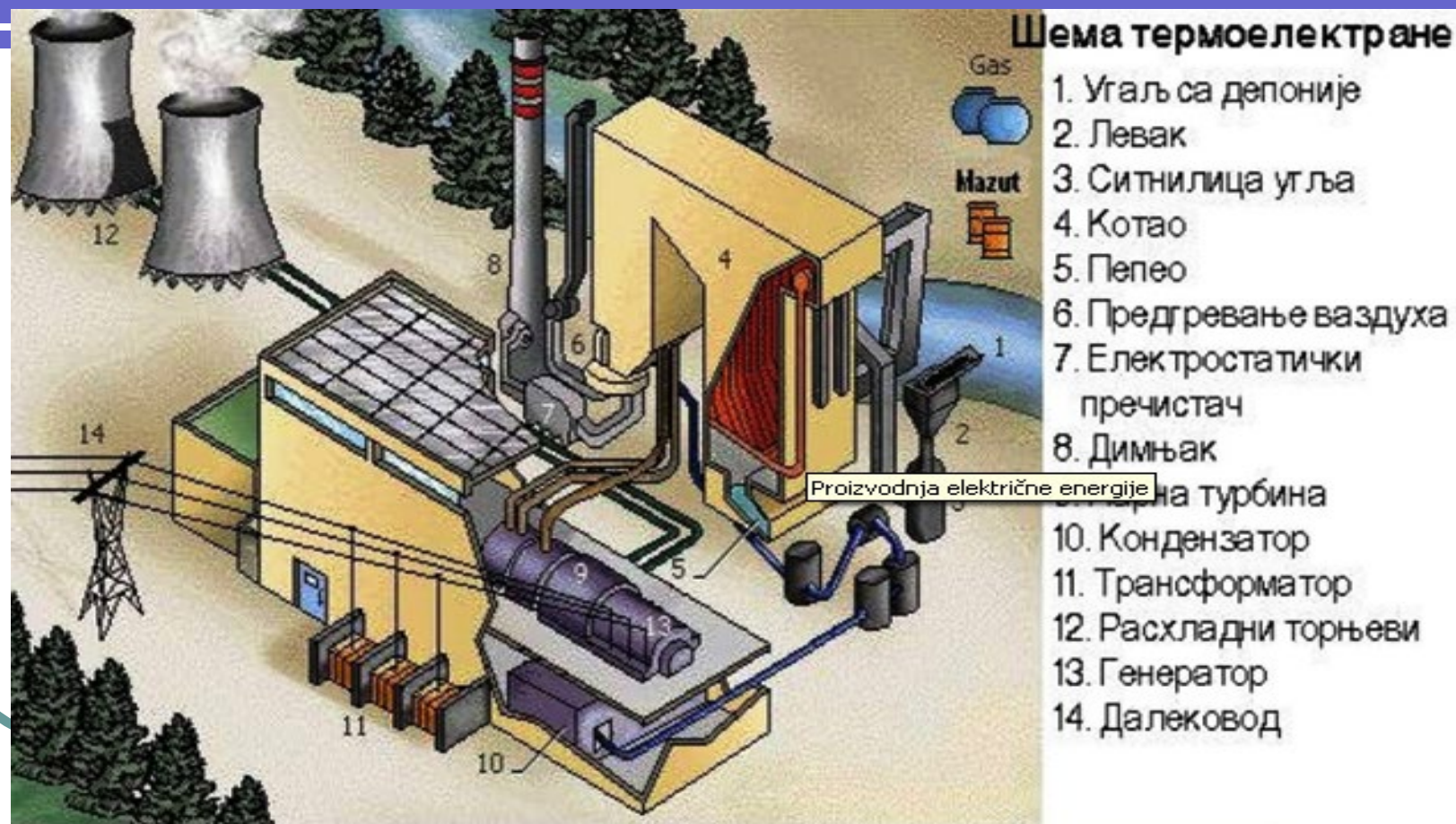
**Termoelektrana je postrojenje u kome se energija goriva pretvara u toplotnu energiju, a zatim pomoću turbine toplotna u mehaničku energiju.**

**Mehanička energija se koristi za pokretanje generatora električne energije.**

U modernim termoelektranama **stepen iskorišćenja je 47%** - za proizvodnju 1kWh troši se 270gr uglja (pritom se emituje 700gr CO<sub>2</sub>).

Putem rashladne vode u okruženje ili vodeni tok ispušta otpadna toplota (45-60% od energije sadržane u gorivu), a putem dimnih gasova u atmosferu čestični i gasoviti zagadjivači (i oko 15% energije sadržane u gorivu).

# Delovi termoelektrane



# Sastavni delovi

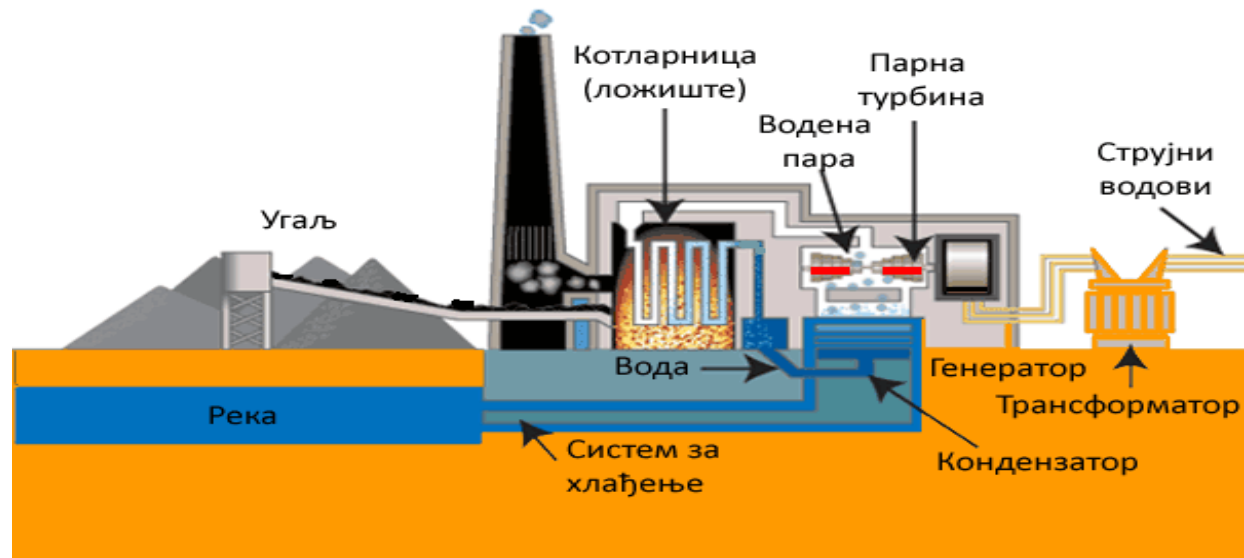
Glavni delovi jedne termoelektrane su:

- **kotlovsko postrojenje,**
- **parna turbina,**
- **kondenzator i**
- **pumpa**

Ostvaruje se tzv. **zatvoreni termodinamički ciklus** sa vodom kao radnim fluidom.



# Princip rada termoelektrane



## Stepen iskorišćenja

Glavna poteškoća velikom povećanju stepena iskorišćenja je u činjenici da **maksimalni stepen iskorišćenja elektrane** kojim pretvara toplotu u mehanički rad **zavisi od razlike temperatura – najviše temperature na koju se para pregrijava ( $T_{nv}$ ) do najniže temperature do koje se hladi vodena para u kondenzatoru ( $T_{nn}$ ).**

Tada je stepen iskorišćenja

$$\eta = (T_{nv} - T_{nn}) / T_{nv}$$

## Stepen iskorišćenja

Dobro konstruisane elektrane na fosilna goriva rade u temperaturnom rasponu  **$T_{nv}=550^{\circ}\text{C}$  (823K) i  $T_{nn}=30^{\circ}\text{C}$  (303K).**

$$\text{Tada je } \eta = (823 \text{ K} - 303 \text{ K}) / (823 \text{ K}) = \mathbf{0,63}.$$

Vrednost **0,63** je maksimalni teoretski stepen iskorišćenja za date uslove rada ( $550^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$ ), što znači da se u najboljem slučaju tek 63% toplote odate sagorevanjem/izgaranjem goriva pretvori u mehanički rad.

U modernim termoelektranama stepen iskorišćenja je 47% - za proizvodnju 1kWh troši se 270gr uglja (pritom se emituje 700gr CO<sub>2</sub>).

Putem rashladne vode u okruženje ili vodeni tok ispušta otpadna toplota (45-60% od energije sadržane u gorivu), a putem dimnih gasova u atmosferu čestični i gasoviti zagadjivači (i oko 15% energije sadržane u gorivu).

## Termoelektrana Taichung , najveća na svetu (Taichung, Taiwan)- 5.780MW



Ipak ta elektrana je 4 puta manje snage od najveće hidroelektrane Tri klanca (22.500MW), a manja je i od najveće nuklearne elektrane Kashuwazaki-Kariwa (8.212 MW).

Termoelektrana Belhatov je najveća termoelektrana na lignit u svetu (i najveća TE u Evropi), ima 13 blokova ukupne snage 5.420 megavata. Ova elektrana godišnje potroši oko 45 miliona tona uglja, što je čini i najvećim pojedinačnim emiterom ugljen-dioksida u Evropi.



# Najveće termoelektrane na uglj, mazut i prirodni gas

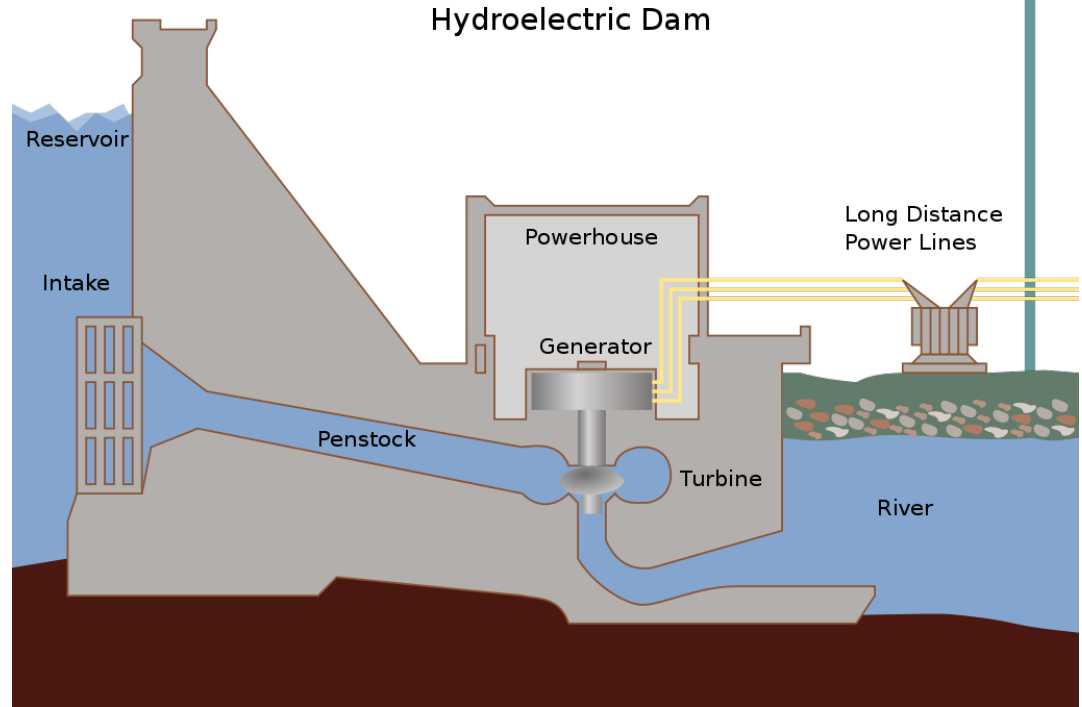
| Rank | Station                      | Country                                                                                  | Location                                                                                                   | Capacity (MW) |
|------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1    | Taichung Power Plant         |  Taiwan |  24°12'46"N 120°28'52"E | 5,780         |
| 2    | Tuoketuo Power Station       |  China  |  40°11'49"N 111°21'52"E | 5,400         |
| 3    | Bełchatów Power Station      |  Poland |  51°15'59"N 19°19'50"E  | 5,053         |
| 4=   | Guodian Beilun Power Station |  China  |  29°56'37"N 121°48'57"E | 5,000         |
| 4=   | Waigaoqiao Power Station     |  China  |  31°21'21"N 121°35'54"E | 5,000         |
| 4=   | Guohua Taishan Power Station |  China  |                                                                                                            | 5,000         |

| Rank | Station                              | Country                                                                                          | Location                                                                                                   | Capacity (MW) |
|------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1    | Shoaiba power and desalination plant |  Saudi Arabia   |  20°40'48"N 139°31'24"E | 5,600         |
| 2    | Kashima Power Station                |  Japan          |  35°52'47"N 140°41'22"E | 4,400         |
| 3    | Hirono Power Station                 |  Japan          |  37°14'18"N 141°01'04"E | 3,800         |
| 4    | Surgut-1 Power Station               |  Russia         |  61°16'46"N 73°29'20"E  | 3,268         |
| 5    | Peterhead Power Station              |  United Kingdom |  57°28'38"N 01°47'20"W  | 2,177         |

| Rank | Station                       | Country                                                                                   | Location                                                                                                    | Capacity (MW) |
|------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1    | Surgut-2 Power Station        |  Russia  |  61°16'46"N 73°30'45"E   | 5,597.1       |
| 2    | Futtsu Power Station          |  Japan   |  35°20'35"N 139°50'02"E  | 5,040         |
| 3    | Kawagoe Power Station         |  Japan   |  35°00'25"N 136°41'20"E  | 4,802         |
| 4    | Higashi-Niigata Power Station |  Japan   |                                                                                                             | 4,600         |
| 5    | Tatan Power Plant             |  Taiwan |  25°01'34"N 121°02'50"E | 4,272         |

# Hidroelektrane

**Hidroelektrane** su elektrane koje pomoću vodenih turbina pretvaraju potencijalnu energiju vode u kinetičku energiju koja se koristi za obrtanje električnog generatora.





# Hidroelektrane

| Država           | Godišnja proizvodnja hidro-električne energije (TWh) | Instalirana snaga (GW) | Faktor kapacitivnosti | Postotak od ukupne proizvodnje el. energ. |
|------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|
| Kina             | 585.2                                                | 171.52                 | 0.37                  | 17.18                                     |
| Kanada           | 369.5                                                | 88.974                 | 0.59                  | 61.12                                     |
| Brazil           | 363.8                                                | 69.080                 | 0.56                  | 85.56                                     |
| SAD              | 250.6                                                | 79.511                 | 0.42                  | 5.74                                      |
| Rusija           | 167.0                                                | 45.000                 | 0.42                  | 17.64                                     |
| Norveška         | 140.5                                                | 27.528                 | 0.49                  | 98.25                                     |
| Indija           | 115.6                                                | 33.600                 | 0.43                  | 15.80                                     |
| Venecuela        | 86.8                                                 | -                      | -                     | 67.17                                     |
| Japan            | 69.2                                                 | 27.229                 | 0.37                  | 7.21                                      |
| Švedska          | 65.5                                                 | 16.209                 | 0.46                  | 44.34                                     |
| Paragvaj (2006.) | 64.0                                                 | -                      | -                     | -                                         |
| Francuska        | 64.4                                                 | 25.335                 | 0.25                  | 11.23                                     |

Jedine zemlje koje većinu električne energije osiguravaju pomoću hidroelektrana su Brazil, Paragvaj, Kanada, Norveška, Švicarska i Venecuela. Međutim, Paragvaj ne samo da proizvodi dovoljno električne energije, putem hidroelektrana, za domaće potrebe, već on i izvozi svoju električnu energiju Brazilu i Argentini.

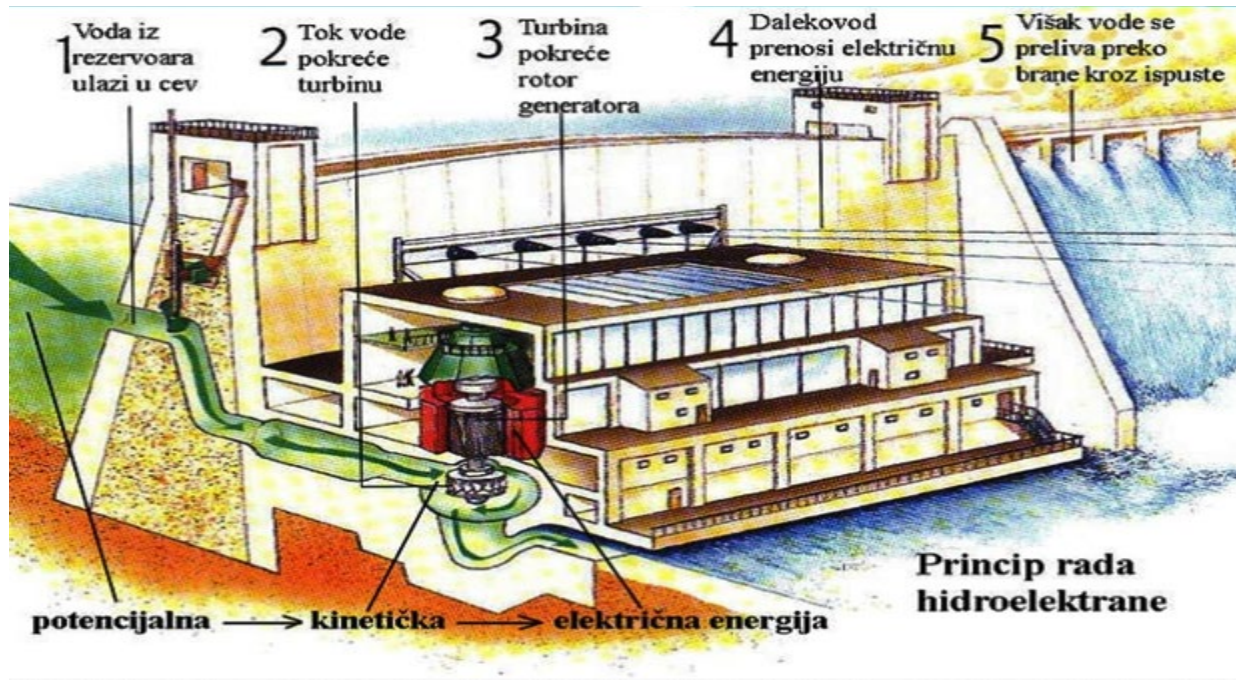
# Najveće hidroelektrane u svetu

| Rank | Station                                | Country                                                                                                                                                                                | Location                                                                                                                 | Capacity (MW)              | Annual electricity generation (TWh) | Fuel type                        |
|------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1    | Three Gorges Dam                       |  China                                                                                                |  <a href="#">30°49'15"N 111°00'08"E</a> | 22,500                     | 98.1 <sup>[9]</sup>                 | <a href="#">Hydroelectricity</a> |
| 2    | Itaipu Dam                             |  Brazil<br> Paraguay |  <a href="#">25°24'31"S 54°35'21"W</a>  | 14,000 <sup>[note 1]</sup> | 98.2 <sup>[10]</sup>                | Hydroelectricity                 |
| 3    | Guri Dam                               |  Venezuela                                                                                            |  <a href="#">07°45'59"N 62°59'57"W</a>  | 10,235                     | 53.41 <sup>[13]</sup>               | Hydroelectricity                 |
| 4    | Tucuruí Dam                            |  Brazil                                                                                               |  <a href="#">03°49'53"S 49°38'36"W</a>  | 8,370                      | 21.4                                | Hydroelectricity                 |
| 5    | Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Plant |  Japan                                                                                                |  <a href="#">37°25'45"N 138°35'43"E</a> | 8,212 <sup>[note 2]</sup>  | 24.63                               | <a href="#">Nuclear</a>          |
| 6    | Grand Coulee Dam                       |  United States                                                                                        |  <a href="#">47°57'23"N 118°58'56"W</a> | 6,809                      | 21                                  | Hydroelectricity                 |
| 7    | Longtan Dam                            |  China                                                                                                |  <a href="#">25°01'38"N 107°02'51"E</a> | 6,426                      | 18.7                                | Hydroelectricity                 |
| 8    | Bruce Nuclear Generating Station       |  Canada                                                                                               |  <a href="#">44°19'31"N 81°35'58"W</a>  | 6,272                      | 36.25                               | Nuclear                          |
| 9    | Uljin Nuclear Power Plant              |  South Korea                                                                                          |  <a href="#">37°05'34"N 129°23'01"E</a> | 6,157                      | 44.81                               | Nuclear                          |
| 10   | Yeonggwang Nuclear Power Station       |  South Korea                                                                                          |  <a href="#">35°24'54"N 126°25'26"E</a> | 6,139                      | 48.16                               | Nuclear                          |

## hidroelektrana Three Gorges Dam, najveća elektrana u svetu 22.500MW



# Princip rada hidroelektrane



## Stepen iskorišćenja hidroelektrana

Hidrauličke turbine, u hidroelektranama, imaju stepen iskorišćenja od 80% do 95%.

# Nuklearne elektrane

| Država                                                                                                      | MW (Megavata) | Električnog kapaciteta | Udio u proizvodnji |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------|
|  Francuska                  | 63 236        |                        | 75,2%              |
|  Slovačka                   | 1 760         |                        | 53,5%              |
|  Belgija                    | 5 943         |                        | 51,7%              |
|  Ukrajina                   | 13 168        |                        | 48,6%              |
|  Armenija                   | 376           |                        | 45,0%              |
|  Mađarska                   | 1 880         |                        | 43,0%              |
|  Švicarska                  | 3 252         |                        | 39,5%              |
|  Slovenija                  | 696           |                        | 37,9% + 8,0%       |
|  Hrvatska                   |               |                        |                    |
|  Švedska                    | 9 399         |                        | 37,4%              |
|  Bugarska                   | 1 906         |                        | 35,9%              |
|  Češka                      | 3 686         |                        | 33,8%              |
|  Finska                     | 2 721         |                        | 32,9%              |
|  Južna Koreja               | 18 716        |                        | 31,1%              |
|  Japan                      | 47 348        |                        | 28,9%              |
|  Njemačka                   | 20 339        |                        | 26,1%              |
|  Tajvan                     | 4 927         |                        | 20,7%              |
|  Rumunjska                  | 1 310         |                        | 20,6%              |
|  Sjedinjene Američke Države | 101 229       |                        | 20,2%              |
|  Ujedinjeno Kraljevstvo     | 10 962        |                        | 17,9%              |

|                                                                                                            |                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|
|  Rusija                 | 23 084         | 17,8%      |
|  Španjolska             | 7 448          | 17,5%      |
|  Kanada                 | 12 679         | 14,8%      |
|  Argentina              | 935            | 7,0%       |
|  Meksiko                | 1 310          | 4,8%       |
|  Južnoafrička Republika | 1 800          | 4,8%       |
|  Nizozemska             | 485            | 3,7%       |
|  Brazil                 | 1 901          | 3,0%       |
|  Pakistan               | 400            | 2,7%       |
|  Indija                 | 4 780          | 2,2%       |
|  Kina                   | 10 234         | 1,9%       |
|  Iran                   | 915            | < 0,1%     |
| <b>sviuet</b>                                                                                              | <b>376 313</b> | <b>14%</b> |

## Stepen iskorišćenja nuklearnih I vetroelektrana

Sličan stepen iskorišćenja imaju i parne turbine u termoelektranama i nuklearnim elektranama (tipično 30 do 40%).

Teorijski stepen iskorišćenja vetroturbine je 59%, a praktično rade sa iskorišćenjem od 35 do 45%.