

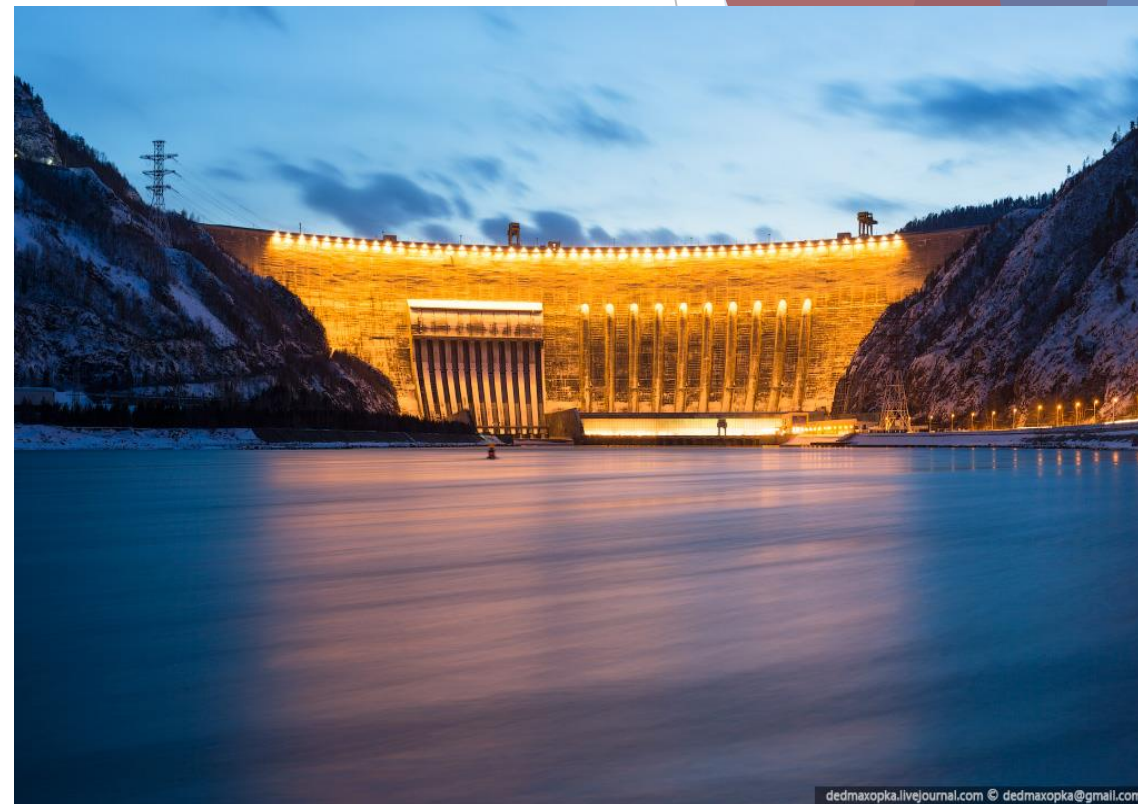
# ЕКОЛОГИЈА И АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

Катедра за инжењерство за енергетику  
Факултет за производњу и менаџмент Требиње

ВЕЛИНКА ТОМИЋ  
vtomic2020@gmail.com

# ХИДРОЕНЕРГИЈА

1. Карактеристике хидроенергије
2. Хидроелектране и њихове карактеристике
3. Мале хидроелектране
4. Коришћење енергије талас
5. Утицај на животну средину



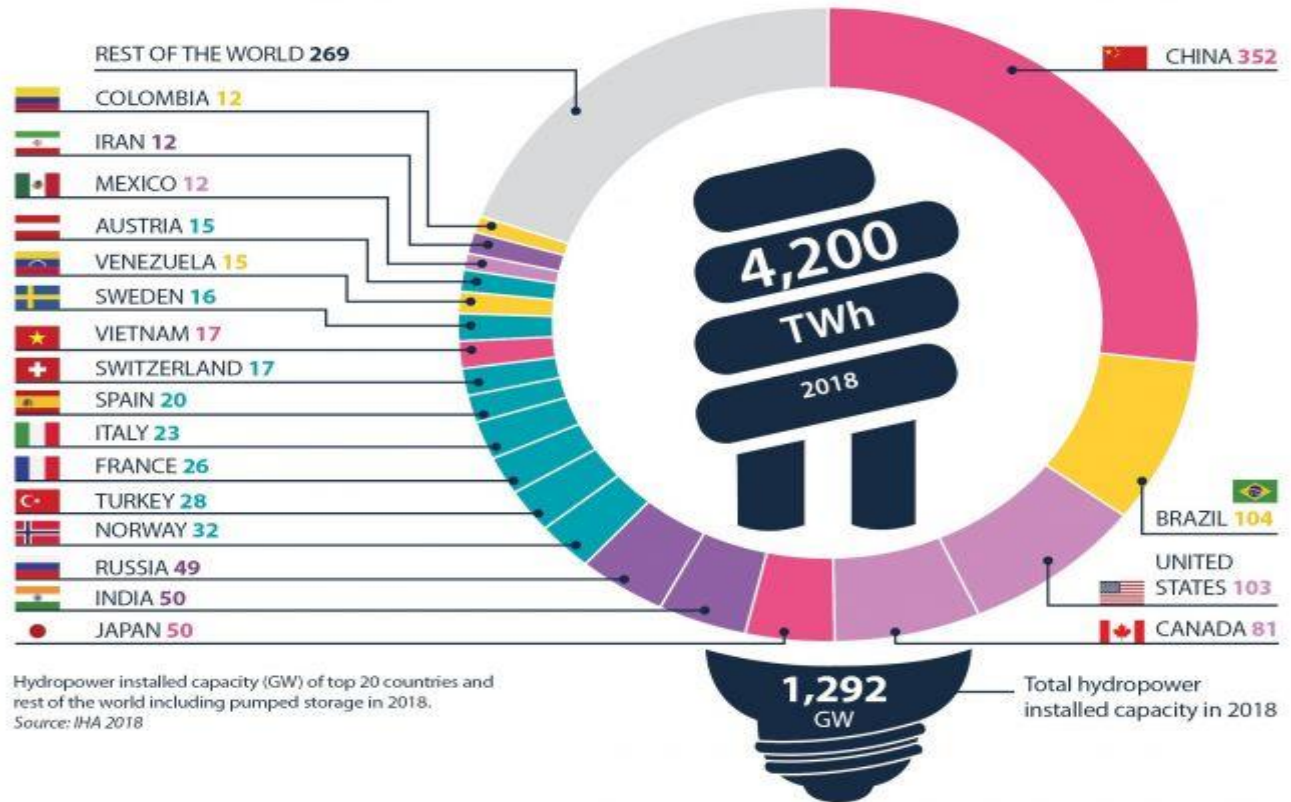
<https://russiatrek.org/blog/economics/the-largest-power-plant-in-russia/>

# Хидроенергија у свијету

У 2018. години:

- највећи допринос производњи из обновљивих извора енергије
- производња електричне енергије из хидроелектрана 4.200 TWh
- пуштено у рад 21,8 GW (укључујући 2 GW пумпаног складишта)
- укупни свјетски инсталисани капацитет 1,292 GW

## HYDROPOWER INSTALLED CAPACITY WORLDWIDE

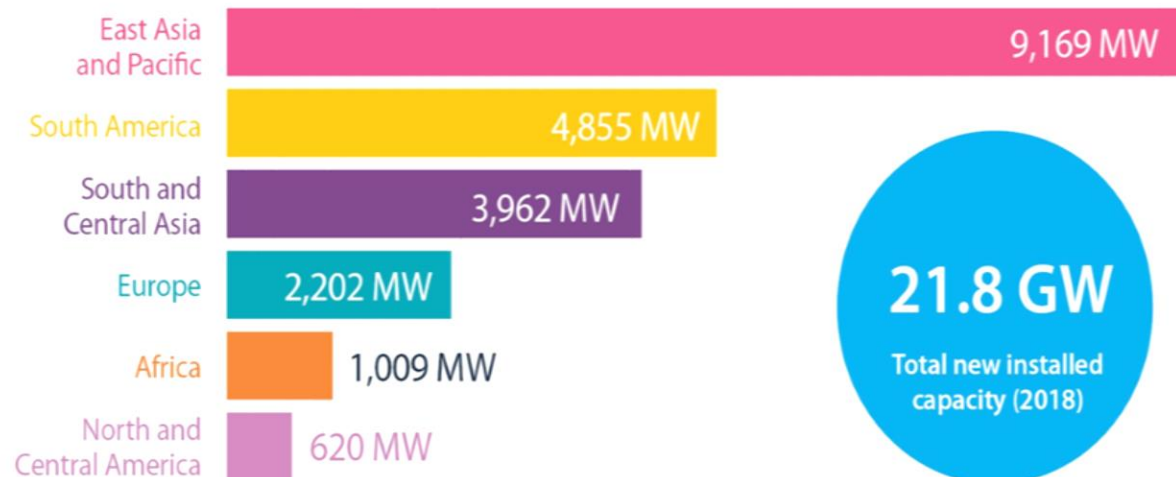


# Хидроенергија у свијету

Новоинсталирани капацитети у 2019. години:

- Источна Азија и Пацифички регион највише нових капацитета, са инсталираним 9,2 GW
- Јужна Америка 4,9 GW
- Јужна и Средња Азија 4,0 GW
- Европа 2,2 GW
- Африка 1,0 GW и
- Сјеверна и Централна Америка 0,6 GW

## NEW INSTALLED CAPACITY BY REGION (MW)



<https://www.hydropower.org/statusreport>

# Карактеристике хидроенергије

- ▶ Енергија водотокова (ријека)
- ▶ Енергија глечера
- ▶ Енергија морских струја
- ▶ Енергија плиме и осјеке
- ▶ Енергија таласа

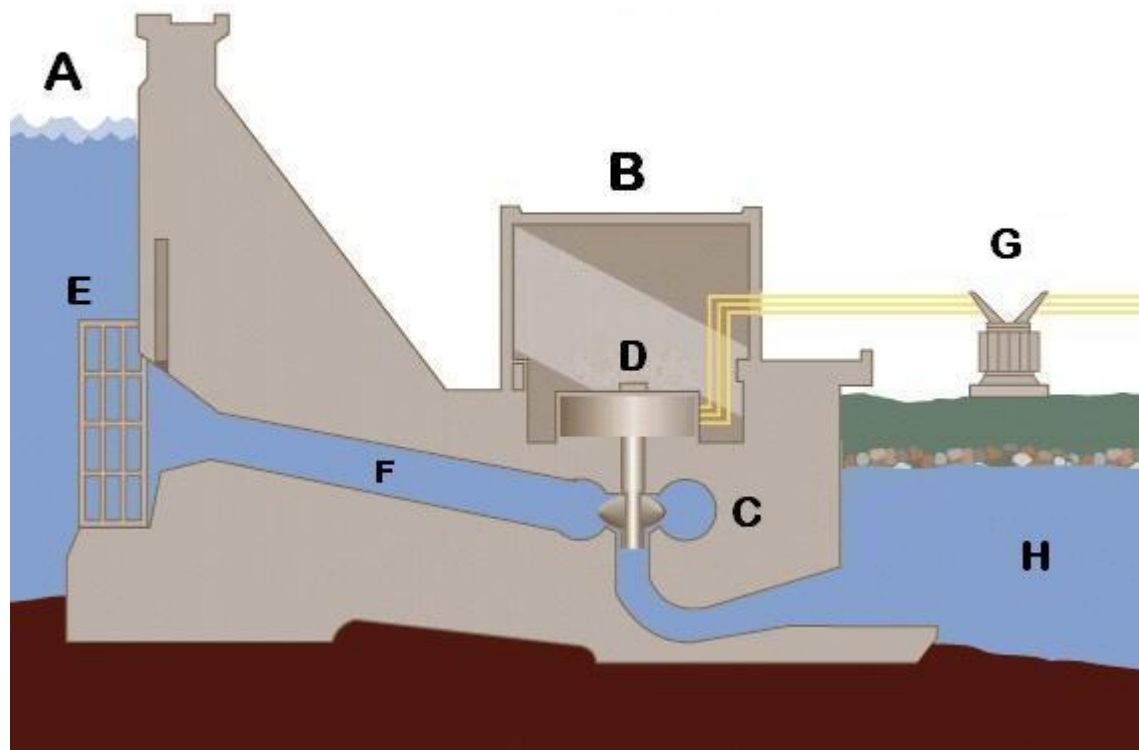


## ХИДРОПОТЕНЦИЈАЛ

- ▶ Теоријски водени потенцијал, бруто потенцијал, снага коју водоток може дати, без обзира на техничке и економске могућности
- ▶ Технички искористив водни потенцијал, реално остварив, на основу неког технички могућег рјешења (18%)
- ▶ Економски искористив водни потенцијал, дио техничког потенцијала чија је експлоатација исплатива (28%)

# Хидроелектране - Основни дијелови

- ▶ Основни делови хидроелектрана су: *брана, захват, довод, водостан, цјевовод под притиском, машинска зграда и одвод.*
- ▶ Које од наведених дијелова ће нека хидроелектрана имати зависи од:
  - конструкције хидроелектране,
  - топографских услова,
  - геолошких услова,
  - погонских захтјева хидроенергетског искоришћавања цијелог водотока,
  - потребе наводњавања, водоснабдевања, заштите од поплава и заштите животне средине.



- А - Акумулација
- В - Машинска зграда
- С - Турбина
- Д - Генератор
- Е - Решетка
- Ф - Цјевовод
- Г - Трансформатор
- Н - Ријека

# Врсте хидроелектрана

▶ Према начину коришћења акумулационог базена хидроелектране дијелимо на:

- акумулационе;
- пумпно-акумулационе (реверзибилне).

▶ Према конструкцији, хидроелектране се могу поделити у двије основне групе:

- *прибранске хидроелектране*
- *деривационе хидроелектране*

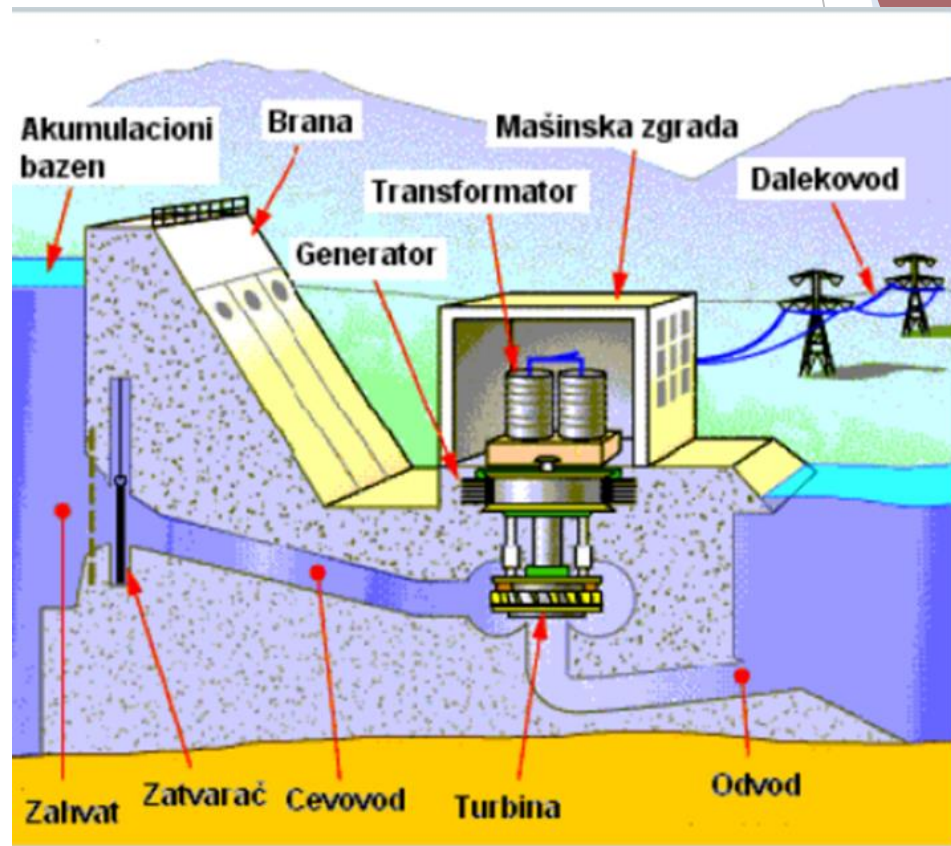
▶ Према томе да ли постоји акумулациони базен и колика је његова величина, постоје:

- проточне хидроелектране
- хидроелектране са дневном и недељном акумулацијом (ВПА < 400h)
- хидроелектране са сезонском акумулацијом (ВПА > 400h)



# Прибранске хидроелектране

- ▶ Прибранске хидроелектране најчешће имају машинску зграду смештену уз брану, унутар бране или је зграда изведена као дио бране.
- ▶ Код прибранских хидроелектрана, нема потребе за доводом, водостаном и одводом, а захват и цјевовод под притиском представљају део бране, односно машинске зграде.
- ▶ Обично се граде на већим рекама са мањим падовима.

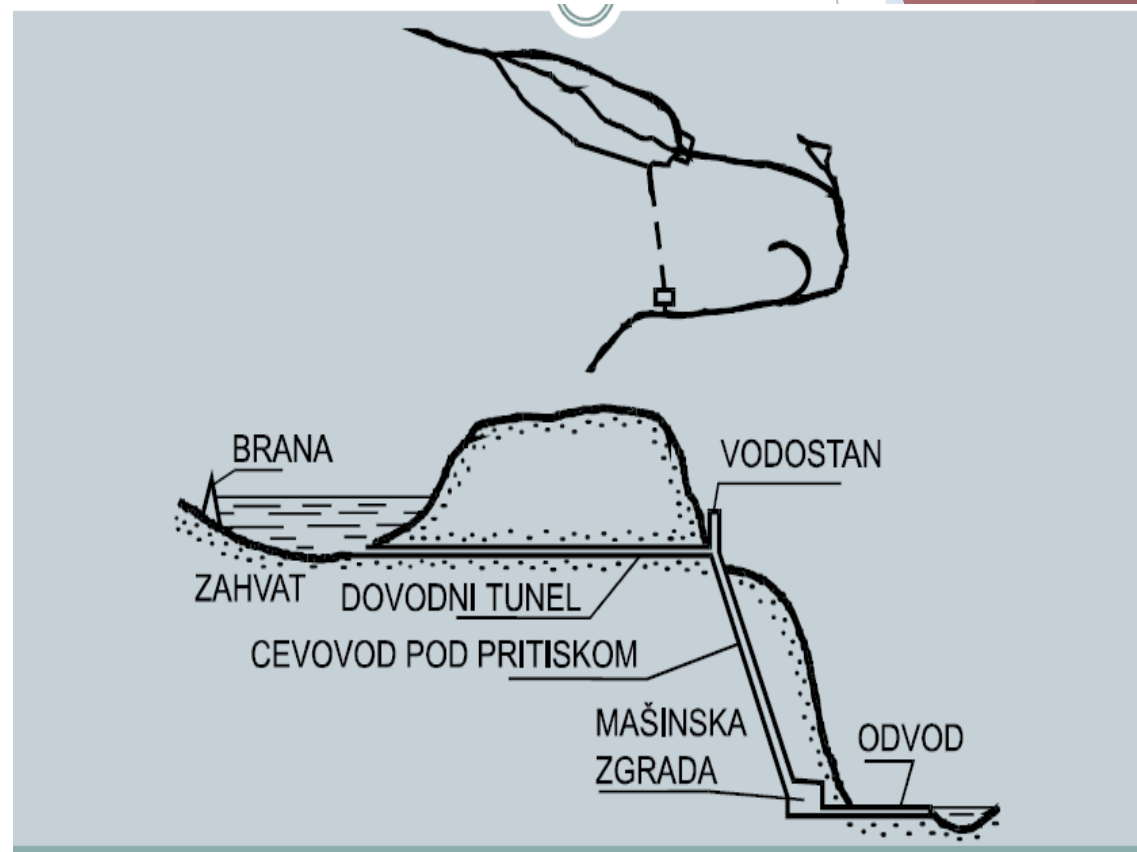


Приказ рада хидроелектране



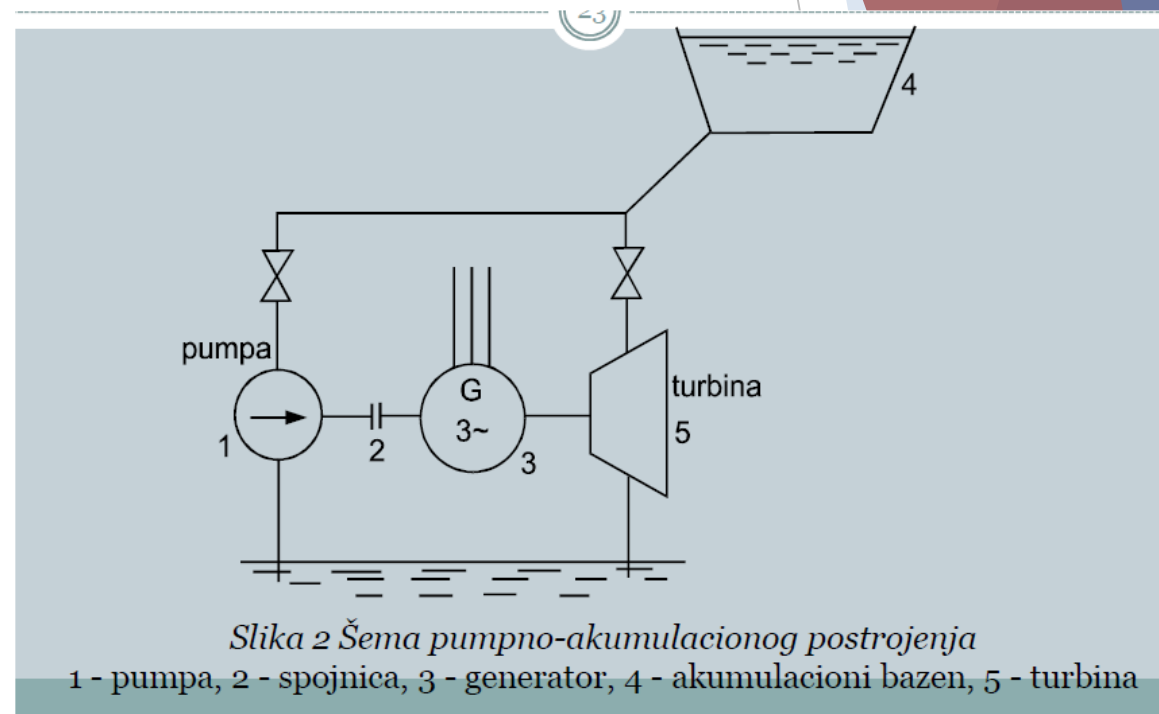
# Деривационе хидроелектране

- ▶ Деривационе хидроелектране имају углавном мање водотоке и веће падове и по правилу садрже све набројане делове хидроелектрана.
- ▶ Довод (доводна деривација) и одвод (одводна деривација) могу бити отворени или под притиском, код појединих типова хидроелектрана, зависно од констукције, могу и да не постоје.
- ▶ Машинска зграда може да буде укопана или на отвореном.



# Пумпно-акумулационе хидроелектране

- ▶ Пумпно-акумулационо постројење може да ради
  - као хидроелектрана (турбински рад)
  - као потрошач електричне енергије (пумпни рад).
- ▶ Када ради као хидроелектрана, вода из акумулационог базена се усмјерава кроз турбину и њена потенцијална енергија се претвара у механичку, а потом у генератору и у електричну енергију.
- ▶ Када пумпно-акумулационо постројење ради у пумпном режиму, генератор се користи као мотор који покреће пумпу, а пумпа црпи воду из водотока или језера и пребацује је у акумулациони базен.
- ▶ Постоје и конструкције код којих су пумпа и турбина један уређај који може да ради и у режиму пумпе и у режиму турбине - такве хидроелектране се називају *реверзибилне хидроелектране*.



# Карактеристике хидроелектрана

- ▶ **Инсталисана снага** хидроелектране, сума снага свих агрегата - генератора (привидна снага(VA), активна снага (W)).
- ▶ **Фактор снаге ( $\cos\varphi$ )**, однос реалне снаге (W) која тече у електрично оптерећење према реактивној снази (var) P/S, креће се у опсегу - 1 до 1, нема јединицу мјере.
- ▶ **Максимална снага**, највећа снага коју електрана може да постигне као цјелина (најповољнији услови, оптималан проток који је једнак пројектованом, акумулација на највишој коти, оптималан водени пад...).
- ▶ **Расположива снага**, највећа снага коју електрана може да оствари у некој временској јединици, при реалним условима (прегледи, ремонт, кварови...) без ограничења у пласману.
- ▶ **Гарантована снага**, снага коју електрана постиже са великом вјероватноћом, без обзира на хидролошке прилике
- ▶ **Инсталисани проток**, највећи проток који електрана може да користи у нормалном погону.
- ▶ **Карактеристични падови**, максималан, минималан, средњи, рачунски пад.
- ▶ **Могућа годишња производња**
- ▶ **Могућа средња год. производња**, аритметичка средина могућих годишњих производњи у неком временском периоду
- ▶ **Реализована годишња производња**, нижа од могуће производње, ограничења у погледу пласмана, испади електране...
- ▶ **Годишња производња одређених вјероватноћа**, прорачуни могуће производње за сваку годину.
- ▶ **Варијабилна (вршна) енергија**, могућа производња у периоду вршног оптерећења
- ▶ **Константна енергија**, која се мора произвести и у периодима ниског оптерећења како би се спречио прелив воде

# Мале хидроелектране

- ▶ Граница - инсталисана снага (<10 MW)

- < 1,5 MW Шведска

- < 3 MW Италија

- < 8 MW Француска

- < 10 MW (Шпанија, Ирска, Грчка...)

- < 15 MW Индија,

- <25 MW Кина...

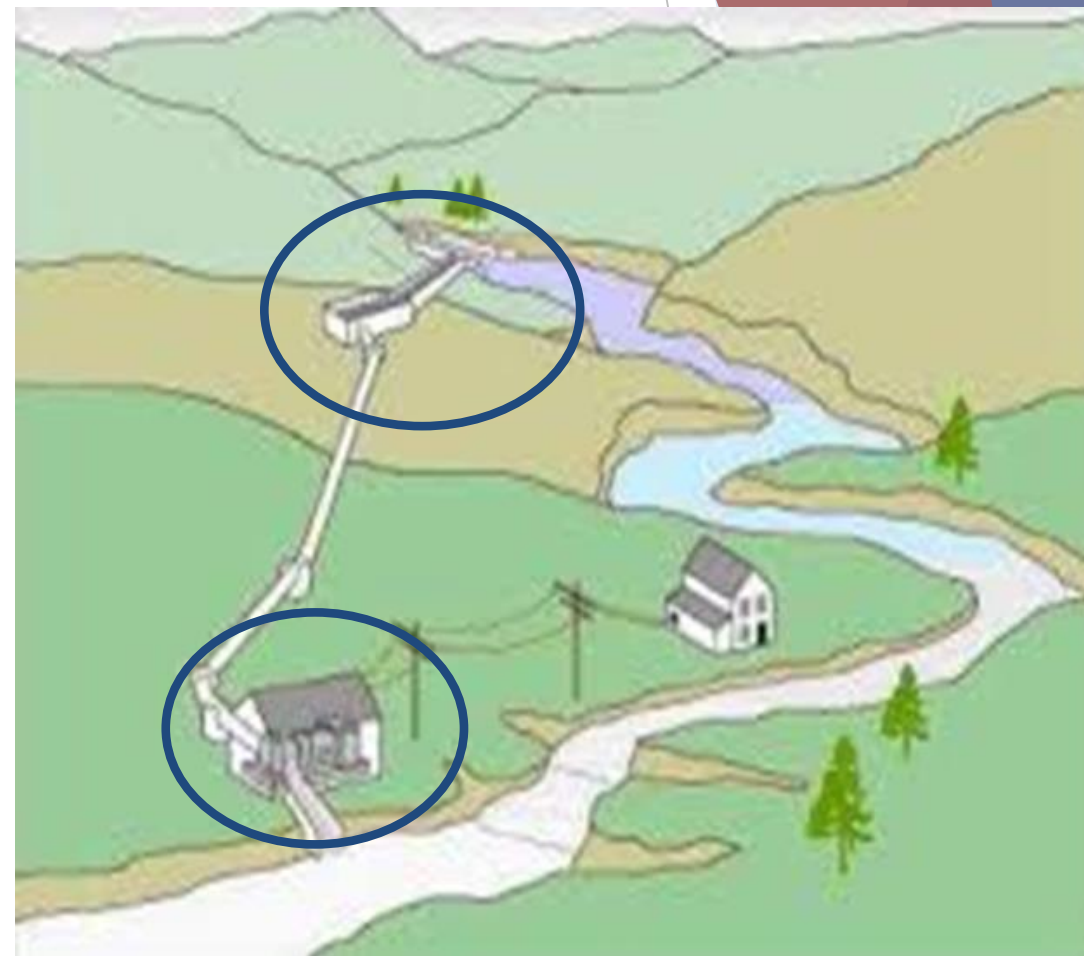
- ▶ Мале, мини, микро електране...

- ▶ Мали трошкови дистрибуције, јефтино одржавање, минималан утицај на екосистем...



# Дијелови мале хидроелектране

- **Брана или преграда**, служи за скретање воде са њеног природног тока према захвату хидроелектране и стварању акумулације
- **Водозахват**, прима воду из преграде и упућује према хидроелектрани, на површини или испод површине
- **Додвод**, спаја захват са водном комором
- **Водна комора**, правилно функционисање електране, када је додводни тунел дугачак
- **Цјевовод под притиском**
- **Погонско постројење**, генератор и турбина



# Снага у хидроелектранама

$$P = V \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \eta$$

$P$  - снага (електрична снага) (W)

$\rho$  - густина воде ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$V$  - запремински проток воде ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$g$  - сила земљине теже ( $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$ )

$h$  - водени пад (m)

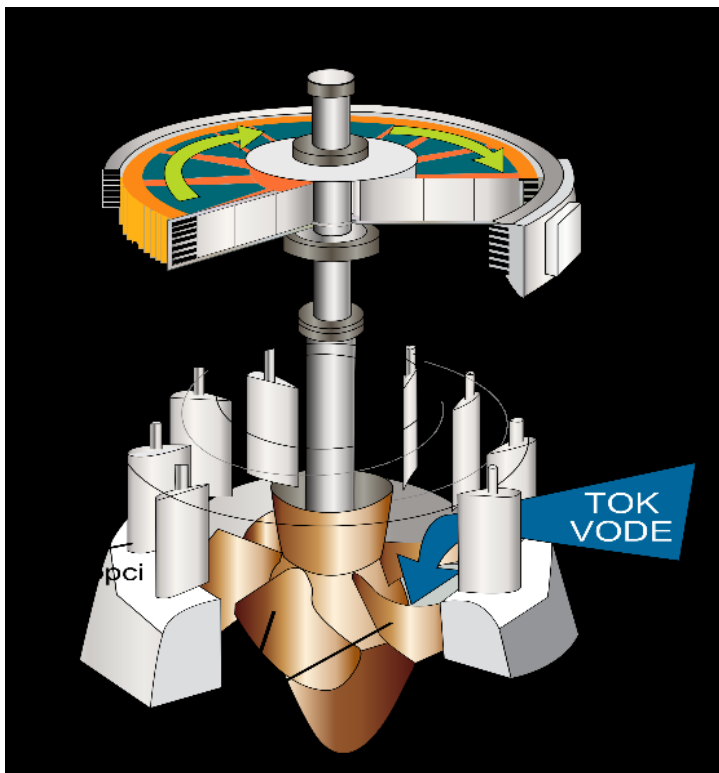
$\eta$  - коефицијент корисности електране,  $0 < \eta < 1$

# Историја турбинске технологије

- ✓ 1827. године француски инжењер **Benoit Fourneiron** развио је турбину способну да произведе 6 коњских снага - најранију верзију Fourneiron-ове реакционе турбине.
- ✓ 1849. године, британско-амерички инжењер **James Francis** развио је прву модерну водену турбину – Францис турбину - која је и даље најкоришћенија водена турбина у свету.
- ✓ 1880. године, амерички проналазач **Lester Allan Pelton** патентирао је Пелтоново коло, импулсну водену турбину,
- ✓ 1913. године Аустријски професор **Viktor Kaplan** је развио Капланову турбину - пропелерску турбину са подесивим сечивима.

# Турбине

- ▶ Погонско постројење у коме се потенцијална енергија воде претвара у механичку обртну енергију
- ▶ Натпритисне (Франсисова и Капланова турбина) и турбине слободног пада (Пелтонова турбина)



Пресјек Капланове турбине

Капланова турбина је намењена за мање падове, за проточне хидроелектране и може да буде са помичним или са непомичним роторским лопатицама (пропелерна турбина).



Франсисова турбина

Франсисова турбина употребљава се за падове до 500м и изводи се са вертикалном и хоризонталном осовином, осјетљива на кавирацију и нечистоће у води



Пелтонова турбина

Пелтонова турбина ради на принципу слободног млаза, изводи се са једном или више млазница и употребљава за падове изнад 500м.



# Избор типа турбине

- ▶ Пошто је немогућ тачан прорачун протока воде и губитака који се при томе јављају, најчешће се прибјегава конструисању модела како би се одредиле најповољније димензије и облици турбине и пратећих уређаја.
- ▶ Избор турбине зависи од протока и пада.
- ▶ За велике падове и релативно мале протоке најпримјеренија је Пелтонова турбина.
- ▶ За средње и велике падове примјерена је Франсисова турбина
- ▶ За мали пад а велике протоке Капланова турбина

Tip turbine		$n_s$ (ob/min)	Pad (m)
Peltonova	2 mlaznika	2-25	$\geq 400$
	4 mlaznika	25-70	
Fransisova	sporohodna	70-125	50-400
	normalna	125-200	
	brzohodna	200-300	
	ekspresna	300-450	
Propelerna		300-400	300-1000

# Утицај хидроелектрана на животну средину

- ▶ Утицај хидроелектрана на природну средину се првенствено односи на утицај брана.
- ▶ Бране подижу ниво воде и тиме, код изградње електране, поплављају до одређене коте све објекте, природне љепоте и туристичке вриједности, споменике културе, насеља, привредне објекте, плодно земљиште и сл.
- ▶ Бране преграђују ток реке и тиме онемогућавају неким рибљим врстама долазак на природна мрестилишта (нпр. лосос).
- ▶ Од бране пријете и непосредне опасности. Несреће при пуцању или попуштању брана нису ријеткост. Више од 100 брана попустило је у САД од 1930. до данас.
- ▶ Мјере за заштиту околине: резервни ток, рибље стазе, скупљање и складиштење смећа, вишенамјенски погони...

# Хидроенергетски потенцијал Републике Српске

Сливно подручје	Могућа инсталисана снага (MW)	Просјечна годишња производња (GWh)
Дрина	1948,34	4741,37
Врбас	395,13	1579,28
Требишњица	738,08	2438,08
Уна и Сана	55,96	269,24
Неретва	48,33	145,29
Босна	165,85	789,40
Укупно Република Српска	3351,69	9962,66

Производна постројења по технологијама	Инсталисана снага (MW)	Планирана годишња производња (GWh)	Остварена годишња производња 2018. (GWh)
ХЕ на Требишњици	305	1062,14	1.290,60
ХЕ на Дрини	315	925	1.152,88
ХЕ на Врбасу	110	298,30	278,82
<b>Велике хидроелектране (&gt;10 MW)</b>	<b>730</b>	<b>2.285,44</b>	<b>2.722,29</b>
Мале хидроелектране (≤10 MW)	80,2	320,33	202,94
Хидроелектране укупно	810,2	2.605,77	2.925,23

# Хидроелектране Требиње I и II

ОСНОВНИ ПОДАЦИ	ХЕТ 1	ХЕТ 2
Број агрегата	3	1
Тип агрегата	"Francis"	"Kaplan"
Инсталисана снага (MW):	2x54 + 1x60	8
Инсталисани проток (m <sup>3</sup> /s):	3x70	45
Технички минимум (GWh):	1 i 2 - 26 ; 3 - 28	1.5
Средња годишња производња (GWh)	370 - 420	14.5
Средња десетогод. производња (GWh)	410	-
Енергија од 1m <sup>3</sup> воде (kWh) (351 - 400 м.н.м.)	0.12 - 0.25 (351 - 400 м.н.м.)	0.042
Количина воде за 1kWh (m <sup>3</sup> /s) (351 - 400 м.н.м.)	8.33 - 4.00 (351 - 400 м.н.м.)	23.8



Хидроелектрана Требиње I

# Хидроелектране Требиње I и II

Дотоци, акумулације, падови		ХЕТ 1	ХЕТ 2
Средњи годишњи доток (m <sup>3</sup> /s):		71	82.9
Запремина акумулације (милиона m <sup>3</sup> )	Укупна	1277.6	15.74
	Корисна	1 и 2 - 1074.6; 3 - 1060.6	9.6
	Мртав простор	1 и 2 - 203; 3 - 217	6.38
Енергетска вријед. акумулације (GWh)		1010.7	6.037
Кота горње воде (м.н.м.)	Максимална	400	295
	Просјечна	384.00	292.50
	Минимална	1 и 2 - 351; 3 - 352	288
Кота доње воде (м.н.м.)		295	273
Бруто падови (m)	Максимални	103.5	22
	Просјечни	86.5	19.5
	Минимални	1 и 2 - 54.5; 3 - 55.5	15



Хидроелектрана Требиње II

# Највеће електране у свијету

Ten largest power plants in the world (by capacity)  
gigawatts



Source: U.S. Energy Information Administration, based on International Commission on Large Dams and IAEA Power Reactor Information System

Note: Japan's Kashiwazaki-Kariwa nuclear facility has not operated since being shut down in 2011 and has not submitted a restart application.

# Највеће хидроелектране у свијету



**Three Gorges Dam**

Инсталирана снага **22.500 MW**  
Годишња производња 98,8 TWh



**Itaipu Dam**

Инсталирана снага 14.000 MW  
Годишња производња **103,1 TWh**



**Xiluodu Dam**

Инсталирана снага 13.860 MW  
Годишња производња 55,2 TWh