



Obuka: Upravljanje energijom u javnom sektoru
Modul 2: Energetska efikasnost zgrada i obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije

Energija vjetra

Doc. dr Esad Tombarević
esad.tombarevic@ucg.ac.me

Univerzitet Crne Gore
Mašinski fakultet Podgorica
15. april 2020.

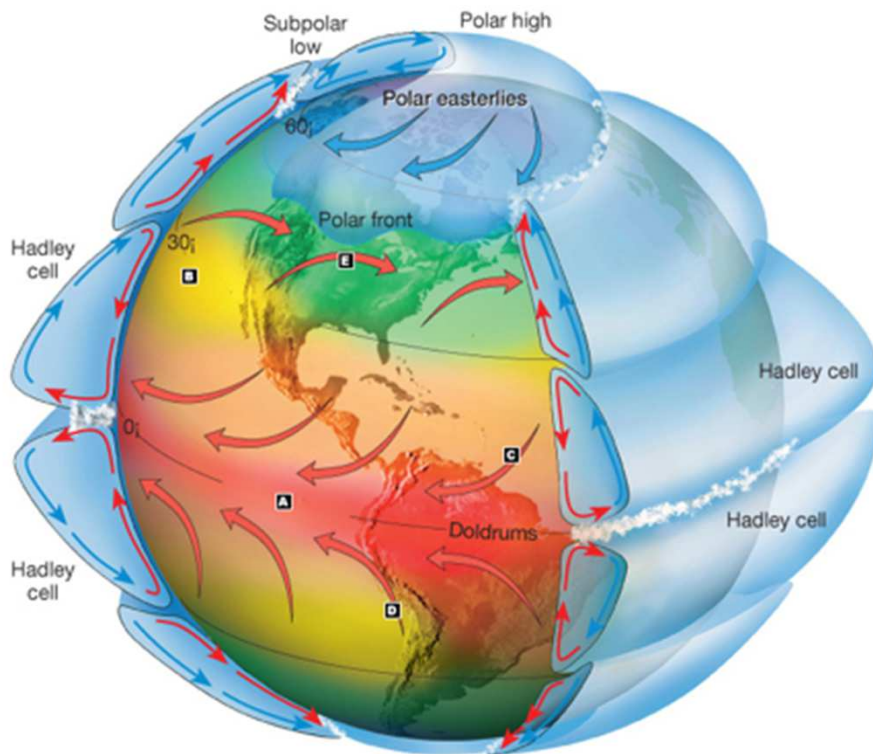
Šta je vjetar i kako nastaje?

Vjetar je kretanje vazdušnih masa uslijed razlike temperatura, odnosno vazdušnih pritisaka

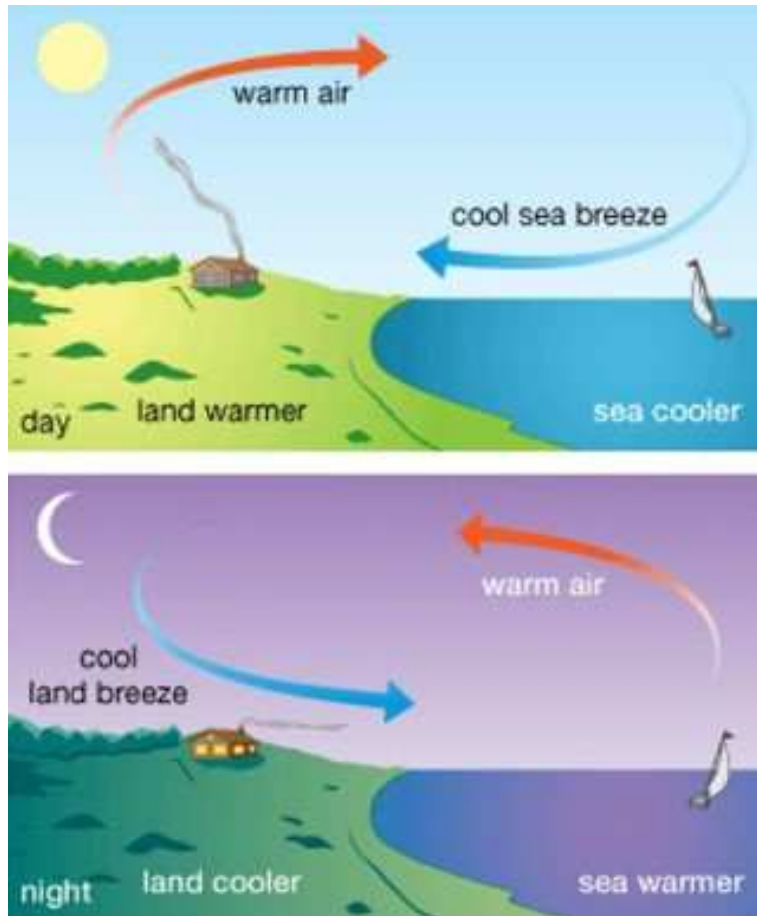
Vjetrovi mogu da budu :

- Stalni
- Periodični

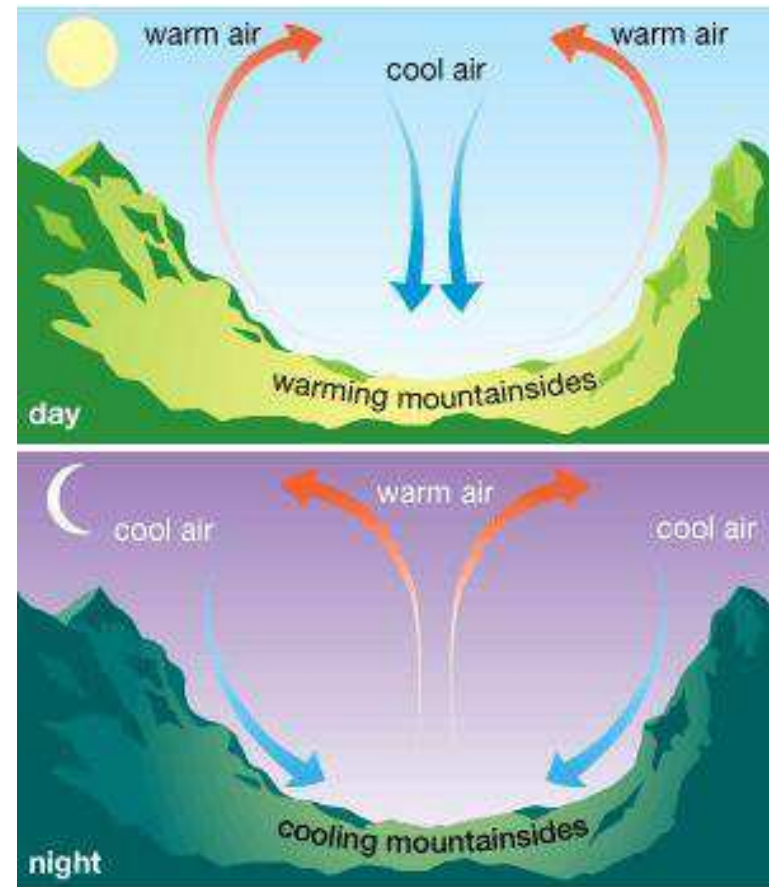
Stalni vjetrovi duvaju u toku cijele godine i nastaju uslijed nejednakog zagrijavanja Zemlje od strane Sunca i uslijed rotacije Zemlje oko svoje ose



Periodični vjetrovi duvaju u određenom periodu godine ili u određeno doba dana i noći i nastaju zbog nejednakog zagrijavanja i hlađenja kopna i mora ili planina i dolina



U toku dana se kopno ugrije više od mora, pa se vazduh izdiže sa površine toplijeg kopna i na njegovo mjesto dolazi vazduh sa hladnijeg mora

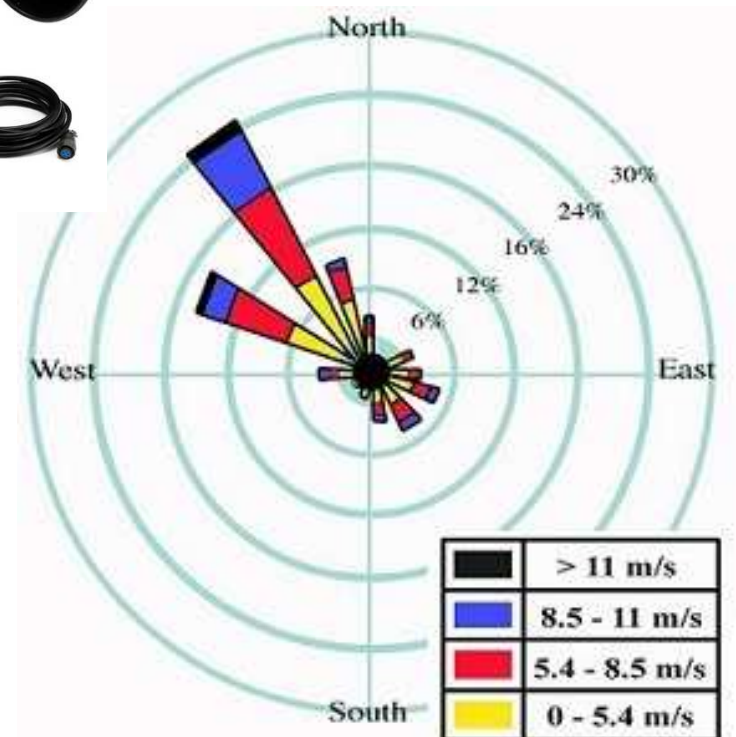
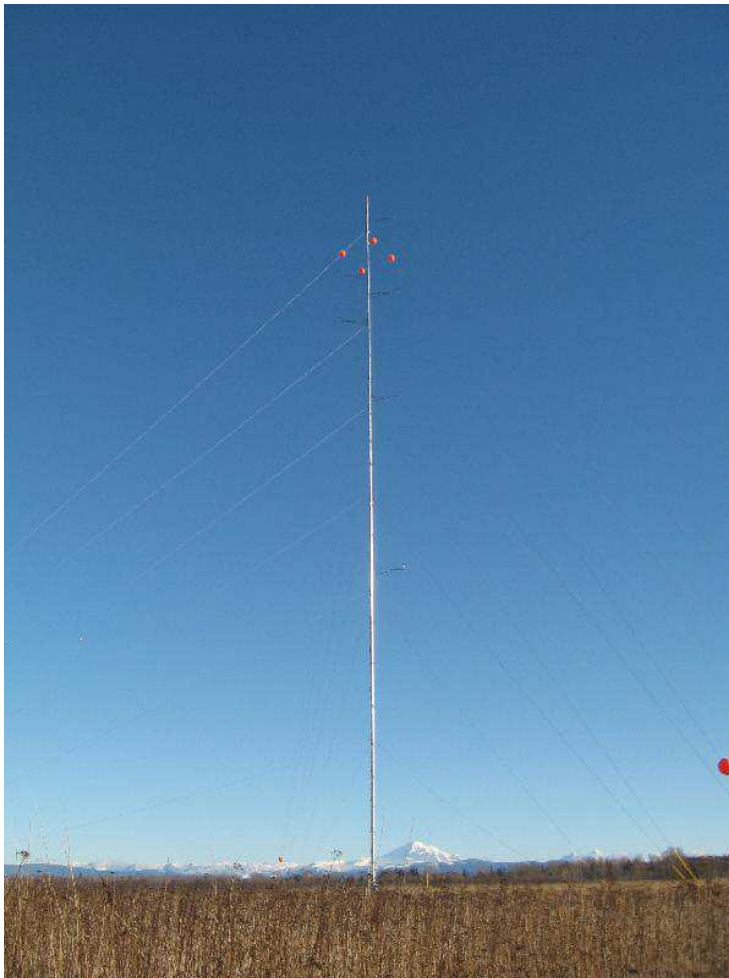


U toku dana Sunce prvo zagrijava planinske vrhove - topliji vazduh se kreće nagore uz planinske strane, a hladan iz doline dolazi na njegovo mjesto

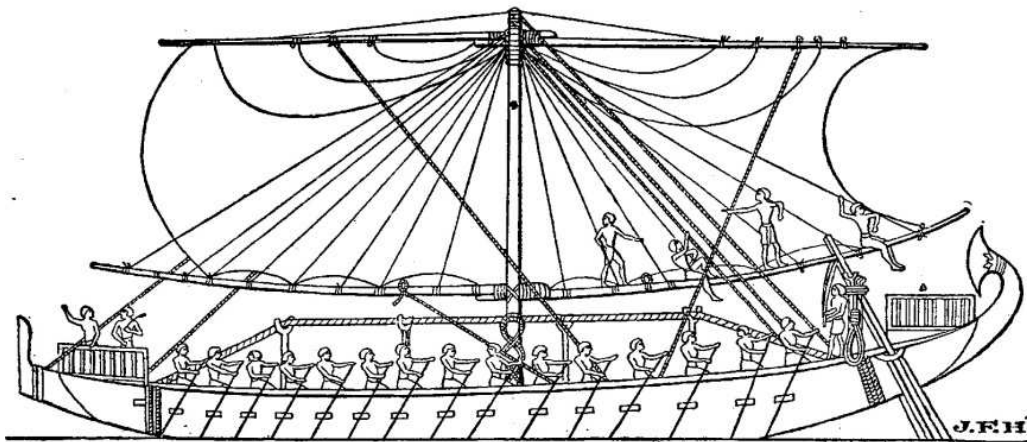
Mjerenje brzine vjetra

Neophodno je poznavati prirodu vjetra: intenzitet pravac i smjer brzine, odnosno energiju vjetra na datoj lokaciji prije nego se pristupi njegovom iskorišćenju

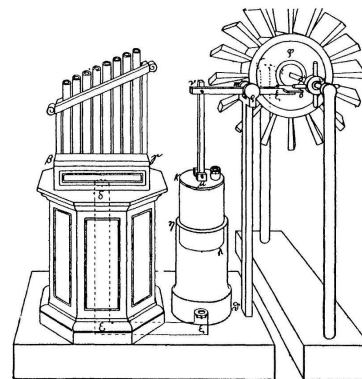
Horizontalna komponenta brzine vjetra je od posebnog značaja kada je u pitanju korisna energija vjetra – mjeri se pomoću anemometara sa čašicama koji se postavljaju na meteorološkim stubovima na visini 50 – 80 m



Istorijski pregled korišćenja energije vjetra



Egipat, galije sa jedrima



Heronove orgulje



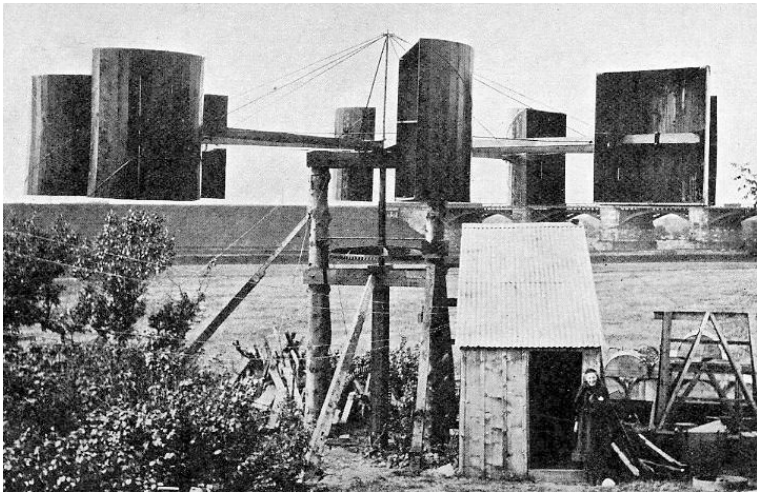
Panemone (Nashtifan, Iran, 7. v. pne)



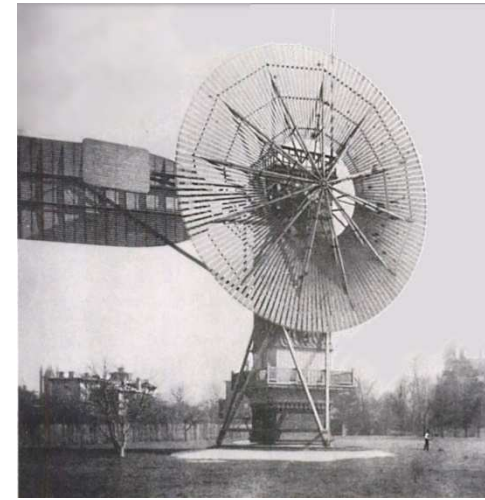
Post mill



Tower mill



James Blyth (Marykirk, Glasgow, 1887)



Charles Bush (Cleveland, Ohio, USA, 1887)
12 kW

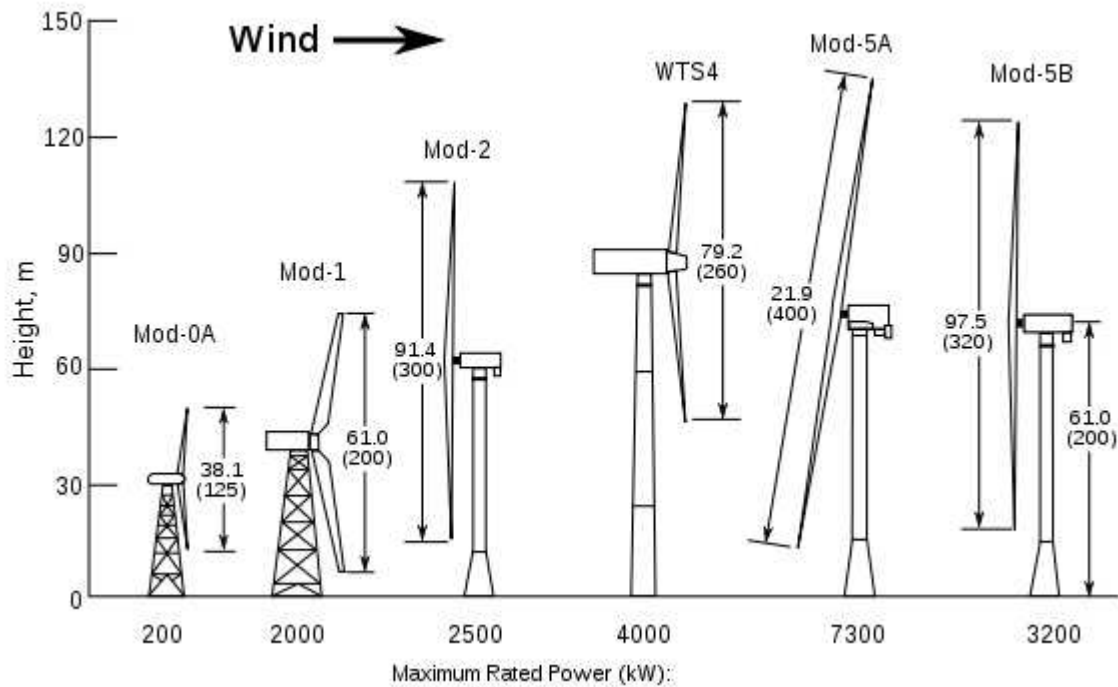


Balalakva, Krim, SSSR (1931)
100 kW



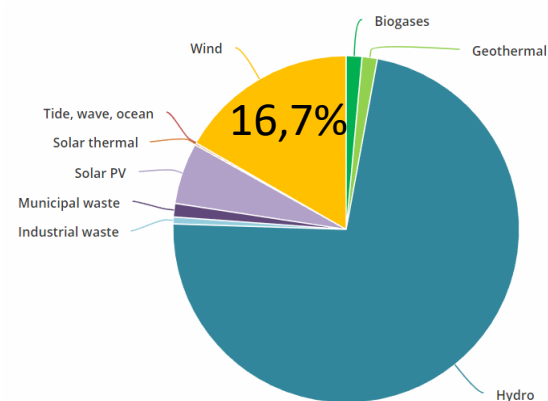
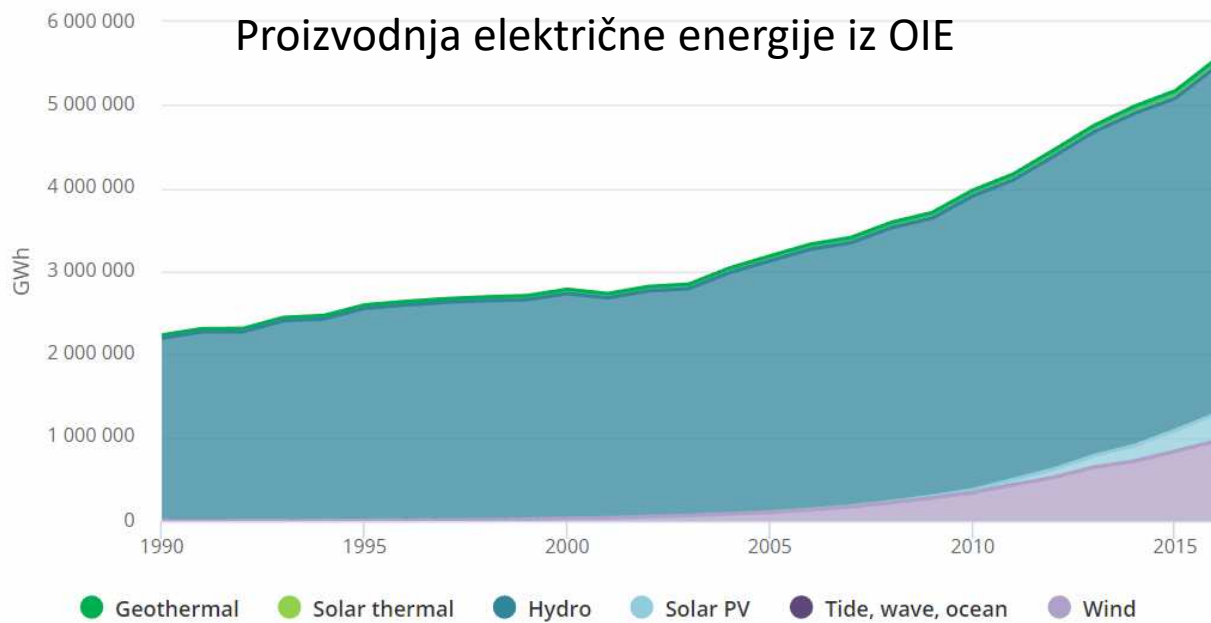
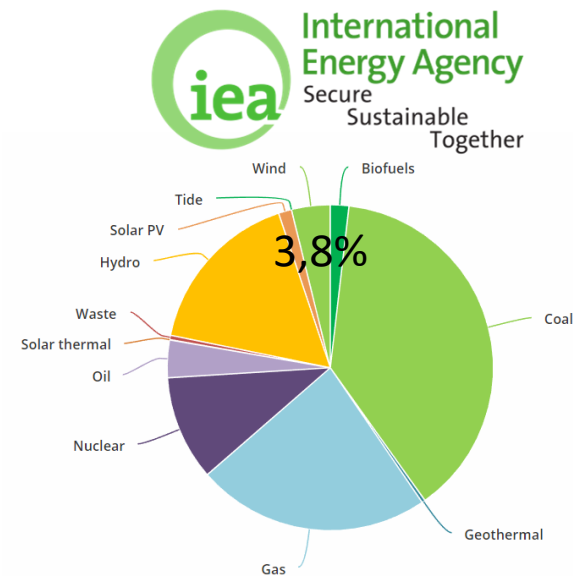
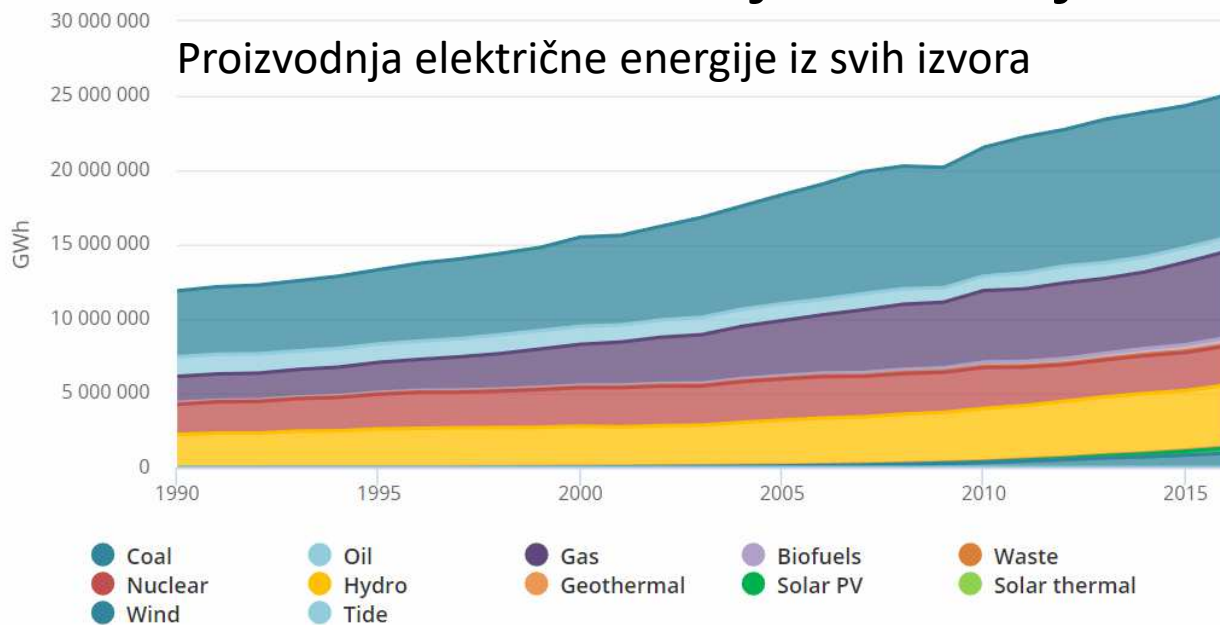
Castelon, Vermont, USA (1941)
1 MW

NASA projekat razvoja vjetrogeneratora (1975 - 1996)



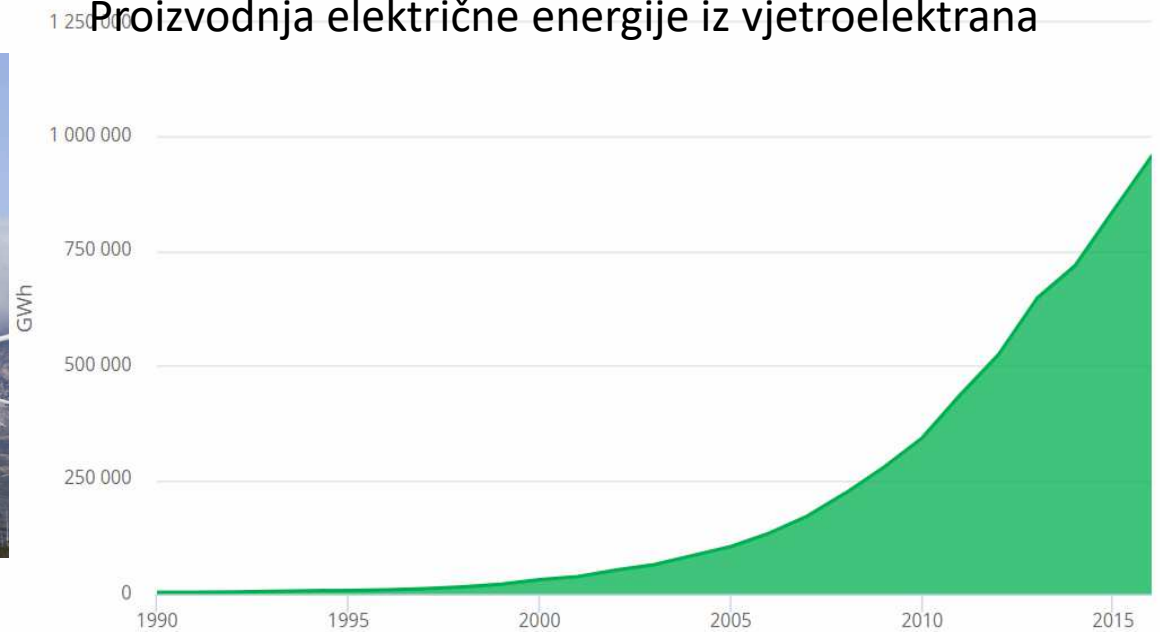
Vjetrogenerator škole Tvind
(Danska, 1978)
2 MW

Kakva je situacija danas?





Proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana



Snaga vjetra

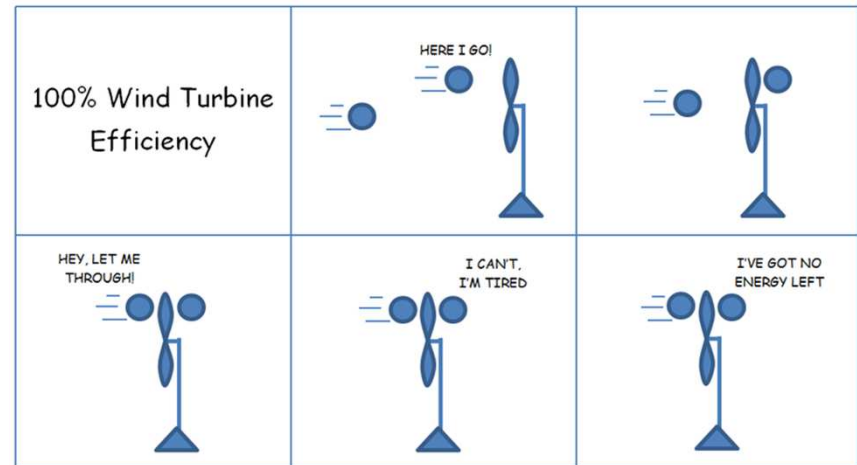
Snaga vjetra je proporcionalna prečniku radnog kola turbine i trećem stepenu brzine vjetra

$$P = \frac{dE_k}{dt} = \dot{m} \frac{w^2}{2} = \rho w A \frac{w^2}{2} = \rho A \frac{w^3}{2}$$

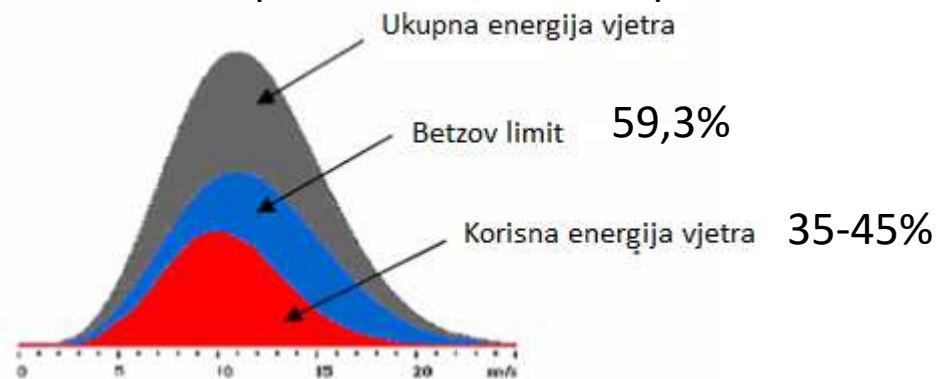
Betzov limit - dio kinetičke energije vjetra se troši za dalje kretanje vazduha poslije prolaza kroz turbinu. Maksimalno možemo da transformišemo 59,3% kinetičke energije vjetra u mehanički rad na vratilu turbine (teorijski stepen korisnosti)



Albert Betz (1885-1968)



Dodatno se dio energije transformiše u toplotu, zavisno od stepena korisnosti turbine i generatora

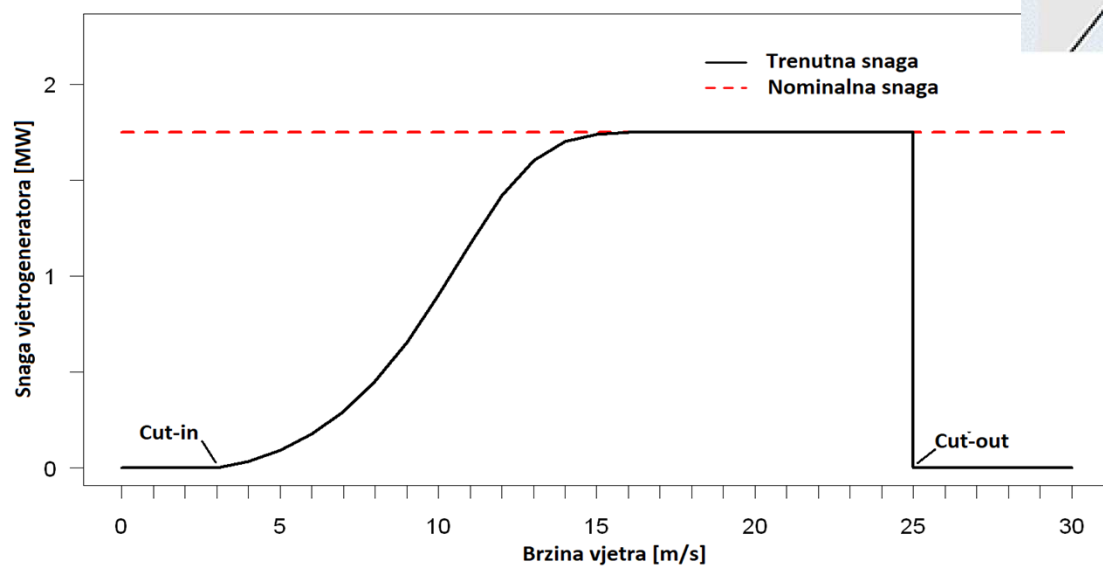
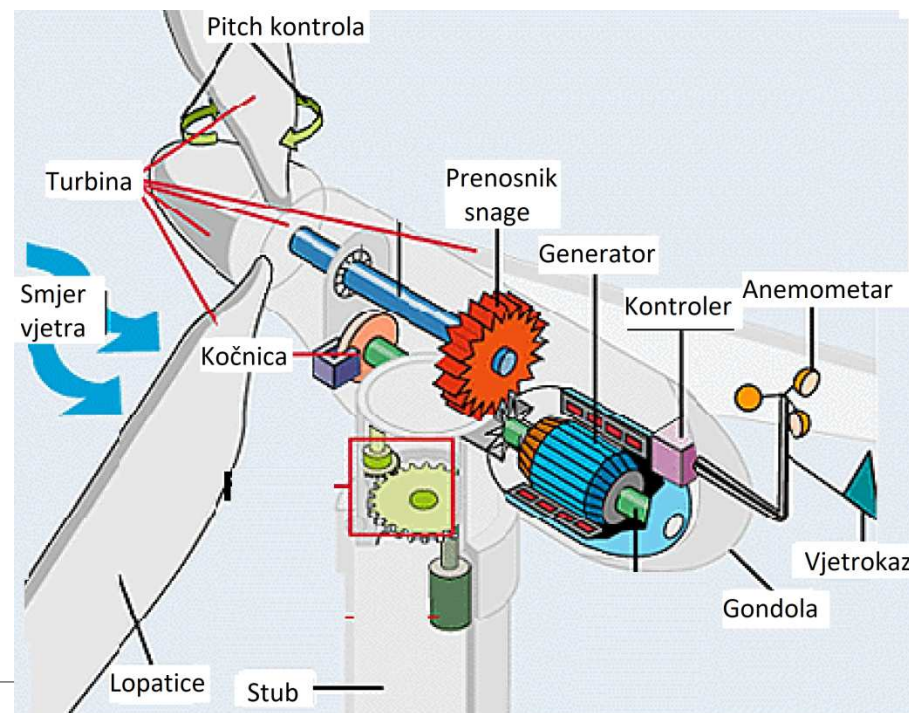


Vjetrogenerator sa horizontalnim vratilom

Vjetrogenerator transformiše kinetičku energiju vjetra u električnu energiju

Glavne komponente vjetrogeneratora:

- Turbina
- Prenosnik snage
- Generator
- Transformator
- Sistemi za kontrolu i upravljanje
- Stub sa temeljom





Vjetrogeneratori sa vertikalnim vratilom



Savoniusova turbina

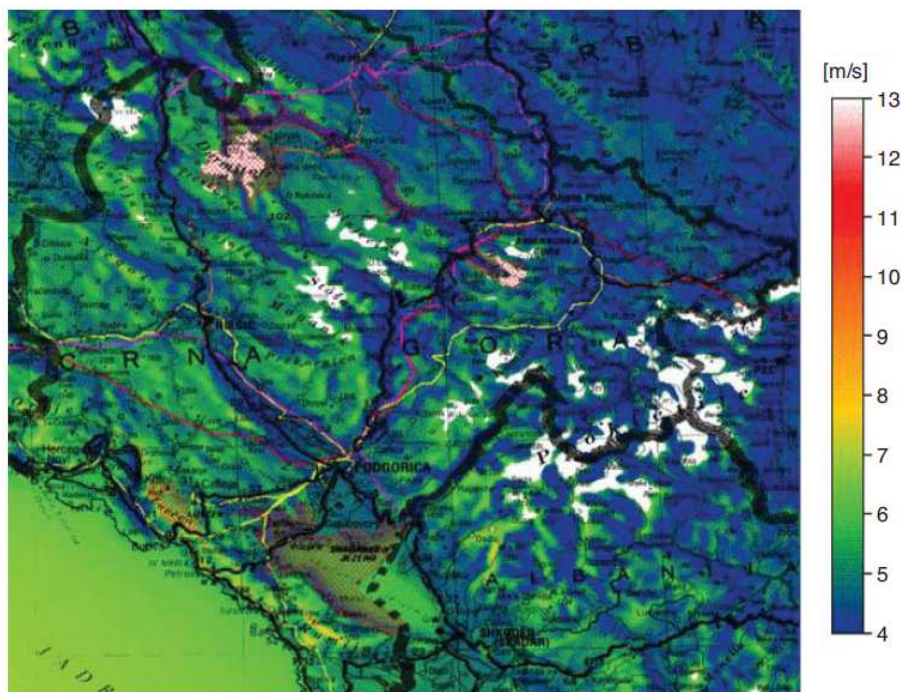


Darrieusova turbina

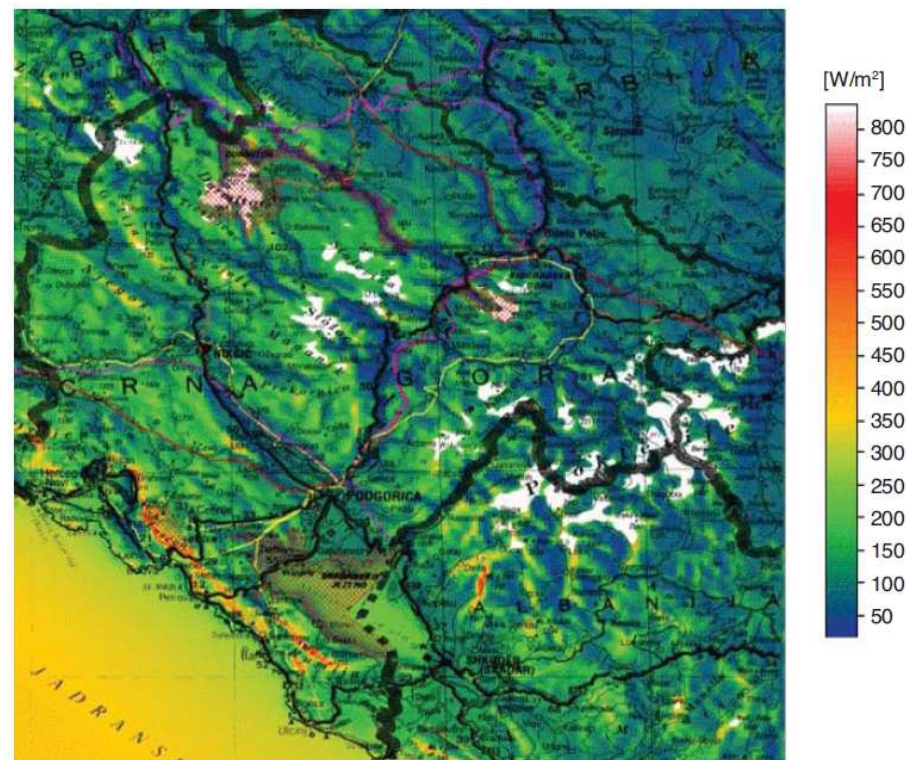
-  • Nije potreban mehanizam za praćenje pravca vjetra – pogodno za lokacije gdje vjetar često mjenja pravac
- Teška oprema (prenosnik snage, generator itd.) može da se postavi na samom tlu
-  • Manja efikasnost
- Obrtni moment kontinualno varira
- Manja visina – manje brzine vjetra

Potencijal energije vjetra u Crnoj Gori

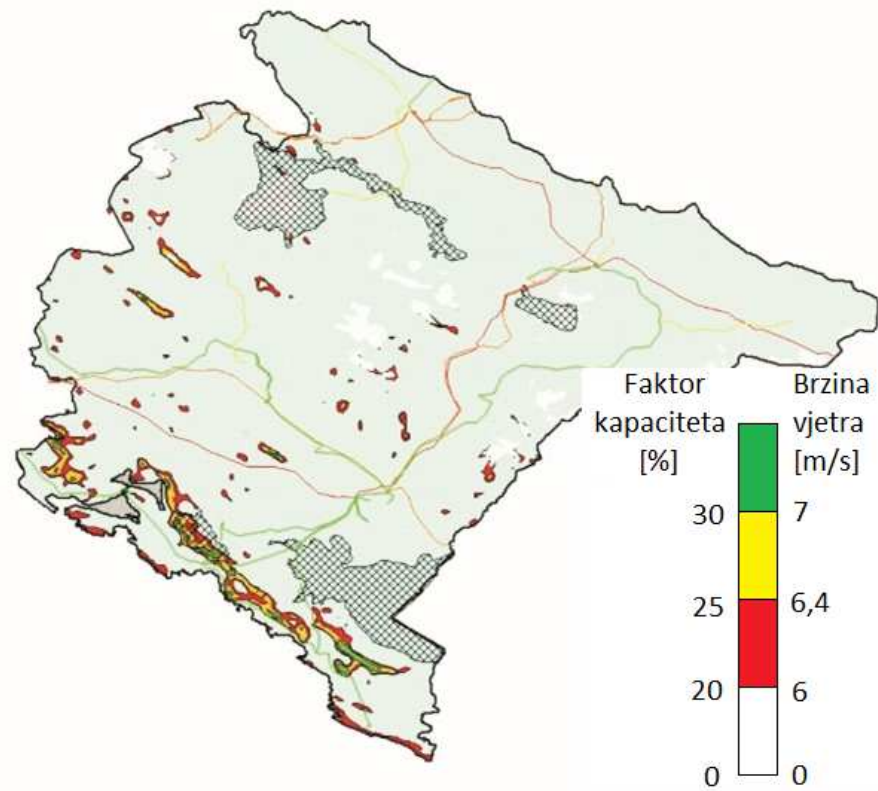
- Procjena energetskog potencijala vjetra zasnovana na 3D numeričkih simulacija i mjerenjima
- Uzeta u obzir relevantna ograničenja: kompleksna struktura i topografija lokaliteta, pristupačnost lokacije i putna mreža, blizina parkova prirode, prenosne mreže itd.



Iskoristiva brzina vjetra (m/s) na 50 mnt



Iskoristiva potencijal vjetra (W/m²) na 50 mnt



Faktor kapaciteta u funkciji srednje brzine vjetra

Uz pretpostavku da se samo visoka i srednja produktivnost potencijala uzima u obzir bruto kapacitet vjetroelektrana koji može da bude instaliran iznosi oko 400 MW:

- 100 MW u oblastima visoke produktivnosti (faktor kapaciteta veći od 30%)
- 300 MW u oblastima srednje produktivnosti (faktor kapaciteta 25-30%)

Korišćenje energije vjetra u Crnoj Gori

Prvi vjetrogenerator u Crnoj Gori kod sela Vilusi na granici sa BiH



- Donacija vlade Holandije
- Pušten u rad u novembru 2004. godine, uništen u udaru groma u februaru 2005. godine
- Snaga 500 kW
- Predviđena godišnja proizvodnja 1,5 GWh

Vjetroelektrane

	VE Možura	VE Krново
Broj vjetrogeneratora	23	26
Instalisana snaga	46 MW	72 MW
Dimenzije rotora, broj lopatica	do 121 m, tri lopatice	do 103 m, tri lopatice
Visina stuba	do 90 m	do 100 m
Godišnja proizvodnja	115 GWh	220 GWh



Garantovana otkupna cijena od 9,60 c€/kWh u prvih 12 godina rada

Hibridni sistemi

- Hibridni sistem – kombinacija dva ili više izvora energije u cilju postizanja veće pouzdanosti i sigurnosti napajanja potrošača
- Pogodno za potrošače za koje je potrebno neprestano napajanje, a ono nije moguće sa elektrodistributivne mreže ili je nepouzdana
- Napajanje dizel agregatima skupo i složeno (održavanje, dopremanje i skladištenje goriva)
- Hibridni sistem koji koristi sunce (fotonaponski paneli) i vjetar (vjetrogenerator) su se pokazali kao jednostavna i efikasna alternativa
- Sunce i vjetar su komplementarni:
jaka insolacija kad nema vjetra,
slaba insolacija kad su jači vjetrovi
- Primjeri primjene: bazne stanice telekomunikacionih kompanija, manastiri na Skadarskom jezeru
farme školjki i sl.



Prednosti i nedostaci korišćenja energije vjetra

Prednosti

- Vjetar je čist izvor energije
- Vjetar je neiscrpan izvor energije
- Niski operativni troškovi
- Energija vjetra je raspoloživa svuda, za razliku od fosilnih goriva, čija su nalazišta ograničena na mali broj oblasti u svijetu

Nedostaci

- Vjetar je intermitentan izvor energije i ne duva uvijek kad je potrebna električna energija
- Lokacije sa dobrom vjetrovitošću su često udaljene od potrošača i od prenosne mreže
- Neki uticaji na životnu sredinu: buka, trepćuća sijenka, svjetlosno zagađenje, estetski uticaj, uticaj na ptice i slijepe miševе



Hvala na pažnji!

Pitanja?