

Eksploatacija EES-a

**Energetsko eksploatacione
karakteristike EES-a**

Uvod

- Eksploatacija elektroenergetskih sistema je aktivnost, čiji je cilj da se primenom tehničko-ekonomskih metoda na najbolji mogući način iskoriste postojeći, već izgrađeni elektroenergetski objekti i sistem.
- Da bi se taj cilj ostvario, neophodno je da se poznaju energetske i eksploatacione (ekonomske) karakteristike pojedinih elemenata sistema, objekata, odvojenih podsistema i elektroenergetskog sistema kao celine.
- Ove karakteristike u sebe uključuju i sva konstrukciona i tehnička rešenja ugrađena kroz specifikaciju karakteristika i nabavku opreme, definisana u periodu planiranja razvoja i izgradnje sistema.

Potrošači

- Po tarifnom sistemu razlikuju se sledeće kategorije potrošača:
 - domaćinstva;
 - sitno preduzetništvo, zanatstvo i trgovina;
 - industrija;
 - komunalna potrošnja;
 - saobraćaj;
 - poljoprivreda i građevinarstvo;
 - ostala potrošnja.
- Često se govori samo o tri značajna sektora potrošnje:
 - široka potrošnja (u sebe uključuje kategorije domaćinstava, sitnog preduzetništva, poljoprivrede, građevinarstva, komunalne i ostale potrošnje);
 - industrija;
 - saobraćaj (železnička vuča).

Potrošači

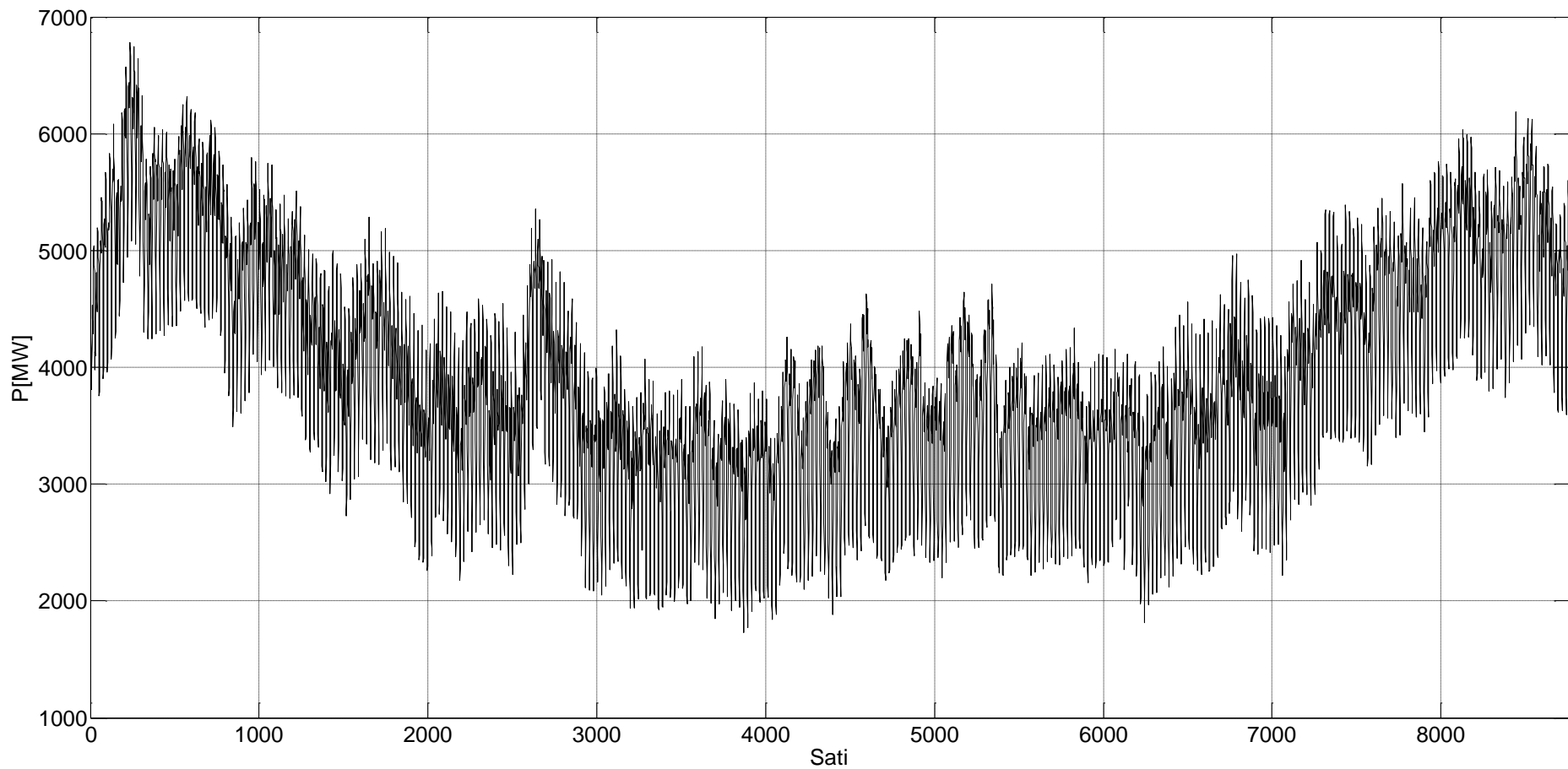
- U svetskoj praksi, uobičajena je podela potrošnje na tri osnovne grupe potrošača:
 - rezidencijalna potrošnja (odgovara kategoriji domaćinstava);
 - komercijalna potrošnja (odgovara kategorijama sitnog preduzetništva, zanatstva i trgovine, komunalne potrošnje, poljoprivrede i građevinarstva);
 - industrija (i saobraćaj).

Dijagrami potrošnje

- Dijagrami potrošnje zavise od:
 - Strukture potrošača
 - Sezone
 - Tačke snimanja
- Prema tački snimanja dijagram može biti:
 - Bruto potrošnja
 - Prag elektrana
 - Prag prenosa
 - Prag distribucije
 - Neto potrošnja

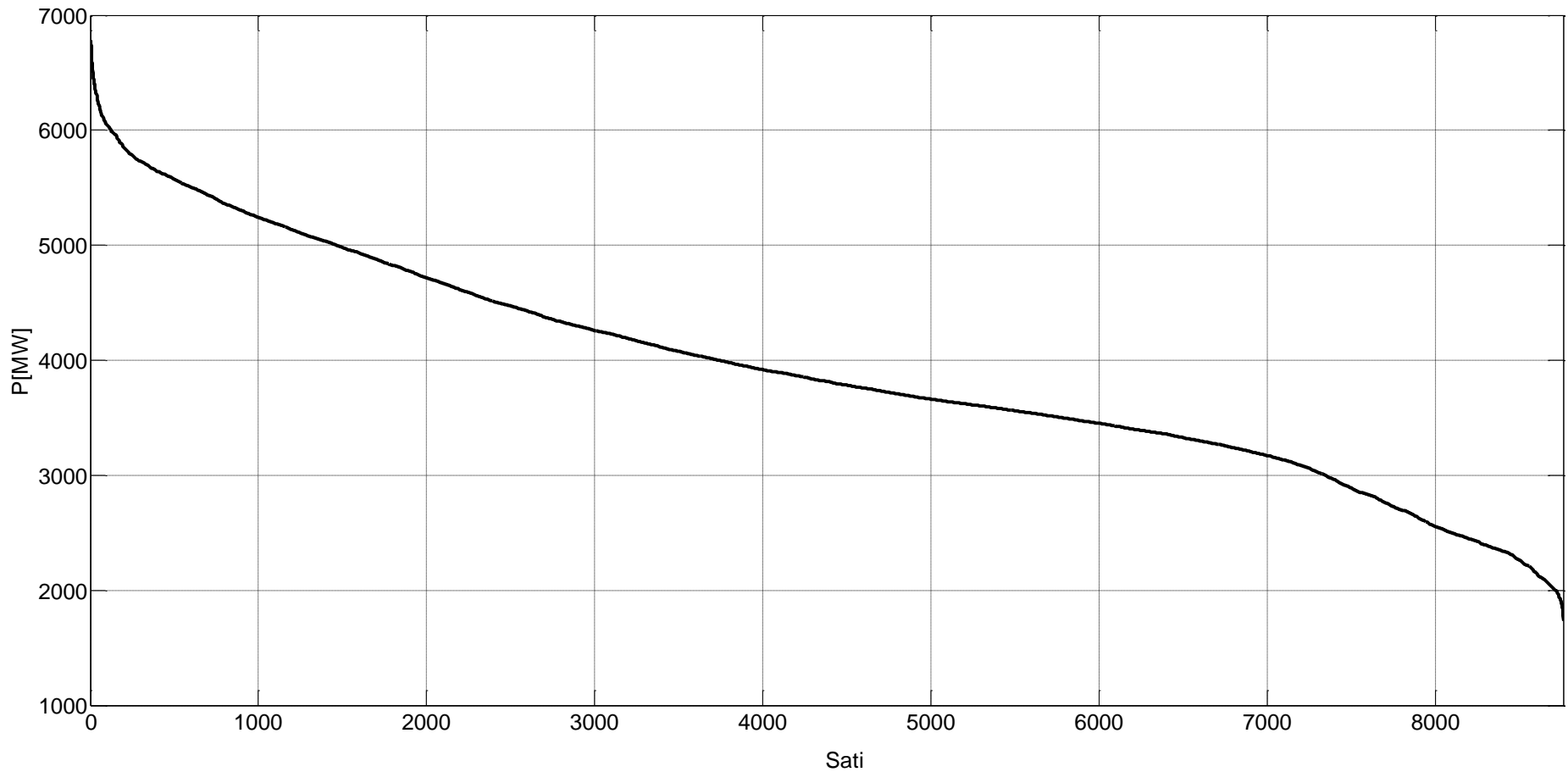
Dijagrami potrošnje

- Hronološki dijagram potrošnje Srbije za 2017. godinu



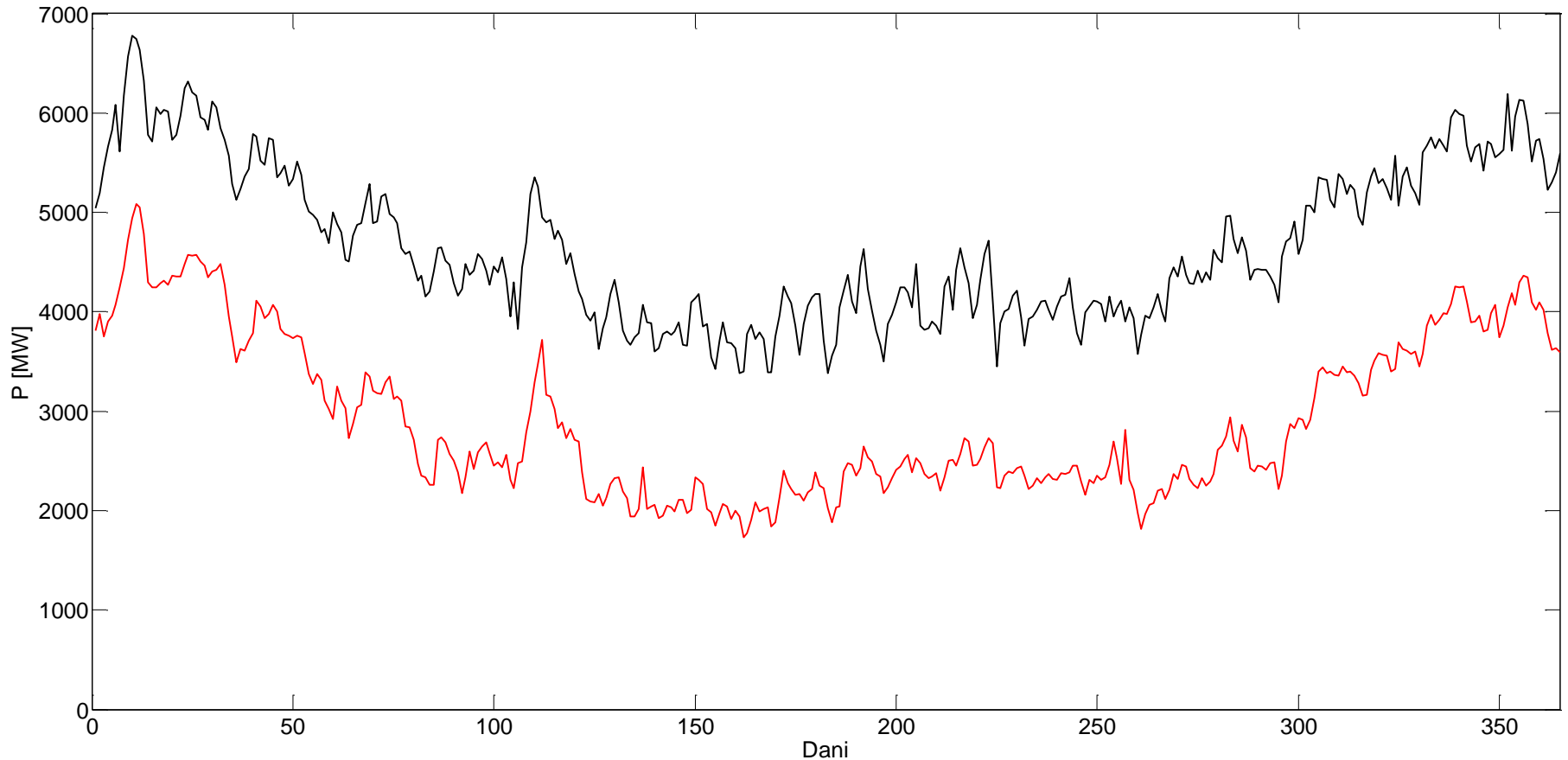
Dijagrami potrošnje

- Kriva trajanja potrošnje Srbije za 2017. godinu



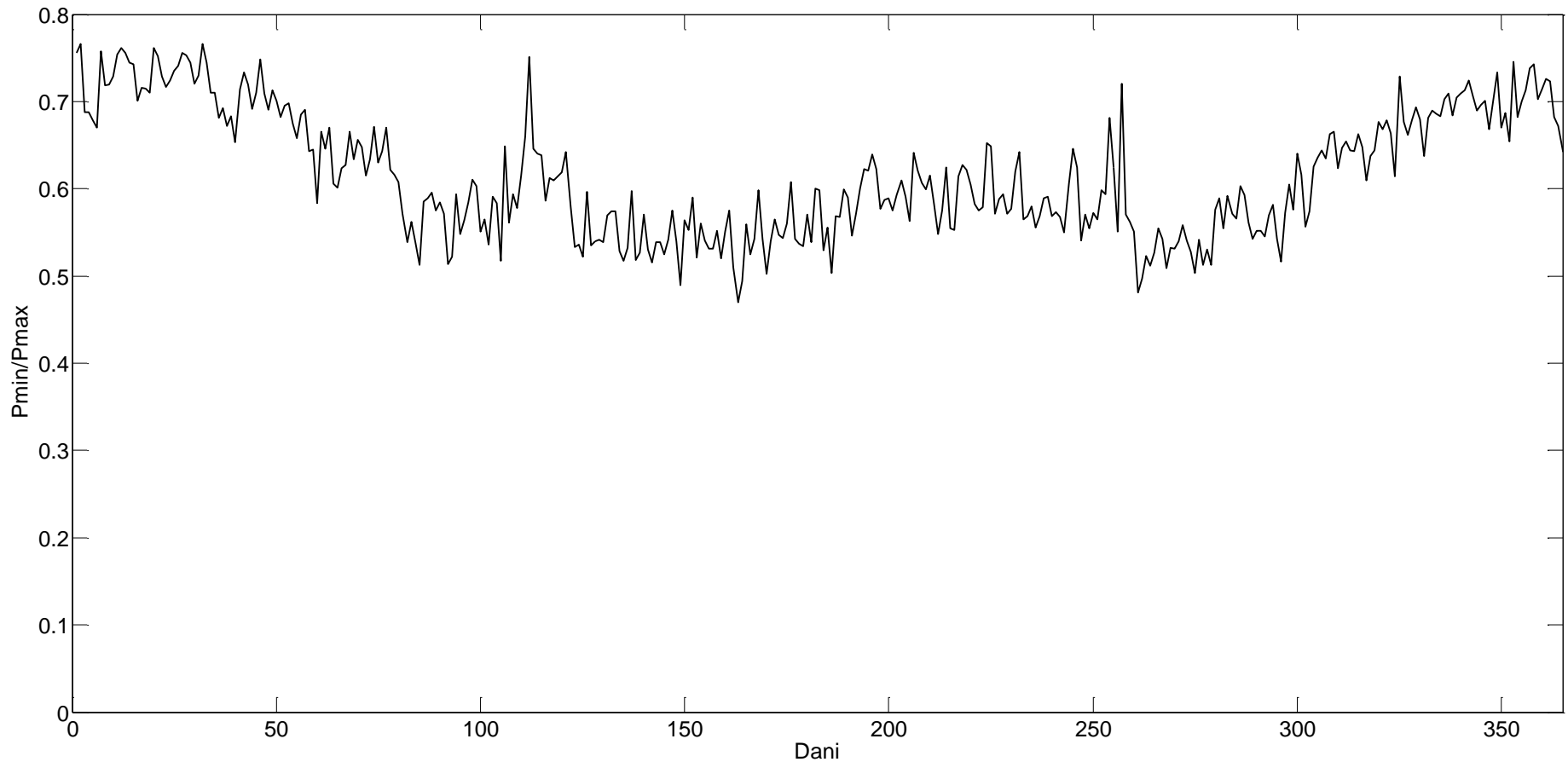
Dijagrami potrošnje

- Kriva dnevnih maksimuma i minimuma potrošnje Srbije za 2017. godinu



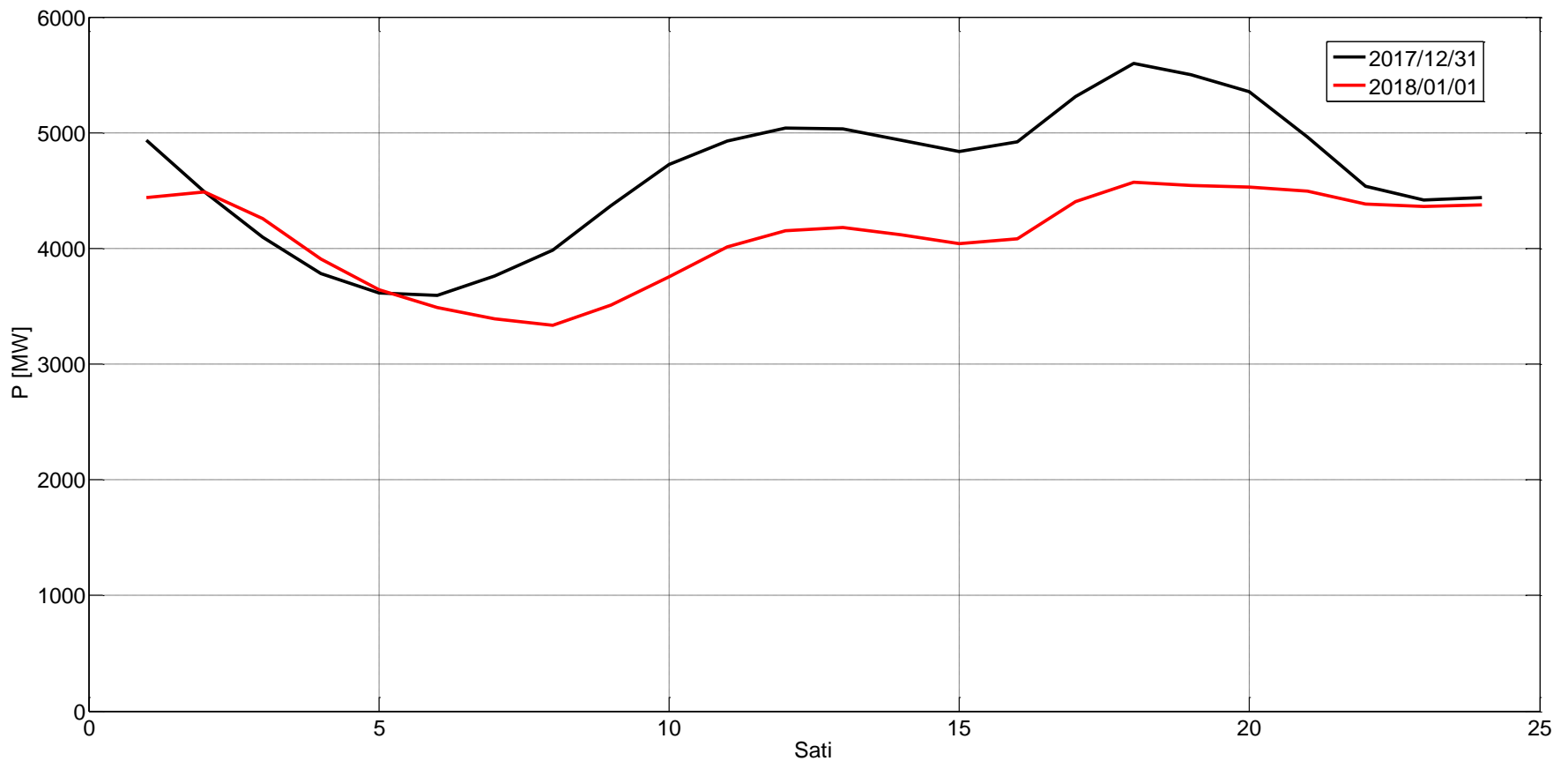
Dijagrami potrošnje

- Odnos dnevnih maksimuma i minimuma potrošnje Srbije za 2017. godinu



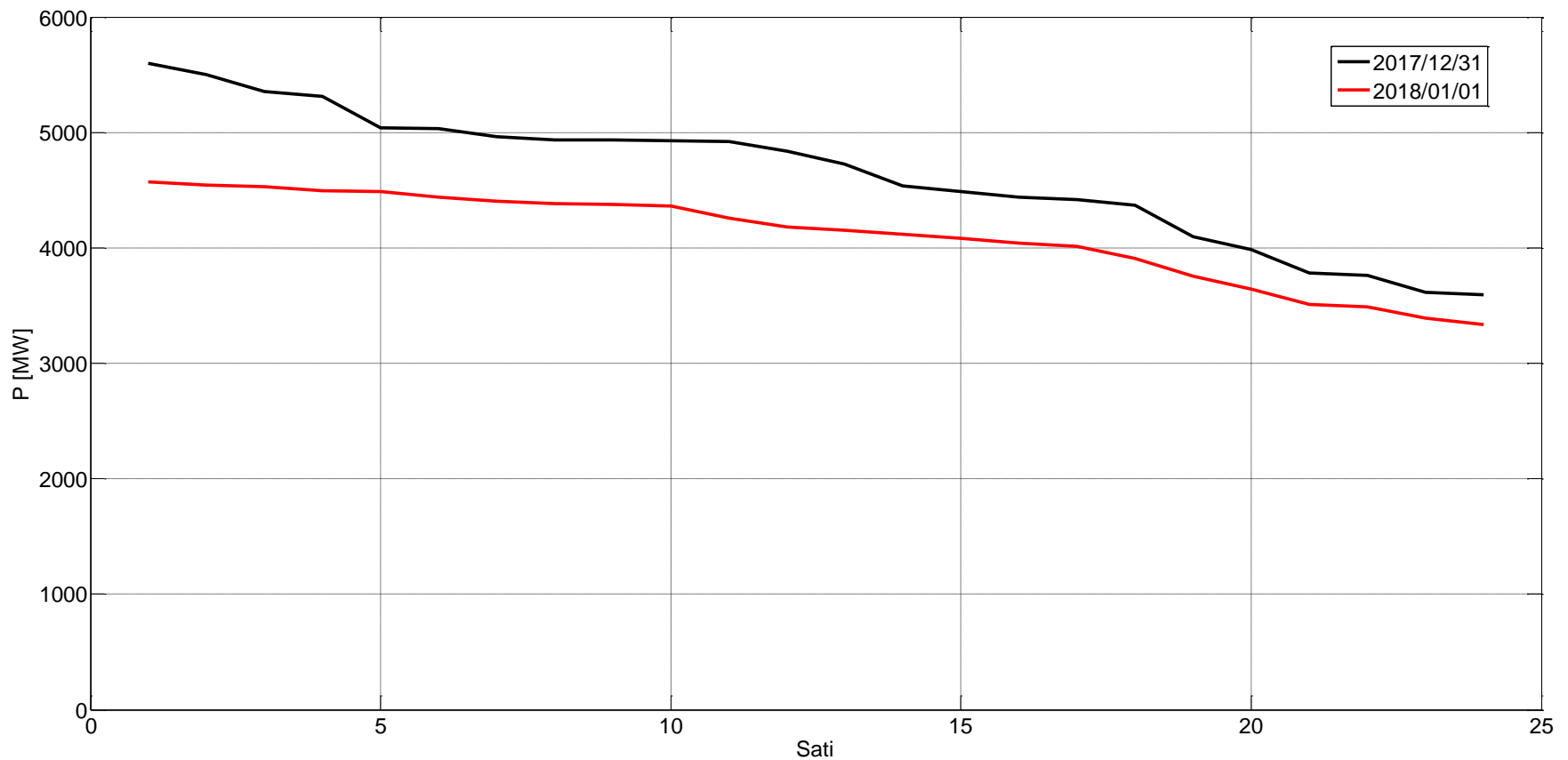
Dijagrami potrošnje

- Dijagram dnevne potrošnje dva susedna dana (31.12.2017 i 1.1.2018)

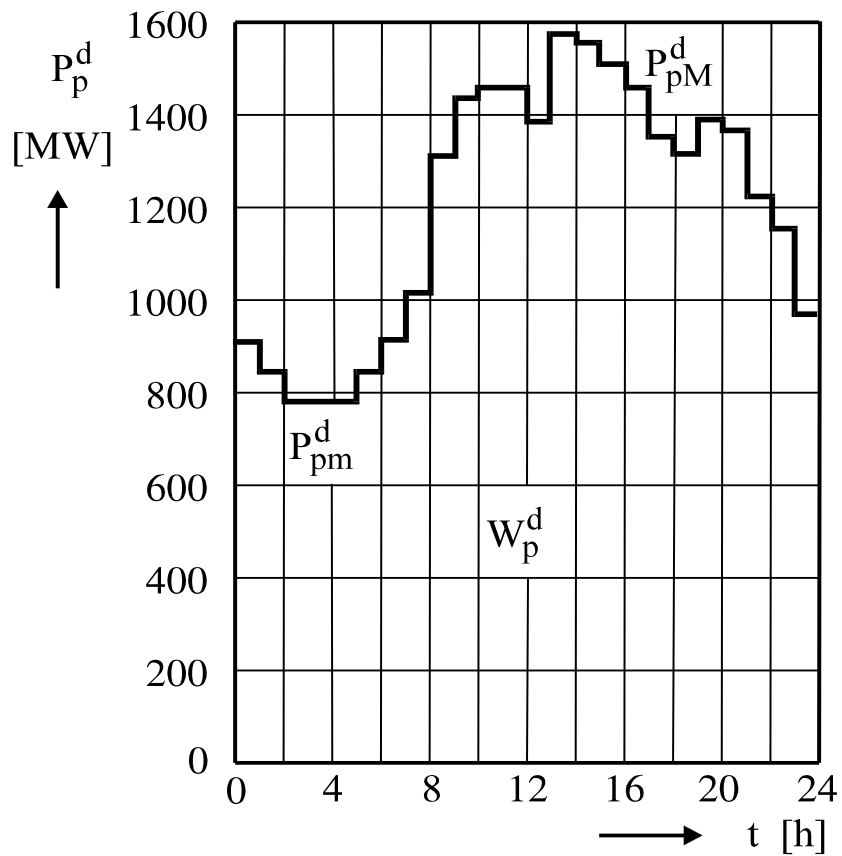


Dijagrami potrošnje

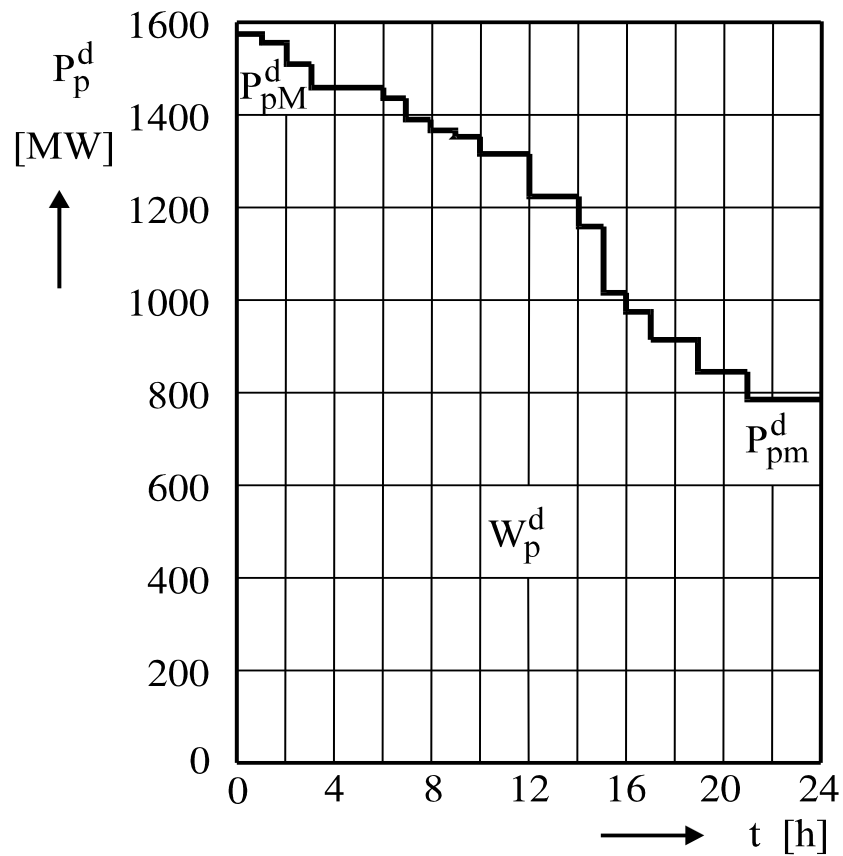
- Dijagram trajanja potrošnje dva susedna dana (31.12.2017 i 1.1.2018)



Dnevni dijagram i kriva trajanja opterećenja



a. Hronološki dnevni dijagram



b. Kriva trajanja

Apsolutni i relativni pokazatelji

- Apsolutni pokazatelji:

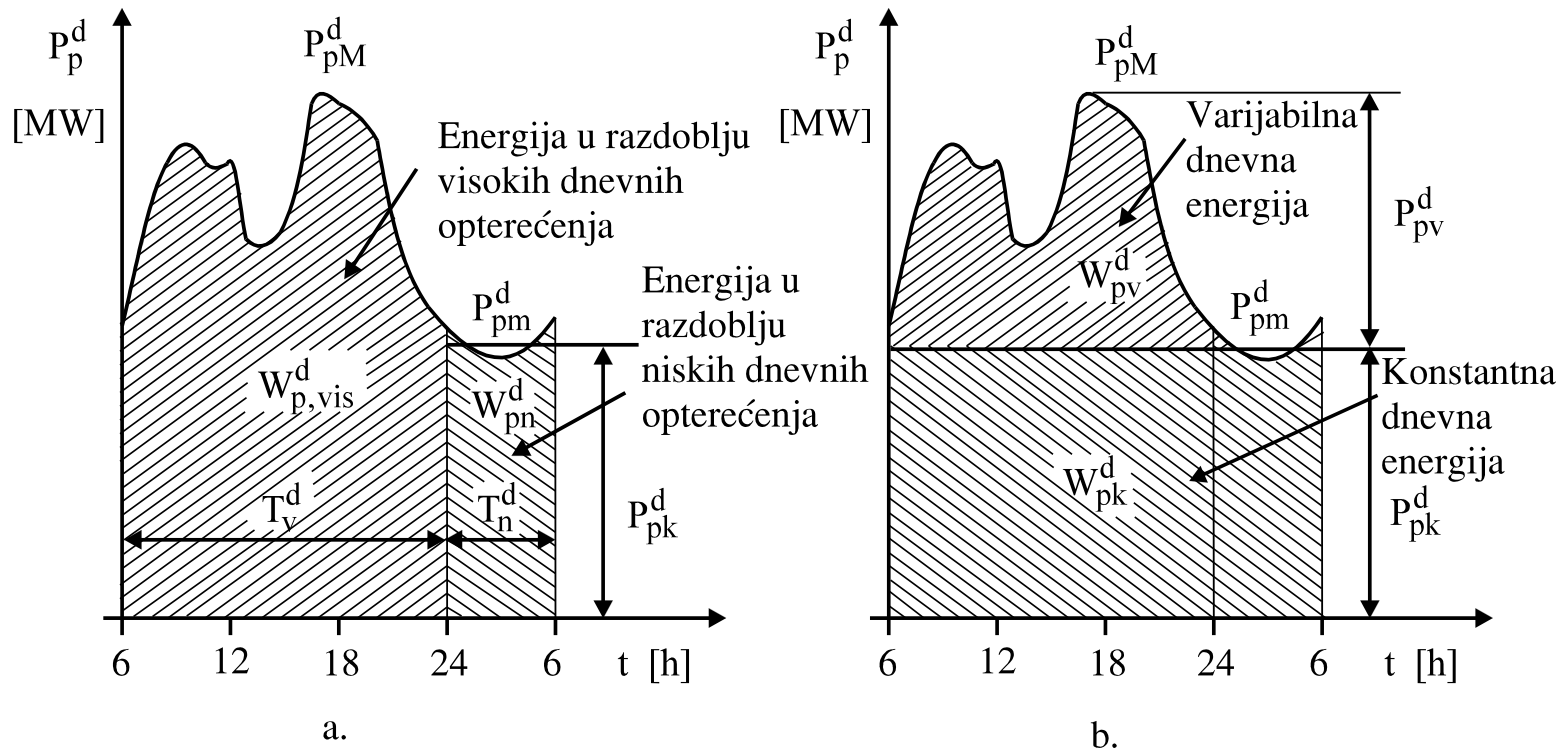
- Maksimalno dnevno opterećenje: P_{pM}^d
- Minimalno dnevno opterećenje: P_{pm}^d
- Ukupna dnevna potrošnja energije: W_p^d

- Relativni pokazatelji:

- Faktor dnevnog opterećenja: $m^d = W_p^d / 24P_{pM}^d$;
- Srednje dnevno opterećenje: $P_{psr}^d = W_p^d / 24$;
- Vreme iskorišćenja maksimalne snage: $T_M^d = W_p^d / P_{pM}^d$;
- Odnos dnevnog minimuma i maksimuma: $m_0^d = P_{pm}^d / P_{pM}^d$

Podela dnevnog dijagrama opterećenja

- Dnevni dijagram opterećenja može se podeliti na dva načina:
 - po trajanju opterećenja;
 - po tipu opterećenja.



Karakteristične veličine dijagrama opterećenja

- Sa dijagrama se mogu uočiti sledeće veličine:

– Vreme trajanja visokih opterećenja: T_v^d

– Vreme trajanja niskih opterećenja: T_n^d $T_n^d = T^d - T_v^d$

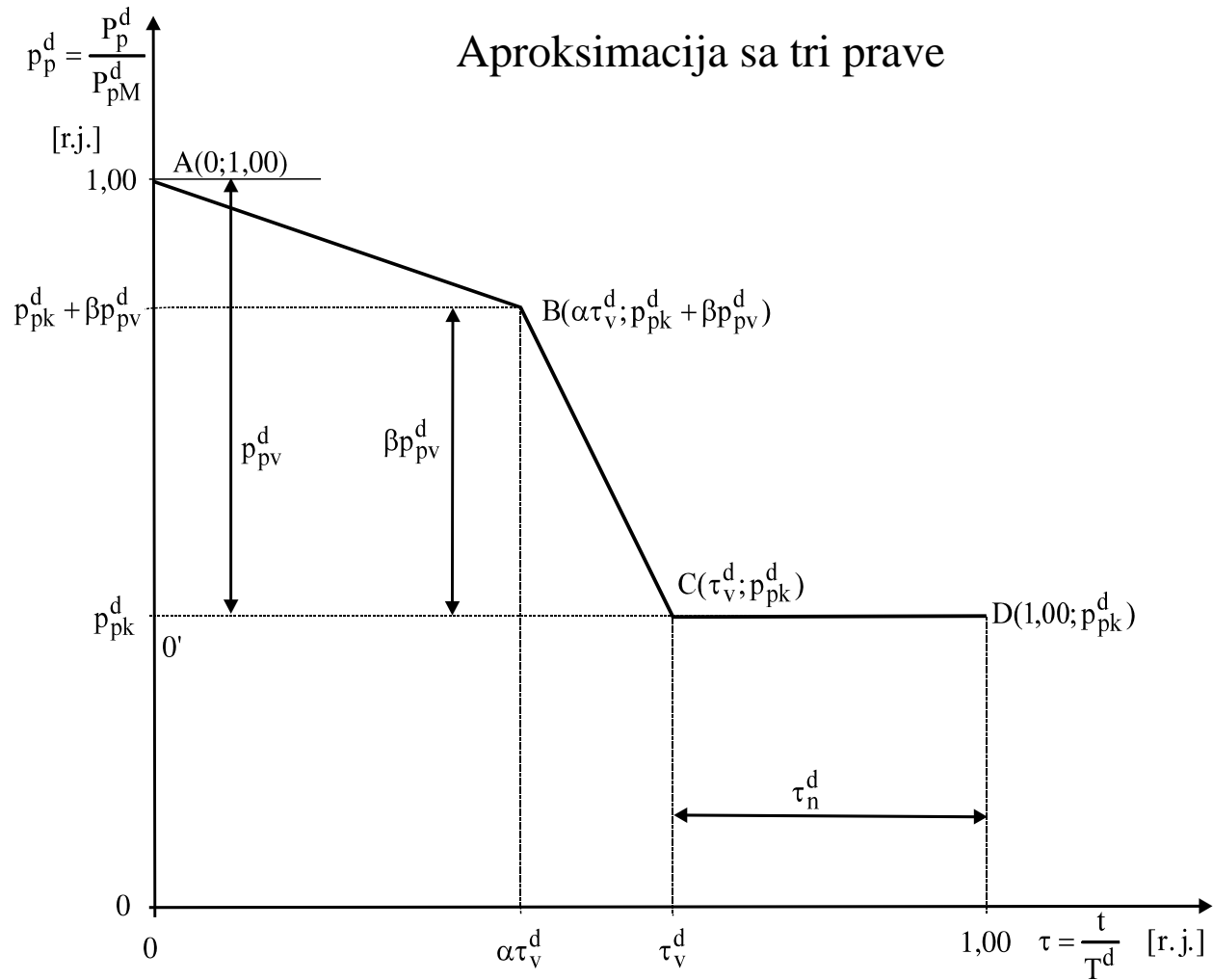
– Konstantna snaga: $P_{pk}^d = \frac{W_p^d - W_{p,vis}^d}{T_n^d}$

– Konstantna energija: $W_{pk}^d = 24P_{pk}^d$

– Varijabilna snaga: $P_{pv}^d = P_{pM}^d - P_{pk}^d$

– Varijabilna energija: $W_{pv}^d = W_p^d - W_{pk}^d$

Aproksimacija krive trajanja opterećenja



Aproksimacija krive trajanja opterećenja

- Za veličine sa slike važi:

$$w_{pv}^d = \frac{W_{pv}^d}{P_{pM}^d T^d} = \frac{1}{2} \left[\alpha \tau_v^d p_{pv}^d (1 + \beta) + \beta \tau_v^d p_{pv}^d (1 - \alpha) \right] = \frac{1}{2} \tau_v^d p_{pv}^d (\alpha + \beta)$$

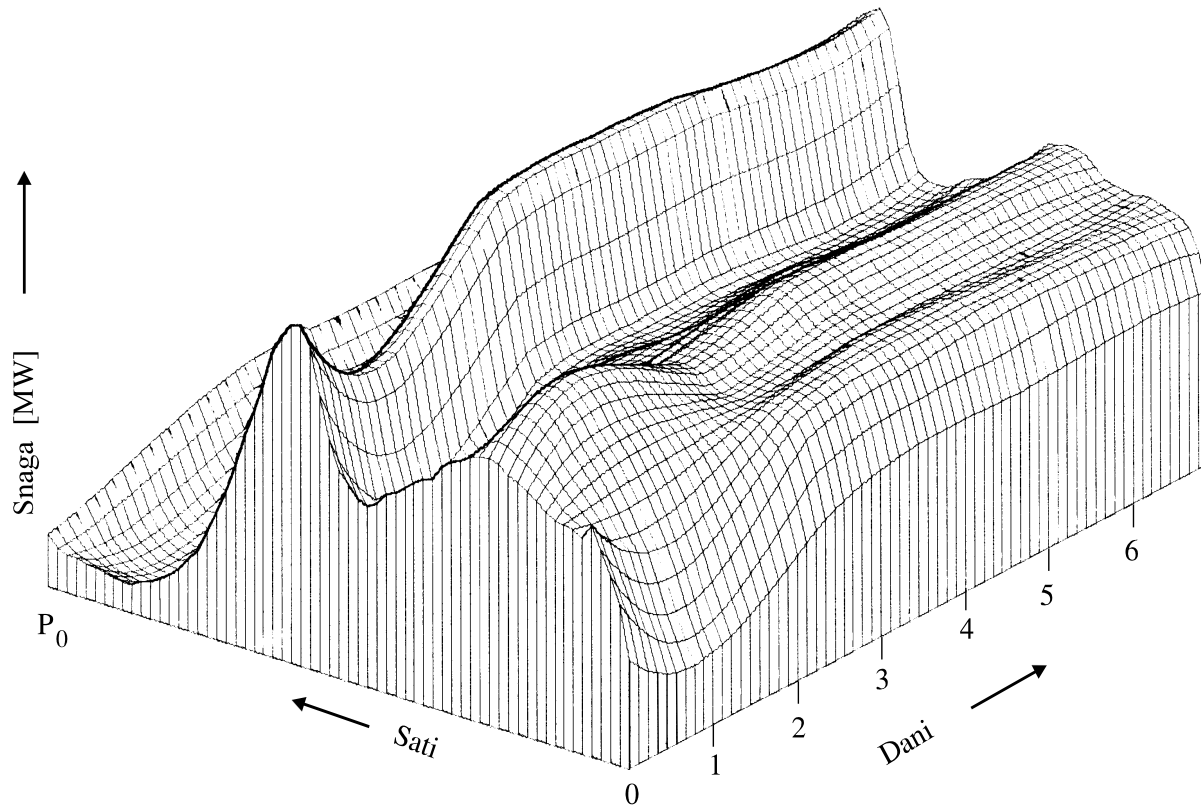
$$\alpha + \beta = \frac{2w_{pv}^d}{\tau_v^d p_{pv}^d} = \frac{2W_{pv}^d T^d}{P_{pv}^d T_v^d}$$

- Aproksimacija krive trajanja opterećenja može se uraditi i preko polinoma

$$p_p^d(\tau) = \sum_{k=0}^n a_k \tau^k$$

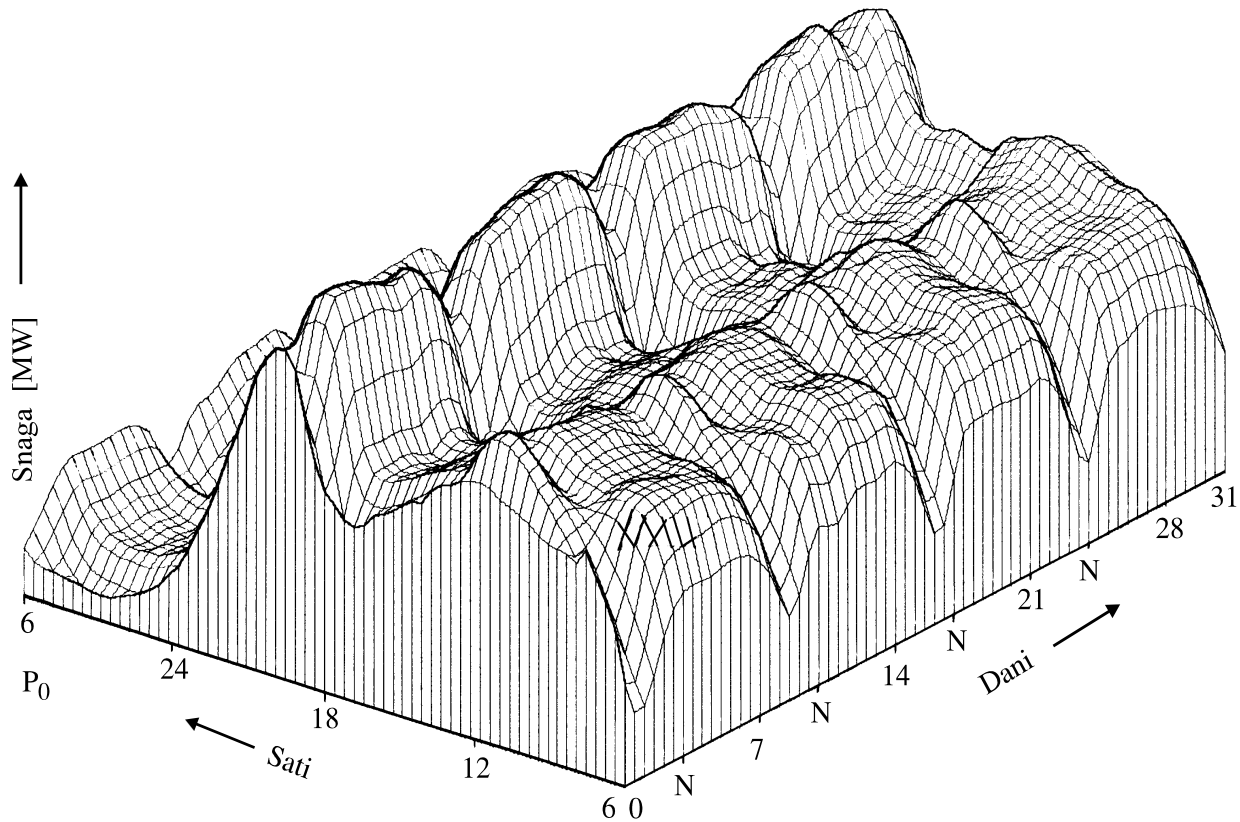
Načini prikazivanja dijagrama opterećenja

- Trodimenzioni dijagram opterećenja nekog potrošačkog područja za sedmični period



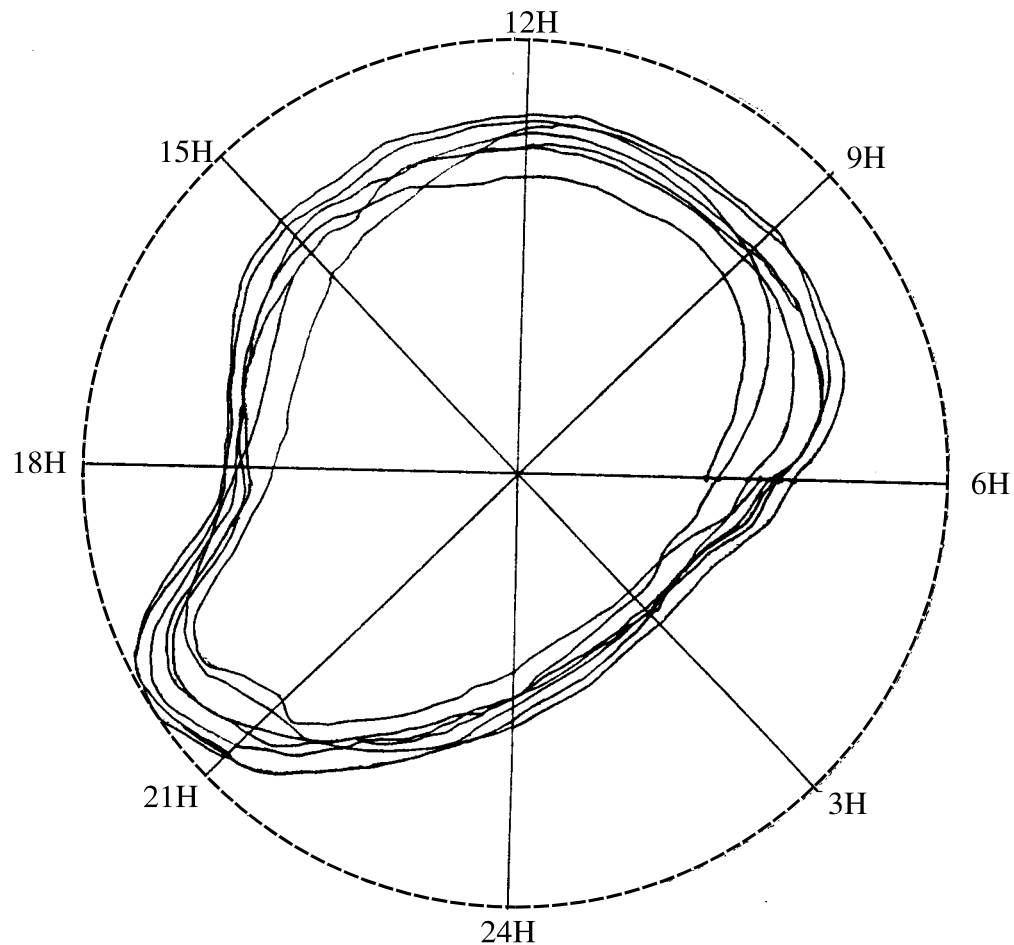
Načini prikazivanja dijagrama opterećenja

- Trodimenzioni dijagram opterećenja nekog potrošačkog područja za mesečni period



Načini prikazivanja dijagrama opterećenja

- Sedmični polarni dijagram opterećenja jednog potrošačkog područja



Prognoza potrošnje

- Primena prognoze potrošnje:
 - Angažovanje agregata
 - Sigurnost elektroenergetskih sistema
 - Određivanje rezervi u elektroenergetskim sistemima
 - Rad tržišta
- Faktori koji utiču na nivo potrošnje
 - Ekonomski faktori
 - Vremenski faktori
 - Klimatski faktori
 - Slučajni poremećaji
 - Cenovni faktori
 - Ostali faktori

Prognoza potrošnje

- Vremenska podela prognoze:
 - Dugoročna prognoza (od jedne godine do 30 godina)
 - Srednjoročna prognoza (od jednog meseca do 3 godine)
 - Kratkoročna prognoza (od nekoliko minuta do 2 nedelje)
- Podela prognoze prema prognoziranim veličinama:
 - Prognoza vršne snage (bazna + sezonske varijacije)
 - Prognoza satnih opterećenja (zavisi od trenutka za koji se prognoza vrši)

Prognoza potrošnje

- Tipovi algoritama:
 - Prema satu u danu (na osnovu vremenskih serija za svaki sat - ne postoji zavisnost od klimatskih faktora)
 - Dinamički modeli
- Dinamički modeli:
 - U prostoru stanja
 - Regresione metode (ARMA - Autoregressive Moving Average)

Prognoza mesečne krive trajanja opterećenja

- Prognozirana vrednost potrošnje energije u i -tom mesecu (sedmici) j -te godine

$$W_p^{i,j} = W_{p0}^{i,j} + S_p^{i,j} + H_p^{i,j} + \varepsilon^{i,j}$$

- Osnovna prognoza potrošnje energije u i -tom mesecu (sedmici) j -te godine

$$W_{p0}^{i,j}$$

- Korekcija osnovne prognoze potrošnje energije usled sezonskih faktora

$$S_p^{i,j}$$

- Korekcija osnovne prognoze potrošnje energije zbog uticaja praznika i neradnih dana

$$H_p^{i,j}$$

- Rezidualna greška prognoze potrošnje

$$\varepsilon^{i,j}$$

Prognoza k-tog satnog opterećenja u d-tom danu

- Prognozirana vrednost satnog opterećenja je

$$P_p^{k,d} = P_{p0}^{k,d} + V_p^{k,d} + D_p^{k,d} + \varepsilon^{k,d}$$

- Osnovno opterećenje u satu $k = 1, 2, \dots, 24$, dana $d = 1, 2, \dots, 7$

$$P_{p0}^{k,d}$$

- Korekcija usled promenljivih meteoroloških uslova, zbog varijacije temperature (θ), vlažnosti vazduha (h), osvetljaja (ili oblačnosti l) i efekta rashlađivanja usled vetra (c)

$$V_p^{k,d}$$

- Korekcija usled efekta dana u sedmici ($d = 1$ označava ponedeljak, $d = 2$ utorak, itd.)

$$D_p^{k,d}$$

- Rezidualna greška prognoze potrošnje $\varepsilon^{k,d}$

Osnovne energetske i eksploatacione karakteristike elektrana

- Osnovna karakteristika svake elektrane je njena **instalirana snaga** S_{Ei} , koja se dobija kao aritmetički zbir naznačenih prividnih snaga sa natpisnih pločica generatora S_{gn} u [MVA], ili nazivnih snaga primarnih pogonskih mašina P_{gn} u [MW].
- Instalirana snaga je znači istovremeno i nazivna ili nominalna snaga elektrane.

Osnovne energetske i eksploatacione karakteristike elektrana

- **Maksimalna snaga** elektrane je ona najveća snaga ($P_{EM} \leq P_{Ei}$) koju elektrana kao celina može dati, uz pretpostavku da su svi delovi elektrane sposobni za pogon.
- Za hidroelektranu se pri tome pretpostavlja da su protok i pad optimalni.
- Za termoelektranu na paru da na raspolaganju stoji dovoljna količina goriva propisanog kvaliteta i zahtevana količina vode normalne temperature i čistoće za potrebe napajanja generatora pare i hlađenja kondenzata.
- Pri određivanju maksimalne snage ne postavlja se zahtev za postizanje optimalnog stepena iskorišćenja, ali se uzimaju obzir uticaji svih delova postrojenja elektrane (dimenzije dovodnih i odvodnih organa hidroelektrana, kapacitet dopreme uglja, stanje kotlova, kapaciteti sistema za otpremu šljake i pepela, dovoda vode itd. kod termoelektrana na paru, odnosno vrsta i kvalitet goriva i ambijenti uslovi u slučaju gasno-turbinskih termoelektrana).

Osnovne energetske i eksploatacione karakteristike elektrana

- **Raspoloživa snaga** je najveća snaga koju elektrana može proizvesti u nekom momentu, uvažavajući stvarno stanje pomoćnih pogona u elektrani i spoljne uslove, uz pretpostavku da nema ograničenja zbog zahtevane proizvodnje reaktivne snage.
- Pri određivanju raspoložive snage hidroelektrana, potrebno je da se uzmu u obzir raspoloživi dotok i pad,
- U slučaju termoelektrana na paru u obzir se uzima kvalitet goriva, kao i količina i temperatura vode za napajanje generatora pare i hlađenje kondenzata termoelektrana na paru,
- Kod gasnoturbinskih termoelektrana u obzir se uzima vrsta i kvalitet goriva, nadmorska visina i temperatura okolnog vazduha.

Osnovne energetske i eksploatacione karakteristike elektrana

- **Sopstvena potrošnja** je snaga koja je potrebna za rad pomoćnih pogona elektrane: pumpi, ventilatora, mlinova, dopreme uglja, otpreme šljake i pepela kod termoelektrana na paru, kompresora i ventilatora kod gasnoturbinskih termoelektrana, a pumpi i ventilatora kod hidroelektrana.
- Znatno je veća kod termoelektrana na paru (6-12 % od nazivne snage), nego kod hidroelektrana i gasnoturbinskih termoelektrana (0,5-2 %).
- Hidroelektrane imaju još jednu karakterističnu veličinu koja na neki način dopunjuje pojam instalisane snage. To je **veličina izgradnje**, odnosno maksimalni protok u $[m^3/s]$ koji elektrana može iskoristiti (bez obzira na stepen korisnog dejstva), uzimajući u obzir stanje svih delova postrojenja.
- **Moguća godišnja proizvodnja** elektrane je više karakterističan pokazatelj hidroelektrana (jer se one dimenzionišu na energiju), nego za termoelektrane (koje se dimenzionišu na snagu) i određuje se različito za svaku od karakterističnih grupa elektrana

Hidroelektrane

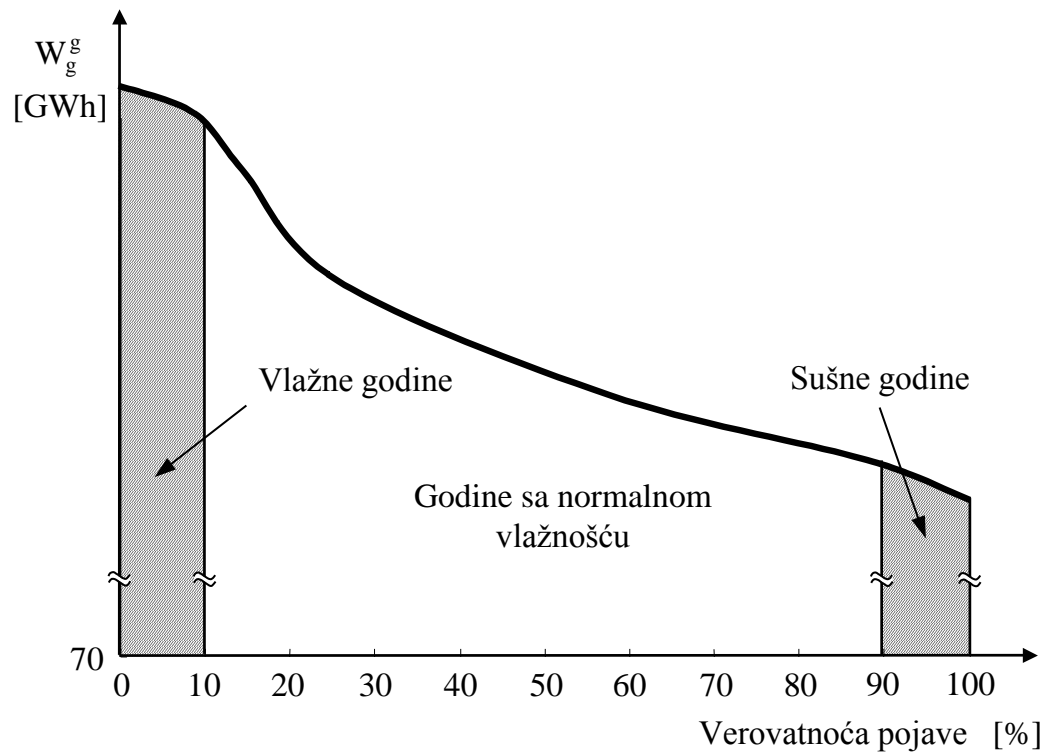
- Hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode pretvara prvo u mehaničku (preko hidrauličkih turbina), a potom u električnu energiju (posredstvom električnih generatora).
- Energetske karakteristike svake hidroelektrane zavise od vodotoka na kome se ona gradi, odnosno od protoka, ukupne količine raspoložive vode (i njene raspodele tokom godine) i pada.
- Ni protok, ni količina vode, ni pad ne mogu se po volji birati, jer su to inherentne karakteristike svakog rečnog toka i položaja elektrane.
- Konstrukcionim merama mogu se poboljšati uslovi za korišćenje prirodnog vodnog potencijala, u prvom redu pregrađivanjem vodnog toka branom i formiranjem akumulacionih jezera.
- Na taj način podiže se nivo vode i iskoristivi (prirodni) pad koncentriše se na znatno kraću deonicu rečnog toka, uz istovremeno smanjenje gubitaka pada.

Hidroelektrane

- Hidroelektrane se u energetske pogledu karakterišu sa mogućom proizvodnjom, koja se obično izražava kao srednja godišnja proizvodnja u [GWh] i dobija kao aritmetička sredina mogućih godišnjih proizvodnji u posmatranom dužem nizu godina za koje se raspolaže sa podacima o ostvarenim dotocima.
- Pod pojmom "moguća proizvodnja" podrazumeva se maksimalna proizvodnja koja bi se mogla ostvariti korišćenjem najveće količine raspoložive vode pod najpovoljnijim uslovima, uzimajući u obzir veličinu izgradnje svake od hidroelektrana.

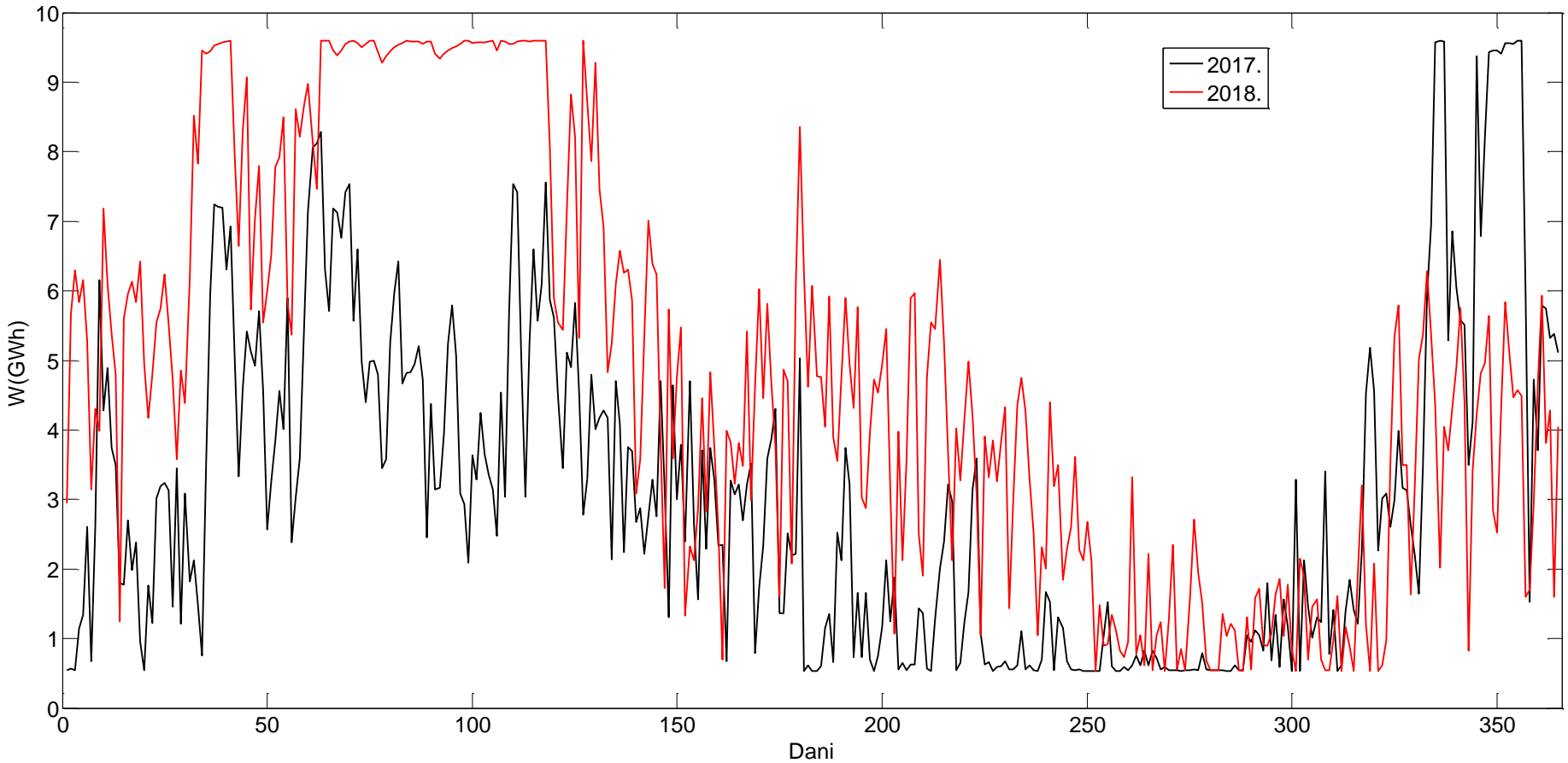
Hidroelektrane

- Na slici je datas kriva trajanja godišnje proizvodnje hidroelektrane
- Kriva je dobijena na osnovu statističke obrade podataka o godišnjim proizvodnjama HE.



Hidroelektrane

- **Proizvodnja HE Bajina Bašta 2017. (sušna) i 2018. (vlažna).**



Hidroelektrane

- Elementi koji utiču na proizvodnju hidroelektrane:
 - Kaskadna veza hidroelektrana (u slivu)
 - Zahtevi sopstvene akumulacije
 - Zahtevi uzvodnih i nizvodnih akumulacija
 - Ograničenja usled plovidbenog zahteva
 - Ograničenja usled navodnjavanja
 - Gubici vode na poniranje
 - Gubici vode usled isparavanja
- Broj časova godišnje proizvodnje
 - 3000 – 5000 h protočna hidroelektrana
 - 1000 h akumulaciona hidroelektrana

Hidroelektrane

- Hidroelektrane su okarakterisane sa **veličinom akumulacionog bazena**, gde treba razlikovati ukupnu (ili geometrijsku) i korisnu zapreminu bazena koje se obično daju u [10^6 m^3].
- **Ukupna zapremina bazena** V_u je količina vode koja se može smestiti između dna i najvišeg nivoa vode u normalnom pogonu.
- **Korisna zapremina** V_k odgovara iskoristivoj količini te vode, između najvišeg i najnižeg radnog nivoa akumulacije, dok je mrtvi prostor $V_u - V_k$, neiskoristivi deo ukupne zapremine akumulacije.
- **Relativna vrednost korisne zapremine** akumulacionog bazena je odnos korisne zapremine i ukupne količine vode koja tokom godine, sedmice ili dana dotekne u bazen.

Hidroelektrane

- Korisna zapremina karakteriše se energetsom vrednošću akumulacionog bazena.
- To je količina električne energije koja bi se sa raspoloživom vodom mogla proizvesti u sopstvenoj i svim nizvodnim hidroelektranama, za slučaj kompletnog pražnjenja korisne zapremine akumulacije, kada u tom procesu ne bi bilo dotoka vode u bazen i gubitaka vode.
- Prema kriterijumu nekadašnje Jugoslovenske elektroprivrede, klasifikacija konvencionalnih hidroelektrana vrši se na osnovu veličine vremena pražnjenja akumulacije.
- To je ono vreme u [h] potrebno da se isprazni korisna akumulacija sa instalisanim protokom hidroelektrane, uz pretpostavku da u tom periodu nema dotoka u rezervoar, ni gubitaka vode usled poniranja, isparavanja i preliva.

Hidroelektrane

- Vreme pražnjenja se računa prema formuli:

$$T_{pr} = \frac{V_k}{3600 Q_i} [h],$$

- Klasifikacija HE na osnovu vremena pražnjenja je:

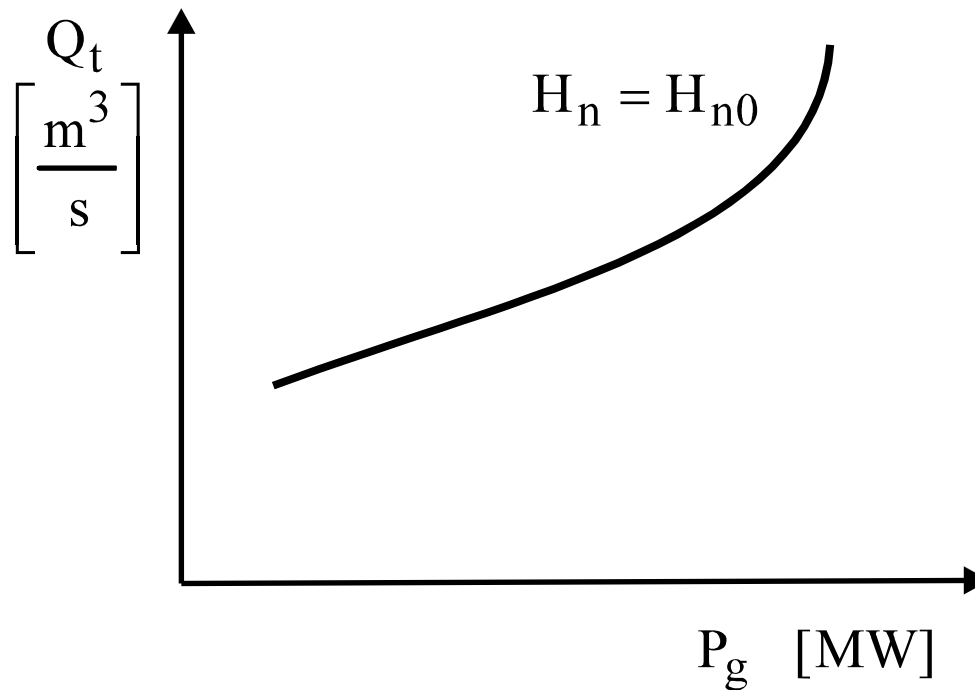
$0 \leq T_{pr} \leq 2h$ - protočna hidroelektrana

$2h \leq T_{pr} \leq 400h$ - hidroelektrana sa dnevnom i sedmičnom akumulacijom

$T_{pr} > 400h$ - hidroelektrana sa sezonskom (odnosno višegodišnjom) akumulacijom

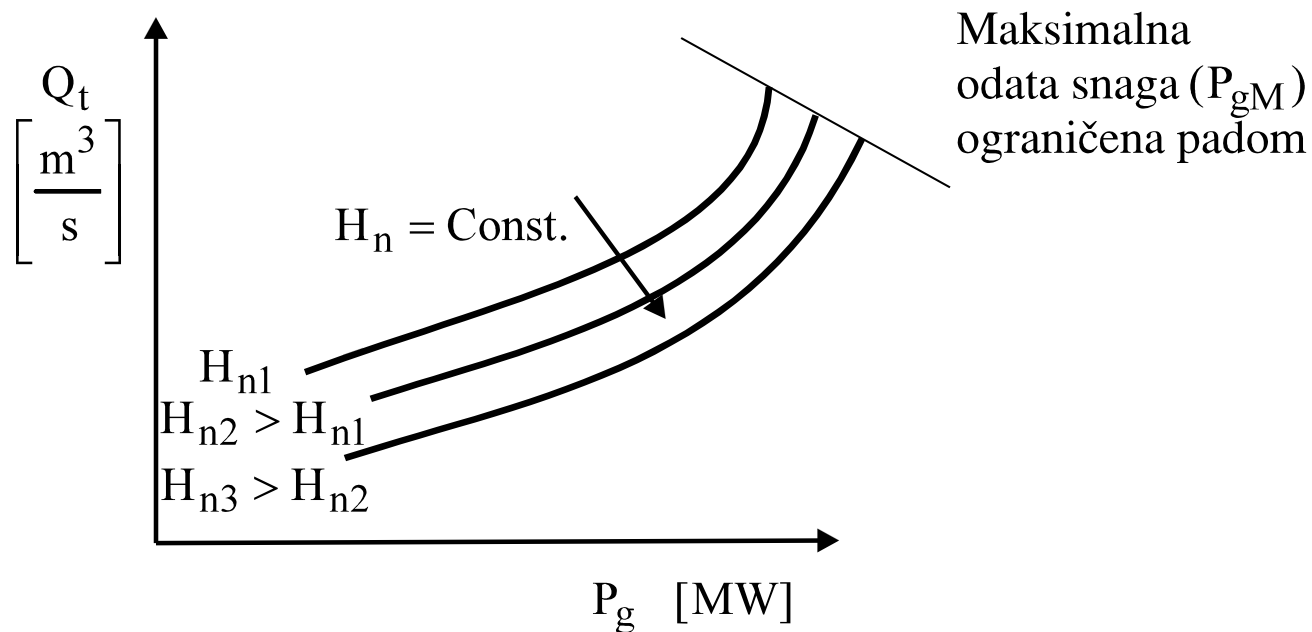
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Ulazno-izlazna (ili osnovna energetska) karakteristika hidroagregata, za određeni (konstantan) neto pad. Q_t je protok kroz turbinu.



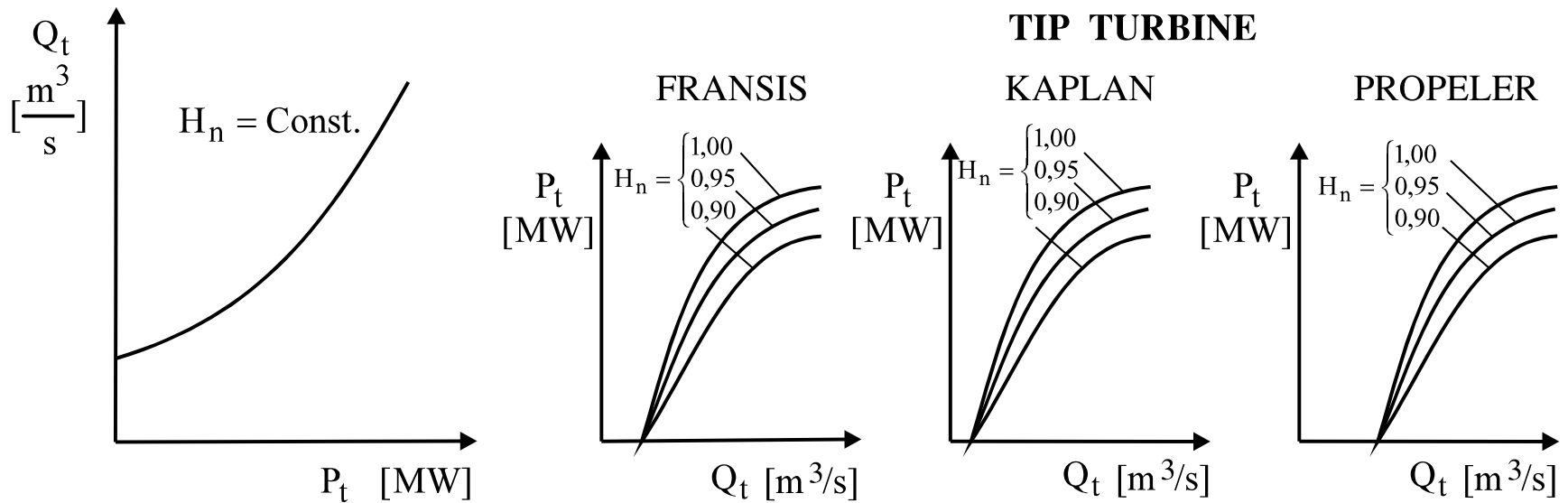
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Osnovna energetska karakteristika hidroagregata sa promenljivim padom



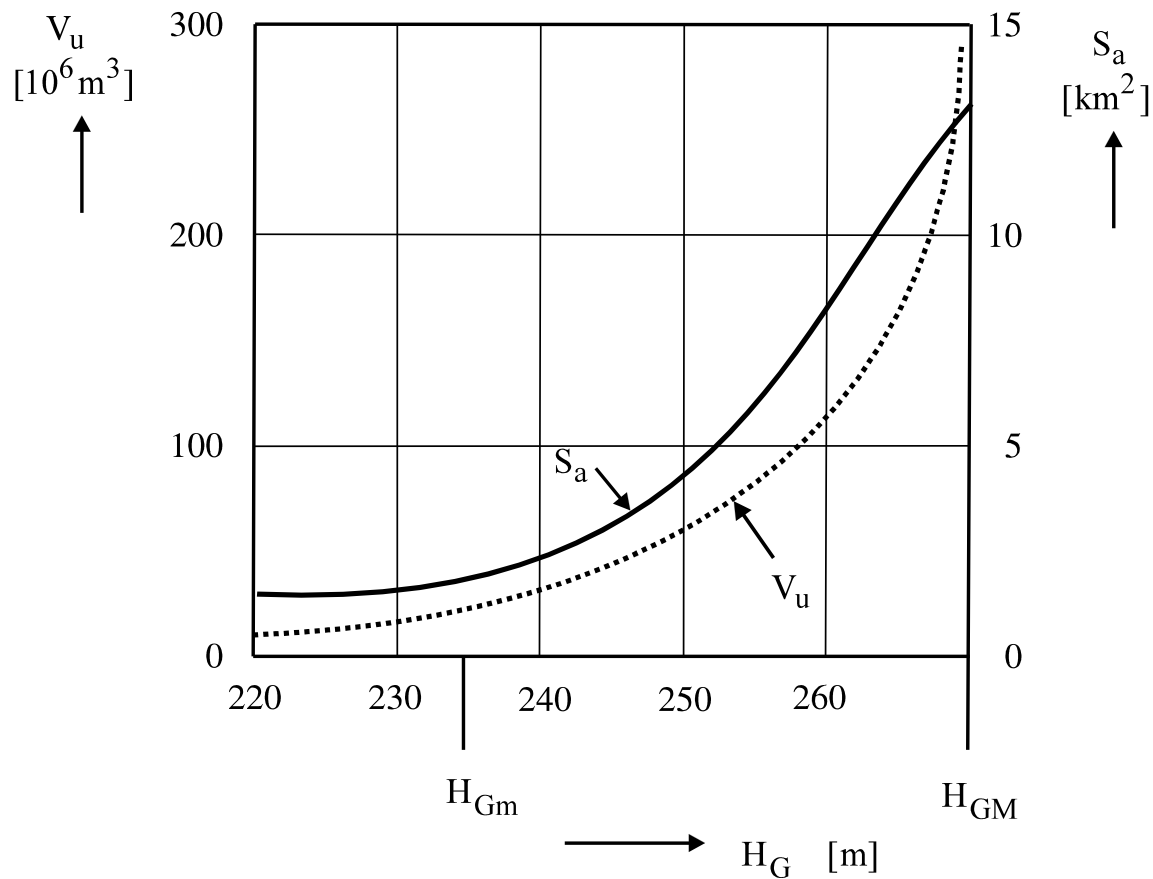
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Ulazno-izlazne karakteristika raznih tipova hidrauličkih turbina



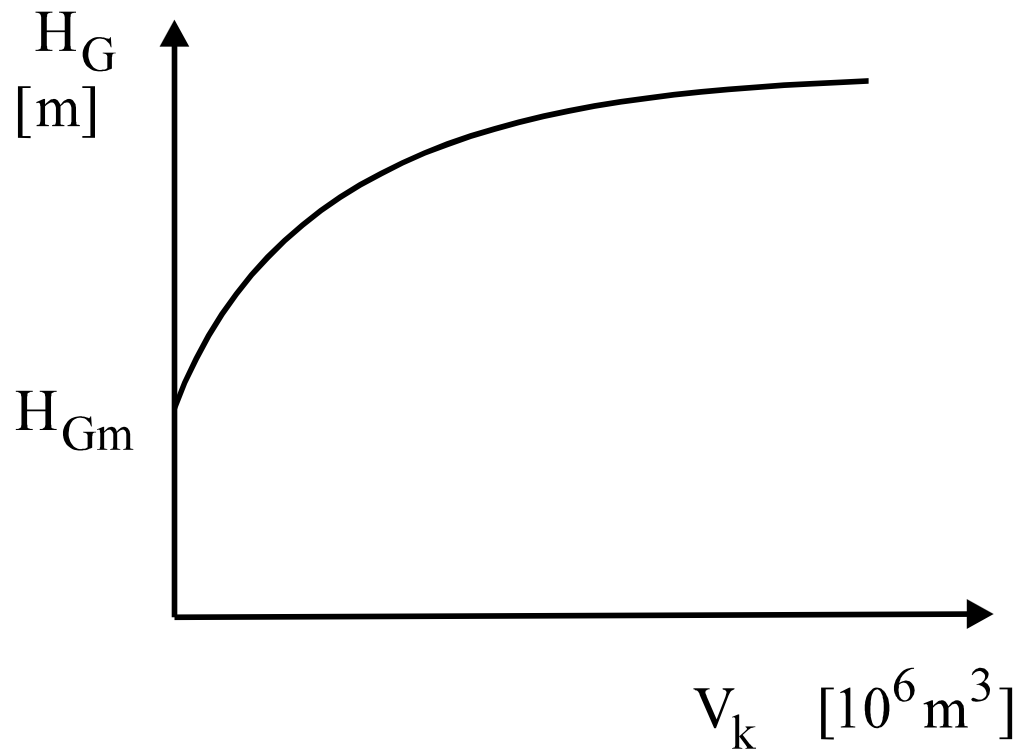
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Krive površine i ukupne zapremine velike akumulacije (Jablanica) u funkciji od kote gornje vode (H_G)



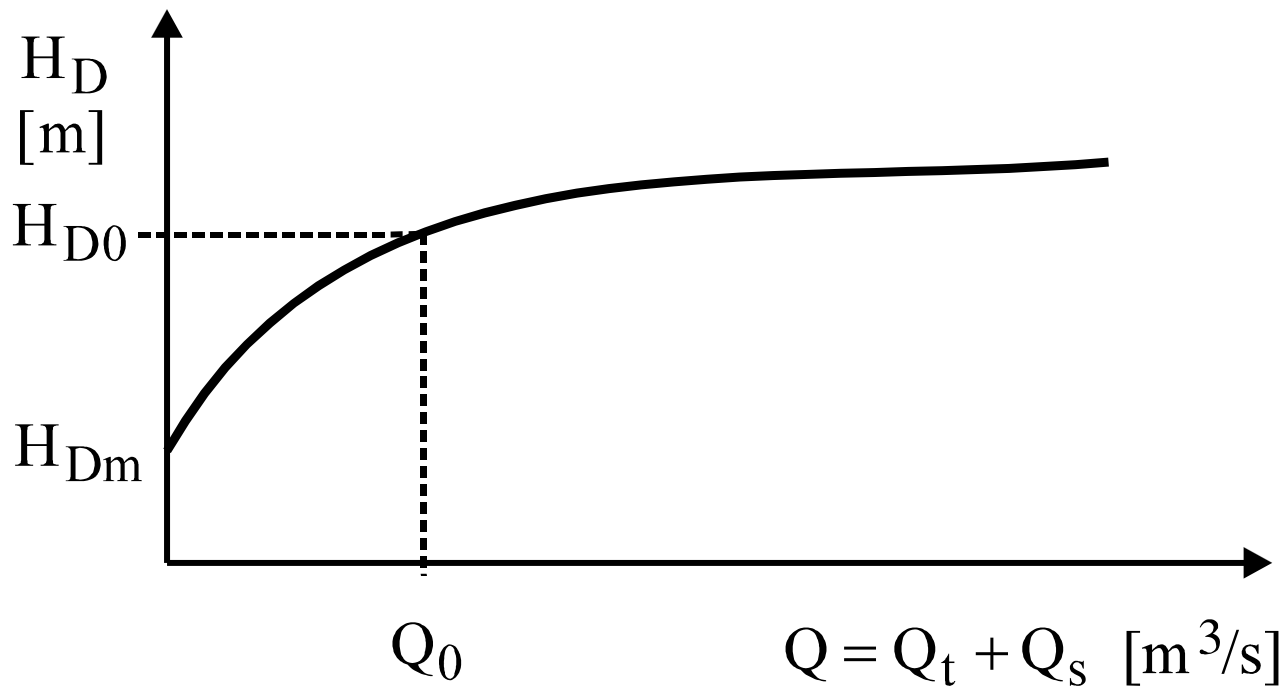
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Opšti oblik krive $H_G(V_k)$



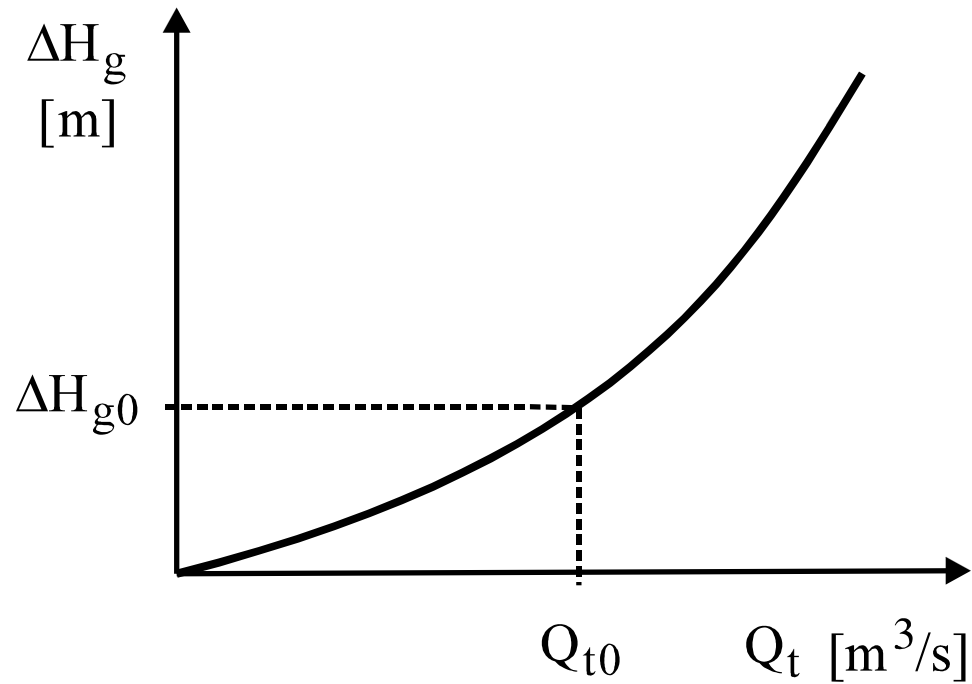
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Opšti oblik krive $H_D(Q)$. H_D je donja voda, a Q_S preliv.



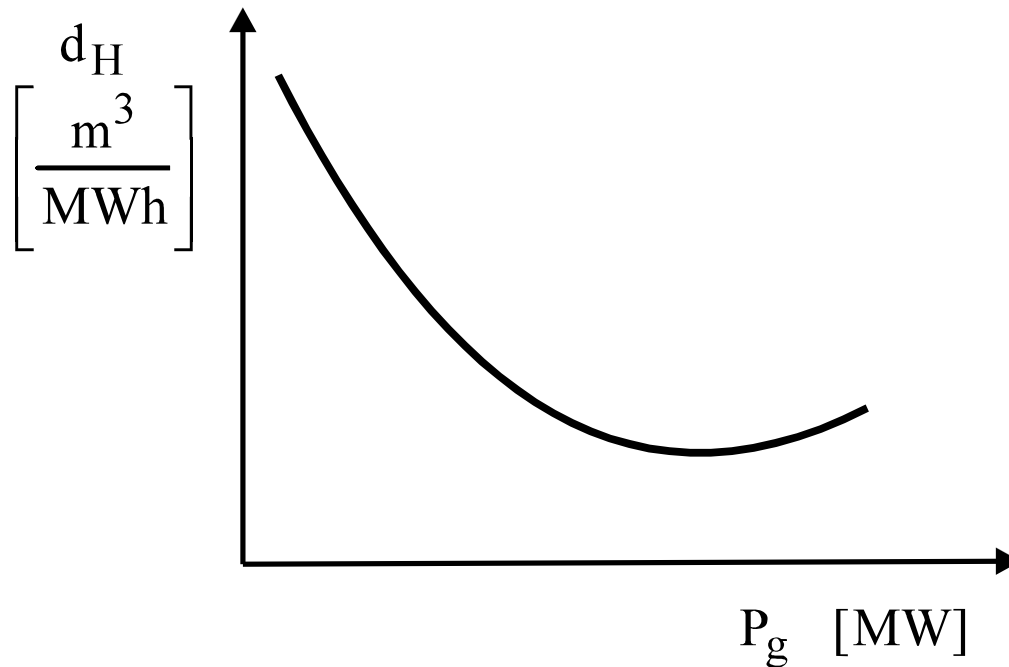
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Tipična karakteristika gubitka pada hidroelektrane u zavisnosti od protoka kroz turbine



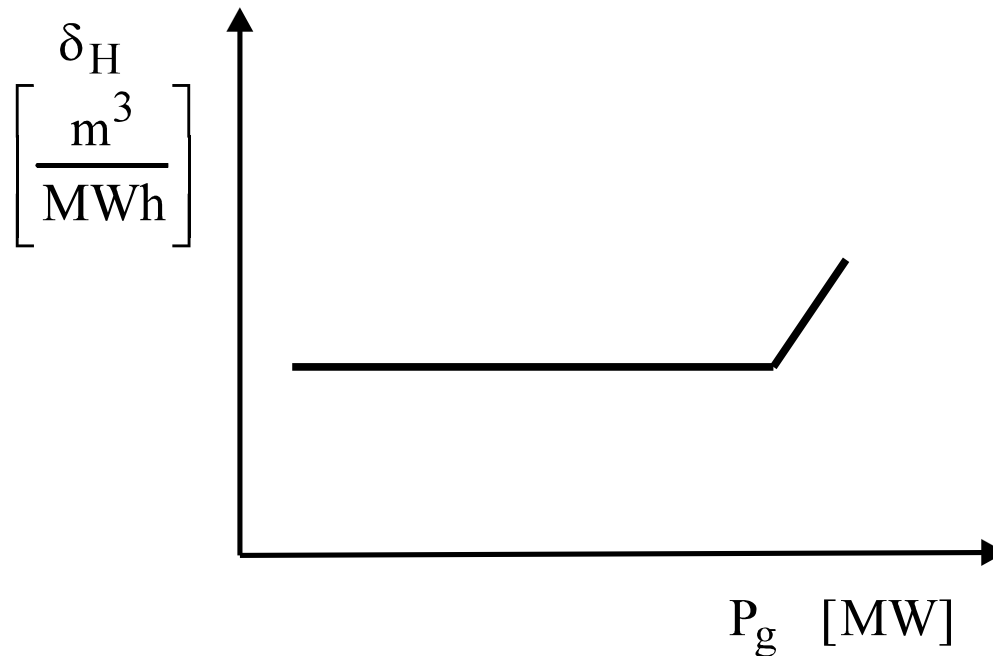
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Karakteristika specifične potrošnje vode hidroagregata



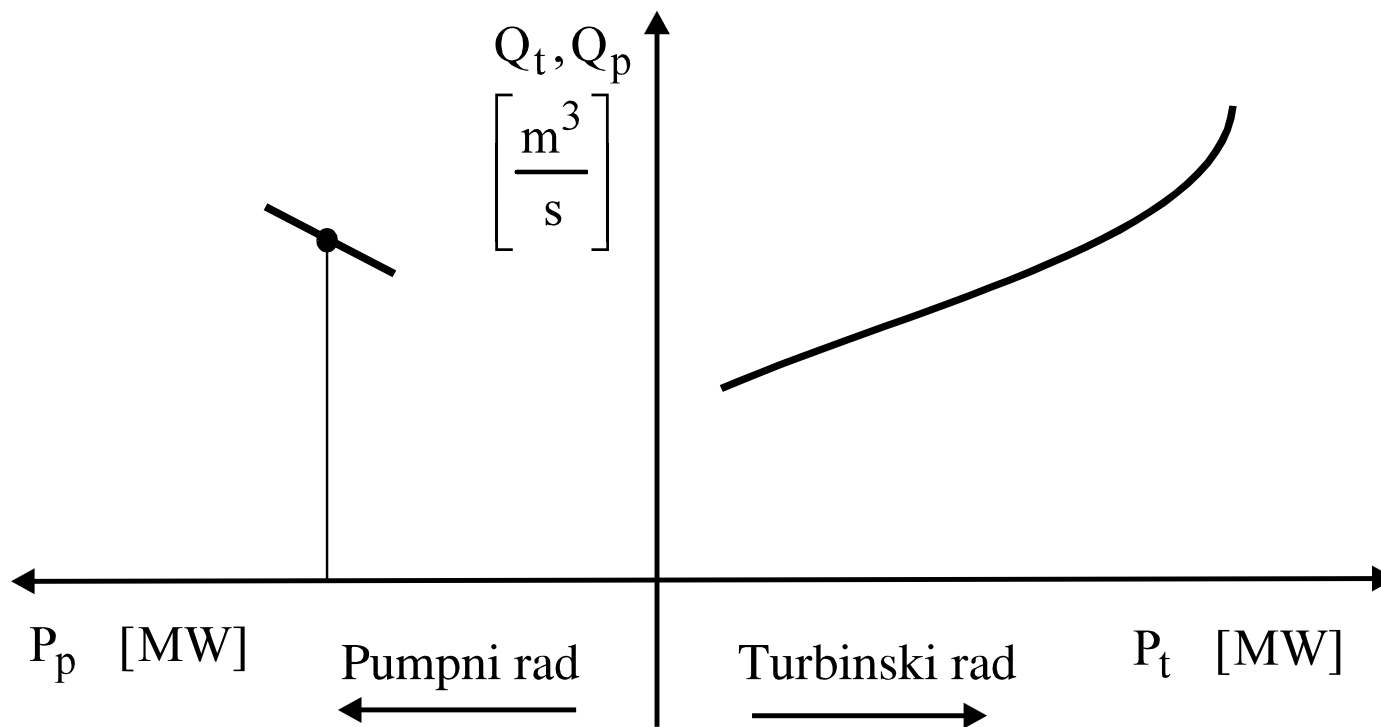
Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Karakteristika diferencijalnog priraštaja potrošnje vode hidroagregata



Osnovni dijagrami koji karakterišu hidroelektrane

- Osnovna energetska karakteristika hidroagregata reverzibilnog pumpno-turbinskog postrojenja



Termoelektrane

- Termoelektrane prema tipu mogu se podeliti na:
 - Termoelektrane na paru (pogonski motor je parna turbina) (35 – 40%).
 - Gasnoturbinske termoelektrane (pogonski motor je gasna turbina) (30 – 35%).
 - Termoelektrane čije generatore pokreću motori sa unutrašnjim sagorevanjem (najčešće Diesel-motori) (ispod 20%).
 - Termoelektrane sa kombinovanim ciklusom (iznad 50%).
 - Termoelektrane-toplane (ili kogeneracione termoelektrane) (do 70%).

Najvažnije energetske karakteristike termoelektrana

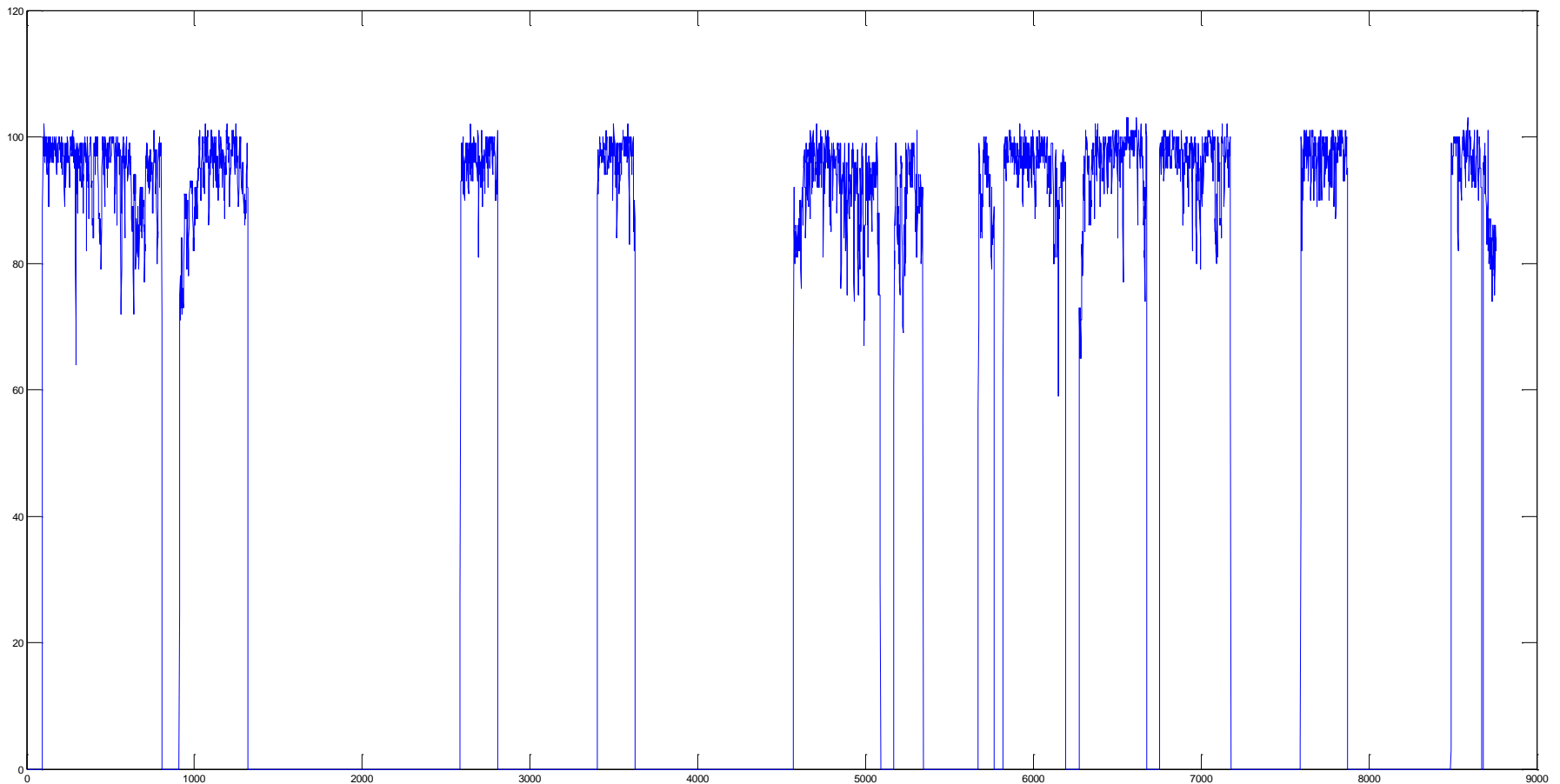
- **Maksimalna raspoloživa snaga** je najveća snaga koja se može isporučiti u sistem, uzimajući u obzir kvalitet goriva, temperaturu rashladne vode i vazduha, sopstvenu potrošnju i stanje pomoćnih pogona.
- **Tehnički minimum** termoelektrane je ona minimalna snaga pri kojoj termoelektrana može trajno raditi sa osnovnim gorivom, uz održavanje stabilnosti procesa dobijanja toplote iz primarnog izvora energije.
- Kod termoelektrana na paru koje koriste fosilna goriva, minimalni nivo stabilnog sagorevanja u ložištu kotla jako zavisi od vrste goriva, konstrukcije i izvedbe kotla.
- Generalno, tehnički minimumi su relativno manji kod termičkih blokova sa kotlovima na gas i tečna goriva, nego za termičke blokove na čvrsta goriva, gde se povećavaju sa smanjenjem toplotne moći goriva. Zato su relativno najveći za termičke blokove na paru ložene lignitom (i tresetom).
- Na primer u TE Obrenovac tehnički minimumi iznose oko 70% instaliasne snage.

Najvažnije energetske karakteristike termoelektrana

- **Dozvoljena brzina promene opterećenja** određena je termičkim naprezanjima materijala i prvenstveno zavisi od karakteristika i konstrukcije turbine.
- **Moguća proizvodnja** termoelektrane u nekom vremenskom periodu T (pod pretpostavkom da na raspolaganju stoje dovoljne količine goriva) sračunava se kao proizvod raspoložive snage elektrane u tom periodu i dužine predviđenog rada, uzimajući u obzir planska i prinudna stajanja.

Najvažnije energetske karakteristike termoelektrana

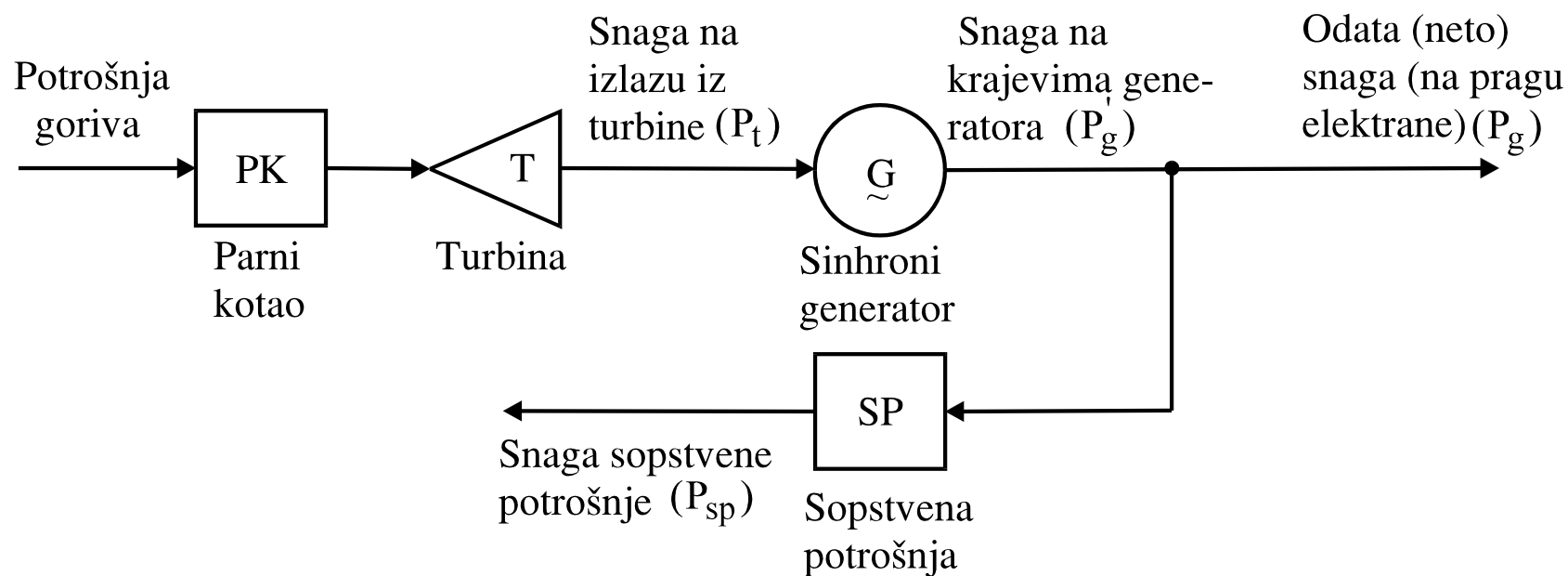
- Na slici je prikazana proizvodnja u TE Kolubara (agregat broj 5) u 2017.g



Najvažnije energetske karakteristike termoelektrana

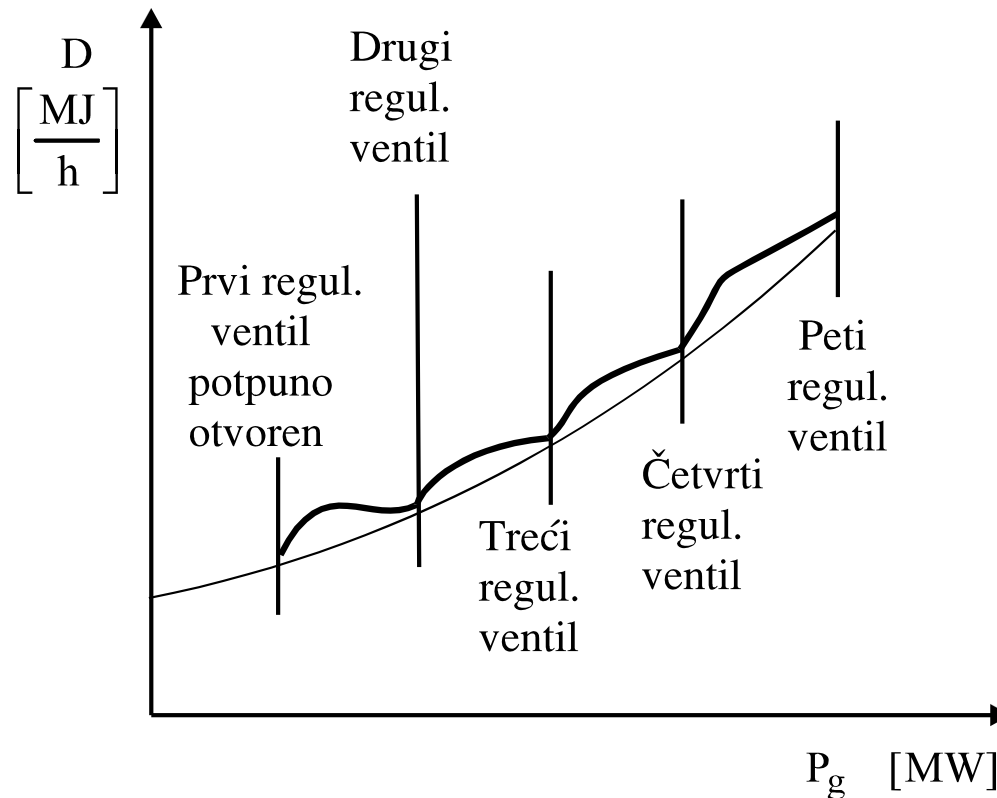
- Prema manevarskim sposobnostima termo agregati mogu biti:
 - Bazni agregati (base units)
 - Agregati koji su obavezno u pogonu, ali mogu menjati opterećenje (must run units)
 - Agregati koji se mogu uključivati i isključivati uz poštovanje svih tehničkih ograničenja (cycling units)
 - Vršni agregati (peaking units)

Šema termičkog bloka



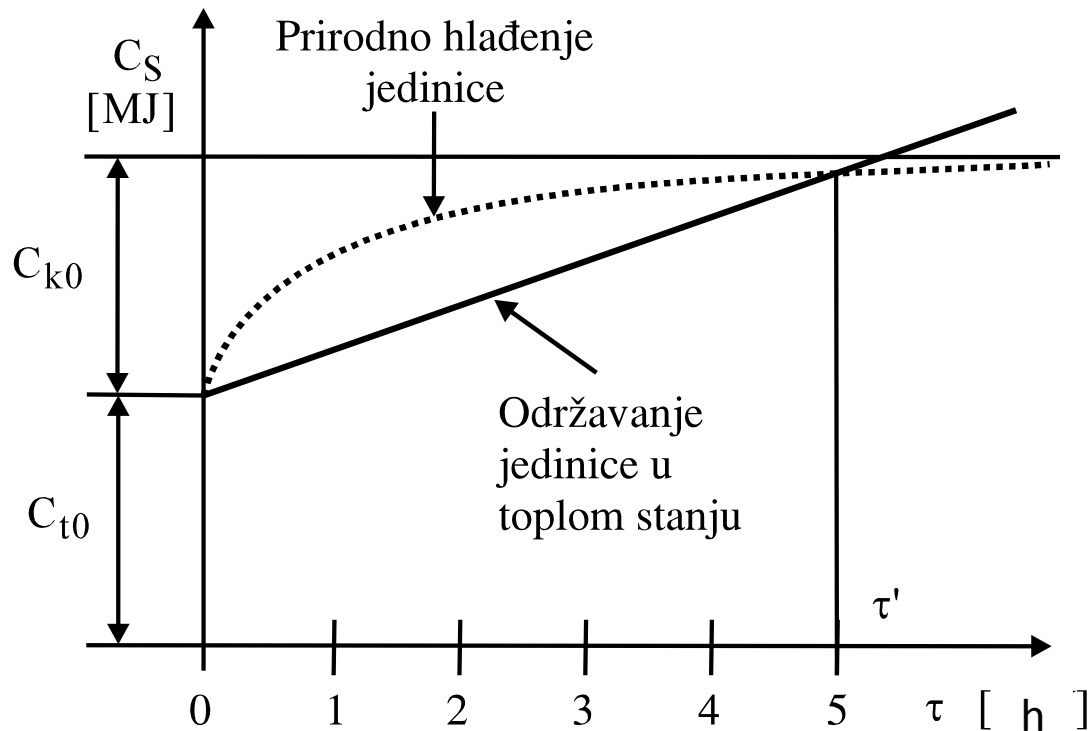
Troškovi eksploatacije (gorivo i održavanje)

- Osnovna energetska ulazno-izlazna karakteristika parne termoelektrane na fosilna goriva



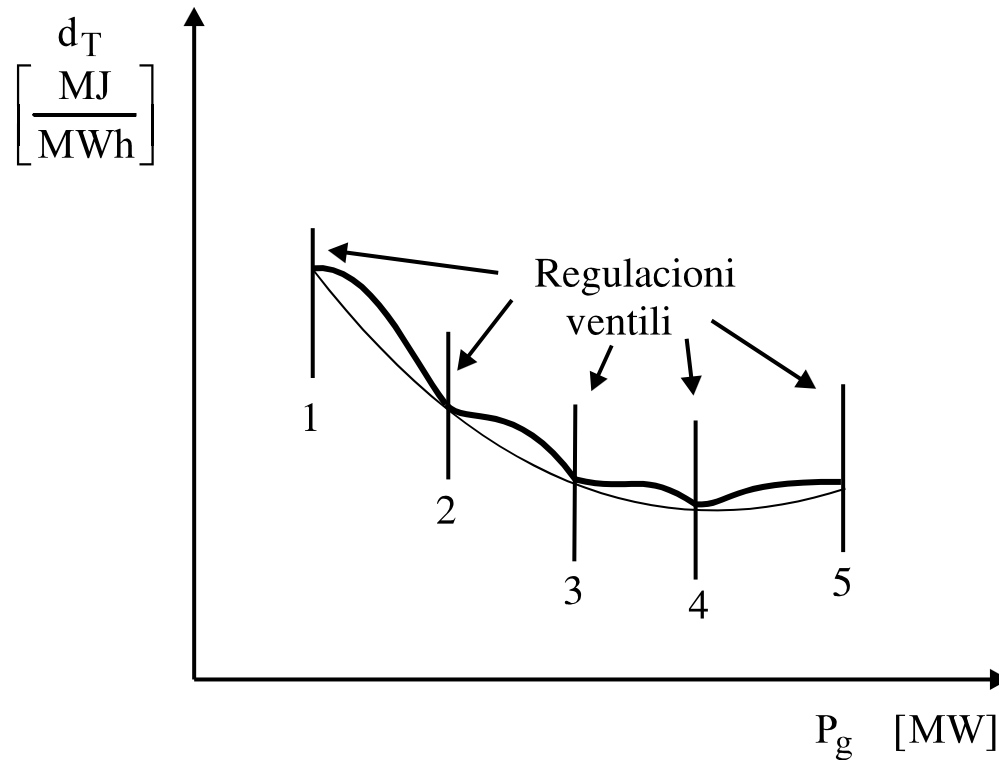
Troškovi pokretanja i zaustavljanja

- Zavisnost troškova stavljanja u pogon termičkih blokova, koji su prethodno prirodno hlađeni ili održavani u toplom stanju



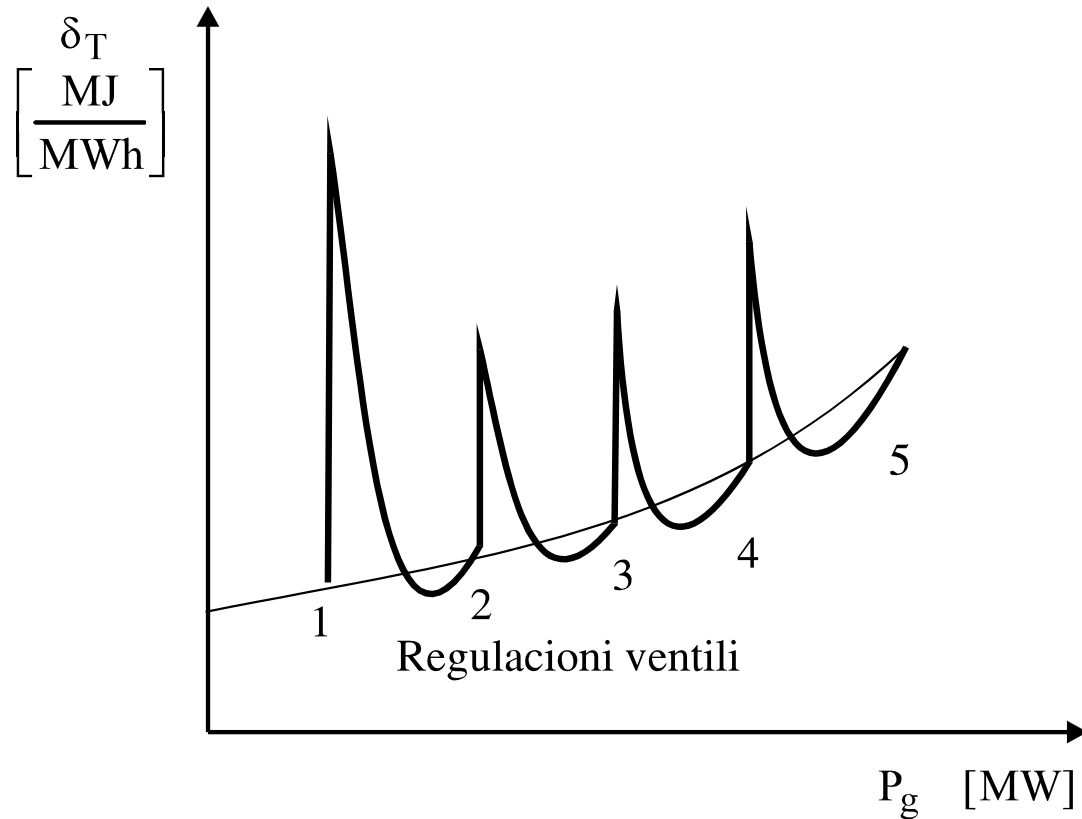
Osnovni energetske pokazatelji termoagregata

- Tipična karakteristika specifičnog utroška toplote parnih termičkih blokova na fosilna goriva



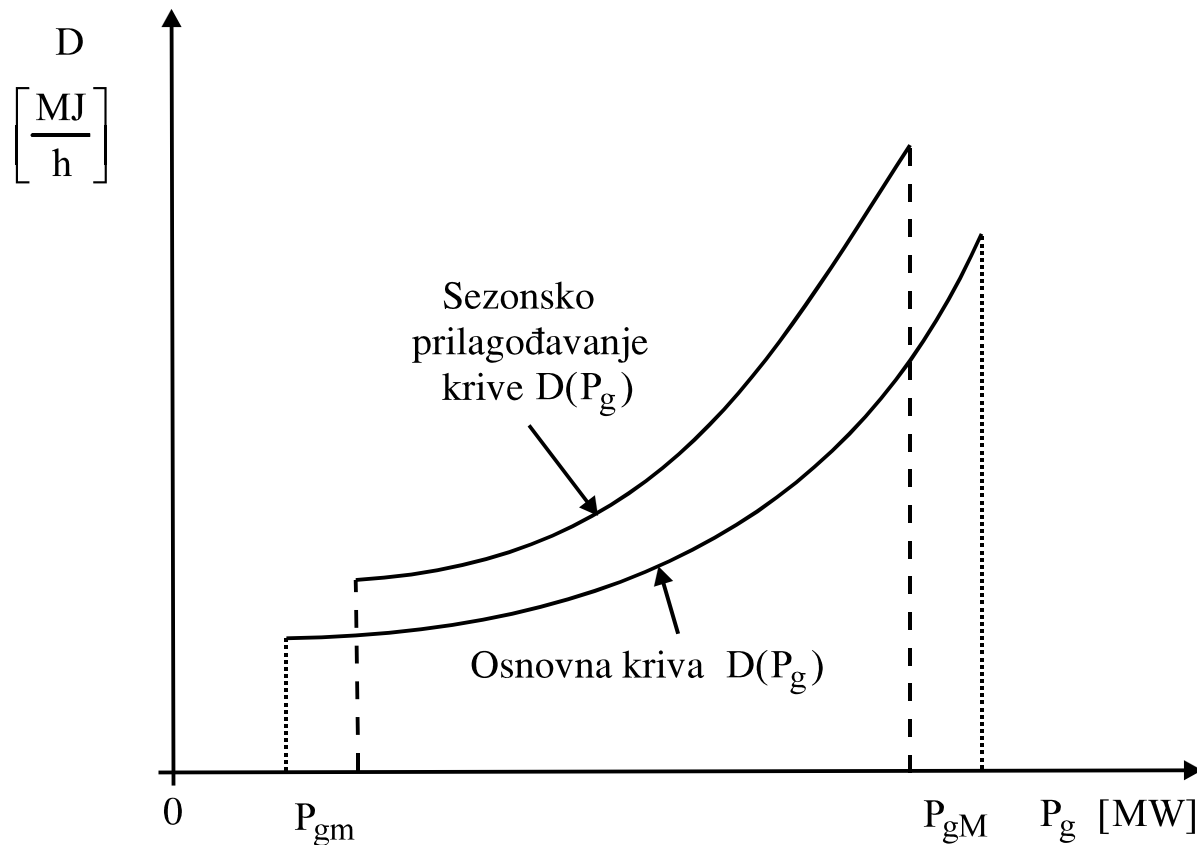
Osnovni energetske pokazatelji termoagregata

- Tipična karakteristika diferencijalnog priraštaja utroška toplote parnih termičkih blokova na fosilna goriva



Osnovni energetske pokazatelji termoagregata

- Sezonsko prilagođavanje krive utroška toplote termičke jedinice na paru



Novi i obnovljivi izvori energije

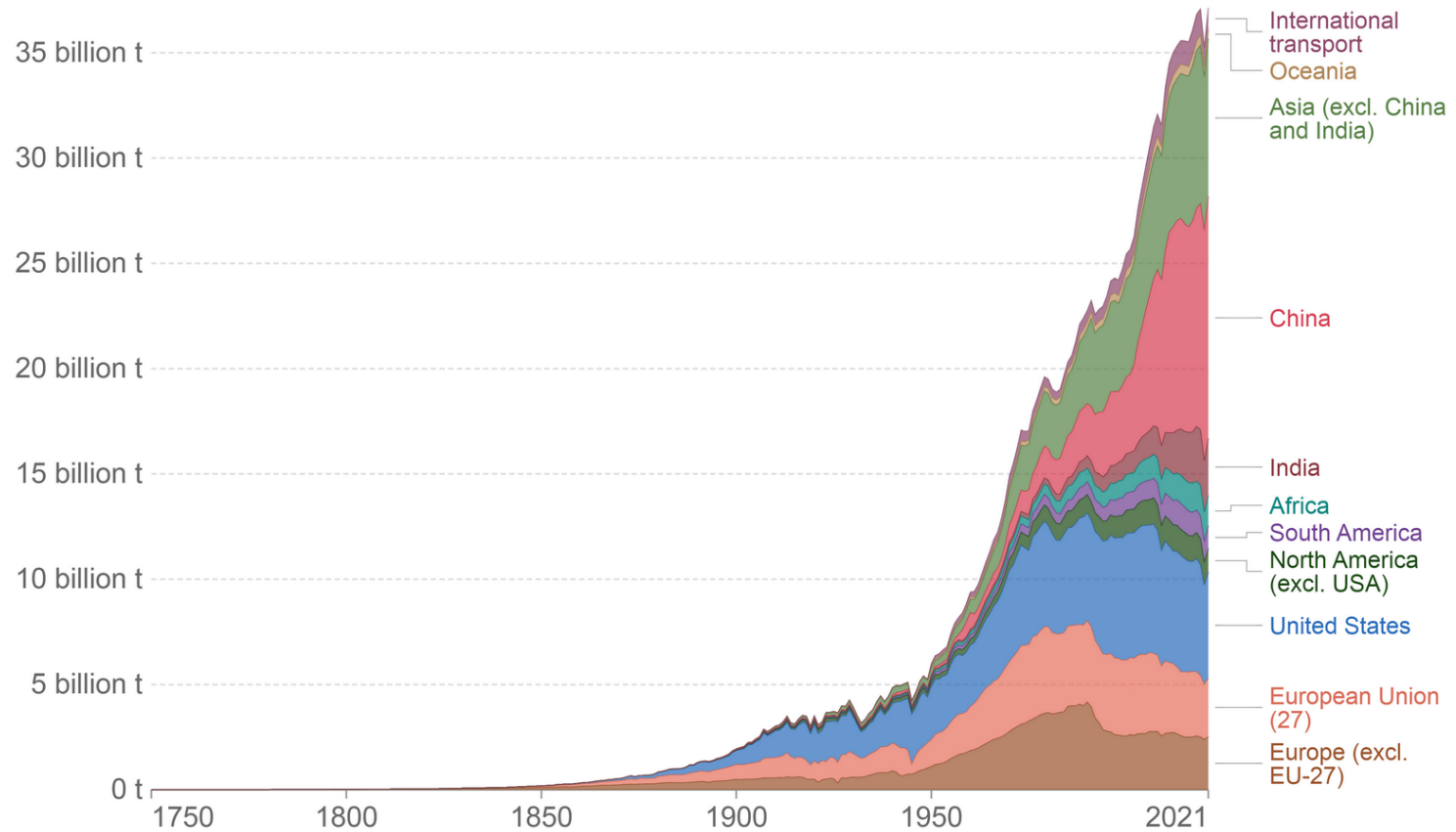
- Razlozi za razvoj novih tehnologija za proizvodnju električne energije:
 - Brzi porast potrošnje svih vidova energije u poslednjih 100 godina,
 - Ograničenost klasičnih izvora i njihovo dogledno iscrpljivanje,
 - Povećano zagađenje okoline nekontrolisanom emisijom štetnih gasova (CO, CO₂, SO₂, NO_x i drugih),
 - Ograničeni kapacitet lokacija za odlaganje otpada (šljaka, pepeo, nuklearni otpad).

Emisije CO₂

Annual CO₂ emissions by world region

This measures fossil fuel and industry emissions¹. Land use change is not included.

Our World
in Data



Source: Global Carbon Project (2022)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

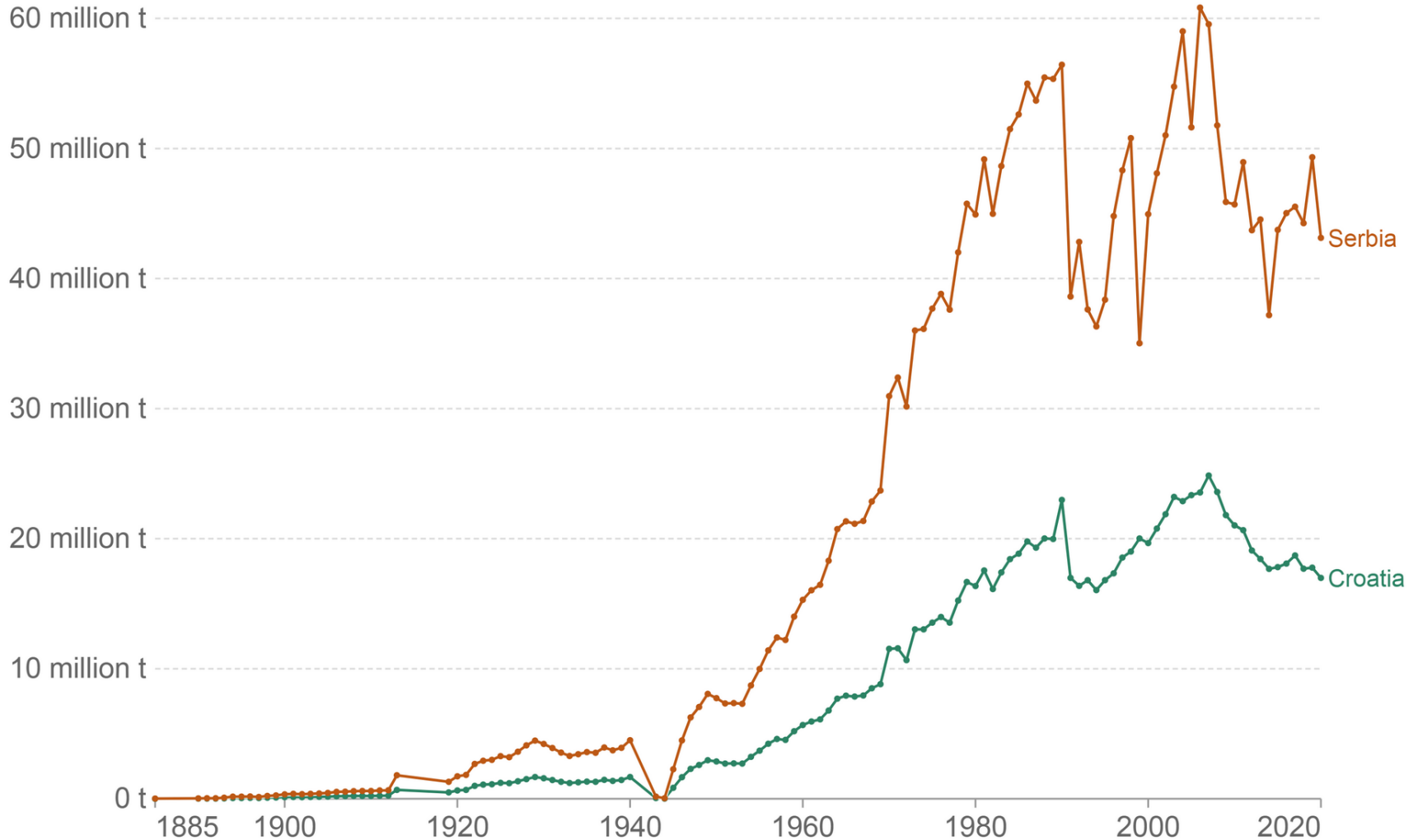
1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Emisije CO₂

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry. Land use change is not included.

Our World
in Data

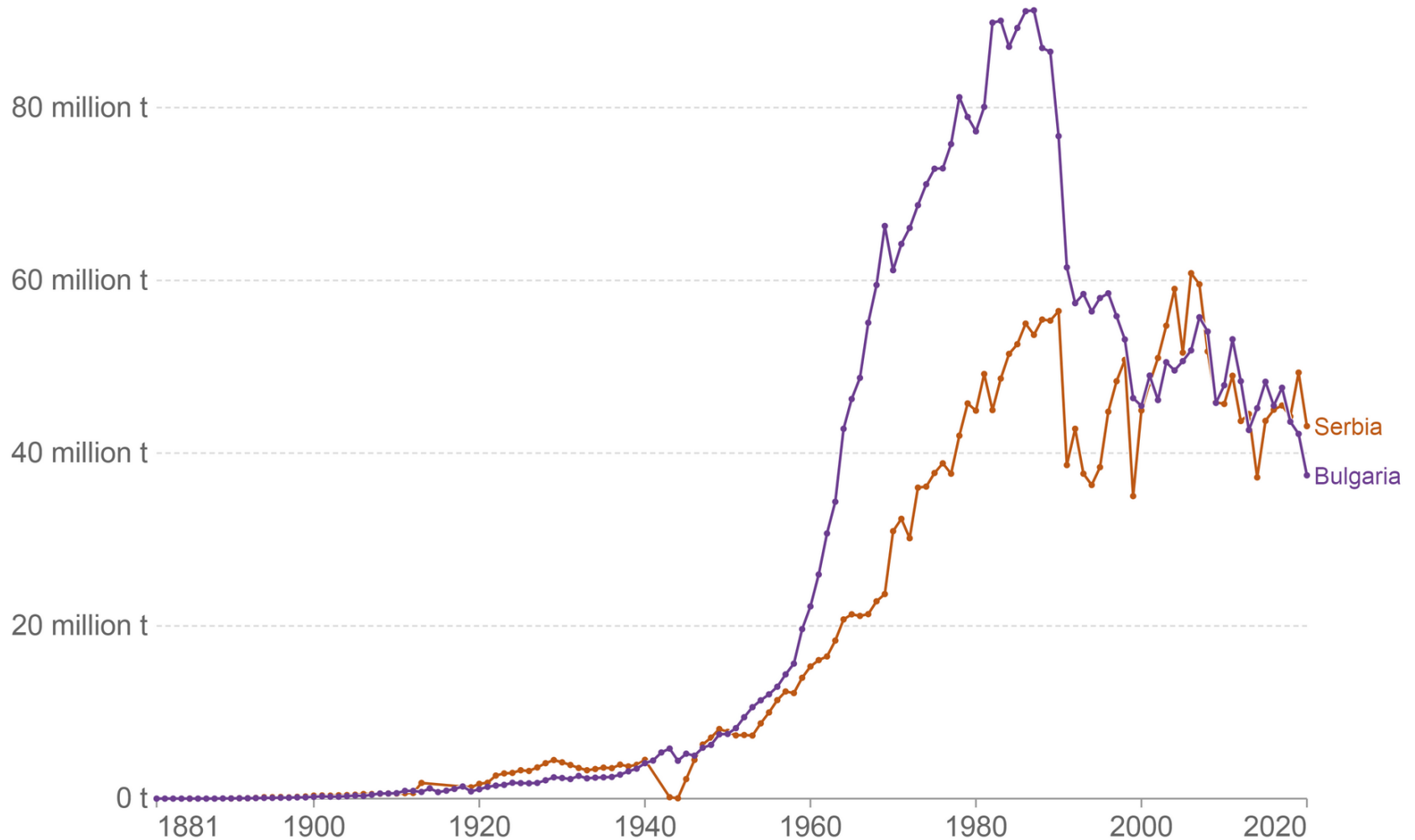


Emisije CO₂

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry. Land use change is not included.

Our World
in Data

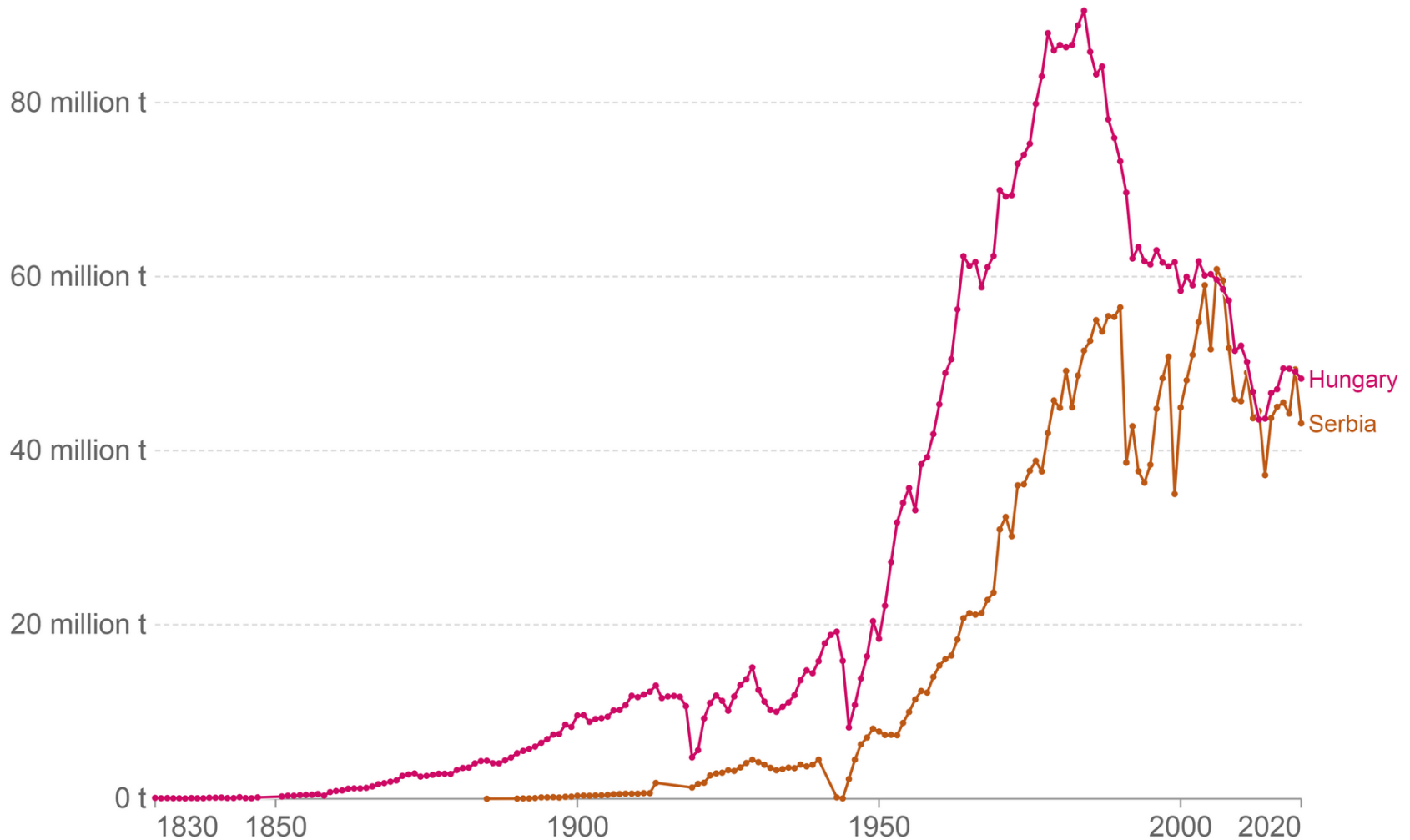


Emisije CO₂

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry. Land use change is not included.

Our World
in Data



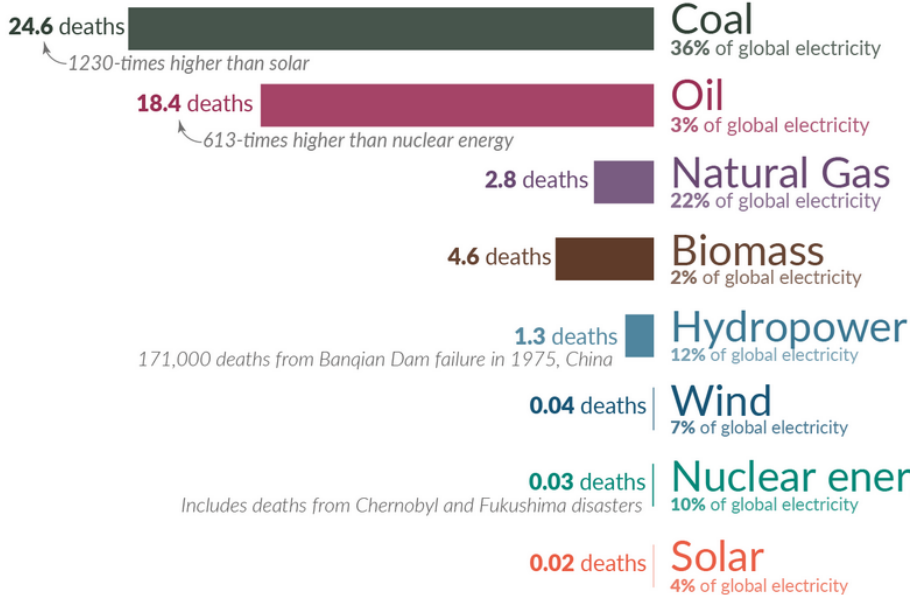
Emisije CO₂

What are the **safest** and **cleanest** sources of energy?



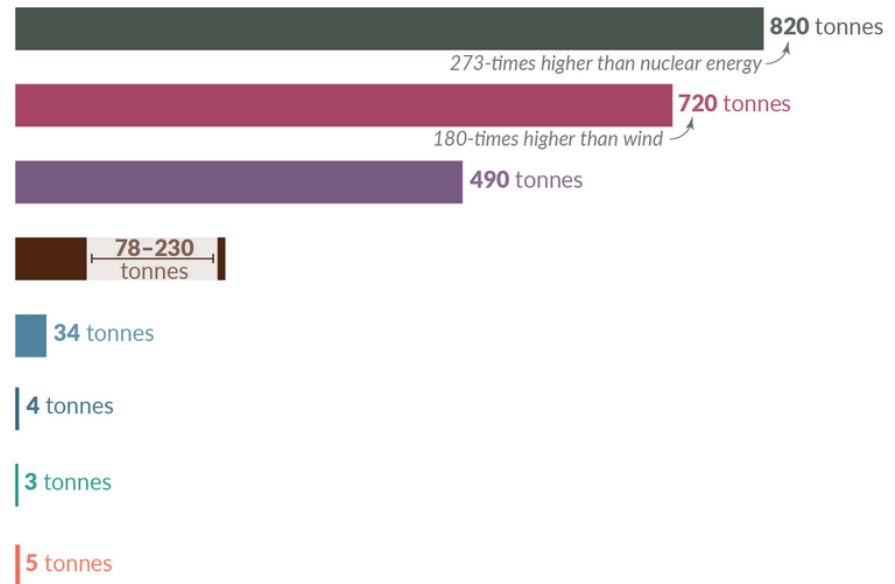
Death rate from accidents and air pollution

Measured as deaths per terawatt-hour of electricity production.
1 terawatt-hour is the annual electricity consumption of 150,000 people in the EU.



Greenhouse gas emissions

Measured in emissions of CO₂-equivalents per gigawatt-hour of electricity over the lifecycle of the power plant.
1 gigawatt-hour is the annual electricity consumption of 150 people in the EU.



Death rates from fossil fuels and biomass are based on state-of-the-art plants with pollution controls in Europe, and are based on older models of the impacts of air pollution on health. This means these death rates are likely to be very conservative. For further discussion, see our article: [OurWorldinData.org/safest-sources-of-energy](https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy). Electricity shares are given for 2021. Data sources: Markandya & Wilkinson (2007); UNSCEAR (2008; 2018); Sovacool et al. (2016); IPCC AR5 (2014); Pehl et al. (2017); Ember Energy (2021).

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Cene CO₂

The price of emissions allowances in Europe

Cost per tonne of carbon dioxide produced

Europe (€/t) UK (£/t)



Source: Data provided by Montel · EU and UK Emissions Trading Scheme prices (front December contracts); UK ETS prices exclude Carbon Price Support
Due to licensing, this data is not available for download

Novi i obnovljivi izvori energije

- Smatra da budući tehnološki razvoj energetike mora ići u dva smera:
 - striktno ograničenje i kontrola zagađenja okoline radom energetske sistema,
 - veće korišćenje novih i obnovljivih izvora energije, sa čistom tehnologijom, uz značajno povećanje energetske efikasnosti proizvodnje i finalne potrošnje energije.
- Definišu se tri osnovna uslova za korišćenje obnovljivih izvora energije:
 - dostupnost ("Energy accessibility");
 - raspoloživost ("Energy availability");
 - prihvatljivost ("Energy acceptability").

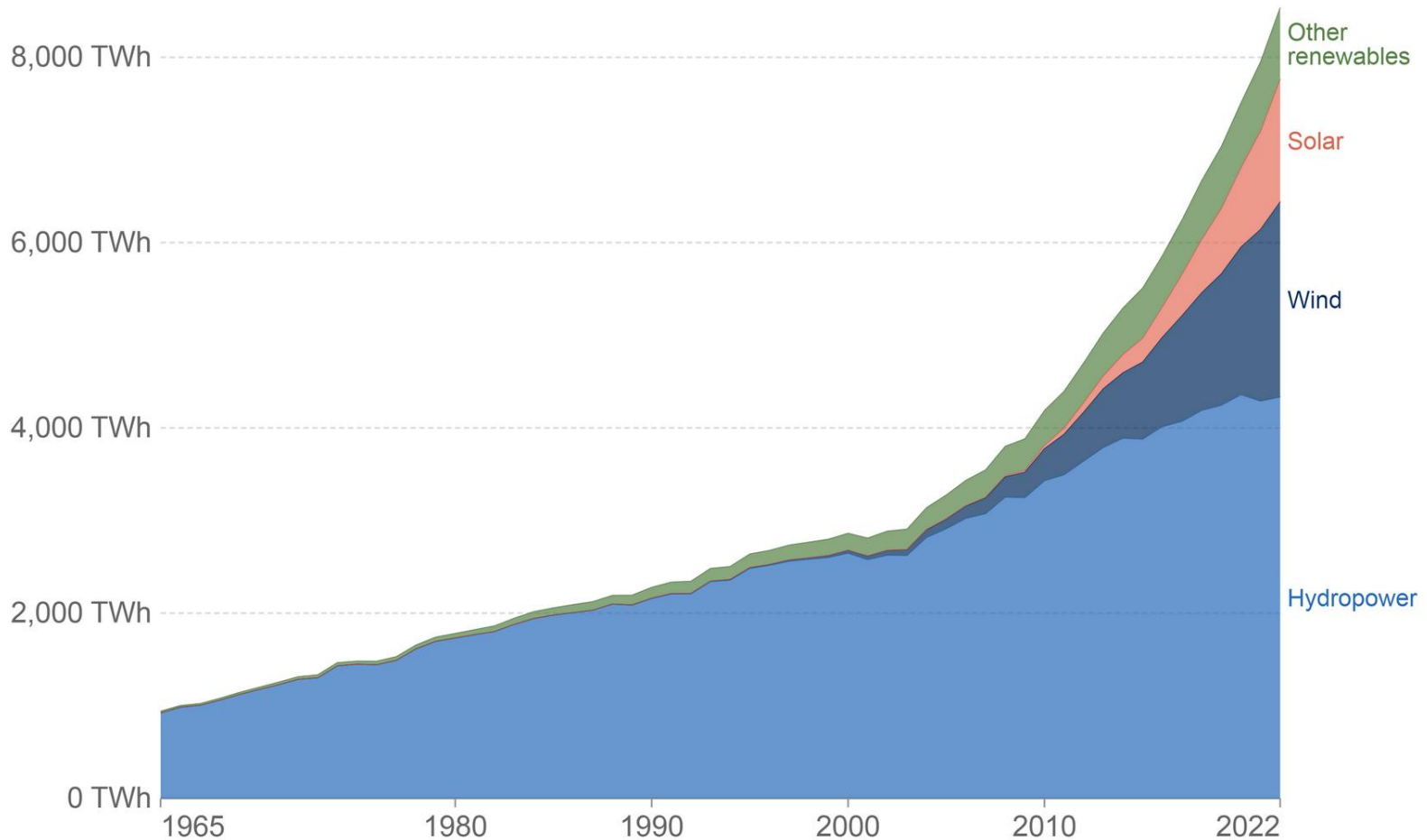
Novi i obnovljivi izvori energije

- Lista obnovljivih izvora
 - Solarna (sunčeva) energija;
 - Biomase;
 - Geotermalna energija;
 - Energija vetra;
 - Hidroenergija;
 - Energija mora (energija plime i oseke, morskih talasa i prirodnih struja)
 - Energija vodonika, gorivne ćelije.

Novi i obnovljivi izvori energije

Renewable electricity generation, World

Our World
in Data



Source: Energy Institute Statistical Review of World Energy (2023)

OurWorldInData.org/renewable-energy • CC BY

Note: 'Other renewables' refers to renewable sources including geothermal, biomass, waste, wave and tidal. Traditional biomass is not included.

Solarne elektrane

- Korišćenje energije sunca za proizvodnju električne energije može biti dvojako:
 - korišćenjem solarnih koncentratora za proizvodnju vodene pare, koja pokreće parnu turbinu i sinhroni generator (kao u klasičnoj termoelektrani na paru),
 - direktnim pretvaranjem solarne u električnu energiju, preko fotonaponskih (PV) pretvarača.
- Stepem korisnog dejstva savremenih fotonaponskih modula je 12 - 15%.
- Smatra se da u sadašnjem trenutku, primena fotonaponskih sunčevih elektrana ima izgleda u kombinaciji sa velikim stambenim, komercijalnim i industrijskim kompleksima, gde mogu zadovoljiti dobar deo potreba nekih potrošača tokom godine.
- Takođe, i na udaljenim lokacijama, kao što su usamljene farme, relejne stanice TV i TK sistema, planinarski domovi itd., gde bi priključak na javnu napojnu mrežu bio skup.

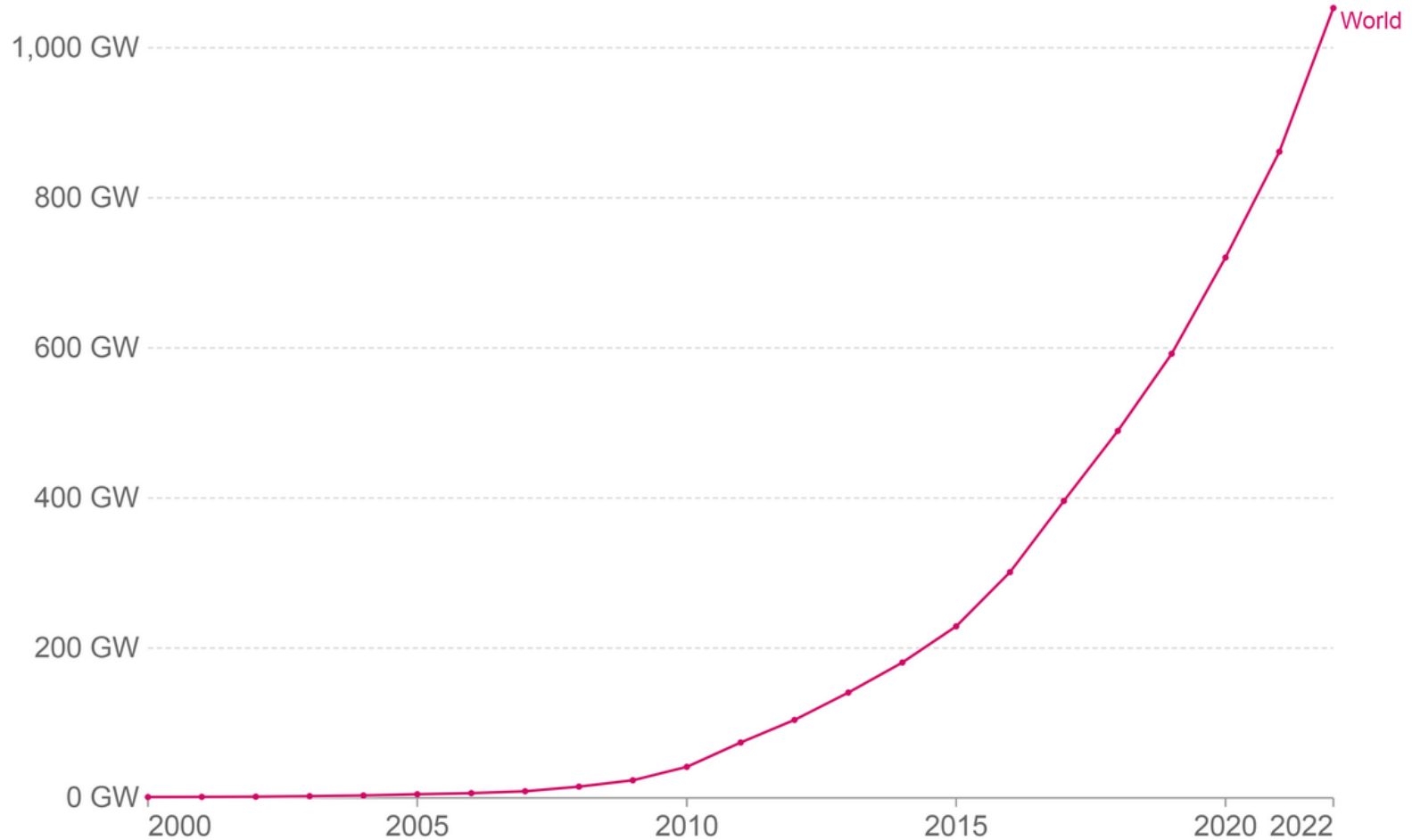
Solarne elektrane

- Smatra se da će u budućnosti fotonaponski izvori igrati ograničenu ulogu u zadovoljavanju potreba velikih (industrijskih) potrošača, ali će naći primenu u pokrivanju lokalnih bilansa.
- Mane:
 - imaju visoke investicione troškove,
 - zahtevaju velike površine za smeštaj,
 - proizvodnja im zavisi od osunčanosti.
- Dobra strana:
 - proizvode čistu energiju, bez ikakvih zagađenja,
 - imaju visoku pouzdanost,
 - imaju neznatne pogonske troškove.

Solarne elektrane

Installed solar energy capacity

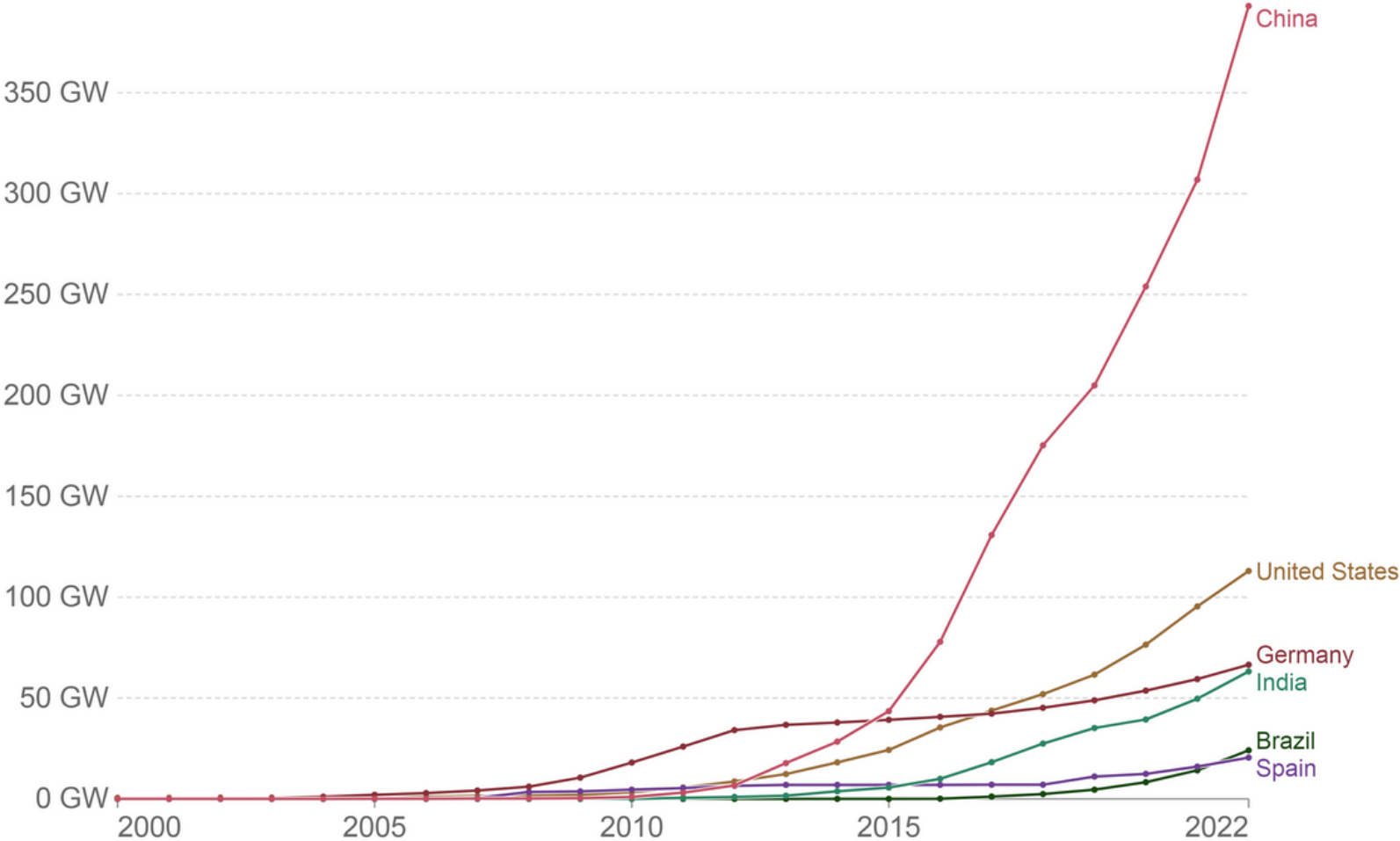
Cumulative installed solar capacity, measured in gigawatts (GW).



Solarne elektrane

Installed solar energy capacity

Cumulative installed solar capacity, measured in gigawatts (GW).



Elektrane na vetar

- Elektrane na vetar koriste kinetičku energiju vetra, koju pomoću turbina na vetar pretvaraju u mehaničku i dalje, preko električnih generatora, u električnu energiju.
- U prilog većem korišćenju vetrogeneratora idu zajedno ekonomija i ekologija.
- Zavisno od broja vetrovitih dana i brzina vetra iznad praga korisnog rada vetrogeneratora (između 4 i 5 m/s, ili između 14,4 i 18 km/h), već sada je u nekim zemljama njihova proizvodna cena (reda 6 c/kWh za eksploatacioni vek 15 – 20 god.) konkurentna ceni elektrana na fosilna goriva, dok su specifične investicije, nešto manje (oko 1000 – 1500 USD/kW).
- Pogonski troškovi vetrogeneratora su neznatni. Učestvuju u ukupnoj ceni proizvedene energije sa samo oko 10% (nema troškova goriva, već postoje samo troškovi održavanja, personala, taksa, osiguranja, poreza i drugih administrativnih izdataka).

Elektrane na vetar

- Godišnji faktor iskorišćenja ovih elektrana reda 15 – 25%.
- Oko 25% vremena u godini elektrana ne može da radi jer je brzina vetra manja od minimalne, a oko 5% vremena jer je veća od maksimalno dozvoljene.
- Kako je prag startne brzine korisnog rada vetrogeneratora relativno visok, očigledno je da je njihova lokacija, s obzirom na intenzitet vetra i verovatnoću pojave vetrovitih dana, osnovni faktor ekonomičnog korišćenja.
- Često su vetrovite oblasti dosta udaljene od naselja i adekvatno razvijenih distributivnih mreža, pa na ekonomiju elektrana na vetar dosta utiču i troškovi njihove integracije u elektroenergetski sistem.

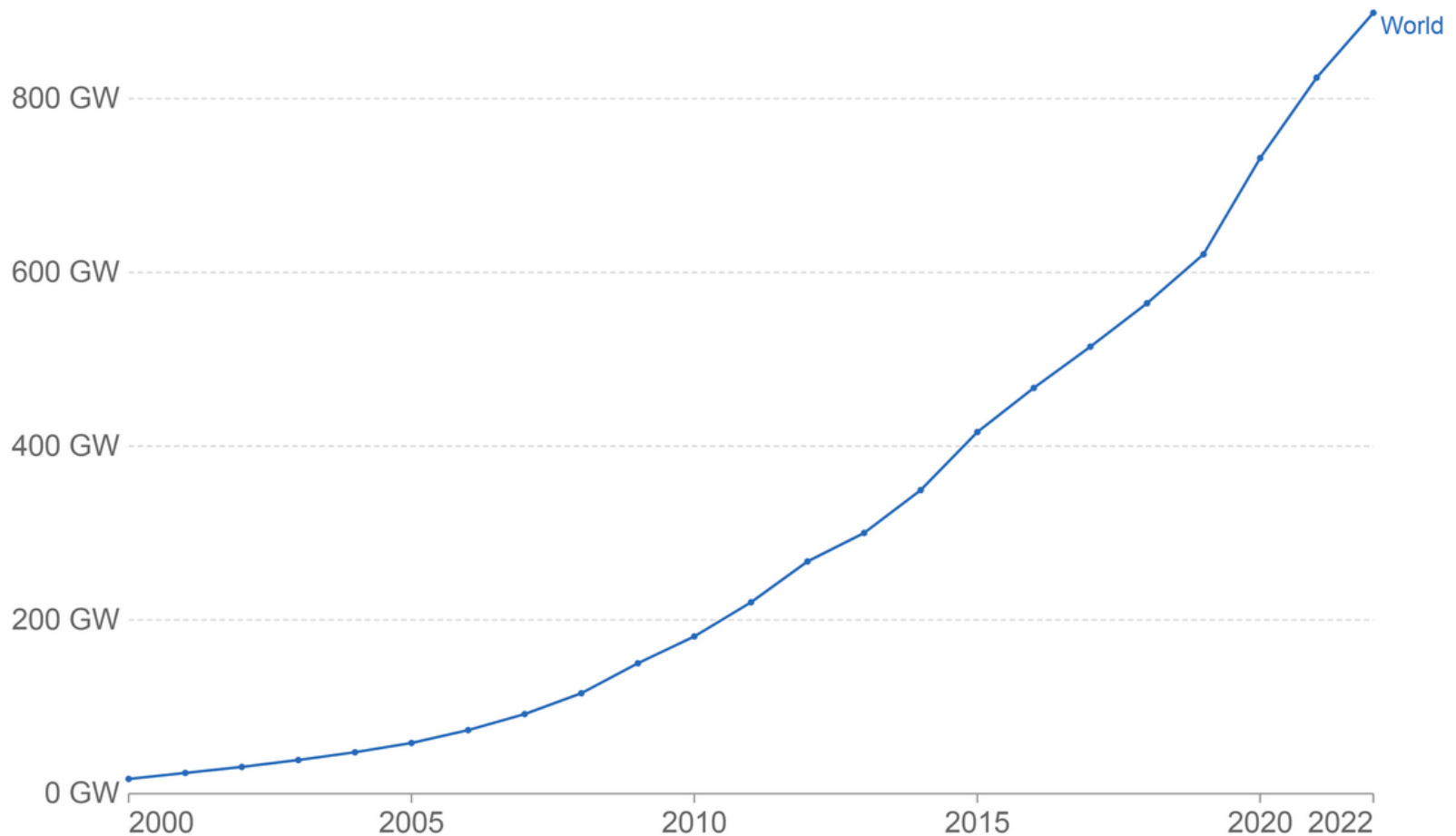
Elektrane na vetar

- U energetsom smislu, i fotonaponski i vetrogeneratori se koriste za popunjavanje baznog dela dijagrama opterećenja. Zbog male snage, najčešće ulaze samo u energetske bilanse lokalne (regionalne) potrošnje.
- Zajedničko im je da im se u slučaju dominantnog učešća u pokrivanju potreba nekog elektroenergetskog sistema, mora predvideti puna rezerva (jer ne mogu raditi kada im je primarni izvor – sunce ili vetar, neraspoloživ).
- Sve dok im je učešće u pokrivanju potreba sistema relativno malo, tu rezervu obično pokrivaju drugi tipovi raspoloživih elektrana.
- Posebni problemi u ovom smislu javljaju se u slučaju vetroelektrana, jer brzina vetra, čak i u kratkim vremenskim intervalima, može značajno i nepredviđeno menjati, pa kompenzacija odgovarajućih promena njihovih snaga zahteva dodatno angažovanje za sisteme AGC i povećanje regulacione rezerve sistema.

Elektrane na veter

Installed wind energy capacity

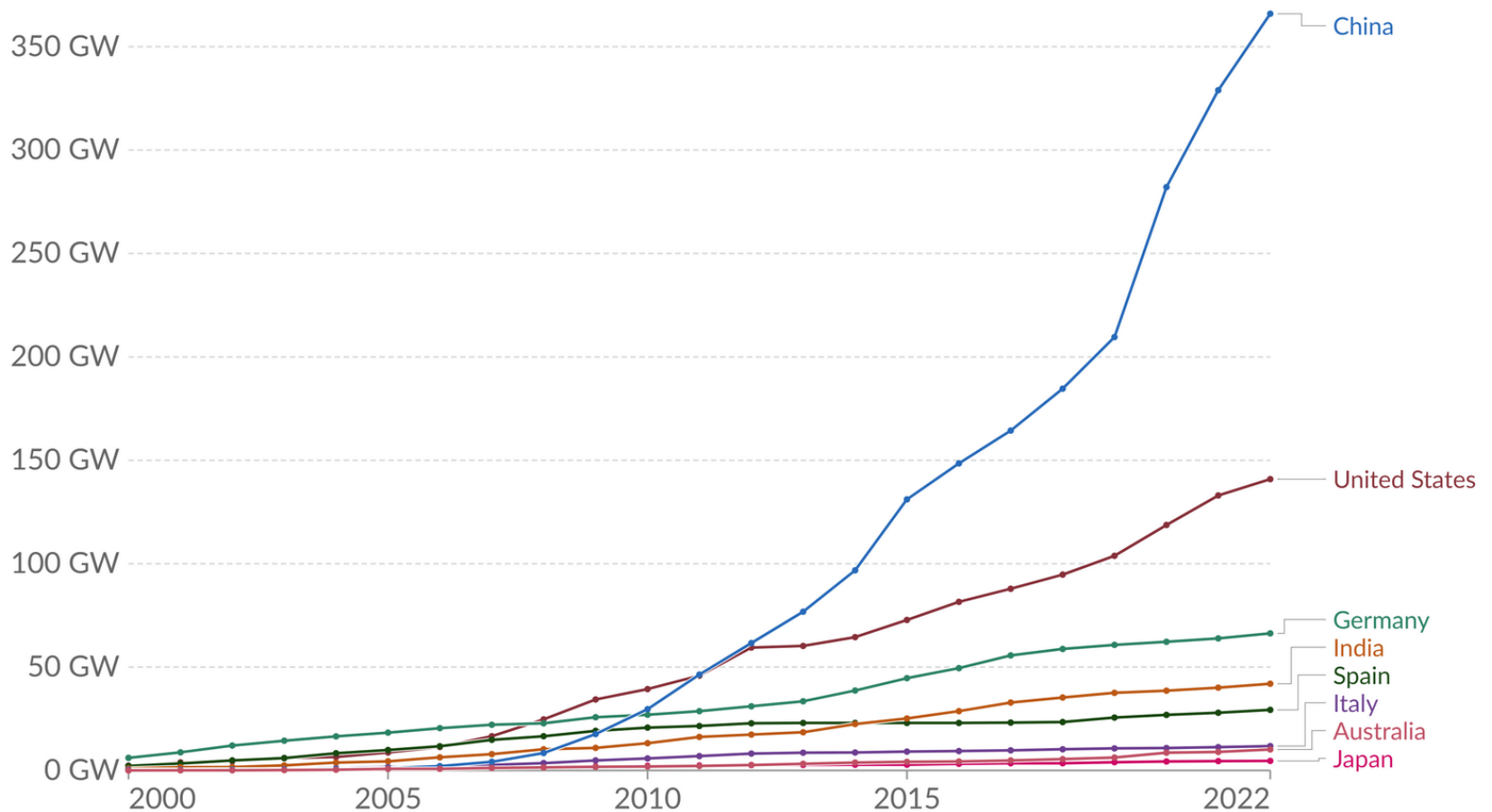
Cumulative installed wind energy capacity including both onshore and offshore wind sources, measured in gigawatts (GW).



Elektrane na vetar

Installed wind energy capacity

Cumulative installed wind energy capacity including both onshore and offshore wind sources, measured in gigawatts (GW).



Data source: International Renewable Energy Agency (IRENA)

OurWorldInData.org/renewable-energy | CC BY

Vetroparkovi u Srbiji (aktivni i u izgradnji)

Назив	Место	Општина	Капацитет (MW)	Број генератора	Почетак рада	Статус
„Девреч I”	Девреч	Тутин	0.6	1	2011	Активан
„Кула”	Кула	Кула	9.9	3	2016	Активан
„Ла Пиколина”	Загајица	Вршац	6.6	2	2016	Активан
„Малибунар”	Алибунар	Алибунар	8	4	2017	Активан
„Алибунар”	Алибунар	Алибунар	42	21	2018	Активан
„Китка”	Поличка	Косовска Каменица	32.5	9	2018	Активан
„Ковачица”	Дебељача	Ковачица	104.5	38	2019	Активан
„Кошава I”	Избиште	Вршац	69	20	2019	Активан
„Чибук I”	Мраморак	Ковин	158	57	2019	Активан
„Пландиште I”	Пландиште	Пландиште	102	34	2021	У изградњи
„Кривача”	Кривача	Голубац	104	38		У изградњи
„Костолац”	Костолац	Пожаревац	66	20		У изградњи
„Бајгора”	Бајгора	Косовска Митровица	105	27		У изградњи

Vetroparkovi u Srbiji (u planu)

Назив	Место	Општина	Капацитет (MW)	Број генератора	Почетак рада	Статус
„Горњак”	[5] Жагубица	Жагубица	200	35		У плану
„Енерго Бела Анта”	[6] Долово	Панчево.	200	28		У плану
„Ветрозелена”	[7] Банатско Ново Село и Долово	Панчево.	300	50		У плану
„Ветроелектрана БНС”	[8] Банатско Ново Село	Панчево.	125	28		У плану
„Ветроелектрана WV NBT WIND 1”	[9] Банатско Ново Село и Качарево	Панчево.	120	31		У плану
„Ветроелектрана Ветропарк 1”	[10] Банатско Ново Село, Качарево и Панчево.	Панчево.	150	34		У плану
„Елицио Винд”	[11] Старчево и Панчево.	Панчево.	250	?		У плану
„СМБ Енергу Солутион”	[12] Долово и Панчево.	Панчево.	?	?		У плану
„Веллбуру-Бела Анта”	[13] Долово	Панчево.	200	28		У плану
„Маестрале Ринг”	[14] Суботица	Суботица	633	?		У плану
„Ветроелектрана Црни врх”	[1] Бор	Бор	350	32		У плану
„Снага истока”	[2] Бор	Бор	450	?		У плану
„Pirin”	[15] Дебељача	Ковачица	95.5	18		У плану
„Башайд”	[16] Кикинда	Кикинда	85	15		У плану
„Црепаја”	[17] Црепаја	Ковачица	220	31		У плану