

# **UTJECAJ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA POGON ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA**

**dr. sc. Tomislav Plavšić**

**Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.**

**Okrugli stol FER, 11.5.2015.**

# ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

- **Elektroenergetski sustav (EES)** – skup postrojenja i opreme namijenjenih za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije,
- **Pogon EES-a** - koordinirano međudjelovanje svih sastavnica EES-a s ciljem osiguranja kvalitetne isporuke električne energije krajnjim kupcima, u svakom trenutku, uz minimalne troškove,
- **Vođenje EES-a** – hijerarhijski strukturiran proces kontinuiranog i koordiniranog nadzora i upravljanja pogonom EES-a.



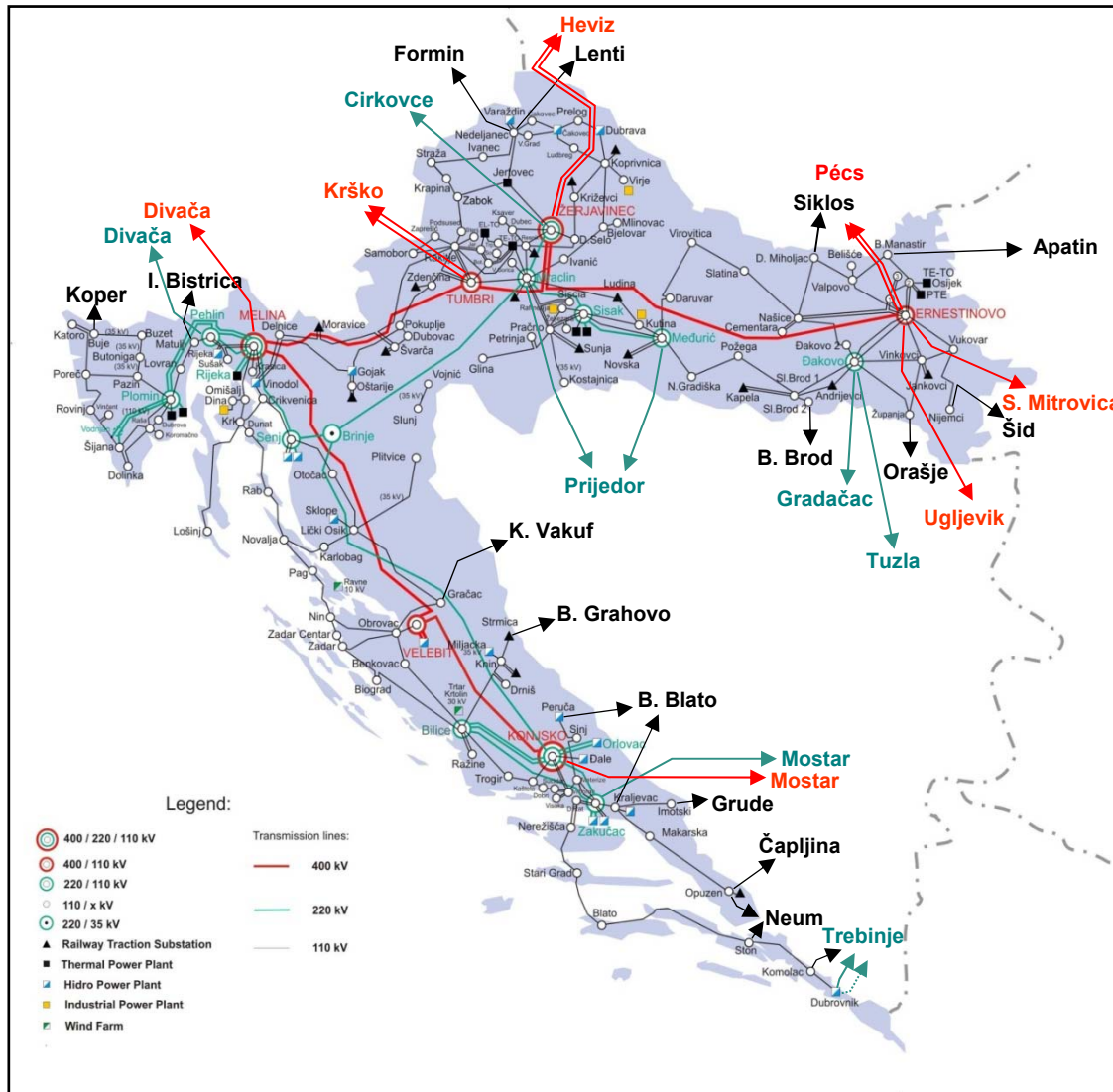


## OPERATOR PRIJENOSNOG SUSTAVA

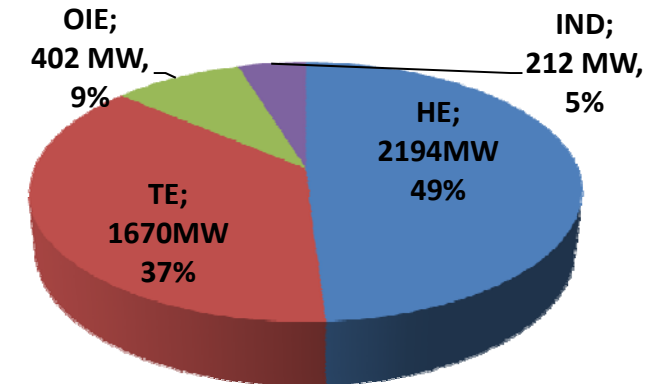
- **Operator prijenosnog sustava (OPS)** – elektroenergetski subjekt odgovoran za vođenje elektroenergetskog sustava, prienos električne energije te održavanje, razvoj i izgradnju prijenosne mreže radi pouzdane opskrbe korisnika uz minimalne troškove i brigu o očuvanju okoliša,
- **Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o. (HOPS)** - jedini OPS u Hrvatskoj i vlasnik cjelokupne hrvatske prijenosne mreže (naponskih razina 400kV, 220kV i 110kV), te nositelj dozvole za obavljanje energetske djelatnosti prijenosa električne energije kao regulirane javne usluge.



# HRVATSKI ELEKTROENERGETSKI SUSTAV



## Elektrane – 4478 MW

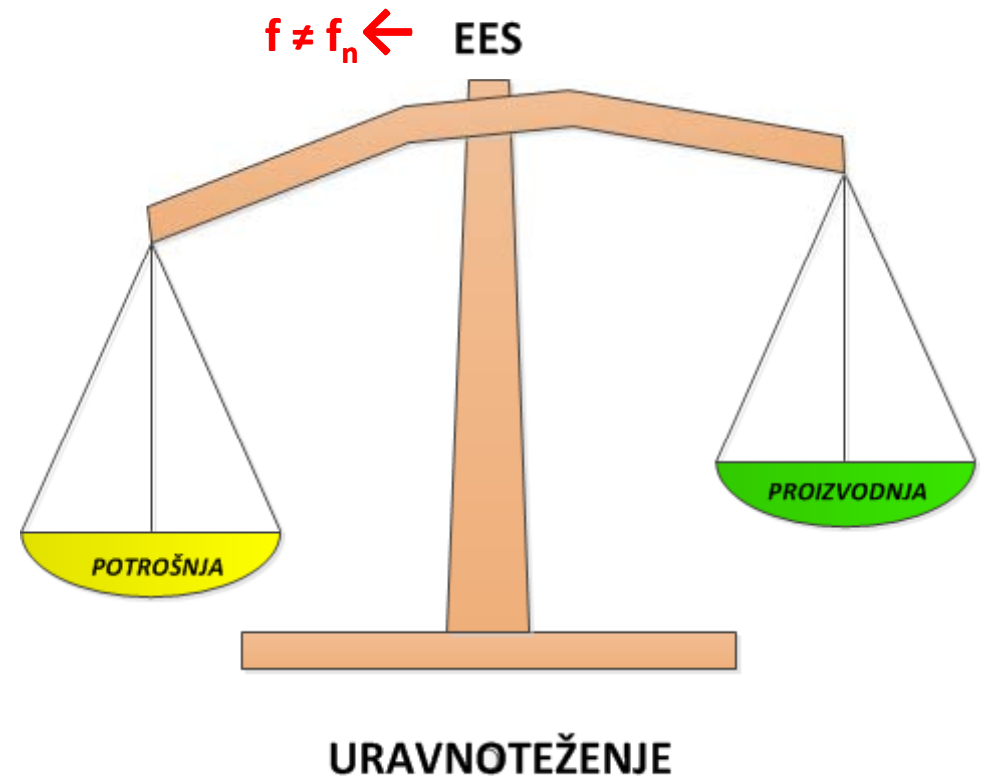


## Prijenosna mreža

Naponska razina	Dužina vodova (km)	Transform. stanice (broj)	Inst. kapacitet (MVA)
400	1247	6	4400
220	1210	13	3070
110	4884	141	6245
MV	123	-	-
<b>Ukupno</b>	<b>7464</b>	<b>160</b>	<b>13715</b>

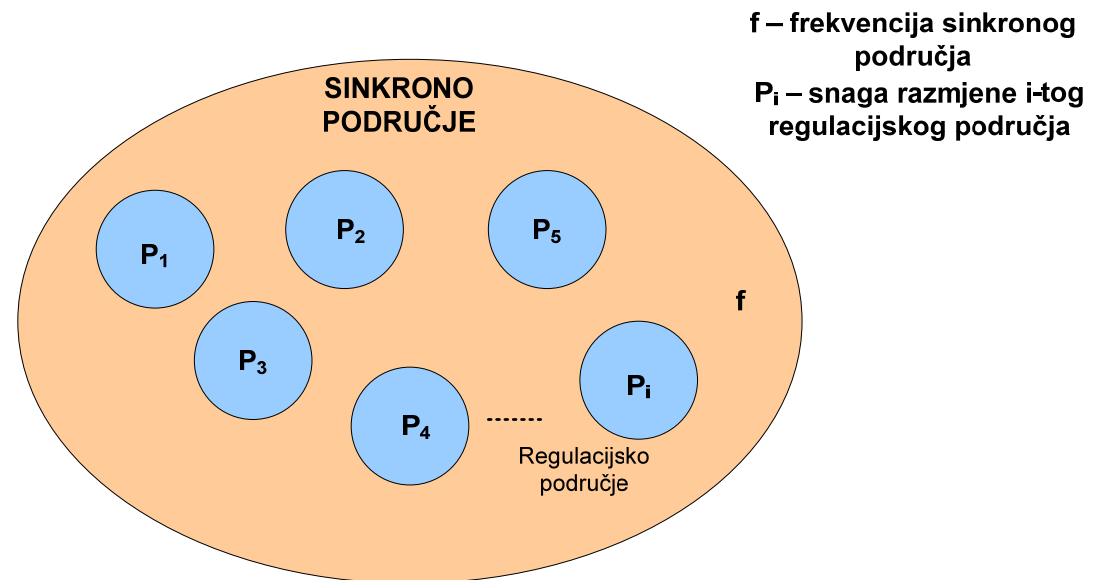
# URAVNOTEŽENJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

- **Frekvencija** - mjera uravnoteženosti proizvodnje i potrošnje električne energije u EES-u,
- **Uravnoteženje** - svi postupci koje operator prijenosnog sustava kontinuirano poduzima radi održavanja frekvencije u EES-u.



# REGULACIJA FREKVENCije I SNAGE RAZMJENE

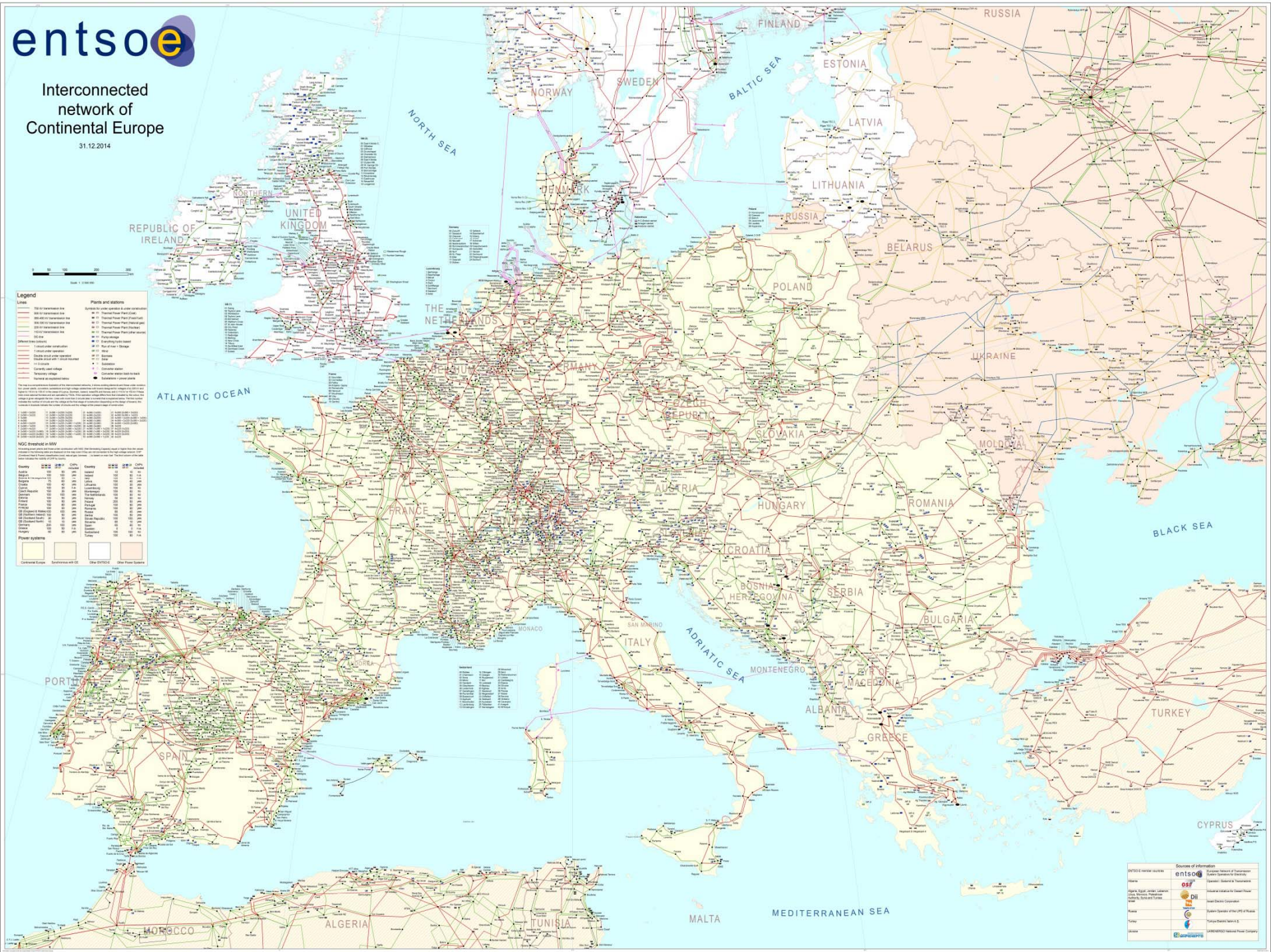
- **Sinkrono područje** – skup povezanih EES-a, **regulacijskih područja**, s jedinstvenom frekvencijom,
- **Regulacija frekvencije** - na razini sinkronog područja,
- **Regulacije snage razmjene** - na razini regulacijskog područja.





## Interconnected network of Continental Europe

31.12.2014



**Legend**

**Lines**

- 100 kV transmission line
- 220 kV transmission line
- 380 kV transmission line
- 500 kV transmission line
- 765 kV transmission line
- DC line
- 110 kV other voltage
- Interconnector
- Double-circuit line
- Overhead line
- Underground cable
- Transmission line
- Transmission station

**Plants and stations**

- Hydroelectric power plant
- Thermal Power Plant (Coal)
- Thermal Power Plant (Oil)
- Thermal Power Plant (Natural gas)
- Thermal Power Plant (Nuclear)
- Thermal Power Plant (Other fossil)
- Wind power plant
- Solar power plant
- Biogas power plant
- Geothermal power plant
- Substation
- Substation (converter station)

**NGO breakdown in MW**

Country	NGO	Capacity (MW)	Country	NGO	Capacity (MW)
Austria	EWG	10000	Poland	PG&E	10000
Belgium	Elia	10000	Romania	SCG	10000
Denmark	Energinet	10000	Slovakia	SO SPP	10000
France	RTE	10000	Slovenia	Elektroenergetika Slovenije	10000
Germany	50Hertz	10000	Spain	Red Eléctrica de España	10000
Greece	DEI	10000	Turkey	TEİAŞ	10000
Italy	ENEL	10000	Ukraine	UkrEnergo	10000
Spain	Red Eléctrica de España	10000	Other		
UK	ESO	10000			

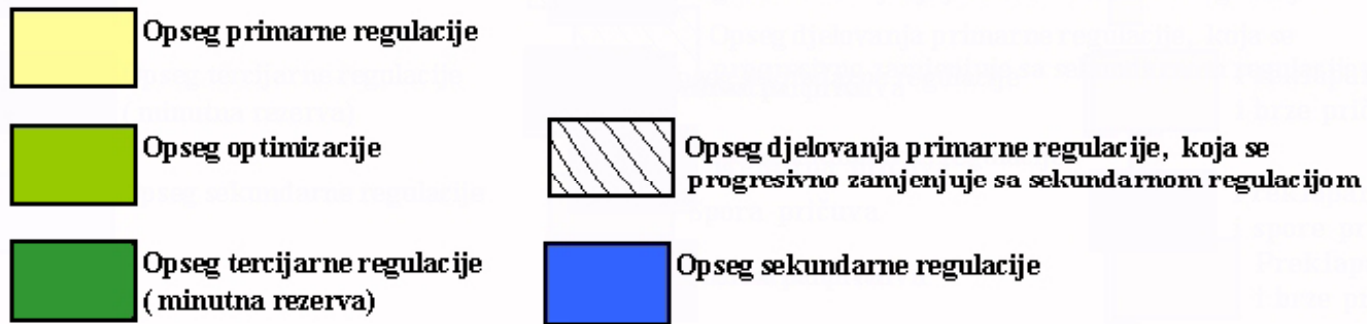
**Power systems**

- Central Europe
- Scandinavia
- UK & Ireland
- Spain & Portugal
- Italy
- Balkan
- Other

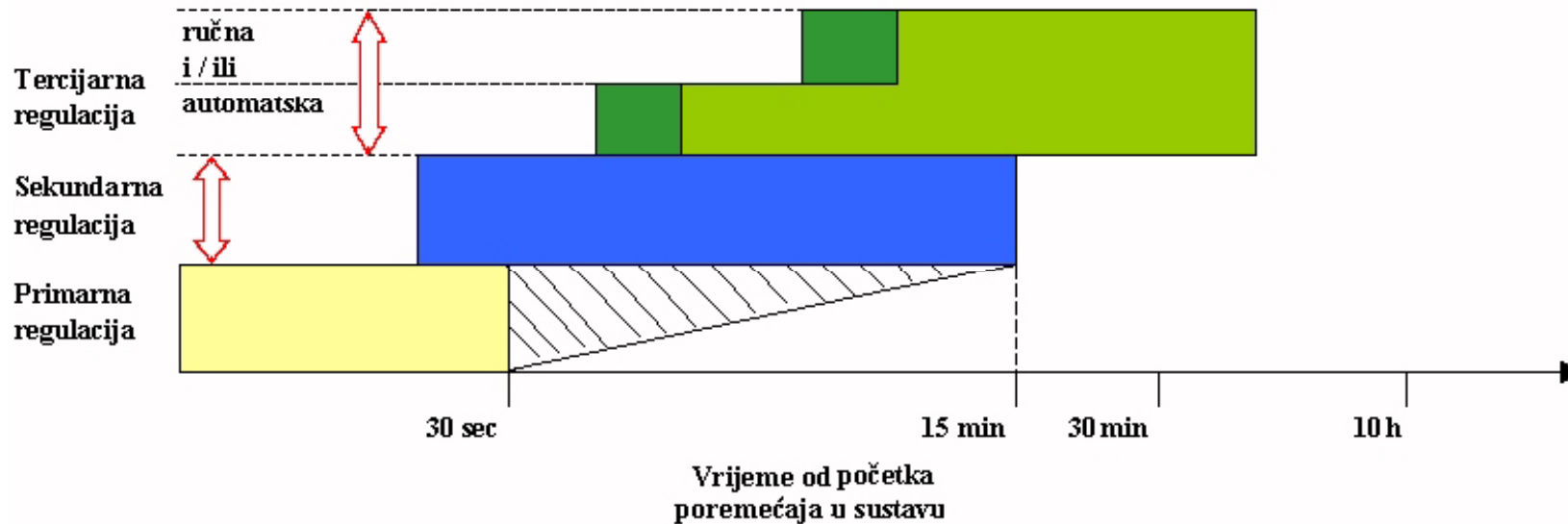
**Source of information**

entsoe  
 ENTSO-E  
 DII  
 ENEL  
 RTE  
 SO SPP  
 UTA  
 ENTSO-E

# PRIMARNA, SEKUNDARNA I TERCIJARNA REGULACIJA

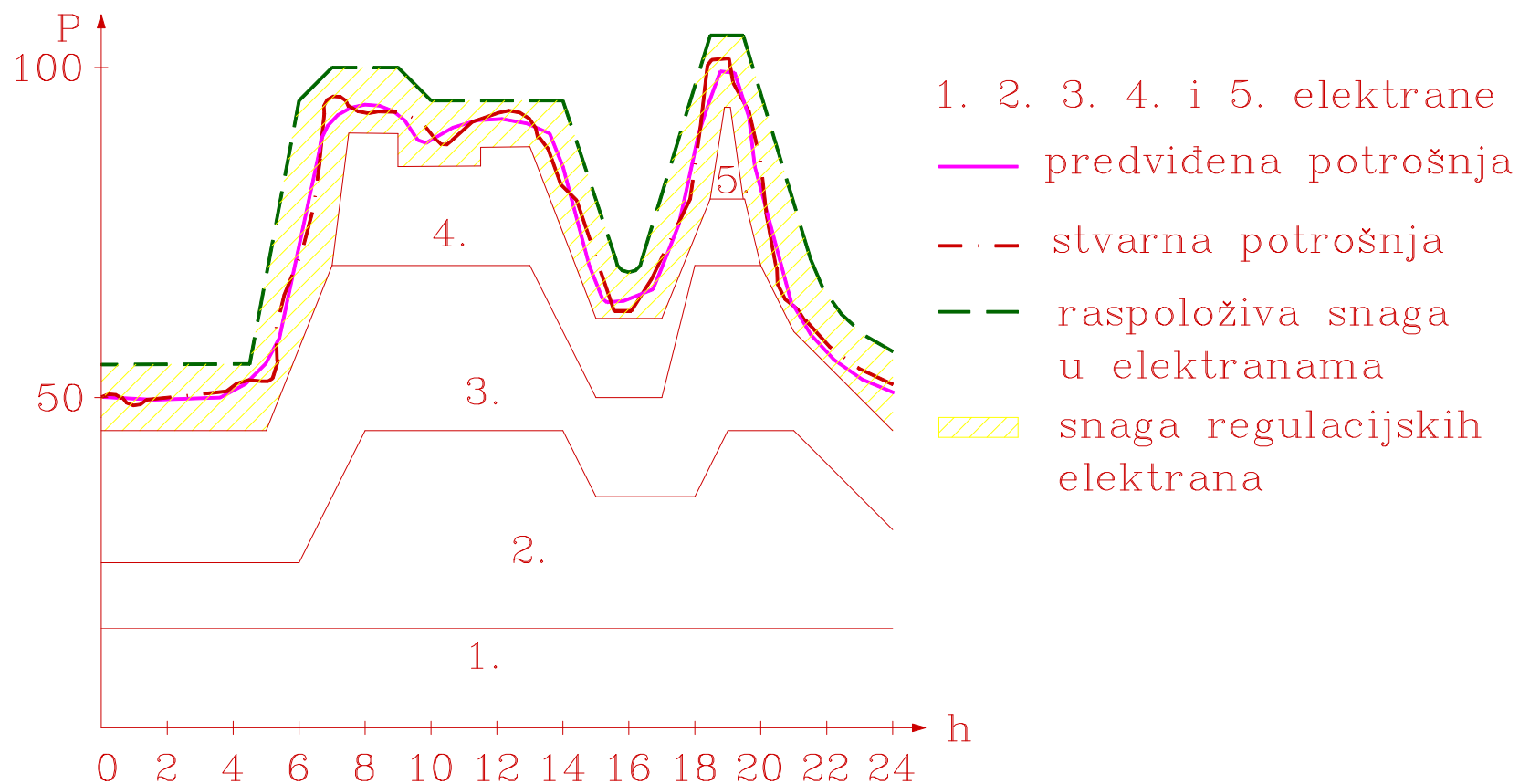


## VRSTA REGULACIJE





# DNEVNI DIJAGRAM OPTEREĆENJA I VOZNI RED ELEKTRANA





# NACIONALNI DISPEČERSKI CENTAR HOPS-a



## OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE (OIE)

- Korištenje nepresušnih prirodnih resursa za proizvodnju električne energije:
  - voda,
  - vjetar,
  - sunce,
  - biomasa, bioplin, biodizel
  - energija mora (valovi, plima/oseka),
  - zemljina toplinska (geotermalna) energija.

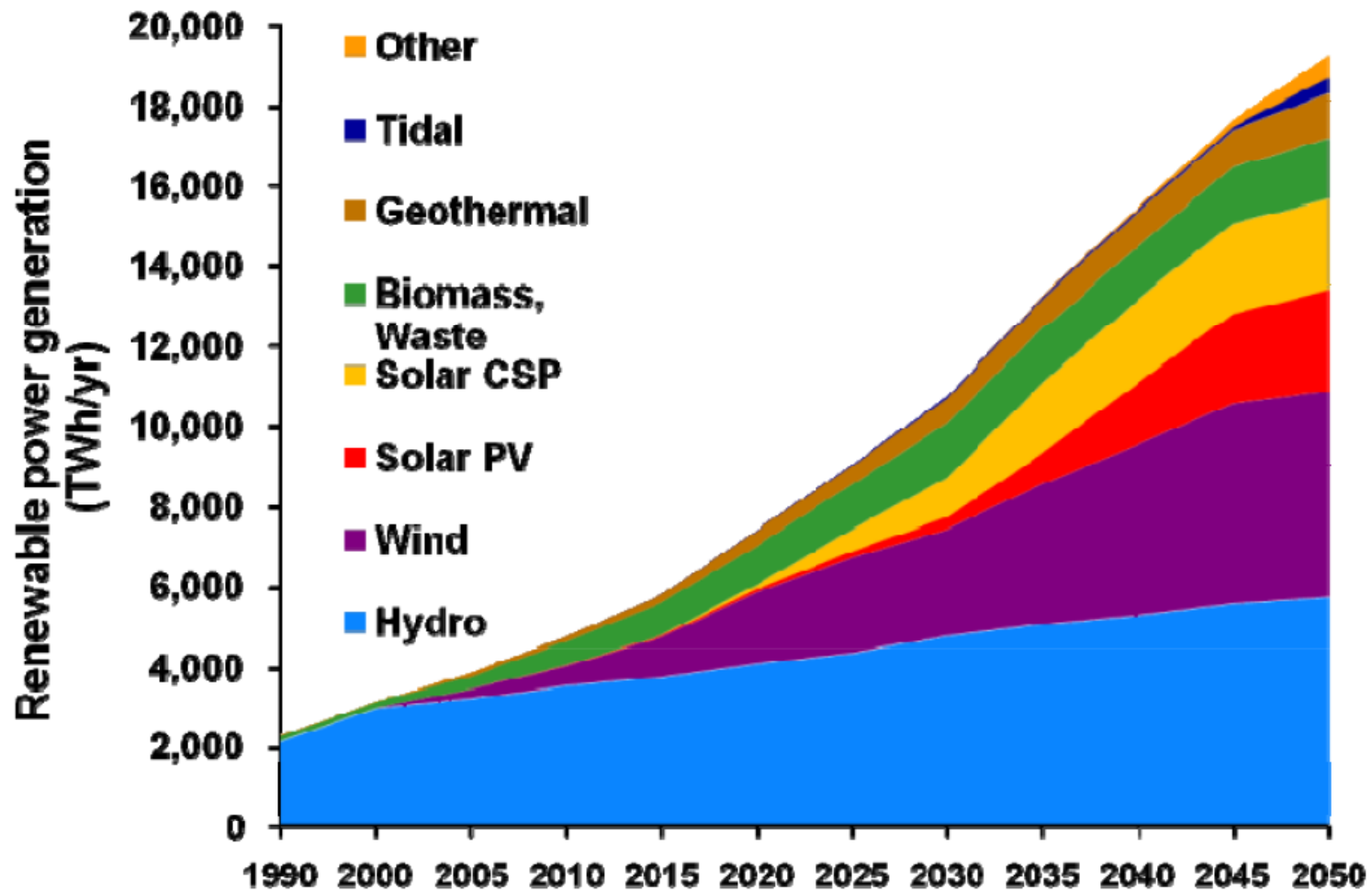


## VAŽNOST POVEĆANJA UDJELA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

- Smanjenje emisija ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) u atmosferu nadomještanjem proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva (nafta, ugljen, plin),
- Smanjenje ovisnosti o uvozu energetske sirovine i električne energije,
- Održivi razvoj.



# PROJEKCIJA SVJETSKE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OIE DO 2050.

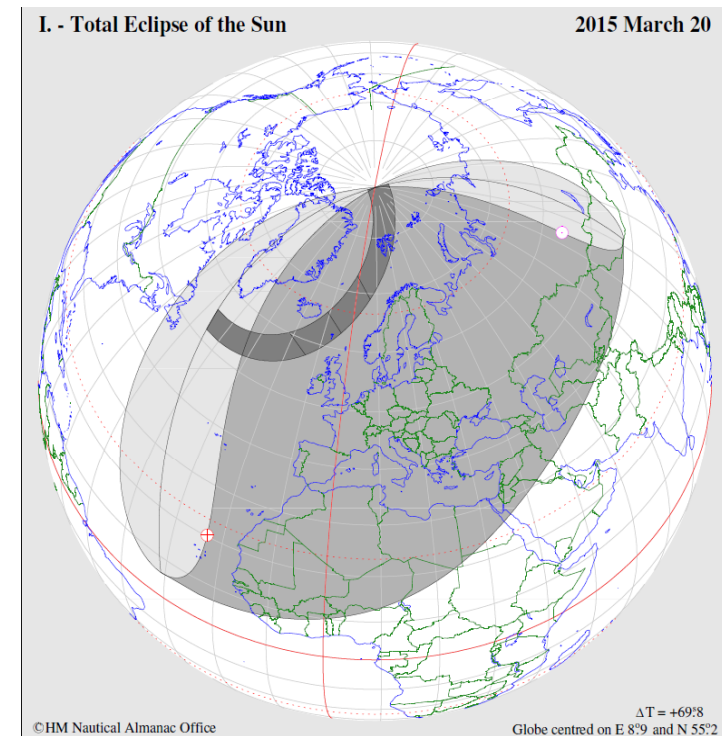


## UTJECAJ OIE NA POGON EES-a

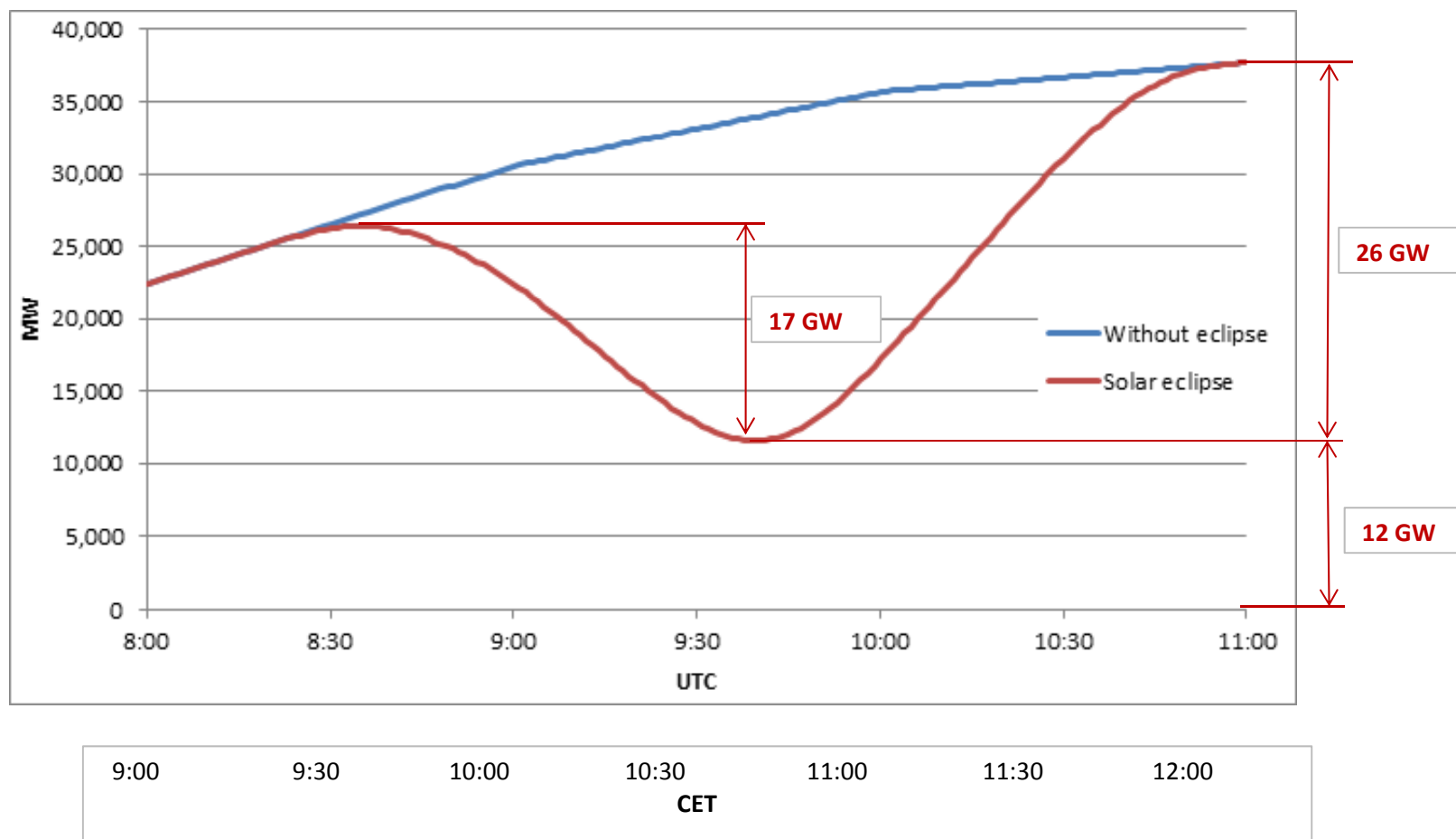
- Ključni faktori utjecaja OIE na pogon EES-a su:
  - Stalnost proizvodnje električne energije,
  - Predvidivost proizvodnje električne energije,
  - Udio OIE u proizvodnji električne energije,
- Što je proizvodnja električne energije nestalnija, a time i teže predvidiva, povećava se razina nesigurnosti i nepredvidivosti u pogonu EES-a,
- Ne govorimo više o planiranju (vozni red), već o prognozi proizvodnje električne energije,
- Što je veći udio nestalnih izvora u ukupnoj proizvodnji električne energije, veći je i utjecaj na pogon EES-a.

# POMRČINA SUNCA 2015.

- 20 Ožujak 2015
  - 08:40-12:50 CET (07:40-11:50 UCT)
- Potpuno predvidiv događaj, no pretvorba sunčanog zračenja u električnu energiju predvidiva s određenom točnošću,
- Zbog značajnog porasta instaliranih proizvodnih kapaciteta u fotonaponskim elektranama (PV) pripreme OPS-ova u okviru sinkronog područja kontinentalne Europe za pomrčinu sunca 2015. trajale su oko godinu dana,
- Pomrčina sunca je uzrokovala je pad proizvodnje PV na području Europe u iznosu od 17 GW unutar sat vremena, i porast proizvodnje za 26 GW unutar sat vremena, bez značajnijeg utjecaja na frekvenciju povezanog europskog sustava radi izvrsne pripreme i dostatnih količina brze regulacije.

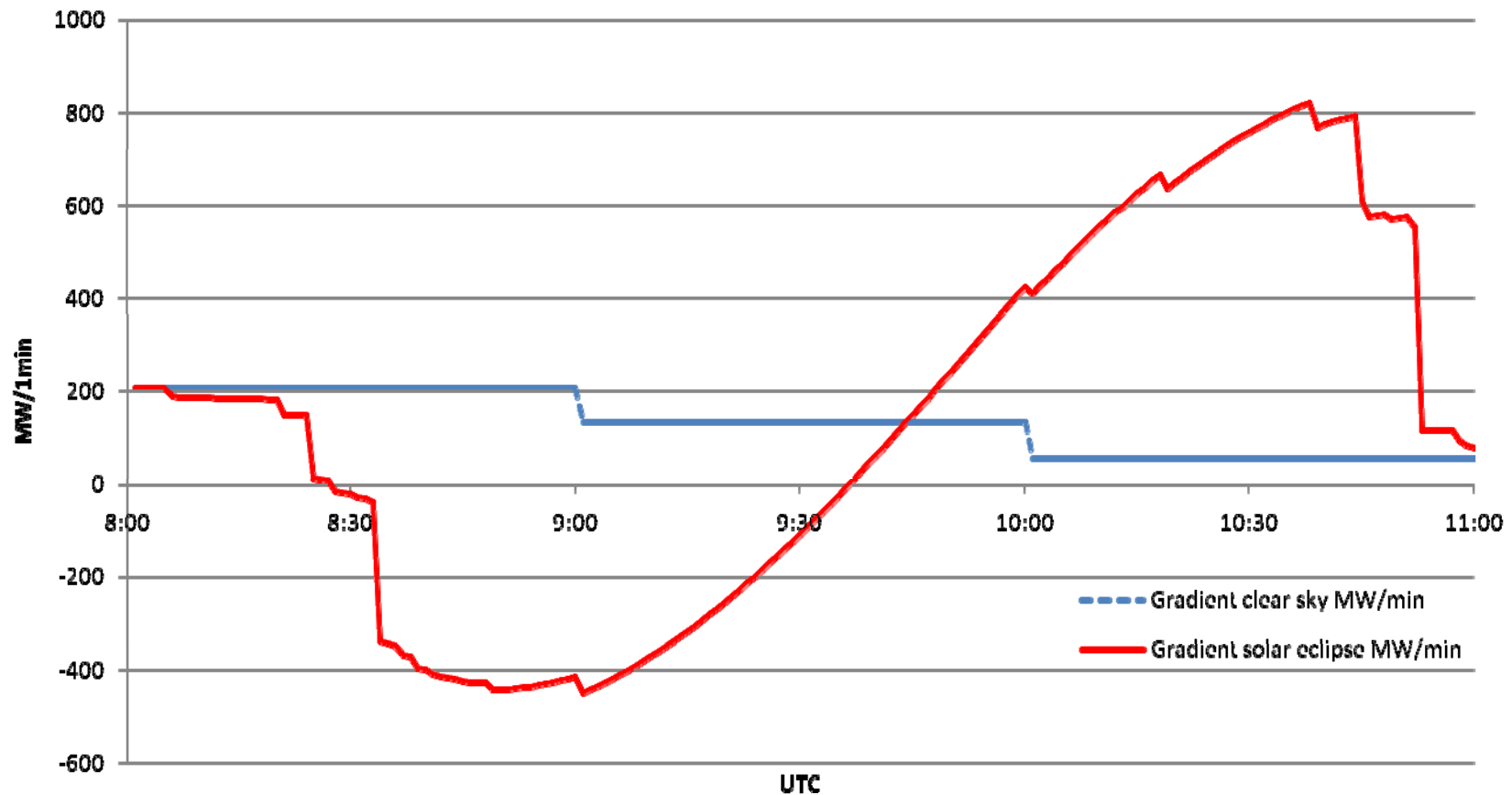


# PROIZVODNJA PV-a SA I BEZ POMRČINE SUNCA





# GRADIJENT PROMJENE SNAGE PV-a SA I BEZ POMRČINE SUNCA



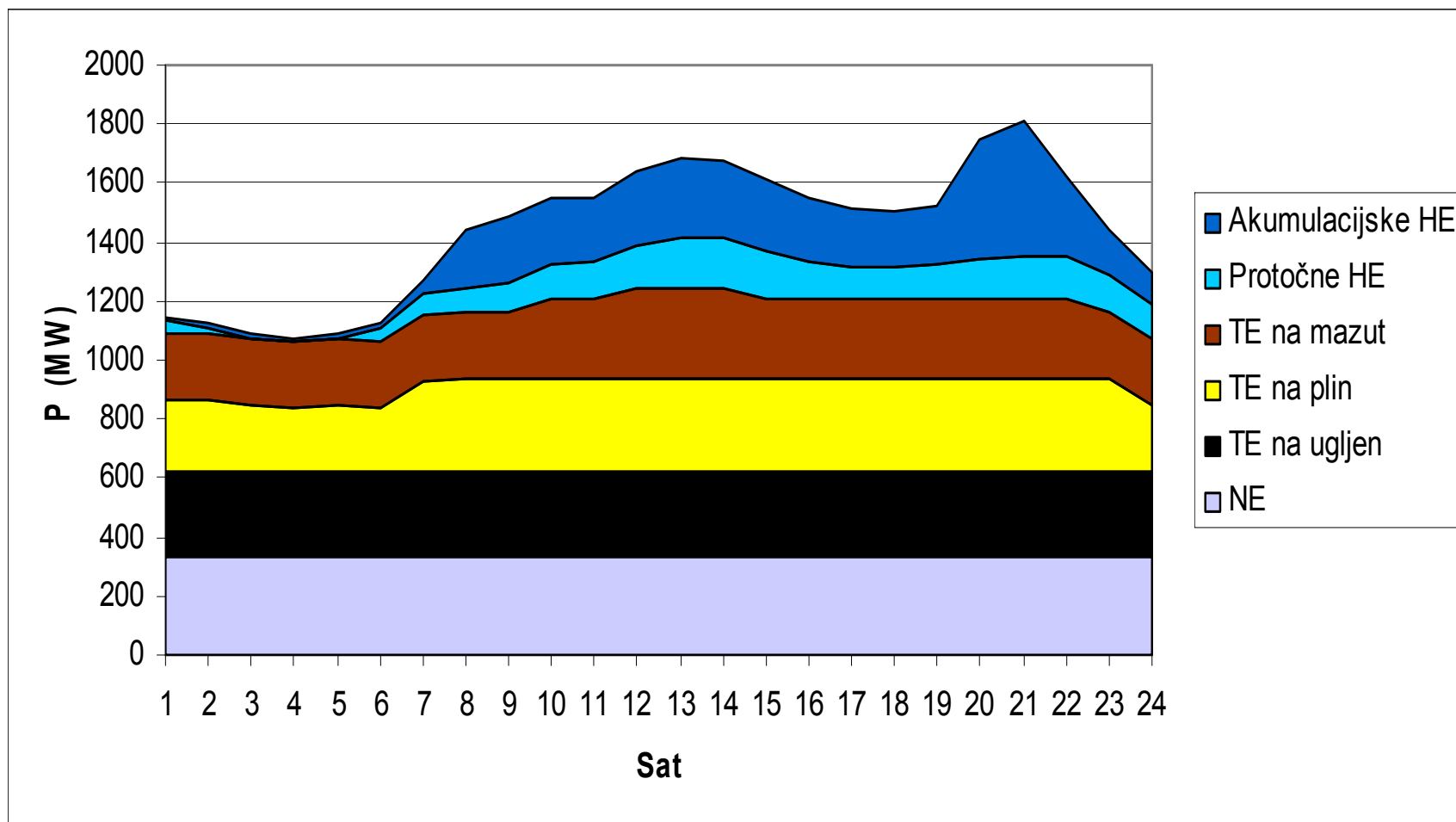
## 50.2 Hz PROBLEM

- 50.2 Hz problem pojavio se 2011. – 2012. godine, uslijed izuzetno velike instalacije PV-a u Njemačkoj (Njemačka ima danas instalirano **39 GW** solara, a EU **89 GW**), jer su se tada PV-i isključivali 200 ms nakon dosezanja 50.2 Hz vrijednosti, sukladno tadašnjim pravilima za mreže, što je moglo uzrokovati **raspad EES-a** čitave Europe,
- U srpnju 2012. godine pravila su promijenjena na način da PV-i slijede linearnu karakteristiku smanjenja snage, a u ljeto 2013. započeo je tzv. retrofitting program, odnosno prepodešavanje PV panela, i zahvatio je **300.000** instalacija raznih snaga koje je bilo potrebno prepodesiti,
- Za retrofitting su zaduženi tamošnji ODS-i, a trošak od oko **200 miliona EUR** pokriven je 50% iz mrežne tarife, a 50% iz naknade za OIE. Planiran je završetak do kraja 2014. godine. Danas svaka instalacija PV-a mora imati inverter s ugrađenom P(f) karakteristikom.

## PROGNOZA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OIE

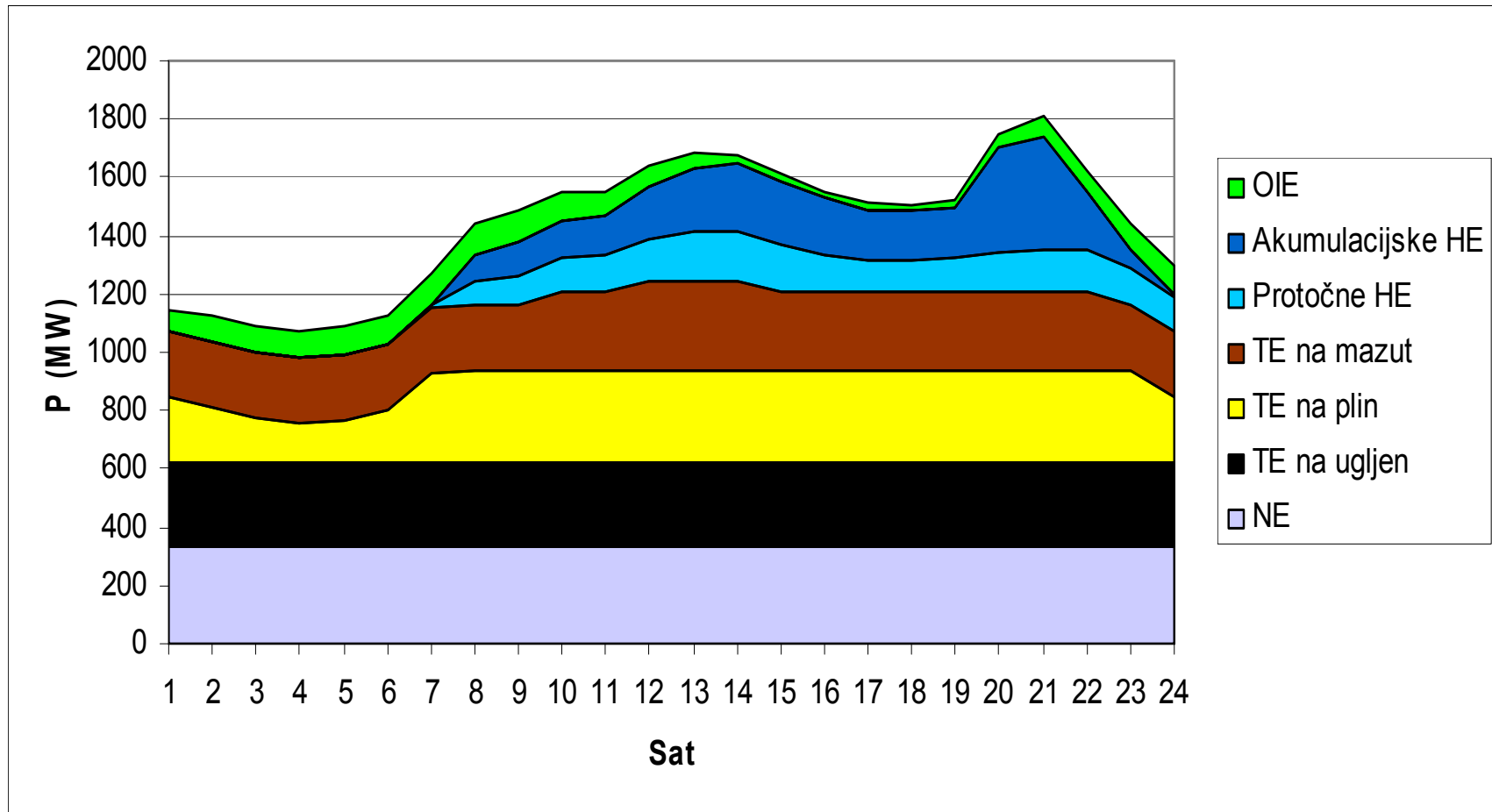
- OIE sa stalnom ili periodičnom proizvodnjom električne energije (biomasa, geotermalna energija) ne predstavljaju izazov pri planiranju,
- OIE sa nestalnom (stohastičkom) proizvodnjom, poput vjetroelektrana ili fotonaponskih elektrana, zahtjevaju korištenje posebnih prognostičkih alata temeljenih na numeričkim modelima i meteorološkim podacima,
- Kratkoročne prognoze značajno kvalitetnije no dugoročne.

# VOZNI RED ELEKTRANA BEZ OIE

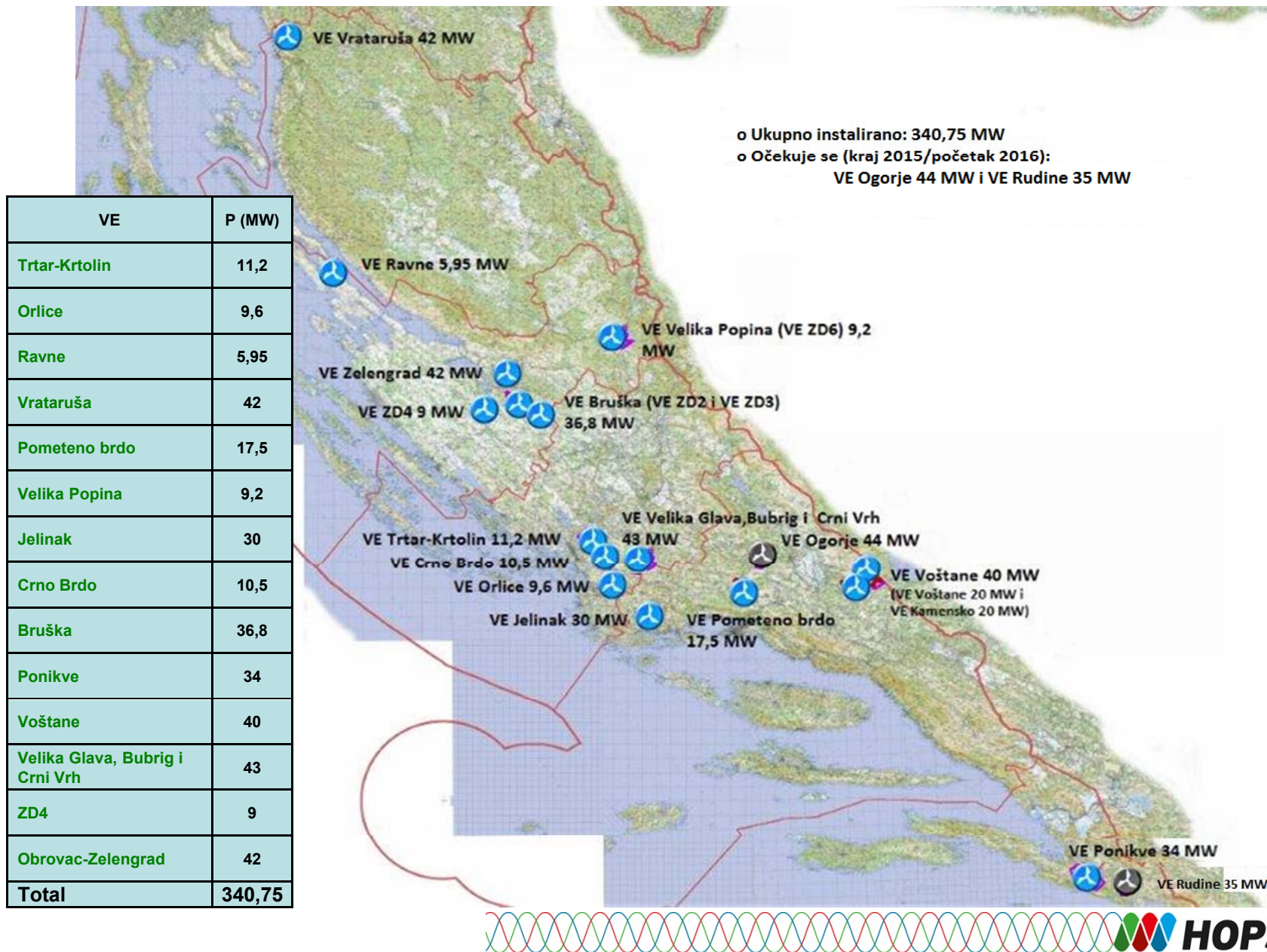




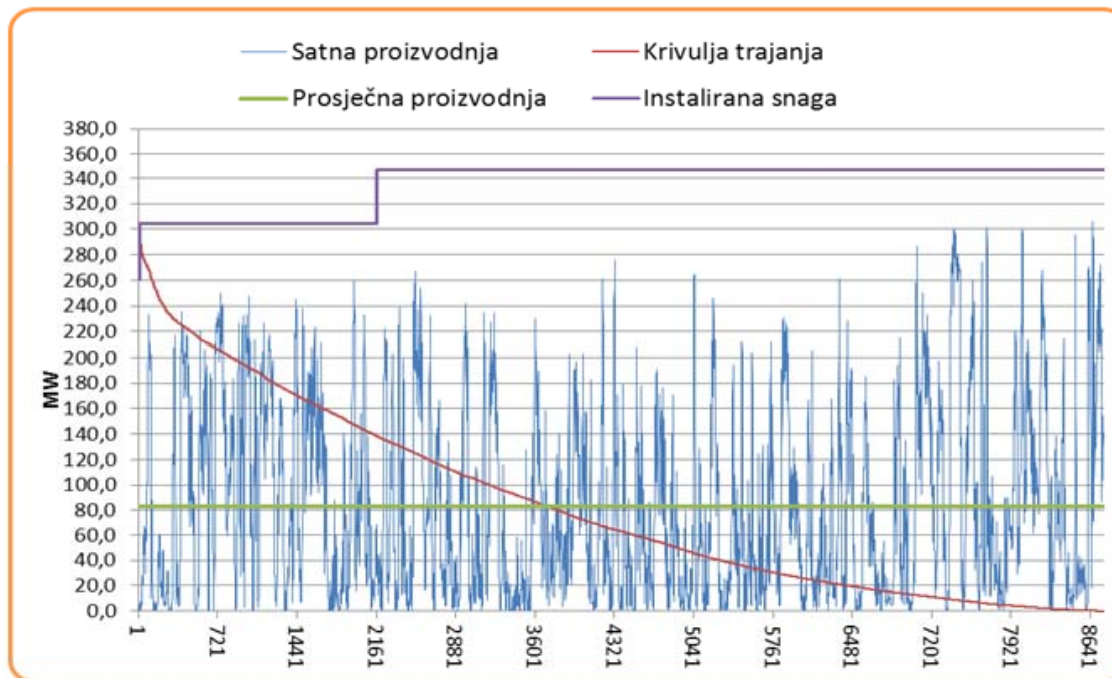
# VOZNI RED ELEKTRANA SA OIE



# HOPS VJETROELEKTRANE U HRVATSKOJ



# KARAKTERISTIKE PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ



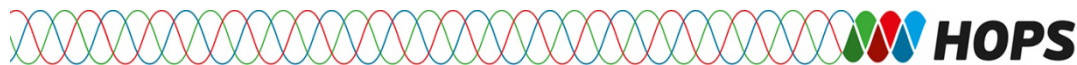
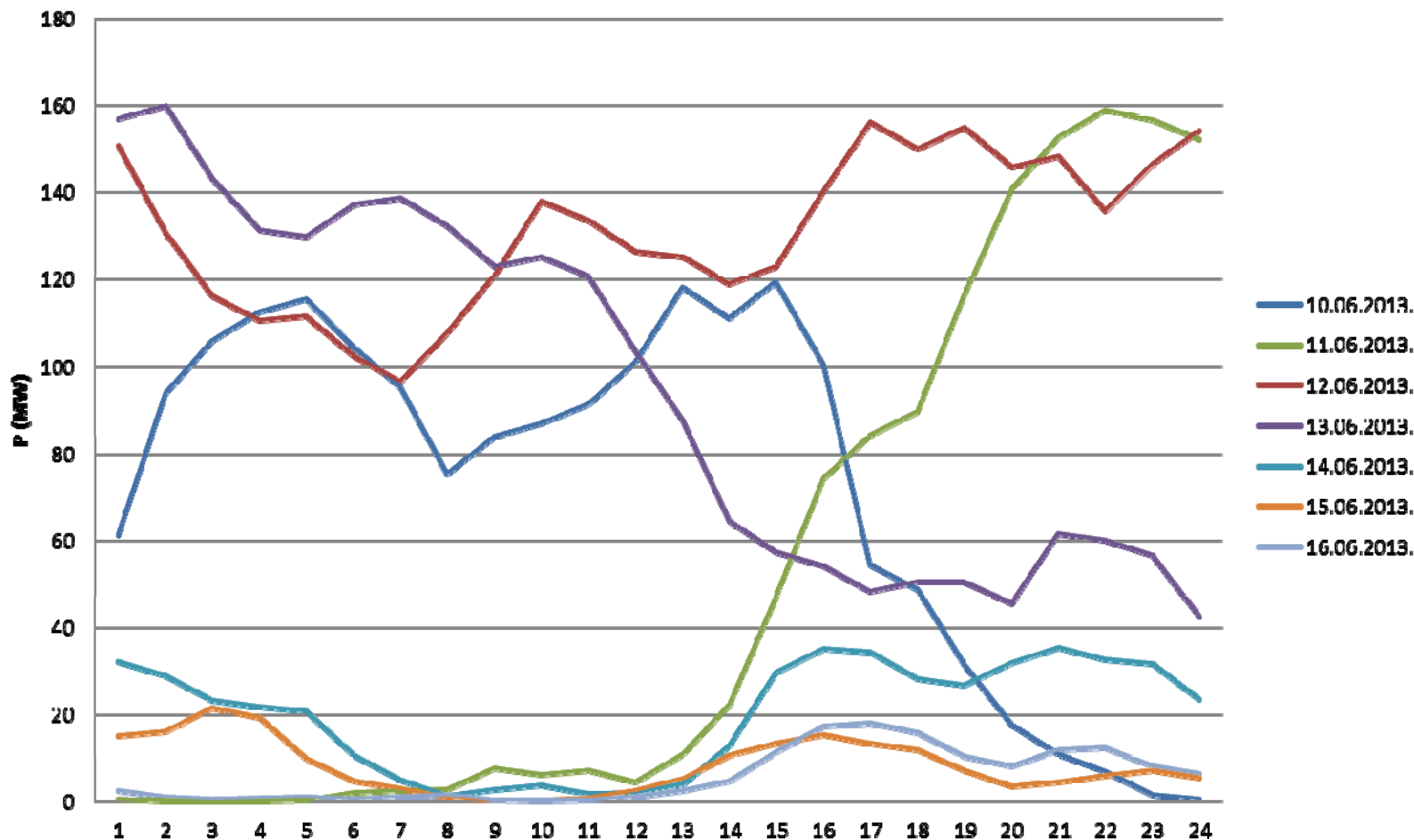
Dijagram satnog angažmana i krivulja trajanja proizvodnje vjetroelektrana u Hrvatskoj u 2014. godini

- Prosječna satna proizvodnja VE u 2014. iznosila je **83,3 MWh**
- Maksimalna satna proizvodnja je bila **306,2 MWh** ostvarena je 27.12.2014. u 23 h
- Prosječni ostvareni faktor iskorištenja instalirane snage je **25%**
- 10% vremena je vjerojatno da će angažirana snaga VE biti jednaka ili manja od **1%** ukupne instalirane snage



# PROMJENJIVOST DNEVNOG DIJAGRAMA PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA

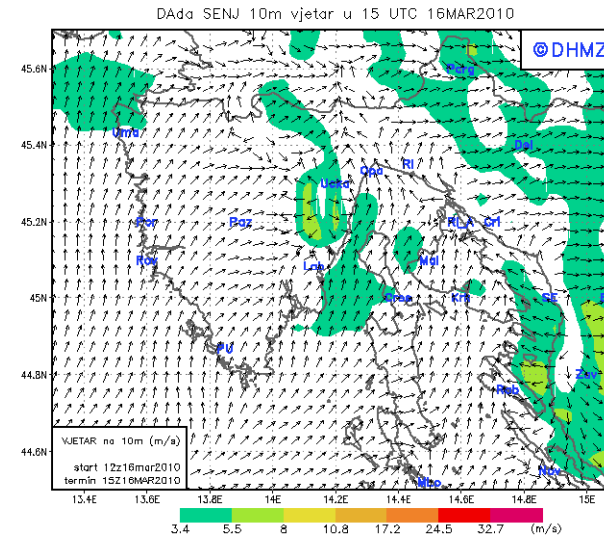
Dnevni dijagrami vjetroproizvodnje, lipanj 2013.



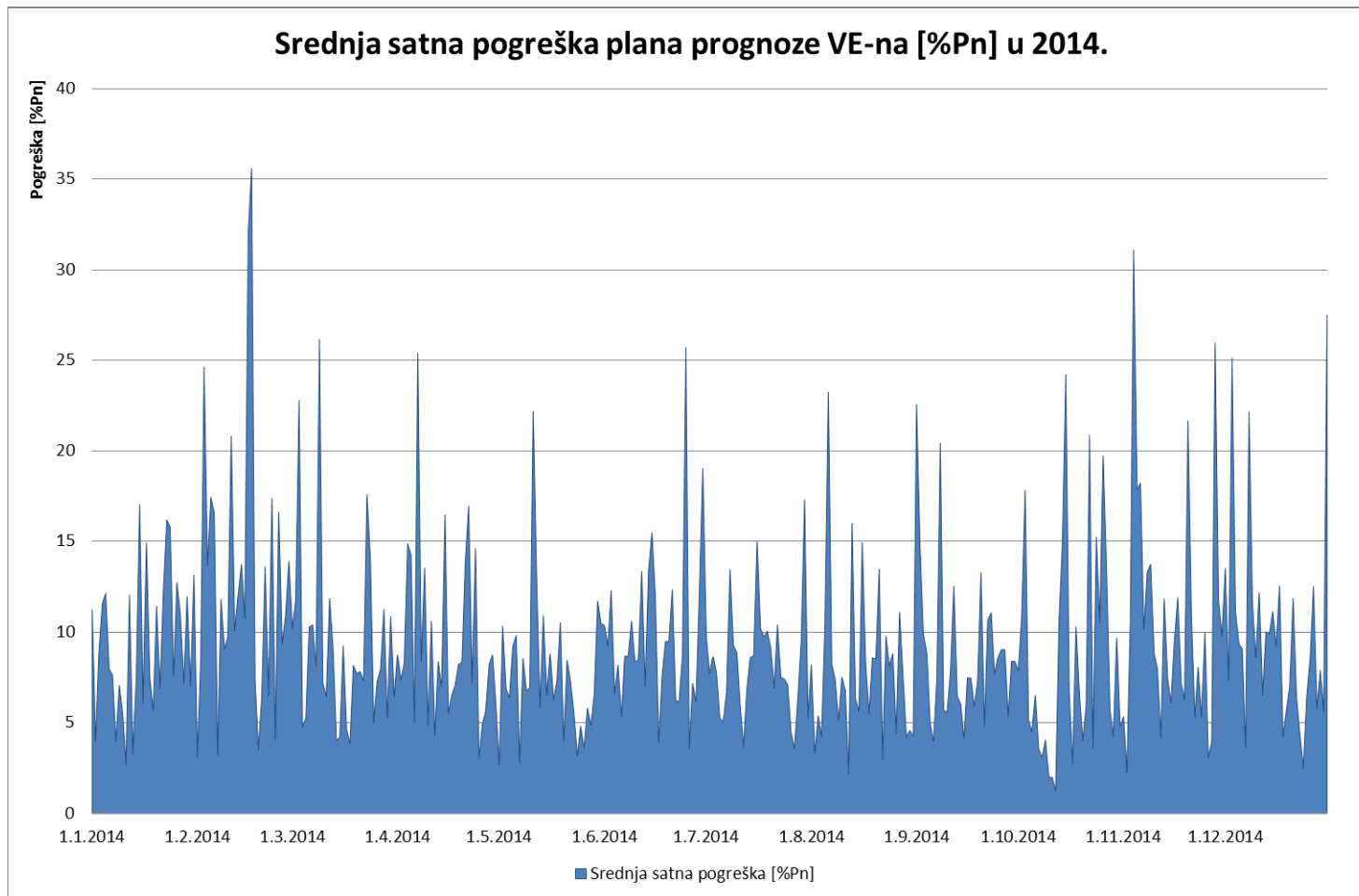


# PROGNOZA RADA VJETROELEKTRANA

- ALADIN/HR model za 3 dana unaprijed
  - prognozira se smjer i brzina vjetra
  - vremenska rezolucija od 1 sat vremena
  - prostorna rezolucija od 2 km
  - operativno provođenje dva puta dnevno u 00 UTC i 12 UTC
  
- ECMWF model za sljedeća 2 dana
  - smjer i brzina vjetra na visini 10 m iznad tla
  - vremenska rezolucija od 3 sata
  - prostornom rezolucija od 0.25 stupnjeva (~25 km)
  - operativno provodi dva puta dnevno u 00 UTC i 12 UTC



# SREDNJA SATNA POGREŠKA PROGNOZE RADA VE [%P<sub>N</sub>] U 2014.



# WEATHER INTELLIGENCE FOR WIND ENERGY - WILL4WIND

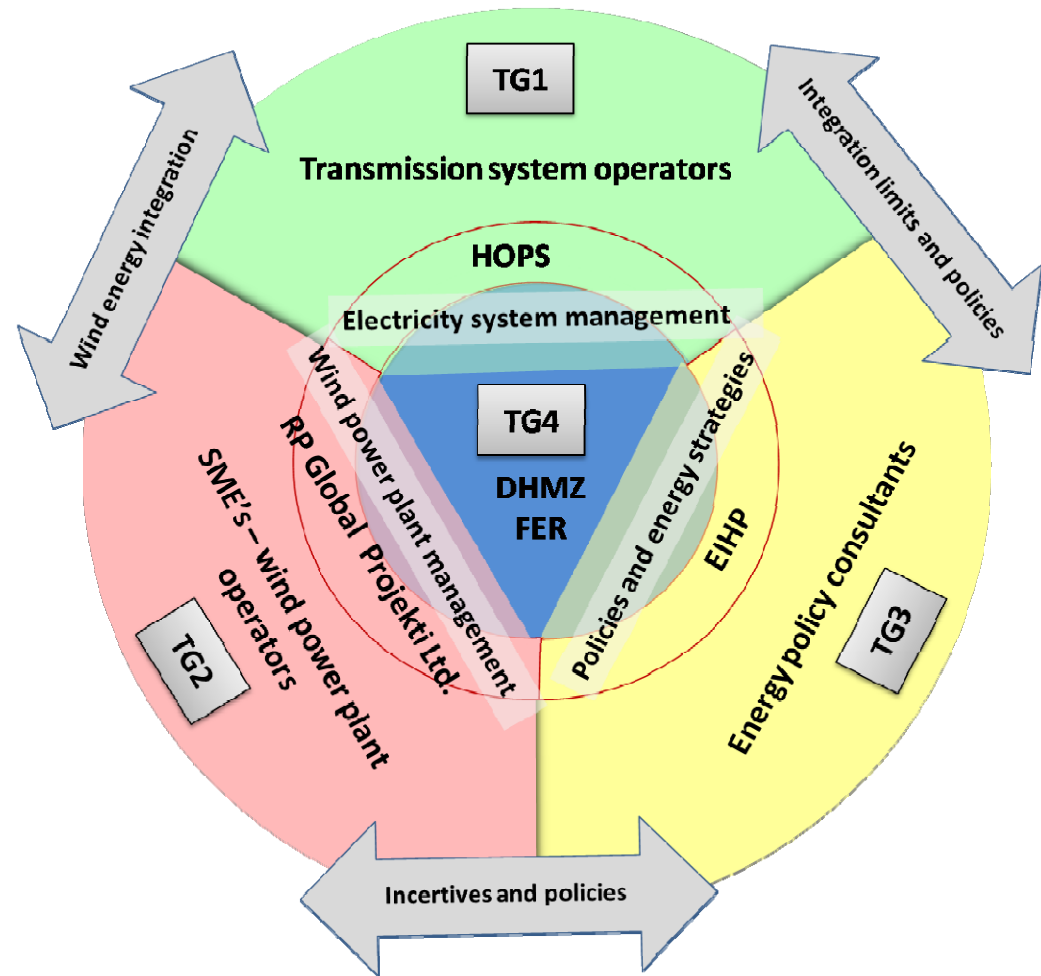
## EU projekt

- Početak: 10. travanj 2013.
- Trajanje: 2 godine
- Uključeno: 22 osobe, 3.5 PhD
- EU sredstva: ~0.55 mil EUR

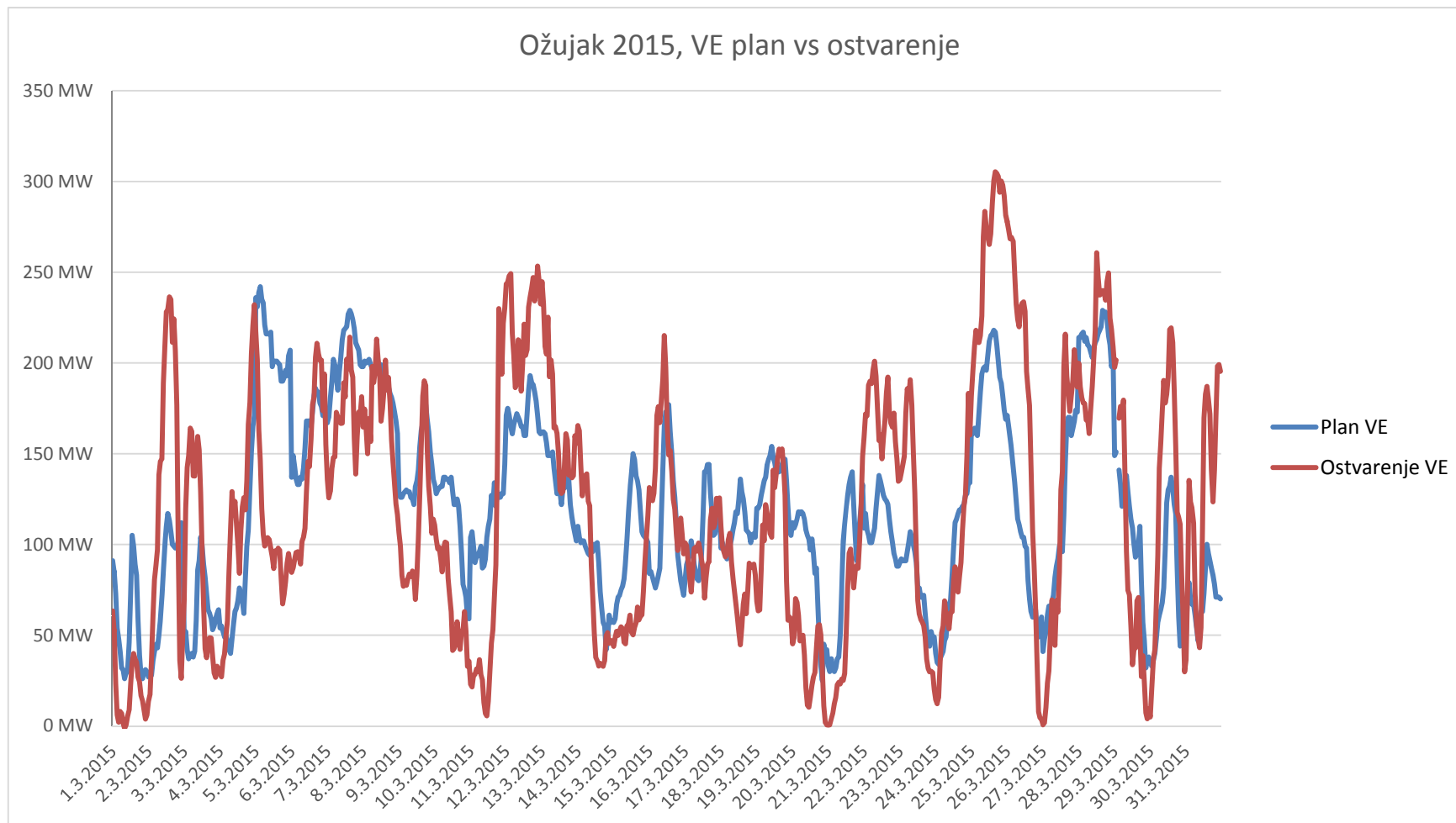
## Partneri

- DHMZ (voditelj)
- FER
- HOPS
- EIHP
- RP Global Projekti d.o.o.

**Završna radionica projekta:  
10. – 11.06. 2015., Solaris, Šibenik**

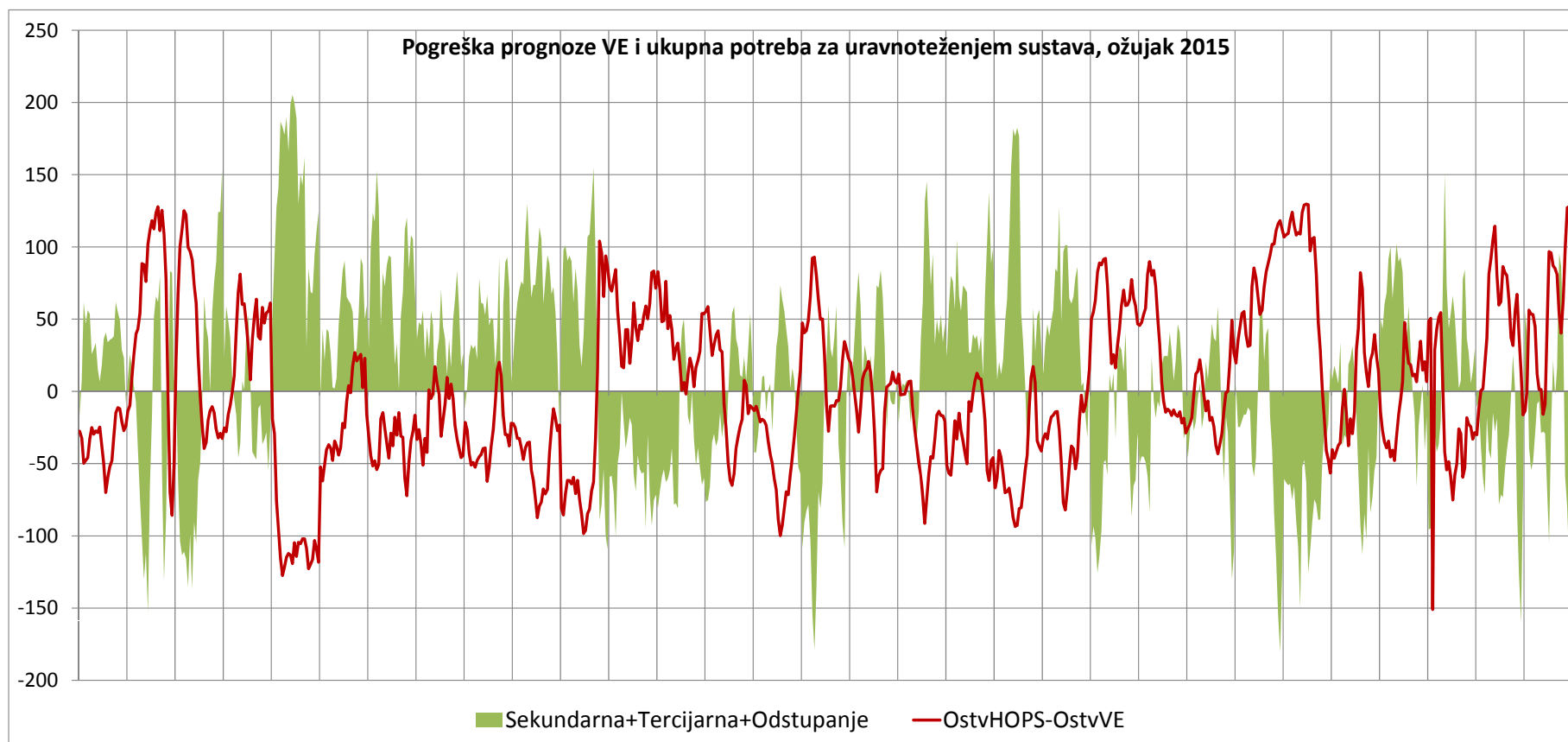


# USPOREDBA PLANIRANE I PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OIE



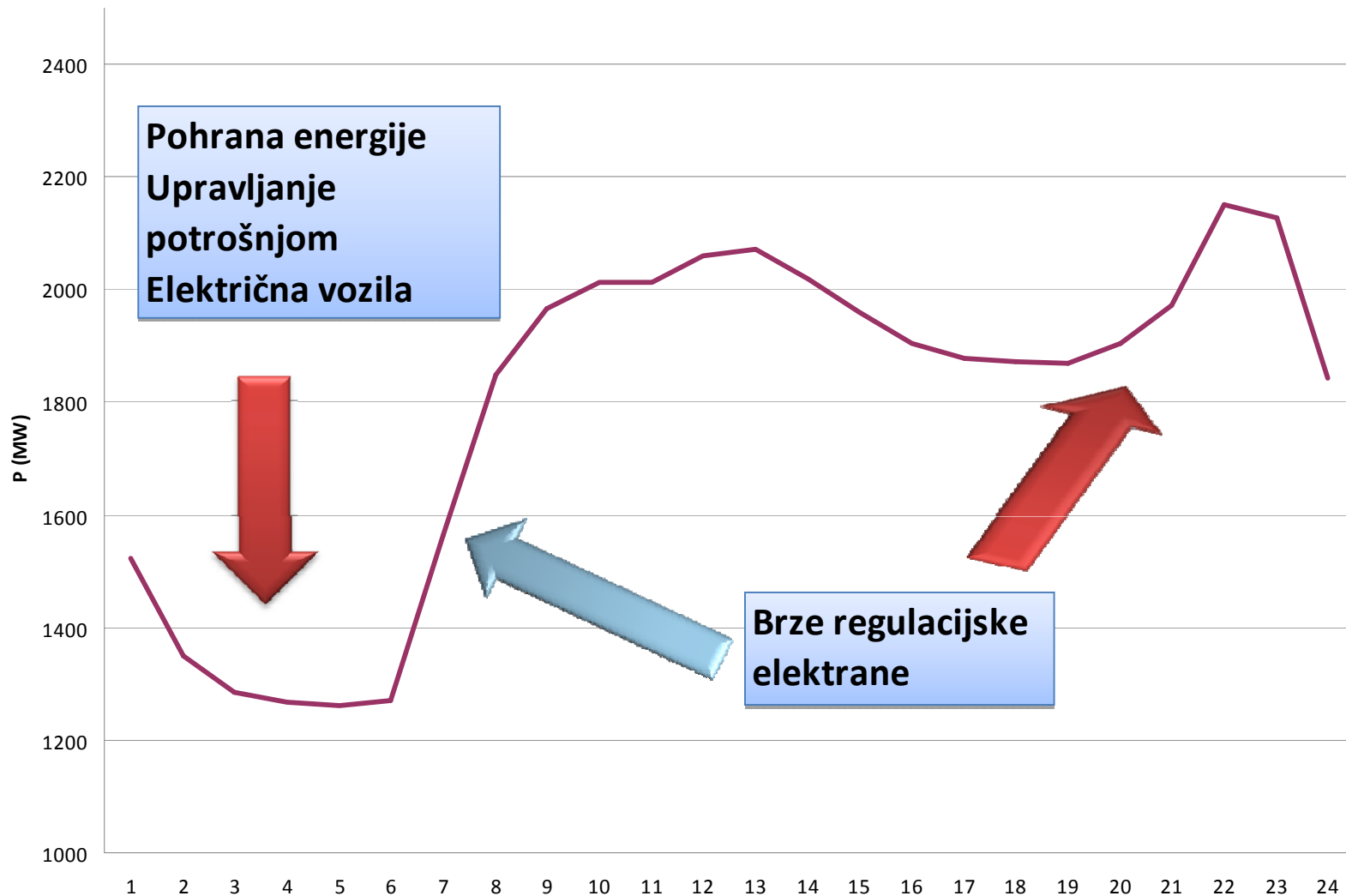


# POGREŠKA PROGNOZE RADA VE I UKUPNA POTREBA ZA URAVNOTEŽENJEM EES-a





# POVEĆANA INTEGRACIJA OIE U EES



**HVALA NA  
PAŽNJI!**

