



# WIND energy integration in Low Inertia Power System

Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Sveučilište u Zagrebu

# O projektu

## Voditelj:

- Prof.dr.sc. Igor Kuzle

## Trajanje:

- 36 mjeseci (1.1.2018. - 31.12.2020.)

## Fond:

- 2.4 mil. Kn



# Potpore i sudionici projekta

- **Hrvatska zaklada za znanost**
  - Potpora projektu
- **Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.**
  - Potpora i partner projektu
- **HEP-Proizvodnja d.o.o.**
  - Potpora i partner projektu



# Projektni tim

Prof. dr. sc. Igor Kuzle	<a href="mailto:igor.kuzle@fer.hr">igor.kuzle@fer.hr</a>
Prof. dr. sc. Nenad Debrecin	<a href="mailto:nenad.debrecin@fer.hr">nenad.debrecin@fer.hr</a>
Prof. dr. sc. Tomislav Tomiša	<a href="mailto:tomislav.tomisa@fer.hr">tomislav.tomisa@fer.hr</a>
Prof. dr. sc. Davor Grgić	<a href="mailto:davor.grgic@fer.hr">davor.grgic@fer.hr</a>
dr. sc. Perica Ilak	<a href="mailto:perica.ilak@fer.hr">perica.ilak@fer.hr</a>
Mateo Beus, mag. ing. el.	<a href="mailto:mateo.beus@fer.hr">mateo.beus@fer.hr</a>
Matej Krpan, mag. ing. el.	<a href="mailto:matej.krpan@fer.hr">matej.krpan@fer.hr</a>
Goran Grdenić, mag. ing. el.	<a href="mailto:goran.grdenic@fer.hr">goran.grdenic@fer.hr</a>
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.	<a href="mailto:tomislav.baskarad@fer.hr">tomislav.baskarad@fer.hr</a>
Josip Đaković, mag. ing. el.	<a href="mailto:josip.djakovic@fer.hr">josip.djakovic@fer.hr</a>

# Projektni tim

dr. sc. Igor Ivanković	<a href="mailto:igor.ivankovic@hops.hr">igor.ivankovic@hops.hr</a>
dr. sc. Miroslav Mesić	<a href="mailto:miroslav.mesic@hops.hr">miroslav.mesic@hops.hr</a>
Antun Andrić, dip. Ing.	<a href="mailto:antun.andric@hops.hr">antun.andric@hops.hr</a>
dr. sc. Renata Rubeša	<a href="mailto:renata.rubesa@hops.hr">renata.rubesa@hops.hr</a>
Goran Levačić, dipl. ing.	<a href="mailto:goran.levacic@hops.hr">goran.levacic@hops.hr</a>
Boris Avramović, dipl. ing.	<a href="mailto:boris.avramovic@hops.hr">boris.avramovic@hops.hr</a>
dr. sc. Kristijan Frlan	<a href="mailto:kristijan.frlan@hops.hr">kristijan.frlan@hops.hr</a>
Ivan Tolić, mag. ing. El.	<a href="mailto:ivan.tolic@hops.hr">ivan.tolic@hops.hr</a>

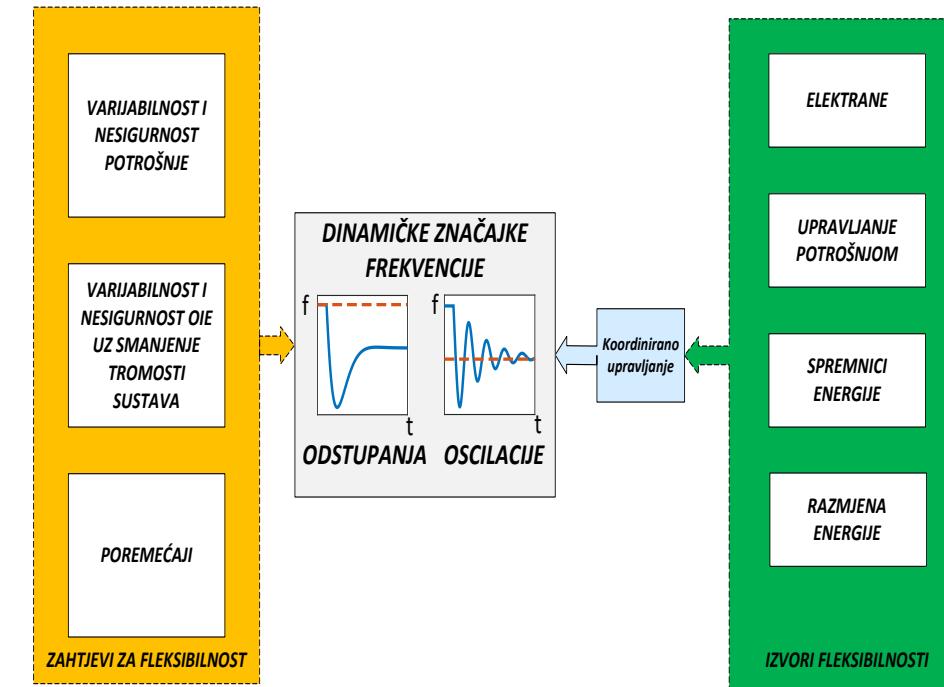
# Projektni tim

mr. sc. Nenad Švarc	<a href="mailto:nenad.svarc@hep.hr">nenad.svarc@hep.hr</a>
Marko Špoljarić, mag. ing. el.	<a href="mailto:marko.spoljaric@hep.hr">marko.spoljaric@hep.hr</a>
Tomislav Robina, mag. ing. el.	<a href="mailto:tomislav.robina@hep.hr">tomislav.robina@hep.hr</a>

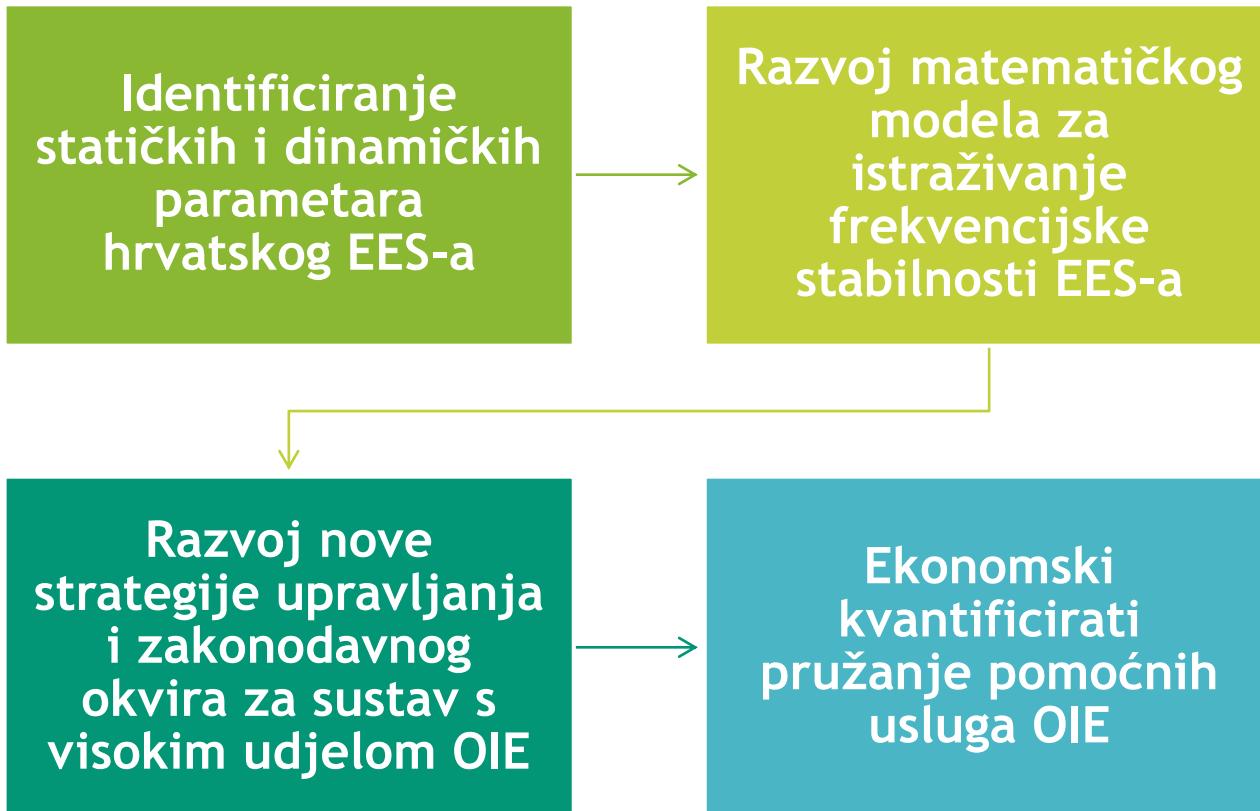
# Problematika

## Povećanom integracijom vjetroelektrana u EES:

- Smanjuje se konstanta tromosti EES-a,
- Smanjuje se stabilnost sustava na neravnotežu djelatne snage – veća odstupanja frekvencije
- Povećava se udio teško predvidljive proizvodnje koja ne sudjeluje u pomoćnim uslugama – potreba za fleksibilnošću sustava

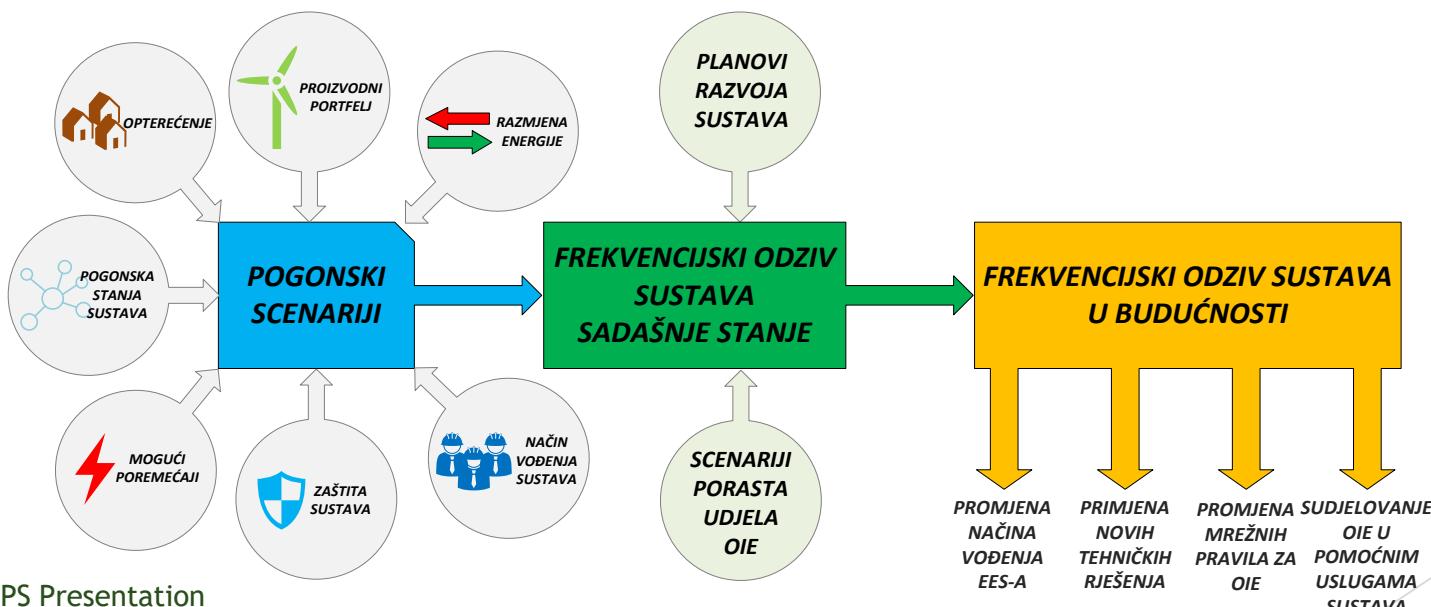


# Ciljevi



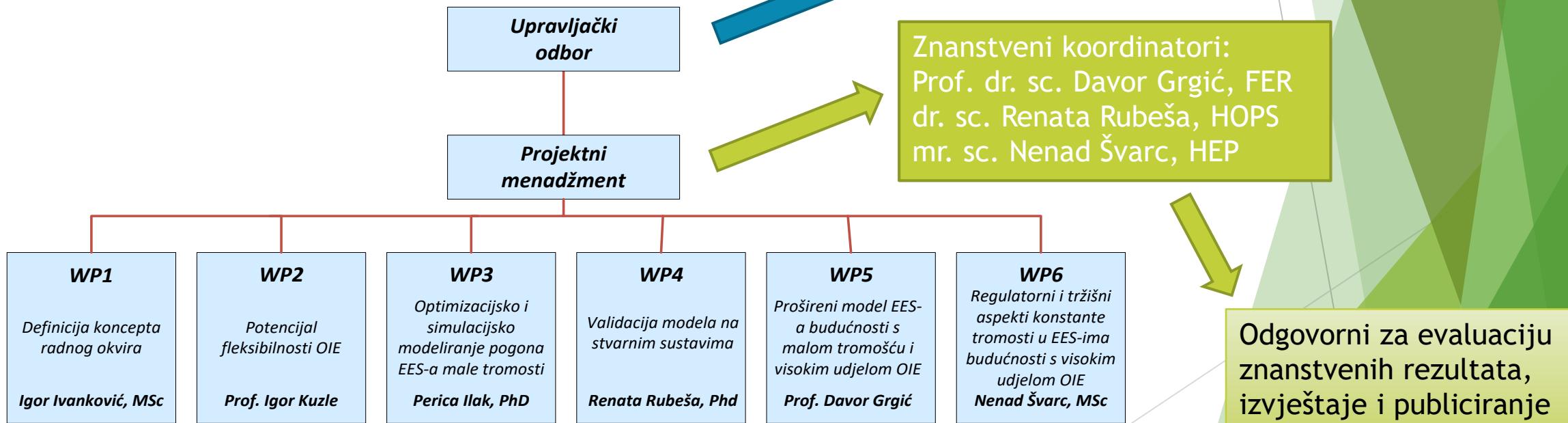
# Metodologija

- Izrada matematičkog modela:
  - Inercijski odziv agregata i primarna regulacija frekvencije i djelatne snage uz sudjelovanje VE i FN



# Radni plan

- **Ukupno 6 radnih grupa (paketa)**
  - Zaposleno dvoje novih doktoranada



# Radna grupa 1

dr. sc. Igor Ivanković, HOPS - voditelj  
Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER  
mr. sc. Nenad Švarc, HEP  
Prof. dr. sc. Tomislav Tomiša, FER  
dr. sc. Miroslav Mesić, HOPS  
mr. sc. Nenad Švarc, HEP

- **WP1 – Definicija koncepta radnog okvira - zadatci**
  - Pregled tehničke i znanstvene literature.
  - Analiza mogućnosti OIE za pružanje pomoćnih usluga sustava.
  - Prikupljanje tehničkih i ekonomskih podataka EES-a Hrvatske.
  - Pogonski scenariji s postojećim načinima vođenja i sistemskim zaštitama.
  - Rekonstrukcija mini hidroelektrane u laboratoriju za napredne mreži.



# Radna grupa 1

dr. sc. Igor Ivanković, HOPS - voditelj  
Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER  
mr. sc. Nenad Švarc, HEP  
Prof. dr. sc. Tomislav Tomiša, FER  
dr. sc. Miroslav Mesić, HOPS  
mr. sc. Nenad Švarc, HEP

- **WP1 – Definicija koncepta radnog okvira - isporuke**
  - **Izvještaj** o mogućnostima OIE za pružanje pomoćnih usluga sustava.
  - Osuvremenjen laboratorij za napredne elektroenergetske mreže.
  - Podatci o tehnologijama OIE u RH.

# Radna grupa 2

Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER - voditelj  
Prof. dr. sc. Nenad Debrecin, FER  
Goran Levačić, dipl. ing., HOPS  
Boris Avramović, dipl. ing., HOPS  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP2 – Potencijal fleksibilnosti OIE - zadatci**
  - Pregled tehničke i znanstvene literature.
  - Istraživanje postojećih tehnologija VE i FN elektrana s obzirom na dinamičke značajke istih.

# Radna grupa 2

Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER - voditelj  
Prof. dr. sc. Nenad Debrecin, FER  
Goran Levačić, dipl. ing., HOPS  
Boris Avramović, dipl. ing., HOPS  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP2 – Potencijal fleksibilnosti OIE - isporuke**
  - **Izvještaj** s konstantom tromosti  $H$  svih agregata u sustavu uključujući OIE uz pregled tehnologija postojećih VE i FN elektrana u EES-u Hrvatske.
  - Definiranje izvora fleksibilnosti i pripadnih potencijala s obzirom na zahtjeve sustava i tehničke mogućnosti.

# Radna grupa 3

dr. sc. Perica Ilak, FER - voditelj  
dr. sc. Renata Rubeša, HOPS  
Antun Andrić, dipl. ing., HOPS  
Matej Krpan, mag. ing., FER  
Goran Grdenić, mag. ing., FER  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP3 – Optimizacijsko i simulacijsko modeliranje pogona EES-a male tromosti - zadatci**
  - Izrada statičkog modela prijenosne mreže.
  - Izrada dinamičkih modela svih elemenata EES-a.

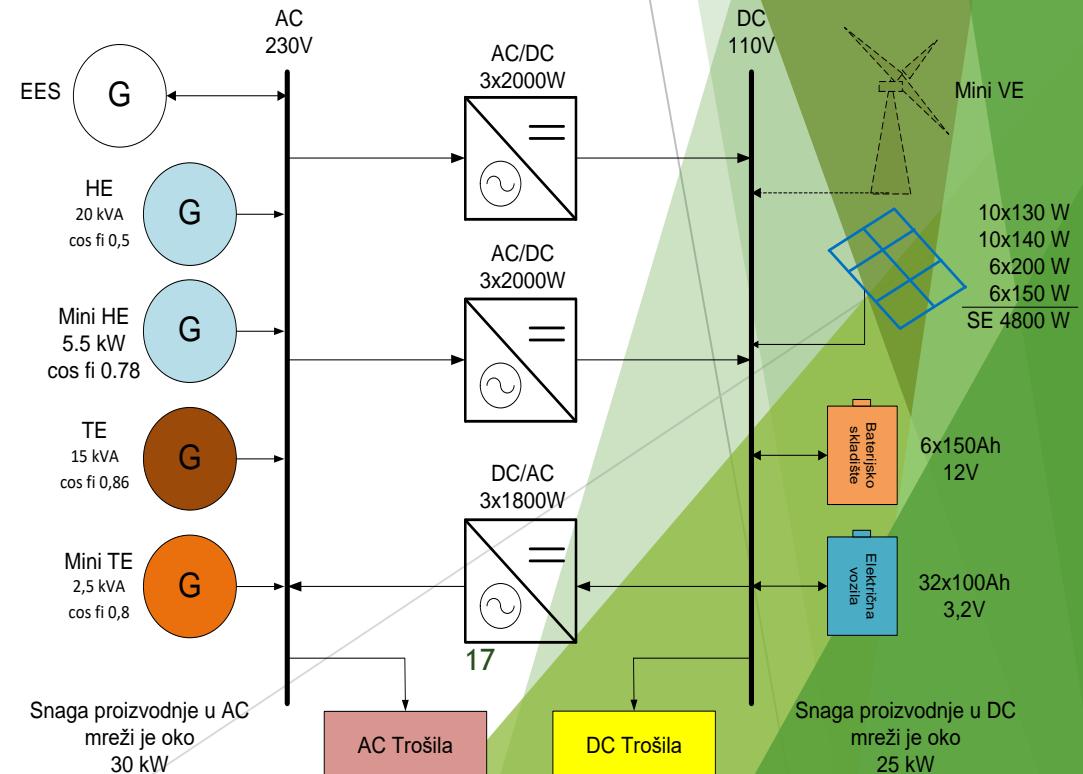
# Radna grupa 3

dr. sc. Perica Ilak, FER - voditelj  
dr. sc. Renata Rubeša, HOPS  
Antun Andrić, dipl. ing., HOPS  
Matej Krpan, mag. ing., FER  
Goran Grdenić, mag. ing., FER  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP3 – Optimizacijsko i simulacijsko modeliranje pogona EES-a male tromosti - isporuke**
  - Ocjena najznačajnijih utjecaja na pogon elektroenergetskog sustava s malom tromosti.
  - Statički i dinamički model elektroenergetskog sustava.
  - **Statička stanja EES-a na temelju stvarnih mjerjenja u NDC-u i validacija statičkog modela.**

# Radna grupa 4

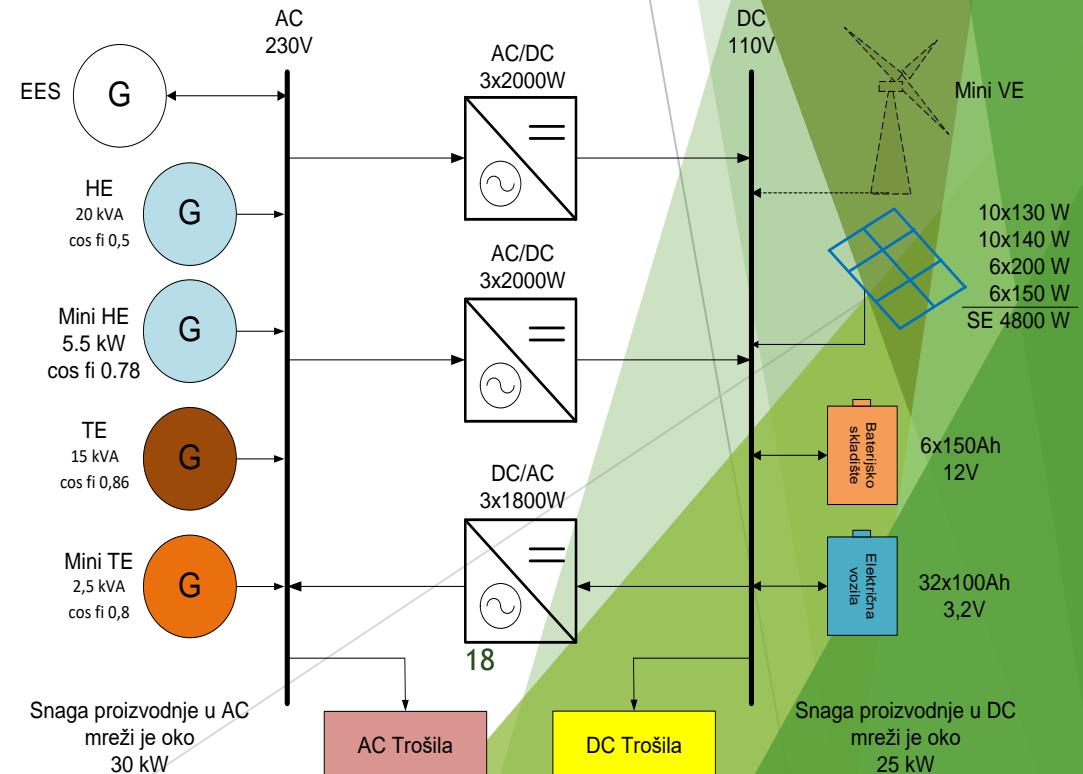
- **WP4 – Validacija modela na stvarnim sustavima - zadatci**
  - Laboratorijska ispitivanja na minijaturnom elektroenergetskom sustavu.
  - Usporedba simulacijskih odziva sa zapisima stvarnih poremećaja.



dr. sc. Renata Rubeša, HOPS - voditelj  
mr. sc. Kristijan Frlan, HOPS  
Ivan Tolić, dipl. ing., HOPS  
Tomisav Robina, HEP  
Mateo Beus, mag. ing., FER  
Matej Krpan, mag. ing., FER  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

# Radna grupa 4

- **WP4 – Validacija modela na stvarnim sustavima - isporuke**
  - Predstavljanje rezultata laboratorijske demonstracije.
  - Validacija s mjeranjima iz WAMS sustava nekih snimljenih poremećaja iz prošlosti.
  - **Postojeći zapisi dinamičkih pojava.**



dr. sc. Renata Rubeša, HOPS - voditelj  
 mr. sc. Kristijan Frlan, HOPS  
 Ivan Tolić, dipl. ing., HOPS  
 Tomisav Robina, HEP  
 Mateo Beus, mag. ing., FER  
 Matej Krpan, mag. ing., FER  
 Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
 Josip Đaković, mag. ing. el.

# Radna grupa 5

Izv. prof. dr. sc. Davor Grgić, FER - voditelj  
dr. sc. Perica Ilak, FER  
Boris Avramović, dipl. ing., HOPS  
Goran Grdenić, mag. ing., FER  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP5 - Prošireni model EES-a budućnosti s malom tromošću i visokim udjelom OIE - zadatci**
  - Budući energetski mix i konstanta tromosti sustava za planirani razvoj EES-a.
    - Vjetroagregati koji sudjeluju u pomoćnim uslugama
    - Modeli upravljive potrošnje
    - Baterijski spremnici energije
  - Analiza različitih udjela OIE na kratkoročne i dugoročne prilike u EES-u

# Radna grupa 5

Izv. prof. dr. sc. Davor Grgić, FER - voditelj  
dr. sc. Perica Ilak, FER  
Boris Avramović, dipl. ing., HOPS  
Goran Grdenić, mag. ing., FER  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP5 - Prošireni model EES-a budućnosti s malom tromošću i visokim udjelom OIE - isporuke**
  - Popis problema i prijedlog rješenja vezanih za integraciju velike količine VE i FN elektrana.
  - Cjeloviti popis zahtjeva za priključenja novih VE i većih FN elektrana u Hrvatskoj. Kreiranje vjerojatnih scenarija za buduću integraciju OIE uz predviđanje lokacija u EES-u.
  - **Izvještaj** s konceptima upravljanja VE s umjetno sintetiziranim (virtualnom) tromostom.

# Radna grupa 6

mr. sc. Nenad Švarc, HEP - voditelj  
Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER  
dr. sc. Perica Ilak  
mr. sc. Igor Ivanković, HOPS  
Antun Andrić, dipl. ing., HOPS  
Marko Špoljarić, mag. ing., HEP  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP6 - Regulatorni i tržišni aspekti konstante  
tromosti u elektroenergetskim sustavima  
budućnosti s visokim udjelom OIE - zadatci**
  - Analiza postojećih regulativa u jugoistočnoj Europi
  - Izrada preporuka za uvođenje virtualne inercije u  
sustavima vođenja VE i FN
  - Ocjena ekonomske koristi pružanja pomoćnih usluga od  
strane OIE

# Radna grupa 6

mr. sc. Nenad Švarc, HEP - voditelj  
Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER  
dr. sc. Perica Ilak  
mr. sc. Igor Ivanković, HOPS  
Antun Andrić, dipl. ing., HOPS  
Marko Špoljarić, mag. ing., HEP  
Tomislav Baškarad, mag. ing. el.  
Josip Đaković, mag. ing. el.

- **WP6 - Regulatorni i tržišni aspekti konstante  
tromosti u elektroenergetskim sustavima  
budućnosti s visokim udjelom OIE - isporuke**
  - **Izvještaj** s presjekom regulative vezane za priključenje OIE na jugoistoku Europe.
  - Promjena mrežnih pravila vezanih za mogućnost pružanja inercijskog odziva OIE te njihovo sudjelovanje u pomoćnim uslugama sustava



# Isporuke

- 10 konferencijskih radova
- 5 radova u časopisima
- Specijalne sesije
- Radionice

**EEEIC 2018, Palermo, Italija**

**IEEE PES General Meeting, Portland, SAD**

**HRO CIGRE, Rovinj**

**MEDPOWER 2018, Cavtat, 12-15.11.2018.**



# Zahvala

*„This work has been supported in part by the Croatian Science Foundation under the project WINDLIPS – WIND energy integration in Low Inertia Power System (grant No. HRZZ-PAR-02-2017-03).”*

*„Istraživanje je provedeno u sklopu projekta WINDLIPS – WIND energy integration in Low Inertia Power System Hrvatske zaklade za znanost, br. HRZZ-PAR-02-2017-03.*



## Doktorandi u HOPS-u i u obilasku postrojenja HEP-Proizvodnje

- Provodenje nekoliko dana mjesecno doktoranada u HOPS-u u svrhu prikupljanja podataka
- Posjet postrojenjima HEP-Proizvodnje i postrojenjima OIE



# Kontakt

## Web stranica:

- <http://windlips.com/>

## Kontakt email:

- [Igor.kuzle@fer.hr](mailto:Igor.kuzle@fer.hr)

Hvala na pažnji

