



Forum  
Innowacyjności

# Bezpieczeństwo i niezawodność systemu elektroenergetycznego wobec wzrostu generacji OZE

Wyzwania dla bezpieczeństwa Krajowego Systemu  
Elektroenergetycznego (KSE) ze strony generacji  
fotowoltaicznej i wiatrowej o znacznych mocach



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Instytut Energetyki  
Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# Niezawodność systemu elektroenergetycznego

**Wystarczalność** – zdolność systemu do pokrywania zapotrzebowania na moc i energię wszystkich odbiorców przez cały rozpatrywany okres

**Niezawodność operacyjna** – zdolność systemu do funkcjonowania i realizacji swych funkcji pomimo występowania nagłych zakłóceń, jak np. zwarcia lub nagłe wyłączenia elementów systemu

Zgodnie z ustawą *Prawo energetyczne* za bezpieczeństwo i niezawodność funkcjonowania KSE odpowiada:

- Operator Systemu Przesyłowego **OSP**
- Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych **OSD**



# System elektroenergetyczny z dużym udziałem OZE

- Zmniejszenie **mocy zwarciowej** (wpływ na stabilność kątową i napięciową)
- Zmniejszenie całkowitej **inerencji H** systemu (wpływ na stabilność częstotliwościową):



## Inertia contribution colouring code:

- **Green**      $H \geq 4 \text{ s}$      **Very good** contribution
- **Yellow**      $3 \text{ s} \leq H < 4 \text{ s}$      **Good** contribution
- **Orange**      $2 \text{ s} \leq H < 3 \text{ s}$      **Marginal** contribution
- **Red**      $H < 2 \text{ s}$      **Limited** contribution

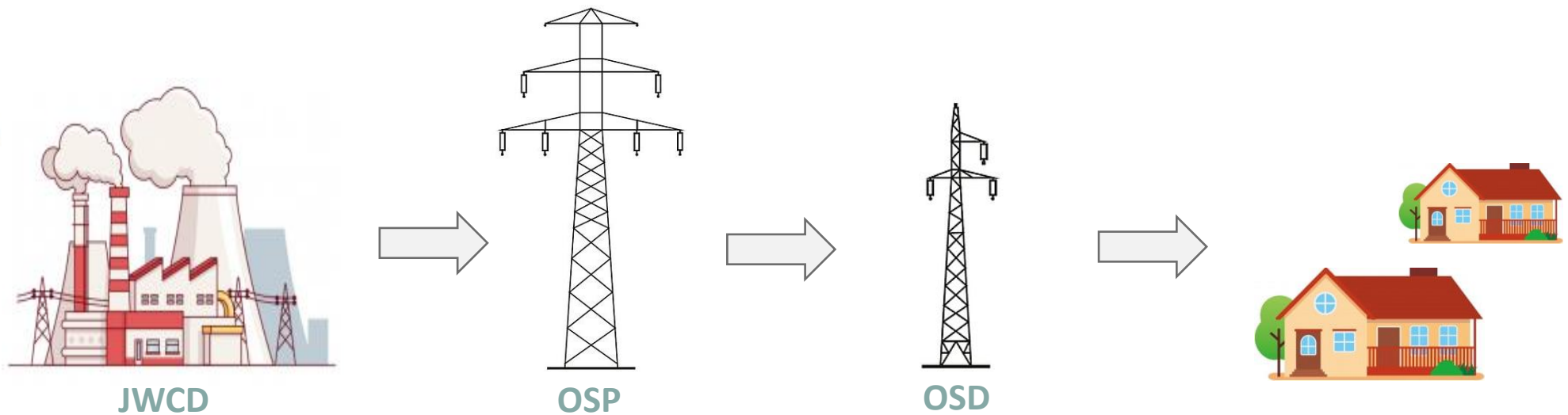
ENTSO-E „Ten Year Network Development Plan – TYNDP2016”





# System elektroenergetyczny z dużym udziałem OZE

- Istotna **zmienność** wytwarzania oraz znacznie niższa **obserwowalność** i **sterowalność** generacji OZE rozproszonej w sieciach SN i nn
- Zmiana charakteru systemu **ze scentralizowanego** (z JWCD) **na system zdecentralizowany**



JWCD

OSP

OSD

Jednostka  
Wytwórcza  
Centralnie  
Dysponowana



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



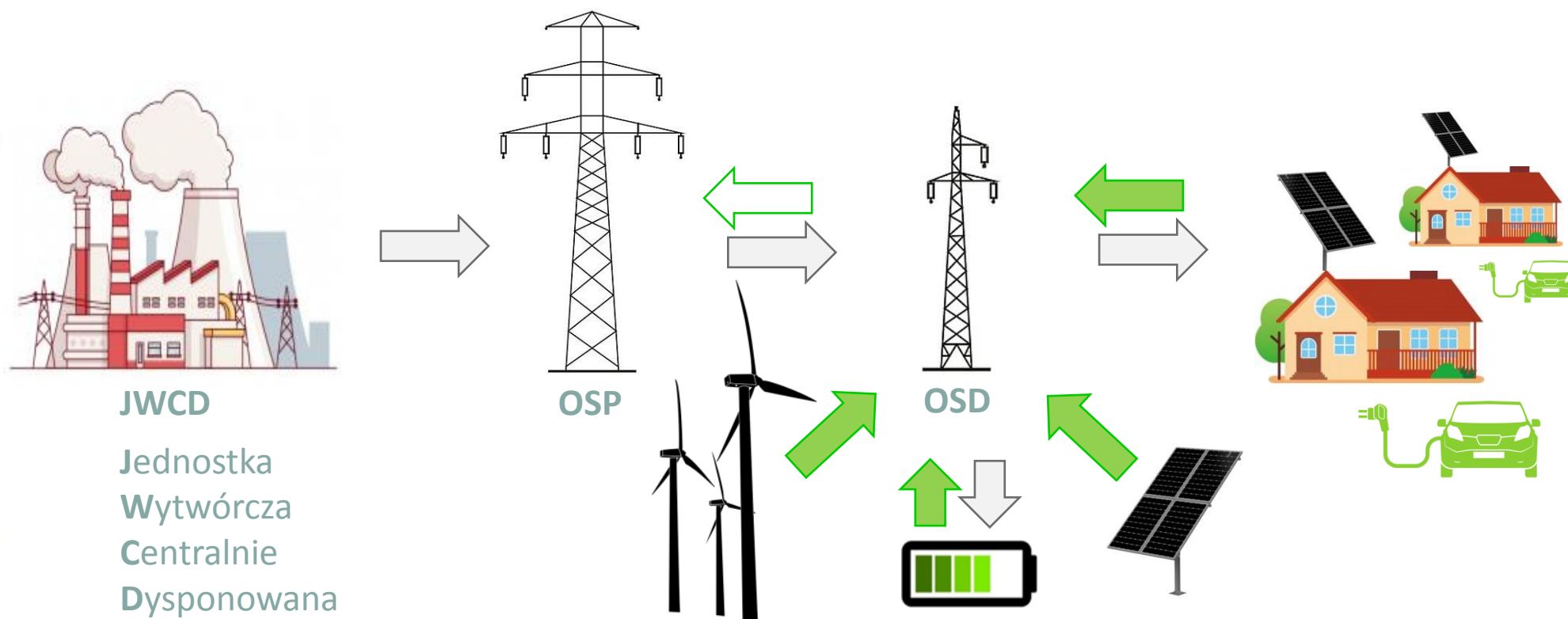
Instytut Energetyki  
Instytut Badawczy



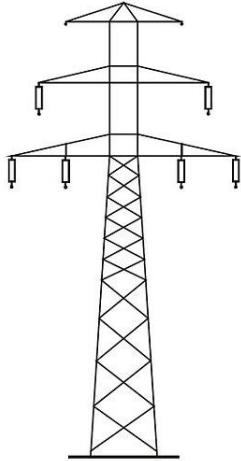
Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# System elektroenergetyczny z dużym udziałem OZE

- Istotna **zmienność** wytwarzania oraz znacznie niższa **obserwowalność** i **sterowalność** generacji OZE rozproszonej w sieciach SN i nn
- Zmiana charakteru systemu **ze scentralizowanego** (z JWCD) **na system zdecentralizowany**



# Przepisy prawne na poziomie UE



## Kodeksy przyłączeniowe

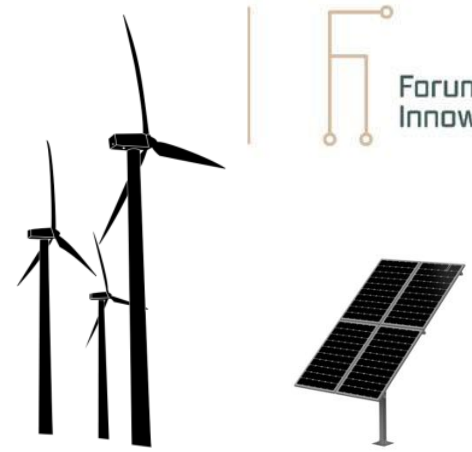
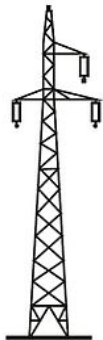
- NC RfG: 2016/631 (generacje)
- DCC: 2016/1388 (odbiorcy)
- HVDCC: 2016/1447

## Kodeksy operacyjne

- Praca systemu (SOGL): 2017/1485
- Zagrożenie i odbudowa SEE: 2017/2196

## Kodeksy rynkowe

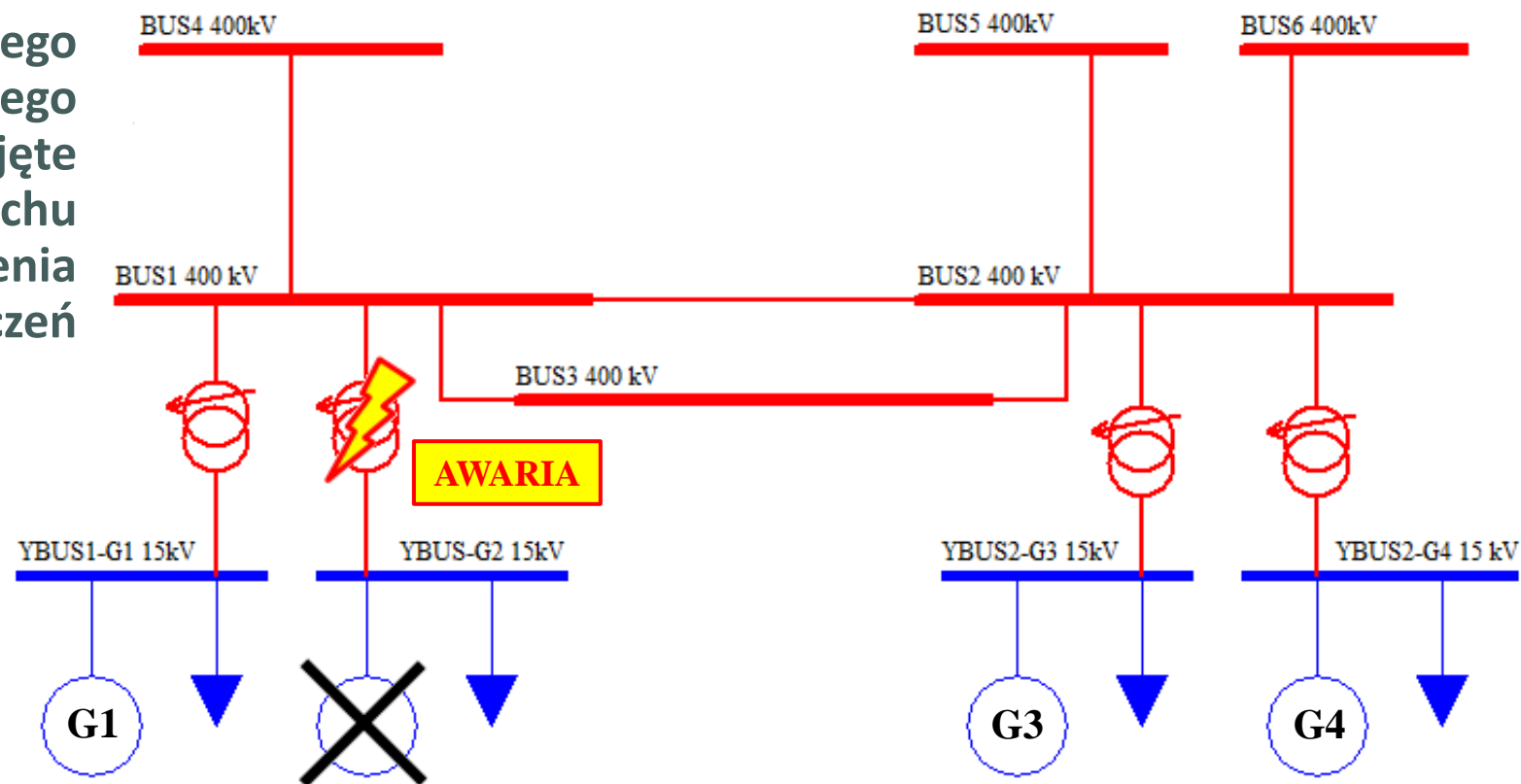
- Zdolności przesyłowe: 2015/1222
- Planowanie długoterminowe: 2016/1719
- Bilansowanie: 2017/2195



# Niezawodność i bezpieczeństwo pracy KSE

Stan systemu jest uważany za bezpieczny, jeżeli spełniona jest **Reguła N-1**:

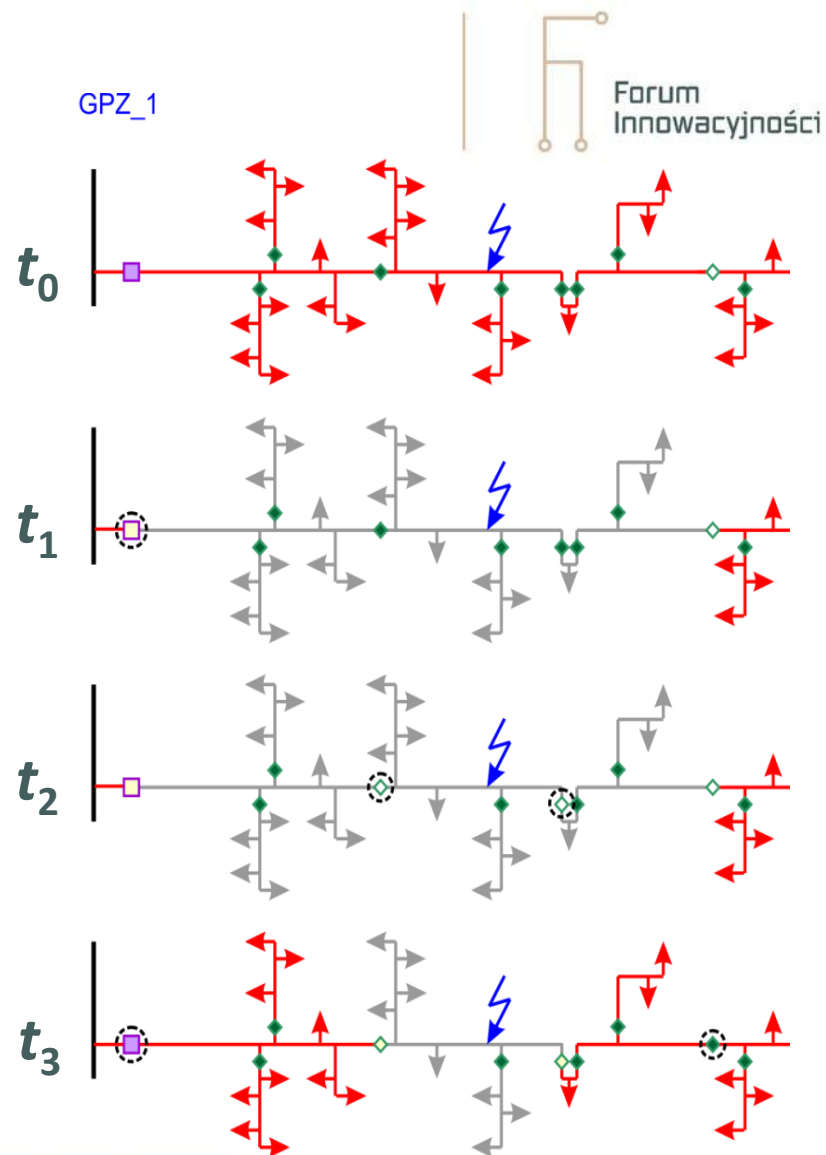
Po wyłączeniu dowolnego z elementów systemu, jego obciążenie zostaje przejęte przez pozostałe w ruchu elementy, bez przekroczenia obowiązujących ograniczeń technicznych



# Niezawodność sieci OSD

## Poprawa niezawodności:

- Eliminacja zdarzeń losowych
- Inwestycje w sieci:
  - Nowe wyprowadzenia SN ze stacji WN/SN,
  - Nowe stacje WN/SN
  - Instalacja rozłączników
  - instalacja samoczynnych wyłączników
  - wdrożenie systemu FDIR  
(**F**ault **D**etection, **I**solation and **R**estoration):
- Wyeliminowanie przerw > 3 min (SAIDI)

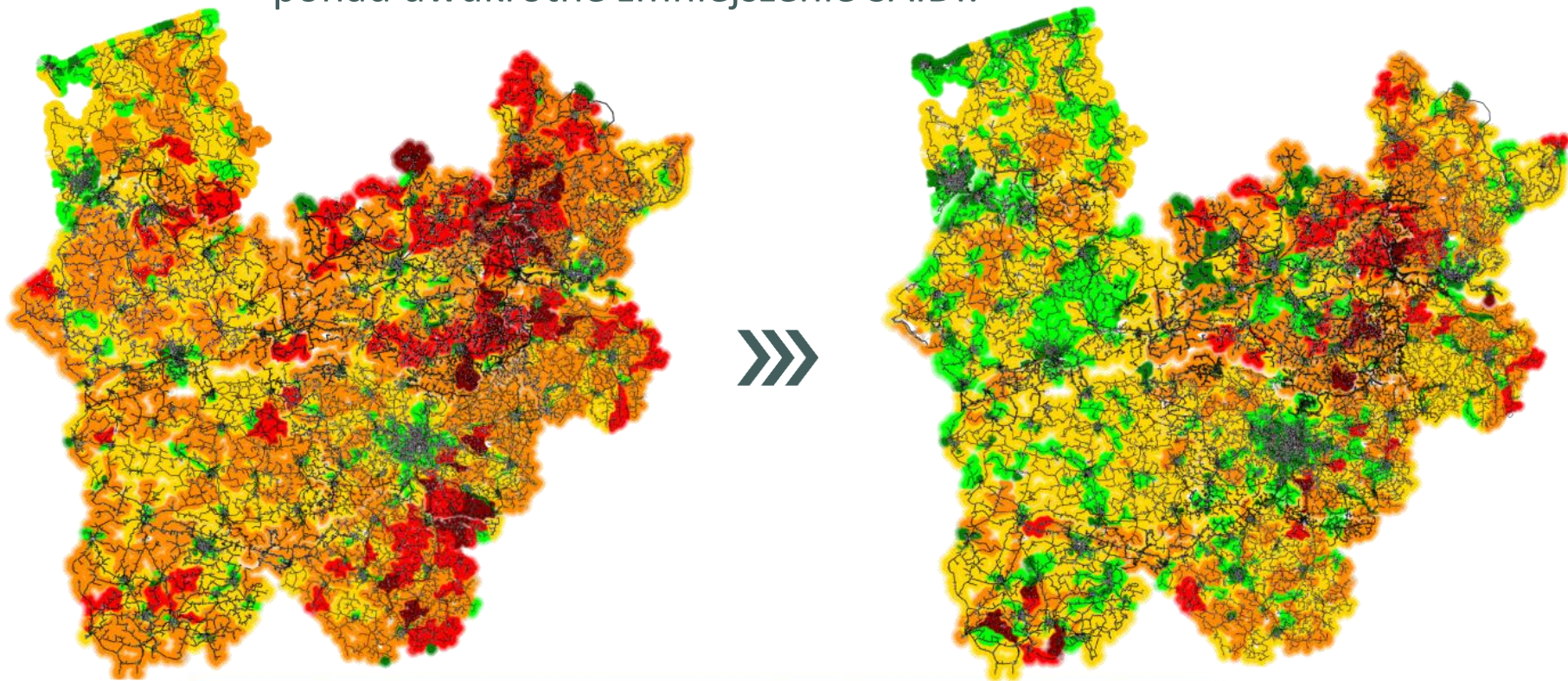




# Rozwiązania w zakresie zapewnienia bezpiecznej pracy KSE (Instytut Energetyki)

## Koncepcja inwestycji i rozwoju sieci SN całego OSD:

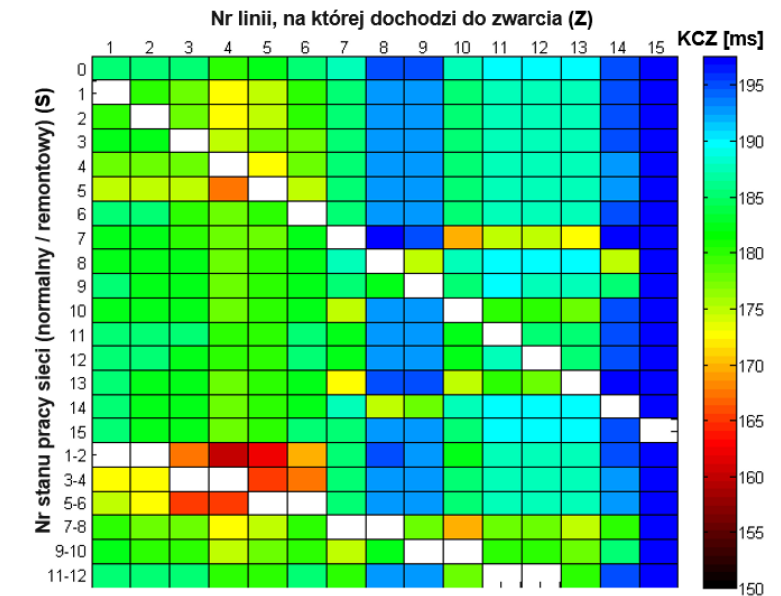
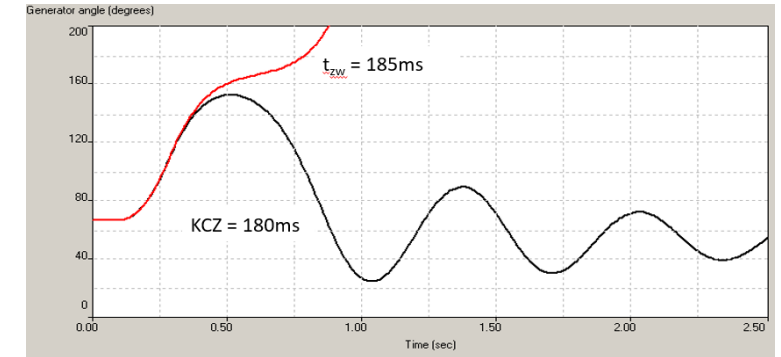
- 2,5 mln odbiorców, 260 tys. węzłów sieci
- ponad dwukrotne zmniejszenie SAIDI:



# Zaawansowane prace analityczne badające bezpieczeństwo KSE (Instytut Energetyki)



- Analizy bezpieczeństwa pracy KSE w horyzoncie krótko- i długookresowym
- Analizy możliwości przyłączeniowych w węzłach KSE
- Studium badawcze możliwości zastosowania w KSE nowych rozwiązań Automatyki Przeciwkołysaniowo-Odciażającej (APKO)
- Opracowanie wymogów ogólnego stosowania dla jednostek wytwórczych w zakresie wynikającym z zapisów Rozporządzenia NC RfG: 2016/631





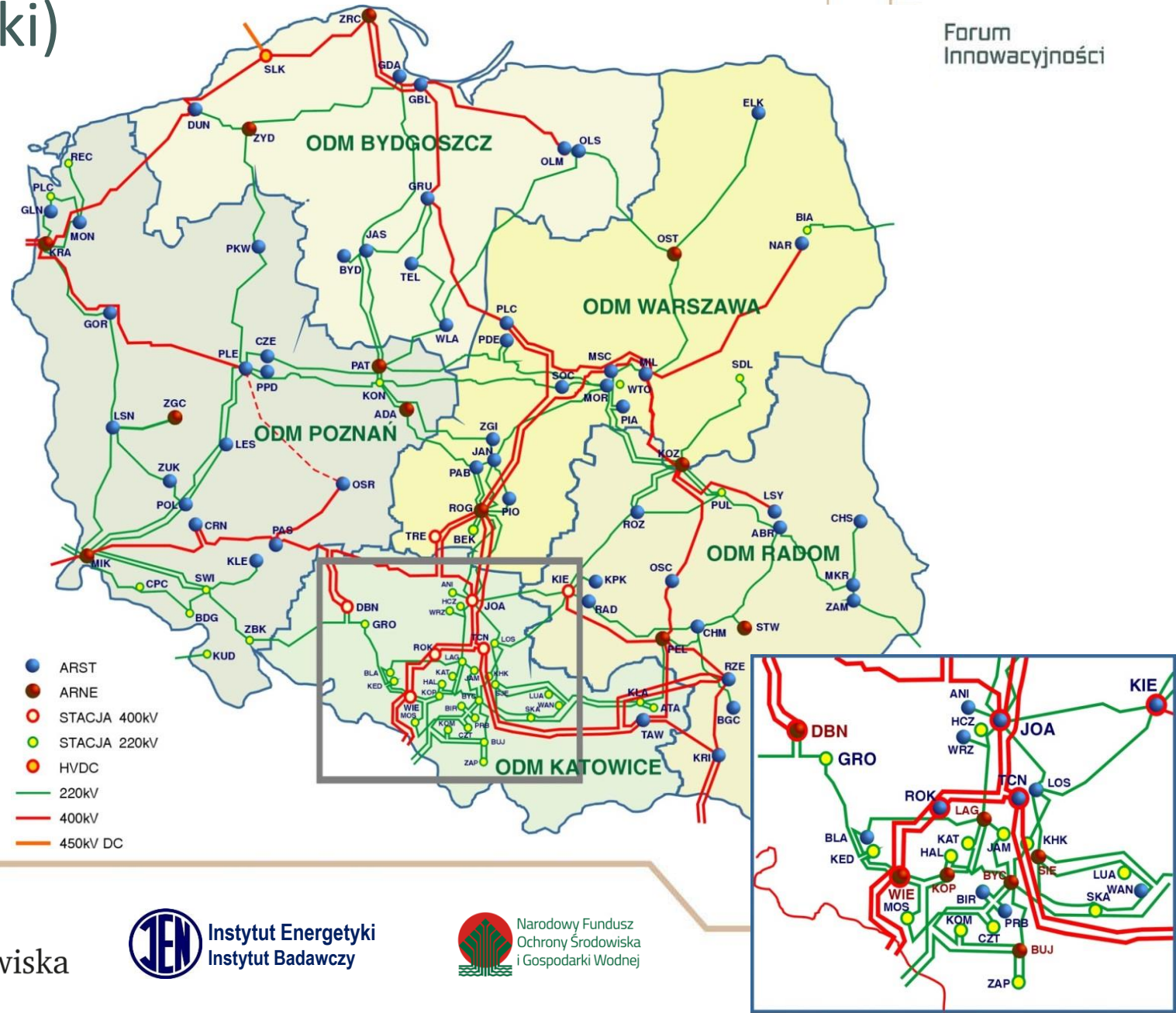
# Układy regulacji napięcia w KSE (Instytut Energetyki)

Forum  
Innowacyjności

**ARST** – układ automatycznej regulacji napięcia na szynach stacji transformatorowych

**ARNE** – układ automatycznej regulacji napięcia i mocy biernej elektrowni, zapewniające rozdział mocy biernej pomiędzy generatorami

**URST** – układ automatycznej regulacji napięcia i mocy biernej farmy wiatrowej



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Instytut Energetyki  
Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej



Forum  
Innowacyjności

DZIĘKUJĘ

© Instytut Energetyki – Instytut Badawczy  
dr inż. Michał Izdebski  
2021



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Instytut Energetyki  
Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej