



Forum  
Innowacyjności

# Bezpieczeństwo i niezawodność systemu elektroenergetycznego wobec wzrostu generacji OZE

Charakterystyka rozproszonych źródeł wiatrowych i fotowoltaicznych

Czy są one równoważne źródłom konwencjonalnym,  
gdy dostarczają energię?



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Instytut Energetyki  
Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# Charakterystyka rozproszonych źródeł wiatrowych (GW) i fotowoltaicznych (PV)

## Zależność od składników pogody:

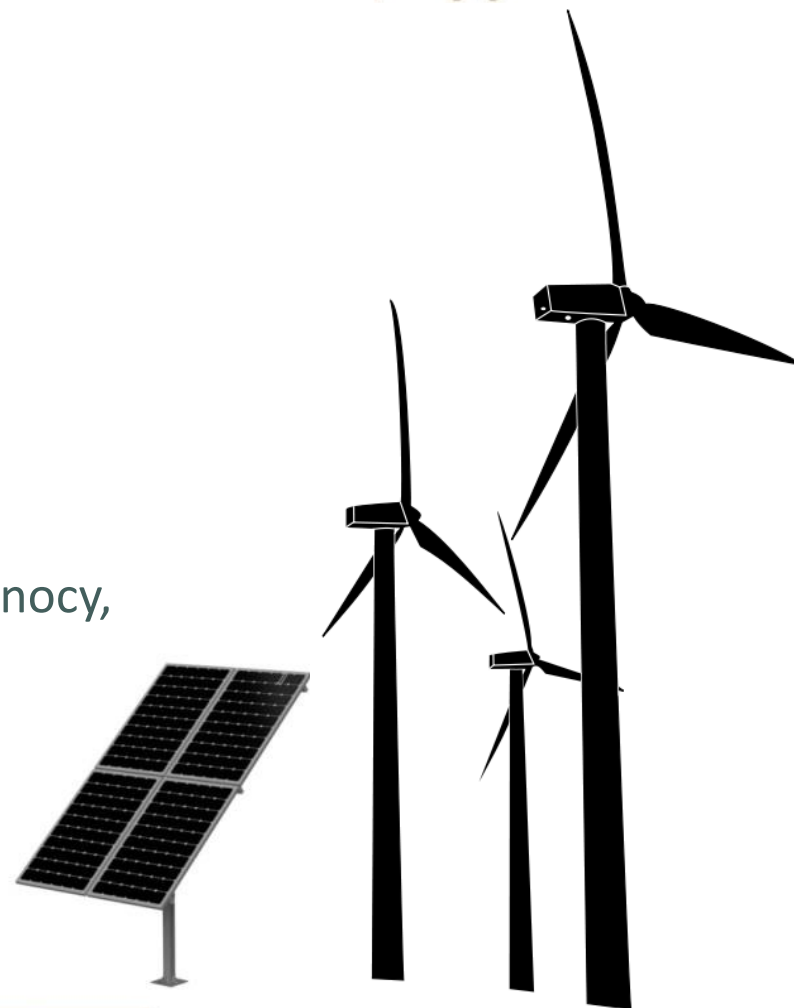
- prędkości wiatru ( $V$ )
- nasłonecznienia



## Częściowa nieprzewidywalność:

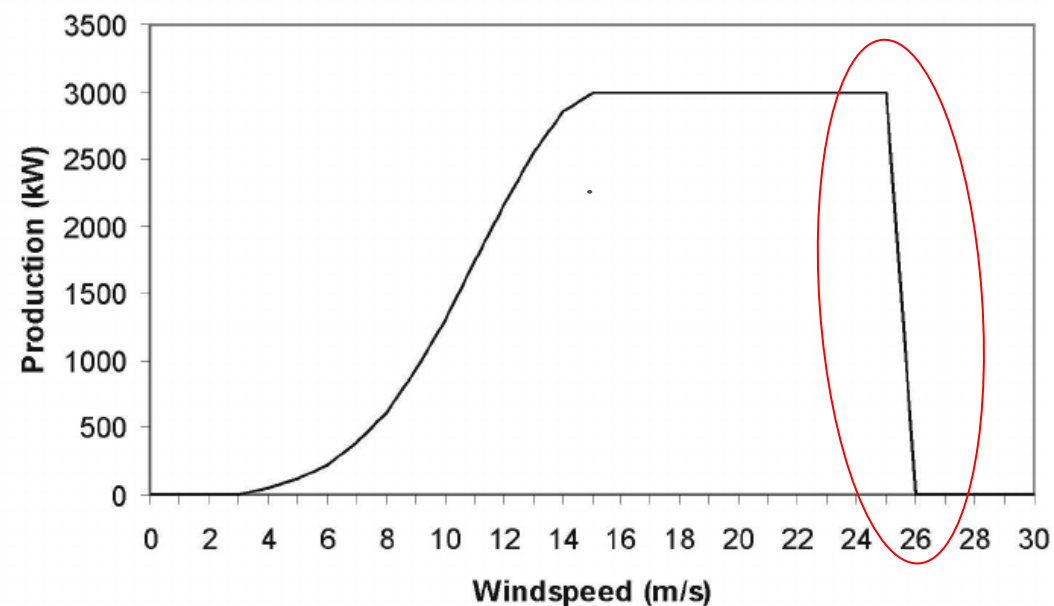
- bardziej przewidywalne źródła PV (brak generacji w nocy, dużo niższy max. poziom generacji zimą)
- źródła wiatrowe:  $V^3$

$$P_{GW} = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot \eta \cdot C_p \text{ [W]}$$



# Charakterystyka rozproszonych źródeł wiatrowych (GW) i fotowoltaicznych (PV)

**Średnia produktywność dużo niższa niż przypadku źródeł konwencjonalnych**  
(produktywność – rzeczywiście wyprodukowana energia/mocy znamionowej)



**Zależność mocy siłowni wiatrowej od prędkości wiatru (Vestas V90 3 MW)**

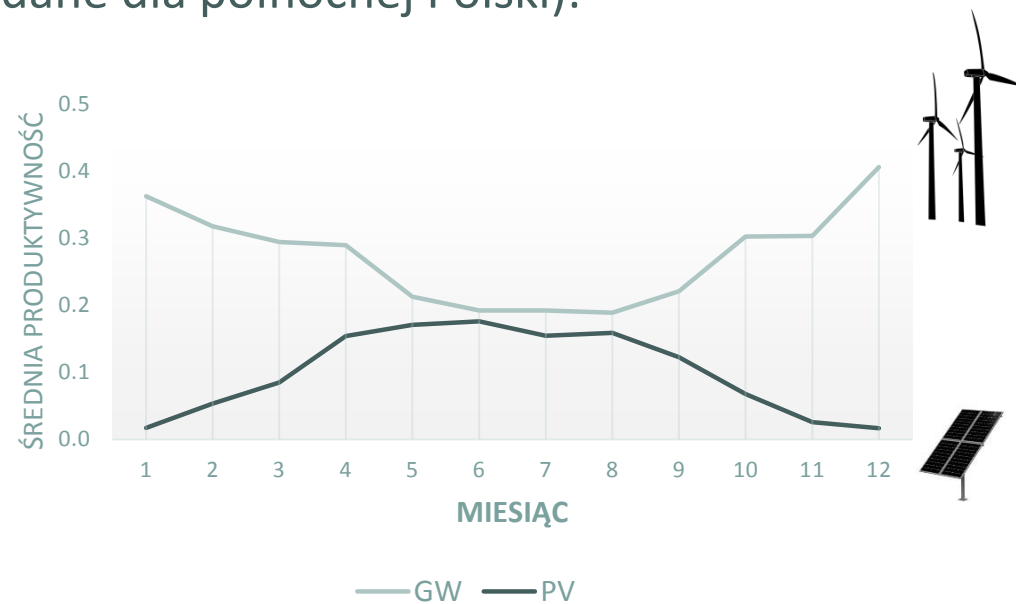
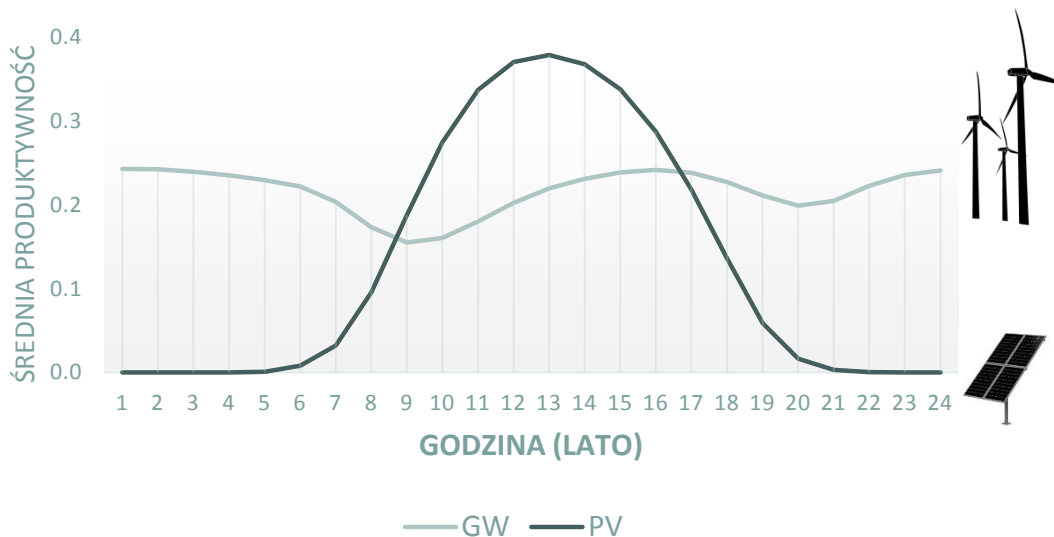


# Charakterystyka rozproszonych źródeł wiatrowych (GW) i fotowoltaicznych (PV)

## Niekontrolowana zmienność:

- krótkoterminowa (dobowa)
- długoterminowa (sezonowa)
- obszarowa

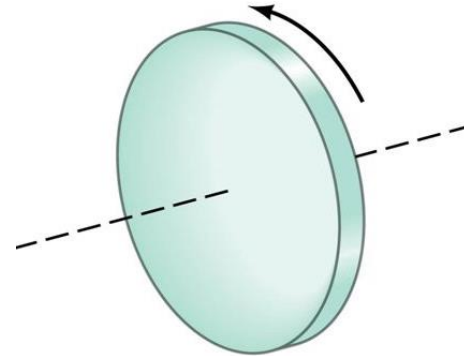
## Obszarowa współzależność poziomów GW i PV (dane dla północnej Polski):



# OZE równoważne źródłom konwencjonalnym?

## Inercja (związana z masą wirującą)

- jej odpowiednio duża wartość w przypadku zakłóceń w pracy systemu pozwala na stabilizację jego pracy



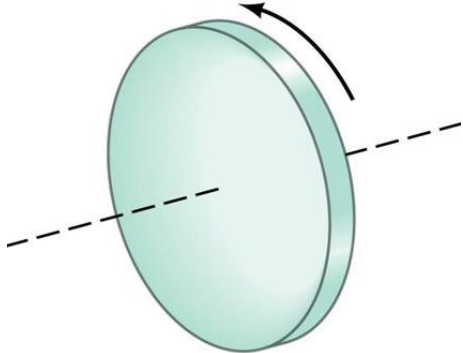



## Moc zwarciovą

- jej odpowiednio duża wartość pozwala rozróżnić stan normalny (prąd znamionowy) od uszkodzenia (prąd zwarciovą)





# OZE równoważne źródłom konwencjonalnym?

Parametr Typ źródła	Inercja H	Moc zwarciova	Połączenie z systemem elektroenergetycznym
<b>KONWENCJONALNE</b> generatory synchroniczne			<b>bezpośrednie</b>
<b>OZE</b> GW i PV			<b>pośrednie</b> – poprzez przekształtnik energoelektroniczny

# Metody utrzymania wymaganego poziomu inercji i mocy zwarciowej

## Instalacja kompensatorów synchronicznych

**Instalacja baterii akumulatorów połączonych z kompensatorami statycznymi (STATCOM),** rozwiązanie istotnie droższe przy porównywalnych parametrach technicznych

Przykładowe podejście operatora włoskiego Terna – instalacja w kluczowych stacjach kompensatorów synchronicznych o parametrach:

- 3000 obr/min z chłodzeniem powietrzno-wodnym
- stała inercji  **$H = 7 \text{ s}$**  (próżniowe koło zamachowe)

**Montaż próżniowego koła zamachowego instalacji kompensatora synchronicznego na stacji Materna (Włochy)**



# Rozporządzenia UE

## NC RfG (2016/631)

1) Wymogi ogólne niezależne od sposobu przyłączenia modułu wytwarzania do sieci

2) Wymogi szczególne z uwzględnieniem zastosowanej technologii

Zdefiniowany proces pozyskiwania pozwolenia na użytkowanie (EON, ION, FON, LON)

Monitorowanie zgodności modułów wytwarzania  
z Kodeksem (testy, certyfikaty, symulacje zgodności, modele symulacyjne)

Monitorowanie wdrażania kodeksu, przyznawania odstępstw

## SOGL (2017/1485)

Dotyczy SGU (B, C i D) - również obiekty istniejące

- Wymóg modeli na potrzeby oceny stabilności dynamicznej
- SGU ma dostarczyć analizy pokazujące oczekiwane wyniki oceny stabilności dynamicznej (*w stosownych przypadkach*)
- Decyzja URE (DRE.WOSE.7128.369.4.2018.2019.ZJ): SGU typu B, C i D przekazują parametry modeli na potrzeby obliczeń statycznych, dynamicznych i zwarciovych

## ER (2017/2196)

Cykliczne testowanie i weryfikacja zdolności regulacyjnych istotnych dla obrony i odbudowy systemu (art. 43 ust. 3, art. 49)

- Możliwość wykorzystania każdego SGU w stanach zagrożenia (po wyczerpaniu dostępnych możliwości)



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Instytut Energetyki  
Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej



# Rozporządzenie NC RfG (2016/631)

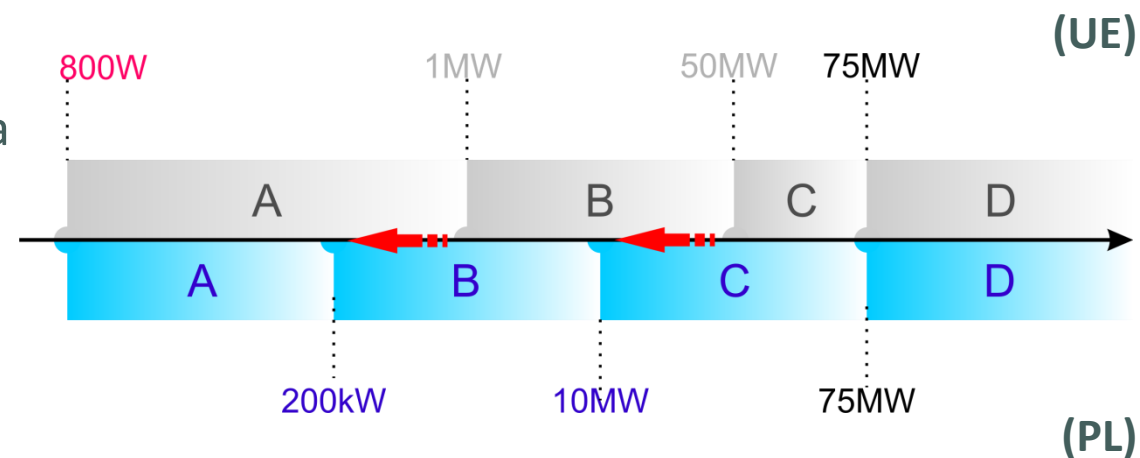
- **Obowiązuje wszystkich nowych wytwórców o mocy osiągalnej od 800 W (0,8 kW)**

- **Kategoryzacja: A, B, C lub D**  
wg mocy osiągalnej w punkcie przyłączenia

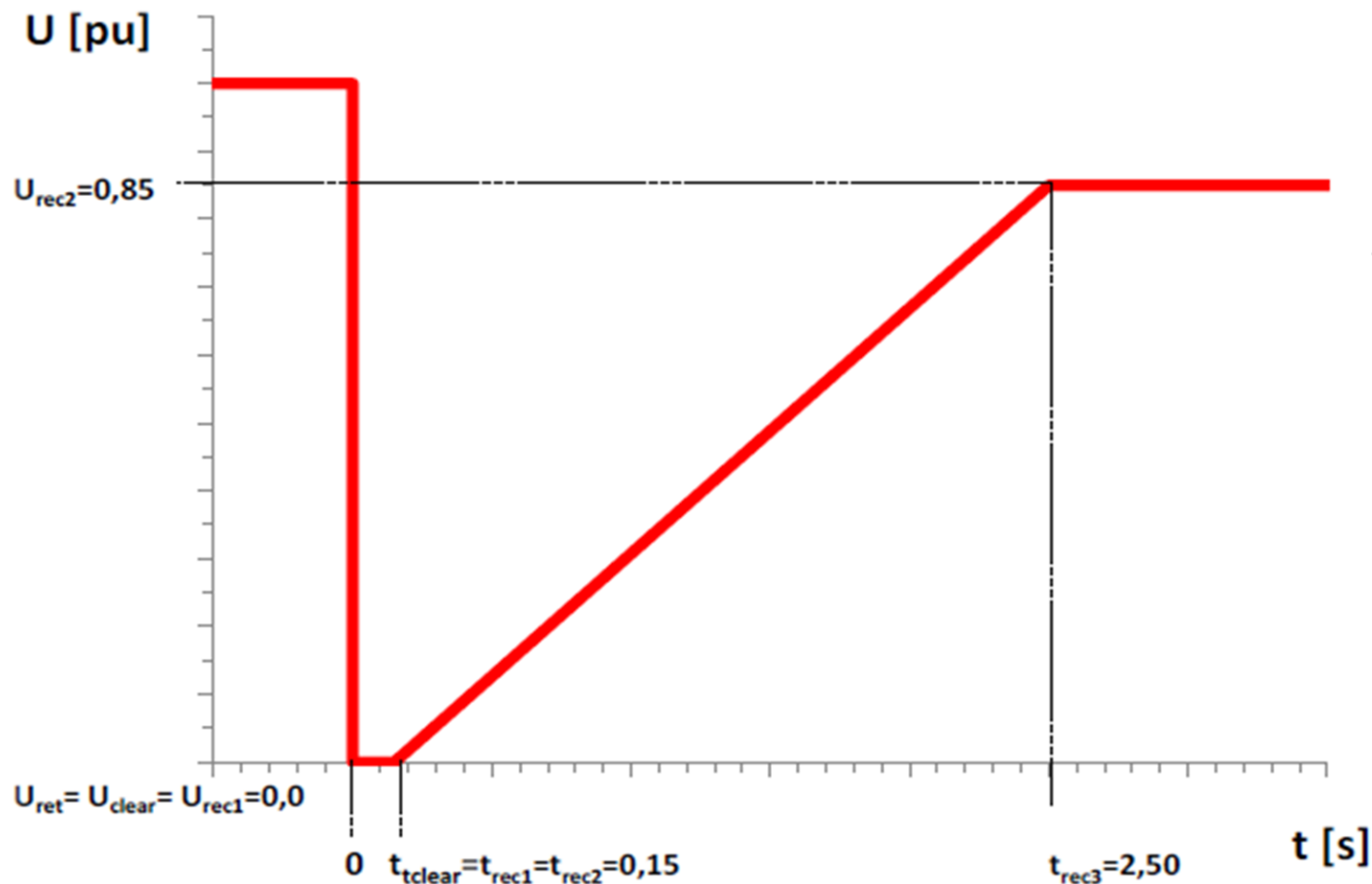
- **Wartości progowe mocy**  
do decyzji OSP, zatwierdzone przez URE

- **Wymogi Ogólnego Stosowania**  
parametryzacja części wymogów wg potrzeb OSP

(Instytut Energetyki)

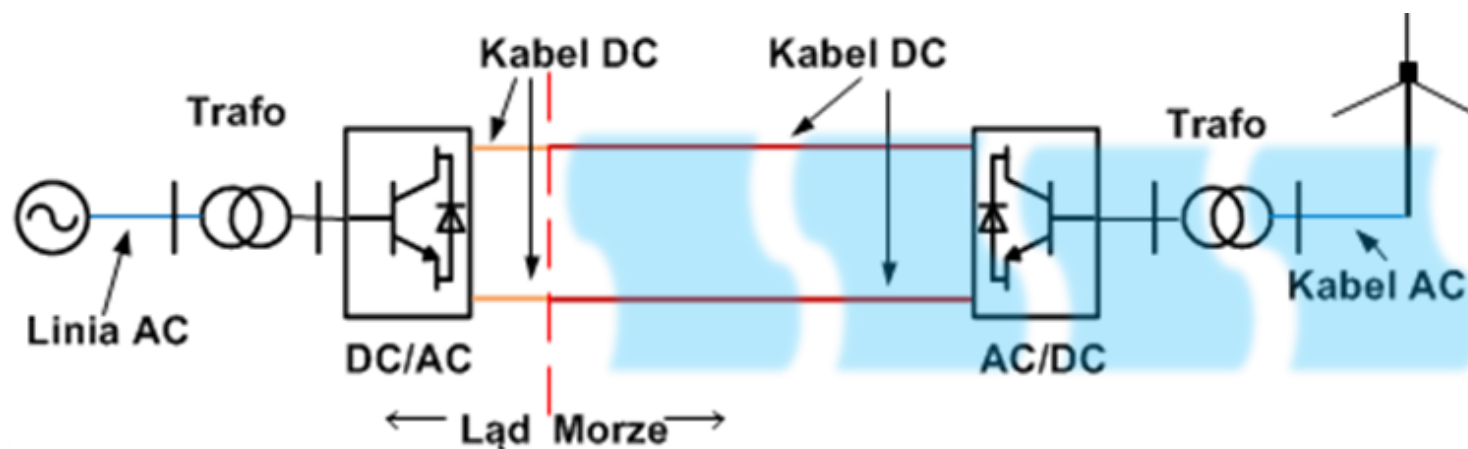


# Rozporządzenie NC RfG (2016/631)



Profil pozostawania w pracy  
źródła OZE podczas zwarcia

# Morskie Farmy Wiatrowe (analizy Instytutu Energetyki)

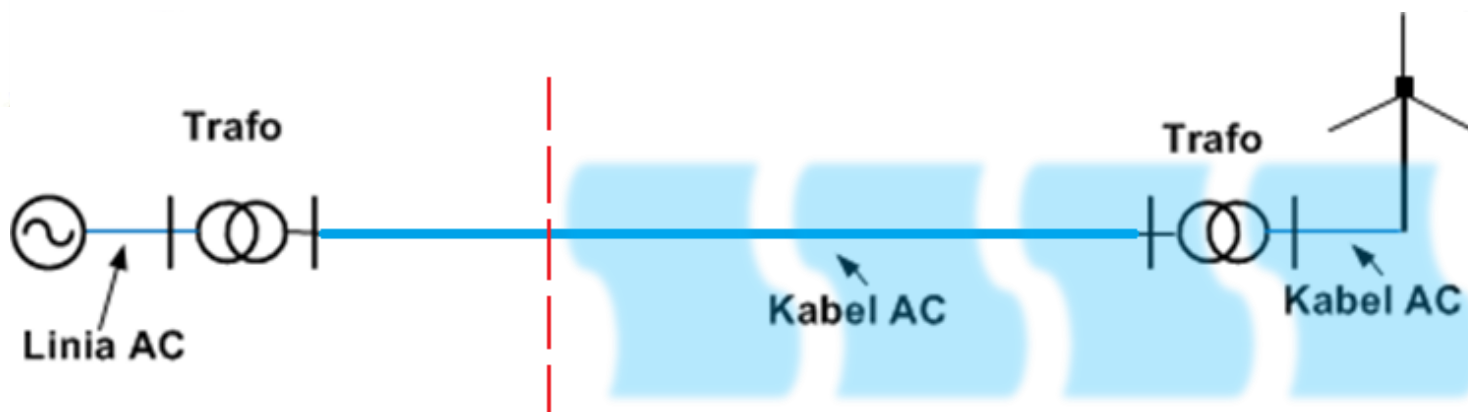


## Kabel DC stosowany jeśli:

- farma bardzo daleko od brzegu

## Zalety połączenia DC:

- lepsze możliwości sterow. przesyłem mocy czynnej oraz regulacji napięcia
- można wprowadzić w głąb lądu i przyłączyć w głębi systemu



## Kabel AC stosowany jeśli:

- farma niezbyt daleko od brzegu

## Zalety połączenia AC:

- dobrze opanowana i szeroko rozpowszechniona technologia
- niskie straty mocy



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