



UWARUNKOWANIA TECHNICZNE DLA ROZWOJU POŁĄCZEŃ TRANSGRANICZNYCH ZINTEGROWANYCH Z MORSKIMI FARMAMI WIATROWYMI (MFW)

Michał Kosmecki, m.kosmecki@ien.gda.pl



INSTYTUT ENERGETYKI
ODDZIAŁ GDAŃSK

*Rozwój zintegrowanych, międzysystemowych przyłączy dla morskiej energetyki wiatrowej na południowym Bałtyku
Warsztaty, Warszawa, 12.01.2018*



Instytut Energetyki, IEn

- Instytut Energetyki jest państwowym instytutem badawczym utworzonym w 1954 roku.
- Naszą specjalnością jest regulacja i automatyka w systemie elektroenergetycznym. Zakres wykonywanych prac obejmuje:
 - studia analityczne i modelowe obejmujące zarówno pojedyncze generatory jak i rozległe systemy,
 - opracowywanie, wytwarzanie i uruchamianie zaawansowanych i innowacyjnych produktów i usług na potrzeby elektroenergetyki
- Instytut jest aktywny zarówno na polu badawczym (finansowanie z funduszy UE i krajowych a także EPRI, USA) jak i wdrożeń.
- Główni odbiorcy naszych usług i produktów to przedstawiciele wszystkich ogniw łańcucha dostaw energii elektrycznej: OSD, OSP, elektrownie, właściciele farm wiatrowych, sprzedawcy energii.
- W gdańskim oddziale zatrudniamy ponad 120 pracowników, z czego ponad 90% to inżynierowie.



INTERPLAN





Plan prezentacji

1. Integracja systemów – powody i korzyści
2. Charakterystyka wykorzystywanych technologii
 - porównanie układów przemiennych i stałoprądowych
 - rodzaje i cechy technologii HVDC
3. Jak i dokąd to zmierza? Sieci DC – perspektywy i uwarunkowania
4. Podsumowanie – sytuacja w Polsce





Integracja systemów – co umożliwia?

wymiana energii



- zaspokojenie zapotrzebowania na moc
- dywersyfikacja źródeł wytwarzania
- udział w runku energii

przesył energii



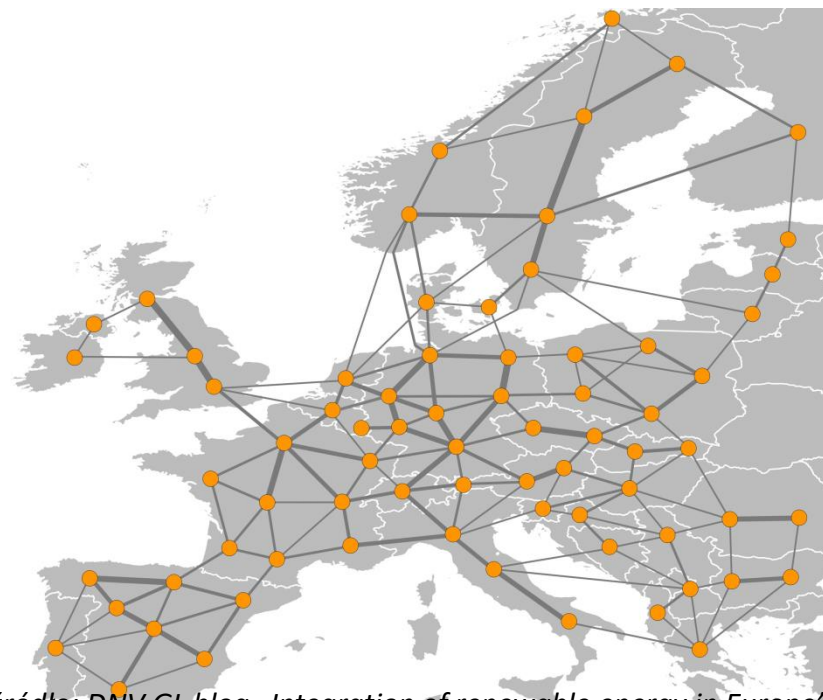
- wykorzystanie zdolności przesyłowych sąsiadów
- zasilnie obszarów z zagranicy

- ✓ Obniżenie kosztów funkcjonowania systemu
- ✓ Obniżenie ceny energii
- ✓ Zwiększenie niezawodności pracy

usługi systemowe



- współdzielenie rezerwy wirującej
- regulacja napięcia i częstotliwości
- tłumienie oscylacji
- odbudowa systemu

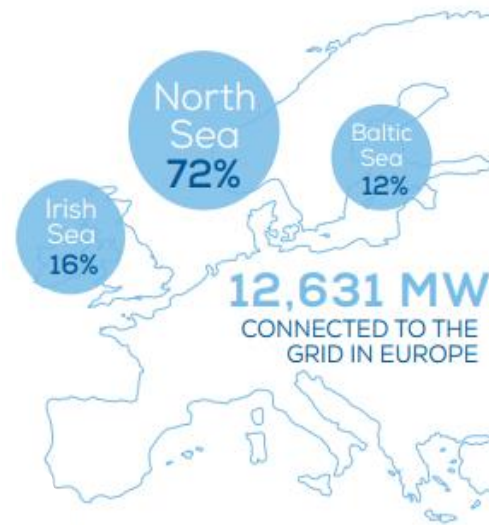


źródło: DNV GL blog „Integration of renewable energy in Europe”



Morskie farmy wiatrowe

- Stabilny silny wiatr.
- Turbiny wiatrowe większej mocy i bardziej efektywne. Obecnie - 7 MW, wkrótce - 10 MW
- W efekcie niski i obniżający się koszt MWh.
- Są chętni do budowy MFW bez subsydiów (Koszty przyłącza pokrywa TSO)
- Do 2020r - 24,6 GW w Europie
- W Europie liderem Wielka Brytania 5156 MW, Niemcy 4108 MW
- 480 GW – na lądzie i morzu - świat 2016



 338

new grid-connected
offshore wind turbines

IN 6 wind
farms

3,589

turbines are installed
and grid-connected

4.8 MW

average size offshore
wind turbines

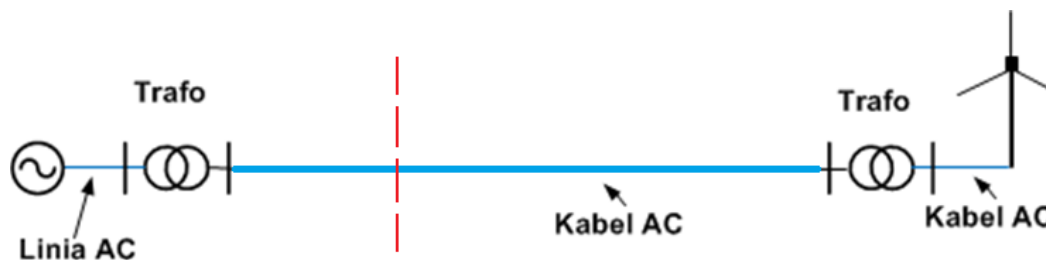
Work
carried
out in: 15 wind
farms

NEW PROJECTS:
24.2 GW of
consented
wind farms

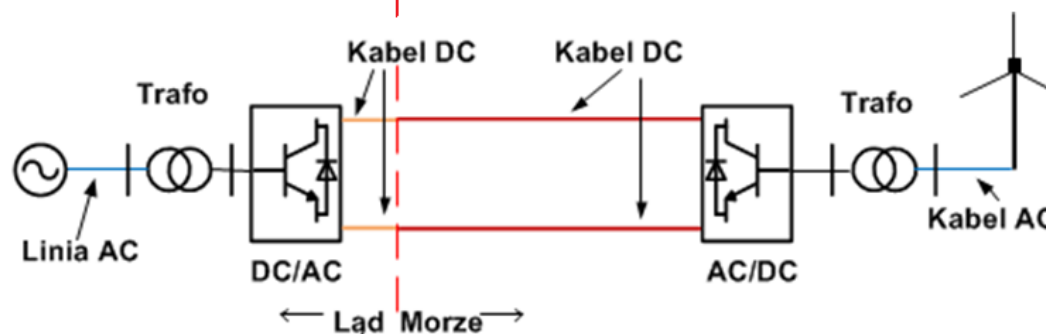


Technologie połączeń (międzysystemowych i dla MFW)

a) HVAC



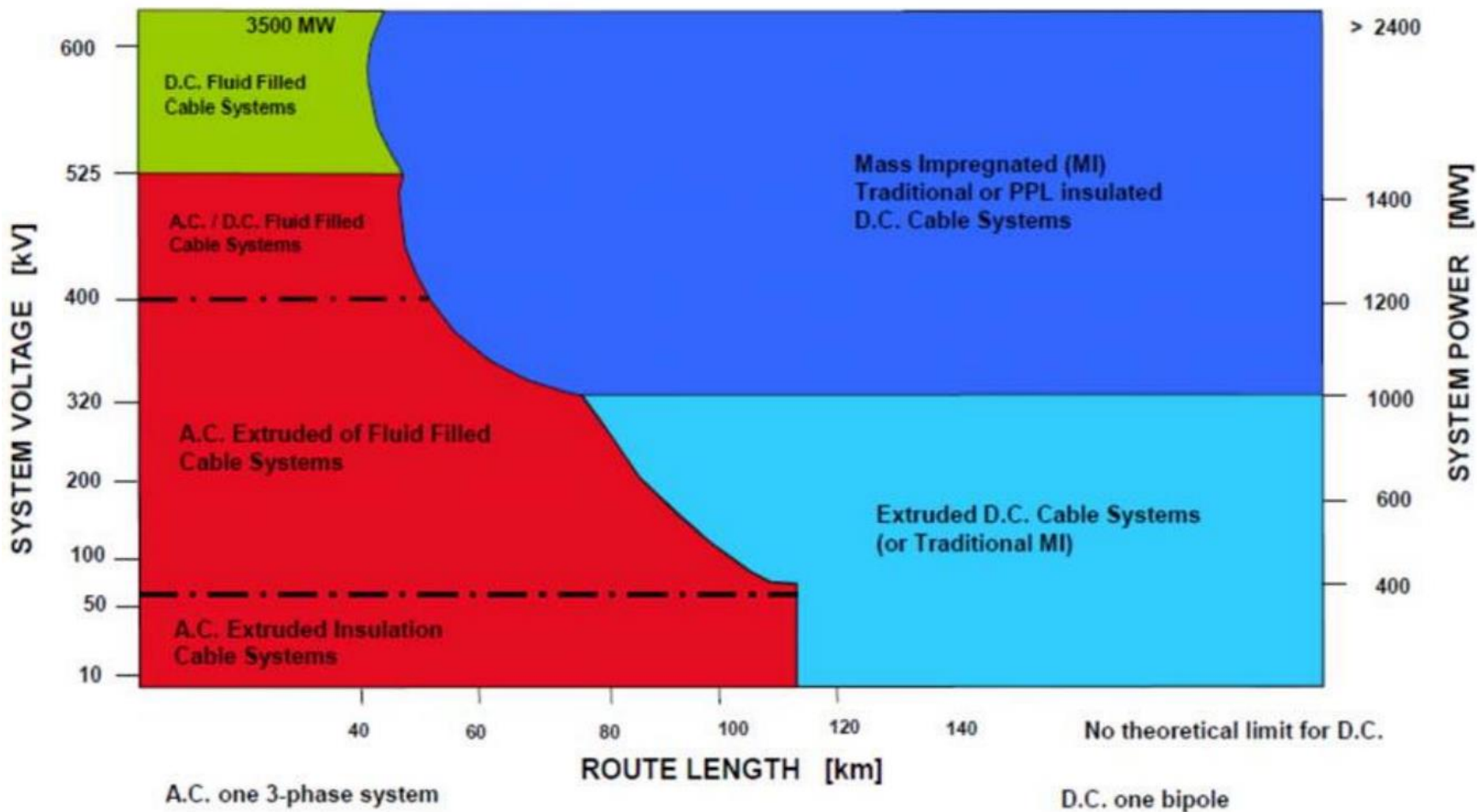
b) HVDC



	a) Połączenia przemiennoprądowe (HVAC)	b) Połączenia stałoprądowe (HVDC)
Połączenia międzysystemowe	<ul style="list-style-type: none"> #NiskiKoszt #NiskieStraty #OgraniczonaMoc #TylkoSynchronicznie #OgraniczonaOdległość 	<ul style="list-style-type: none"> #WysokiKoszt #WysokieStraty #WyższaMoc #DużaOdległość #Usługi #SynchronicznieAsynchronicznie
Przyłącza MFW	<ul style="list-style-type: none"> #NiskiKoszt #OgraniczonaMoc #OgraniczonaOdległość 	<ul style="list-style-type: none"> #WysokiKoszt #Usługi #WyższaMoc #DużaOdległość



Technologie połączeń (międzysystemowych i dla MFW)

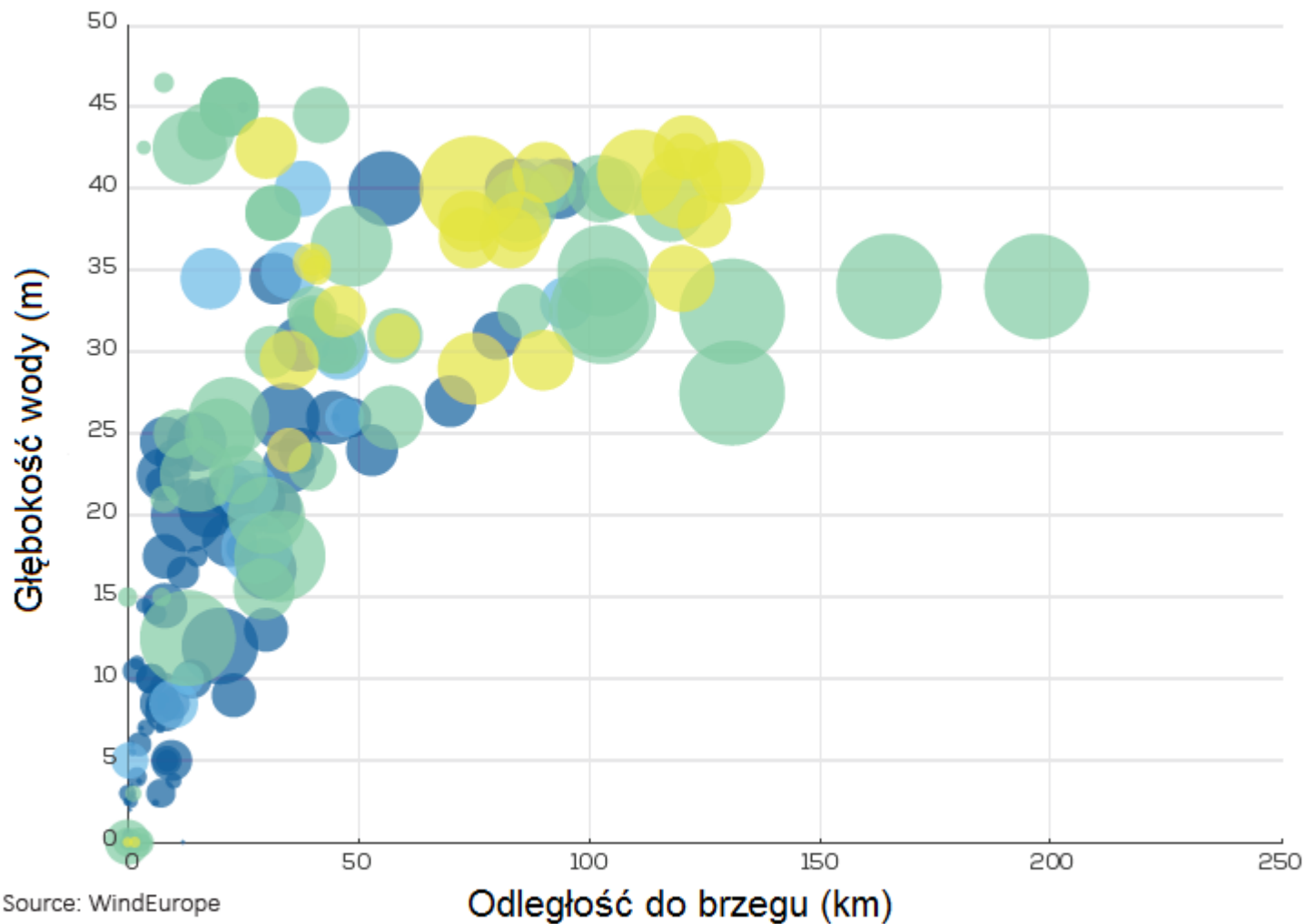


źródło: CIGRE Raport nr 713 „Designing HVDC grids for optimal reliability and availability performance”



Technologie połączeń

MFW w Europie - odległość, głębokość



● Istniejące ● W budowie ● uzgodnione ● wnioski

źródło: Wind Europe Raport „The European offshore wind industry. Key trends and statistics 2016”

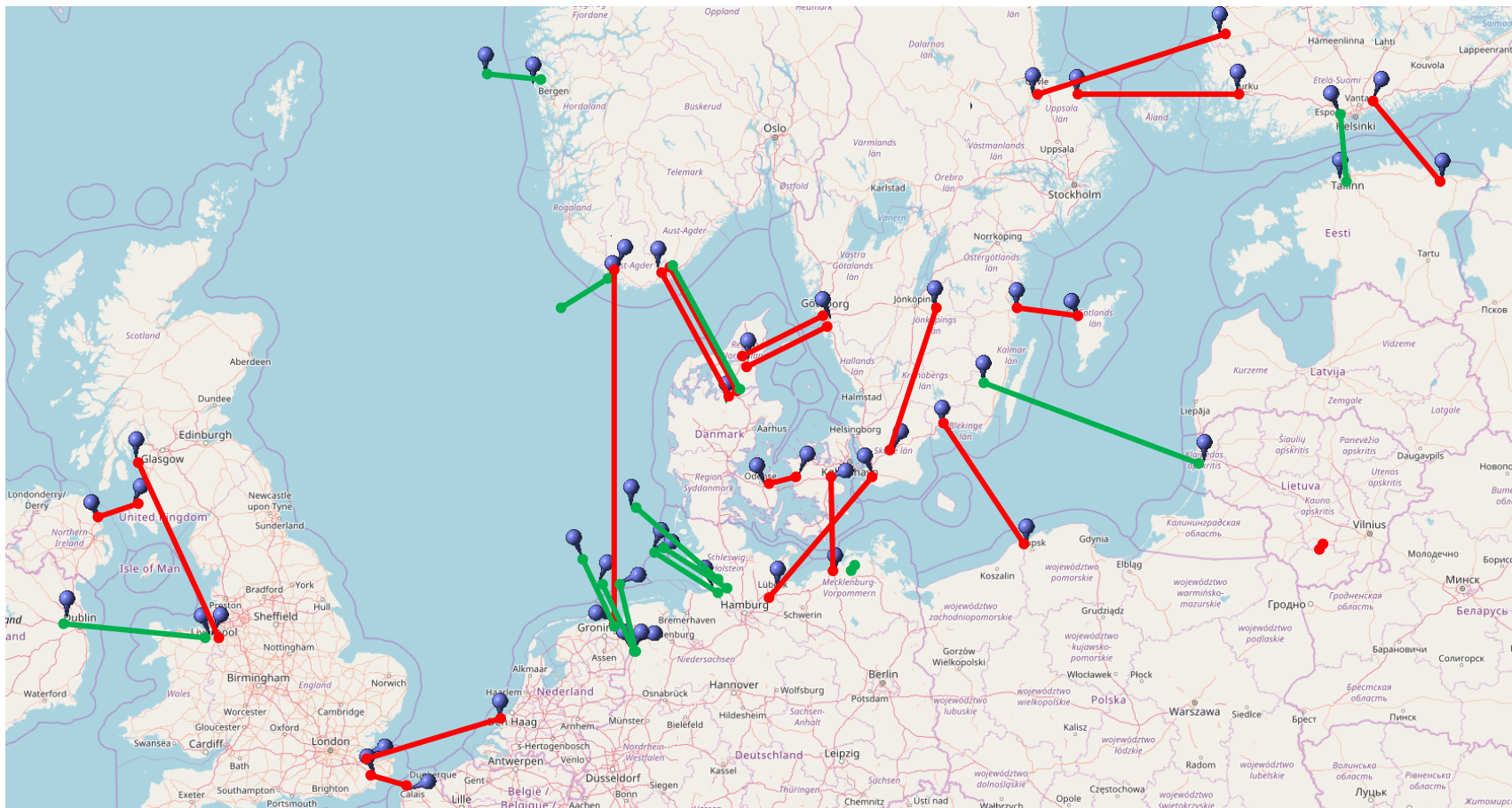




Charakterystyka układów HVDC

Układy tyrystorowe (LCC)	Układy tranzystorowe (VSC)
Ugruntowana technologia (1954)	Relatywnie nowa technologia (1997)
Osiągalne parametry: 800 kV, 2200 km, 8000 MW	Osiągalne parametry: 320 kV, 450 km, 1000 MW
Przyszłość: 1100 kV, 3300 km, 10 GW	Przyszłość: 525 kV, 730 km, 1400 MW
Potrzebują źródeł napięcia po obu stronach (nie dla MFW)	Potrzebują źródła napięcia po jednej stronie (OK dla MFW)
Istotna moc zwarciova	Moc zwarciova może być niewielka lub system może być pasywny (MFW)
Duża podatność na zakłócenia w sieci	Mała podatność na zaburzenia w sieci
Brak regulacji napięcia w stacjach przekształtnikowych	Łatwa i dokładna regulacja napięcia w stacjach przekształtnikowych
Mniejsze straty mocy	Większe straty mocy
Brak możliwości black-start	Umożliwiają black-start
Niższy koszt	Wyższy koszt
Jedynie połączenia punkt-punkt lub multi-terminal	Umożliwiają tworzenie sieci DC



Rozmieszczenie układów HVDC



 LCC
 VSC

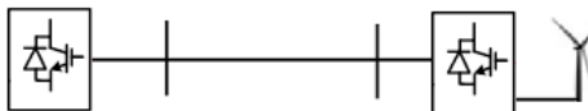
źródło: OpenStreetMaps na podstawie Wikipedii: „List of HVDC projects”



Rozwój połączeń

Wariant 1: od morskiej farmy wiatrowej

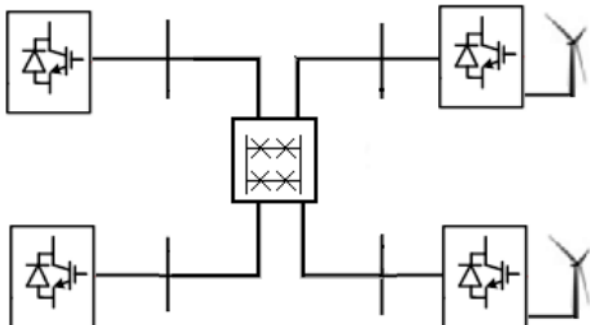
1: powstaje MFW



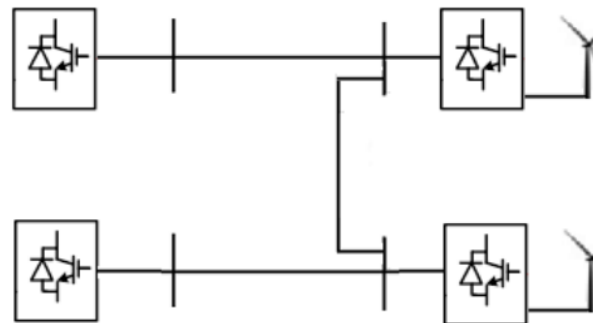
2: powstaje kolejna MFW



3a: wspólna stacja na platformie



3b: nowe połączenia (sieć DC)



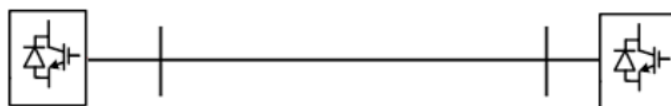
źródło: CIGRE Raport nr 713 „Designing HVDC grids for optimal reliability and availability performance”



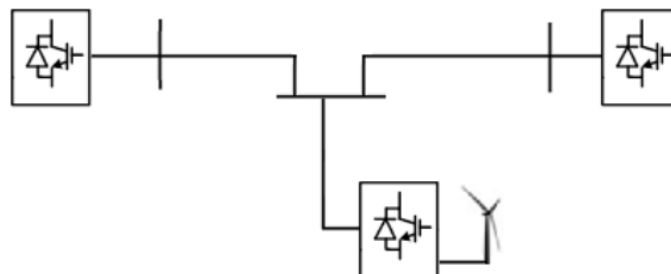
Rozwój połączeń

Wariant 2: od połączenia międzysystemowego

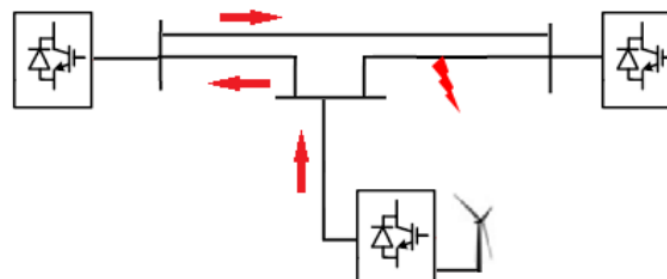
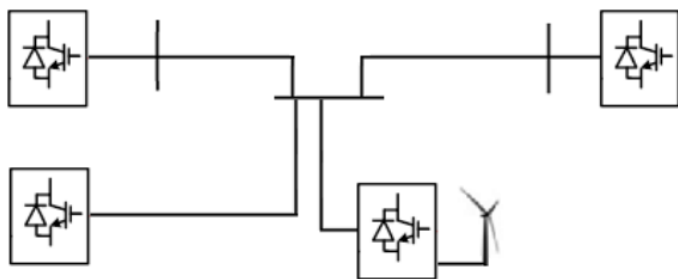
1: powstaje (lub istnieje) połączenie międzysystemowe



2: nowa MFW zostaje przyłączona tworząc układ typu multi-terminal

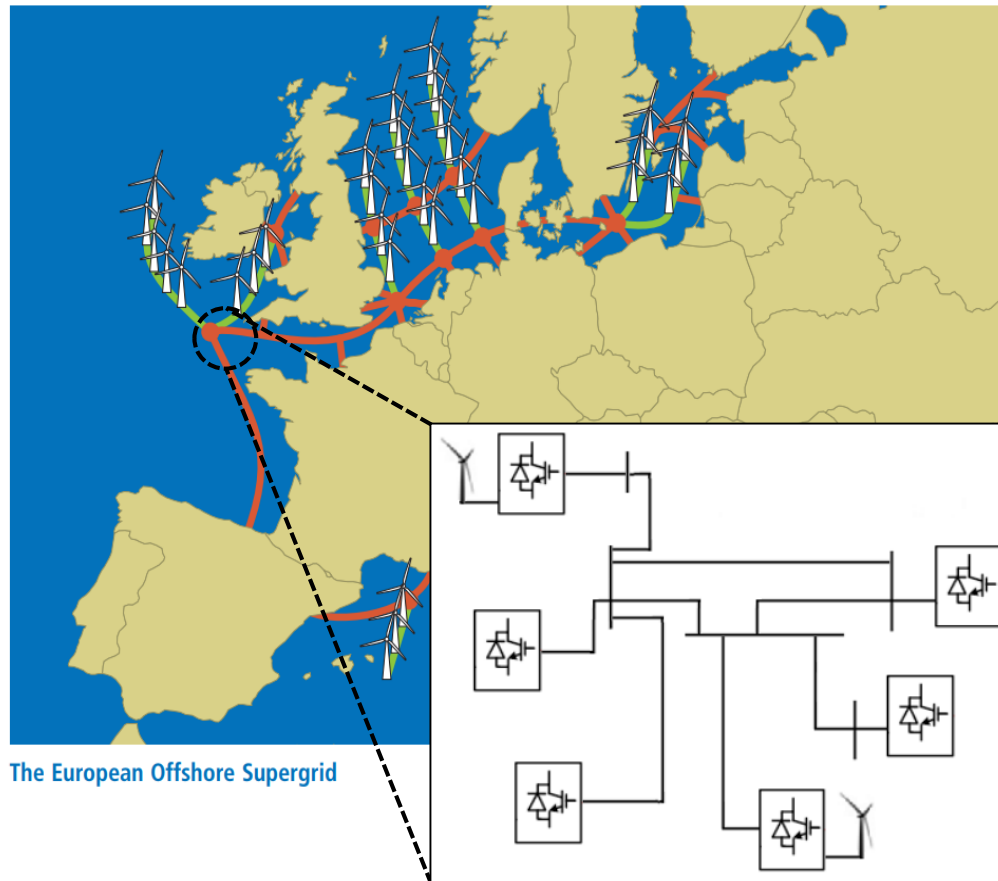


3: dalsza rozbudowa systemu morskiego, powstaje sieć DC, promieniowa lub zamknięta



źródło: CIGRE Raport nr 713 „Designing HVDC grids for optimal reliability and availability performance”




- Korzyści oferowane przez sieci DC:
 - możliwości integracji rynków i sterowania rozptyłem mocy,
 - większa niezawodność,
 - przesył energii na duże odległości.
- Obecne utrudnienia:
 - koszty,
 - obawy o niezawodność,
 - niegotowość techniczna,
 - różnice w ramach prawnych (subsytia).
- Prace koncepcyjne i standaryzacyjne:
 - prace B&R, projekty publiczne,
 - kodeks sieciowy: ENTSO-E NC HVDC,
 - wymagania brytyjskie vs podejście niemieckie.





Przyłączanie do systemu modele w wybranych krajach UE

- Rola poszczególnych podmiotów w procesie inwestycyjnym przyłącza dla MFW

	Model brytyjski 	Model niemiecki 	Model polski 
Inwestor	<ul style="list-style-type: none">• Może budować	<ul style="list-style-type: none">• Nie finansuje	<ul style="list-style-type: none">• Finansuje• Buduje• Jest właścicielem
OFTO (Offshore Transmission Owner)	<ul style="list-style-type: none">• Finansuje• Może budować• Jest właścicielem		
TSO	<ul style="list-style-type: none">• Nie finansuje	<ul style="list-style-type: none">• Finansuje• Buduje• Jest właścicielem	<ul style="list-style-type: none">• Nie finansuje

- brak koordynacji pomiędzy projektami
- system efektywny kosztowo

- pełna koordynacja i kontrola
- system mniej efektywny kosztowo
- Dania, Belgia i Holandia biorą przykład
- w planach przyłącza na klastry 4x900 MW DC i 3x250 MW AC
- Do 2025 roku 10,75 GW z czego 1,82 GW na Bałtyku

- brak koordynacji
- oddziaływanie na system nie jest priorytetem dla inwestora



Wyłączniki HVDC

- Zadaniem wyłączników DC jest identyfikacja i izolacja fragmentu sieci, w którym wystąpiło zakłócenie.
- Wymagania stawiane wyłącznikom HVDC:
 - bardzo krótki czas zadziałania,
 - niskie straty w stanie przewodzenia,
 - możliwość wyłączania dużych prądów roboczych.
- Oferowane możliwości:
 - rozwiązanie dostępne u jednego producenta,
 - brak wdrożeń ani doświadczeń eksploatacyjnych,
 - limit na poziomie 1000 MW, niskie straty mocy.



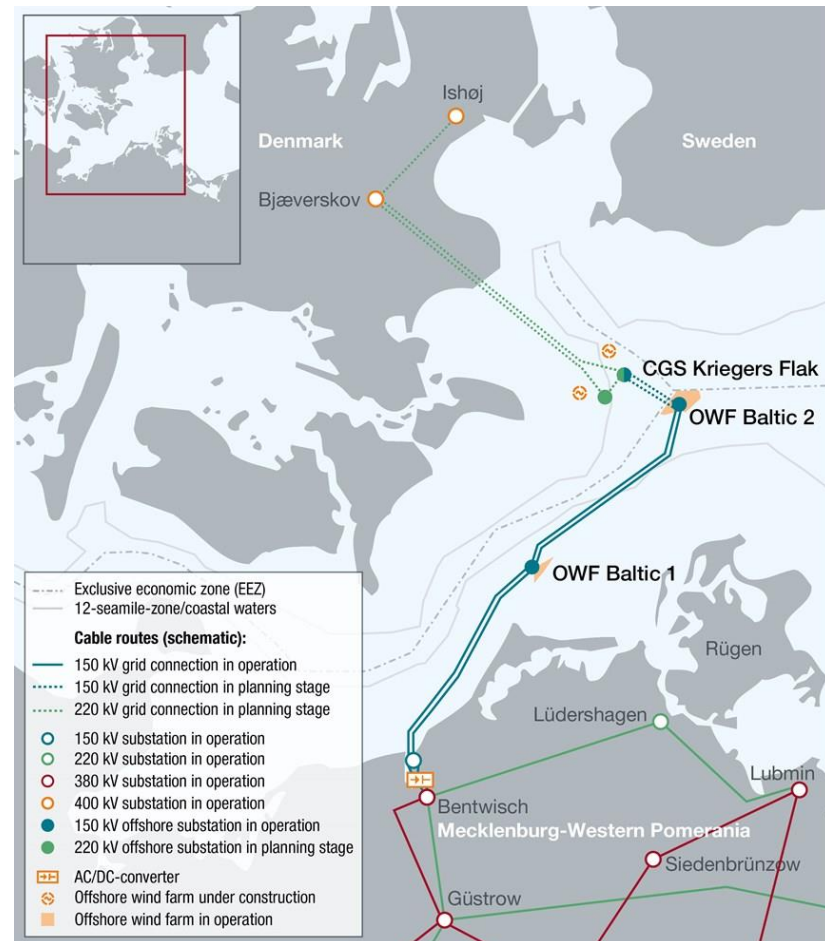
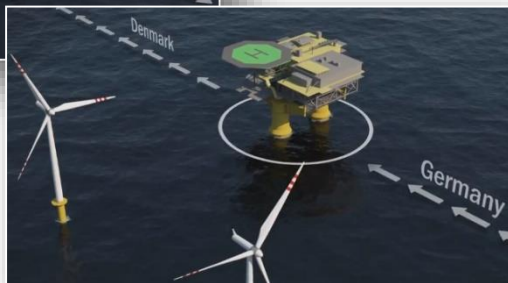
źródło: CIGRE Raport nr 533 „HVDC Grid Feasibility Study”



Kriegers Flak – projekt pionierski

Kriegers Flak – Combined Grid Solution

- Projekt prowadzony wspólnie przez TSO z Danii i Niemiec
- Łączy trzy MFW z dwoma krajami
- Łączna moc MFW to 936 MW
- Uruchomienie pod koniec 2018 roku
- Pierwszeństwo ma wiatr, gdy go nie ma możliwy przesył jak w połączeniu międzysystemowym

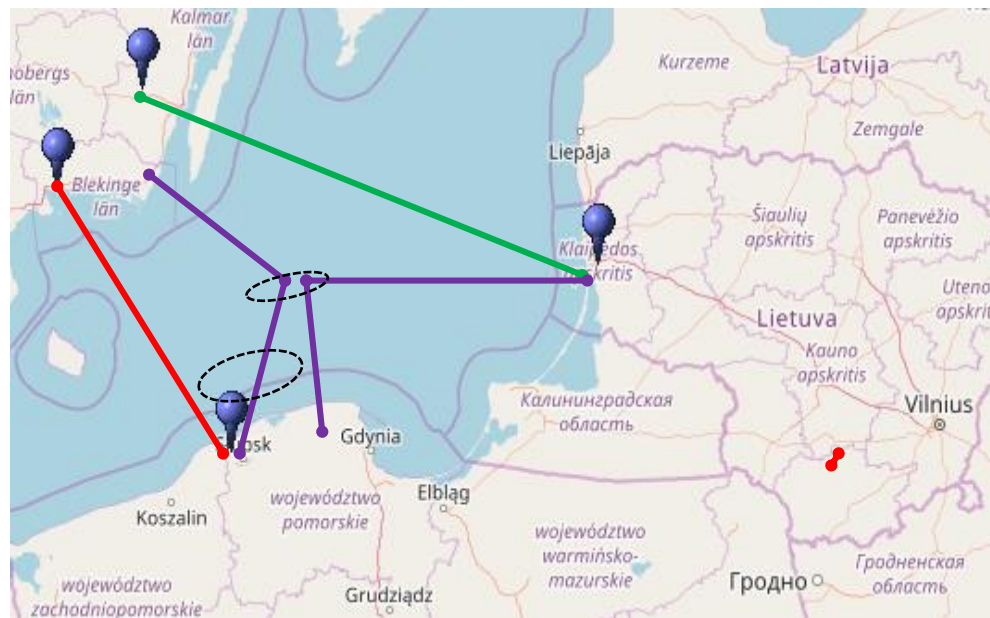


źródła: 50 Hertz, Kriegers Flak – Combined Grid Solution
Energinet, Kriegers Flak Combined Grid Solution



Podsumowanie – kontekst Polski

- Istnieją techniczne możliwości wybudowania MFW zintegrowanej z połączeniem transgranicznym:
 - jako rozszerzenie połączenia transgranicznego,
 - jako rozszerzenie połączenia MFW – KSE,
- Relatywnie prosta konfiguracja nie wymaga zastosowania wyłączników DC,
- Układy te powinny być *future-proof*, czyli być gotowe na integrację z siecią DC,
- Układy VSC HVDC pozwalają przyłączyć MFW w głębi systemu – duże znaczenie dla poprawy bezpieczeństwa.





Marker kabla SwePol Link
© Tomasz Ciemnoczulowski



INSTYTUT ENERGETYKI
ODDZIAŁ GDAŃSK

Dziękuję za uwagę

Michał Kosmecki
m.kosmecki@ien.gda.pl