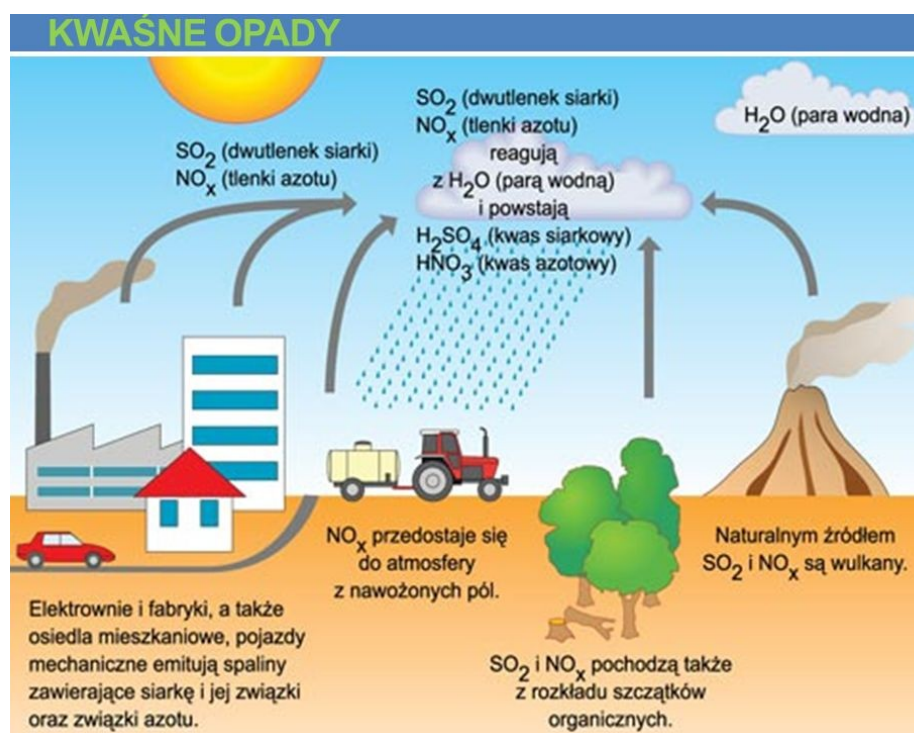


## MATERIAŁY EDUKACYJNE

W wyniku zmian klimatu na świecie coraz częściej mówi się o konieczności zmniejszenia pozyskiwania energii elektrycznej z konwencjonalnych źródeł energii (węgiel kamienny, brunatny, ropa i produkty ropopochodne). W wyniku ich spalania powstają toksyczne związki, m.in. dwutlenek siarki i tlenki azotu (a także dwutlenek węgla), które po przedostaniu się do atmosfery, łączą się z wilgocią zawartą w powietrzu i powodują kwaśne deszcze.

Proces powstawania kwaśnych deszczy przedstawia poniższa grafika:

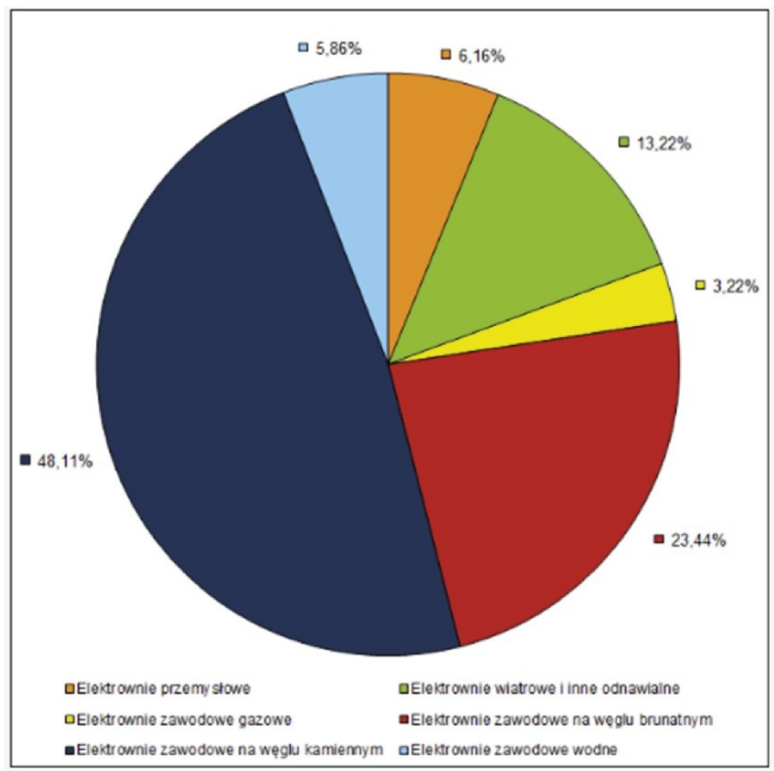


Najbardziej zniszczonymi obszarami przez kwaśne deszcze w Polsce są południowo-zachodnie regiony naszego kraju. Problem ten dotyczy nie tylko Polski, ale również Niemiec i Czech. Obszar, zaznaczony na poniższej grafice przedstawia regiony najbardziej dotknięte problemem kwaśnych deszczy w bezpośrednim otoczeniu Polski. Jest to obszar od lat silnie uprzemysłowiony, na którym znajduje się wiele elektrowni i elektrociepłowni, których głównym paliwem jest węgiel. Około 70% energii elektrycznej w Polsce wytwarzana jest z węgla.



Dodatkowo podczas spalania paliw kopalnych wytwarza się pył, który trafiając do atmosfery staje się mieszaniną cząstek stałych i kropelek cieczy utrzymujących się w powietrzu tworząc smog, o czym szczególnie mówi się w okresach zimowych. Jest on równie niebezpieczny, co kwaśne deszcze.

Struktura procentowa mocy osiągalnej w KSE stan na 31.12.2015 roku (w Polsce).



Wyzwaniem dla Polski jest zwiększenie pozyskiwania energii elektrycznej, mechanicznej oraz ciepłej z Odnawialnych Źródeł Energii, zwanych OZE. Są to naturalne źródła, które się stale odnawiają. Przykładem takich źródeł jest energia:

- słoneczna,
- geotermalna,
- wiatrowa
- wodna

Dodatkowo wyróżnia się energię pływów i fal morskich, energię ciepłą oceanów oraz biomasę, biopaliwa i biogaz. Te trzy ostatnie źródła energii są efektem produkcji rolniczej, np. słoma, którą spala się zamiast węgla. Biogaz natomiast to naturalny gaz, który powstaje w wyniku fermentacji pozostałości organicznych i może być wykorzystywany zamiast gazu ziemnego.

W ostatnich latach coraz szybciej rozwijają się nowe, alternatywne i ekologiczne metody pozyskiwania energii. Od fotowoltaiki – technologii wykorzystującej promieniowanie słoneczne do produkcji energii elektrycznej, po morskie i lądowe elektrownie wiatrowe.

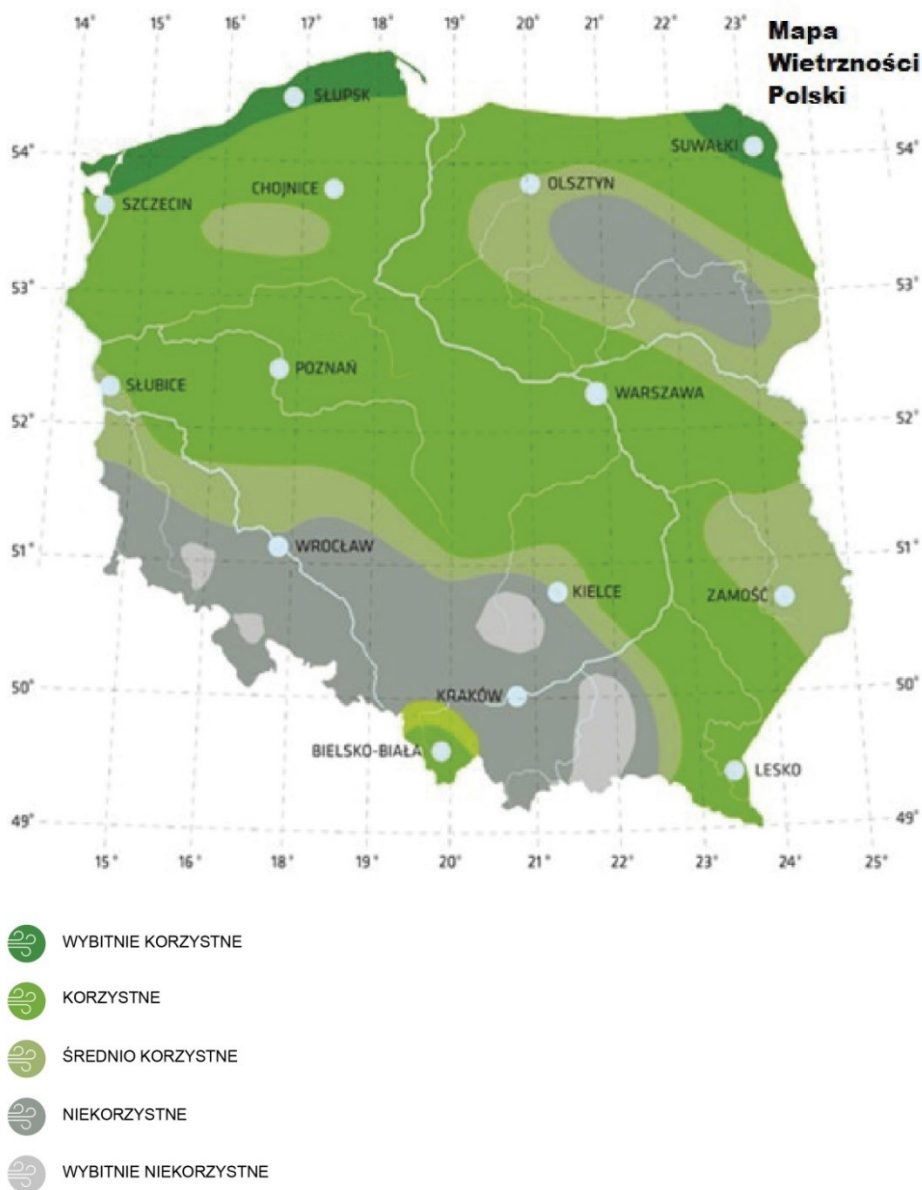
Elektrownia wytwarzająca energię elektryczną za pomocą turbin wiatrowych (wiatraków) napędzanych siłą wiatru to elektrownia wiatrowa. Energia elektryczna uzyskana z energii wiatru jest uznawana za ekologicznie czystą, gdyż, pomijając nakłady energetyczne związane z wybudowaniem takiej elektrowni, samo wytworzenie energii nie obciąża środowiska efektami ubocznymi. Zespoły elektrowni wiatrowych wraz z infrastrukturą towarzyszącą określa się również mianem farm wiatrowych lub parków wiatrowych. Rzadziej można spotkać się z określeniem siłowni wiatrowych.

Z definicji obowiązującego prawa, farmą wiatrową jest jednostka wytwórcza lub zespół tych jednostek wykorzystujących do wytwarzania energii elektrycznej energię wiatru, przyłączonych do sieci w jednym miejscu. (Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dz.U. 2007 nr 93 poz. 623).

Pierwsza lądowa farma wiatrowa powstała w 1980 roku w południowym New Hampshire w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej na zboczach Crotched Mountain. Budowę zajęła się firma U.S. Windpower (później Kenetech). Farma składała się z 20 turbin o całkowitej mocy 30 kW. Niecałe 20 lat później powstała pierwsza polska lądowa farma wiatrowa w Cisowie (gmina Darłowo). Elektrownię Wiatrową w Cisowie tworzą dwie farmy wiatrowe. Pierwsza powstała pod koniec XX wieku (w 1999r.) i tworzy ją 5 wiatraków. Druga, większa farma została uruchomiona wiosną 2001 roku, w jej skład wchodzi aż 9 dużych turbin. PGE Energia Odnawialna S.A. administruje 14 parkami wiatrowymi na terenie całej Polski. Całkowita moc zainstalowana elektrowni wiatrowych należących do PGE EO wynosi 529 MW. Najstarszym parkiem wiatrowym eksploatowanym przez PGE EO jest FW Kamieński, oddana

do użytku w 2007 roku. Największy park wiatrowy należący do PGE EO, FW Lotnisko znajduje się w województwie pomorskim, a moc zainstalowana wynosi 94,5 MW.

Ze względu na umiejscowienie, elektrownie wiatrowe możemy podzielić na lądowe elektrownie wiatrowe i morskie elektrownie wiatrowe (MEW) zwane też morskimi farmami wiatrowymi (MFW). Usytuowanie farm wiatrowych uzależnione jest od wietrzności danego terenu. Naturalnym obszarem częstego występowania silnych wiatrów są tereny przybrzeżne, zarówno lądowe, jak i morskie. Czasami mogą to być również obszary w pobliżu gór.



Należy jednak pamiętać, że stabilna produkcja energii elektrycznej w parkach wiatrowych zależy od stabilnej wietrzności przy prędkości wiatru ok. 5-12 m/s. Strefy występowania bardzo silnych wiatrów nie są korzystne dla elektrowni wiatrowych, ponieważ graniczna prędkość wiatru, przy których turbiny są zatrzymywane to około 25 m/s.

Natomiast instalowanie farm na morzu (ang. offshore), których pionierami są Duńczycy, jest obciążone większymi kosztami inwestycji i eksploatacji, gdyż sam proces budowy zajmuje ok. 2 lat. Niemniej jednak, farmy te są wolne od wielu barier, które stoją przed farmami lądowymi.

Główne zalety i korzyści morskich farm wiatrowych to:

- Większa stabilność wiatru, umożliwiającą bardziej efektywne wykorzystanie jego energii oraz zmniejszenie zużycia urządzeń,
- Przewidywalna produkcja przy współczynniku sprawności wynoszącym 40-50%,
- Obszary morskie dają więcej przestrzeni dla lokalizacji farm wiatrowych.

Pomimo różnic w lokalizacji oraz budowie morskich i lądowych farm wiatrowych, sposób pozyskiwania energii elektrycznej jest taki sam. Rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce niesie ze sobą potencjalny wpływ na produkt krajowy brutto (PKB). Na inwestycjach skorzysta również rynek pracy. Powstaną nowe miejsca pracy na etapie budowy oraz eksploatacji. Głównymi beneficjentami farm wiatrowych mogą być województwa pomorskie i zachodniopomorskie, w szczególności przemysł stoczniowy i stalowy.

Ponadto do budowy wykorzystywane są statki specjalistyczne, odpowiednio przystosowane do stawianych im zadań. Serwis oraz cumowanie tych jednostek odbywać się będzie w najbliższych portach, co również odbije się pozytywnie na zysku finansowym portów z regionu. Dodatkowo polskie stocznie biorą czynny udział w ich budowie. Dotychczas polskie stocznie wyprodukowały dwa specjalistyczne statki instalacyjne do budowy morskich farm wiatrowych.

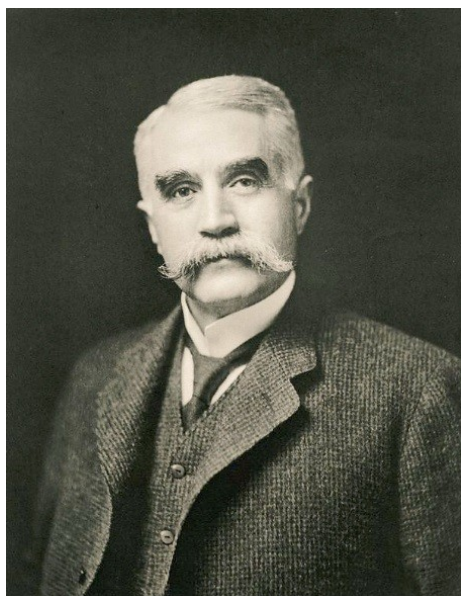
Obecnie konstrukcja farmy wiatrowej to kilogramy stali, miedzi oraz niezliczone ilości elektroniki, jednak nie zawsze tak było. 400 lat p.n.e. na terenie obecnych Indii powstał pierwszy opis zastosowania wiatraka do transportowania wody. W Chinach, w II w. p.n.e. stosowano wiatraki w kształcie kołowrotów do nawadniania pól uprawnych. Na początku naszej ery wiatraki pojawiły się w krajach basenu Morza Śródziemnego. Rok 644 n.e. uznany został za datę pierwszej udokumentowanej wzmianki o wiatrakach. Jednak dopiero w 1878 roku Charles F. Brush zbudował pierwszą samoczynnie działającą turbinę wiatrową produkującą energię elektryczną i jak na tamte czasy była olbrzymia: wirnik o średnicy 17 metrów składał się ze 144 drewnianych łopatek. Urządzenie to wykorzystywano ponad

20 lat, ładując akumulatory znajdujące się w posiadłości Bruscha. W podobnym czasie (II połowa XIX wieku) duński naukowiec Poul la Cour wykorzystał energię generowaną przez turbiny do procesu elektrolizy i wytwarzania wodoru. Początkowo la Coul wykorzystywał wodór do oświetlenia szkoły Askov School w Askov. La Cour założył Stowarzyszenie Elektrowni Wiatrowych oraz wydawał pierwsze na świecie czasopismo dotyczące energii elektrycznej pozyskiwanej z energii wiatru – The Journal of Wind Electricity. Był propagatorem małych turbin wiatrowych stawianych przy gospodarstwach na wsi, zapewniających im samowystarczalność w zakresie energii elektrycznej. La Cour zajmował się także badaniem aerodynamiki turbin wiatrowych. Wykazał, że znacznie bardziej wydajne dla generatorów elektrycznych są wirniki o kilku łopatach niż turbiny wielołopatkowe.

Myśląc o energii elektrycznej, warto pamiętać również o dwóch innych naukowcach tak mocno związanych z tym tematem:

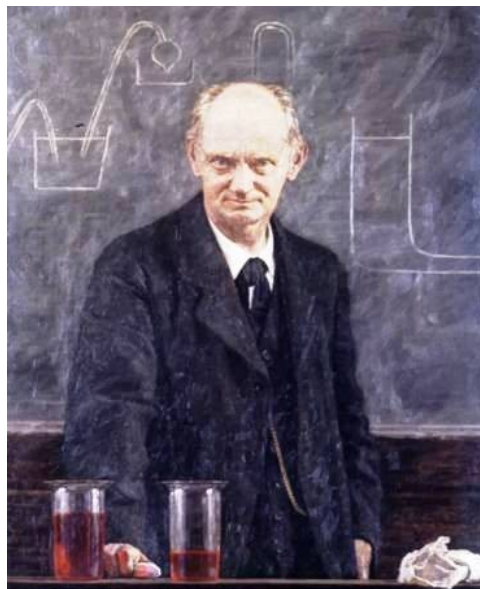
- Thomas A. Edison – który skonstruował pierwszą żarówkę
- James Watt – szkocki uczoney, od którego nazwiska została ustalona nazwa jednostki mocy energetycznej. 1 [W] Watt = 0,001 kW

**Pierwsza samoczynnie działająca turbina wiatrowa**



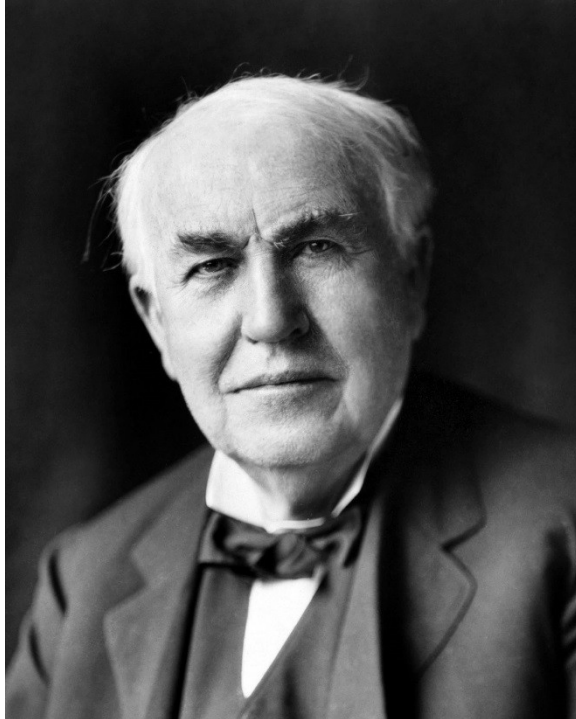
Charles F. Brush  
(1849-1929)

**Wykorzystanie energii generowanej przez turbiny do procesu elektrolizy i wytwarzania wodoru.**



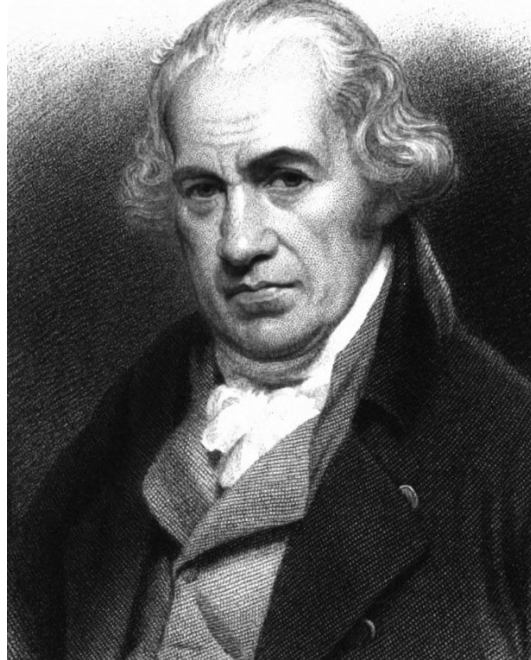
Poul la Cour  
(1846-1908)

Pierwsza żarówka



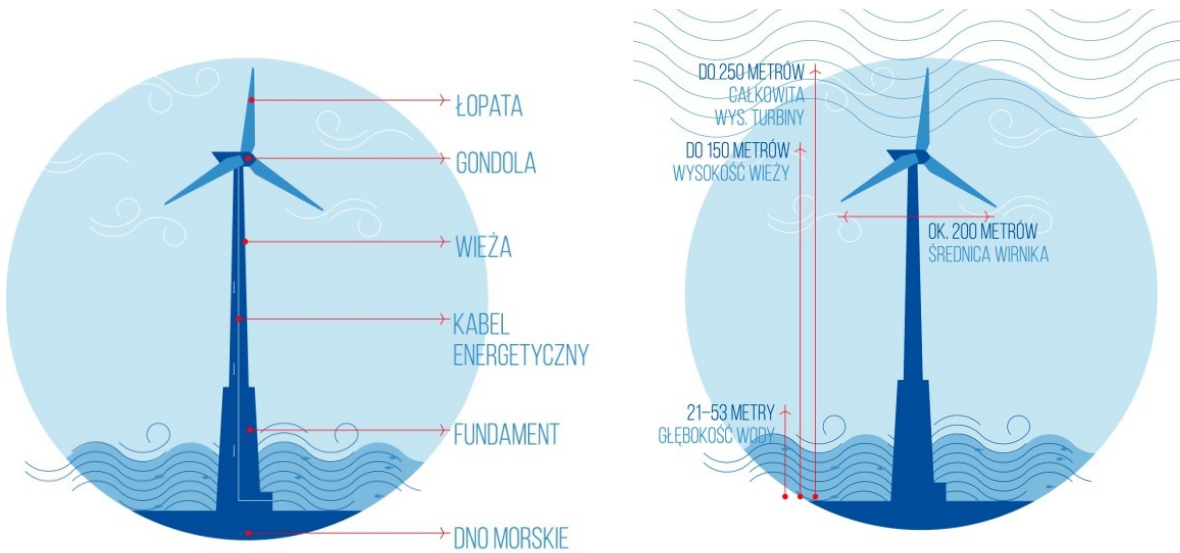
Thomas Edison  
(1847-1931)

Nazwa jednostki mocy lub strumienia energii  
w układzie SI



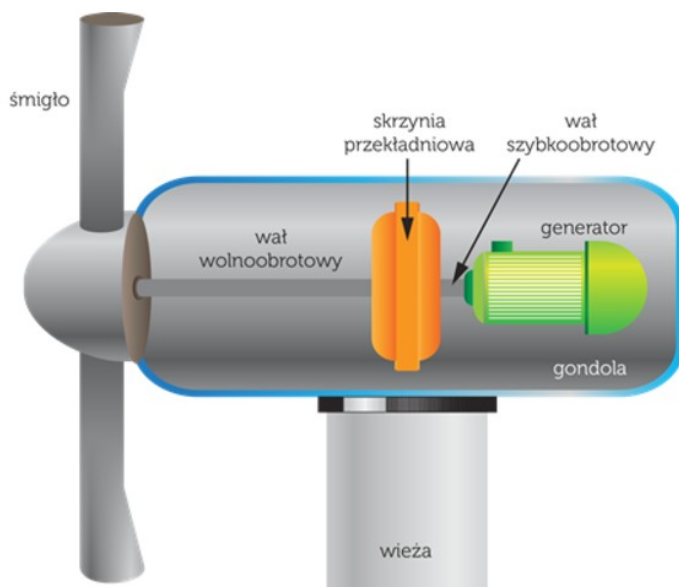
James Watt  
(1736-1819)

Schemat budowy morskiej farmy wiatrowej



- **Rotor** inaczej wirnik, najczęściej spotykane są wirniki 3-łopatkowe. Pozyskuje z wiatru energię kinetyczną, którą zamienia na energię rotacyjną.
- **Gondola** turbiny z zamocowanym wirnikiem wyposażona jest w system automatycznego obracania, w której znajduje się cały system turbiny czyli: generator prądu, który to de facto wytwarza prąd, przekładnia, wały napędowe oraz komputerowy system sterowania urządzeniem.
- **Wieża** jest to stożkowa konstrukcja stalowa o przekroju koła, składająca się z wielu stalowych lub metalowych segmentów. Największa część całej konstrukcji, na niej osadzona jest gondola, przez co zapewnia do niej dostęp. W niej znajduje się osprzęt elektryczny i elektroniczny.
- **Kabel energetyczny** jest odpowiedzialny za wyprowadzenie prądu z generatora umieszczonego w gondoli, poprzez wieże i teren farmy wiatrowej, aż do Głównego Punktu Zasilania (GPZ).
- **Fundament**, który jest zastosowany dobiera się w zależności od głębokości dna morskiego oraz jego warunków geologicznych czyli rodzaju. Dlatego też stosuje się różne typy fundamentów: monopal, kratownicowy (jacket), trójnóg (tripod), grawitacyjny.
- **Dno morskie**, na którym osadzona jest cała konstrukcja morskiej farmy wiatrowej

Schemat budowy gondoli:



- **Śmigła** – najczęściej spotyka się systemy z układem 2 lub 3 łopat.
- **Wał niskoobrotowy**, połączony ze śmigłami, obracający się z prędkością obrotu wirnika.
- **Wał szybkoobrotowy**, połączony z generatorem.
- **Przekładnia** (skrzynia przekładniowa) zmieniająca ilość obrotów pomiędzy śmigłami, a



generatorem.

Schemat wytwarzania energii elektrycznej możemy opisać w następujący sposób:

- **siła nośna** wytworzona przez śmigła pod wpływem wiatru obraca wał niskoobrotowy;
- **wał niskoobrotowy** jest połączony z przekładnią, w której następuje zwiększenie ilości obrotów i przeniesienie ich na wał szybkoobrotowy;
- **wał szybkoobrotowy** napędza generator prądu, który wytwarza energię elektryczną;
- **prąd elektryczny** przewodami przesyłany jest do sieci energetycznej.

Nim jednak energia elektryczna trafi na brzeg, przechodzi ona przez morską stację transformatorową, która zmniejsza straty energii, podnosząc napięcie przed dalszym przestaniem energii elektrycznej na brzeg. Współczesne turbiny wiatrowe mają określony zakres prędkości wiatru, na której pracują. Najczęściej jest to przedział od 4 m/s do 25 m/s. Przy prędkościach spoza tego zakresu następuje wyłącznie turbiny poprzez zmianę kąta natarcia łopat śmigła lub obrót wieży o kąt 90 w stosunku do kierunku wiatru.

Każdy obiekt wybudowany przez człowieka wpływa na środowisko, dlatego inwestor (osoba, która finansuje przedsięwzięcie/inwestycję) musi wykonać odpowiednie badania i uzyskać szereg zgód administracyjnych. W przypadku polskich inwestorów, m.in. PGE Energia Odnawialna (PGE EO), obszarem docelowym MFW będzie Morze Bałtyckie. Dlatego inwestor musi się zapoznać ze specyfiką Morza Bałtyckiego i wpływem morskich farm wiatrowych na jego ekosystem. Ichtiolodzy, czyli naukowcy badający życie ryb, sprawdzają, w jaki sposób budowa MFW wiatrowych wpływa na stan ichtiofauny (czyli ryb występujących w danym czasie na określonym obszarze wodnym). Najczęściej występującymi rybami na Bałtyku są dorsze, szprotki, śledzie bałtyckie.

Naukowcy wykazali, że budowa morskich farm wiatrowych może przyczynić się do powstania nowego podłoża dla składania ikry przez ryby oraz do rozwoju nowych siedlisk w których młodociane organizmy mają większą szansę przeżycia – efekt sztucznej rafy.

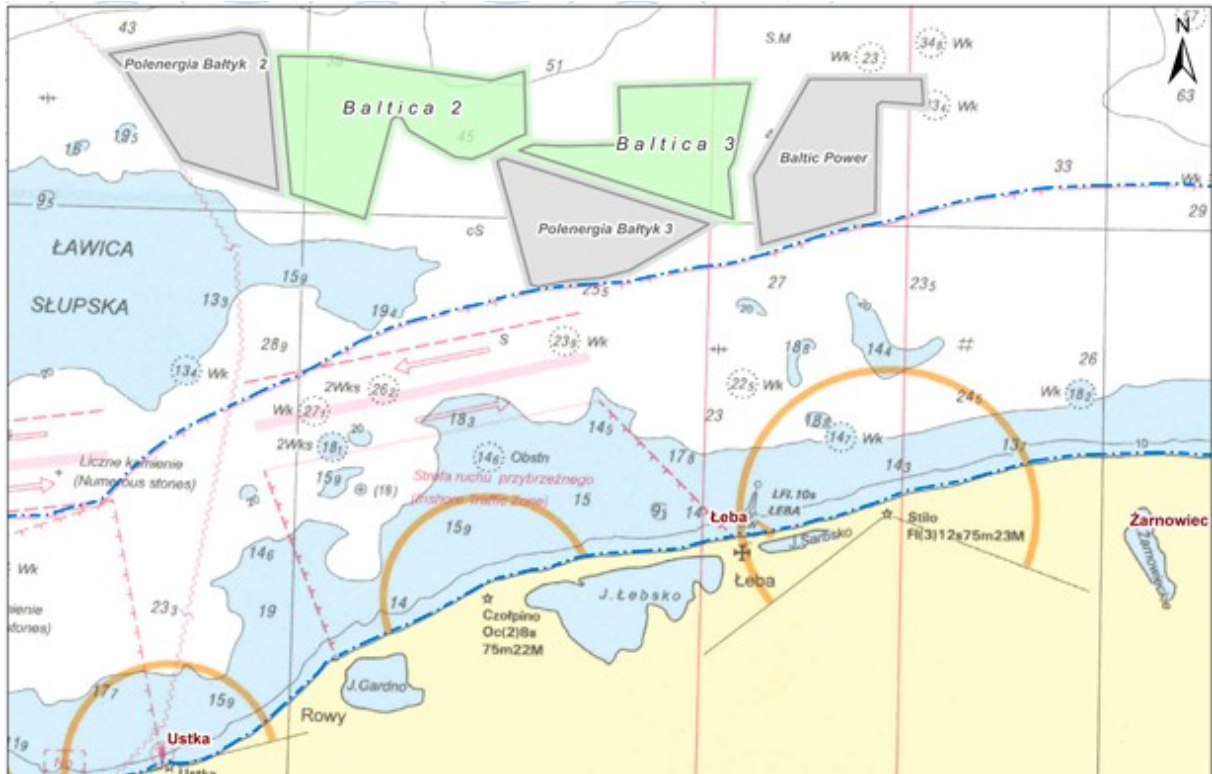
Największą ławicą, czyli obszarem o małej głębokości w obszarze Bałtyku, jest ławica Słupska – kamienny obszar z piaszczystym dnem, który jest siedliskiem wielu roślin, ryb i ptaków. Usytuowana jest ona około 25 mil morskich na północ od Ustki, nieopodal obszaru MFW.

Bałtyk jest stosunkowo niewielkim morzem śródlądowym o powierzchni 415 266 km<sup>2</sup>.



Morze z oceanem łączą wąskie cieśniny. Bałtyk posiada linię brzegową o długości około 8100 km i jest ujściem rzek z 9 krajów – Szwecji, Finlandii, Rosji, Estonii, Łotwy, Litwy, Polski, Niemiec i Danii.

Budowa Morskich Farm Wiatrowych jest postrzegana jako szansa na otwarcie się na nowoczesne, ekologiczne i wydajne źródła pozyskiwania energii.



Prowadzone z użyciem wielu narzędzi, w tym rybackich (np. włok – rodzaj sieci do połowu ryb) badania potwierdzają, że , fundamentey MFW szybko stają się (podobnie jak Ławica Słupska) siedliskiem dla wielu gatunków roślin i ryb.

Źródła:

- <http://www.oze.otwartaszkola.edu.pl/Biblioteka/Artyku%C5%82y/Farmywiatrowe.aspx>
- <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20070930623>
- <http://www.umass.edu/windenergy/about/history/alumni>
- <http://swiatoze.pl/>
- <http://gis.gov.pl/o-nas/aktualnosci/464-smog>
- <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/kwasne-opady;3929628.html>
- <http://obszary.natura2000.org.pl/index.php?s=obszar&id=399>
- <http://www.prosument-oze.eu/odnawialne-zrodla-energii.html>
- <https://www.ure.gov.pl/pl/rynki-energii/energia-elektryczna/odnawialne-zrodla-ener/4762,Odnawialne-Zrodla-Energii.html>
- <http://www.me.gov.pl/Energetyka/Odnawialne+zrodla+energii>

