

LEKCJE DLA POLSKI Z NIEMIECKIEJ TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ "ENERGIEWENDE"

Lessons for Poland from German energy transition "Energiewende"

Andrzej Strupczewski

Streszczenie: Ogromne koszty finansowania niemieckiej transformacji energetycznej "Energiewende" w 2020 r. przekroczyły nawet oczekiwania zwolenników energetyki wiatrowej i słonecznej, osiągając ponad 30 mld euro rocznie. Ale energetyka wiatrowa nie może zapewnić ciągłości zasilania elektrycznego. Wykresy w artykule pokazują okresy ciszy wiatrowej na lądzie i na morzu, sięgające 120 godzin w morskich farmach wiatrowych i 170 godzin w wiatrakach na lądzie. Dlatego Niemcy muszą uzupełniać produkcję energii elektrycznej, spalając węgiel brunatny i importowany gaz. Nie jest to droga do ochrony środowiska. Wiatraki mają negatywny wpływ na zdrowie ludzi i na środowisko, powodując setki tysięcy zgonów ptaków, nietoperzy i owadów. Strategię Energiewende ostro krytykują niemieccy eksperci energetyczni, zarówno z uczelni technicznych, jak i z przemysłu.

Abstract: The extreme costs of German energy transition "Energiewende" in 2020 exceeded even the expectations of advocates of renewable energy sources and reached above 30 billion euro per year. However, the wind cannot assure continuity of electric power supply. The graphs in the paper show the periods of wind lulls on the land and on the sea reaching into 120 hours at offshore wind mills or 170 hours on land. Thus Germany has to provide electric energy by burning lignite and imported gas. This is no way for environment protection. The wind mills have a negative impact on human health and environment, causing hundreds of thousands kills of birds, bats and insects. The strategy of Energiewende is sharply criticised by German energy experts, both from technical universities and from the industry.

Słowa kluczowe: Koszty niemieckiej transformacji energetycznej Energiewende, przerywany charakter energii wiatrowej, okresy ciszy wiatrowej na lądzie i na morzu, ujemne skutki oddziaływania wiatraków na środowisko

Keywords: costs of German energy transition Energiewende, wind power intermittency, wind lull periods on land on the sea, negative impacts of wind mills on environment

W opublikowanym w połowie stycznia 2021 r. artykule w portalu Wysokie Napięcie¹, pp. K. Szulecki i P. Stępień bronią przyjętej przez rząd niemiecki strategii transformacji energetycznej, twierdząc, że krytyka jej wysokich kosztów oparta jest na błędzie. Przyznają oni wprawdzie, że dopłaty do energii z OZE osiągnęły rekordowy poziom w wysokości 30,9 mld euro, ale zarzucają krytykom, że popełniają „prosty błąd”, kwotę sumy dopłat określają jako „abstrakcyjną”, rozumienie przemian w Niemczech jest „powierzchowne” a dane „błędnie zinterpretowane”. Autorzy – niewątpliwie dobrze zorientowani w polityce partii „Zielonych” w Niemczech, bo jeden z nich jest od 2005 r. aktywnym członkiem partii Zielonych w Polsce – piszą o zmianach prawnych rządzących dopłatami dla deweloperów OZE i o przyczynach rekordowo wysokiego poziomu dopłat. Przyznają też, że „Wraz z rozwojem OZE dochodzi do coraz częstszej nadprodukcji energii, co wywołuje presję na ceny. W ekstremalnych przypadkach kończy się to nawet cenami ujemnymi”. Ale szybko dodają, że kwoty rzucane przez przeciwników mają niewiele wspólnego

z rzeczywistością, bo sumują oni „po prostu koszty dopłat i uzyskaną abstrakcyjną kwotę podają jako rachunek za transformację”.

Ale dopłata dla deweloperów OZE wynosząca 30,9 mld euro rocznie to nie jest „abstrakcyjna kwota”. Proponuję popatrzeć na rysunek zaczerpnięty z materiałów o Energiewende zebranych przez Politechnikę w Braunschweig – jak najbardziej sprzyjającą polityce transformacji energetycznej rządu – i przeczytać napis niemiecki głoszący, że na rysunku pokazano koszty za jednostkę energii ct/kWh (EEG-Umlage in ct/kWh) i całkowite nakłady na EEG (EEG Gesamtumlage) – a więc nie abstrakcyjne koszty, ale koszty ponoszone łącznie przez Niemcy na transformację energetyczną! I na tym tle – nie „abstrakcyjnych kosztów”, ale kosztów przewidywanych przez ośrodki rządowe i publikowanych jako koszty EEG – transformacji energetycznej – należy patrzeć na wynik 30,9 mld euro w 2020 r.! Jeszcze wyższy o 1800 mln euro od przewidywanego.

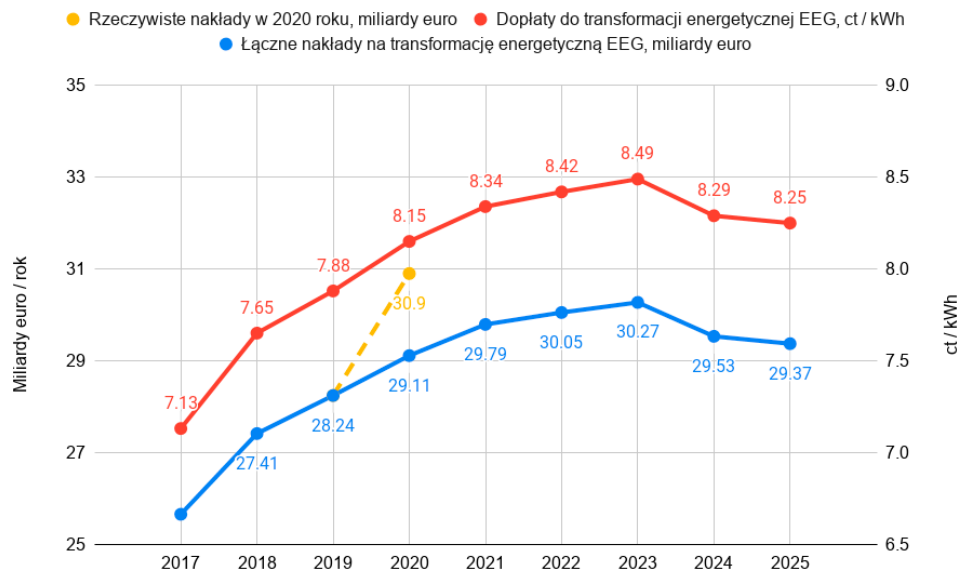
Dalej autorzy bronią Energiewende pisząc, „nawet jeśli ceny prądu rosną, to średnie roczne rachunki za energię w społeczeństwie niekoniecznie” i postulują porów-

¹ Energiewende kosztuje miliardy euro, ale to tylko połowa medala - WysokieNapięcie.pl

nanie cen płaconych przez odbiorców w Niemczech z cenami, jakie byłyby płacone za prąd z elektrowni węglowych. Wystarczy popatrzeć na ceny płacone przez odbiorców energii elektrycznej w Niemczech (30 ct/kWh) i we Francji (18 ct/kWh)² publikowane corocznie przez Eurostat – a więc organ niezależny od polityki – by przekonać się, że strategia forsownego rozwijania OZE przyniosła Niemcom najwyższe ceny energii elektrycznej w Europie. I to są właśnie „średnie roczne rachunki w społeczeństwie”.

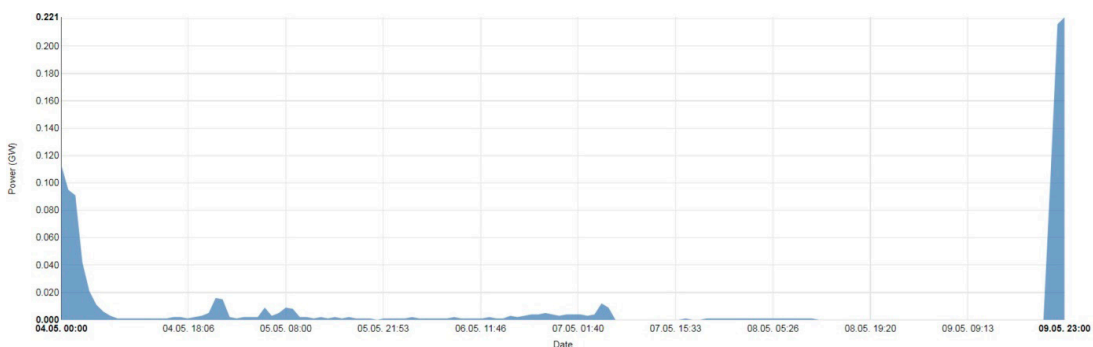
Czy wiatr może zapewnić ciągłość zasilania elektrycznego

Nikt nie postuluje, by bez końca spalać węgiel – lepsza jest strategia wybrana przez Francję, Szwecję czy Belgię polegająca na wprowadzeniu energetyki jądrowej. Ale to właśnie Niemcy w dalszym ciągu spalają węgiel – lub importowany gaz ziemny z Rosji – bo jest to im niezbędnie potrzebne dla wypełnienia okresów ciszy wiatrowej występujących nieubłaganie w różnych



Rys. 1. Przewidywane przez instytucje niemieckie łączne subwencje dla OZE i indywidualne dopłaty do ceny energii w latach 2017-2025², a rzeczywiste łączne subwencje w 2020 r.³ (rysunek własny)

Fig. 1. Total subsidies for renewable energy sources foreseen by German institutions and individual additions to energy bills within energy transformation EEG program in the period of 2017-2025, with true expenditures in 2020 (author's drawing). True subsidies in 2020, billions euro, additional costs of EEG per electric energy unit, ct/kWh, Summary subsidies for energy transformation EEG, billions euro



Rys. 2. Moc morskich farm wiatrowych MFW na Bałtyku źródło: dane dla MFW Baltic 1 i 2⁵

Fig. 2. Offshore wind power in Baltic sea, data for windmills in Baltic and Baltic 2

² https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/3/38/Electricity_prices_for_household_consumers%2C_first_half_2020_%28EUR_per_kWh%29_v4.png

³ Materialien zur Energiewende: Zusammengestellt und eingeleitet von Edmund Brandt, str 528, 30 May 2018, Berliner Wissenschafts Verlag, Technische Universitaet Braunschweig, RATUBS -02/2018

⁴ Rekordowe dopłaty do OZE w Niemczech - BiznesAlert.pl

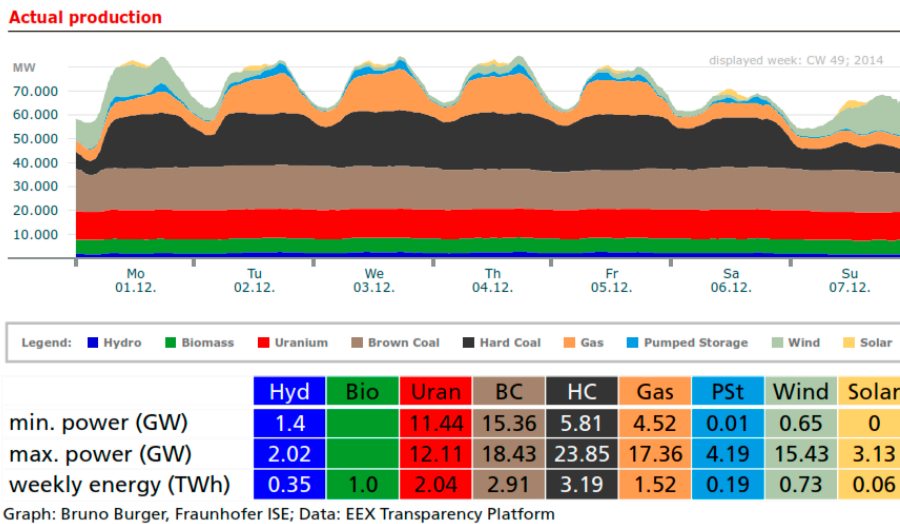
⁵ https://energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=en&c=DE&year=2017&week=18&source=wind_offshore_unit

miesiącach każdego roku. Przykład ciszy wiatrowej na Bałtyku trwającej przez ponad 120 godzin pokazany jest na rys. 2, opracowanym na podstawie danych publikowanych przez Instytut Fraunhofera, a więc główny instytut wspierający politykę transformacji energetycznej EEG.

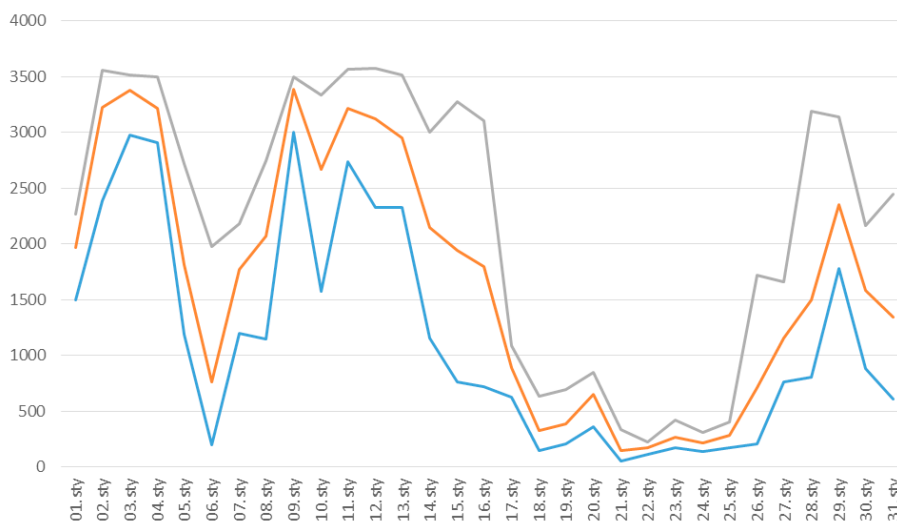
Oczywiście okresy ciszy wiatrowej występują również na lądzie, a wtedy lądowe farmy wiatrowe przestają produkować prąd.

Przykład okresu ciszy wiatrowej w Polsce pokazuje rys. 4

Takich przykładów jest wiele, a w efekcie dla utrzymania ciągłości zasilania elektrycznego trzeba poza wiatrakami i panelami słonecznymi mieć drugi system energetyczny, oparty na sterowalnych źródłach energii jak energia jądrowa, gaz lub węgiel. Niemcy wykorzystują węgiel – właśnie zbudowali dużą kolejną kopalnię węgla brunatnego – ale to nie jest droga od czystości powietrza i redukcji emisji gazów cieplarnianych.



Rys. 3. Załamanie produkcji z OZE, Niemcy, grudzień 2014⁶. cytowane za zezwoleniem Kolorowe pola przedstawiają produkcję energii elektrycznej w ciągu tygodnia 49 w 2014 r. w Niemczech. Na osi pionowej moc rzeczywista w MW. Kolorem jasno zielonym oznaczono moc wiatru, żółtym – paneli PV
Fig. 3. The collapse of RES production, Germany, December 2014. Cited with the permit. Colored fields represent electricity production during week 49 in 2014 in Germany. On the vertical axis, real power in MW. Light green is for wind power, yellow - for PV panels



Rys. 4. Przykład okresu ciszy wiatrowej w Polsce
Fig. 4. An example of a wind silence period in Poland

⁶ FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE Electricity production from solar and wind in Germany in 2014 Prof. Dr. Bruno Burger, January 2015, <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-english/pdf-files-english/data-nivc/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-2014.pdf>

Skutki pracy wiatraków dla zdrowia człowieka

Autorzy wspomnianego artykułu sugerują, że w debacie zapomina się o kosztach zewnętrznych jak np. koszty zdrowotne czy środowiskowe. Nie można jednak zapominać, że to właśnie ogromne koszty środowiskowe sprawiły, że prawdziwi ekolodzy wołają o powstrzymanie rosnącego zanieczyszczenia środowiska hałasem wiatraków i ich śmiertelnościowego wpływu na przelatujące ptaki, nietoperze i owady.

Raport Francuskiej Akademii Medycznej stwierdza, że osoby mieszkające w pobliżu farm wiatrowych skarżą się na zaburzenia czynnościowe, zwane zespołem turbiny wiatrowej, czyli zespołem dolegliwości związanych z pracą turbin (tj. problemy ze snem z powodu hałasu, bóle głowy, zawroty głowy, niepokój, szum w uszach). Symptomy te przypominają objawy, które występują u osób zamieszkujących okolice portów lotniczych. Prowadzone w pobliżu lotnisk badania wykazały jednoznacznie, że chroniczny hałas powoduje reakcje neurologiczne prowadzące do nadciśnienia i chorób układu krążenia.

Jak pisze Fritz Vahrenholt, twórca pierwszych wysokich wiatraków dużej mocy w XX wieku, a w późniejszym okresie twórca i prezes Windenergie-Anlagenbauer REpower Systems, następnie koncernu Innogy, jednego z największych inwestorów OZE w Europie, a od 2012 r. do 2019 r. prezes fundacji niemieckich dzikich zwierząt i profesor honoris causa na wydziale chemii uniwersytetu w Hamburgu: „Dźwięki o niskiej częstotliwości przenoszą się przez warstwy podziemne bliskie powierzchni na wiele kilometrów bez redukcji natężenia i w domach wchodzą w rezonans ze strukturami budynków” Cytowane w jego książce⁷ badania doświadczalne wykazały, że dźwięki o częstotliwości poniżej 20 herców wydawane przez wiatraki, a niesłyszalne zwykle dla ludzkiego ucha, powodują silne symptomy ucisku

na bębenki i piersi, uczucie zmęczenia, bezsenność, zaburzenia rytmu serca i bóle głowy. W Danii przeprowadzono wielkie studium obejmujące ponad 24 000 pielęgniarek, z których 2519 mieszkało w odległości od wiatraka mniejszej niż 6 km, a pozostałe 21 000 dalej. Po uwzględnieniu czynników ubocznych naukowcy z uniwersytetu w Kopenhadze stwierdzili, że wśród osób mieszkających blisko wiatraków wystąpiły zaburzenia pracy serca o 30% częściej niż w drugiej grupie.

Nic dziwnego, że ludność protestuje przeciw budowie wiatraków. W Niemczech działa ponad 1000 takich organizacji anti-wiatrakowych, a w Wielkiej Brytanii jest ich też wiele i zamieszczają w mediach społecznościowych doniesienia potwierdzające w pełni negatywne wyniki badań opisywanych przez prof. Vahrenholta.

Wiatraki – mordercze działanie na ptaki, nietoperze i owady

Chociaż branża wiatrakowa nie chce o tym mówić, wiatraki rzeczywiście zabijają ptaki i nietoperze. Jak wykazały badania w ciągu ostatniego dziesięciolecia, turbiny wiatrowe zabijają ok. pół mln nietoperzy rocznie, grożąc całkowitym wyćpieniem niektórych ich gatunków⁹. Nietoperze giną, chociaż są one wyposażone w najczulsze „radary”. Giną one z powodu rozerwania się ich płuc. Przelatując przez płaszczyznę wirnika wiatraka od spiętrzonego ciśnienia do bardzo obniżonego poza wirnikiem nie wytrzymują zmiany ciśnienia i giną w męczarniach.

Naukowcy stwierdzili, że turbiny wiatrowe są największą stworzoną przez człowieka groźbą dla migrujących nietoperzy, które przebywają w różnych środowiskach w zimie i w lecie. W 2017 r. zespół naukowców ostrzegł, że już wtedy zginęły setki tysięcy nietoperzy rocznie, a w razie dalszej rozbudowy farm wiatrowych niektóre ich gatunki mogą zostać całkowicie wyćpię-



Fot. 1. Strona internetowa jednej z organizacji protestujących przeciw wiatrakom – pokazująca jak blisko od domów mieszkalnych budowane są wiatraki

Photo 1. Website of one of the organizations protesting against windmills - showing how close to residential houses windmills are built

⁷ F. Vahrenholt, S. Luening: Unerwünschte Wahrheit, Langenmueller, October 2020

⁸ <https://www.windwahn.com/>

⁹ Schellenberg M. Why Wind Turbines Threaten Endangered Species With Extinction 26 June 2019, <https://www.forbes.com/sites/michaelschellenberger/2019/06/26/why-wind-turbines-threaten-endangered-species-with-extinction/?sh=71aaf0b664b4>

ne¹⁰. W samych Niemczech z powodu pracy wiatraków ginie rocznie 250 000 nietoperzy. Prawdziwa liczba zabitych jest większa, bo nietoperze w większości jeszcze kawałek lecą i kończą życie w lesie, gdzie ich małe ciała szybko są zjadane przez zwierzęta. I dziwna rzecz: gdy projektuje się budowę autostrady, lotniska, mostu lub jak w Polsce podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych (Nietoperek), grożących gniazdom nietoperzy, to następuje wieloletnia walka z obrońcami przyrody i nierzadko trzeba zrezygnować z takiego projektu. Ale masowe mordy nietoperzy na skrzydłach wiatraków nie budzą żadnych sprzeciwów partii Zielonych.

Turbiny wiatrowe okazały się także jednym z największych powodowanych przez człowieka zagrożeń dla wielu gatunków ważnych dla zachowania różnorodności biologicznej. Zagrożone są orły złociste, orły łyse, sowy ziemne, myszołowy rdzawosterne, sokoły preiowe, a także wiele innych¹¹. Niemieckie Towarzystwo Ornitologiczne już w 2013 r. oświadczyło, że „Wskutek nieprzemysłanej i zbyt pośpiesznej rozbudowy energetyki odnawialnej wykorzystującej biomasę i energię wiatrową wyraźnie zmniejszyła się liczba niemal 50% wszystkich gatunków ptaków¹².

Deweloperzy wiatraków bagatelizują ich działanie, twierdząc, że koty zabijają więcej ptaków niż wiatraki. Ale podawane przez nich porównania z działaniem kotów są mylące, bo koty napadają na ptaki małe i występujące w dużych ilościach, jak rudziki lub jaskółki, podczas gdy wiatraki zabijają duże i cenne ptaki, o małej liczbie potomstwa – z jednym lub dwoma pisklętami rocznie.

Co więcej, wiatraki zabijają owady – a zanik populacji owadów może skutkować utratą ptaków. Prowadzone przez 27 lat studia w Niemczech wykazały dramatyczny spadek masy owadów w powietrzu, wynoszący ok. 76%.¹³ Zdaniem specjalistów niemieckich jedną z głównych przyczyn zaniku owadów są właśnie turbiny wiatrowe. Powierzchnia wirujących skrzydeł wiatraków wynosząca w Niemczech 200 mln m² powoduje zgony 1200 mld owadów wskutek bezpośrednich uderzeń skrzydeł. Organizacje ekologiczne w Wielkiej Brytanii oceniają¹⁴, że odpowiada to jednej trzeciej całkowitej migracji wszystkich owadów w południowej Anglii. Jest to z pewnością znacząca strata. Istotnym powodem

zgonów owadów jest fakt, że latające samice w okresie tuż przed złożeniem jajeczek wyszukują szybkie prądy powietrzne, które mają zanieść je do miejsc wylęgu. I te samice z setkami jajeczek natrafiają na ścianę wiatraków, rozciągającą się na setki kilometrów na wysokości 200 m, a każdy wiatrak omiata powierzchnię równą wielkości boiska piłki nożnej. Unoszący owady prąd powietrza ma przepływ 10 mln km³ rocznie – a więc prąd unosi wielokrotnie więcej powietrza, niż obejmuje cała atmosfera do wysokości 2000 m nad Niemcami. I to powietrze przepływa między wirnikami wiatraków, unosząc na śmierć owady i nietoperze.

Krytyka Energiewende przez ekspertów niemieckich

Na koniec, by nie pozostawić wrażenia, że Energiewende jest krytykowana tylko przez anonimowych przeciwników nie rozumiejących istoty polityki Niemiec, popatrzmy na ekspertów niemieckich, którym nikt nie może odmówić wiedzy i obiektywności w kwestiach energetyki, krytykujących ostro Energiewende:

- prof. **Alfred Voss**, profesor Instytutu IKE (Instytut Energii Jądrowej i Systemów Energetycznych), wieloletni dyrektor Instytutu Gospodarki Energetycznej IER w Stuttgarcie¹⁵,
- prof. **Vahrenholt**, twórca pierwszych morskich farm wiatrowych, później senator do spraw środowiska w Hamburgu, prezes szeregu firm budujących farmy wiatrowe, profesor honorowy wydziału chemii Politechniki w Hamburgu i członek niemieckiej Akademii Nauk Technicznych,¹⁶
- prof. dr honoris causa **Gunther Specht**, profesor Politechniki w Darnstadt stwierdza, że polityka energetyczna rządu polegająca na wyłączaniu stabilnie i bezpiecznie pracujących elektrowni jądrowych, a wprowadzaniu wiatraków i paneli słonecznych wymagających rezerwowania przez elektrownie gazowe lub opalane węglem brunatnym jest fatalną pomyłką¹⁷.
- prof. Hans **Werner Sinn**, prezes instytutu badań nad gospodarką IFO (Institut für Wirtschaftsforschung) w Monachium, profesor ekonomii na Uniwersytecie Ludwika Maksymiliana w Monachium, który o programie Energiewende pisze *„Jest on zupełnie bezużyteczny dla ekologii, prowadzi do zniszczenia natury i obniżenia poziomu życiowego użytkowników. Gdy wieje silny wiatr Niemcy muszą płacić sąsiadom, by*

¹⁰ <https://docs.wind-watch.org/cryan-wind-turbines-migratory-bats.pdf>

¹¹ <http://windfarmaction.wordpress.com/page/2/>

¹² Vahrenholt, tamże

¹³ Where have all the insects gone? | Science | AAAS (sciencemag.org)

¹⁴ Interference-of-Flying-Insects-and-Wind-Parks.pdf (wind-watch.org)

¹⁵ Can the objectives of the „Energiewende“ be achieved? Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß 10th International School on Nuclear Power, Warszawa, 27-28.11.2018, Warsaw, Poland

¹⁶ F. Vahrenholt, S. Luening: Unerwünschte Wahrheiten, Langenmueller Verlag, Muenchen, 3 Auflage, 2020

¹⁷ Gunther Specht, Fundamentale Irrtümer der Okostrompolitik - auf dem Weg zu einem neuen Paradigma, Vortrag beim Lions Club GroB-Umstadt, 2013

ci zgodzili się odebrać nadmiar prądu – jest to ekonomiczny obłąd.”

Zespół ekspertów rządowych w raporcie dla rządu Niemiec¹⁸ stwierdza, że „Środki polityczno-przemysłowe wybrane w *Energiewende* są błędne, ponieważ w centrum uwagi stawiają osiągnięcie mocy produkcyjnych określonych technologii, pomijając całość systemu energetycznego, i prowadzą do eksplozji cen energii elektrycznej”.

Raport McKinseya z końca 2018 r.¹⁹ stwierdza, że program *Energiewende* ma osiągnięcia tylko tam, dokąd płyną bezpośrednie subwencje. Natomiast wciąż nierealne jest osiągnięcie zasadniczych celów, które nie są bezpośrednio finansowane przez subwencje, przede wszystkim obniżenie emisji CO₂. Również nie udaje się utrzymanie ceny energii elektrycznej w granicach 25% powyżej średniej ceny w UE.

Ujawniony prasie niemieckiej **raport niemieckiego Federalnego Urzędu Audytów** czuwającego nad budżetem²⁰ poddał ostrej krytyce Ministerstwo Gospodarki i Energii prowadzące działania w zakresie transformacji energetycznej *Energiewende*, którymi szczyli się rząd niemiecki i którym zdecydowanie sprzeciwiają się eksperci. Urząd Audytów stwierdził, że działania te są prowadzone nieefektywnie, brak jest kompleksowej oceny kosztów czekających Niemcy, a wskutek nieudolnego zarządzania marnowana jest znaczna część z subwencji wynoszących obecnie znacznie powyżej 20 mld euro rocznie.

*„Koszty subwencji w 2016 r. wynosiły 23,1 mld euro rocznie, w 2017 r. 25,84 mld, w 2020 r. wyniosą 31,84 mld, a w 2025 r. 32,87 mld euro rocznie”²¹. Audytorzy uważają, że istnieje ryzyko ciągłego podnoszenia kosztów realizacji programu *Energiewende*²². Koszty tych subwencji ponoszą podatnicy, częściowo bezpośrednio w dopłatach na rachunkach za elektryczność, częściowo zaś pośrednio poprzez wzrost cen wynikający z kosztów energii elektrycznej dla przedsiębiorstw niemieckich.*

Profesorowie z Politechniki w Heidelbergu²³ pytają młodych entuzjastów Transformacji Energetycznej „*kiedy wreszcie obudzicie się i posłuchacie się zdania ekspertów, a nie tylko „zielonych ideologów”?*”

To tylko część głosów krytycznych. Czy naprawdę nie powinniśmy ich posłuchać?

PS... A oto list od dr inż. Jerzego Majchera, napisany po przeczytaniu mojej publikacji w Wysokim Napięciu.

„Jest jeszcze gorzej, bo ja sam widziałem w terenie z wiatrakami całe mnóstwo poległych ptaków i masę gryzoni (szczury, myszy, nornice) żerujące na padlinie ptaków, ale również niszczące plony rolnicze. Zatem, żeby przeciwdziałać gryzoniom trzeba by było jak królowa angielska na Cyprze spowodować wzrost populacji kotów na tych terenach. Rodzi się pytanie, czy to działanie człowieka wprowadzi trwałymi zakłócenia w równowadze biologicznej w naturze dotychczas będącej w równowadze naturalnej.

A tym którzy mają wątpliwości co do rzekomej ekonomiczności morskich i lądowych farm wiatrowych oraz źródeł fotowoltaicznych, gorąco polecam brytyjski raport prof. Gordona Hughes'a, przestrzegającego akcjonariuszy przed bankrutem spółek specjalnego przeznaczenia budujących w UK i w Danii morskie farmy w oparciu o dane planistyczne będące pobożnymi życzeniami w zderzeniu z rzeczywistymi osiągnięciami operacyjnymi i obsługowymi. Są stale nierentowne i funkcjonują tylko dzięki horrendalnym dotacjom. Dotacje z nieba nie spadają, tylko są kosztem społecznym.”

dr inż. Andrzej Strupczewski, prof. NCBJ,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Otwock-Świerk

¹⁸ <http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/presse-jahresgutachten-2015-16.html>

¹⁹ <https://www.mckinsey.de/branchen/chemie-energie-rohstoffe/energiewende-index>

²⁰ <http://www.dw.com/en/auditors-slam-gabriels-ministry-on-clean-energy-costs/a-37109415>

²¹ <http://www.et-energie-online.de/Zukunftsfragen/tabid/63/NewsId/2997/EEG-2017-Entwicklung-der-Forderkosten-und-politische-Implikationen.aspx>

²² <http://ef-magazin.de/2017/01/21/10449-kritik-an-der-energiewende-was-der-rechnungshof-unterschlaegt>

²³ Findet eine *Energiewende* statt? Physikalisches Institut der Universität Heidelberg Prof. Dr. Dr. h.c. Dirk Dubbers, Prof. Dr. Johanna Stachel, Prof. Dr. Ulrich Uwer 05.02.2015