

Całkowity koszt zapewnienia energii elektrycznej

Streszczenie



Całkowity koszt zapewnienia energii elektrycznej

Streszczenie

Pełny tekst publikacji NEA nr 7298 jest dostępny na stronie oe.cd/2fY

© OECD 2018
NEA No. 7441

AGENCJA ENERGII JĄDROWEJ (NEA)
ORGANIZACJA WSPÓŁPRACY GOSPODARCZEJ I ROZWOJU (OECD)

ORGANIZACJA WSPÓŁPRACY GOSPODARCZEJ I ROZWOJU (OECD)

OECD to jedyne w swoim rodzaju forum, na którym rządy 35. państw demokratycznych wspólnie rozwiązują związane z globalizacją problemy gospodarcze, społeczne i ekologiczne. Ponadto OECD jest organizacją wiodącą w działaniach mających na celu udzielenie rządów pomocy przy rozpoznawaniu i rozwiązywaniu wynikających z dalszego rozwoju wyzwań, takich jak zarządzanie korporacyjne, ekonomika informacji, czy problemy związane ze starzeniem się ludności. Organizacja jest miejscem, w którym rządy mogą porównywać swoje doświadczenia z realizacją strategii, poszukiwać odpowiedzi na wspólne problemy, zapoznać się z dobrą praktyką i podejmować współpracę w zakresie koordynacji polityki wewnętrznej i międzynarodowej.

Państwa członkowskie OECD to: Australia, Austria, Belgia, Kanada, Chile, Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Islandia, Irlandia, Izrael, Włochy, Japonia, Korea, Łotwa, Luksemburg, Meksyk, Holandia, Nowa Zelandia, Norwegia, Polska, Portugalia, Słowacja, Słowenia, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria, Turcja, Wielka Brytania i Stany Zjednoczone. W pracach OECD bierze udział Komisja Europejska.

Wydawnictwo OECD Publishing rozpowszechnia wyniki opracowań statystycznych i prac badawczych Organizacji w zakresie problematyki gospodarczej, społecznej i ochrony środowiska, a także konwencje, wytyczne i standardy uzgodnione przez państwa członkowskie Organizacji.

Niniejsze opracowanie powstało na odpowiedzialność sekretarza generalnego OECD. Wyrażone tu poglądy i zastosowana argumentacja nie muszą być zgodne z poglądami Organizacji i jej państw członkowskich.

AGENCJA ENERGII JĄDROWEJ (NEA)

Agencja Energii Jądrowej OECD (NEA) powstała w dniu 1 lutego 1958 r. W jej skład wchodzi aktualnie 33 państwa: Argentyna, Australia, Austria, Belgia, Kanada, Czechy, Dania, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Islandia, Irlandia, Włochy, Japonia, Korea, Luksemburg, Meksyk, Holandia, Norwegia, Polska, Portugalia, Rumunia, Rosja, Słowacja, Słowenia, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria, Turcja, Wielka Brytania i USA. W pracach Agencji bierze również udział Komisja Europejska i Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej.

Misją NEA jest:

- Zapewnienie państwom członkowskim wsparcia w zakresie utrzymania i dalszego rozwoju poprzez współpracę międzynarodową naukowych, technicznych i prawnych podstaw wymaganych do pokojowego wykorzystania energii jądrowej w sposób bezpieczny, ekonomiczny i przyjazny dla środowiska;
- Zapewnienie rozstrzygających argumentów i wypracowanie wspólnego zdania na temat kluczowych zagadnień uwzględnianych w decyzjach rządów w sprawach polityki energetycznej i energii jądrowej oraz zrównoważonego rozwoju gospodarek o niskim poziomie emisji CO₂.

Dziedziny kompetencji NEA obejmują bezpieczeństwo i regulację energetyki jądrowej, utylizację odpadów promieniotwórczych, bezpieczeństwo radiologiczne, atomistykę, analizy ekonomiczne i techniczne cyklu paliwa jądrowego, prawo atomowe (w tym odszkodowawcze) oraz informowanie społeczeństwa. Bank danych NEA zapewnia państwom uczestniczącym usługi w zakresie danych jądrowych i oprogramowania komputerowego.

Niniejszy dokument, w tym wszelkie zawarte w nim dane i mapy, pozostaje bez uszczerbku dla statusu lub przynależności państwowej terytoriów, wyznaczonych granic oraz nazw jakichkolwiek terytoriów, miast lub obszarów.

Erraty do publikacji OECD znajdują się na stronie: www.oecd.org/publishing/corrigenda.

© OECD 2018

Możesz kopiować, pobierać lub drukować treści OECD na potrzeby własne i włączyć fragmenty publikacji, baz danych i materiałów multimedialnych OECD do swoich własnych dokumentów, prezentacji, blogów, stron internetowych i materiałów dydaktycznych, wszakże pod warunkiem, że OECD zostanie odpowiednio wskazana jako źródło i posiadacz praw autorskich. Wszelkie wnioski o wyrażenie zgody na publiczne lub komercyjne wykorzystanie bądź o udzielenie prawa do tłumaczenia należy zgłaszać pod adresem neapub@oecd-nea.org. Wnioski o wyrażenie zgody na sporządzenie kopii części niniejszych materiałów do celów komercyjnych lub publicznych należy zgłaszać bezpośrednio do Copyright Clearance Center (CCC) pod adresem info@copyright.com lub do Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.

Fotografie na okładce: Panorama miasta (Shutterstock, De Panimomi); Paryż nocą z lotu ptaka (Shutterstock, Luciano Mortula – LGM); Topniejący antarktyczny lodowiec w warunkach globalnego ocieplenia (Shutterstock, Bernhard Staehli); Sala plenarna Parlamentu Europejskiego (Shutterstock, De Bangkruiayan).



Streszczenie

Wytwarzanie, przesył i zużycie energii elektrycznej wpływa na każdy aspekt życia w krajach o rozwiniętych gospodarkach rynkowych, takich jak państwa członkowskie Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) i Agencji Energii Jądrowej (NEA). Ceny rynkowe i koszty wytwarzania to istotne mierniki ekonomiczne energii elektrycznej. Jednak na przestrzeni minionych dwóch dziesięcioleci rosło przekonanie, że wartości te nie opisują całości; społeczne i środowiskowe konsekwencje zapewnienia energii elektrycznej wpływają na mieszkańców, całą gospodarkę i państwa w sposób, który jest nieuchwytny dla cen rynkowych, a przy tym zbyt poważny, by można go pominąć.

Koszty te, choć tak istotne, są trudne do precyzyjnego określenia. Różne grupy ekspertów, poczynając od biofizycznej funkcji dawka-efekt, kalibracji modeli dyspersji i analiz probabilistycznych, a kończąc na spornej tematyce wyceny monetarnej, potrzebują wieloletnich skoordynowanych badań, aby uzyskać miarodajne wyniki. Tego rodzaju systematyczne szeroko zakrojone badanie nie wchodzi w zakres niniejszego raportu.

Zagadnienie to jest jednak zbyt poważne, aby pominąć je milczeniem. Dlatego też w agencji NEA podjęto decyzję o przygotowaniu niniejszego opracowania *Całkowity koszt zapewnienia energii elektrycznej*, które stanowi podsumowanie i syntezę najnowszych badań w tym zakresie. W dalszym ciągu prowadzone są badania nad całkowitym kosztem energii, w tym również elektrycznej. Niniejszy raport podkreśla znaczenie prowadzenia księgowości po pełnych kosztach, zwłaszcza w kontekście zachodzących w wielu krajach przemian w energetyce. W idealnym przypadku raport będzie impulsem do przeprowadzenia nowych kompleksowych badań nad całkowitym kosztem energii elektrycznej, które umożliwią decydentom i społeczeństwu podejmowanie bardziej świadomych decyzji na drodze do zapewnienia w pełni zrównoważonych systemów energii elektrycznej.

Od wielu lat NEA prowadzi analizy i badania nad różnymi aspektami całkowitego kosztu energii elektrycznej. Wyniki tych prac przedstawiono w wielu publikacjach, które zostały już ogłoszone bądź wkrótce powinny się ukazać. Większość tych publikacji dotyczyła energii jądrowej, jednak w części z nich uwzględniono inne źródła energii. Są to między innymi:

- *Risks and Benefits of Nuclear Energy (Energia jądrowa – ryzyka i korzyści)* (2007).
- *Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources (Elektrownie jądrowe a inne źródła energii – porównanie zagrożeń wynikających z awarii)* (2010).
- *The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy (Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej a udział energetyki jądrowej)* (2010).
- *Projected Costs of Generating Electricity: 2010 Update (Przewidywane koszty wytwarzania energii elektrycznej – aktualizacja z 2010 r.)* (2010), we współpracy z Międzynarodową Agencją Energii (IEA).
- *Economics of Long-term Operations of Nuclear Power Plants (Ekonomika długoletniej eksploatacji elektrowni jądrowych)* (2012).
- *Nuclear Energy and Renewables: System Effects in Low-carbon Electricity Systems (Energia jądrowa a źródła odnawialne – wpływ na system elektroenergetyczny w w*

energetyce niskoemisyjnej) (2012).

- *The Economics of the Back End of the Nuclear Fuel Cycle (Ekonomika końcowych etapów jądrowego cyklu paliwowego)* (2013).
- *Projected Costs of Generating Electricity: 2015 Update Update (Przewidywane koszty wytwarzania energii elektrycznej – aktualizacja z 2015 r.)* (2015), we współpracy z IEA.
- *Nuclear Energy: Combating Climate Change (Energia jądrowa – walka ze zmianą klimatu)* (2015).
- *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants (Koszty likwidacji elektrownijądrowych)* (2016).

Aktualnie NEA opracowuje szereg publikacji związanych z tematyką całkowitego kosztu, które powinny ukazać się w najbliższych miesiącach. Są to między innymi: *Zmiana klimatu – ocena wrażliwości elektrowni jądrowych i kosztów przystosowania*, *Ocena potencjalnych strat w wyniku awarii jądrowych*, *Pomiar miejsc pracy tworzonych przez sektor energetyki jądrowej* oraz *Koszty systemowe w scenariuszach głębokiej dekarbonizacji – wkład energetyki jądrowej i źródeł odnawialnych*.

Wiele prac badawczych opublikowały również inne instytucje, w tym Dyrekcja OECD ds. Środowiska (np. *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution*, *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport* (Gospodarcze skutki zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, *Koszt zanieczyszczenia powietrza – wpływ transportu drogowego na zdrowie*) i *Mortality Risk Evaluation in Environment, Health and Transport Policies* (Ocena zagrożenia dla życia w środowisku, *Polityka zdrowotna i transportu*)) oraz IEA (np. *World Energy Outlook Special Report 2016: Energy and Air Pollution* (Perspektywy światowej energetyki, raport specjalny z 2016 r. – energetyka a zanieczyszczenie powietrza) i *Harnessing Variable Renewables: A Guide to the Balancing Challenge* (Ujarzmienie zmiennych źródeł odnawialnych – poradnik do bilansowania), niezależnie od bogatej literatury akademickiej na temat kosztu całkowitego energii, której część omówiono w skrócie w różnych rozdziałach niniejszego raportu.

Koszt całkowity: kluczowe pojęcia, pomiar i internalizacja

Koszty zaopatrzenia w energię elektryczną dzielą się na trzy odrębne ogólne kategorie. Pierwsza z nich obejmuje koszty na poziomie elektrowni, w tym koszt betonu i stali użytej przy budowie elektrowni, a także paliwo i koszty osobowe związane z eksploatacją elektrowni. NEA i IEA publikują co pięć lat przeglądy kosztów ponoszonych na poziomie elektrowni w krajach OECD w serii *Projected Costs of Generating Electricity* (patrz IEA/NEA, 2010 oraz IEA/NEA, 2015; IEA/NEA, edycja na 2020 r. jest obecnie w przygotowaniu).

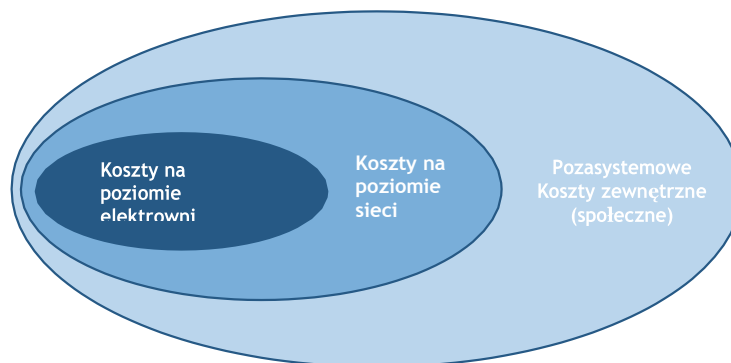
Druga kategoria odnosi się do kosztów ponoszonych na poziomie systemu elektroenergetycznego, który powiązany jest siecią przesyłową i dystrybucyjną. Obejmuje ona koszty, które elektrownie wnoszą do systemu w wyniku rozbudowy, wzmocnienia lub przyłączenia do sieci, a także koszty utrzymania rezerw ukrytych, czyli dodatkowej dostępnej mocy, uruchamianej w przypadku, gdy wydajność innych źródeł – z reguły energii wiatrowej i fotowoltaicznej – jest niepewna lub zmienna.

Trzecia – najszerza – kategoria obejmuje pozycje, które wpływają na dobrostan osób i społeczności spoza sektora elektroenergetycznego. Są to tak zwane koszty zewnętrzne lub społeczne, które obejmują wpływ zanieczyszczenia powietrza w skali lokalnej lub regionalnej, zmiany klimatu, koszty dużych i często nieobjętych ubezpieczeniem awarii, a także wyłączenie gruntów z użytkowania i ograniczenie dostępnych zasobów. Ponadto koszty społeczne obejmują wpływ wyboru różnych technologii elektroenergetycznych na bezpieczeństwo dostaw energii, zatrudnienie i spójność regionalną oraz na innowacyjność i rozwój gospodarczy. Wpływy negatywne są włączane do całkowitego kosztu technologii, natomiast wpływy pozytywne powinny, co do zasady, zostać odliczone jako korzyść społeczna.

Całkowity koszt zapewnienia energii elektrycznej obejmuje wszystkie trzy kategorie: koszty wytworzenia na poziomie elektrowni, koszty ponoszone na poziomie sieci oraz zewnętrzne koszty społeczne i środowiskowe (patrz Rys. ES.1).

W przypadku zarówno kosztów systemowych poziomu sieci i kosztów zewnętrznych, podmioty generujące koszty zasadniczo nie odczuwają ich skutków. Dlatego koszty systemowe poziomu sieci obejmują również pewien człon „zewnętrzny” czy „społeczny”. W istocie oznacza to, że podmiot zewnętrzny – rząd, regulator lub operator systemu – musi wkroczyć w celu zapewnienia, że takie koszty nie będą nadmiernie generowane i zostaną właściwie zinternalizowane. Teorie ekonomiczne przewidują wiele odpowiednich instrumentów, takich jak standardy i kodeksy techniczne, podatki od emisji zanieczyszczeń, nowe rynki, takie jak obrót emisjami, lepsze informowanie i badania, a także ogólne wzmocnienie systemu prawnego. Ważnym krokiem do zapewnienia zrównoważonych systemów elektroenergetycznych jest także usunięcie luk w wiedzy.

Rys. ES.1: Różne kategorie kosztów, które składają się na całkowity koszt zapewnienia energii elektrycznej



Źródło: NEA, 2012b.

Obawy o wzrost cen energii elektrycznej skutecznie blokowały działania w kierunku internalizacji kosztów. Tym niemniej obowiązkiem ekspertów i kompetentnych twórców polityki energetycznej jest dążenie do internalizacji kosztów społecznych, gdyż z dużym przekonaniem można przyjąć, że internalizacja wpłynie korzystnie na dobrobyt całego społeczeństwa. Internalizację należy przeprowadzić na poziomie każdej technologii w celu wywołania efektu substytucji i stworzenia całościowego systemu zapewniającego ograniczenie do minimum kosztów zaopatrzenia w energię elektryczną. Można przy tym wprowadzić niezbędne mechanizmy wyrównawcze, aby wyeliminować niepożądane skutki redystrybucji dóbr.

Rozliczenie wszystkich kosztów na podstawie pomierzonych kosztów zewnętrznych nie jest tematem wolnym od kontrowersji. Pozarynkową monetyzację kosztów społecznych można niesłusznie odebrać jako próbę sprowadzenia dobrostanu społeczeństwa do złotych i groszy. Wiele obszarów niepewności może sprawić, że wyniki cechować się będą dużą zmiennością w czasie lub różnić w przypadku porównywalnych projektów, co ułatwi zadanie przeciwnikom. Wskazywano również na czynniki społeczne jako te obszary wpływu, które pozostaną poza zakresem nawet bardzo szeroko zakrojonych działań internalizacyjnych.

Krytyka w większości przypadków wynika z niezrozumienia tego, co rozliczenie wszystkich kosztów próbuje osiągnąć. Szacunki społecznego komponentu całkowitego kosztu zapewnienia energii elektrycznej nigdy nie dorównają bardziej wiarygodnym informacjom na temat preferencji indywidualnych i zbiorowych, jakie wynikają z analizy cen rynkowych. Celem jest oszacowanie rzędu wielkości, co umożliwi przeprowadzenie debaty publicznej i zaprojektowanie polityki uwzględniającej w rozsądny sposób najpilniejsze potrzeby przy wypracowywaniu nieuniknionych kompromisów, które cechują wszystkie polityki. W ten sposób prowadzenie rozliczeń po kosztach całkowitych będzie zawsze połączeniem twardych danych rynkowych oraz stosunkowo pewnych i mniej pewnych szacunków. Te ostatnie należy traktować jako inteligentny i oparty o informacje wytwór wyobraźni, nawet wtedy, gdy zostały opracowane przez dobrze nastawionych i doświadczonych specjalistów-praktyków.

Przykładowo, pewien poziom kosztów społecznych wynikających z zanieczyszczenia powietrza, czy ze skutków poważnej awarii, często odnoszony jest do technologii referencyjnej, tak jak w niniejszym raporcie. Istnienie lub brak określonych urządzeń chroniących przed zanieczyszczeniem lub pewnych barier fizycznych może ograniczyć lub zwiększyć oddziaływanie. W takich przypadkach przy wyborze technologii referencyjnej należy kierować się pragmatycznym osądem. Jest to główna przyczyna, dla której w niniejszym opracowaniu przyjęto układ według przedmiotowej dziedziny, a nie według technologii. Celem nie jest sporządzenie rankingu, lecz zwrócenie uwagi na niedostatecznie rozpoznane zagadnienia, które należałoby w większym stopniu uwzględnić w procesie opracowania polityki.

Czy oznacza to, że czasem zaleca się przyjęcie dowolnej wartości zamiast żadnej? W przypadku opracowywanej polityki przyjęcie wartości zalecanej, pomimo niepewności i zastrzeżeń, przez odpowiedzialnego naukowca na podstawie najlepszych dostępnych informacji pochodzących z odpowiednich źródeł, jest z pewnością lepszym rozwiązaniem, niż pominięcie problemu. Celem rozliczenia kosztów pełnych nie jest wprowadzenie imperializmu gospodarczego, ani niepotrzebne przeciwstawienie cen rynkowych i kosztów społecznych. Jedynym celem jest umożliwienie opracowania lepszej polityki dla sektora elektroenergetycznego.

W niniejszym opracowaniu przyjęto ogólnie podejście pragmatyczne i częściowo zrównoważone. Czynniki zewnętrzne zapewnienia energii elektrycznej w różnych obszarach polityki, takie jak koszty sieciowe, zanieczyszczenie powietrza czy zmiany klimatu zostały tu omówione odrębnie. Rozwiązanie alternatywne w celu przeanalizowania ich łącznie, z zastosowaniem modelu równowagi ogólnej (CGE), modeli przepływów międzygałęziowych dla całej gospodarki czy modelu makroekonomicznego, ograniczyłoby przejrzystość i czytelność ustaleń, które przeznaczone są przede wszystkim dla decydentów odpowiedzialnych za opracowanie polityki. Głównym celem niniejszego raportu jest ułatwienie szerszej i uporządkowanej dyskusji prowadzonej na te tematy na szczeblu tworzenia polityki, a nie na poziomie rozważań naukowych.

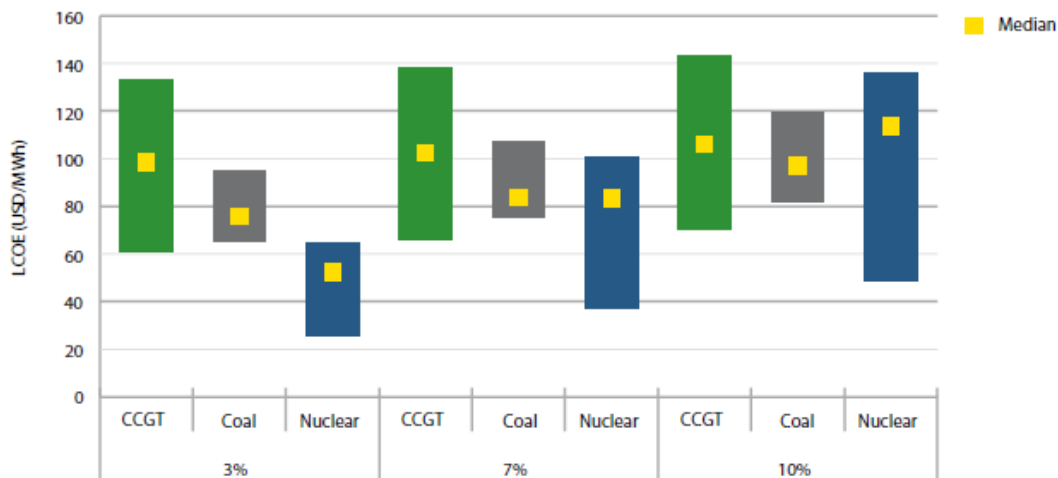
Koszty na poziomie elektrowni

Koszty na poziomie elektrowni ograniczone są do najmniejszej z trzech kategorii wskazanych na Rys. ES.1. Agencja NEA rozpoczęła wydawanie serii raportów poświęconych kosztom na poziomie elektrowni w 1983 r. (*Projected Costs of Generating Electricity*), porównując elektrownie jądrowe (EJ) z elektrowniami węglowymi. Poczynając od 1989 raport wydawany jest wspólnie z IEA. Obie agencje opublikowały razem kolejne edycje raportu w latach 1992, 1998, 2005, 2010 i 2015, w których oszacowano wyrównany koszt energii elektrycznej (levelised cost of electricity - LCOE) dla różnych technologii.

LCOE określa zdyskontowane koszty ponoszone przez cały okres eksploatacji dla różnych technologii podstawowych, uśrednione dla całej wytworzonej przez nie energii elektrycznej. Celem jest ułatwienie decyzji inwestycyjnych producentów energii elektrycznej, którzy prowadzą działalność w warunkach rynków regulowanych. Metoda ta jest mniej przydatna na rynkach energii poddanych deregulacji, gdzie przychody różnią się w poszczególnych okresach działalności producenta energii elektrycznej. Ponadto LCOE nie uwzględnia kosztów systemowych niektórych technologii (patrz poniższy Rys. ES.2). Mimo tych ograniczeń metoda ta służy często jako pierwsze przybliżenie, ze względu na prostotę i przejrzystość.

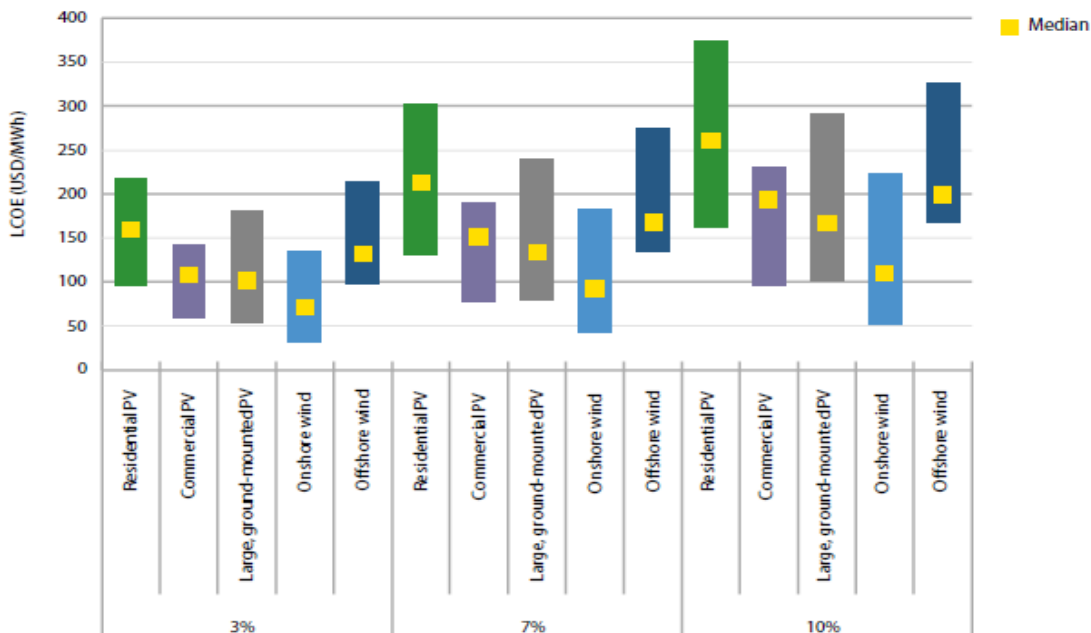
Rys. ES.2: Koszty na poziomie elektrowni dla różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej

(w USD za MWh)



Rys. ES.2: Koszty na poziomie elektrowni dla różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej (c.d.)

(w USD za MWh)



Na rys. ES.2 przedstawiono szacunkowe koszty na poziomie elektrowni dla dyspozycyjnych technologii wytwarzania energii elektrycznej oraz ze źródeł odnawialnych, przy kosztach kapitału wynoszących 3%, 7% i 10%, zakładając ceny paliwa typowe dla danego regionu, współczynnik obciążenia równy 85% dla elektrowni jądrowych, węglowych i gazowych oraz cenę 30 USD za tonę CO₂. Cenę CO₂ przyjęto przy założeniu, że w państwach OECD zostaną wprowadzone przepisy przynajmniej częściowo uwzględniające koszty społeczne emisji CO₂ (IEA/NEA, 2015, Rys.ES.1, str. 14 i Rys. ES.2, str. 15). Ponieważ emisje dla węgla wynoszą ok. 1 tony CO₂, a dla gazu 400 kg CO₂ na 1 MWh, wartość mediany byłaby niższa odpowiednio o ok. 30 USD i 12 USD, w przypadku braku działań ograniczających poziom emisji CO₂.

Koszty systemowe poziomu sieci

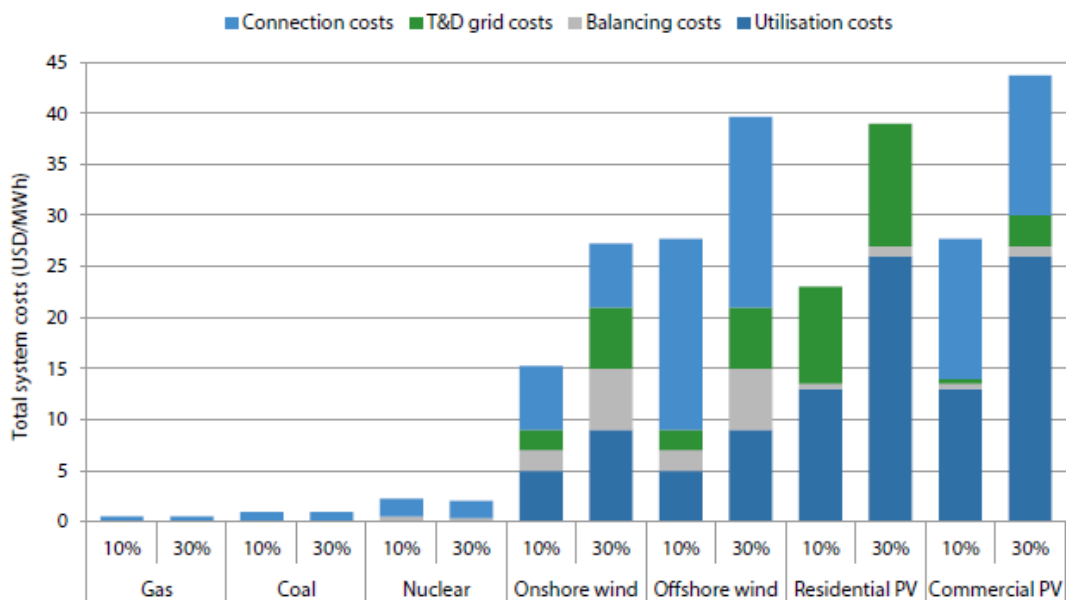
Koszty systemowe wprawdzie zawsze istniały w systemach elektroenergetycznych, jednak na przestrzeni kilku ostatnich lat wysunęły się one na plan pierwszy w wyniku wykorzystania na dużą skalę w wielu państwach OECD zmiennych źródeł energii odnawialnej (variable renewable energy - VRE). Tego rodzaju koszty systemowe są często ujmowane w trzech szerokich kategoriach:

- *Koszty profilu pracy jednostek wytwórczych* są związane ze zmienną ilością energii wytwarzanej z VRE i wykazano, że w obecności VRE koszt pokrycia obciążenia w podstawie jest ogólnie wyższy. Cały system staje się bardziej kosztowny, nawet gdy koszty VRE na poziomie elektrowni są porównywalne z kosztami technologii dyspozycyjnych.
- *Koszty bilansowania* są związane z niepewnością co do ilości wytworzonej energii elektrycznej ze względu na nieplanowe wyłączenia elektrowni lub z błędami w prognozowaniu produkcji. Nieplanowe wyłączenia i błędy w prognozowaniu wymagają zapewnienia większej mocy wirującej. Niepewność co do ilości energii wytwarzanej z VRE może prowadzić do szarpanej pracy elektrowni konwencjonalnych, nieefektywnego planowania pracy jednostek wytwórczych oraz do ogólnego wzrostu kosztów w systemie.
- *Koszty sieciowe i przyłączeniowe* odzwierciedlają wpływ ograniczeń lokalizacyjnych danych elektrowni na sieć przesyłową i dystrybucyjną. Wszystkie elektrownie podlegają ograniczeniom lokalizacyjnym, jednak w przypadku VRE ich skutki są poważniejsze. Ze względu na ich lokalizację w ściśle określonych regionach geograficznych konieczna może okazać się budowa nowych linii przesyłowych lub zwiększenie mocy istniejącej infrastruktury (wzmocnienie sieci), aby umożliwić przesłanie energii elektrycznej do odbiorców. Również duży udział rozproszonych jednostek fotowoltaicznych może wiązać się z koniecznością poniesienia poważnych nakładów inwestycyjnych w sieci dystrybucyjne, zwłaszcza w celu umożliwienia przepływu energii elektrycznej od jej producenta do sieci w sytuacji, gdy ilość wytworzonej energii jest większa od zapotrzebowania. Koszty przyłączenia (czyli koszty połączenia elektrowni z najbliższym punktem przyłączeniowym sieci przesyłowej) również mogą być duże, zwłaszcza w przypadku odległych źródeł, takich jak elektrownie wiatrowe na morzu.

Kwantyfikacja efektów systemowych jest zadaniem trudnym, nie tylko ze względu na naturalną złożoność rozpatrywanych zjawisk, ale również dlatego, że koszty systemowe są silnie uzależnione od indywidualnych cech analizowanego systemu oraz od charakterystyki ocenianej technologii i jej udziału w miksie elektroenergetycznym. Kluczową rolę w analizie kosztów systemowych odgrywa skład miksu elektroenergetycznego oraz założenia odnośnie kosztów przyszłych technologii i ich dostępności. System może z czasem się zmienić ze względu na innowacje i postęp techniczny. Dlatego każda szacunkowa ocena kosztów systemowych obarczona jest wieloma niewiadomymi i nie można jej łatwo ekstrapolować na inne systemy czy sytuacje.

Na Rys. ES.3 przedstawiono przykład odtworzenia kosztów systemowych na poziomie sieci dla różnych technologii dyspozycyjnych i odnawialnych, opracowany na podstawie literatury i studium NEA *Nuclear Energy and Renewables: System Effects in Low-carbon Electricity Systems (Energia jądrowa i ze źródeł odnawialnych: koszty sieciowe w w energetyce niskoemisyjnej)* (NEA, 2012), którego wyniki są w dalszym ciągu do przyjęcia mimo uzyskania nowych danych w związku z późniejszym rozpowszechnieniem różnych technologii odnawialnych. Celem tego przykładowego wykresu nie jest szacunkowa ocena kosztów sieciowych danego systemu, lecz unaocznienie tych efektów i wskazanie rzędu wielkości. Poziom niepewności jest wprawdzie wysoki, jednak większość szacunków wskazuje na wysokie wynikające z integracji VRE koszty systemowe na poziomie sieci, przy czym rosną one ponad proporcjonalnie do udziału w całej wytworzonej energii w systemie (czyli poziomu penetracji systemu). Dla porównania, koszty technologii dyspozycyjnych, takich jak węgiel, gaz, energia jądrowa czy wodna, są co najmniej o rząd wielkości niższe.

Rys. ES.3: **Koszty systemowe poziomu sieci dla wybranych technologii wytwarzania energii elektrycznej, przy udziałach VRE wynoszących 10% i 30%**



Ze względu na koszty systemowe i wpływ na rynki energii elektrycznej, rządy i twórcy polityki energetycznej powinni wprowadzać strategie ukierunkowane w najwyższym stopniu na internalizację tych kosztów. Przede wszystkim, wszystkie technologie powinny podlegać cenom rynkowym i ponosić pełny koszt przyłączenia elektrowni do infrastruktury przesyłowo-dystrybucyjnej.

Wpływ na zmiany klimatu

W minionym dwudziestolecu decydenci w wielu krajach uznali jako zadanie priorytetowe ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (GC) w celu powstrzymania lub złagodzenia antropogenicznych zmian klimatu. Priorytet ten nie przełożył się jednak na możliwość kwantyfikacji i monetyzacji efektów spalania paliw kopalnych. Wiąże się to z trzema problemami: i) różne wymiary niepewności; ii) pomniejszanie skali oddziaływania w przyszłości oraz; iii) spory między interesariuszami dotyczące należnych im praw.

Ze względu na powyższe czynniki w procesie multilateralnym przyjęto inne podejście. Nie szacowano marginalnych kosztów społecznych, lecz podjęto próbę określenia społecznie optymalnego poziomu emisji. Takie cele ilościowe można wyrazić jako wielkość rocznych emisji gazów cieplarnianych i wynikające z nich stężenie gazów w atmosferze lub jako globalny wzrost temperatury w ich wyniku. Ostatecznie uznano, że ten drugi miernik przybliży najlepiej w sposób syntetyczny decydom i społeczeństwu zakres i prawdopodobieństwo zmian klimatu – wzrost średniej temperatury w porównaniu ze średnią globalną temperaturą panującą przed rewolucją przemysłową. Na forach międzynarodowych osiągnięto konsensus, że należy uniknąć wzrostu temperatury o ponad 2°C (tzw. scenariusz 2DS).

Tabela ES.1: **Marginalne koszty ograniczenia emisji dla scenariuszy 500 ppm i 450 ppm**(w euro z 2005 r. za tonę CO₂)

	2025		2050	
	Zakres	Średnia	Zakres	Średnia
500 ppm	37-119	60	79-226	130
450 ppm (2DS)	69-241	129	128-396	225

Koszt marginalny osiągnięcia celu 2DS (450 ppm w 2050 r.) wyniósłby 225 EUR za tonę przeliczeniową CO₂. Byłby to w zasadzie wymagany poziom podatku od emisji dwutlenku węgla. Ppm: części na milion.

Źródło: za Kuik i in., 2009.

W wyniku kompleksowej analizy kosztów marginalnych dla 2DS, przeprowadzonej z zastosowaniem wielu modeli klimatycznych i energetycznych, określono wartości kosztów marginalnych ograniczenia emisji, które są wymagane do osiągnięcia docelowych stężeń 450 i 500 ppm w roku 2025 i 2050 (patrz tabela ES.1). Z wartości tych wynika koszt co najmniej 100 USD w 2025 r. i 200 USD w 2050 r. za tonę CO₂.

Zanieczyszczenie powietrza

Zanieczyszczenie powietrza stanowi największy zewnętrzny koszt w elektroenergetyce. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) jest to największe środowiskowe zagrożenie dla zdrowia. Z badań przeprowadzonych przez WHO w latach 2014 i 2016 wynika, że zanieczyszczenie powietrza było przyczyną ponad 7 mln zgonów w 2012 r. (WHO, 2014a, 2014b i 2016). Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego, za które w dużej części odpowiada elektroenergetyka, przyczyniło się do ok. 3 mln zgonów, a 4,3 mln osób zmarło w wyniku zanieczyszczenia powietrza w zamkniętych pomieszczeniach. Zanieczyszczenie powietrza stanowi problem głównie w krajach rozwiniętych, jednak występuje także w innych państwach OECD. W niedawno opublikowanej pracy oszacowano wydatki na pomoc społeczną w związku z zanieczyszczeniem powietrza na znacznie ponad 3 biliony USD, czyli ok. 3% produktu krajowego brutto (PKB) (OECD, 2016).

Najdokładniej zbadane źródła zanieczyszczeń powietrza to pył różnej wielkości, ozon przygruntowy (O₃), tlenki siarki (SO_x), tlenki azotu (NO_x) i ołów. Emisje powstają podczas spalania paliw kopalnych, węgla, ropy, gazu i biomasy. Oddziałują one przede wszystkim na drogi oddechowe, prowadząc do pogorszenia zdrowia (zachorowalności) lub przedwczesnego zgonu (śmiertelności). W obu przypadkach pozostaje wiele wątpliwości. W przeglądowej pracy z 2012 r. Burtraw, Krupnick i Sampson (2012) podają wyniki czterech istotnych badań wykonanych w minionym dwudziestolecu (patrz tabela ES.2).

Tabela ES.2: **Porównanie szacunkowych danych z czterech badań kosztów zewnętrznych**

(Mill* za kWh lub USD za MWh)

	Węgiel	Torf	Olej opałowy	Gaz	Atom	Biomasa	Hydro	PV	Wiatr
ORNL/RFF	2.3	-	0.35-2.11	0.35	0.53	3	-	-	-
Rowe et al.	1.3-4.1	-	2.2	0.33	0.18	4.8	-	-	0.02
EC Externe	27-202	27-67	40.3-148	13.4-53.8	3.4-9.4	0-67	0-13	8.1	0-3.4
NRC	2-126	-	-	0.01-5.78	-	-	-	-	-

*Mill to jedna dziesiąta centa, czyli jedna tysięczna dolara; FW fotowoltaika Źródło: Burtraw et al., 2012.

Wprawdzie wiele pozostaje jeszcze do zrobienia w kwestii niewiadomych, gęstości zaludnienia i modeli dyspersji wiatru, to jednak wyniki dotychczas przeprowadzonych badań

pozwalają na wysunięcie wstępnych wniosków. Przykładowo, Burtraw, Krupnick i Sampson stwierdzają, że:

Wyniki przedstawione w tabeli 1 [tu tabela ES.2] i literatura przedmiotu są zgodne co do kolejności paliw kopalnych – cykl paliwowy węgla jest bardziej szkodliwy od cyklu paliwowego oleju opałowego, który z kolei przynosi więcej szkód od cyklu paliwowego gazu ziemnego. Różnice te byłyby większe po uwzględnieniu wpływu na zmiany klimatu... Cykl paliwa jądrowego cechuje się ogólnie niższymi kosztami zewnętrznymi, choć prawdopodobieństwo awarii ma bardzo poważne konsekwencje dla szacunków. Fotowoltaika i wiatr to zasadniczo bezemisyjne źródła energii na etapie eksploatacji, choć oddziaływania pojawiają się w całym cyklu życia. (Burtraw et al., 2012: str. 13-14)

W tabeli ES.2 nie został ujęty wpływ na zmiany klimatu. Ponieważ spalanie paliw kopalnych stanowi główne źródło GC oraz zanieczyszczeń powietrza w skali lokalnej i regionalnej, obie te dziedziny są wzajemnie powiązane. Polityki zwalczające zanieczyszczenie powietrza *mogą*, choć nie muszą, zmniejszać emisje GC, jednak ograniczenie emisji GC zawsze obniży zanieczyszczenie powietrza.

Koszty poważnych awarii

W minionym trzydziestoleciu coraz częściej pojawiały się doniesienia o stratach – choć niekoniecznie o rosnącej liczbie ofiar – w wyniku katastrof naturalnych i spowodowanych przez człowieka. Wiele czynników złożyło się na ten trend i zwiększyło narażenie społeczeństw na wypadki i katastrofy – wzrost liczby ludności i rozwój światowej gospodarki, uprzemysłowienie, urbanizacja i zagospodarowanie zagrożonych terenów, takich jak wybrzeża, a także budowa coraz bardziej złożonych i wzajemnie powiązanych obiektów infrastruktury. Skuteczniejszeglłaszanie wypadków mogło również przyczynić się do odczuwanego wzrostu zagrożenia. Katastrofy naturalne zbierają największe żniwo, tak pod względem ofiar, jak i strat gospodarczych. Biorąc pod uwagę tylko wypadki spowodowane przez człowieka, sektor energetyczny ustępuje jedynie transportowi, na który przypada ok. 60% wszystkich ofiar śmiertelnych (EC, 1995).

W przypadku wszystkich technologii elektroenergetycznych koszty zewnętrzne związane z poważnymi awariami są jednak o kilka rzędów wielkości niższe od kosztów powstających podczas zwykłej eksploatacji w wyniku zanieczyszczeń i emisji dwutlenku węgla. Nie wolno jednak lekceważyć ryzyka wystąpienia poważnych awarii w całym łańcuchu elektroenergetycznym, gdyż mogą się z nimi wiązać ogromne i długoletnie skutki zdrowotne, dla środowiska i całego społeczeństwa. Ponadto poważne awarie są szeroko komentowane w mediach, przykuwając uwagę mieszkańców i różnych interesariuszy. Wyniki wielu badań wskazują, że tego rodzaju szerokie komentowanie może prowadzić do wyolbrzymienia prawdopodobieństwa i postrzeganego ryzyka poważnych awarii. Szansa poniesienia śmierci w wyniku szeroko komentowanej katastrofy jest więc postrzegana jako większa, niż w zdarzeniach, które cieszą się mniejszym zainteresowaniem mediów, choć cechują się większą śmiertelnością. Pewną rolę odgrywa też awersja do ryzyka. Wskazane jest przekazywanie rzetelnych informacji oraz podjęcie dalszych badań naukowych i ekonomicznych na temat skutków poważnych awarii oraz zapoznanie z ich wynikami społeczeństwa i twórców polityki.

Zmiany w użytkowaniu gruntów i wyczerpywanie zasobów naturalnych

Różne formy wytwarzania energii elektrycznej mogą mieć poważny i długotrwały wpływ na teren, w którym się znajdują, dostępność zużywanych przez nie zasobów oraz na ekosystemy będące w zasięgu ich oddziaływania. Wpływ ten może przybrać drastyczne rozmiary, jednak charakter zmian w użytkowaniu gruntów jest zawsze ściśle uzależniony od lokalizacji i technologii. Ponadto badania wpływu na sposób użytkowania gruntu wiążą się z fundamentalnym wyzwaniem metodologicznym, gdyż większość gruntów jest własnością prywatną, a tereny publiczne podlegają w państwach OECD ścisłym regulacjom.

Najistotniejszym kosztem zewnętrznym zmian w użytkowaniu gruntów jest oddziaływanie na ekosystemy naturalne. Większość źródeł energii elektrycznej ma duże wymagania pod względem zajmowanej powierzchni, jeżeli uwzględnimy cały cykl paliwowy,

od wydobycia surowca, poprzez wytworzenie energii elektrycznej do utylizacji odpadów. Biomasa jest pod tym względem zdecydowanie najbardziej wymagającym paliwem.

Użytkowanie gruntów wchodzi w zakres szerszej kategorii wykorzystania zasobów naturalnych, która obejmuje zanieczyszczenie wód i wyczerpywanie zasobów naturalnych. Wpływ elektroenergetyki na jakość wody jest wprawdzie niewielki (jeżeli pominiemy górnictwo), jednak wyczerpywanie nieodnawialnych surowców energetycznych jest często wzmiankowane jako problem, który powinien zostać uwzględniony w polityce. Mimo tych obaw wyczerpywanie zasobów nieodnawialnych, takich jak paliwa kopalne czy uran, nie powinno stanowić głównego zagadnienia przy opracowaniu polityki. Ropa naftowa, węgiel, gaz i uran to surowce o dużej wartości prywatnej i niewielkiej dodanej wartości społecznej, które są notowane na dużych i płynnych rynkach międzynarodowych, gdzie informacje o długoterminowych niedoborach są powszechnie znane i natychmiast przekładają się na ceny, gdy sytuacja jest naprawdę poważna. Z punktu widzenia decydenta, najlepszą odpowiedzią na obawy związane z wyczerpywaniem się zasobów jest zapewnienie, by istniejące rynki pozostały w możliwie największym stopniu otwarte i konkurencyjne z szeroką wymianą informacji o surowcach.

Bezpieczeństwo dostaw energii, w tym energii elektrycznej

Dostęp do nieprzerwanych dostaw niedrogiej energii, zwłaszcza energii elektrycznej, jest podstawowym warunkiem funkcjonowania współczesnych społeczeństw. Dlatego rządy w wielu krajach dążą do rozpoznania czynników wpływających na bezpieczeństwo dostaw energii, w tym elektrycznej, oraz próbują opracować ramową politykę i strategię mające na celu zwiększenie bezpieczeństwa.

W dyskusjach na temat bezpieczeństwa dostaw energii długo odczuwany był brak rzetelnych danych ilościowych. Dlatego w NEA opracowano wskaźnik bezpieczeństwa dostaw dla państw OECD na przestrzeni ostatnich 40 lat – jest to uproszczony indeks popytu i podaży SSDI (szczegóły w rozdziale 6 raportu). Wartości SSDI wskazują na znaczną poprawę bezpieczeństwa energetycznego w ogromnej większości państw OECD w analizowanym okresie 40 lat.

Wartość SSDI znacznie wzrosła w większości badanych gospodarek w latach 1970-2007: w Australii, Kanadzie, Finlandii, Francji, Japonii, Holandii, Szwecji, Wielkiej Brytanii i w Stanach Zjednoczonych. Poprawa była wynikiem zastosowania elektrowni jądrowych, zmniejszenia energochłonności i dywersyfikacji importu paliw, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz. Wszystkie niskoemisyjne technologie, takie jak energia jądrowa, wodna, wiatrowa i słoneczna mają wiele zalet pod względem bezpieczeństwa dostaw energii z zewnątrz. Różnią się one jednak pod względem wkładu do wewnętrznego czy technicznego bezpieczeństwa dostaw, zwłaszcza w systemach elektroenergetycznych. Dlatego rządy powinny tworzyć ramy, które umożliwią wniesienie przez technologie niskoemisyjne wkładu do bezpieczeństwa dostaw energii oraz dążyć do pełnej internalizacji kosztów systemowych z rozróżnieniem między dyspozycyjnymi i niedyspozycyjnymi niskoemisyjnymi źródłami energii.

Miejsca pracy w sektorze elektroenergetycznym

Poziom zatrudnienia wymagany przez różne technologie na konkurencyjnym rynku pracy jest wynikiem konkurencji i zdecydowanego dążenia do ograniczenia kosztów. Dlatego można postawić pytanie, dlaczego zatrudnienie postrzegane jest tu jako pozytywny czynnik zewnętrzny. Dzieje się tak dlatego, że choć zatrudnienie jest kosztem, to jego wysoka stopa przyczynia się do wzmocnienia spójności i ogólnego dobrobytu na poziomie całego społeczeństwa. Z tego punktu widzenia, ważna jest nie tylko ilość, ale również jakość pracy wymaganej przez różne technologie. Zakładając, że inne czynniki są jednakowym poziomem, czym wyższe kwalifikacje i im dłuższy czas umowy o pracę, tym większe są korzyści zewnętrzne dla spójności społecznej i poziomu gospodarki lokalnej, regionalnej i krajowej.

Po uwzględnieniu eksploatacji i wytwarzania okazuje się, że energetyka jądrowa jest bardziej pracochłonna od innych form wytwarzania energii elektrycznej. W porównaniu z producentami energii ze źródeł odnawialnych cechują ją większe wymagania pod względem

wykształcenia, co może przynieść korzystne efekty uboczne w postaci spójności społecznej i rozwoju regionalnego. Dostępne dane wskazują, że wymagania w zakresie posiadanych kwalifikacji (i płace) są wyższe w sektorach budowy i eksploatacji elektrowni jądrowych (choć ustępują sektorom likwidacji elektrowni i utylizacji odpadów), niż w morskich elektrowniach wiatrowych czy w fotowoltaice i elektrowniach skoncentrowanej energii słonecznej (CSP).

Wpływ innowacji w energetyce na wyniki i rozwój gospodarki

Postęp techniczny w energetyce wnosi wkład do całej gospodarki w zakresie:

i) wartości dodanej, dochodu i zatrudnienia, ii) funkcjonowania gospodarki, firm i gospodarstw domowych, które potrzebują nieprzerwanych dostaw taniej energii elektrycznej, iii) fal innowacji i efektów ubocznych po stronie popytu i podaży.

Jest to główny powód, dla którego rządy finansują badania podstawowe i prace badawczo-rozwojowe w zakresie energetyki. W strukturze finansowania prac badawczo-rozwojowych zaszły poważne zmiany. W porównaniu z rokiem 2000, wydatki publiczne na prace badawczo-rozwojowe w zakresie źródeł odnawialnych wzrosły pięciokrotnie, a w zakresie efektywności energetycznej – dwukrotnie. Natomiast w przypadku energii jądrowej odnotowano gwałtowny spadek nakładów z ok. 8 mld USD w 1980 r. (głównie na technologie rozszczepialne) do poniżej 3 mld USD, z przeznaczeniem głównie na syntezę jądrową (EC, 2016a).

Finansowanie prac badawczo-rozwojowych daje najlepsze efekty w połączeniu z innymi instrumentami. Przykładowo, politykę odnoszącą się do zmian klimatu należy połączyć ze wsparciem dla „czystych” innowacji (np. w formie dodatkowych dotacji do prac badawczo-rozwojowych). Polityka powinna przewidywać możliwie największe wsparcie dla nowych obiecujących „czystych” technologii, nawet kosztem finansowania prac badawczo-rozwojowych nad doskonaleniem istniejących „brudnych” technologii. W ramach polityki należy zapewnić wsparcie szerokiej gamie technologii niskoemisyjnych, gdyż nie istnieje tylko jeden złoty środek. Polityki w zakresie innowacji powinny być konsekwentne, usystematyzowane i z odległym horyzontem czasowym.

Implikacje rozliczenia po kosztach pełnych w elektroenergetyce dla polityki

Wytwarzanie i zużycie energii elektrycznej to nie tylko poważne zagadnienie ekonomiczne, ale również ogromne źródło zanieczyszczeń, które wpływają na zdrowie ludzi, długość życia i środowisko naturalne. W związku z tym elektroenergetyka była często punktem wyjścia w stosowanych badaniach ekonomicznych nad efektami zewnętrznymi, skutkami ubocznymi i kosztami społecznymi. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia i na początku lat 2000 przeprowadzono wiele szeroko zakrojonych, kosztownych badań nad pełnym kosztem energii elektrycznej z udziałem najlepszych specjalistów. Wiele wyników tych badań pozostaje aktualnymi do dziś. Wprawdzie szacunki kosztów społecznych nieuchronnie wiążą się z wieloma niewiadomymi, ale wyniki badań są zgodne w kwestii zidentyfikowanych kluczowych problemów. Jednak decydenci nigdy nie wprowadzili poprawnie w życie zgodnych wniosków z tych obiektywnych badań, według których należałoby położyć znacznie większy nacisk na działania w zakresie zanieczyszczenia powietrza i zmian klimatu, w stopniu, który państwa na całym świecie nie są skłonne rozważyć.

Zanieczyszczenie powietrza, zmiany klimatu i koszty systemowe to największe pozyje kosztów niezinternalizowanych

We wszystkich rozdziałach niniejszego raportu powtarza się jeden wspólny wniosek: koszty zewnętrzne zwykłej eksploatacji elektrowni są wyższe o co najmniej rząd wielkości od kosztów innych faz cyklu produkcji energii elektrycznej, na etapie poprzedzającym wytwarzanie i po nim następującym, a także od kosztów poważnych wypadków. Górnictwo i transport paliw pierwotnych dla elektroenergetyki (np. węgla, ropy naftowej, gazu, uranu) także wiążą się z kosztami społecznymi, jednak koszty te błędą w porównaniu z kosztami zanieczyszczenia powietrza. W przypadku elektrowni jądrowych poważnym kosztem jest ich likwidacja i

składowanie odpadów. Są to jednak koszty ekonomiczne, które można zinternalizować poprzez fundusze tworzone przez producentów energii elektrycznej, przy tym koszty są przenoszone na konsumentów w cenach i taryfach.

Poważne awarie obiektów energetyki (wycieki ropy naftowej, wybuchy gazociągów, pęknięcia tam, wypadki górnicze czy awarie elektrowni jądrowych), są wprawdzie tragiczne dla poszkodowanych, ale zdarzają się rzadko w całym cyklu wszystkich technologii wytwarzania energii elektrycznej i nie mają większego wpływu na rozliczenie wszystkich kosztów. Problemem dla twórców polityki jest ich ogromne nagłośnienie w mediach i wśród społeczeństwa. Najwięcej wypadków śmiertelnych odnotowano w górnictwie węglowym i w hydroenergetyce, czyli w tych technologiach, które nie budzą większego zainteresowania w mediach i w społeczeństwie. Natomiast rozlewy ropy i awarie elektrowni jądrowych cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem mediów i społeczeństwa, w stopniu, który jest zdumiewający biorąc pod uwagę liczbę spowodowanych ofiar wśród ludzi.

Cierpienia poszczególnych osób spowodowanego wypadkiem lub skutkiem zewnętrznym, nagłośnionym lub niezauważonym przez media, nie można sprowadzać do danych statystycznych. Twórców polityki czeka trudne zadanie wyważenia dwóch aspektów – uzasadnionych chwilowych obaw społeczeństwa oraz konieczności zapewnienia długofalowej struktury systemu elektroenergetycznego, która najlepiej zminimalizuje skutki wypadków i utrudnień w pełnej perspektywie. Ogromne skutki zanieczyszczenia powietrza i emisje gazów cieplarnianych powodujące zmiany klimatyczne, czy nawet wielomiliardowe koszty systemowe wynikające ze zmienności niektórych technologii źródeł odnawialnych nie mają jak dotąd większego wpływu na sposób postrzegania problemu przez społeczeństwo. Zanieczyszczenie powietrza stanowi największy koszt wytwarzania energii elektrycznej, który nie podlega internalizacji. Jest to temat intensywnie prowadzonych badań z ustalonymi procedurami badawczymi, spójną metodyką i zgodnymi wynikami. Na całym świecie trzy miliony osób umiera co roku w wyniku zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, za które w znacznej części odpowiada wytwarzanie energii elektrycznej.

Całkowite koszty zmian klimatu szacowane są z dużym marginesem błędu, jednak analitycy zgodnie przyjmują, że są one rzędu bilionów euro i dolarów USA. W tym kontekście szczególna rola przypada działaniom w zakresie zmian klimatu. Świadomość społeczeństw, nagłośnienie przez media i uwaga polityków są na wysokim poziomie, jednak jak dotąd nie przełożyło się to na efektywne ograniczenie emisji GC. Niedostatecznie nagłaśniana część kosztów całkowitych - koszty systemowe – będzie w dalszym ciągu rosła. Jednak problem ten jest praktycznie nieznany poza wąskim gronem specjalistów od rynku energii elektrycznej.

Bezpieczeństwo dostaw, nowe miejsca pracy i wpływ innowacji technicznych to raczej zagadnienia o charakterze merytorycznym. Jednak w odróżnieniu od kosztów systemowych mają one, choć ograniczone, grono zwolenników-wyborców, którzy zapewnią uwzględnienie tych zagadnień w procesie choćby częściowej i niedoskonałej internalizacji.

Twórcy polityki energetycznej muszą zapewnić pełną internalizację kosztów wszędzie tam, gdzie ma to największe znaczenie

Uwaga opinii publicznej nie jest mocno skupiona na problemie zanieczyszczenia powietrza, chociaż narastający przez lata stres może w połączeniu z genetycznymi i innymi czynnikami doprowadzić do chorób dróg oddechowych i zawału serca. Stopień złożoności i czas trwania tego procesu znacznie utrudnia opisywanie, ogłaszanie, rozpowszechnianie i przyjmowanie do wiadomości informacji na ten temat.

W takich przypadkach opinia publiczna, media i twórcy polityki są narażeni na „błąd uwagi”. Wypadek, w którym jednorazowo ginie 50 osób zostanie bez porównania bardziej nagłośniony w mediach i zwróci większą uwagę autorów polityki, niż tysiąc przedwczesnych zgonów połączonych ze wzrostem zachorowalności dużej populacji w wyniku utrzymującego się przez pewien czas stałego poziomu zanieczyszczenia powietrza. Ludzkiego cierpienia nie można wprawdzie przeliczyć i porównać, jednak chłodna refleksja ukierunkowana na ogólną poprawę poziomu życia powinna wskazywać, że daleko większa liczba ofiar zanieczyszczonego powietrza zasługuje na przynajmniej taki sam poziom uwagi, jak rzadko

zdarzające się wypadki. Niestety, opinia publiczna, siły społeczne i naciski polityczne sprawiły, że uwaga twórców polityki i zasoby kierowane są w przeważającym stopniu na ten drugi problem.

Rolą publikacji, takich jak niniejszy raport, jest ograniczenie i odwrócenie błędu uwagi. Z chwilą, gdy istotne człony pełnych kosztów doczekają się uwagi opinii publicznej, mediów i twórców polityki, różne drogi prowadzące do internalizacji zostaną lepiej zrozumiane. W praktyce, instrumenty dostępne twórcom polityki obejmują trzy szerokie grupy:

1. Środki cenowe i rynkowe, takie jak podatki, ceny, dotacje, przyznawanie praw własności i tworzenie rynku.
2. Normy, standardy i regulacje, czyli zasadnicze środki służące do tworzenia polityki.
3. Środki dotyczące informacji, w tym wsparcie dla prac badawczo-rozwojowych, nie są podrzędnym dodatkiem, lecz istotą internalizacji.

Niezależnie od wybranego narzędzia rząd musi pozostać motorem procesu realizacji. W sytuacji, gdy w grę wchodzi życie milionów ludzi, obowiązkiem rządu jest wprowadzenie zachęt ograniczających koszty transakcji i umożliwiających wprowadzenie nowego sposobu alokacji w celu znacznej poprawy jakości życia i rozwiązania takich istotnych problemów, jak zanieczyszczenie powietrza.

Równoległe należy prowadzić prace nad poprawą informowania. Rządy powinny wznowić ważną debatę oraz szeroko zakrojone prace nad efektami zewnętrznymi energetyki prowadzone w dwóch ostatnich dekadach XX w. Koszty finansowania takich badań są znikome w porównaniu ze skalą omawianych efektów ubocznych. Jednocześnie prace te muszą być ściśle zarządzane i ukierunkowane na newralgiczne problemy w celu tworzenia lepszej polityki w warunkach przemian zachodzących w energetyce. Rozpowszechnianie i syntetyczne ujęcie wiedzy na temat istotnych elementów pełnych kosztów zapewnienia energii elektrycznej jest drogą do stworzenia, poprzez stopniową internalizację kosztów społecznych, lepszej polityki i bardziej zrównoważonych miksów energetycznych.

Literatura

- Burtraw, D., A. Krupnick and G. Sampson (2012), “The True Cost of Electric Power: An Inventory of Methodologies to Support Future Decision making in Comparing the Cost and Competitiveness of Electricity Generation Technologies”, Resources for the Future, Washington, DC, www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-Rpt-BurtrawKrupnick%20TrueCosts.pdf.
- EC (2016a), EU energy trends and macroeconomic performance, Deliverable 1, ARES(2016)3737343, Ongoing Study on Macroeconomics of Energy and Climate Policies, 20 July 2016, Cambridge Econometrics (UK) and NTUA for the EC, Brussels.
- EC (1995), *ExternE: Externalities of Energy*, Vol. 1-6, EC, Brussels.
- IEA (2016), *World Energy Outlook Special Report 2016: Energy and Air Pollution*, OECD, Paris.
- IEA (2011), *Harnessing Variable Renewables: A Guide to the Balancing Challenge*, OECD, Paris.
- IEA/NEA (2015), *Projected Costs of Generating Electricity (2015 Update)*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7057-proj-costs-electricity-2015.pdf.
- IEA/NEA (2010), *Projected Costs of Generating Electricity*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2010/6819-projected-costs.pdf.
- NEA (forthcoming a), *Climate Change: Assessment of the Vulnerability of Nuclear Power Plants and Adaptation Costs*, OECD, Paris.
- NEA (forthcoming b), *Estimation of Potential Losses Due to Nuclear Accidents*, OECD, Paris.
- NEA (forthcoming c), *Measuring Employment Generated by the Nuclear Power Sector*, OECD, Paris.

- NEA (forthcoming d), *System Costs in Deep Decarbonisation Scenarios: The Contributions of Nuclear Energy and Renewables*, OECD, Paris.
- NEA (2016), *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7201-costs-decom-npp.pdf.
- NEA (2015), *Nuclear Energy: Combating Climate Change*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7208-climate-change-2015.pdf.
- NEA (2013), *The Economics of the Back end of the Nuclear Fuel Cycle*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2013/7061-ebenfc.pdf.
- NEA (2012a), *The Economics of Long-term Operations of Nuclear Power Plants*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/reports/2012/7054-long-term-operation-npps.pdf.
- NEA (2012b), *Nuclear Energy and Renewables: System Effects in Low-carbon Electricity Systems*, Figure 4.1, p. 104, Table 4.8, p. 136, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2012/7056-system-effects.pdf.
- NEA (2010a), *Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6861-comparing-risks.pdf.
- NEA (2010b), *The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2010/6358-security-energy-sup.pdf.
- NEA (2007), *Risks and Benefits of Nuclear Energy*, OECD, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2007/6242-risks-benefits.pdf.
- OECD (2016), *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution*, OECD, Paris.
- OECD (2014), *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*, OECD, Paris.
- OECD (2012), *Mortality Risk Evaluation in Environment, Health and Transport Policies*, OECD,
- OECD (1994), *Managing the Environment: The Role of Economic Instruments*, OECD, Paris.
- Rowe, R.D., C.M. Lang, L.G. Chestnut, D.A. Latimer, D.A. Rae, S.M. Bernow, and D.E. White. (1995), *New York State Environmental Externalities Cost Study*, Empire State Electric Energy, Oceana, New York.
- WHO (2014a), *7 Million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution*, WHO, Geneva, www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en.
- WHO (2014b), *Burden of Disease from Ambient Air Pollution for 2012*, Summary of results, WHO, Geneva, www.who.int/phe/health_topics/outdoorair.
- WHO (2016), *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*, WHO, Geneva, www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en.

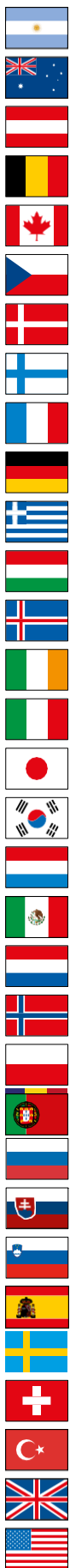
DOSTĘP DO PUBLIKACJI I INFORMACJI NEA

Kompletny [katalog publikacji](#) jest dostępny na stronie www.oecd-nea.org/pub.

Oprócz podstawowych informacji na temat Agencji i prowadzonego przez nią programu prac, na stronie [NEA](#) znajdują się gotowe do nieodpłatnego pobrania setki raportów na tematy techniczne i tworzenia polityki.

[Miesięczny biuletyn NEA](#), wysyłany nieodpłatnie abonentom, zawiera najświeższe informacje o wynikach, wydarzeniach i publikacjach. Zapisz się na stronie www.oecd-nea.org/bulletin.

Odwiądź nas na [Facebooku](#) pod adresem www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency lub na [Twitter@OECD_NEA](#).



Koszt całkowity zapewnienia energii elektrycznej

Zapewnienie energii elektrycznej ma wpływ na każdy aspekt życia w państwach członkowskich OECD i w innych krajach. Wybór sposobu wytwarzania energii elektrycznej – z paliw kopalnych, energii nuklearnej czy ze źródeł odnawialnych – wpływa nie tylko na wyniki gospodarki, ale również na szeroko rozumiany dobrostan społeczny. Aktualnie prowadzone są badania nad całkowitym kosztem energii elektrycznej, gdyż producenci i konsumenci dostrzegają bezpośrednio jedynie niektóre pozycje kosztów jej zapewnienia. Inne koszty, takie jak zanieczyszczenie powietrza, straty wynikające ze zmian klimatu czy efekty systemowe na wytwarzanie energii w niewielkiej skali ze źródeł cechujących się zmiennością, nie są uwzględniane w cenach rynkowych, obniżając poziom życia na wiele nieuwzględnianych sposobów.

Rozliczenie takich kosztów społecznych w celu ustalenia całkowitego kosztu energii elektrycznej jest trudnym zadaniem, lecz koszty te są zbyt ważne, by można je pominąć w kontekście przemian, jakie obecnie zachodzą w energetyce państw-członków OECD i NEA. Niniejszy raport, który przygotowano na podstawie materiałów pochodzących z wielu wcześniejszych badań nad kosztami społecznymi energii elektrycznej, wskazuje sprawdzone narzędzia umożliwiające internalizację takich kosztów i poprawę ogólnego poziomu życia.

Wyniki zarysowane w niniejszym raporcie powinny prowadzić do nowych kompleksowych badań nad całkowitym kosztem energii elektrycznej, które z kolei powinny skutkować lepszymi decyzjami twórców polityki i społeczeństw na drodze do zapewnienia w pełni zrównoważonych systemów elektroenergetycznych.

Nuclear Energy Agency (NEA)

46, quai Alphonse Le Gallo
92100 Boulogne-Billancourt, France
Tel.: +33 (0)1 45 24 10 15
nea@oecd-nea.org www.oecd-nea.org

NEA No. 7441

Pełna publikacja NEA Nr. 7298 dostępna:

<http://oe.cd/2fy>