

## **Ekologia w wytwarzaniu**

**Autor: Waldemar Dołęga - Politechnika Wroclawska**

**("Energia Gigawat" - 5/2016)**

**Celem strategicznym krajowej polityki gospodarczej jest uzyskanie trwałego i zrównoważonego rozwoju kraju. Oznacza to powiązanie rozwoju gospodarczego oraz wzrostu jakości życia ludności z poprawą stanu środowiska przyrodniczego a także dążeniem do zachowania go w dobrym stanie dla przyszłych pokoleń, a więc z zapewnieniem bezpieczeństwa ekologicznego.**

Zapewnienie bezpieczeństwa ekologicznego wymaga: zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska, poprawy stanu środowiska oraz zapewnienia gospodarce krajowej bezpiecznego i konkurencyjnego zaopatrzenia w energię.

Zrównoważone gospodarowanie zasobami środowiska jest realizowane m.in. poprzez: racjonalne i efektywne gospodarowanie zasobami kopalin i wód, zachowanie bogactwa różnorodności biologicznej i racjonalne zarządzanie przestrzenią.

Poprawa stanu środowiska wiąże się m.in. z: poprawą jakości powietrza, zapewnieniem dostępu do czystej wody dla społeczeństwa i gospodarki, racjonalnym gospodarowaniem odpadami, ograniczeniem oddziaływania energetyki na środowisko, wspieraniem nowych technologii energetycznych i środowiskowych oraz promowaniem zachowań ekologicznych.

W aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego konieczne jest stosowanie rozwiązań, które pozwalają kojarzyć efekty gospodarcze z efektami ekologicznymi.

W sektorze elektroenergetycznym oznacza to:

- wdrażanie metod czystszej produkcji elektrycznej,
- poprawę efektywności energetycznej,
- stosowanie odnawialnych źródeł energii,
- doskonalenie procesów planowania z uwzględnieniem ocen oddziaływania na środowisko,
- doskonalenie procesów zarządzania oraz kontroli procesów produkcyjnych (systemy licencjonowania, szacowanie kosztów ochrony środowiska w działalności przemysłowej, stosowanie BAT (*Best Available Techniques /ang./*) w odniesieniu do instalacji stwarzających największe zagrożenie dla środowiska, itp.),
- realizację polityki zorientowanej na tzw. cykl życiowy produktu dla ograniczenia ilości wytwarzanych odpadów.

Stosowane rozwiązania i podejmowane działania w sektorze elektroenergetycznym powinny być ukierunkowane z jednej strony na ograniczenie ryzyka wystąpienia zagrożeń

środowiskowych, a z drugiej na uzyskanie maksymalnego poziomu efektywności ekonomicznej i skuteczności ekologicznej. Dąży się do tego, aby infrastruktura elektroenergetyczna była przyjazna środowisku. Wprowadza się powszechnie w tym celu w sektorze elektroenergetycznym oceny oddziaływania na środowisko: strategii, programów, planów i inwestycji.

Jednym z ważnych elementów bezpieczeństwa ekologicznego o kluczowym znaczeniu dla lokalizacji inwestycji elektroenergetycznych jest system planowania przestrzennego. Obejmuje miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego gmin, plany zagospodarowania przestrzennego województw oraz koncepcje polityki zagospodarowania przestrzennego kraju. Stanowi jedno z podstawowych narzędzi zarządzania środowiskiem.

Podstawowe zadania systemu planowania przestrzennego z punktu widzenia polityki ekologicznej obejmują:

- stymulowanie zmian w strukturze przestrzennej działalności gospodarczej, ukierunkowanych na ograniczenie nadmiernej koncentracji tej działalności, jej lepsze dostosowanie do lokalnych i regionalnych warunków (zwłaszcza przyrodniczych i związanych ze stanem środowiska),
- godzenie często przeciwstawnych wobec siebie tendencji w zakresie wyboru kierunków rozwoju określonego obszaru, wynikających z istniejącego zainwestowania i będących do dyspozycji zasobów ludzkich oraz stopnia przekształcenia i degradacji środowiska.

Na obszarze kraju w aspekcie ochrony środowiska wyodrębniono trzy strefy obszarów: silnie przekształconych i zdegradowanych lub zagrożonych degradacją, o wysokich walorach przyrodniczych i pośrednie.

W obszarach o wysokich walorach przyrodniczych występuje bardzo silne ograniczenie wszelkich – mogących negatywnie oddziaływać na środowisko przyrodnicze – rodzajów i form działalności gospodarczej (w uzasadnionym zakresie) na drodze administracyjno-prawnej.

Wśród tych obszarów znajdują się:

- obszary o szczególnej wrażliwości na antropopresję i szczególnym znaczeniu dla zachowania zasobów przyrodniczych i walorów krajobrazowych środowiska przyrodniczego, zwłaszcza dla zachowania różnorodności biologicznej i krajobrazowej, w skali kraju i Europy,
- obszary leśne, zwłaszcza duże i zwarte kompleksy lasów (puszcze),
- obszary o wysokich walorach przyrodniczo-krajobrazowych.

Priorytety polityki przestrzennej w obszarze związanym z funkcjonowaniem sektora elektroenergetycznego obejmują m.in:

- dążenie do zgodności charakteru oraz intensywności zagospodarowania z cechami i walorami środowiska przyrodniczego,
- oszczędne i racjonalne zagospodarowanie surowców mineralnych z uwzględnieniem wymagań środowiskowych i zminimalizowaniem niekorzystnych skutków eksploatacji,

- wdrożenie jednolitych procedur i wymogów uwzględniania spraw dotyczących ochrony środowiska w planach zagospodarowania przestrzennego,
- wzrost wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych.

Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami jest najbardziej czułym kierunkiem działań w obszarze ochrony środowiska. Na tym zagadnieniu koncentruje się uwaga społeczeństw i rządów państw na świecie (Protokół z Kioto, Pakiet Klimatyczno-Energetyczny Unii Europejskiej, itp.). Z jednej strony zanieczyszczenia powietrza mogą być przenoszone na dalekie odległości, oddziałują na zmiany klimatu i wywołują niekorzystne procesy w stratosferze (przede wszystkim w warstwie ozonowej). Z drugiej strony bezpośrednio oddziałują na zdrowie ludzi.

Zanieczyszczenia przenoszą się w powietrzu szybko i natychmiast oddziałują na: człowieka, organizmy żywe, roślinność, wody, gleby, budowle i zabytki.

W polityce w zakresie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami dominują następujące tendencje:

- zwiększenie liczby zanieczyszczeń objętych przeciwdziałaniem mającym zmniejszyć lub ograniczyć ich emisję i niekorzystne oddziaływanie na środowisko,
- konsekwentne przechodzenie na likwidację zanieczyszczeń u źródła,
- normowanie emisji zanieczyszczeń w przemyśle, energetyce i transporcie,
- wprowadzanie norm produktowych, ograniczających emisję do powietrza zanieczyszczeń w rezultacie pełnego cyklu życia produktów i wyrobów.

Zanieczyszczenia objęte przeciwdziałaniem obejmują:

- substancje bezpośrednio zagrażające życiu i zdrowiu ludzi (metale ciężkie i trwałe zanieczyszczenia organiczne),
- substancje degradowane środowisko i pośrednio wpływające na zdrowie oraz warunki życia (dwutlenek siarki, tlenki azotu, amoniak, lotne związki organiczne i ozon przyziemny),
- substancje wpływające na zmiany klimatyczne (dwutlenek węgla, metan, podtlenek azotu, sześćofluorek siarki, inne substancje niszczące warstwę ozonową).

Przechodzenie na likwidację zanieczyszczeń u źródła odbywa się poprzez zmiany nośników energii (ze szczególnym uwzględnieniem źródeł energii odnawialnej), stosowanie czystszych surowców i technologii oraz minimalizację zużycia energii i surowców.

Normy produktowe odnoszą się do pełnego cyklu życia produktów i wyrobów – od wydobycia surowców, poprzez ich przetwarzanie, wytwarzanie nowych produktów i wyrobów oraz ich użytkowanie, aż do przejścia w formę odpadów.

Ze względu na specyfikę krajowych zasobów paliw (głównie węgla kamiennego oraz brunatnego) energia elektryczna produkowana jest głównie w konwencjonalnych wielkoskalowych elektrowniach ciepłych. Taka struktura produkcji powoduje silne obciążenie środowiska przyrodniczego emisją różnych substancji szkodliwych.

W tabeli 1 podano typowe wskaźniki emisji dla różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej. Z przedstawionych w tabeli wartości wskaźników emisji wynika znaczne obniżenie emisji pyłów i dwutlenku siarki w elektrowniach gazowych w stosunku do elektrowni węglowych.

Największy udział w ilości emisji ma dwutlenek węgla. Z analiz teoretycznych wynika, że w wyniku produkcji 1 GJ energii pierwotnej (ze spalania odpowiedniej ilości paliwa) powstaje około 98 kg CO<sub>2</sub> w przypadku spalania węgla oraz 56 kg CO<sub>2</sub> w przypadku spalania gazu ziemnego wysokometanowego.

**Tabela nr 1:** Typowe wartości wskaźników emisji w produkcji energii elektrycznej

| Typ układu  | Paliwo     | $\eta_E$<br>% | Wskaźniki emisji w g/kWh wytworzonej energii elektrycznej |      |                 |                 |      |
|---|------------|---------------|---|------|-----------------|-----------------|------|
|   |            |               | CO <sub>2</sub>   | CO   | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | pył  |
| Energetyka zawodowa                                 |            |               |   |      |                 |                 |      |
| Elektrownia parowa                                  | węgiel     | 34            | 1034  | 0,18 | 3,13            | 19,9            | 1,41 |
|   | gaz ziemny | 31            | 651   | 0,09 | 3,04            | 0               | 0,05 |
| Blok turbogazowy                                    | gaz ziemny | 34            | 594   | 0,55 | 2,40            | 0               | 0,05 |
| Blok turbogazowy*                                   | gaz ziemny | 38            | 532   | 0,30 | 0,50            | 0               | 0,04 |
| Układy kogeneracyjne bez stosowania redukcji emisji |            |               |   |      |                 |                 |      |
| Elektrownia parowa                                  | węgiel     | 25            | 1406  | 0,26 | 4,53            | 7,75            | 0,65 |
|   | gaz ziemny | 25            | 808   | 0    | 1,29            | 0,46            | 0,07 |
| Turbina gazowa                                      | gaz ziemny | 25            | 809   | 0,13 | 4,35            | 0               | 0,07 |
| Turbina gazowa*                                     | gaz ziemny | 35            | 577   | 0,30 | 0,50            | 0               | 0,05 |

Blok turbogazowy\* = Turbina gazowa\* = turbina z niskoemisyjną komorą spalania

Dla pracujących obecnie instalacji, uśrednione wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> wynoszą: 0,90 Mg/MWh dla węgla kamiennego, 1,065 Mg/MWh dla węgla brunatnego, 0,45 dla gazu wielkopieczowego. Dla stosunkowo nowych bloków energetycznych wynoszą odpowiednio: 0,93 Mg/MWh dla bloku Pątnów II (węgiel brunatny), 0,9 Mg/MWh dla bloku Bełchatów II (węgiel brunatny) oraz 0,85 Mg/MWh dla bloku Łągisza II.

Uśrednione wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> sukcesywnie maleją w krajowych elektrowniach konwencjonalnych w związku z: postępowaniem technicznym, wzrostem sprawności wytwarzania energii elektrycznej i ograniczonymi emisyjnymi. Dotyczy to w większym stopniu elektrowni na węgiel kamienny niż na węgiel brunatny. Wskaźniki emisji zależą bowiem od składu chemicznego paliwa, a ten – szczególnie w przypadku węgla brunatnego – może ulegać istotnym zmianom.

Ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w elektrowniach węglowych uzyskuje się poprzez stosowanie czystych technologii węglowych (z wychwytem dwutlenku węgla) lub technologii: o zwiększonej sprawności przetwarzania energii pierwotnej (bloki na parametry nadkrytyczne i ultrakrytyczne) lub wykorzystujących zgazowanie węgla.

Dla elektrowni atomowych i odnawialnych źródeł energii emisje zanieczyszczeń są zerowe. Przy czym w przypadku źródeł opalanych biogazem lub biomasą emisje tych substancji są przyjmowane jako zerowe ze względu na zamknięte cykle: produkcja – spalanie biogazu, produkcja – spalanie biomasy.

Aspekty związane z ochroną środowiska i unijną polityką klimatyczną mają bezpośredni wpływ na sektor elektroenergetyczny w obszarze wytwarzania. Szczególnie jest to związane z poziomem kosztów i ograniczeniami emisji CO<sub>2</sub> oraz stosowaniem rygorystycznych zasad dotyczących dopuszczalnych emisji dla pojedynczych instalacji, które rzutują m.in. na koszty technologii elektroenergetycznych stosowanych w kraju.

Koszt technologii elektroenergetycznej składa się z: kosztu produkcji energii elektrycznej w rozpatrywanym źródle, kosztów związanych z korzystaniem ze środowiska naturalnego, kosztu zapewnienia rezerwy mocy dla źródła i kosztów związanych z przesyłem energii z miejsca wytwarzania do miejsca odbioru.

Koszt oddziaływania na środowisko poszczególnych technologii energetycznych zależy od wielkości emisji substancji szkodliwych dla środowiska związanych z produkcją energii elektrycznej oraz jednostkowych kosztów (cen) dla poszczególnych emitowanych substancji.

W krajach europejskich obowiązują różne opłaty za emisję substancji szkodliwych, przy czym powszechnie uważane są one za zbyt niskie. Przykładowo w Polsce w 2013 r. zgodnie z obwieszczeniem Ministra Środowiska opłaty za korzystanie z środowiska wynosiły odpowiednio dla: CO<sub>2</sub> – 0,28 PLN/Mg, SO<sub>2</sub> – 0,51 PLN/kg, NO<sub>2</sub> – 0,51 PLN/kg, CO – 0,11 PLN/kg, pyły ze spalania paliw – 0,34 PLN/kg.

Istnieją duże rozbieżności szacowania kosztów emisji związków chemicznych. Dwutlenek węgla jest wyceniany w sposób rynkowy (notowania giełdowe na giełdach: Nord Pool, Power Next, EEX) i dlatego w analizach rozwojowych wartość rynkowa jest powszechnie przyjmowana do analiz obciążeń produkcji energii elektrycznej. Przyjmuje się różne rynkowe poziomy opłat za emisję CO<sub>2</sub>, np. niski – 10 euro/t, średni – 25 euro/t, wysoki – 40 euro/t. Poziom wysoki jest wartością preferowaną przyjmowaną dla analiz rozwojowych prowadzonych w zespołach przy Komisji Europejskiej, która ma uzasadnienie w kosztach usuwania CO<sub>2</sub> ze spalin w elektrowniach węglowych bezemisyjnych.

W tabeli 2 podano jednostkowe koszty emisji CO<sub>2</sub> w przypadku produkcji energii elektrycznej w elektrowni węglowej lub gazowej w zależności od sprawności produkcji energii elektrycznej.

Ilość emitowanego dwutlenku węgla do produkcji 1 MWh energii elektrycznej określa się odpowiednio:

- dla energii wyprodukowanej z węgla kamiennego wg zależności:

$$m_{CO_2} = \frac{352,8}{\eta_E} \text{ [kg/MWh]}$$

- dla energii wyprodukowanej z gazu wysokometanowego wg zależności:

$$m_{CO_2} = \frac{201,6}{\eta_E} \text{ [kg/MWh]}$$

**Tabela nr 2:** Jednostkowe koszty emisji CO<sub>2</sub> [euro/MWh] przy różnych poziomach opłat za emisję i różnych sprawnościach wytwarzania energii elektrycznej

| Sprawność | Poziom opłat za emisję CO <sub>2</sub> |           |           |                    |           |           |
|-----------|--|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
|           | Elektrownia węglowa                    |           |           | Elektrownia gazowa |           |           |
| %         | 10 euro/t                              | 25 euro/t | 40 euro/t | 10 euro/t          | 25 euro/t | 40 euro/t |
| 32        | 11,02                                  | 27,55     | 44,08     | 6,30               | 15,75     | 25,20     |
| 33        | 10,69                                  | 26,72     | 42,76     | 6,11               | 15,27     | 24,44     |
| 34        | 10,38                                  | 25,95     | 41,52     | 5,93               | 14,82     | 23,72     |
| 35        | 10,08                                  | 25,20     | 40,32     | 5,76               | 14,40     | 23,04     |
| 36        | 9,80                                   | 24,50     | 39,20     | 5,60               | 14,00     | 22,40     |
| 37        | 9,53                                   | 23,82     | 38,12     | 5,45               | 13,62     | 21,80     |
| 38        | 9,28                                   | 23,20     | 37,12     | 5,31               | 13,27     | 21,24     |
| 39        | 9,05                                   | 22,62     | 36,20     | 5,17               | 12,92     | 20,68     |
| 40        | 8,82                                   | 22,05     | 35,28     | 5,04               | 12,60     | 20,16     |

Z przedstawionych wyliczeń i zależności wynika znaczny udział kosztu środowiska w koszcie produkcji energii elektrycznej. Nawet przy niskim poziomie opłat za emisję (10 euro/t) dla elektrowni węglowych koszt ten zawiera się w przedziale od prawie 9 do 11 euro/MWh. Każdy punkt procentowy poprawy sprawności oznacza obniżenie kosztu emisji o ok. 0,25 euro/MWh. W przypadku wysokiego poziomu opłat za emisję (40 euro/t) koszt emisji jest już porównywalny z kosztem produkcji energii elektrycznej. Natomiast każdy punkt procentowy poprawy sprawności oznacza obniżenie kosztu emisji o ok. 1 euro/MWh. W przypadku źródeł gazowych udział kosztów emisji w kosztach produkcji energii elektrycznej jest znacznie mniejszy i waha się od 5 do nieco ponad 6 euro/MWh w przypadku niskiego poziomu opłat oraz 20-25 euro/MWh w przypadku wysokiego poziomu opłat za emisję dwutlenku węgla.

W ramach projektu badawczego zamawianego nr PBZ-MEiN-1/2/2006 *Bezpieczeństwo elektroenergetyczne kraju* zespół prof. J. Popczyka przeprowadził kompleksową analizę i dokonał obliczeń wszystkich składników kosztów zewnętrznych dla wybranych technologii energetycznych. W tabeli 3 przedstawiono wyniki tych obliczeń, które pokazują sumaryczne koszty zewnętrzne dla różnych technologii energetycznych, w tym koszty użytkowania środowiska w postaci wartości emisji CO<sub>2</sub> przy niskim i wysokim poziomie opłat za emisję (10 euro/t i 40 euro/t).

Sumaryczne koszty zewnętrzne dla różnych technologii kształtują się na bardzo różnych poziomach. Dla niskiego poziomu kosztów jednostkowych emisji CO<sub>2</sub> różnice pomiędzy technologiami najtańszymi a najdroższymi wynoszą prawie 185 PLN/MWh, natomiast dla poziomu wysokiego jednostkowych kosztów emisji różnice te sięgają prawie 300 PLN/MWh.

W świetle przeprowadzonych przez zespół prof. J. Popczyka badań najefektywniejszymi technologiami energetycznymi z punktu widzenia kosztów zewnętrznych są technologie czyste (bez emisji substancji szkodliwych), małej mocy i dodatkowo umiejscowione bezpośrednio u odbiorcy energii elektrycznej – biometanowa oraz ogniwo paliwowe. Z technologii wielkoskalowych energetyka jądrowa wykazuje mniejszy poziom kosztów zewnętrznych niż energetyka węglowa. Bardzo korzystnie wygląda energetyka gazowa dużej mocy w stosunku do energetyki węglowej. Korzyści te są znaczne i wynoszą od 56 do około 100 PLN/MWh w zależności od jednostkowych kosztów emisji CO<sub>2</sub>.

**Tabela nr 3:** Sumaryczne koszty zewnętrzne produkcji energii elektrycznej w [PLN/MWh] dla wybranych źródeł energii elektrycznej (1 euro = 3,8 PLN)

| Rodzaj źródła (elektrownia) | $\eta_E$<br>% | Emisja<br>t/MWh | Miejsce przyłączenia<br>Sieć | Koszty emisji CO <sub>2</sub> |                      | Koszty rezerw mocy | Koszty przesyłu* | Suma       |            |
|-----------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|------------------|------------|------------|
|                             |               |                 |                              | Min.<br>10<br>euro/t          | Max.<br>40<br>euro/t |                    |                  | Min.       | Max        |
| Jądrowa                     | -             | 0               | 400 kV                       | 0                             | 0                    | 5,14               | 21,2             | 26,4       | 26,4       |
| Na węgiel brunatny          | 35            | 1,008           | 400 kV                       | 38,30                         | 153,22               | 3,96               | 17,6             | 59,9       | 174,8      |
| Na węgiel kamienny          | 37            | 0,954           | 400, 220 kV                  | 36,23                         | 144,93               | 3,60               | 20,6             | 60,4       | 169,1      |
| Gazowa 20 – 50 MW           | 35            | 0,576           | 110 kV                       | 21,89                         | 87,55                | 1,94               | -19,1            | 4,7        | 70,4       |
| Gazowa 1 – 7,5 MW           | 40            | 0,504           | SN                           | 19,15                         | 76,61                | 1,51               | -22,7            | -2,0       | 55,4       |
| Gazowa do 400 kW            | 40            | 0,504           | nn                           | 19,15                         | 76,61                | 0,86               | -54,9            | -34,9      | 22,6       |
| Wiatrowo-gazowa             | 40            | 0,403           | SN                           | 15,32                         | 61,29                | 0,15               | -38,1            | -22,6      | 23,3       |
| Biometanowa                 | -             | 0               | nn                           | 0                             | 0                    | 0,53               | -124,6           | -<br>124,1 | -<br>124,1 |
| Wodna (mała)                | -             | 0               | nn                           | 0                             | 0                    | 2,82               | -86,3            | -83,5      | -83,5      |
| Ogniwo paliwowe             | 40            | 0,504           | nn                           | 19,15                         | 76,61                | 6,95               | -124,6           | -98,5      | -41,0      |

\* koszt ujemny jest równoważny oszczędnościom uzyskanym w obszarze kosztów infrastruktury.

Udział kosztów środowiska, ma bardzo znaczący wpływ na całkowite koszty zewnętrzne technologii. Koszty te zależą silnie od przyjętych jednostkowych kosztów emisji CO<sub>2</sub>.

Polityka klimatyczna prowadzona przez Unię Europejską ukierunkowana jest głównie na zmniejszenie emisji: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, itp. Wykorzystuje dwa podstawowe instrumenty. Pierwszym z nich jest ograniczanie ilościowe przydziałów do emisji, szczególnie CO<sub>2</sub> dla poszczególnych krajów członkowskich, a drugim zakup uprawnień do emisji z wyłączeniem puli darmowych objętych derogacją. Ponadto w ramach tej polityki stosuje się wygórowane standardy dopuszczalnych emisji dla pojedynczych instalacji określone w Dyrektywie LCP, które grożą wyłączeniem dużej ilości krajowych mocy wytwórczych.

Problemy ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> mają bezpośredni wpływ na funkcjonowanie sektora wytwórczego.

Zapewnienie bezpieczeństwa ekologicznego wymaga: zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska, poprawy stanu środowiska oraz zapewnienia gospodarce krajowej bezpiecznego i konkurencyjnego zaopatrzenia w energię. Konieczne jest stosowanie rozwiązań, które pozwalają kojarzyć efekty gospodarcze z efektami ekologicznymi. W sektorze elektroenergetycznym oznacza to m.in. konieczność: wdrażania metod czystszej produkcji energii elektrycznej, poprawę efektywności energetycznej, stosowanie odnawialnych źródeł energii, doskonalenie procesów planowania z uwzględnieniem ocen oddziaływania na środowisko.

Aspekty związane z ochroną środowiska i unijną polityką klimatyczną mają bezpośredni wpływ na funkcjonowanie i rozwój sektora elektroenergetycznego w obszarze wytwarzania energii elektrycznej. Szczególnie jest to związane z poziomem kosztów i ograniczeniami emisji CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> oraz stosowaniem rygorystycznych zasad dotyczących dopuszczalnych emisji dla pojedynczych instalacji, które rzutują m.in. na koszty technologii elektroenergetycznych stosowanych w kraju.

Analiza kosztów zewnętrznych technologii elektroenergetycznych wskazuje, że najefektywniejszymi z punktu widzenia tych kosztów są technologie czyste (bez emisji substancji szkodliwych), małej mocy i dodatkowo umiejscowione bezpośrednio u odbiorcy energii elektrycznej – biometanowa oraz ogniwo paliwowe. Z technologii wielkoskalowych energetyka jądrowa i energetyka gazowa dużej mocy wykazuje znacznie mniejszy poziom kosztów zewnętrznych niż energetyka węglowa oparta na węglu kamiennym lub brunatnym.