

## Wybrane aspekty oddziaływania elektrowni na środowisko

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wybrane aspekty oddziaływania elektrowni konwencjonalnych na środowisko. Scharakteryzowano działania podejmowane przez elektrownie w celu obniżenia ich negatywnego wpływu na środowisko. Elektrownie oddziałują na powietrze atmosferyczne, glebę i wodę, a za ich pośrednictwem na rośliny, zwierzęta i ludzi. Oddziaływanie elektrowni na środowisko sprowadza się do skażenia pyłami, tlenkami siarki, azotu i węgla, związkami organicznymi, popiołem oraz sadzą, a towarzyszy temu hałas.

**Abstract.** Chosen aspects of the influence of conventional power plants on environment are presented in the paper. There are characterized actions taken by power plants to lower negative influence on environment. Power plants effect on atmospheric air, soil, water, and in this way on plants, animals and people. Power plants emit dust, sulphur, nitrogen and coal oxides, organic compounds ash and soot and also noise. (**Selected aspects of the influence of power plant on environment**).

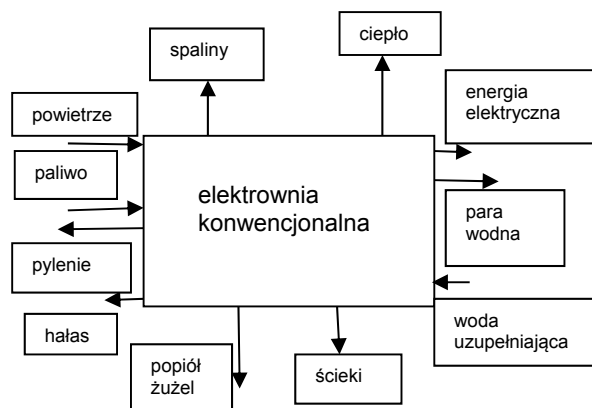
**Słowa kluczowe:** elektrownie konwencjonalne, oddziaływanie elektrowni na środowisko, dyrektywa IED, dopuszczalne emisje.  
**Keywords:** conventional power plants, the influence of power plants on environment, directive IED, allowable emissions.

doi:10.12915/pe.2014.10.39

### Wstęp

W artykule przedstawiono wybrane aspekty oddziaływania elektrowni konwencjonalnych na środowisko. Elektrownie te mogą wykorzystywać do produkcji energii elektrycznej trzy rodzaje paliw: paliwa stałe (węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf); ciekłe (ropa naftowa, lekki olej opałowy, ciężki olej opałowy, olej Diesla, benzyna); gazowe (gaz ziemny). Paliwa kopalne (konwencjonalne) odgrywały, odgrywają i będą odgrywać dominującą rolę w bilansie energetycznym zarówno Polski jak i świata. Przetwarzanie energii nośników pierwotnych na energię elektryczną ma zarówno pozytywne jak i negatywne aspekty. W przypadku węgla pozytywnymi stronami są: obfitość zasobów, pewność, bezpieczeństwo, łatwość w transporcie i magazynowaniu, szeroka dostępność. Negatywną cechą węgla jest przede wszystkim to, że jest najbardziej uwęglonym paliwem do produkcji energii elektrycznej, powoduje emisję CO<sub>2</sub>. Pozytywną cechą ropy jest to, że jest wygodna, łatwa do transportu i magazynowania. Do negatywnych cech należą: emisja CO<sub>2</sub>, zmienność cen, koncentracja zasobów, podatność na niestabilność polityczną. Pozytywnymi cechami gazu jest jego wydajność oraz to, że jest wygodny dla różnych sposobów jego użytkowania. Negatywnymi cechami gazu są: emisja CO<sub>2</sub>, jest drogi, ryzykowny w transporcie i magazynowaniu, wymaga odpowiedniej infrastruktury, jest podatny na zmiany cen [1].

### Oddziaływanie elektrowni konwencjonalnej na środowisko



Rys.1. Schemat oddziaływania elektrowni konwencjonalnej na środowisko [2]

Elektrownie oddziałują na powietrze atmosferyczne, glebę i wodę, a za ich pośrednictwem na ludzi, zwierzęta i rośliny.

Do produkcji energii elektrycznej ze środowiska pobierane są paliwo, powietrze i woda uzupełniająca. W wyniku procesu spalania do otoczenia oddawane są: energia elektryczna, ciepło, para wodna, spaliny, ścieki, popiół i żużel, pyły, tlenki siarki, azotu i węgla, a towarzyszy temu hałas.

### Oddziaływanie elektrowni na powietrze atmosferyczne – skład spalin

Skład spalin zależy przede wszystkim od rodzaju paliwa oraz samego procesu spalania, który w głównej mierze zależy od: temperatury, stosunku ilości powietrza do ilości paliwa, rodzaju palnika lub paleniska.

Tabela 1. Zestawienie zanieczyszczeń powstających w wyniku spalania paliw w zależności od rodzaju paliwa [3]

Rodzaj spalanego paliwa	Wsad	Rodzaj uwalnianych do powietrza zanieczyszczeń
Paliwa stałe	węgiel kamienny i brunatny	metan, tlenek węgla, dwutlenek węgla, podtlenek azotu, amoniak, niemetanowe lotne związki organiczne, tlenki azotu, tlenki siarki, (arsen, kadm, chrom, miedź, rtęć, nikiel, ołów, cynk) i ich związki, związki halogenoorganiczne, dioksyny i furany, benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, chlor i jego związki nieorganiczne, pył zawieszony
Paliwa ciekłe	olej opałowy lekki, olej opałowy ciężki (mazut)	metan, tlenek węgla, dwutlenek węgla, podtlenek azotu, niemetanowe lotne związki organiczne, tlenki azotu, tlenki siarki, (arsen, kadm, chrom, miedź, rtęć, nikiel, ołów, cynk) i ich związki, dioksyny i furany, benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, chlor i jego związki nieorganiczne, pył zawieszony
Paliwa gazowe	gaz ziemny	metan, tlenek węgla, dwutlenek węgla, tlenki azotu, pył zawieszony.

**Dwutlenek węgla.** Powstaje w wyniku utleniania węgla i związków węgla zawartych w paliwie. Oddziaływanie dwutlenku węgla na środowisko jest złożone. Z jednej strony jest on niezbędny w procesie fotosyntezy, z drugiej strony wpływa na efekt cieplarniany (gaz cieplarniany).

**Tlenek węgla.** Powstaje w wyniku spalania paliwa z nieodpowiednią ilością tlenu. Jest to gaz toksyczny dla

organizmów żywych, może doprowadzić do śmierci przez uduszenie.

**Tlenki siarki.** Powstają w obszarze płomienia. Ich ilość zależy wprost proporcjonalnie od zawartości siarki w paliwie. Największe ilości  $SO_x$  powstają w wyniku spalania paliw stałych, a w przypadku paliw gazowych (gaz ziemny) są to ilości śladowe.  $SO_2$  jest to silnie toksyczny gaz o duszącym zapachu. Przekroczenie dopuszczalnych norm działa niekorzystnie na drogi oddechowe ludzi, a u roślin powoduje obumieranie liści.  $SO_2$  w obecności ozonu  $O_3$ , który powstaje podczas wyładowań atmosferycznych, przekształca się w bardzo niebezpieczny dla środowiska  $SO_3$  – bezwodnik kwasu siarkowego ( $H_2SO_4$ ) – łączy się w chmurach z parą wodną i spada na ziemię w postaci kwaśnego deszczu.

**Tlenki azotu.** Podczas spalania paliw powstają trzy rodzaje tlenku azotu  $NO_x$  w wyniku trzech różnych mechanizmów: tlenki termiczne, tlenki paliwowe oraz tlenki szybkie. Tlenki termiczne  $NO_x$  powstają przy wysokiej temperaturze spalania, ich źródłem jest azot zawarty w powietrzu. Tlenki paliwowe powstają w wyniku utleniania azotu i związków azotu zawartych w paliwie. Tlenki szybkie są efektem bardzo szybkich reakcji rodnikowych, które zachodzą w wysokich temperaturach. W przypadku spalania węgla dominującym jest mechanizm paliwowy, a w przypadku paliw ciekłych mechanizm termiczny i szybki. Ilość tlenków azotu zależy od temperatury spalania. Tlenki azotu działają drażniąco na organy układu oddechowego. Przyczyniają się do powstawania smogów, pogarszają widoczność, ograniczają nasłonecznienie powierzchni ziemi, przyczyniają się do niszczenia warstwy ozonowej.

**Pyły.** Największe ilości pyłów powstają podczas spalania paliw stałych kopalnych, a w przypadku paliw ciekłych i gazowych ilości pyłów są śladowe. Powstawanie pyłu wiąże się z zawartością w paliwie tzw. balastu. Pyły mają złożony skład: oprócz sadzy zawierają metale ciężkie, które są niebezpieczne dla zdrowia ludzi i zwierząt, mogą być też rakotwórcze.

**Związki organiczne.** Wyróżniamy dwie grupy związków organicznych powstających w wyniku spalania paliw konwencjonalnych: węglowodory alifatyczne (parafiny) – obojętne dla środowiska oraz policykliczne węglowodory aromatyczne, które alergizują, podrażniają błony śluzowe, a nawet mogą wywoływać nowotwory.

### Oddziaływanie elektrowni na wodę

Wpływ elektrowni na wodę sprowadza się do:

- zmniejszenia zasobów wodnych regionu, w wyniku powstawania strat bezzwrotnych,
- zmiany właściwości fizycznych i chemicznych wód powierzchniowych,
- zmiany w życiu organizmów żywych wód powierzchniowych,
- zwiększenia zanieczyszczenia wód powierzchniowych w wyniku odprowadzania ścieków powstałych w procesach wytwarzania energii elektrycznej.

Podczas eksploatacji instalacji spalania paliw powstają następujące rodzaje ścieków:

- wody z obiegów chłodniczych,
- ścieki z instalacji odsiarczania spalin,
- ścieki pochodzące z usuwania odpadów paleniskowych,
- ścieki pochodzące ze stacji uzdatniania wody,
- ścieki z mycia kotłów i innych urządzeń w instalacji.

Zanieczyszczeniami zawartymi w ściekach są: całkowity azot, całkowity fosfor, arsen i jego związki, chrom i jego związki, miedź i jej związki, rtęć i jej związki, nikiel i jego związki, ołów i jego związki, cynk i jego związki, dioksyny i furany, benzen, fenole, wielopięścieniowe węglowodory aromatyczne, chlorki oraz cyjanki [3].

### Oddziaływanie elektrowni na glebę

Procesy degradacji gleby związane z obecnością zanieczyszczeń w powietrzu powodują nadmierne zakwaszenie gleb oraz alkalizację i akumulację substancji fitotoksycznych (trujących dla roślin).

### Sposoby ograniczania negatywnego wpływu elektrowni konwencjonalnych (węglowych) na środowisko

W celu ograniczenia emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz wytwarzania dużej ilości stałych produktów ubocznych czyli poprawiając efektywność ekologiczną procesów spalania węgla należy wziąć pod uwagę cały ciąg procesów, począwszy od poprawy jakości węgla, poprzez technologie spalania aż do metod kontroli i redukcji emisji zanieczyszczeń.

Mówiąc o czystych technologiach węglowych określa się procesy i technologie prowadzące do zmniejszenia negatywnego wpływu spalania węgla w trzech etapach: przed spalaniem, w trakcie spalania i po spalaniu.

**Etap przed spalaniem** to poprawa jakości węgla. Oczyszczanie węgla powoduje:

- ograniczenie emisji  $SO_2$ ,
- zmniejszenie ilości odpadów produkowanych przez elektrownię,
- poprawę sprawności termicznej procesu (redukcja emisji  $CO_2$ ).

Najnowsze technologie przeróbki węgla produkują paliwo o niskiej zawartości popiołu i siarki, co wpływa na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych [1].

**Etap w trakcie spalania** to zastosowanie nowoczesnych, efektywnych technologii spalania takich jak: spalanie pyłu węglowego, spalanie w złożu fluidalnym, spalanie w cyklu kombinowanym ze zgazowaniem, technologie nadkrytyczne i ultra-nadkrytyczne.

Technologia spalania pyłu węglowego pozwala na spalanie węgla o szerokim zakresie jakościowym. Klasyczne technologie spalania węgla poprawiły sprawność procesu spalania, a tym samym wpłynęły na zmniejszenie emisji.

Technologia spalania w złożu fluidalnym poprawia efektywność procesu spalania, wymianę ciepła oraz odzysk produktów odpadowych. Technologia ta wpływa na obniżenie emisji tlenków azotu.

Spalanie w cyklu kombinowanym ze zgazowaniem wpływa na podwyższenie sprawności procesu spalania oraz obniżenie emisji tlenków azotu i siarki.

Technologie nadkrytyczne to technologie w których elektrownie pracują na parametry nadkrytyczne (wyższa temperatura i ciśnienie pary niż w elektrowniach klasycznych) co wpływa na podwyższenie sprawności procesu spalania do 45%. Przy zastosowaniu ultra-nadkrytycznych parametrów pary sprawność procesu spalania może dochodzić do 50%.

**Etap po spalaniu** to etap dotyczący technologii redukcji emisji. Należą do niego: odpylanie, odsiarczanie, redukcja emisji tlenków azotu, ograniczanie emisji  $CO_2$ , zwiększenie efektu synergii pomiędzy węglem a surowcami odnawialnymi. Odpylanie polega na usuwaniu popiołu z gazów spalinowych za pomocą odpylaczy mechanicznych, takich jak cyklony czy multicyklony, elektrofiltrów oraz filtrów workowych. Odsiarczanie spalin może odbywać się czterema metodami: metodą mokrą, metodą suchą, metodą półsuchą oraz regeneracyjną. W metodzie mokrego odsiarczania gazów absorbentem jest wodna zawiesina wapna lub kamienia wapiennego, a produktem końcowym siarczan wapnia. Zastosowanie dodatkowego etapu utleniania powoduje, że produktem procesu jest czysty gips, będący produktem handlowym. W metodzie suchej do komory spalania doprowadzany jest zmielony sorbent.

Produktem procesu jest suchy siarczan wapnia, który usuwany jest wraz z popiołem lotnym przez elektrofiltry. W metodzie półsuchej sorbentem jest zawiesina wapniowa. Produktem odsiarczania jest mieszanina siarczanu i siarczynu wapnia oraz nieprzereagowanego sorbentu. Zaletą tej metody jest brak ścieków, niskie zużycie energii, wadą zaś fakt, że produkt odsiarczania jest odpadem, wymagającym zagospodarowania. W metodzie regeneracyjnej sorbent może być powtórnie wykorzystany po jego regeneracji [1]. Redukcja emisji tlenków azotu może odbywać się za pomocą metod pierwotnych lub metod wtórnych. Metody pierwotne polegają na obniżeniu temperatury spalania oraz kontrolowaniu procesu mieszania paliwa z powietrzem. Należą do nich: stosowanie palników niskoemisyjnych, spalanie dwustrefowe (niestechiometryczne), recykulacja spalin, zmniejszenie współczynnika nadmiaru powietrza. Metody te mogą być stosowane równocześnie, co poprawia ich skuteczność, jednak ubocznym efektem tych metod może być zwiększona emisja CO. Wśród metod wtórnych redukcji emisji tlenków azotu wyróżniamy: selektywną redukcję katalityczną, selektywną redukcję niekatalityczną, metody łącznego odsiarczania i odazotowania spalin. Ograniczanie emisji CO<sub>2</sub> można osiągnąć poprzez: poprawę jakości węgla (wzbogacanie węgla, brykietowanie), poprawę sprawności istniejących elektrowni, zaawansowane technologie spalania. Zwiększenie efektu synergii pomiędzy węglem a surowcami odnawialnymi poprzez np. współspalanie biomasy z węglem poprawia ekonomikę i sprawność wykorzystania biomasy jako paliwa odnawialnego oraz redukuje emisję CO<sub>2</sub>. W przypadku elektrowni wiatrowych i wodnych, energetyka węglowa może stanowić uzupełnienie zasilania, w momentach kiedy energetyka odnawialna jest niedostępna.

Pracy elektrowni konwencjonalnej towarzyszy hałas. W celu zminimalizowania hałasu stosuje się:

- uwzględnianie zabiegów przeciwhałasowych w konstrukcji i technologii wykonania nowych urządzeń energetycznych,
- racjonalną lokalizację budynków oraz urządzeń na terenie obiektów energetycznych,
- racjonalne usytuowanie pomieszczeń w budynkach,
- zwiększanie chłonności akustycznej pomieszczeń, w których znajdują się hałaśliwe urządzenia oraz izolacyjność przegród budowlanych,
- dodatkowe zabiegi przeciwhałasowe bezpośrednio przy źródłach hałasu,
- zabezpieczenia stanowisk obsługi przed działaniem hałasu,
- indywidualne środki zabezpieczające obsługę przed działaniem hałasu,
- odpowiednią eksploatację i konserwację urządzeń oraz zabezpieczeń przeciwhałasowych.

### Skutki skażenia środowiska

Skutkami skażenia środowiska przez elektrownie konwencjonalne są:

- pogłębianie się efektu cieplarnianego,
- powiększanie się stref występowania smogu,
- dziura ozonowa,
- zakwaszenie atmosfery tlenkami siarki i azotu co wpływa niekorzystnie na lasy, życie w rzekach i jeziorach,
- brak tlenu w środowisku morskim, co jest następstwem emisji tlenków azotu, zaburza równowagę pokarmową w morzu ze szkodą dla żyjących w nim organizmów roślinnych i zwierzęcych,

- zanieczyszczenie wód zaskórnych metalami ciężkimi wymywanymi z nieprawidłowo składowanych popiołów i żużli, a także produktami ubocznymi powstającymi podczas oczyszczania spalin metodami mokrymi i suchymi,
- szkody górnicze, zasolenie rzek wodami z kopalń, skutki transportu paliw,
- korozje konstrukcji żelbetonowych,
- niszczenie dorobku kultury materialnej,
- wpływ na zdrowie ludzi.

### Akty prawne

Na przestrzeni lat pojawiały się różne akty prawne dotyczące standardów emisji zanieczyszczeń, dotyczące ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami, w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i operacji technicznych. Wśród aktów prawnych wyróżniamy:

- akty prawa wewnętrznego: Ustawy, Rozporządzenia,
  - akty prawne Unii Europejskiej: Dyrektywy, Rozporządzenia, Decyzje,
  - akty prawa międzynarodowego: Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych, Protokół z Kioto.
- Jednym z pierwszych aktów prawnych był Protokół z Kioto, który obejmował:

- zmiany klimatu oraz międzynarodowe porozumienie dotyczące przeciwdziałania globalnemu ociepleniu,
- kraje zobowiązały się do redukcji do 2012 roku emisji gazów powodujących efekt cieplarniany o co najmniej 5% w stosunku do poziomu emisji z 1990 roku.

Pakiet klimatyczny 3x20 dotyczy:

- ograniczenia do 2020 roku emisji CO<sub>2</sub> o 20%,
- zmniejszenia zużycia energii o 20%,
- wzrostu zużycia energii z odnawialnych źródeł z 8,5% do 20%.

Ostatnio powstałym aktem prawnym jest Dyrektywa IED. Jest to Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 roku w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola). Dyrektywa weszła w życie 6 stycznia 2011 roku. Implementacja części przepisów Dyrektywy IED miała miejsce do dnia 7 stycznia 2013 roku. 17 października 2013 roku Komisja Europejska wydała uzasadnioną opinię o uchybieniu odnośnie transpozycji Dyrektywy IED. Zastosowanie wymienionych przepisów Dyrektywy IED wobec instalacji obecnie objętych zintegrowanym podejściem obowiązuje od 7 stycznia 2014 roku, natomiast wobec instalacji nowych w systemie zintegrowanego podejścia wejdzie w życie od 7 lipca 2015 roku. Dyrektywa IED powstała z przekształcenia i połączenia w jedną całość obowiązujących już dyrektyw:

- Dyrektywy IPPC (dyrektywa 2008/1/WE dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli),
- Dyrektywy LCP (dyrektywa 2001/80/WE w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych instalacji spalania),
- Dyrektywy WI (dyrektywa 2000/76/WE w sprawie spalania odpadów),
- Dyrektywy LZO (dyrektywa 199/13/WE w sprawie ograniczenia emisji lotnych związków organicznych spowodowanej użyciem organicznych rozpuszczalników podczas niektórych czynności i w niektórych urządzeniach),
- 3 dyrektywy związane z produkcją dwutlenku tytanu (dyrektywa 78/176/EWG, dyrektywa 82/883/EWG oraz dyrektywa 92/112/EWG).

Powyższe dyrektywy straciły ważność 7 stycznia 2014 roku z wyjątkiem Dyrektywy LCP, która wygaśnie 1 stycznia 2016 roku [4, 5]. Zgodnie z dyrektywą IED nowe normy emisyjne dla instalacji spalania zostały określone dla dwóch grup instalacji:

- instalacji istniejących, czyli tych, które otrzymały lub złożyły kompletne dokumenty dla uzyskania przed dniem wejścia dyrektywy w życie,
- instalacji nowych, czyli takich, które otrzymały lub złożyły kompletny wniosek o pozwolenie po terminie.

W tabelach 2-7 przedstawiono porównanie wymogów dyrektywy 2001/80/WE, rozporządzenia MŚ z 2005 roku i projektu dyrektywy IED odnośnie standardów emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> oraz pyłu dla węgla brunatnego/węgla kamiennego.

Tabela 2. Standardy emisji SO<sub>2</sub> dla węgla brunatnego/kamiennego [mg/m<sup>3</sup>] w przeliczeniu na warunki normalne, przy zawartości 6% O<sub>2</sub> w spalinach suchych – instalacje „istniejące” [6]

Moc cieplna źródła [MW <sub>e</sub> ]	Dyrektywa 2001/80/WE <sup>+</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005 <sup>**</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005 <sup>***</sup>	Projekt dyrektywy przemysłowej IED
<5	-	1500	1500	-
5-50	-	1500	1500	-
50-100	2000	1500	850	400
100-225	2000-400	1500	850	250
225-300	spadek liniowy	1500-400	850-400	250
300-500	spadek liniowy	spadek liniowy	spadek liniowy	200
≥500	400	400	400	200

wymagania dla urządzeń powyżej 50 MW, paliwa stałe poza biomasą,

<sup>+</sup> instalacje oddane do użytkowania przed 28 marca 1990,

<sup>\*\*\*</sup> instalacje oddane do użytkowania po 28 marca 1990.

Tabela 3. Standardy emisji NO<sub>x</sub> dla węgla brunatnego/kamiennego [mg/m<sup>3</sup>] w przeliczeniu na warunki normalne, przy zawartości 6% O<sub>2</sub> w spalinach suchych – instalacje „istniejące” [6]

Moc cieplna źródła [MW <sub>e</sub> ]	Dyrektywa 2001/80/WE <sup>+</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005 <sup>**</sup>	Projekt dyrektywy przemysłowej IED
<5	-	-	-
5-50	-	500/400	-
10-50	-	-	-
50-100	-	-	300(450) <sup>***</sup>
100-300	600	500(400)/600(500)	-
300-500	-	-	200
≥500	500 (200) <sup>**</sup>	500(200)	-

wymagania dla urządzeń powyżej 50 MW, paliwa stałe poza biomasą,

<sup>\*\*</sup> wartości obowiązujące od roku 2008 (od roku 2016 – wartość w nawiasie),

<sup>\*\*\*</sup> tylko dla palenisk pyłowych na węgiel brunatny.

Tabela 4. Standardy emisji pyłu dla węgla brunatnego/kamiennego [mg/m<sup>3</sup>] w przeliczeniu na warunki normalne, przy zawartości 6% O<sub>2</sub> w spalinach suchych – instalacje „istniejące” [6]

Moc cieplna źródła [MW <sub>e</sub> ]	Dyrektywa 2001/80/WE <sup>+</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005 <sup>**</sup>	Projekt dyrektywy przemysłowej IED
<5	-	700/630 <sup>**</sup> (200)	-
5-50	-	400(100)	-
50-100	-	-	30
100-150	100	100(100)	25
300-500	-	-	-
≥500	50	50	20

wymagania dla urządzeń powyżej 50 MW, paliwa stałe poza biomasą,

<sup>\*\*</sup> wartości obowiązujące od roku 2008 (od roku 2016 – wartość w nawiasie),

<sup>\*\*\*</sup> wartość 630 obowiązuje dla źródeł istniejących oddanych do użytkowania po 28.03.1990.

Tabela 5. Standardy emisji SO<sub>2</sub> dla węgla brunatnego/kamiennego [mg/m<sup>3</sup>] w przeliczeniu na warunki normalne, przy zawartości 6% O<sub>2</sub> w spalinach suchych – instalacje „nowe” [6]

Moc cieplna źródła [MW <sub>e</sub> ]	Dyrektywa 2001/80/WE <sup>+</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005	Projekt dyrektywy przemysłowej IED
<5	-	1500	-
5-50	-	1300	-
50-100	850	850	400
100-300	-	-	200
>300	200	200	150(200) <sup>**</sup>

wymagania dla urządzeń powyżej 50 MW, paliwa stałe poza biomasą,

<sup>\*\*</sup> w przypadku spalania w cyrkulacyjnym lub ciśnieniowym złożu fluidalnym.

Tabela 6. Standardy emisji NO<sub>x</sub> dla węgla brunatnego/kamiennego [mg/m<sup>3</sup>] w przeliczeniu na warunki normalne, przy zawartości 6% O<sub>2</sub> w spalinach suchych – instalacje „nowe” [6]

Moc cieplna źródła [MW <sub>e</sub> ]	Dyrektywa 2001/80/WE <sup>+</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005 <sup>**</sup>	Projekt dyrektywy przemysłowej IED
<50	-	-	-
50-100	400	400	300(400) <sup>**</sup>
100-300	-	-	200
>300	200	200	150(200) <sup>**</sup>

wymagania dla urządzeń powyżej 50 MW, paliwa stałe poza biomasą i torfem,

<sup>\*\*</sup> tylko dla palenisk pyłowych na węgiel brunatny.

Tabela 7. Standardy emisji pyłu dla węgla brunatnego/kamiennego [mg/m<sup>3</sup>] w przeliczeniu na warunki normalne, przy zawartości 6% O<sub>2</sub> w spalinach suchych – instalacje „nowe” [6]

Moc cieplna źródła [MW <sub>e</sub> ]	Dyrektywa 2001/80/WE <sup>+</sup>	Rozporządzenie MŚ 2005	Projekt dyrektywy przemysłowej IED
<50	-	100	-
50-100	50	50	-
100-300	-	-	20
>300	30	30	10

wymagania dla urządzeń powyżej 50 MW, paliwa stałe poza biomasą i torfem.

Istnieją możliwości łagodzenia wymagań dyrektywy IED:

- ze stosowania standardów emisyjnych dyrektywy są zwolnione źródła spalania, które do 1 stycznia 2014r. zostały zgłoszone do tzw. „derogacji 17 500 godzin” dla źródeł o wyczerpującej się żywotności; źródła te, od 1 stycznia 2016r. do 31 grudnia 2023r. muszą spełniać wymagania Dyrektywy LCP obowiązujące je w dniu 31 grudnia 2015r.,
- od 1 stycznia 2016r. do 30 czerwca 2010r. kraje członkowskie mogą określić i wdrożyć przejściowe krajowe plany redukcji emisji tzw. TNP (ang. *Transitional National Plan*) dla instalacji spalania, które otrzymały pierwsze pozwolenie przed 27 listopada 2002r. lub zostały uruchomione nie później niż dnia 27 listopada 2003r.,
- niektóre instalacje/źródła spalania produkujące ciepło na potrzeby systemów o mocy <200 MWth spełniające określone warunki mogą być zwolnione do dnia 31 grudnia 2022r. ze stosowania standardów emisyjnych dyrektywy,
- bardziej liberalne traktowanie źródeł szczytowych (pracujących do 1500 h/rok) i niektórych źródeł utrzymywanych na wypadek awarii (500 h/rok),
- szczególne warunki dla wykorzystania lokalnych paliw o niższej jakości,

- szczególnie warunki funkcjonowania źródeł w rafineriach,
- źródła, które korzystały z derogacji 20 000 h Dyrektywy LCP mogą pracować po 1 stycznia 2016, o ile będą spełniały standardy określone dla nowych źródeł z Dyrektywy IED,
- dla nowych źródeł o mocy >300 MWth Dyrektywa wprowadza obowiązek stosowania technologii „CO<sub>2</sub> capture readiness” [6].

#### Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw

Poniżej przedstawiono sposób obliczania wskaźników emisji zanieczyszczeń ze spalania oraz określono wskaźniki emisji w zależności od rodzaju spalanej paliwa.

Wielkość emisji zależy od:

- rodzaju paliwa,
- wielkości zużycia paliwa,
- parametrów paliwa takich jak: wartość opałowa, zawartość siarki, zawartość popiołu,
- sprawności stosowanego urządzenia redukcyjnego.

Emisję substancji oblicza się ze wzoru (1)

$$(1) \quad E = B \times W$$

gdzie:  $E$  – emisja substancji wyrażona w [kg],  $B$  – zużycie paliwa: w przypadku paliw stałych oraz ciekłych, wyrażone w [Mg], w przypadku paliw gazowych, wyrażone w tysiącach [tys. m<sup>3</sup>],  $W$  – wskaźnik emisji wyrażony w gramach na jednostkę zużytego paliwa [7].

Jeżeli ze źródłem spalania (kotłem) jest zainstalowane urządzenie redukcji emisji, jej wielkość oblicza się ze wzoru:

$$(2) \quad E' = E \times \frac{(100 - \eta)}{100}$$

gdzie:  $E'$  – emisja substancji po korekcie ze względu na redukcję, wyrażona w [kg],  $E$  – emisja przed urządzeniem redukcyjnym, wyliczona ze wzoru (1),  $\eta$  – sprawność urządzenia redukcyjnego, wyrażona w [%] [7].

W tabelach 8 i 9 przedstawiono wskaźniki emisji dla węgla kamiennego, paliw płynnych i gazowych [7].

Tabela 8. Wskaźniki dla węgla kamiennego

Zanieczyszczenie	Jednostka wskaźnika	Ruszt stały				Ruszt mechaniczny	
		nominalna moc cieplna kotła [MW]					
		≤0,5	>0,5-≤5	≤0,5	>0,5-≤5		>0,5-≤5
		ciąg naturalny					
		ciąg sztuczny					
SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub>	g/Mg	16000 × s					
NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>		2200	1000	2000	3000	3200	
CO		45000		70000		10000	
CO <sub>2</sub>		1850tys	2mln	1850tys	2mln	2130tys	
Pył (TSP)		1000 × A <sup>r</sup>	1500 × A <sup>r</sup>			2000 × A <sup>r</sup>	
Benzo(a)piren		14				3,2	

gdzie: A<sup>r</sup> – zawartość popiołu wyrażona w [%],  $s$  – zawartość siarki całkowitej wyrażone w [%], dla kotłów z rusztem stałym wyposażonych w cyklony wskaźniki emisji benzo(a)pirenu należy pomnożyć przez współczynnik równy 0,4.

Tabela 9. Wskaźniki dla paliw płynnych

Zanieczyszczenie	Jednostka wskaźnika	Lekki olej opałowy		Ciężki olej opałowy	
		nominalna moc cieplna kotła [MW]			
		≤0,5	>0,5-≤5	≤0,5	>0,5-≤5
SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub>	g/Mg	20359,2 × s		21666,45 × s	
NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>		2395,2		8888,8	
CO		682,632	598,8	1555,54	
CO <sub>2</sub>		3233520		3333300	
Pył (TSP)		407,184		2222,2	
Benzo(a)piren		0,311376	2,87424	0,288886	2,66664

gdzie:  $s$  – zawartość siarki całkowitej wyrażona w [%].

Wskaźniki emisji dla paliw płynnych przedstawiono w [g/MG] uwzględniając gęstość oleju opałowego lekkiego na poziomie 0,835 g/cm<sup>3</sup> oraz gęstość oleju opałowego ciężkiego na poziomie 0,9 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 10. Wskaźniki dla paliw gazowych

Zanieczyszczenie	Jednostka wskaźnika	Nominalna moc cieplna kotła [MW]	
		≤0,5	>0,5-≤5
SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub>	g/m <sup>3</sup>	0,002 × s	
NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>		1,52	1,75
CO		0,30	0,24
CO <sub>2</sub>		2000	
Pył (TSP)		0,0005	

gdzie:  $s$  – zawartość siarki całkowitej wyrażone w [mg/m<sup>3</sup>].

#### Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane aspekty oddziaływania elektrowni konwencjonalnych na środowisko. Pracująca elektrownia niesie ze sobą pewne zagrożenia dla środowiska naturalnego poprzez oddziaływanie na powietrze atmosferyczne, glebę i wodę, a za ich pośrednictwem na ludzi, zwierzęta i rośliny. W trosce o środowisko powstają liczne akty prawne, które narzucają pracującym obiektom energetycznym (elektrowniom) zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko, określając dopuszczalne wartości emisji zanieczyszczeń. Elektrownie chcąc produkować energię elektryczną muszą dostosować się do wymagań jakie narzucają akty prawne (ostatni z nich to dyrektywa IED). W tym celu elektrownie dbają o poprawę jakości węgla, wprowadzają nowoczesne technologie spalania, kontrolują i redukują emisje zanieczyszczeń.

#### LITERATURA

- [1] Lorenz U., Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczania, *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Sympozyj i Konferencje*, (2002), nr 64, 97-112
- [2] Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M., *Energetyka a ochrona środowiska*, (1997), 14
- [3] Czachor K., Chudy P., *Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla instalacji spalania paliw*, (2007), 1-130
- [4] Rutkowska-Subocz E., *Transpozycja Dyrektywy IED – wyzwania i problemy stojące przed przemysłem*, (2014), 14
- [5] [www.ekoportal.gov.pl](http://www.ekoportal.gov.pl), Zapobieganie emisjom przemysłowym, 15.06.2014
- [6] Gład R., *Harmonogram wdrożenia do polskiego prawa wymogów dyrektywy 2010/75/UE w zakresie dużych źródeł spalania*, (2011)
- [7] [www.krajowabaza.kobize.pl](http://www.krajowabaza.kobize.pl), Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw (2013), 15.06.2014

**Autorzy:** dr inż. Justyna Michalak, Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań, E-mail: [justyna.michalak@put.poznan.pl](mailto:justyna.michalak@put.poznan.pl).