

INTEGRACJA DZIAŁAŃ EFEKTYWNOŚCIOWYCH I OGRANICZAJĄCYCH EMISYJNOŚĆ INSTALACJI PRODUKCYJNYCH KOMPLEKSU RAFINERYJNO-PETROCHEMICZNEGO

Arkadiusz Kamiński¹, Paweł Koziczyński¹

¹ Biuro Ochrony Środowiska, PKN ORLEN S.A., ul. Chemików 7, 09-411 Płock, e-mail: Arkadiusz.Kaminski@orlen.pl, Pawel.Koziczynski@orlen.pl

STRESZCZENIE

W pracy, na przykładzie działań prowadzonych w zakładzie produkcyjnym będącym kompleksem rafineryjno-petrochemicznym o projektowej wydajności ok. 17 Mg ropy naftowej rocznie z własnym systemem energetycznym, pokazano możliwe sposoby dostosowania instalacji produkcyjnych do obowiązujących przepisów prawa oraz wytycznych europejskich w zakresie ochrony środowiska. Stosując podejścia zintegrowane, przedsięwzięcia środowiskowe zestawiono wraz z działaniami poprawiającymi efektywność energetyczną w skali całego zakładu. Podjęto próbę znalezienia odpowiedzi na pytanie, jakie konsekwencje towarzyszą ograniczaniu emisji przemysłowych.

Słowa kluczowe: rafineria, petrochemia, efektywność, ochrona środowiska, zintegrowane zarządzanie środowiskowe

INTEGRATING THE EFFICIENCY IMPROVEMENTS WITH EMISSION LIMITATIONS FOR REFINERY AND PETROCHEMICAL COMPLEX

ABSTRACT

Based on selected activities undertaken in the refinery and petrochemical complex with the projected capacity of 17 Mg crude oil annually with own energy system, the present study shows possible ways of bringing production installations into line with binding legal rules and European Union guidelines on environmental protection. Having adopted an integrated approach, we correlated some environmental protection undertakings with energy-related efficiency improvements affecting the whole plant. Our aim was to try to answer the following question – what consequences follow from the limitation of industrial emissions.

Keywords: oil refinery, petrochemical industry, efficiency, environmental protection, integrated environmental management

WSTĘP

Na przestrzeni ostatnich lat przemysł stał przed wieloma wyzwaniami, wśród których na szczególną uwagę zasługują zagadnienia związane z ochroną środowiska. Mnogość przepisów prawnych, głównie na szczeblu europejskim, spowodowała, iż operatorzy instalacji produkcyjnych, których działalność związana jest z wykorzystywaniem zasobów środowiska, w stosunkowo krótkim czasie zobowiązani zostali do intensywnych działań zmierzających ku dostosowaniu się do wymagań legislacyjnych. Z punktu widzenia kompleksu rafineryjno-petrochemicznego z własnym systemem energetycz-

nym., największą rolę odegrała w tym zakresie Dyrektywa o emisjach przemysłowych, zwana Dyrektywą IED [2010]. Wprowadziła ona m.in. znaczne ograniczenia granicznych wielkości emisji dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłu z obiektów energetycznych oraz usankcjonowała konkluzje w zakresie najlepszych dostępnych technik BAT, będące elementem dokumentów referencyjnych BREF, jako wiążące prawnie. Dodatkowo, nie należy zapominać o pakiecie klimatyczno-energetycznym, który koncentruje się głównie na ograniczaniu emisji CO₂. Aby skutecznie i optymalnie przeprowadzać działania dostosowawcze, istotnym elementem jest podejście zintegrowane, polegające na analizie

skutków i konsekwencji nie tylko w obrębie danego działania, ale także z uwzględnieniem całego łańcucha produkcyjnego w zakładzie. Takie właśnie kompleksowe spojrzenie na oddziaływanie instalacji produkcyjnych na środowisko, oparte na idei zintegrowanego podejścia opisanego szczegółowo w pracy [Kamiński 2015], stosuje się przy planowaniu nowych inwestycji, modernizacjach czy też działaniach efektywnościowych.

INSTALACJA OCZYSZCZANIA SPALIN

Kilka lat temu, gdy po raz pierwszy światło dzienne ujrzały zapisy projektów Dyrektywy IED, stało się jasne, iż zakłady przemysłowe czeka znaczne ograniczenie emisji do powietrza ze źródeł energetycznego spalania paliw. Na terenie zakładu produkcyjnego takim obiektem jest elektrociepłownia (EC) o maksymalnej zainstalowanej mocy podstawowych jednostek wynoszącej 2149 MWt, co czyni ją największą w Polsce elektrociepłownią przemysłową. Wytwarza ona w gospodarce skojarzonej (kogeneracji) energię elektryczną oraz ciepłą dla potrzeb zakładu produkcyjnego i odbiorców obcych zlokalizowanych na jego terenie oraz energię ciepłą dla potrzeb ogrzewania miasta. Obecnie podstawowym paliwem dla kotłów jest ciekła pozostałość próżniowa (gudron), zaś uzupełniającym źródłem energii jest mieszanina gazów rafineryjnych i gazu ziemnego. W okresie styczeń-wrzesień 2016 roku udział paliwa ciekłego w sumarycznej mocy cieplnej wyniósł około 80%.

Elektrociepłownia jest w praktyce jedynym źródłem energii dla części rafineryjnej, petro-

chemicznej i działalności pomocniczej zakładu, zatem należy bezwzględnie zapewniać ciągłość jej działania – zaprzestanie eksploatacji z uwagi na niespełnianie przepisów środowiskowych nie wchodziło w grę.

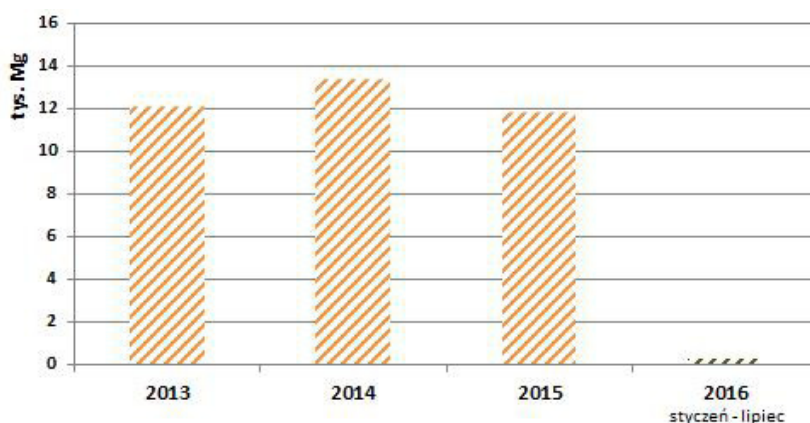
Na podstawie gruntownej, wielowariantowej analizy możliwości zagospodarowania gudronu oraz konieczności dostosowania zakładowej elektrociepłowni do standardów emisyjnych obowiązujących od 1 stycznia 2016 roku, podjęto decyzje o zastosowaniu technologii odsiarczania, odazotowania i odpylania spalin.

Aby skutecznie i optymalnie obniżyć emisję SO_2 z poziomu 1700 mg/Nm^3 do poziomu $<200 \text{ mg/Nm}^3$ zdecydowano się na zastosowanie technologii mokrego odsiarczania spalin. Do przesłanek, które o tym zadecydowały zalicza się:

- kwalifikację technologii jako jednej z najlepszych dostępnych technik BAT „końca rury”,
- obecność podobnych instalacji referencyjnych,
- klasyfikacja pozostałości poprocesowej (gipsu) jako produktu ubocznego,
- możliwość spalania własnego paliwa rafineryjnego (ciężkiego oleju opałowego – gudronu) z wysoką zawartością siarki bez wstępnego odsiarczania.

Efektywność tych działań można ocenić poprzez roczną emisję dwutlenku siarki z elektrociepłowni (rys. 1).

Redukcja emisji tlenków azotu do atmosfery do wymaganego poziomu $<150 \text{ mg/Nm}^3$ osiągnięta jest dzięki wyposażeniu siedmiu kotłów EC w katalityczne odazotowanie spalin (ósmo kocioł jest kotłem awaryjnym). Pył redukowany jest za pomocą elektrofiltrów. Spaliny ze wszystkich kotłów są kierowane na absorbery instalacji odsiar-



Rys. 1. Emisja dwutlenku siarki z elektrociepłowni w wybranych latach

Fig. 1. Sulphur dioxide emissions generated by combined heat and power station in selected years



Rys. 2. Emisja dwutlenku węgla w kompleksie rafineryjno-petrochemicznym wraz z przerobem ropy naftowej w wybranych latach

Fig. 2. Carbon dioxide emissions from refinery and petrochemical complex and its crude oil refining in selected years

czania spalin. Proces oczyszczania gazów odlotowych realizowany jest zatem kompleksowo.

Biorąc pod uwagę jedynie wymagania Dyrektywy IED, wydawałoby się, że dzięki ww. inwestycjom zakład produkcyjny zakończył działania dostosowawcze do wymagań prawa i wytycznych europejskich. Zgodnie z zasadą podejścia zintegrowanego nie należy jednak zapominać o konsekwencjach wynikających z podjętych kroków. Analizując emisję CO₂ w powiązaniu z poziomem przerobu ropy dochodzi się do wniosku, iż nie jest łatwo zredukować emisje bez konsekwencji dla skali produkcji – zachodzi bowiem dość wyraźna korelacja pomiędzy przerobem ropy, a emisją CO₂. Zależności te zaprezentowano na rysunku 2. Należy także podkreślić, iż instalacja oczyszczania spalin, która w zakładzie produkcyjnym „na pełen gwizdek” pracuje od 1 stycznia 2016 roku, a w pewnym stopniu funkcjonowała już w II połowie roku 2015, powoduje wzrost emisji CO₂ zarówno na skutek samej technologii procesu (CO₂ z mączki wapiennej) oraz na skutek zwiększonego udziału gudronu w strukturze paliw.

W tabeli 1 zestawiono w formie korzyści i kosztów najważniejsze aspekty, jakie stały się konsekwencją zastosowania opisanych metod oczyszczania spalin.

DZIAŁANIA EFEKTYWNOŚCIOWE

Nie ulega wątpliwości iż, dążenie do systematycznej poprawy efektywności energetycznej w przemyśle, szczególnie w najbardziej energochłonnych gałęziach, jest słuszne i niezbędne [Worrell et al. 2015]. To właśnie obniżenie jednostkowego zapotrzebowania na energię prowadzi do realnego postępu, nie zmuszając do ograniczania skali produkcji, dając możliwość rozwoju oraz pozwalając na ograniczenie kosztów, w tym kosztów środowiskowych. Mając świadomość, iż nawet działania na niewielką skalę, jeśli realizowane są systematycznie i w dużej ilości obszarów, mogą sumarycznie przynosić znaczące efekty, prowadzi się politykę poprawy efektywności energetycznej wielopłaszczyznowo. Przykładem takiego działania jest ograniczanie niezorganizowanej emisji lotnych związków organicznych [Malakar 2015] czy też szeroko pojęte inicjatywy mające na celu zmniejszenie oddziaływania na środowisko naturalne [Gietka 2013].

Pośród wszystkich działań, na szczególną uwagę zasługują inicjatywy zrealizowane i realizowane w zakresie gospodarki wodno-ściekowej. Działania energooszczędne zaczynają się już na ujęciu wody. Tłoczenie wody z rzeki przy pomocy 3 kolektorów pozwala na utrzymywanie stosunkowo niskich prędkości przepływu. Utrzymywanie

Tabela 1. Korzyści i koszty instalacji oczyszczania spalin
Table 1. Flue gas purification installation – benefits and costs

Korzyści	Koszty
Znaczące obniżenie emisji SO ₂ , NO _x i pyłu	Dodatkowe produkty trudne do zagospodarowania na rynku - gips
Dostosowanie instalacji do wymogów wynikających z Dyrektywy IED	W przypadku braku rynku zbytu – potencjalna możliwość generowania dużej ilości odpadów stałych
Elastyczność doboru paliwa	Wzrost zużycia energii (gorsza efektywność), wzrost emisji CO ₂

niskiego poziomu wody skutkuje mniejszymi wysokościami podnoszenia. Zainstalowanie falowników na dla pomp pracujących na potrzeby ujęcia wody pozwala na oszczędności rzędu 3000 MWh rocznie. Zastosowanie przemienników układów pompowych ścieków skutkuje nawet 40% zmniejszeniem energochłonności dla danego napędu. Dotychczasowe działania energooszczędne w gospodarce wodno-ściekowej przyniosły oszczędności na poziomie 45 000 MWh rocznie, tj. 17%. Do najważniejszych zadań przewidywanych do realizacji w przyszłości można zaliczyć wymianę 43 agregatów pompowych układów chłodniczych na wysokosprawne wraz z zabudową kolejnych falowników oraz rozbudową niezbędnej automatyki procesowej, a także regulację temperatury wody poprzez zastosowanie falowników na wentylatorach. Realizacja całego programu poprawy efektywności w gospodarce wodno-ściekowej pozwoli na uzyskanie po 2022 roku spadku zużycia energii elektrycznej o dalsze 17% oraz spadku wskaźnika zużycia energii elektrycznej na cyrkulację wody obiegowej o 16%. Bezpośrednio na instalacjach produkujących poszczególne rodzaje wód oraz na blokach wodnych prowadzona jest wymiana wypełnień, regulacja łopat wentylatorów, wymiana silników pomp.

Choć powyższe liczby mogą robić wrażenie i wpisują się w ogólny trend poprawy efektywności, jednak należy pamiętać, że zostały (lub zostaną) one osiągnięte na skutek wieloletnich i skoordynowanych działań, a ostateczne efekty wynikają z szeregu analiz i są pochodną działań dostosowawczych, a nie odgórnym celem wyznaczonym przez legislację.

Gospodarka wodno-ściekowa to jedna z najbardziej energochłonnych składowych zakładu produkcyjnego, jednak nie należy zapominać także o innych działaniach w obszarze produkcji rafineryjnej i petrochemicznej. Systematycznie zwiększa się udział paliwa gazowego kosztem paliwa ciekłego, kładąc duży nacisk na energooszczędność gazową. Paliwa gazowe charakteryzują się bowiem znacznie niższą emisyjnością niż paliwa ciekłe. Prowadzone są także szczegółowe analizy dotyczące możliwości zagospodarowania ciepła odpadowego i tam, gdzie jest to technicznie możliwe i ekonomicznie uzasadnione, odzyskuje się tego typu energię na potrzeby procesu, redukując pobór energii z zewnątrz jednostki produkcyjnej.

Także inwestycje pozornie nieprzynoszące dodatkowych korzyści można wykorzystać jako narzędzie wspomagające optymalne funkcyjono-

wanie instalacji. Zabudowa urządzeń do ciągłego monitoringu emisji substancji do powietrza to nie tylko wypełnienie obowiązku legislacyjnego, ale także możliwość lepszej i dokładniejszej kontroli procesu spalania. Stały nadzór nad emisją, w sposób pośredni może pomóc znaleźć obszary wymagające poprawy.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Spojrzenie na procesy produkcyjne jedynie z wąskiej perspektywy nich samych, czyli zamykanie się w obrębie danej jednostki rodzi ryzyko polegające na poprawie jednego parametru kosztem innego w sąsiednim obszarze. Często może to prowadzić do niekończącego się łańcucha zdarzeń lub nawet do powrotu do stanu pierwotnego, gdyż poprawa efektywności w części X zakładu spowodowała pogorszenie efektywności w obszarze Y. Wymagana była zatem poprawa efektywności w obszarze Y, co jest osiągalne jedynie poprzez ingerencję w obszar Z, a ta z kolei wymaga działań w obszarze X, itd. Stąd tak istotne jest zintegrowane podejście do działań efektywnościowych i ograniczających emisje do środowiska już od etapu pomysłu. Praca interdyscyplinarnych zespołów z różnych obszarów, często wymagająca wielowątkowej analizy, daje skutek w postaci globalnego spojrzenia na dany problem i wypracowania najbardziej efektywnego rozwiązania nie dla danego węzła czy jednostki produkcyjnej, ale w skali całego zakładu, począwszy od surowców, poprzez energię, aż do produktów, odpadów i emisji do powietrza [Kamiński 2016].

Prezentacja konkretnych działań prowadzonych w kompleksie rafineryjno-petrochemicznym o projektowej wydajności ok. 17 Mg ropy naftowej rocznie z własnym systemem energetycznym miała na celu nie tyle ich omówienie i przedstawienie szczegółów technicznych, co miała być pomocą w globalnym, zintegrowanym spojrzeniu na problem oddziaływania środowiskowego instalacji przemysłowych. Przedstawiono podstawowe wnioski płynące z przeprowadzonej analizy działań realizowanych w obszarze zarówno poprawy efektywności energetycznej jak i ograniczania emisji do środowiska:

1. Każda wydobyta tona dowolnego paliwa kopalnego (węгля, ropy naftowej, gazu) w końcowym cyklu życia przekształca się w CO₂, tlenki siarki, azotu, pył, itp. Ilość tych substancji zależna jest od zawartości węгля, siarki,

cząstek stałych, azotu w danym surowcu oraz od sposobu prowadzenia procesu przerobu.

2. Realną możliwością obniżenia emisji do środowiska w całym cyklu życia paliw, surowców i produktów jest ograniczenie i racjonalizację ich zużycia poprzez wzrost efektywności energetycznej lub wykorzystanie technologii wytwarzania energii bez udziału „prekursorów zanieczyszczeń”.
3. Praktykowane technologie redukcji emisji (np. instalacje odsiarczania spalin) skutkują dość istotnym obniżeniem emisji określonych substancji do jednego z komponentów środowiska, jednak odbywa się to kosztem wzrostu emisji innych substancji i/lub przesunięciem emisji do innego komponentu oraz pogorszeniem ogólnej efektywności energetycznej i procesowej.
4. Każde działanie optymalizacyjne powinno uwzględniać to, jak daleko jesteśmy od teoretycznej, termodynamicznej granicy poprawy efektywności energetycznej, poza którą dalsza poprawa pociąga za sobą negatywne skutki w innych obszarach.
5. Dzięki zintegrowanemu podejściu do zagadnień ochrony środowiska osiąga się efekt w postaci możliwości redukcji oddziaływania na środowisko z punktu widzenia wielu komponentów środowiska.
6. Ograniczenie emisyjności zakładu produkcyjnego i kompensacja oddziaływania otwiera nowe możliwości inwestycyjne, niejako zwalnając miejsce w środowisku.
7. Poprawa efektywności energetycznej stanowi jedną ze ścieżek rozwojowych zakładu,

dzięki której uzyskuje się kolejne możliwości inwestycyjne.

8. Jednoczesne zaspokojenie wszystkich wymagań legislacyjnych, często wzajemnie się wykluczających, jest w praktyce bardzo trudne do realizacji. Galopujące zmiany w przepisach nie zawsze idą w parze z możliwościami technicznymi, czasowymi i finansowymi.

LITERATURA

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r., w sprawie emisji przemysłowych - IED, (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola), 2010.
2. Gietka A. 2013. Jak chemia chroni środowisko? *Chemia Przemysłowa*, 4, 28–31.
3. Kamiński A. 2016. Koncepcja bańki jako odmienne podejście do zintegrowanego zarządzania środowiskowego w rafineriach. *Przemysł Chemiczny*, 95, 9, 1647–1650.
4. Kamiński A., Koziczyński P. 2015. Zintegrowane podejście do zagadnień ochrony środowiska w kompleksie rafineryjno-petrochemiczno-energetycznym w obliczu środowiskowych regulacji prawnych. *Chemik*, 69, 10, 635–638.
5. Malakar S., Saha P. 2015. Estimation of VOC Emission in Petroleum Refinery ETP and Comparative Analysis with Measured VOC Emission Rate. *The IJES* 2015, 4, 10, 20–29.
6. Worrell E. et al. 2015. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Petroleum Refineries, United States Environmental Protection Agency, https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/ENERGY_STAR_Guide_Petroleum_Refineries_20150330.pdf.