WPŁYW RÓŻNYCH SPOSOBÓW TRANSPORTU BIOMASY DO ELEKTROWNI NA WIELKOŚĆ REDUKCJI EMISJI CO_2 WYNIKAJĄCEJ Z ZASTĄPIENIA WĘGLA BIOMASĄ

Autor: Andrzej Adamkiewicz, Wojciech Zeńczak

("Rynek Energii" - grudzień 2015)

Słowa kluczowe: elektrownia, ochrona środowiska, paliwa, biomasa, transport

Streszczenie. Jednymi ze stosowanych w Polsce sposobów ograniczania emisji CO_2 jest współspalanie węgla z biomasą w jednym kotle lub też spalanie w kotle samej biomasy. W Zespole Elektrowni Dolna Odra stosowane są oba sposoby przy czym w Elektrowni Dolna Odra realizowane jest współspalanie zaś w Elektrowni Szczecin spalana jest tylko biomasa. Transport biomasy do Elektrowni Dolna Odra realizowany jest za pomocą ciągników siodłowych z okolicznych lasów i innych pobliskich źródeł, natomiast do Elektrowni Szczecin również przy użyciu ciągników siodłowych, ale głównie z pobliskiego portu, dokąd biomasa dostarczana jest statkami z innych kontynentów. Środki transportu są również źródłem emisji CO_2, co pomniejsza globalne korzyści wynikające ze spalania biomasy w elektrowniach. W tym aspekcie podjęto w artykule próbę oceny wpływu realizowanych sposobów transportu biomasy do wspomnianych elektrowni na wielkość redukcji emisji CO_2 przez zastąpienie węgla kamiennego biomasą.

1. WSTĘP

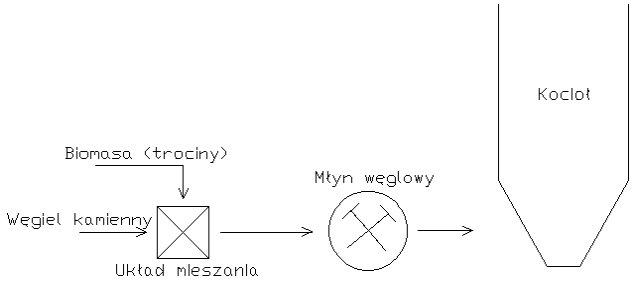
Zgodnie z Dyrektywą 2009/28/WE Polska docelowo powinna osiągnąć udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto na poziomie 15% w roku 2020 [12]. Udział dla Polski kształtuje się poniżej wytyczonego średniego celu dla całej Unii Europejskiej jednakże i tak osiągnięcie tego celu wiąże się z dużym wyzwaniem organizacyjnym, technologicznym i finansowym. Trudność dostosowania się do tych wytycznych wynika w dużej mierze z tego, że polska energetyka opiera się głównie na węglu. Udział węgla w całkowitej produkcji energii elektrycznej w Polsce jest wysoki w porównaniu do innych państw UE i w 2013 r. był na poziomie około 84% (udział samego węgla kamiennego stanowi ok. 50% a węgla brunatnego 34%) [10].

Jednym ze sposobów na zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii dla osiągniecia wytyczonych celów w energetyce oprócz spalania samej biomasy jest jej współspalanie z węglem. W roku 2012 dzięki współspalaniu węgla i biomasy w Polsce wyprodukowano ponad 44% energii elektrycznej pochodzącej z OZE. Nie jest to do końca dobre rozwiązanie ponieważ hamuje rozwój innych rzeczywistych technologii wykorzystujących OZE [6]. Technologia współspalania w dużych elektrowniach konwencjonalnych wymaga ogromnych ilości biomasy pochodzącej z upraw energetycznych lub odpadów i pozostałości z produkcji rolnej. Ograniczone możliwości pozyskiwania dużych ilości biomasy naturalnej takiej jak drewno czy zrębki, a także łatwy dostęp do taniej biomasy z Afryki i Azji doprowadziły do tego, że znaczna ilość biomasy pochodzi także z importu. Niezależnie od źródła pochodzenia biomasy

pojawia się problem obciążenia środowiska emisją CO_2 związany z transportem biomasy do elektrowni. W skrajnym przypadku mogłoby się okazać, że emisja CO_2 związana z pozyskaniem i transportem biomasy istotnie zmniejsza oczekiwany efekt z redukcji emisji CO_2 przez elektrownię dzięki spalaniu biomasy. W tej sytuacji podjęto próbę dokonania uproszczonej analizy bilansu emisji CO_2 podczas transportu biomasy i jej redukcji w wyniku współspalania z węglem na przykładzie Elektrowni Dolna Odra (EDO) oraz w wyniku zastąpienia węgla w całości biomasą na przykładzie Elektrowni Szczecin (ES) w Zespole Elektrowni Dolna Odra (ZEDO) w Szczecinie należącym do PGE GiEK S.A.

2. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA ELEKTROWNI DOLNA ODRA

Elektrownia Dolna Odra jest konwencjonalną elektrownią dysponującą pierwotnie 8 blokami energetycznymi o łącznej mocy elektrycznej 1762 MW i 100 MW mocy cieplnej, która została wybudowana w latach 1974÷1977. Po wycofaniu dwóch bloków z eksploatacji, jednego w 2012 r. i drugiego w 2014, łączna moc elektryczna 6 pozostałych bloków wynosi obecnie 1362 MW natomiast moc cieplna pozostała bez zmian. Ze względu na brak oddzielnych kotłów do spalania samej biomasy, w EDO spalanie odbywa się poprzez współspalanie węgla z biomasą w tym samym kotle. Jest to klasyfikowane jako tzw. współspalanie bezpośrednie polegające na mieszaniu biomasy i węgla na składowisku i wprowadzaniu mieszaniny do kotła. Na rys. 1 przedstawiono uproszczony schemat współspalania bezpośredniego.



Rys.1. Uproszczony schemat współspalania bezpośredniego [4]

EDO przeprowadziła w 2004 roku szereg badań związanych ze współspalaniem węgla i różnych postaci biomasy w celu sprawdzenia, czy nie wystąpią problemy natury technicznej. Na podstawie wyników testów zrezygnowano np. ze zrębków drewna ze względu na pogorszenie pracy młynów (m.in. spadek wydajności i wzrost obciążenia). Najlepsze efekty uzyskano przy wykorzystaniu trocin. Przy zastosowaniu odpowiedniej technologii rozdrabniania i transportu trocin pozbawionych jak największej ilości wilgoci uzyskano niskie straty na wylocie z kotła i utrzymano jego wysoką sprawność (około 92%), tj. taką jak przy spalaniu samego węgla [4].

Wartość opałowa stosowanej obecnie biomasy średnio wynosi 10,4 MJ/kg tj. ok . 45% wartości opałowej stosowanego węgla (23 MJ/kg) [3, 9]. Udział masowy biomasy w ogólnym

strumieniu paliwa do kotłów pyłowych stanowił w roku 2008 średnio ok. 9 %. W tabeli 1 przedstawiono ilości zużytego węgla i biomasy oraz ilość wyprodukowanej energii elektrycznej i ciepła przez tę elektrownię w roku 2008.

Tabela 1. Roczne ilości zużytego węgla i biomasy oraz ilość wyprodukowanej energii i ciepła w EDO [9]

Masa węgla	Mg	2 501508
Masa biomasy	Mg	219 490
Produkcja energii elektrycznej brutto	MWh	6 226 304
Produkcja ciepła brutto	MWh	570 975
Udział energii chemicznej biomasy w produkcji energii elektrycznej	%	3,73

3. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA ELEKTROWNI SZCZECIN

Elektrownia Szczecin jest najstarsza w zespole bo podjęła działalność w roku 1916 tj. z chwilą uruchomienia pierwszego bloku węglowego. Po wybudowaniu kolejnych dwóch bloków łączna moc zainstalowanych turbozespołów wynosiła 86,8 MW. Pierwsza gruntowna modernizacja elektrowni, w ramach której wymieniono kotły i turbiny, została zakończona w roku 1957. Od 1971 r. elektrownia została przystosowana do wytwarzania ciepła dla systemu ciepłowniczego Szczecina. Kolejna modernizacja przeprowadzona w latach 1998÷2000 wiązała się z zastąpieniem starych turbin nowoczesną turbiną kondensacyjno-upustową, dzięki czemu ES stała się zakładem produkującym w skojarzeniu energię elektryczną i ciepło. Jej moc elektryczna wynosiła wówczas 68,5 MW, zaś cieplna 162,14 MW. W tym czasie w kotłach realizowano współspalanie węgla z biomasą podobnie jak w EDO.

Ostatni etap modernizacji elektrowni zakończono w listopadzie 2011 roku. Przekazano wówczas do eksploatacji jeden z największych kotłów na biomasę w Europie centralnej i największy w Polsce, który zastąpił wszystkie eksploatowane do tej pory w ES kotły węglowe. Jest to kocił fluidalny ze złożem stacjonarnym. Jego moc cieplna wynosi 183 MW a wydajność nominalna 230 Mg/h. Kocioł zużywa w ciągu doby ok. 2017 Mg a rocznie ok.710 000 Mg biomasy. Z założenia w kotle spalana miała być w 80% biomasa leśna, czyli gałęzie, zrębki drewniane czy trociny, pozostałe 20% miała stanowić biomasa pochodzenia rolniczego, np. wierzba energetyczna lub brykiety ze słomy. Paliwem pomocniczym umożliwiającym pracę kotła z 50% wydajnością jest bioestr. Przy okazji uruchomienia kotła wykonano też remont modernizacyjny turbiny związany z zapewnieniem prawidłowej współpracy z nowym kotłem o wyższych parametrach pary. W efekcie elektrownia dostarcza 68,3 MW mocy elektrycznej i 122 MW mocy cieplnej w wodzie grzewczej sieciowej [11].

4. OCENA REDUKCJI EMISJI CO_2 W WYNIKU SPALANIA BIOMASY W EDO

Dla wyprodukowania tej samej ilości energii elektrycznej i ciepła, stosując tylko węgiel kamienny, należałoby zamiast dodawanej biomasy spalić równoważną pod względem energetycznym jego ilość. Na podstawie podanych w rozdz. 2 wartości opałowych obu paliw oszacowano tę ilość węgla na 98 861 Mg. Współspalanie węgla z biomasą oznacza zatem, że w analizowanej elektrowni redukcja emisji CO_2 będzie równa tej jego ilości, jaka powstaje ze spalenia 98 961 Mg węgla kamiennego.

Węgiel kamienny spalany w elektrowni Dolna Odra pochodzi z polskich kopalń i jest dobrej jakości. Dla oceny emisji dwutlenku węgla powstającego ze spalania tego węgla przyjęto, że udział pierwiastka węgla w tym paliwie wynosi średnio 58,5%. Wiedząc z kolei, że spalenie 1 kg czystego węgla daje 3,66 kg dwutlenku węgla można łatwo obliczyć, że w wyniku spalenia 98 961 Mg węgla kamiennego powstanie ok. 211 885 Mg dwutlenku węgla. Dla uproszczenia analizy przyjęto, że spalania jest całkowite i zupełne. Podana wartość nie może być jednak traktowana jako bezwzględna redukcja emisji CO_2 przez elektrownię dzięki współspalaniu węgla i biomasy.

Ponieważ transport biomasy do EDO realizowany jest za pomocą samochodów ciężarowych, głównie z własnych upraw, dla poprawnej oceny rzeczywiście zredukowanej ilości emisji CO_2 przez elektrownię należy uwzględnić jego emisję związaną z transportem samochodowym. Dla uproszczenia nie uwzględniono emisji dwutlenku węgla związanego z pozyskaniem biomasy tj. ścinka drzew, rozdrabnianie itp. W istocie z emisją dwutlenku węgla związane jest również wydobycie węgla w ilości równoważnej biomasie pod względem energetycznym, czego również dla uproszczenia analizy nie uwzględniano.

5. EMISJA CO_2 ZWIĄZANA Z TRANSPORTEM BIOMASY DO EDO

Analiza obszarów pod uprawę roślin energetycznych dla EDO wykazała, że w promieniu 100 km można przeznaczyć jedynie 4% ze wszystkich użytków rolnych na cele energetyczne. Pozwala to na uzyskanie około 352 000 Mg, a razem z nadwyżkami słomy zbóż, do wykorzystania może być 562 244 Mg biomasy, co w zupełności wystarcza na pokrycie zapotrzebowania na biomasę. Przykładowo w promieniu 40 km od elektrowni pozyskać można jedynie 124 672 Mg biomasy [4].

W praktyce biomasa rzadko jest transportowana bezpośrednio do elektrowni. Często po ścince jest transportowana do przedsiębiorstwa, które zajmuje się rozdrabnianiem biomasy do postaci trocin i tam też jest magazynowana po czym trafia do elektrowni lub innych odbiorców. Ma to miejsce szczególnie w przypadku, gdy pochodzi ona ze ścinki drzew w lesie lub mieście, gdzie ze względu na swoje duże gabaryty musi zostać przewieziona do takiego przedsiębiorstwa. Jedynie biomasa pozyskana z plantacji, na których uprawiane są

rośliny przystosowane do szybkiej obróbki, umożliwia skrócenie czasu otrzymywania gotowego paliwa i jego bezpośredni transport do elektrowni.

Dla uproszczenia analizy przyjęto, że biomasa jest przywożona średnio z odległości 45 km z wykorzystaniem ciągników siodłowych z naczepami o ładowności 27 Mg. Masa nasypowa biomasy stosowanej w EDO wynosi 240 kg/m^3. Oznacza to, że biorąc pod uwagę pojemność naczep można wykorzystać w pełni jej ładowność. Dla przewiezienia 219 490 Mg biomasy należało wykonać w 2008 roku 8129 kursów. Licząc drogę powrotną daje to 16 258 kursów, czyli 731 610 km pokonanych przez ciągniki siodłowe.

Biomasa do elektrowni Dolna Odra dostarczana jest ciągnikami siodłowymi różnych marek w związku z czym przyjęto dla nich uśrednioną wartość zużycia paliwa równą 0,34 l/km. Uwzględniając przebyty łączny dystans, samochody zużyły na jego pokonanie 248 747 l oleju napędowego. Wskaźnik emisji CO_2 dla oleju napędowego jest równy 3057 g/l [8]. Na tej podstawie oszacowano emisję CO_2 związaną z transportem biomasy do elektrowni na 760,42 Mg. Przy redukcji CO_2 równej 211 885 Mg wynikającej ze spalania biomasy okazuje się, że emisja dwutlenku węgla związana z transportem biomasy do elektrowni stanowi zaledwie 0,36 % zredukowanej ilości dwutlenku węgla (760,42/211885).

Wskaźnik ten będzie jeszcze mniejszy jeśli uwzględni się emisję dwutlenku węgla związaną z transportem 98 861 Mg węgla równoważnego pod względem energetycznym spalonej biomasy. Węgiel do Elektrowni Dolna Odra dostarczany jest koleją. W warunkach Polski przy transporcie węgla koleją do obliczeń emisji CO_2 przyjęto wskaźnik 0,004 kg CO_2/(GJ km) [1]. Elektrownia Dolna Odra oddalona jest od kopalni o ok. 550 km. Zatem transport koleją 98 961 Mg węgla będącego nośnikiem 2 276 103 GJ energii spowodowałby dodatkowo emisję ok. 5007 Mg CO_2. Redukcja emisji CO_2 z uwzględnieniem transportu kolejowego potrzebnego na przewiezienie alternatywnej ilości węgla wyniesie więc 216 892 Mg (211885Mg + 5007Mg). Wspomniany wskaźnik emisji CO_2 związany z transportem biomasy ciągnikami siodłowymi zmniejszy się więc do 0,35%. (760,42Mg/216892Mg).

6. OCENA REDUKCJI EMISJI CO_2 W WYNIKU SPALANIA BIOMASY PRZEZ ES

Biomasa stosowana w ES pochodzi w ostatnim czasie głównie z importu, a więc z innego źródła niż zakładano, a jej wartość opałowa wynosi średnio ok. 8,4 MJ/kg, tj. ok. 36% wartości opałowej stosowanego w ZEDO węgla kamiennego (23 MJ/kg). Stosowanie do podanej w rozdz. 3 ilości biomasy spalanej w Elektrowni Szczecin w ciągu roku, tj. 710 000 Mg, dla wytworzenia tej samej ilości ciepła należałoby spalić 269 800 Mg węgla.

Przyjmując takie same parametry węgla jak dla EDO do oceny emisji dwutlenku węgla powstającego z jego spalania określono, że w wyniku spalenia 269 800 Mg węgla kamiennego powstałoby

ok. 578 721 Mg dwutlenku węgla. Obliczenia te są zbieżne z danymi podanymi w pracy [9], gdzie tę ilość oszacowano na 550 000 Mg na rok. Niewielka różnica może wynikać z przyjętych wartości opałowych paliw oraz ilości spalanej w ciągu roku biomasy. Przyjmując np. wartość opałową biomasy z górnego przedziału wartości dla podanych wyżej rodzajów spalanej biomasy, tj. 10,4 MJ/kg uniknięta emisja CO_2 wskutek zastąpienia węgla biomasą wynosiłaby 687 386 Mg rocznie. Podane liczby nie uwzględniają emisji CO_2 wynikającej z transportu biomasy do elektrowni.

7. EMISJA CO_2 ZWIĄZANA Z TRANSPORTEM BIOMASY DO ES

7.1. Uwarunkowania transportu

Z uwagi na bardzo korzystną lokalizację elektrowni tj. na terenie przylegającym bezpośrednio do portu, biomasa dostarczana może być transportem wodnym, drogowym i kolejowym lub kombinowanym. Pozwala to ograniczyć negatywny wpływ środków transportu na środowisko naturalne i reagować na zmiany cen transportu [7]. Takie też rodzaje transportu były brane pod uwagę podczas analiz poprzedzających budowę nowego kotła. Zakładano przy tym, że transport wodny realizowany będzie barkami śródlądowymi a cała biomasa pochodzić będzie z Polski. W praktyce realizowane były wszystkie rodzaje transportu ze znaczną przewagą transportu samochodowego. W ostatnim czasie z uwagi na korzystne ceny bardzo duża ilość biomasy pochodzi jednak z importu, głównie z Malezji i Wybrzeża Kości Słoniowej. Biomasę tę stanowią m.in. łupiny z pestek palmy olejowca gwinejskiego, a przywożona jest ona do portu Szczecin statkami, skąd ciągnikami siodłowymi dostarczana jest do elektrowni.

Dla poprawnej (pełnej) oceny rzeczywiście zredukowanej ilości emisji CO_2 przez elektrownię dzięki spalaniu biomasy należy więc uwzględnić jego emisję związaną z transportem samochodowym i morskim. Podobnie jak w przypadku EDO dla uproszczenia nie uwzględniono emisji dwutlenku węgla związanej z pozyskaniem biomasy, jej obróbką, załadunkiem itp. W istocie z emisją dwutlenku węgla związane jest również wydobycie węgla w ilości równoważnej biomasie pod względem energetycznym i jego przewiezienie koleją. Podobnie jak dla biomasy nie uwzględniano emisji związanej z wydobyciem węgla. Do analizy przyjęto skrajny przypadek, gdy cała ilość rocznie spalanej biomasy przywożona jest statkami do portu Szczecin a następnie do elektrowni z wykorzystaniem ciągników siodłowych z naczepami samowyładowczymi o ładowności 24 Mg.

7.2. Emisja CO_2 związana z transportem samochodowym biomasy do ES

Średnia długość drogi liczona w obie strony jaką mają do pokonania samochody między portem a Elektrownią Szczecin wynosi ok. 700 m. Przyjęto także, że do portu załadunkowego biomasa jest przywożona średnio z odległości 45 km z wykorzystaniem takich samych ciągników siodłowych z naczepami jak w Polsce. Dla przewiezienia 710 000 Mg biomasy nale-

żałoby wykonać 29 584 kursy. Licząc drogę powrotną daje to 59 168 kursów, czyli 2 683 269 km pokonanych przez ciągniki siodłowe w ciągu roku.

Biomasa do ES jak i do portu załadunku dostarczana jest ciągnikami siodłowymi różnych marek i podobnie jak w analizie dotyczącej transportu do EDO, przyjęto taka samą uśrednioną wartość zużycia paliwa równą 0,34 l/km. Uwzględniając przebyty łączny dystans, samochody zużyłyby na jego pokonanie 912 312 l oleju napędowego. W efekcie emisję CO_2 związaną z transportem biomasy do elektrowni tylko samochodami oszacowano na 2789 Mg. Emisja ta stanowi zaledwie ok. 0,48% emisji wynikającej ze spalania równoważnej biomasie pod względem energetycznym ilości węgla.

7.3. Emisja CO_2 związana z transportem morskim biomasy do portu

Biomasa do portu w Szczecinie dostarczana była m.in. masowcem m/s Nord Bright o nośności 56 000 DWT. Nominalne zanurzenie dla tego statku wynosi 12,69 m i przekracza dopuszczalne zanurzenie w porcie Szczecin tj. 9,15 m. Biomasa jest jednak ładunkiem stosunkowo lekkim i przy pojemności ładowni nieco ponad 70 000 m^3, jej masa wynosiła 28 000 Mg. Przy takiej masie ładunku zanurzenie statku było mniejsze i możliwe było wejście do portu.

Zakładając, że biomasa na całoroczne zapotrzebowanie przez elektrownię dostarczana jest tym statkiem lub podobnym, należałoby wykonać 25 rejsów. W przypadku statku nie brano pod uwagę emisji związanej z drogą powrotną gdyż najczęściej armatorzy starają się znaleźć dla statku inny ładunek na drogę powrotną. Dystans z Malezji do Szczecina drogą morską przez Kanał La Manche wynosi ok. 9800 Mm zaś z Wybrzeża Kości Słoniowej prawie dokładnie połowę tego dystansu tj. 4850 Mm. Do obliczeń przyjęto tę dłuższą trasą.

Statek m/s Nord Bright napędza silnik MITSUI-MAN B&W typu 6S50MC –C o mocy 9 070 kW, który pozwala na osiągnięcie prędkości eksploatacyjnej równej 14,5 węzłów. Jednostkowe zużycie paliwa przy tej mocy wynosi 0,172 kg/kWh [11]. Elektrownię okrętową stanowią 4 zespoły prądotwórcze o łącznej mocy 1975 kVA. Dla jazdy w morzu można przyjąć dla tego typu statku pracę elektrowni z mocą równą ok. 500 kW. Jednostkowe zużycie paliwa przez silnik napędzający generator przyjęto takie, jak dla typowych silników czterosuwowych średnioobrotowych tj. 0,174kg/kWh. Nie uwzględniano zużycia paliwa podczas manewrów i podczas postoju na redzie. Przyjmuje się ponadto dla analizy, że kocioł opalany w czasie jazdy w morzu nie pracuje a całe zapotrzebowanie na parę grzewczą pokrywa kocioł utylizacyjny.

Na podstawie powyższych danych czas jazdy w morzu określono na 676 godzin co oznacza zużycie paliwa przez silnik główny w ilości 1055 Mg a przez silnik pomocniczy 59 Mg. Łącznie w ciągu jednego rejsu statek zużywa zatem ok. 1114 Mg paliwa. Przewiezienie całe-

go rocznego zapotrzebowania biomasy przez ES w 25 rejsach wymaga zatem zużycia ok. 27 850 Mg paliwa. Dla paliwa żeglugowego pozostałościowego typu HFO (ISO 8217 grades RME through RMK) o zawartości węgla 85 % wskaźnik emisji dwutlenku węgla wynosi 3,114 Mg CO_2/Mg paliwa [2]. Oznacza to, że emisja CO_2 przez statki związana z przewiezieniem biomasy wynosi 86 725 Mg. Stanowi to aż 15% emisji wynikającej ze spalania równoważnej biomasie pod względem energetycznym ilości węgla.

Wskaźnik ten będzie tylko nieco mniejszy jeśli uwzględniłoby się emisję dwutlenku węgla związaną z transportem koleją ze Śląska węgla równoważnego pod względem energetycznym spalonej biomasie (tj. 269 800 Mg węgla). ES oddalona jest od kopalni o ok. 570 km. Zatem transport koleją 269 800 Mg węgla spowodowałby dodatkowo emisję ok. 14 146 Mg CO_2. Całkowita emisja CO_2 ze spalania węgla z uwzględnieniem transportu kolejowego wyniesie więc 592 867 Mg (578721 Mg Mg + 14146Mg). Wspomniany wskaźnik emisji CO_2 związany z transportem biomasy statkami zmniejszy się więc do 14,6% (86725 Mg /592867Mg).

Uwzględniając zaś przy transporcie biomasy łącznie emisję CO_2 ze statków i z ciągników siodłowych tj. 89 514 Mg (86725 Mg + 2789 Mg) wskaźnik ten wyniesie 15,1%. W tabeli 2 zestawiono najważniejsze wyniki analizy dla ES.

Tabela.2. Zestawienie wyników obliczeń dla ES

L.p.	**Źródło emisji CO_2**	**Jednostka [Mg]**
1	Spalanie równoważnej biomasie ilości węgla (269 800 Mg)	578721
2	Transport węgla koleją	14146
3	Łączna emisja CO_2 związana ze spalaniem i transportem węgla (1+2)	592867
4	Transport biomasy ciągnikami siodłowymi (710 000 Mg)	2789
5	Transport biomasy statkami (710 000 Mg)	86725
6	Łączna emisja CO_2 związana transportem biomasy statkami i ciągnikami (4+5)	89514
7	Faktyczna redukcja emisji CO_2 wynikająca z zastąpienia węgla biomasą (3-6)	503353

8. PODSUMOWANIE

Przedstawiona w artykule analiza wykazała, że emisja dwutlenku węgla związana z transportem biomasy do EDO stanowi ułamek procenta emisji jaka powstałaby ze spalania równo-

ważnej pod względem energetycznym ilości węgla. Oznacza to, że osiągane redukcje emisji dwutlenku węgla przez współspalania węgla i biomasy mogą być praktycznie szacowane bez uwzględniania rodzaju środka transportu. Do podobnych wniosków doszli także inni autorzy [1].

Zupełnie inaczej wygląda sytuacja gdy biomasa transportowana jest do elektrowni z odległych miejsc na świecie jak w przypadku ES. Analiza wykazała, że emisja dwutlenku węgla związana z transportem biomasy do elektrowni stanowi 15,1% emisji jaka powstałaby z dowiezienia i spalenia równoważnej pod względem energetycznym ilości węgla. Wynika stąd, że spalanie biomasy w ES zastępuje w tym przypadku pod względem emisji CO_2 tak naprawdę ok. 85% spalanego węgla. Bardzo nieznaczny jest przy tym udział w emisji transportu samochodowego, który stanowi zaledwie 0,47%. Natomiast bardzo duży udział ma transport morski, bo aż 14,6%. W przypadku importu biomasy z portów Wybrzeża Kości Słoniowej wartość ta będzie około dwukrotnie mniejsza. Oznacza to, że osiągane redukcje emisji dwutlenku węgla przy spalaniu biomasy powinny uwzględniać jej ilość przywożoną statkami oraz długość trasy mimo faktu, iż emisja ma miejsce poza granicami Polski.

LITERATURA

[1] Bałazińska M., Zuwala J., Tokarski S.: *Ślad węglowy związany z transportem paliw na cele energetyczne*. Rynek Energii 2013, nr 4, str. 68-73.

[2] IMO MEPC.1/ Corc 684 8 –dostęp z dnia 17.08.2009.

[3] Konieczny S.: *Doświadczenia z wykorzystaniem biomasy w dużej energetyce konwencjonalnej*. Oeconomica 291 (65) str. 81-88.

[4] Łagoda Ł.: *Transport biomasy do Elektrowni Dolna Odra w aspekcie ograniczenia emisji CO_2*. Praca dyplomowa. Szczecin 2010, opiekun W. Zeńczak.

[5] MC Programme 1966. Engine Selection Guide, MAN B&W Diesel AG. Copenhagen 1996.

[6] Wędzik A.: *Źródła kryzysu rynku „zielonych certyfikatów" w Polsce*. Rynek Energii 2013,nr 4,str.7-13.

[7] Wiśniewski W.: *Budowa kotła na biomasę w Oddziale Zespół Elektrowni Dolna Odra*, PGE, 2011.

[8] www. agroenergetyka.pl (dostęp z dnia 23.07.2015).

[9] www.igeos.pl (dostęp z dnia 3.07.2014).

[10] www.rynek-energii-elektrycznej.cire.pl (dostęp z dn. 22.09.2015).

[11] www.scc.com.pl (dostęp z dnia 23.07.2015).

[12] www.ure.gov.pl

EFFECTS OF DIFFERENT WAYS OF BIOMASS TRANSPORT TO POWER STATIONS ON THE AMOUNT OF CO_2 EMISSION REDUCTION RESULTING FROM BIOMASS SUBSTITUTING COAL

Key words: power station, environment protection, fuels, transport

Summary. One of the ways to limit CO_2 emissions, which is used in Poland, is simultaneous combustion of coal and biomass in one boiler or combustion of only biomass. In the power stations of the Dolna Odra Group both methods are used i.e. in the Dolna Odra Power Station biomass and coal are burnt and in the Szczecin Power Station only biomass. Biomass is delivered by trucks to the Dolna Odra Power Station from a nearby forest and from other nearby sources and to the Szczecin Power Station it is delivered by trucks as well, but mainly from the nearby port. The biomass is transported to the port by ships from other continents. Means of transport are also a source of CO_2 emissions which reduces the overall benefits resulting from combustion of biomass in power plants. This paper attempts to assess the impact of implemented ways of biomass transportation to power plants on the amount of CO_2 emission reductions obtained by replacing coal with biomass.

Andrzej Adamkiewicz, dr hab. inż. prof. nadzw. na Wydziale Mechanicznym Akademii Morskiej w Szczecinie, kierownik Katedry Diagnostyki i Remontów Maszyn. Zainteresowania naukowe i pracę dydaktyczną realizuje w zakresie zużycia i trwałości turbosprężarek, parowych i spalinowych turbozespołów okrętowych, układów napędowych, sterowania obsługiwaniem maszyn okrętowych i układów energetycznych oraz gospodarki energetycznej statków morskich.
E-mail: a.adamkiewicz@am.szczecin.pl

Wojciech Zeńczak, dr hab. inż. jest zatrudniony w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym na Wydziale Techniki Morskiej i Transportu. Pełni funkcję kierownika Zespołu Morskich Systemów Energetycznych w Katedrze Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki. Zainteresowania naukowe związane są z gospodarką energetyczną na statkach, morskimi odnawialnymi źródłami energii, urządzeniami okrętowych systemów energetycznych oraz badaniem złóż fluidalnych w warunkach morskich.
E-mail: wojciech.zenczak@zut.edu.pl