

Czy węgiel będzie dzieckiem Europy?

Autor: prof. dr hab. inż. Zbigniew Bis - kierownik Katedry Inżynierii Energii, Politechnika Częstochowska

(„Nowa Energia” – nr 2-3/2013)

Na tle krótkiej analizy obecnej kondycji i perspektyw energetyki konwencjonalnej, szczególnie opartej na węglu w Europie i USA, cen węgla i gazu w obu częściach świata, aktualnych cen pozwoleń na emisję CO₂ w referacie zaproponowano nowy, zrównoważony sposób na trwałą sekwestrację CO₂ w glebie.

Od kilku lat jesteśmy świadkami, a także aktywnymi uczestnikami europejskiej, ale także ogólnoświatowej dyskusji o przyszłych źródłach pozyskiwania energii elektrycznej. Każdy, kto śledzi te debaty nie ma jednoznacznie wyrobionego poglądu na ten temat, gdyż sytuacja w tej tak ważnej dziedzinie zaspokajania ludzkich potrzeb w ostatnim czasie cechuje się dużą zmiennością.

W latach 70. świat, zainspirowany amerykańskim programem CCT (*ang. Clean Coal Technologies*), rozpoczął intensywne prace nad wdrażaniem technologii spalania fluidalnego flagowej technologii CCT. W Polsce-kraju węglem stojącym, mamy widome znaki tego zainteresowania w postaci licznych kotłów (na ogół cyrkulacyjnych), które po pokonaniu pierwszych trudności znalazły uznanie wśród inwestorów, a pracownicy elektrowni są dumni, że obsługują te nowoczesne obiekty [1]. Najwięcej zadowolenia powinien przynosić referencyjny blok z nowoczesnym kotłem fluidalnym na parametry nadkrytyczne w Elektrowni Łagisza, lecz z nie do końca wyjaśnionych powodów „dręczą” go różne techniczne i nietechniczne mankamenty.

Pokłosiem inicjatywy CCT było podjęcie w wielu ośrodkach naukowych na świecie intensywnych badań nad spalaniem w warstwie fluidalnej różnych paliw, od węgla poprzez biomasę do odpadów komunalnych i osadów ściekowych włącznie. Największe cykliczne międzynarodowe konferencje, takie jak Fluidization, Fluidized Bed Combustion, czy też Circulating Fluidized Beds każdorazowo skupiają ponad 2 setki uczestników z całego świata, w tym także z Polski. W ostatnim czasie największą dynamikę rozwoju kotłów fluidalnych obserwuje się Chinach. Każdy liczący się producent kotłów energetycznych na świecie ma w swej ofercie jednostki przygotowane do realizacji tej techniki spalania.

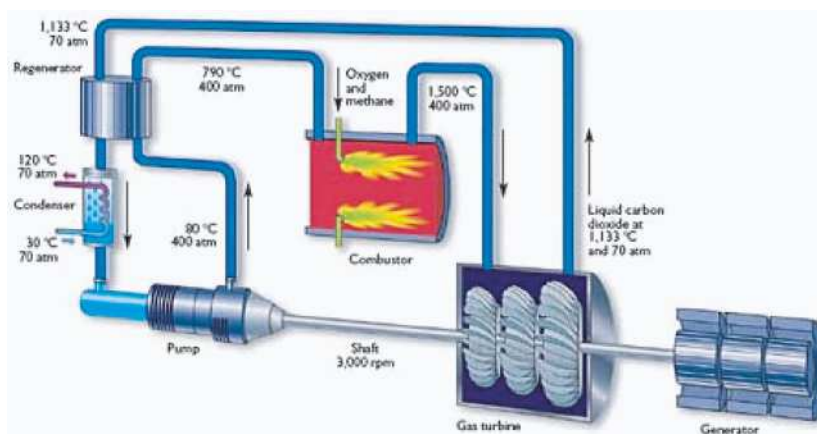
Ten dynamiczny i znaczący wkład w rozwój technologii energetycznych technika fluidalnego spalania zawdzięcza niewątpliwie progresywnie postępującemu zaostżaniu norm ochrony środowiska, chroniących nas przed skutkami nadmiernych emisji CO, SO_x i

NO_x. W tej dziedzinie kotły fluidalne wydawały się być niezagrożone do czasu wprowadzenia Carbon Tax'u, czyli podatku od emisji CO₂. Od tego czasu węgiel uznano winnym niemal wszelkich kataklizmów na świecie i odpowiedzialnym za nieodwracalne (według niektórych) zmiany klimatu. Idąc za przykładem sukcesu programu CCT, remedium na rozwiązanie wszelkich problemów środowiskowych związanych z produkcją energii elektrycznej z węgla miało być zespolenie wysiłków dla tworzenia systemów zbliżonych do idei ZEPP (*ang. Zero-Emission Power Plant*). ZEPP to zintegrowany układ (rys. 1) z kompaktową, szybką gazową turbiną zasilaną bardzo gorącymi gazami pochodzącymi z ciśnieniowego spalania mieszanki metanu i tlenu, produkującej energię elektryczną oraz skroplony dwutlenek węgla, który łatwo może być sekwestrowany.

Wdrożenie idei ZEPP wymaga dostępności metanu (gazu zimnego). Metan przewyższa paliwa węglowodorowe wartością ciepła spalania. Jest wolny od siarki, rtęci i innych substancji zanieczyszczających zawartych w węglach i olejów opałowych. Metan daje o połowę mniejszą emisję CO₂ na jednostkę energii zawartej w węglu i z tego powodu podejmowane są coraz liczniejsze (także w Polsce) inwestycje elektrowni parowo-gazowych.

Jednak dostępność rynkowa metanu jest ograniczona, wobec tego równoległe pojawiła się koncepcja CCS (*ang. Carbon Capture and Storage* - w skrócie: wychwytywanie CO₂ ze spalin i deponowanie go głęboko pod ziemią), szczególnie dla elektrowni opalanych węglem. Mimo oczywistych, wysokich kosztów wytwarzania, będących następstwem ograniczenia sprawności takiego systemu, rozwijane są jego odmiany, chociażby oxy-spalanie [3]. W tym przypadku oszczędzamy na kosztach separacji CO₂ ze spalin, lecz okupione jest to koniecznością separacji tlenu z powietrza oraz recyrkulacją znacznej ilości spalin (lub materiału sypkiego w przypadku kotłów fluidalnych) dla kontroli temperatury spalania. Dotychczas jednak żadna z tych technologii nie osiągnęła dojrzałości technicznej, wobec tego trudno spodziewać się by technologie te odegrały znaczącą rolę w planowanej przez EU (Europe Union) redukcji emisji CO₂ do 2020 r.

Tymczasem rynek handlu emisjami w EU stoi przed widmem załamania, gdyż ceny pozwoleń emisji CO₂ spadły do poziomu kilku euro głównie z powodu załamujących się gospodarek strefy euro. Zabawna rzecz zdarza się po drodze do „czystej” przyszłości energii elektrycznej. Podczas gdy w Stanach Zjednoczonych, nie posiadających dotychczas żadnych regulacji w zakresie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, rząd toczy regularną wojnę z węglem i jego wykorzystaniem do produkcji energii elektrycznej - bo ma coraz więcej gazu i ropy naftowej z łupków. W Europie, tak poprawnej politycznie pod względem przyszłościowych regulacji dla redukcji emisji gazów szklarniowych, ofensywa ta napotyka na nowego uczestnika gry - rzeczywistość!



Rys. 1. Koncepcja ZEPP zero-emisyjnej elektrowni z kompaktową, szybką turbiną gazową zasilaną spalinami wytwarzanymi podczas wysokotemperaturowego spalania mieszanki metanu i tlenu w komorze spalania pracującej pod wysokim ciśnieniem (Ichihara, Tokyo Electric Power/Ian Worpole)

Węgiel jest największym wyzwaniem współczesnej Europy

We wnioskach końcowych z obrad grupy ERToc (*ang. European Round Table on Coal*) odbytych w dniu 21.03.2012 w Brukseli, której w obecnej kadencji przewodni prof. Bogdan Marcinkiewicz, zawiera się taki oto zapis: *W najbliższej dekadzie węgiel będzie podstawowym źródłem pozyskiwania energii elektrycznej w Europie. Dlatego tak istotne będzie dla nas podnoszenie sprawności pieców i systemów wytwarzania energii pochodzącej z węgla.* Stół w formie cyklicznych spotkań został zorganizowany po raz pierwszy w 2008 r. przez niemieckiego posła Christiana Ehlera. Skupia międzynarodowe grono posłów Parlamentu Europejskiego zainteresowanych tematem przyszłości europejskiego węgla. Głównym celem spotkań jest wspieranie dialogu między europejskimi instytucjami i branżą węglową. Kluczowym aspektem jest również promowanie ekologicznego wykorzystania węgla. - *Węgiel jest wyzwaniem, z którym musi się zmierzyć współczesna Europa. Nie możemy zrezygnować z tego paliwa. Jednakże projekty, które będziemy realizować muszą spełniać europejskie standardy. Eurelectric w Raplocie 2050 prognozuje, że produkcja energii w elektrowniach węglowych, wyposażonych w instalacje CCS, wyniesie w 2050 r. ok. 30%. Stąd teza, że paliwa kopalne w perspektywie 2050 r., przynajmniej w tej części Europy, będą znaczącym elementem mieszanki energetycznej. Podobna jest wymowa „Polityki energetycznej Polski do roku 2030”, gdzie prognozuje się, że w 2030 r. 52% energii produkowane będzie z węgla, a 7% z gazu - mówił w Brukseli prof. Marcinkiewicz. Jego zdaniem argumentów za węglem jest wiele. Najważniejszy z nich to bezapelacyjnie szeroka dostępność tego surowca w Polsce i na świecie. Poseł zwrócił też uwagę na niesamowity rozwój tej gałęzi gospodarki na rzecz ochrony środowiska. - Można zauważyć stałe ograniczenia emisji zanieczyszczeń, takich jak pył, dwutlenek siarki, czy tlenki azotu. To nikogo nie powinno dziwić i ten trend na pewno się utrzyma. Każdy producent energii chce przecież spalać jak najmniej surowca i otrzymywać jak najwięcej energii. Tak jest i będzie na całym świecie - zakończył polski deputowany.*

W dyskusji udział wziął też Eurodeputowany Claude Turmes - znany przedstawiciel frakcji „Zielonych”, który przysłuchiwał się dyskusji. - *Jesteśmy zainteresowani projektami badawczymi dotyczącymi pilotażowych instalacji CCS, które mają zobrazować nam możliwości tej technologii. Będziemy bacznie obserwować działania naukowców pod kątem ich zastosowania w przemyśle* - powiedział po spotkaniu. [6]

Po szoku jaki nadszedł do Europy po trzęsieniu ziemi i tsunami w japońskiej Fukushima [8] rozgorzała dyskusja na temat bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. „Zieloni” w zamykaniu tych elektrowni upatrują nadzieję na zahamowanie produkcji broni nuklearnej i rozwój odnawianych źródeł energii. Aktualna polityka rządu Niemiec, jakby na przeciw postulatów partii „Zielonych”, chce zachęcić inwestorów do budowy 10 GW mocy elektrycznej z wykorzystaniem węgla dla zastąpienia sukcesywnie zamykanych elektrowni nuklearnych oraz stworzenia rezerwy dla produkcji prądu z wiatru i słońca. W ostatnim roku na świecie nastąpił 5,4% przyrost nowo wybudowanych mocy elektrycznych na węglu i obecnie elektrownie węglowe stanowią 30% całkowitej mocy wytwórczej świata. Problem załamania europejskiego rynku handlu emisją CO₂ ma być rozwiązany poprzez zredukowanie liczby darmowych pozwoleń. Ale rynki są zmienne jak kobieta. Żądza zysków jest podstawowym ludzkim biznesowym duchem. Jedni z największych europejskich producentów energii elektrycznej (EON AG, RWE AG (RWE)), kierując się tym duchem, zaplanowali do 2015 r. uruchomić sześć razy więcej elektrowni opalanych węglem niż gazem [7]. UBS AG w 2012 r. ogłosił, że profit z budowy elektrowni węglowych może być dwukrotnie wyższy niż ocenił to Goldman Sachs Group Inc. [9] w swoim raporcie.

Powyższe plany znajdują swe poparcie w analizach DB (Deutsche Bank), który ustalił, że dla zachowania warunków zdrowej konkurencji w produkcji energii elektrycznej, gaz ziemny aktualnie jest za drogi względem węgla. Konkurencyjność gazu ziemnego mogłaby być osiągnięta, gdyby ceny węgla wzrosły do 163 USD/tonę w Europie i 169 USD/tonę w UK (Zjednoczonym Królestwie) lub cena gazu spadła do średniej 17.5 EUR/MWh w Europie i 18.8 EUR/MWh w UK.

Takie relacje cenowe w Europie w najbliższym czasie wydają się nierealne. Analiza dotychczasowych trendów na rynku FUTURES dla przyszłych kontraktów na węgiel wskazuje na utrwalanie się trendu spadkowego. Od lata 2011 ceny kontraktów na węgiel spadły prawie o 30% do ok. 100 USD/tonę. Tendencja ta zostanie zapewne podtrzymana importem taniego węgla z USA. Z drugiej strony, europejskie rynki gazu są napięte, ponieważ nabywcy muszą rywalizować z azjatyckimi użytkownikami importowanego skroplonego naturalnego gazu (LNG), a dostawy gazu ziemnego rurociągami z Rosji i Norwegii są ograniczone ich przepustowością.

Tymczasem według EIA (*ang. Energy Information Administration*) w Stanach Zjednoczonych w ciągu zaledwie półrocza zużycie węgla w elektrowniach spadło o 17%, a gazu wzrosło o 27%. Dostępność taniego gazu łupkowego sprawiła, że wiosną po raz

pierwszy gaz naturalny zrównał się z węglem jako źródłem pozyskiwania energii elektrycznej. Zamykanych jest coraz więcej elektrowni węglowych, bo ich właściciele nie mogą znaleźć nabywców prądu albo muszą obniżyć ceny poniżej granicy opłacalności. Jak podaje firma konsultingowa Brattle Group, producenci energii chcą do 2016 r. zamknąć elektrownie wykorzystujące węgiel o łącznej mocy 30 GW, co stanowi 10% pozyskiwanej z niego energii. Dzięki zmniejszającemu się udziałowi węgla na rzecz gazu, którego spalanie emituje o połowę mniej dwutlenku węgla, jego emisja, zgodnie z danymi EIA, w pierwszym kwartale 2012 r. spadła najniżej od 1986 r. Powstaje pytanie: co w najbliższej przyszłości może wyniknąć z tak różnego podejścia do produkcji energii elektrycznej w USA i Europie? Wydaje się, że znalezienie wspólnego mianownika w tej sytuacji jest możliwe - z powodzeniem może nim być biowęgiel.

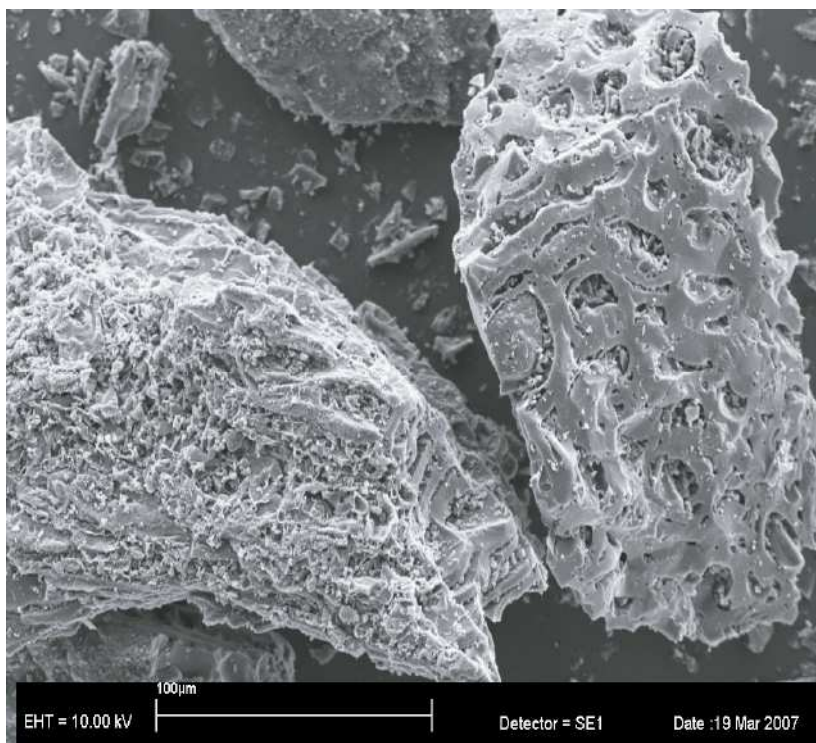
Biowęgiel jako alternatywa dla CCS

Źródła naukowe, zajmujące się analizą globalnego bilansu węgla w przyrodzie donoszą, że mamy do czynienia z ogromnym niezbilansowaniem pomiędzy emisją C do atmosfery a jego przyswajaniem przez wszystkie możliwe źródła na ziemi, co prowadzi do nieustannego wzrostu stężenia CO₂ jako ekwiwalentu C w atmosferze z szybkością rzędu 4,1x10⁹ Mg/rok. Taka skala dysproporcji w emisji i pochłanianiu węgla winna skłaniać decydentów do nadania najwyższego priorytetu pracom nad rozwojem nowych metod przechowywania pierwiastka C w stabilnej formie poza atmosferą Ziemi w długim okresie czasu, innych niż tradycyjne CCS. Ta ostatnia opcja ze względu na wysokie koszty zarówno inwestycyjne, jak i eksploatacyjne (znaczna redukcja sprawności produkcji energii elektrycznej) oraz brak dostatecznie sprawdzonych technologii jej realizacji, może jeszcze długo kazać nam czekać na ograniczenie tempa wzrostu stężenia C w atmosferze. Rozważając te kwestie należy brać pod uwagę aktualną sytuację demograficzną, gospodarczą oraz finansową świata, szczególnie po ostatnim kryzysie z 2008 r. oraz dane zawarte w poprzednim rozdziale. Problemu zaopatrzenia ludności świata w energię nie rozwiążemy poprzez fotowoltaikę, wiatraki czy spalanie i/lub zgazowanie biomasy. Przy tym nie należy zapominać o konieczności wzrostu produkcji żywności oraz ograniczenia tempa „stepowienia” znacznych obszarów dotychczas wykorzystywanych rolniczo. Już dawno obliczono, że gdyby powierzchnię uprawną Stanów Zjednoczonych obsiać kukurydzą - to uzyskane z niej biopaliwa nie wystarczyłyby do napędu samochodów używanych aktualnie w tym kraju.

Ostatecznie idea zrównoważonego rozwoju powinna dać społeczności świata alternatywę innej, niż poprzez wysokie koszty, metody ograniczenia emisji węgla do atmosfery. W tym kontekście warto zwrócić uwagę na intensywnie rozwijaną od dłuższego czasu na świecie inicjatywę sekwestracji CO₂ w ziemi, wykorzystując do tego celu biowęgiel. Szeroko zakrojonym działaniom w tym zakresie patronuje IBI (*ang. International Biochar Initiative*) [10]. IBI jest organizacją typu non-profit, wspierającą naukowców, polityków, rolników,

ogrodników oraz wytwórców i twórców technologii, pracujących nad zrównoważonym wytwarzaniem i stosowaniem biowęgla.

Biowęgiel jest materiałem podobnym do powszechnie znanego węgla drzewnego, otrzymywanym w procesie termolizy (proces podobny do suchej destylacji) biomasy różnego pochodzenia. Biowęgiel nie tylko ma ujednorodniony skład chemiczny względem wyjściowego surowca, lecz przede wszystkim posiada mocno rozwiniętą wewnętrzną strukturę porów, co wyraźnie widać na rys. 2. Oprócz znanych powszechnie właściwości i zastosowań węgla drzewnego, biowęgiel na dużą skalę wykorzystywany jest w energetyce (niestety nie w Polsce, gdyż nasze przepisy na to nie zezwalają) jako paliwo odnawialne, a ostatnio rozpatrywany jest jako potencjalnie znaczące źródło długookresowego przechowywania pierwiastka C w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Zainteresowanie biowęgłem jako źródłem sekwestracji CO₂ pochodzi ze studiów ziemi z okolic Amazonki w efekcie których wykryto występowanie w wielu miejscach tzw. *terra preta do Indio* - czarnej ziemi Indian.



Rys. 2. Ziarno biowęgla w dużym powiększeniu

Jest to gleba, która najprawdopodobniej powstawała dzięki celowym i systematycznym wysiłkom człowieka. Jej właściwości mocno kontrastują z właściwościami pozostałych, ubogich gleb amazońskich - jest bardzo żyzna, zdolna długo zachowywać swoje pozytywne cechy. Mimo, że została stworzona przez ludzi zamieszkujących dorzecze Amazonki być może nawet 2500 lat temu, ciągle pokrywa znaczącą jego część - być może nawet do 10%.

Ocenia się, że gleba ta jest w stanie zachowywać swoje pozytywne właściwości nawet przez kilkaset lat, ponieważ jeszcze teraz obszary pokryte *terra preta* zdolne są dawać nadzwyczajne plony. Indianie dodawali do gleby, prawdopodobnie w dłuższych okresach czasu, fragmenty glinianych naczyń, błoto, szczątki ryb i zwierząt, a przede wszystkim węgiel drzewny pochodzący ze zwęglonych drzew. Powstawała gliniasta mieszanka posiadająca dobre właściwości sorpcyjne i stanowiąca dobre środowisko dla życia i rozwoju licznych mikroorganizmów dodatkowo wzmacniających jej żyzność. Ich aktywność polegała m.in. na rozdrabnianiu kawałków węgla, dzięki czemu wzrastała powierzchnia sorpcyjna gleby.

Plemię Indian Kayapo, żyjące w Brazylii, w dorzeczu górnej Amazonki, współcześnie kontynuuje tworzenie gleby podobnej do *terra preta*, nazywanej przez nich *terra mulata*. Według opisów badaczy, którzy spędzili sporo czasu na badaniu życia i zwyczajów tego plemienia, tworzenie tego rodzaju ziemi uprawnej polega na permanentnym, powolnym wypalaniu a raczej wytlewaniu roślinności i drzew bez widocznego ognia (z ang. *smoldering*).

Mimo, że prace nad precyzyjnym zidentyfikowaniem mikroorganizmów wchodzących w skład *terra preta* są dopiero prowadzone, wiąże się z nią wiele możliwości. Jedną z nich jest przywrócenie bardziej zrównoważonych niż do tej pory sposobów prowadzenia agrokultur na terenie Amazonii i dzięki temu zahamowanie wycięcia lasów deszczowych. Karczowanie lasów tropikalnych pod uprawy wprowadzili w Amazonii Hiszpanie, a obecnie kontynuują specjaliści od upraw palmy olejowca, którego owoce są masowo wykorzystywane do produkcji biopaliw.

Ze względu na nadzwyczajną żyzność „czarnej ziemi” powstającej wskutek wzbogacania struktury gleb za pomocą węgla, rozważa się także, na ile ich zastosowanie może przyczynić się do zminimalizowania światowego głodu. Ponieważ główny składnik *terra preta* stanowi węgiel, jak już wcześniej podkreślono, wprowadzenie opartych na niej agrokultur na szerszą skalę może w znaczący sposób przyczynić się do powstrzymania efektu cieplarnianego - poprzez sekwestrację CO₂ w glebie. Okazuje się, że prekolumbijski model prowadzenia agrokultury, organizacji społeczności i relacji pomiędzy człowiekiem a jego środowiskiem może służyć utrzymaniu bioróżnorodności i powstrzymaniu degradacji środowiska naturalnego, a także wspomóc wysiłki na rzecz ograniczenia skutków innych globalnych zagrożeń współczesności, których reperkusje mogą być w przyszłości trudne do zniwelowania. W rezultacie na świecie podejmowane są liczne projekty angażujące nie tylko społeczności akademickie, ale także przedsiębiorców, organizacje pozarządowe i społeczności lokalne. Powstaje duża liczba specjalistycznych publikacji naukowych dotyczących zwłaszcza wybranych aspektów możliwych zastosowań bazowego składnika *terra preta* - węgla drzewnego czy też jego odpowiednika produkowanego współcześnie dzięki termolizie biomasy - biowęgla.

Liczne badania wykazały, że ziemia zawierająca pierwiastek C jest znakomitą glebą uprawną. Ostatnie badania nad zastosowaniem biowęgla w glebie (Lehmann 2004) wykazały następujące pozytywne efekty:

- biowęgiel zwiększa nawożenie gleby na dwa sposoby. Pierwszy sposób polega na poprawie potencjału wymiany kationowej w efekcie którego rośliny mogą łatwiej przyswajać nawozy. Drugi sposób wynika z ograniczonego wymywania nawozów zgromadzonych w glebie (w porach biowęgla) przez opady, co w połączeniu z pierwszym sposobem zwiększa stopień wykorzystania nawozów przez rośliny. Zwiększona, wskutek dodania porowatego biowęgla (patrz rys. 1), zdolność gleby do zatrzymywania dawki nawozów w rejonie korzeni roślin w wielu przypadkach może ograniczyć wymywanie azotu do rzek i zbiorników wodnych, co jest poważnym problemem towarzyszącym intensywnym uprawom,
- porowata struktura biowęgla stwarza znakomite warunki dla życia i rozmnażania się mikroorganizmów w ziemi, poprzez co biowęgiel dodany do zdegradowanej ziemi może ją rekultywować,
- biowęgiel poprawia retencję wody w glebie,
- biowęgiel zwiększa pH gleby (neutralizuje jej kwasowość),
- biowęgiel znacząco redukuje wydzielanie CH_4 oraz N_2O z gleby (oba gazy traktowane jako gazy cieplarniane o znacznie większym potencjale niż CO_2), pochodzących z naturalnych procesów gnilnych.

Sekwestracja węgla kontra produkcja energii z biomasy

Do celów energetycznych stosowana jest głównie biomasa odpadowa. Nowe zasoby biomasy pozyskiwane z upraw roślin energetycznych mają większy potencjał energetyczny, ale są droższe. W przeciwieństwie do systemów przetwarzających energię słońca, wiatru i hydro, nowoczesne systemy przetwarzania energii biomasy mogą być umieszczane w miejscach, gdzie faktycznie hoduje się rośliny i zwierzęta. Ta jedna z najważniejszych cech energii biomasy wyróżnia się spośród innych systemów energii odnawialnej również tym, że stwarza warunki prawdziwego zrównoważonego rozwoju regionów. Spośród wszystkich źródeł energii odnawialnej, biomasa jest jedynym źródłem energii, które może być użyty bez jakiegokolwiek systemu magazynowania energii. Wykorzystanie biomasy może realnie pomóc zmniejszyć globalny efekt cieplarniany w porównaniu z elektrowniami spalającymi paliwa kopalne. Rośliny używają i akumulują CO_2 gdy rosną. CO_2 zmagazynowane w roślinach wydzielane jest wtedy, gdy rośliny są spalane lub rozkładają się (gniją). Nowe rośliny uprawiane na miejscu wcześniej zebranych mogą pochłaniać CO_2 wydzielone podczas spalania ich poprzedników. Taki sposób energetycznego użytkowania biomasy, połączonego z jej odtwarzaniem poprzez nowe uprawy, pomaga zamykać cykl CO_2 w przyrodzie. Jeżeli zbiory nie są odnawiane przez kolejne cykle upraw lub gdy biomasa z

tych upraw wywożona jest do odległych elektrowni, wtedy spalana biomasa wyemituje dwutlenek węgla, który przyczyni się do wzrostu globalnego ocieplenia tak samo jak ten pochodzący ze spalania paliw kopalnych.

Technologie wykorzystania i koszty produkcji energii elektrycznej i ciepła z biomasy zależą od jakości surowców, kosztów transportu, dostępności oraz wielkości siłowni. Niewątpliwie kluczowym jest również rozwiązanie konstrukcyjne układu przetwarzania biomasy. Należy oczekiwać, że w tym zakresie układy kogeneracyjne lub lepiej poligeneracyjne (produkcja biowęgla, ciepła i elektryczności) będą skupiały największą uwagę inwestorów.

Z całą pewnością w perspektywie ograniczenia lub wyeliminowania finansowego wsparcia produkcji „zielonej energii”, dążenie do zwiększania stopnia wykorzystania biomasy będzie stymulowało rozwój i poszukiwanie nowych rozwiązań układów energetycznej konwersji energii chemicznej biomasy.

W szczególności rozwijane powinny być układy skojarzone, cechujące się większą doskonałością termodynamiczną, bo to stwarza podstawy dla osiągnięcia efektywności ekonomicznej. Ponadto technologie przetwarzania biomasy winny brać pod uwagę co najmniej dwa fakty. Po pierwsze istnieją fizyczne (szczególnie wilgotność) i chemiczne (skład chemiczny) ograniczenia w termicznym przekształcaniu biomasy, po drugie układy te są często stosowane jako małe, lokalne (rozproszone) źródła energii, dlatego też powinny one cechować się prostą konstrukcją i łatwą obsługą podczas eksploatacji. Dzięki energetyce rozproszonej unika się kosztownego transportu biomasy na duże odległości, który jest niezbędny w przypadku wykorzystywania dużych instalacji energetycznych. Z tego względu w wielu krajach Europy, w tym i w Polsce, obserwuje się rozwój instalacji kogeneracyjnych małej mocy.

Biorąc pod uwagę aktualny stan rozwoju małych instalacji kogeneracyjnych [2] w zakresie wykorzystania energii biomasy do skojarzonego wytwarzania ciepła i elektryczności występuje luka technologiczna, którą łatwo mogą wypełnić układy poligeneracyjne, autotermicznie przetwarzające biomasę do biowęgla, a nadwyżka entalpii wysokotemperaturowych gazów spalinowych z procesu uwęglania może łatwo być wykorzystana do produkcji energii elektrycznej i ciepła użytecznego. Do realizacji takiego układu można wykorzystać obieg parowy Rankine'a oparty o tłokowe silniki parowe, które ostatnio przeżywają renesans zainteresowania.

W większości biomasy uprawowej i leśnej zawartość pierwiastka węgla C wynosi 45-50% (w stanie suchym). W nowoczesnych, autotermicznych instalacjach uwęglania biomasy wykorzystujących proces termolizy, ze strumienia suchej biomasy można uzyskać od 30-60% biowęgla oraz zachować w nim ok. 50% C zawartego w strumieniu wejściowej biomasy.

Sekwestracja CO₂ z wykorzystaniem biowęgla w liczbach

Rozważania nad realnością zastosowania biowęgla dla sekwestracji CO₂ muszą być poparte „twardymi” argumentami, które trafią do rolników i innych producentów, którzy zechcieliby być zaangażowani w ten proces. Jednym z istotnych argumentów może być chęć utrzymania lub poprawy produktywności gleby, lecz trudno mu będzie wygrać z pokusą pozyskania znacznych środków pieniężnych ze sprzedaży biomasy do dużych elektrowni, które uzyskują dopłaty z tytułu produkcji „zielonej energii”. Lecz dopłaty te kiedyś się skończą, a trwała sekwestracja biowęgla w ziemi może przynieść kilka znaczących strumieni wartości, a mianowicie:

- Płatności za certyfikaty unikniętej emisji CO₂ zgodnie z Protokołem z Kioto, lub z rynku handlu emisjami. Po ustabilizowaniu aktualnego rynku, w przyszłości płatność ta winna odzwierciedlać społeczne koszty zmian klimatu, które powinny zależeć od położenia geograficznego. Pierwsze przybliżenia wykonane dla Anglii pokazały, że koszt ten winien wynosić 100 euro/Mg C. Niezależnie od miejsca i skali realizacji, sekwestracja CO₂ w formie biowęgla deponowanego w glebie winna osiągać najwyższą cenę ze względu na możliwość permanentnego prowadzenia tego procesu przez długie lata oraz prostą i taną jego weryfikację. Wszystkie formy sekwestracji winny być weryfikowane aby zapobiec oszustwu i niekompetencji przy jej ilościowym rozliczaniu oraz wyeliminować wielokrotne rozliczania tych samych ilości zdeponowanego CO₂.
- Oszczędności pochodzące z wyeliminowania kosztów związanych z transportem, składowaniem i przygotowaniem biomasy do przetwarzania. Biowęgiel może być wytwarzany i sekwestrowany lokalnie, tam gdzie rośnie biomasa, poprzez rozprowadzanie go w sąsiadujących gruntach, lub najlepiej w gruntach z których zebrano biomasę w celu wyprodukowania biowęgla. Nawet przetransportowanie go na odległość będzie zawsze tańsze od przewożenia biomasy, gdyż jest on bardziej zagęszczony. Dla poprawy efektu agrotechnicznego biowęgiel przed umieszczeniem w ziemi winien być zmieszany z nawozami lub kompostem.
- Kolejny zysk będzie zależny od zastosowanej technologii produkcji biowęgla, umożliwiającej bądź zagospodarowanie dodatkowych strumieni produktów chemicznych (gazy palne, smoła, wodór, kwas octowy itp.), lub produkcję eklektyczności i ciepła użytkowego.
- Pozostałe zyski będą zależały od tego jak dużo rolniczych korzyści przyniesie sekwestracja C w formie biowęgla. Zasadnicze z nich zostały wymienione w poprzednim rozdziale.

W Polsce mamy już pierwsze udane przemysłowe doświadczenia w produkcji biowęgla. Produkcją tą zajmuje się firma FLUID z Sędziszowa. W wyniku licznych prób przeprowadzonych w Katedrze Inżynierii Energii Politechniki Częstochowskiej [4,5] ustalono,

że zawartość pierwiastka węgla w biowęglu zależy od źródła jego pozyskiwania i zmienia się w zakresie 61-82%. Najwyższa zawartość C występuje w biowęglu pochodzącym z biomasy drzewnej, najniższe wartości cechują biowęgiel pochodzący z agrobiomasy. Bazując na tych danych około 0.61-0.82 Mg pierwiastka C (co odpowiada 2,2 - 3 Mg CO₂) może być trwale sekwestrowane przez każdą tonę biowęgla zdeponowanego w ziemi. W USA (Lehmann 2004) oszacowano, że optymalną, roczną dawką biowęgla do gleby w celu podwyższenia jej produktywności jest ok. 76 Mg/ha, co daje sekwestrację ok. 224 Mg CO₂/ha.

W ogólnej powierzchni Polski, wynoszącej 31,3 mln ha, powierzchnia użytków rolnych wynosi 16,2 mln ha, stanowiąc 51,7% ogólnej powierzchni kraju. Powierzchnia gruntów ornych będących w dobrej kulturze wynosiła w 2008 r. 12,1 mln ha i stanowiła 74,9% ogólnej powierzchni użytków rolnych. W porównaniu do 2007 r. powierzchnia gruntów utrzymywanych w dobrej kulturze rolnej wzrosła o około 200 tys. ha. Jakość użytków w Polsce jest niska, niższa niż średnio w UE. Duży udział gleb słabych i zakwaszonych zmniejsza rolniczą przydatność użytków rolnych. Udział gleb lekkich, charakteryzujących się wysoką piaszczystością, jest w Polsce dwukrotnie większy niż średnio w UE; w Polsce wynosi 60,8%, a w UE - 31,8%.

Biorąc pod uwagę całkowitą powierzchnię użytków rolnych oraz dane z USA, potencjał sekwestracji CO₂ w postaci biowęgla bezpośrednio zdeponowanego w ziemi dla Polski wynosi 3,6 mld Mg CO₂. Należy zauważyć, że aktualna emisja CO₂ ze wszystkich źródeł wytwarzania energii w Polsce oceniana jest na poziomie 0,45 mld Mg rocznie, natomiast z dużych bloków, które w pierwszej kolejności zmuszane będą do ograniczenia emisji CO₂, na ok. 0,15 mld Mg rocznie, co stanowi nieco ponad 4% potencjału sekwestracji w gruntach uprawnych.

Ale to nie koniec możliwości sekwestracji tą metodą. Kolejna pozycja wynika z zastosowania biowęgla w celu wyeliminowania wapna dodawanego do gleby dla poprawy wskaźnika pH. Zastępując wapno biowęgłem unikamy emisji CO₂ powstałej w efekcie rozpadu CaCO₃ i według szacunków może to wyeliminować emisje ok. 1,4 Mg CO₂/ha. Dalej, produkcji biowęgla w instalacji firmy FLUID towarzyszy produkcja ciepła, którego ilość zależy od rodzaju, a przede wszystkim wilgotności biomasy. Średnio można przyjąć, że produkując 1Mg biowęgla, można uzyskać ok. 10 GJ ciepła w postaci spalin o temperaturze ok. 850-900°C. Wykorzystując je do produkcji energii elektrycznej możemy pozyskać ok. 0,6 MWh/Mg biowęgla. Energia elektryczna wyprodukowana przy produkcji biowęgla jest odnawialna, a więc zastąpi równoważny ekwiwalent energii elektrycznej wyprodukowanej z węgla. W Polsce największym podmiotem, który do niedawna był zainteresowany budową instalacji CCS, jest Polska Grupa Energetyczna (PGE). Podmiot ten posiada 42% udziału w rynku wytwarzania energii elektrycznej, jest w posiadaniu 14 elektrowni i elektrociepłowni, w tym największej na świecie elektrowni opalanej węglem brunatnym - która jednocześnie jest największym emitentem CO₂. PGE emituje rocznie około 56 mln Mg CO₂, aktualna emisyjność wynosi 1,06 Mg CO₂/MWh. W strukturze paliwowej dominuje węgiel brunatny (67%) oraz kamienny (27%).

Zakładając, że energia elektryczna pozyskana z produkcji biowęgla zastąpi energię produkowaną w PGE, uniknięta emisja CO₂ wyniesie nieco ponad 0,63 Mg CO₂/Mg biowęgla. W przeliczeniu na hektar da to dodatkową sekwestrację w ilości prawie 48 Mg CO₂/ha. W sumie zdeponowanie 76 Mg biowęgla w 1 ha ziemi uprawnej daje możliwość sekwestracji ponad 273 Mg CO₂. Dla sekwestracji całkowitej ilości CO₂ emitowanego z dużych bloków w Polsce należałoby przeznaczyć 0,55 mln ha ziemi uprawnej i wyprodukować prawie 42 mln Mg biowęgla rocznie. Do produkcji takiej ilości biowęgla należałoby zużyć ponad 120 mln Mg biomasy surowej (w odniesieniu do stanu suchego).

Jeśli wyprodukowany w ten sposób biowęgiel zmieszamy w proporcji 1:1 z wodorowęglanem amonu (NH₄HCO₃), pozyskiwanym w procesie kontaktowania wodnego roztworu amoniaku NH₃H₂O ze spalinami pochodzącymi ze spalania węgla (Bis 2008), otrzymamy dodatkowy efekt sekwestracji CO₂ w ilości 0,56 Mg CO₂/Mg biowęgla. Z technicznego punktu widzenia proces wiązania CO₂ przez wodny roztwór amoniaku najlepiej przeprowadzić w obecności ziaren biowęgla, bo wtedy tworzący się wodorowęglan amonu osadzi się bezpośrednio na jego mocno rozwiniętej powierzchni wewnętrznej. W ten sposób w 1 ha ziemi możliwe będzie zdeponowanie ponad 315 Mg CO₂ co spowoduje zmniejszenie wymaganego areалу ziemi uprawnej przeznaczonego dla całkowitej sekwestracji CO₂ z dużych bloków energetycznych do 0.47 mln ha ziemi rocznie.

Czy sekwestracja CO₂ z wykorzystaniem biowęgla ma sens?

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej rozważania, odpowiedź nasuwa się sama. Na pewno jest to metoda, którą warto poważnie rozważyć, przeanalizować oraz przebadać w warunkach naszego kraju, korzystając ze zdobytych już doświadczeń w innych krajach. W tym miejscu warto zaznaczyć, że plany Unii Europejskiej w zakresie ograniczenia emisji CO₂ na razie sięgają do 2035 r. i nie wymagają tak drastycznego ograniczenia emisji CO₂, jaki wzięto pod uwagę w poprzednim rozdziale. Jest więc wystarczająco dużo czasu na podjęcie systematycznych działań nad oceną realnego potencjału sekwestracji CO₂ poprzez deponowanie biowęgla „nasyconego” odpowiednimi nawozami w glebie. Podjęcie takiego wyzwania przez polską naukę nie niesie w sobie żadnego ryzyka niepowodzenia, gdyż jeśli nie doprowadzi do pomyślnego efektu legislacyjnego, to przynajmniej da podstawy rozwoju ekologicznego rolnictwa, tak jak to udowodniono już wiele tysięcy lat temu. W ten sposób węgiel będzie dalej hołubionym dzieckiem nie tylko Europy.

Literatura:

Bis Z.: Kotły fluidalne. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2010.

Bis Z.: Biowęgiel - powrót do przeszłości, szansa dla przyszłości, Czysta Energia, 6/2012.

Czakiert T., Bis Z., Muskala W., Nowak W.: Fuel Conversion from Oxy-Fuel Combustion in a Circulating Fluidized Bed, Fuel Processing Technology, 2006, Vol. 87, pp. 531-538.

Kobyłecki R., Bis Z.: Autotermiczna Termoliza Jako Efektywna Technologia Produkcji Czystych i Wysokoenergetycznych Paliw, Archiwum Spalania vol. 6, nr 1-4, 2006.

Kobyłecki R., Bis Z.: Biocarbon - Efektywna Konwersja Energii ze Źródeł Odnawialnych, Energetyka, czerwiec 2006.

Portal Górniczy, 22.03.2012, Autor MD,

<http://www.businessweek.com/news/2012-09-21/coal-era-beckons-for-europe-as-carbon-giveaway-finishes>.

<http://www.csmonitor.com/tags/topic/Japan>.

<http://www.csmonitor.com/tags/topic/Goldman+Sachs+Group+Inc>.

<http://www.biochar-international.org>.