

23 Zrównoważone paliwa kopalne?

Nie uciekniemy od faktu, że paliwa kopalne jeszcze przez dziesięciolecia będą stanowiły istotny element bilansu energetycznego.

rzecznik prasowy rządu brytyjskiego, kwiecień 2008

Nasz obecny radosny postęp nie będzie trwał w nieskończoność.

William Stanley Jevons, 1865

W poprzednich trzech rozdziałach zbadaliśmy główne technologie i zmiany zachowań konsumenckich na rzecz redukcji zużycia energii. Stwierdziliśmy, że możliwe jest ograniczenie o połowę zużycia energii w transporcie (i odchodzenie od paliw kopalnych), o ile przesiądziemy się do samochodów elektrycznych. Stwierdziliśmy, że jeszcze skuteczniej możemy ograniczyć zużycie energii cieplnej (i odchodzić od paliw kopalnych), ocieplając wszystkie budynki i używając elektrycznych pomp ciepła zamiast paliw kopalnych. Wynika z tego, że możemy ograniczyć zużycie energii. Niestety, zaspokojenie nawet tak zredukowanego zapotrzebowania za pomocą brytyjskich źródeł odnawialnych może być bardzo trudne (rys. 18.7, str. 120). Czas więc przeanalizować nieodnawialne opcje produkcji energii.

Weźmy znane rezerwy paliw kopalnych. To w przeważającej części węgiel – jego rezerwy są szacowane na 800–1600 mld ton. Weźmy tę większą wartość, podzielmy ją równo pomiędzy 6 mld ludzi i spalmy w sposób „zrównoważony”. Co rozumiemy przez zużywanie wyczerpywalnych, było nie było, zasobów w sposób „zrównoważony” (czyli bez uszczerbku dla przyszłych pokoleń)? Posłużymy się taką oto arbitralną definicją: tempo spalania jest „zrównoważone”, jeżeli zasobów wystarczy na **1000 lat**. Tona węgla dostarcza 8000 kWh energii chemicznej, więc 1600 mld ton węgla, rozdzielone między 6 mld ludzi w przeciągu 1000 lat, daje energię rzędu **6 kWh dziennie na osobę**. Standardowa elektrownia przekształciłaby tę energię chemiczną w prąd z efektywnością około 37% – daje to w przybliżeniu **2,2 kWh(e) dziennie na osobę**. Jeżeli dbamy o klimat, najpewniej standardowa elektrownia nas nie zadowoli. Prawdopodobnie wybierzemy technologię „czystego węgla”, znaną również jako wychwyty i składowanie dwutlenku węgla (CCS) – technologię będącą jeszcze w powijakach, która pozwala wyłapać większość dwutlenku węgla ze strumienia spalin i wpakować go do dziury pod powierzchnią ziemi. Takie redukcowanie emisji ma istotny koszt energetyczny – ograniczyłoby ilość wyprodukowanego prądu o jakieś 25%. Tak więc „zrównoważone” wykorzystanie znanych rezerw węgla dostarczyłoby zaledwie **1,6 kWh(e) na osobę dziennie**.

Porównajmy owo „zrównoważone” tempo spalania węgla (1,6 mld ton rocznie) z obecnym zużyciem węgla na świecie, które wynosi 6,3 mld ton rocznie i nadal rośnie (w roku 2009 wzrosło ono do blisko 7 miliardów ton).

Jak na tym tle wypadła Wielka Brytania? Szacuje się, że zostało nam 7 mld ton węgla. Kiedy podzielimy 7 mld ton między 60 mln ludzi, otrzymamy 100 ton na osobę. W 1000-letnim horyzoncie oznacza to **2,5 kWh na osobę dziennie**. W elektrowni wyposażonej w CCS to zrównoważone podejście do brytyjskiego węgla dostarczyłoby 1,7 kWh(e) na osobę dziennie.

Wniosek jest jasny:

Czysty węgiel jest tylko technologią przejściową.



Fot. 23.1. Dostawa węgla do elektrowni w Kingsnorth (o mocy 1940 MW) w 2005 roku. Fot. Ian Boyle, www.simplonpc.co.uk

Węgiel: 6 kWh/d

Rys. 23.2. „Zrównoważone paliwa kopalne”

Skoro już rozwijamy technologię „czystego węgla” w celu redukcji emisji gazów cieplarnianych, nawet poklepując się po plecach, musimy uczciwie podliczyć rachunki. Proces spalania węgla wiąże się z emisją gazów cieplarnianych nie tylko w elektrowni, ale też w kopalni. Wydobyciu węgla towarzyszy emisja metanu, tlenku węgla i dwutlenku węgla – zarówno bezpośrednio z pokładów węgla w procesie odkrywania, jak i później z łupków i mułowców składowanych w hałdach. Owe emisje z kopalni podnoszą ślad węglowy (czyli emisję gazów cieplarnianych) przeciętnej elektrowni o około 2%, co elektrownię pracującą w technologii „czystego węgla” czyni jakby mniej czystą. Podobny problem rachunkowy dotyczy gazu naturalnego – jeżeli około 5% gazu wycieka w trakcie transportu z dziury w ziemi do elektrowni, wywołane przez to zanieczyszczenie metanem odpowiada (w przeliczeniu na dwutlenek węgla) 40-procentowemu wzrostowi emisji CO₂ z elektrowni.



Fot. 23.3. Koparka pasąca się na prehistorycznych liściach
Fot. Peter Gunn

Zasoby bilansowe węgla w Polsce są większe niż w Wielkiej Brytanii. Według optymistycznych założeń zostało nam 16 mld ton węgla kamiennego i 22 mld ton węgla brunatnego. Węgiel brunatny jest jednak wyjątkowo brudnym paliwem o wyższej niż węgiel kamienny emisji dwutlenku węgla, a jego wartość opałowa wynosi zaledwie 37% wartości opałowej węgla kamiennego. Dzieląc całkowite zasoby między 40 mln Polaków, uzyskujemy 950 ton na osobę. Uwzględniając niższą wartość opałową węgla brunatnego, w 1000-letnim horyzoncie otrzymujemy 15 kWh na osobę dziennie (10 kWh z węgla kamiennego i 5 kWh z brunatnego). Zrównoważone wykorzystanie węgla w elektrowni z CCS obniżyłoby tę wartość do poziomu **około 11 kWh na osobę dziennie**.

Również dla Polski „czysty węgiel” jest więc tylko technologią przejściową. Teoretyczny potencjał zaspokojenia naszych potrzeb energetycznych (nieuwzględniający barier ekonomicznych i technologicznych ani konieczności zastąpienia węglem innych wciąż wyczerpywanych źródeł energii) jest jednak wyraźnie wyższy niż w Wielkiej Brytanii.

David nie traktuje metanu uwalnianego się z pokładów węgla jako potencjalnego surowca energetycznego. W Polsce postuluje się ponownie badań nad jego wychwytem i wykorzystaniem (takie działania prowadzono i zarzucono w latach 90.) Szacuje się, że zasoby metanu w polskich złożach to ponad 150 mld m³, czym przewyższają udokumentowane ilości w konwencjonalnych złożach gazu ziemnego. Nie jest to jednak perspektywa oszałamiająca. Załóżmy, że zużycie gazu w Polsce nie będzie rosło i nadal wynosić będzie 14 mld m³ rocznie. Zaspokojenie zapotrzebowania na gaz za pomocą metanu z pokładów węgla wyczerpałoby go w 10 lat. Ujmując to w naszych jednostkach, wykorzystanie tych zasobów dałoby każdemu Polakowi około **0,11 kWh na osobę dziennie**.

Nowe technologie węglowe

Przedsiębiorstwo Direct Carbon (directcarbon.com) z siedzibą w Stanford w kalifornijskim Palo Alto rozwija Bezpośrednie Węglowe Ogniwo Paliwowe (*Direct Carbon Fuel Cell*), które przekształca paliwo i powietrze bezpośrednio w prąd i CO₂ bez użycia wody lub turbin parowych. Przedstawiciele firmy twierdzą, że ten sposób produkowania prądu z węgla jest dwukrotnie bardziej efektywny niż ma to miejsce w standardowej elektrowni.

Gdzie kończy się ścieżka „wszystko po staremu”?

Ekonomista William S. Jevons wykonał w 1865 roku proste obliczenie. Dyskutowano wówczas, na jak długo wystarczy brytyjskiego węgla. By odpowiedzieć na to pytanie, zazwyczaj dzielono szacunkowe rezerwy węgla przez jego zużycie i otrzymywano odpowiedzi w rodzaju „na 1000 lat”. Jednakże Jevons stwierdził, że zużycie nie jest stałe. Podwajało się co 20 lat, a „postęp” sprawiał, że tak miało być i w przyszłości. Stąd też obliczenie „rezerwy podzielone przez zużycie” daje odpowiedź nieprawidłową.

Zamiast tego Jevons ekstrapolował wykładniczo rosnącą konsumpcję, obliczając, kiedy całkowite zużycie przekroczy szacunkowe rezerwy. Miało to być znacznie wcześniej niż za 1000 lat. Jevons nie zakładał, że zużycie rosłoby w stałym tempie, ale wskazywał, że wzrost ten nie będzie zrównoważony. Jego rachunki pokazały brytyjskim czytelnikom, że istnieją granice wzrostu i że owe granice mogą ujawnić się całkiem niedługo. Jevons przedstawił śmiałą prognozę, że koniec brytyjskiego „postępu” nastąpi w ciągu stu lat od roku 1865. Miał rację. Wydobywanie węgla w Wielkiej Brytanii osiągnęło szczyt w 1910, a do roku 1965 Wielka Brytania przestała być światową potęgą.

Powtórzmy ten rachunek dla świata. W 2006 roku zużycie węgla wynosiło 6,3 mld ton rocznie. Porównując to z rezerwami wielkości 1600 mld ton, ludzie często mówią: „Węgla wystarczy nam jeszcze na 250 lat”. Jeżeli jednak zakładamy, że scenariusz „wszystko po staremu” („*business as usual*”) wiąże się z rosnącym zużyciem, otrzymamy inną odpowiedź. Gdyby zużycie węgla rosło o 2% rocznie (co mniej więcej odpowiada danym z lat 1930–2 000), wyczerpiemy pokłady węgla do roku 2096. Gdyby zużycie węgla rosło o 3,4% rocznie (tempo wzrostu zużycia na przestrzeni ostatniej dekady), koniec „wszystkiego po staremu” nadejdzie przed rokiem 2072. To nie 250 lat, ale 60! [szybki wzrost zużycia, obecnie już do poziomu blisko 7 miliardów ton rocznie oraz weryfikacja rezerw spowodowały, że światowe rezerwy węgla, jeszcze w 2001 roku szacowane na 250 lat bieżącego zużycia, w roku 2010 były już szacowane jedynie na 119 lat – *red.*]

Gdyby Jevons był tu z nami dzisiaj, jestem pewien, że prognozowałby koniec naszego obecnego radosnego postępu przed rokiem 2050 lub 2060 – chyba, że oberzemy kurs inny niż „wszystko po staremu”.

I my zrewidujmy obliczenia dla Polski. Jeżeli weźmiemy pod uwagę tylko zasoby przemysłowe i operatywne (czyli takie, które rokują pod względem ekonomicznym, technologicznym i ekologicznym), szacuje się, że węgla kamiennego przy obecnym poziomie zużycia wystarczy nam na około 50 lat. Należy zauważyć, że węgiel, który nam pozostał, jest znacznie niższej jakości i głębiej położony niż dotychczas eksploatowane pokłady. Ponadto, jeżeli każda nowa elektrownia węglowa zostanie wyposażona w instalację CCS, spadnie sprawność wykorzystania energii z węgla. By uzyskać tę samą wielkość produkcji prądu i ciepła zużyjemy więcej surowca. Węgiel skończy się nam jeszcze w połowie obecnego stulecia.

Przypisy i zalecana literatura

Numer strony:

- 167 ... 1000 lat – zgodnie z moją arbitralną definicją na tyle wystarczy węgla przy jego „zrównoważonym” zużyciu. Wcześniej podobnego obliczenia dokonał Hansen z zespołem (2007), stawiając znak równości pomiędzy „na więcej niż 500 lat” i „na zawsze”.
- Tona ekwiwalentu węgla = 29,3 GJ = 8000 kWh energii chemicznej. Liczba ta nie uwzględnia kosztów energetycznych wydobycia węgla, transportu oraz wychwytu i składowania dwutlenku węgla.
 - Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (CCS). Istnieje kilka technologii CCS. Jedna to wychwytywanie CO₂ ze strumienia spalin wylatujących kominem, inne polegają na zgazowaniu węgla i oddzieleniu CO₂ przed spalaniem. Więcej w: Metz i inni (2005). Pierwsza prototypowa elektrownia węglowa z CCS została otwarta 9 września 2008 roku przez szwedzki koncern Vattenfall. [5kpk8].
 - Brytyjski węgiel. We wrześniu 2005 roku rezerwy i zasoby w istniejących kopalniach szacowane były na 350 mln ton. W listopadzie 2005 roku potencjalne rezerwy w odkrywkach szacowano na 620 mln ton, a potencjał podziemnego zgazowania węgla – na 7 mld ton. [yebuk8].
- 168 Polski węgiel. Dane pochodzą z „Przeglądu Energetycznego” BP 2010 [2uc2vry] oraz opracowania M. Bartosika *Globalne zasoby energii pierwotnej a kryzys energetyczny*, maj 2009. [33na87]].
- Wydobyciu węgla towarzyszy emisja gazów cieplarnianych. Więcej na temat emisji metanu z wydobycia węgla znaleźć można na stronie: www.epa.gov/cmopl/, u Jacksona i Kershawa (1996) oraz Thakura i innych (1996). Globalne emisje metanu z wydobycia węgla wynoszą około 400 Mt CO₂e rocznie. Odpowiada to około 2% emisji gazów cieplarnianych związanych ze spalaniem węgla.
Przeciętna zawartość metanu w brytyjskich pokładach węgla wynosi 4,7 m³ na tonę węgla (Jackson i Kershaw, 1996); metan jest uwalniany do atmosfery i ma globalny potencjał tworzenia efektu cieplarnianego odpowiadający około 5% potencjału, jaki ma CO₂ ze spalania węgla.
 - Zasoby bilansowe węgla w Polsce...Zasoby bilansowe to takie, które są możliwe i opłacalne w wydobyciu według aktualnych kryteriów wykorzystania gospodarczego.
 - Jeżeli wycieka 5% gazu, odpowiada to 40-procentowemu wzrostowi emisji CO₂. Przypadkowe zanieczyszczenie metanem ma prawie ośmiokrotnie większy potencjał ocieplania klimatu niż zanieczyszczenie CO₂ powstałe w wyniku spalania tego metanu. Dlaczego ośmiokrotnie większy, a nie – jak się zazwyczaj podaje – 23-krotnie większy? 23-krotność to stosunek potencjału ocieplenia obliczony w oparciu o równe masy metanu i CO₂. W procesie spalania każda tona metanu (CH₄) zamienia się w 2,75 tony CO₂; natomiast jeżeli wycieka – odpowiada 23 tonom CO₂. 23 dzielone przez 2,75 daje 8,4.
- 169 Jeżeli każda nowa elektrownia węglowa w Polsce zostanie wyposażona w instalację CCS (...). Instalacja CCS ma powstać w należącej do Polskiej Grupy Energetycznej elektrowni Bełchatów. Bełchatowski CCS energetycy podsumowują hasłem „Ekologia, która zabija wydajność”. Sprawność nowego bloku zostanie obniżona z 41,7% do 36,8% i będzie podobna do uzyskiwanej w przestarzałych, nieefektywnych blokach.
- światowe rezerwy węgla, jeszcze w 2001 roku szacowane na 250 lat bieżącego zużycia, w roku 2010 były już szacowane jedynie na 119 lat. Patrz: przeglądy energetyczne British Petroleum, dostępne w [3yto6z4] (lata 2001 – 2008) oraz [273yzqs] (2010).
Rekomendacje lektur: World Energy Council. [yhxf8b].
Lektury na temat podziemnego zgazowania węgla: [e2m9n].

