

133/2001 A08/4

**Raport Badawczy**

**RB/86/2001**

**Research Report**

**Środowisko naturalne  
a rozwój cywilizacji  
i technologii**

**W. Ciechanowicz**

**Instytut Badań Systemowych  
Polska Akademia Nauk**

**Systems Research Institute  
Polish Academy of Sciences**



**POLSKA AKADEMIA NAUK**

**Instytut Badań Systemowych**

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 8373578

fax: (+48) (22) 8372772

Pracę zgłosił: dr inż. Piotr Holnicki

Warszawa 2001

# Środowisko naturalne a rozwój cywilizacji i technologii

W. Ciechanowicz

## Streszczenie

Jednym z celów stawianych sobie przez autora przy realizacji zadania planowego „Analiza systemowa problemów związanych z zastosowaniem w warunkach polskich biomasy jako źródła alternatywnego wobec paliw kopalnych” jest próba wyjaśnienia kwestii związanych z zagrożeniami dla cywilizacji i jej dalszym rozwojem. W procesie tym istotnym jest aspekt edukacji ekologicznej, stymulującej myślenie ekologiczne. Zachodzi bowiem pilna potrzeba radykalnej zmiany naszej mentalności, która pozwoli ludziom na bardziej skuteczną walkę z wszystkimi zagrożeniami współczesnej cywilizacji.

Zakres pracy obejmuje między innymi następujące zagadnienia:

- czynniki przyrody i mechanizmy jej funkcjonowania, które stanowią środowisko naturalne, a więc przyrodę.
- zagrożenia dla człowieka i ekosystemu, które niosą lub mogą nieść poszczególne ery rozwoju cywilizacji.
- myślenie ekologiczne i edukacja ekologiczna prowadzące do właściwego postępowania w tym sensie, że Ziemia będzie ciągle Domem człowieka.

## Wstęp

W publikowanych ekspertyzach szeregu instytucji międzynarodowych dominuje przekonanie, że w celu zachowania klimatu ziemskiego konieczne będzie znaczne zredukowanie emisji gazów cieplarnianych poprzez wprowadzanie w skali globalnej nowoczesnego systemu bioenergetycznego, który przeciwdziałałby wzrostowi stężenia dwutlenku węgla w atmosferze. Jest to jeden z problemów, który będzie warunkował dalszy rozwój cywilizacji.

Drugim problemem w rozwoju obecnej i przyszłej cywilizacji jest dążenie do zrównoważonego rozwoju w skali globalnej w długim horyzoncie czasowym jako konieczności zachowania środowiska naturalnego, w tym także litosfery, dla przyszłych pokoleń ludzkości.

Trzecim problemem warunkującym dalszy rozwój cywilizacji, szczególnie w początkach XXI wieku, jest poszukiwanie alternatywy dla ropy, a więc dążenie do tego aby energia nie była luksusem.

Uzasadnieniem tego ostatniego stwierdzenia są następujące fakty.

Zgodnie z przewidywaniami prognoz energetycznych USA, istnieje groźba deficytu ropy na rynku światowym już w 2010 roku w ilości około 1.4 miliarda ton rocznie, co jest równoważne połowie wydobycia ropy w 1997 roku. W skali świata popyt na ropę wzrośnie do 2020 roku o 60 %. Wynika to z faktu, że wydobycie ropy zacznie maleć od 2010 roku, szczególnie z pól naftowych nie objętych stowarzyszeniem OPEC. To mogłoby powodować szok cenowy, ekonomiczną recesję w skali świata, a nawet groźbę wojny.

Według Amerykańskiego Instytutu Metanolu, a także firmy Daimler Chlyser oznacza to, że silniki zasilane benzyną muszą odejść w niepamięć. Mają wkrótce je zastępować, zanim mógłby nastąpić szok cenowy, układy napędowe metanol - ogniwa paliwowe.

Wśród wielu możliwych rozwiązań i pomysłów, ludzkość staje więc przed wyborem źródeł energii przyszłości i technologii ich wykorzystywania, charakteryzujących się wysoką sprawnością i jakością przemiany surowców energetycznych.

Wydaje się, że najmniejsze ryzyko podejmowanych docelowych decyzji, dotyczących wyboru źródła energii i technologii wykorzystywania tego źródła, mogłoby zaistnieć, gdyby człowiek naśladował mechanizmy stworzone przez naturę. Chodzi tu o naśladowanie cyklu węglowego, poprzez wykorzystywanie jako źródła energii podstawowego elementu tego cyklu, jakim jest biomasa, będąca produktem fotosyntezy. Biomasa, jako pierwotny nośnik energii, odpowiednio przemieniana może stanowić bioenergie, manifestującą się w postaci energii elektrycznej, paliw gazowych lub ciekłych.

Jak wynika z powyżej przedstawionych uwag, pierwszym warunkiem wyboru źródła energii przyszłości jest jego neutralność wobec środowiska lub „czystość ekologiczna” ze względu na emisję gazów cieplarnianych do atmosfery.

Ale istotnym jest także warunek, aby źródło energii mogło zapewniać ciągłość dostawy i wielkość pożądaną przez użytkownika w każdym miejscu kuli ziemskiej.

Obecnie, te dwa warunki spełnia energia jądrowa i ma w przyszłości spełniać bioenergia, będąca produktem odpowiedniej przemiany biomasy uprawianej do celów energetycznych w skali globalnej. Rodzą się pytania, w jakim stopniu te źródła energii, a więc energia jądrowa i bioenergia oraz technologie ich przemiany mogą spełniać wymienione już wyżej i inne, równie istotne uwarunkowania, a więc:

- sprzyjanie zrównoważonemu rozwojowi zachowanie klimatu ze względu na efekt cieplarniany: warunku tego nie mogą spełniać paliwa kopalne,
- zrównoważony rozwój ekonomiczny i społeczny w skali poszczególnych krajów czy regionów oraz w skali globalnej, w długim horyzoncie czasowym, w tym zachowanie środowiska litosfery dla przyszłych pokoleń: warunku tego nie może spełniać energia jądrowa ze względu na wysoko radioaktywne długo żyjące odpady reaktorowe, które nie mogą być gromadzone w litosferze,
- zapewnienie wysokiej efektywności przemiany surowców energetycznych,
- dążenie do tego, aby energia nie była luksusem; warunku tego nie zapewni ropy z pól naftowych objętych stowarzyszeniem OPEC.

Te trzy wymienione wymagania może w przyszłości spełnić:

- bioenergia, której surowcem wejściowym byłaby biomasa, jako globalny system bioenergetyczny, manifestująca się między innymi w postaci metanolu, i
- technologie wykorzystywania metanolu, neutralne wobec efektu cieplarnianego.

Bioenergia w postaci metanolu jest jedynym nośnikiem energii, który może stać się paliwem czystych ekologicznie technologii napędu środków transportu. Są to ogniwa paliwowe bezpośrednio zasilane metanolem.

Metanol można produkować stosując gaz naturalny lub gaz powstały w wyniku gazyfikacji biomasy. Tylko to drugie rozwiązanie może stanowić paliwo neutralne wobec efektu cieplarnianego.

Powstaje więc wybór czynników zapewniających, że rozwój cywilizacji będzie gwarantował zachowanie środowiska naturalnego dla przyszłych pokoleń. Są to:

1. biomasa,
2. metanol,
3. ogniwa paliwowe.

Szczegółowe rozważania na powyższe tematy są zawarte w innych opracowaniach.

## **Wprowadzenie**

*Przez środowisko naturalne pierwotne rozumie się stan środowiska stworzony przez naturę, w którym jest brak wpływu gospodarki człowieka. Środowisko naturalne obejmuje skorupę ziemską, część atmosfery - troposferę i stratosferę, wody - hydrosferę, pokrywę glebową, szatę roślinną i świat zwierzęcy, a także ogół czynników przyrodyżywionej i nieżywionej w postaci pierwotnej stworzonej przez naturę. Poniżej przedstawia się te czynniki przyrody i mechanizmy jej funkcjonowania, które stanowią środowisko naturalne, a więc przyrodę.*

### **1.1 Biosfera**

Biosfera jest tą częścią ziemi, w której istnieje życie. Obejmuje powierzchnię, górne warstwy skorupy ziemskiej i dolną część atmosfery. Może być rozumiana jako biochemiczny system zdolny do pozyskiwania, przetwarzania, gromadzenia i wykorzystywania energii słonecznej. Około trzysta tysięcy rodzajów roślin i mikroorganizmów rozpoznano jako pierwotnych producentów. Wykorzystują one nieorganiczne elementy i związki tworząc organiczne składniki życia. Ich produkcja jest konsumowana przez ponad milion innych gatunków organizmów, które przetwarzają te organiczne zasoby w formę zwierzęcą. Inne gatunki, przede wszystkim bakterie i grzyby, towarzyszą procesowi recykliczacji odpadów roślinnych i zwierzęcych do formy nieorganicznej, zamykając w ten sposób cykl procesu życia. W tym cyklu wiele składników jest wydzielanych z globalnych zasobów i przetwarzanych w sposób cykliczny z formy nieorganicznej do organicznej. Przykładem takich składników wszystkich żywych organizmów jest węgiel, tlen, wodór, azot, fosfor, siarka, sód, potas, wapń, magnez, żelazo, mangan, kobalt, miedź i cynk. Około 15 innych składników, takich jak selen, wanad i bor mogą występować w większym lub mniejszym stopniu w organizmach żywych.

Najstarsze znane organizmy, będące produktem fotosyntezy, liczą sobie około dwa miliardy lat. W ciągu tego ogromnego okresu czasu cała biosfera dojrzewała i rozwijała się jako samoregulujący się system z możliwością dokonywania wewnętrznego kontrolowania i bilansowania. To przyczyniło się do rozwinięcia w znacznym stopniu zdolności utrzymywania w równowadze biologicznego systemu.

### **1.2 Energia słoneczna**

Istnienie wszystkich organizmów żywych zależy od słońca, które dostarcza energii jako paliwa w zachodzących w nich reakcjach biochemicznych. Szata roślinna wykorzystuje światło słoneczne bezpośrednio, wytwarzając - według odpowiednich mechanizmów - węglowodany. Zawierają one nagromadzoną energię słoneczną, wykorzystywaną przez świat zwierzęcy w postaci pożywienia.

Niezależnie od zaspakajania organizmów żywych w pożywienie, promieniowanie słoneczne osiągalne na ziemi zapewnia, że środowisko planetarne staje się przyjazne dla życia. Ilość energii słonecznej przekazywanej na zasadzie promieniowania do zewnętrznej granicy atmosfery w ciągu jednej sekundy wynosi  $1.73 \times 10^{11}$  MW. Stanowi to 30000 razy więcej aniżeli światowe zużycie energii pierwotnej, przy założeniu ciągłej dostawy w roku 1970. 30% tej mocy jest odbijane od globu ziemskiego, głównie jako promieniowanie widzialne i ultrafioletowe. 47% jest zaś pochłaniane w atmosferze i reemitowane na zewnątrz, przeważnie jako promieniowanie podczerwone. Pozostałe 23% uczestniczy w zjawisku odparowywania. Źródłem energii słońca jest reakcja syntezy czterech jąder wodoru, która prowadzi do powstawania jąder helu i dwóch pozytronów:



Reakcja ta nie może mieć zastosowania na globie ziemskim. Duże ilości wytwarzanej na słońcu energii są wynikiem wielkiej masy materiałów uczestniczących w reakcji syntezy, a nie dużej szybkości reakcji jądrowych na jednostkę objętości.

Tak jak na słońcu, materia we wszechświecie występuje głównie w postaci wodoru i helu. Większość tej materii jest rozmieszczona w przestrzeniach międzygwiazdnych i międzygalaktycznych, przy czym przez galaktykę rozumie się układ gwiazd i materii rozproszonej. W naszej galaktyce średnia gęstość materii międzygwiazdnej jest rzędu 1 atom na  $1\text{ cm}^3$ . Oceniono, że ilość wodoru występująca na słońcu jest w stanie zapewnić zachodzenie reakcji syntezy przez około pięć tysięcy milionów lat.

### **1.3 Energia kinetyczna wiatrów i wnętrza oceanów - konsekwencja działania promieniowania słonecznego**

Jedną z konsekwencji działania promieniowania słonecznego na ziemi jest powstawanie źródeł energii, takich jak energia kinetyczna wiatrów i energia wnętrza oceanów.

Nierównomierne ogrzewanie ziemi przez słońce przyczynia się do powstawania cyrkulacji lub ruchów atmosferycznych na dużą skalę. Stanowią one źródło energii kinetycznej wiatrów. Cyrkulacje atmosferyczne dzieli się umownie na trzy kategorie z punktu widzenia skali zjawisk, a mianowicie:

- podstawowe cyrkulacje planetarne powodowane obrotem ziemi,
- cyrkulacje poziome, mające istotny wpływ na pogodę świata,
- lokalne cyrkulacje poziome lub pionowe kształtujące lokalną pogodę.

Około 2% promieniowania słonecznego osiągającego powierzchnię ziemi ulega w sposób ciągły przemianie w energię wiatrów [1.1]. W skali kuli ziemskiej wielkość mocy użytecznej wiatrów jest rzędu  $10^6\text{MW}$  [1.2].

Morza i oceany pokrywają 71% powierzchni kuli ziemskiej. Średnia głębokość mórz wynosi 4 km. Tak duża objętość wody, szczególnie w strefach podzwrotnikowych, stanowi potężny kolektor energii słonecznej. Niestety użyteczność tej energii jest mała.

Warunkiem wykorzystania energii mórz jest istnienie dwóch prądów wodnych: gorącego i zimnego. Takie dwa prądy występują w prądach podzwrotnikowych Golfstrom, Kuroshio i prądach równikowych. Sięgają one do głębokości 1000 metrów. Temperatura na powierzchni wynosi około  $26^\circ\text{C}$ , natomiast na głębokości 1000 metrów waha się w granicach  $2.5 - 5^\circ\text{C}$ . Wody z regionów podbiegunowych płyną dnem oceanów do strefy podzwrotnikowej. Tam po ogrzaniu unoszą się do górnych warstw i powracają do regionów bieguna. Zjawisko to przyczynia się do powstawania wspomnianych dwóch prądów wodnych.

### **1.4 Atmosfera**

Promieniowanie słoneczne ma także wpływ na atmosferę ziemską, powłokę gazową otaczającą ziemię, składającą się z mieszaniny gazów, zwanej powietrzem. Należy zauważyć, że atmosfera stanowi powłokę chroniącą człowieka przed szkodliwym promieniowaniem kosmicznym, będącym promieniowaniem jonizującym.

Promieniowaniem kosmicznym nazywamy strumień cząstek o bardzo dużych energiach,  $10^7$ - $10^{20}$  elektronowoltów, dobiegających do układu słonecznego z przestrzeni kosmicznej (1 elektronowolt, 1 eV, jest to energia nabyta przez dowolną naładowaną cząstkę o ładunku jednostkowym elektronowym przy jej przejściu bez oporu w

polu elektrostatycznym, przy różnicy potencjałów równej 1 V). Cząstki promieniowania kosmicznego, wbiegające w atmosferę ziemską z prędkością bliską prędkości światła, są źródłem cząstek wtórnych.

Promieniowanie kosmiczne jako promieniowanie jonizujące ma zdolność wytwarzania jonów pośrednio lub bezpośrednio w czasie przenikania przez materię. Do promieniowania jonizującego zalicza się strumienie wysokoenergetycznych fotonów, strumienie naładowanych cząstek elementarnych, cząstek  $\alpha$  i innych jąder atomowych, także strumienia neutronów. W organizmach żywych promieniowanie jonizujące wywołuje takie same pierwotne efekty radiacyjne jak w innych substancjach. Skutki napromieniowania mogą być wczesne w postaci ostrej choroby popromiennej, lub późne, jak zmiany genetyczne, nowotwory.

Energia, jaką niesie foton światła ultrafioletowego (4 eV lub powyżej tej wartości), może powodować niszczenie molekuł niezbędnych dla procesu życia. Koniecznym staje się, aby atmosfera ziemską chroniła życie przed tym promieniowaniem. Istnieje przekonanie, że pierwotna atmosfera ziemi nie zawierała tlenu i była bardzo przezroczysta dla promieniowania ultrafioletowego. Życie biologiczne mogło istnieć tylko w morzu, gdy przemiana materii w procesie biochemicznym zachodziła bez udziału tlenu. W miarę rozwoju mikroorganizmów w morzach poprzez proces fotosyntezy, w wyniku rozkładu wody powstawał tlen, który przedostawał się do atmosfery. Cząsteczki tlenu dyfundowały w górne warstwy atmosfery. Następnie, w wyniku działania promieniowania ultrafioletowego, ulegały dekompozycji na wolne atomy tlenu, a część z nich łączyło się, tworząc cząsteczki ozonu  $O_3$ . Gaz ten ma właściwość silnej absorpcji promieniowania ultrafioletowego. Zawarty w górnych warstwach atmosfery działa jako stratosferyczny filtr tego promieniowania.

Istnieje inne zjawisko, które może mieć istotne znaczenie w utrzymywaniu warunków przyjaznych dla życia. Atmosfera ziemi może odbijać, pochłaniać, rozpraszając lub przepuszczać promieniowanie słoneczne. Gdy zawiera ona dwutlenek węgla lub parę wodną, pochłania promieniowanie odbijane od ziemi, ponieważ dwutlenek węgla i para wodna pochłaniają promieniowanie podczerwone. Zjawisko to jest przyczyną powstawania tak zwanego *efektu cieplarnianego*. Konsekwencją wzrostu stężenia dwutlenku węgla będzie zachwianie bilansu cieplnego atmosfery. W wyniku tego nastąpi ogrzanie powierzchni ziemi, topienie lodów na biegunach, podnoszenie się poziomu wód oceanów. Atmosfera zachowuje się jako upust ciepła przy wszystkich szerokościach geograficznych. Powierzchnia ziemi stanowi źródło ciepła za wyjątkiem powierzchni w pobliżu biegunów. Dlatego strumienie ciepła z powierzchni ziemi są nie tylko transmitowane do atmosfery, ale na drodze przewodzenia są transmitowane z tropikalnych szerokości geograficznych do obszarów polarnych. W uzupełnieniu tego mechanizmu ciepło może być także przekazywane przez prądy oceaniczne. Przykładem może być prąd Golfstrom. W krańcowych przypadkach efekt cieplarniany może przyczynić się do nieprzewidywalnych, znacznych zmian klimatu ziemskiego, zagrażających istnieniu życia na ziemi.

### **1.5 Energia wnętrza skorupy ziemskiej**

Istnienie świata roślinnego determinuje nie tylko energia słoneczna, ale także energia wnętrza skorupy ziemskiej. Na obszarach w pobliżu koła podbiegunowego ziemia w okresach letnich stanowi zmarzlinę nie zdatną do upraw roślinnych. Gdyby w skorupie ziemskiej nie występowały źródła ciepła, zjawisko zmarzlin z okolic kół podbiegunowych rozprzestrzeniłoby się w kierunku równika.

Przypuszcza się, że źródłem energii wewnętrznej skorupy ziemskiej jest bardzo powolny rozpad promieniotwórczy uranu, toru i potasu. Pierwiastki te występują w gra-

nicie i bazalcie, a więc w podstawowych składnikach skorupy ziemskiej. Rozpadowi radioaktywnemu izotopów towarzyszy wydzielanie ciepła.

W 1888 roku Maria Skłodowska-Curie doprowadziła do odkrycia polonu i radu w rudzie uranowej, z której uzyskiwano sole uranu. Opracowała fundamentalne zasady radiochemii. Zjawisko promieniotwórczości odkrył w 1896 roku Becquerel, badając luminescencję soli uranu. Rutherford, twórca podstaw współczesnej nauki o promieniotwórczości i budowie atomu, wykonał wiele badań, w wyniku których w 1899 roku wykazał odrębną naturę promieniowania  $\alpha$  i  $\beta$ . W 1903 roku, wspólnie z F. Soddy, podał teorię rozpadu promieniotwórczego, w 1914 wykazał zaś falową naturę promieniowania  $\gamma$ .

Znaczna większość pierwiastków występuje w przyrodzie w postaci trwałej, lecz kilka z nich, o dużej masie atomowej, poczynając od polonu (liczba atomowa 84) poprzez rad (88), tor (90) i uran (92), składa się wyłącznie z nietrwałych izotopów promieniotwórczych.

Substancje nietrwałe ulegają samorzutnym przemianom, tj. rozpadowi promieniotwórczemu, z określoną szybkością. Rozpadowi towarzyszy wyrzucenie z jądra naładowanej elektrycznie cząstki  $\alpha$  (jądra helu) albo cząstki  $\beta$  (elektronu). Produkty rozpadu są często również promieniotwórcze i wysyłają cząstki  $\alpha$  lub  $\beta$ . Po szeregu przemianach powstaje w końcu izotop trwały. Każde jądro danego izotopu promieniotwórczego ma określone prawdopodobieństwo rozpadnięcia się w ciągu jednostki czasu. To prawdopodobieństwo rozpadu ma wartość stałą, charakterystyczną dla danego izotopu. Odwrotność stałej zaniku  $\lambda$ , oznaczoną przez  $\tau$ , nazywa się średnim czasem życia izotopu promieniotwórczego

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (1.2)$$

Szybkość rozpadu promieniotwórczego określa się za pomocą wielkości zwanej okresem połowicznego zaniku (rozpadu). Jest to czas, w ciągu którego liczba atomów danego izotopu promieniotwórczego lub ich radioaktywność zmniejsza się do połowy swej początkowej wartości.

W przypadku toru okres połowicznego rozpadu wynosi 13.9 miliardów lat, gdy okres istnienia kuli ziemskiej ocenia się na 2 miliardy lat [1.3].

Ilość radioizotopu, albo raczej proporcjonalną do niej aktywność promieniotwórczości, mierzy się liczbą rozpadów na jednostkę czasu. Jednostką aktywności jest bekerel -Bq lub kiur - Ci. Jeden Bq jest to aktywność, przy której następuje 1 rozpad w czasie 1 sekundy.

Jeden Ci jest to aktywność, przy której zachodzi  $3,7 \cdot 10^{10}$  rozpadów na sekundę.  $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ .

Kula ziemska stanowi niejako kulisty element paliwowy z rozmieszczonymi wewnątrz źródłami ciepła. Wymiana ciepła odbywa się na zasadzie przewodzenia. Najwyższa temperatura winna więc występować w środku kuli. W miarę posuwania się do ścianki zewnętrznej - powierzchni ziemi, gradient temperatury winien maleć. Potwierdzają to pomiary temperatury w otworach wiertniczych i kopalnianych.

Obok przewodzenia ciepła w niektórych regionach skorupy ziemskiej wymiana ciepła następuje na zasadzie konwekcji. Stanowi ona taki rodzaj wymiany ciepła, w którym ruch płynu (gorącej wody) lub pary wywołany jest siłami masowymi (np. siłami grawitacji). W otoczeniu ciała wymieniającego ciepło występują różnice temperatur, powodujące różnicę gęstości otaczającego płynu, która jest przyczyną powstawania siły wyporu.



Ciepło wymieniane w skorupie ziemskiej na zasadzie przewodzenia jest teoretycznie dostępne w każdym punkcie powierzchni ziemi. Tego typu zasoby energii określa się mianem suchych źródeł geotermicznych. Wykorzystywanie ich wymaga wiercenia studni na głębokość kilku kilometrów dla uzyskania odpowiedniej różnicy temperatur i formowania na tej głębokości odpowiednich powierzchni wymiany ciepła.

Ciepło unoszone z wnętrza skorupy ziemskiej na zasadzie konwekcji objawia się w postaci naturalnych źródeł gorącej wody, pary nasyconej lub przegrzanej. Nazywa się je gorącymi źródłami geotermicznymi. Występują one tylko w nielicznych miejscach następujących krajów: Salwadoru, Islandii, Japonii, Meksyku, Nowej Zelandii, Stanów Zjednoczonych, Włoch i Rosji, w Polsce między innymi na Podkarpaciu.

### **1.6 Energia fal morskich**

Na powierzchni oceanów następuje zamiana energii kinetycznej wiatrów w energię kinetyczną fal morskich. Całkowitą moc fal morskich oceanów oceniono na 2.5 mln MW. Przydatność energii kinetycznej fal morskich może okazać się istotna dla krajów "morskich", ale pod warunkiem pokonania wielu trudności technicznych i konkurencji ekonomicznej ze strony innych źródeł energii.

### **1.7 Energia pływów morskich**

Pływy morskie (przyływy i odpływy) oferują odnawialne, naturalne źródło energii, dotychczas nie wykorzystywane. Pływy powodują siły pływowe. Są to siły działające na cząstki globu ziemskiego, niezależnie od grawitacji wzajemnej tych cząstek. Źródłem ich są siły przyciągania innych ciał niebieskich, z których na pierwszy plan wybija się słońce z powodu swej olbrzymiej masy i księżyc z powodu bliskości. Skutek działalności tych sił nie byłby dostrzegalny na ziemi, gdyby cała ziemia była ciałem sztywnym, nie pokrytym w znacznej części wodą oceanów. Siły te wywołują przede wszystkim fluktuacje zwierciadła tych wód, znane od wieków pod nazwą przyływów i odpływów. Stąd nazwa sił pływowych.

Moc rozwijana przez pływy oceanów jest rzędu 1,57 mln MW. Oceny tej dokonano mając na uwadze, że pływy zmniejszają prędkość kątową ziemi o 1 sekundę [1.4].

Potencjalne zasoby energii pływów są ograniczone, ponieważ wymagają odpowiednio ukształtowanych terenów w postaci zatok.

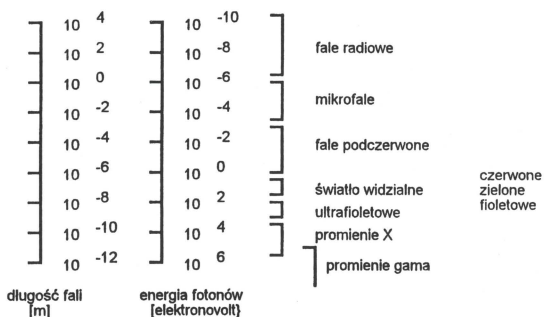
### **1.8 Energia rzek**

Energię potencjalną i kinetyczną rzek wykorzystuje się do napędu turbin wodnych instalowanych w elektrowniach wodnych. Energia potencjalna, określona położeniem zbiornika wodnego względem turbiny, jest przemieniana na energię kinetyczną. Energię kinetyczną determinuje prędkość przepływu strumienia wody. Światowe potencjalne zasoby energii rzek wynoszą 2,857 mln MW. Aktualnie wykorzystuje się zaledwie 0,152 mln MW [1.5].

### **1.9 Fotosynteza**

Światło, które pada na rośliny jest w 98%-tach odbijane i tylko około 2% jest absorbowane. Z tych dwóch procent promieni światła tylko połowa charakteryzuje się częstotliwością, która może być przyswajana przez chlorofil (przekształcający energię świetlną w energię chemiczną) w procesie fotosyntezy. Są to zakresy fal o długości w pobliżu 6700 i 4300 angstrémów (1 angstrém =  $10^{-8}$ cm). Oznacza to, że sprawność ekologiczna zielonych roślin osiąga wartość poniżej 1% [1.6]. W większym stopniu światło jest odbijane i rozpraszane na dużych powierzchniach wody i oceanach. W konkurencji sprawność ekologiczna na oceanie wynosi średnio tylko 0,18% [1.7]. Na rys.

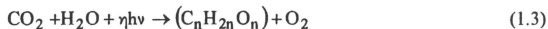
1.1 podano zakresy widma promieniowania elektromagnetycznego, w tym zakres fal podczerwonych, w którym występuje promieniowanie przyswajalne przez chlorofil.



Rys. 1.1. Zakresy widma promieniowania elektromagnetycznego

Fotosynteza jest sposobem przekazywania energii pomiędzy przyrodą nieożywioną a ożywioną. Jest ona złożonym procesem wytwarzania związków organicznych z dwutlenku węgla i wody kosztem energii światła słonecznego. Fotosynteza przebiega w dwóch etapach, z których każdy składa się z wielu procesów pośrednich. Pierwszym etapem jest fotoliza (rozkład pod wpływem światła) cząsteczki wody. W drugim etapie, nie wymagającym światła, w wyniku asymilacji CO<sub>2</sub> powstaje aldehyd fosfoglicerynowy, który może ulegać przemianom głównie w monosacharydy, a także aminokwasy i tłuszcze kwasowe, stanowiące materiał do syntezy polisacharydów, białek i tłuszczów. Istotnym elementem w procesie fotosyntezy są *chloroplasty* (zielone ciała komórek roślinnych) występujące w zielonych, oświetlonych częściach rośliny. Ich zadaniem jest pochłanianie energii światła i jej przekształcanie w energię chemiczną, zużywaną w procesie fotolizy. Uogólniając zagadnienie można powiedzieć, że w procesie fotosyntezy ma się do czynienia z przejmowaniem energii promieniowania słonecznego przez chloroplasty i jej gromadzeniem w postaci energii wiązań chemicznych poprzez redukcję dwutlenku węgla do molekuł węglowodanów, lipidów (tłuszczowców) i protein.

Podstawowe równanie fotosyntezy ma następującą postać:



CO<sub>2</sub> identyfikuje się z formą nieorganiczną, a C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O<sub>n</sub> z formą organiczną węglowodanów,  $\eta$  - określa ogólną sprawność procesu;  $\nu$  - częstotliwość fotonu (kwantu energii pola elektromagnetycznego);  $h$  - stała Plancka (6,62 · 10<sup>-34</sup> J s);  $h\nu$  - energia fotonu.

### 1.10 Energia biomasy

Biomasa jest formą gromadzenia energii słonecznej, w wyniku którego rośliny produkują węglowodany z dwutlenku węgla zawartego w atmosferze i wody w obecności promieniowania słonecznego.

Energia gromadzona w formie organicznej powstałej w wyniku fotosyntezy stanowi potencjalną energię zasobów biomasy organicznej materii drzew i materii produktów spożywczych.

Biomasę, jako materię organiczną drzew, tworzą trzy podstawowe składniki:

- celuloza (włókniste węglowodany, występujące powszechnie w roślinach i tworzące podstawowy zrąb ściany komórkowej),
- hemiceluloza, która stanowi około jedną czwartą substancji roślinnej, i którą tworzą polisacharydy - cukry złożone,
- lignina, będąca polimerem (związki wielocząsteczkowe zbudowane z regularnie lub nieregularnie powtarzających się ugrupowań atomów o jednakowej budowie) i zwiększająca wytrzymałość mechaniczną i chemiczną ścian celulozowych.

Podstawowymi składnikami produktów spożywczych są cukry i skrobia. Znanymi cukrami występującymi w roślinach to sacharydy i glukoza.

Skład chemiczny biomasy tworzą: węgiel, wodór i tlen. Energię uzyskiwaną w wyniku przetwarzania biomasy, na przykład spalania, określa się mianem bioenergii.

W niniejszej monografii **biomasa** będzie rozważana głównie jako **surowiec energetyczny**, którego uprawa może mieć nieograniczony rynek zbytu, a także będzie tworzyć wiele miejsc pracy na obszarach wiejskich.

### 1.11 Paliwa kopalne

Węgiel i torf są pozostałościami roślin, będących produktem fotosyntezy, rosnących na bagnistych gruntach takich jak laguny, bagna i moczary, które stanowiły zapadliska (geosykliny). Następnie pojawiały się drzewa. Korzenie tych drzew z okresu karbońskiego znajdują się prawie we wszystkich pokładach węglowych. W miarę zamierania roślinności zapadało się środowisko gruntów bagnistych i w procesie biochemicznym bez udziału tlenu powstawał torf w procesie uwęglania zwanym humifikacją. W świetle dostępnych faktów, staje się rzeczą zrozumiałą, że musi istnieć genetyczny związek w szeregu paliw: torf - węgiel brunatny - węgiel kamienny - antracyt. Szereg taki znany jest pod nazwą szeregu uwęglania.

Proces uwęglania zachodził w okresie karbońskim około 345 - 280 milionów lat temu. W okresie tym odbywały się największe ruchy górotwórcze. W efekcie głęboko położone pokłady węglowe ulegały procesowi sfałdowania.

Oleje mineralne są pochodną morskich planktonów. Osadzały się one na dnie mórz i ulegały rozkładowi w warunkach procesu beztlenowego. Geneza ropy naftowej i pokrewnych ich utworów, jak gazu ziemnego i asfaltu, nie została dotychczas wyjaśniona. Istnieją dwie teorie pochodzenia ropy naftowej, teoria o nieorganicznym i organicznym pochodzeniu ropy. Przeważająca większość badaczy przyjmuje teorię o organicznym pochodzeniu ropy naftowej. W myśl tej teorii, ropa naftowa powstaje przez przeobrażenie szczątków roślinnych i zwierzęcych nagromadzonych wraz z drobnymi okrucami mineralnymi w osadach morskich. Czynniki powodującymi przejście substancji organicznych w bituminy są prawdopodobnie: środowisko redukujące, odpowiednie temperatury i ciśnienia, działalność bakterii, oddziaływanie pierwiastków promieniotwórczych i innych czynników.

### 1.12 Ekosystem

Natura stworzyła mechanizmy mające za zadanie zachowanie w skali świata bilansów określonych pierwiastków. Zapewnione są więc warunki dla życia biologicznego na ziemi, a także utrzymywane są odpowiednie relacje pomiędzy światem żywym i martwym. Mechanizmami tymi są cykle węgla, azotu, fosforu i siarki. Tak zorganizowany system żywych organizmów i martwych substancji, mający za zadanie umożliwienie wymiany materii pomiędzy nimi, określa się mianem *ekosystemu*. Składa się on z czterech podstawowych elementów:

- *nieorganicznych zasobów - substancji martwych,*

- *organizmów producentów,*
- *organizmów konsumentów,*
- *organizmów dekomponentów.*

Organizmami producentami są bakterie i rośliny. Dokonują one syntezy składników organicznych i produkują materiały organiczne ze składników nieorganicznych. Podstawą działania organizmów produkujących jest fotosynteza i chemosynteza. Fotosynteza jest reakcją chemiczną, zachodzącą pod wpływem promieniowania słonecznego, w której wielkościami wejściowymi są dwutlenek węgla i woda. Chemosynteza jest zaś mechanizmem, dzięki któremu uzyskuje się związki organiczne z materii nieorganicznej poprzez działanie bakterii. Bakterie chemosyntezy czerpią energię z chemicznego utleniania związków nieorganicznych. Organizmami konsumentami są zwierzęta i ludzie. W sposób pośredni lub bezpośredni użytkują bowiem materiały organiczne wytwarzane przez rośliny. Organizmami dekomponentami są zaś bakterie i grzyby. Redukują one złożone molekuly organiczne, martwe rośliny i martwe zwierzęta do prostych składników organicznych, które - jako pożywienie podstawowe - mogą być absorbowane przez rośliny. Stanowią one końcowe ogniwo w cyklu życia.

### **1.13 Cykle biogeochemiczne**

#### **1.13.1 Cykl węgla**

Węgiel, jako kluczowy element świata żywego, krąży pomiędzy światem roślinnym, zwierzęcym i nieorganicznym. Istnieje w atmosferze jako  $\text{CO}_2$  i w tej postaci jest absorbowany bezpośrednio w protoplazmę (podstawową substancję żywych komórek roślinnych i zwierzęcych) w procesie fotosyntezy.

Głównymi elementami cyklu węgla są:

1. węgiel nieorganiczny występujący w atmosferze pod postacią  $\text{CO}_2$ ,
2. proces fotosyntezy, przemieniający węgiel nieorganiczny w węgiel organiczny,
3. możliwe ścieżki transformacji węgla organicznego, występującego w świecie roślinnym.

W ramach tych ścieżek węgiel organiczny może ulegać następującym transformacjom:

- być konsumowanym przez świat zwierzęcy, przechodzić proces fermentacji i być asymilowanym przez świat roślinny,
- powracać do atmosfery jako  $\text{CO}_2$  w wyniku oddychania,
- pozostawać w martwych organizmach, a następnie powracać do atmosferycznego  $\text{CO}_2$  poprzez utlenianie lub dekompozycję (w wyniku działania bakterii lub grzybów),
- być związanym chemicznie i pozostawać w postaci nieorganicznej węglanów (muszle) przez dłuższy okres czasu, następnie powracać do cyklu węglowego poprzez proces erozji lub rozpuszczanie, w wyniku czego niektóre gatunki roślin wodnych mogą absorbować węglany rozpuszczone,
- być gromadzonym w organicznych depozytach pod postacią węgla, ropy lub gazu, a więc pod postacią paliw kopalnych, mając możliwość pozostawania w tej postaci przez miliony lat,
- powracać do atmosfery w wyniku spalania paliw kopalnych lub biomasy [1.8].

### 1.13.2 Cykl azotu

Azot jest jednym z podstawowych elementów protoplazmy - substancji żywej komórki roślinnej lub zwierzęcej. Istotnymi elementami cyklu azotu są:

- azot atmosferyczny,
- transformacja azotu atmosferycznego w związki chemiczne poprzez:
  - działanie bakterii,
  - proces fizyczny,
  - działanie przemysłowe,
- przetwarzanie związanego azotu przez świat roślinny w protoplazmę,
- dekompozycja odpadów zwierzęcych i martwych organizmów do amoniaku,
- powrót azotu do atmosfery w wyniku działania bakterii.

Azot atmosferyczny wiąże się w związki chemiczne, jak np. amoniak, które mogą być wykorzystywane przez świat roślinny. Wiązanie azotu następuje poprzez działanie takich bakterii, jak:

- *azotobakterie* - bakterie tlenowe żyjące w glebie i intensywnie przyswajające azot z powietrza,
- *clostridium* - bakterie beztlenowe żyjące w glebie, mułach, asymilujące azot z powietrza, rozkładające celulozę i pektyny,
- *rhizobium* - pałeczkowate bakterie współżyjące z roślinami motylkowymi, wnikające do korzeni tych roślin, mające zdolności asymilowania azotu atmosferycznego i syntezowania związków azotowych przyswajalnych dla roślin jako pokarm.

Wiązanie azotu może nastąpić jako proces fizyczny w wyniku:

- efektu jonizacji światła,
- promieniowania kosmicznego - strumieni cząsteczek dobiegających do zewnętrznych warstw atmosfery ziemi z przestrzeni kosmicznej (promieniowania kosmicznego pierwotnego), bądź też powstałych w wyniku zderzeń tych cząstek z atomami atmosfery (promieniowania kosmicznego wtórnego).

Wiązanie azotu może być spowodowane działaniem przemysłowym, dotyczącym produkcji amoniaku metodą Habera i Boscha, polegającą na bezpośredniej syntezie azotu i wodoru, prowadzonej w podwyższonej temperaturze i podwyższonym ciśnieniu.

Największym źródłem azotu w formie związanej są prawdopodobnie bakterie ziemskie. Świat roślinożerny przetwarza związany azot, w postaci amoniaku lub rozpuszczalnych azotanów, w protoplazmę poprzez syntezę aminokwasu lub proteiny (białka prostego). Wówczas związki organiczne azotu mogą przechodzić następujące transformacje:

1. mogą być gromadzone w roślinach jako proteiny lub kwas nukleinowy (wielocząstkowe związki organiczne występujące w organizmach żywych, przeważnie w połączeniu z białkami),
2. mogą wchodzić w skład protein zwierzęcych w wyniku spożycia ich przez zwierzęta i asymilację,
3. mogą być zdekomponowane w amoniak poprzez umieranie lub działanie bakterii.

W cyklu dekompozycji, poprzez zamieranie lub rozpad, amoniak jest produkowany z aminokwasów w wyniku działania bakterii. W normalnych warunkach amoniak szybko przemienia się w formę azotanów ( $\text{NO}_2$ ), (związki zawierające w cząsteczce grupę nitrową -  $\text{NO}_2$ ), w wyniku działania:

- nitrozobakterii,

- samożywnych bakterii tlenowych z rodzaju *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*, wiążących chemosyntetycznie dwutlenek węgla kosztem energii uwalnianej przy utlenianiu amoniaku na azotany (*Nitrosomonas* utleniają amoniak na azotyny, a następnie bakterie *Nitrobacter* utleniają azotyny na azotany).

Nitrozwiązki są bezpośrednio absorbowane przez świat roślinny jako pierwotne odżywki i przetwarzane ponownie w aminokwasy i proteiny w wyniku syntezy organicznej zachodzącej w roślinach.

Obecność azotu związanego w amoniak w ekosystemie jest miarą równowagi pomiędzy dekompozycją proteiny, działaniem bakterii i produkcją roślinną. Duża zawartość tego azotu w wodzie wskazuje na ogół na pochodzenie azotu z nawozów, odpadów zwierzęcych lub odpadów komunalnych.

Azot powraca do atmosfery w wyniku działania bakterii, takich jak *Pseudomonas*, *Thiobacillus* i *Micrococcus*, zubożających związki w azot. Cykliczny przepływ azotu poprzez ekosystem wymaga bilansowania działalności bakterii wielu gatunków, jako że odpowiednie poziomy odżywiania roślin są utrzymywane bez nadmiernej akumulacji produktów dekompozycji, takich jak amoniak.

W raporcie z 1969, roku przedstawionym przez American Chemical Society dotyczącym problemów środowiska, wykazano, że życie na kuli ziemskiej może zaniknąć poprzez wymarcie prawdopodobnie tuzina gatunków bakterii uczestniczących w cyklu azotu.

### 1.13.3 Cykl fosforu

Fosfor jest także kluczowym elementem żywych organizmów. Natomiast rzadziej występuje w ekosystemie nieorganicznym (obejmującym wody, piaski i żwiry) aniżeli azot (w stosunku 1 do 23). Fosfor w postaci kwasu adenozyntrojfosforowego (ATP) stanowi uniwersalne pożywienie dla organizmów żywych [9]. Kwas adenozyntrojfosforowy pośredniczy w procesach przemiany energii u wszystkich organizmów.

Głównymi elementami cyklu fosforu są:

1. protoplazma - świata roślinnego i zwierzęcego,
  2. rozpad fosforu w protoplazmie do postaci:
    - sforanów  $\text{CaHPO}_4$ , poprzez przemianę materii lub działanie bakterii,
    - morskich depozytów w postaci skał fosforytowych  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,
- synteza protoplazmy, w wyniku której następuje powrót rozpuszczonych fosforanów do protoplazmy.

Depozyty fosforytowe mogą występować w postaci kości i wydzielin zwierzęcych, stanowiących naturalne zasoby ekosystemu. W Indiach zasoby takie zostały naruszone w wyniku spalania odpadów zwierzęcych zamiast wykorzystywania ich jako naturalne nawozy. Największe rezerwuary fosforytów w skali świata stanowią skały osadowe składające się z fosforanów wapna. Są to cenne surowce do produkcji nawozów fosforowych.

Obecnie natura jest zasilana w fosfor pochodzący z detergentów używanych w gospodarstwach domowych. Dostają się one ze ściekami wodnymi do rzek, jezior i ujściami rzek do mórz. Detergenty te powodują eutrofizm - stan biologiczny wód, w których przy nadmiarze związków organicznych i silnym ich rozkładzie zachodzi duże zużycie tlenu, prowadzące do obumierania roślin zielonych i zwierząt.

### 1.13.4 Cykl siarki

Siarka jest podstawowym elementem w syntezie protein. Występuje w naturze w postaci elementarnej, jako siarkowodor  $\text{H}_2\text{S}$  i siarczany  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

Cykl siarki tworzą następujące elementy:

- siarka organiczna, występująca w świecie roślinnym i zwierzęcym, która może przejść jedną z następujących ścieżek transformacji:

*ścieżka transformacji A:*

- dekompozycja siarki organicznej do formy nieorganicznej (siarkowodoru) w wyniku działania bakterii,
- dekompozycja siarkowodoru do siarczanów,
- powrót siarki do świata roślinnego jako pożywienia (w postaci siarczanów),

*ścieżka transformacji B:*

- gromadzenie w organicznych depozytach wspólnie z paliwami kopalnymi,
- emisja do atmosfery w wyniku spalania paliw kopalnych.

### **1.14 Klasyfikacja źródeł energii stworzonych przez naturę zlokalizowanych w biosferze i poza nią**

Przyjmijmy następującą klasyfikację źródeł energii odnawialnych, zlokalizowanych w biosferze lub poza nią:

1. źródła energii, które będą mogły zapewniać: ciągłość dostawy energii i wielkość dostarczanej mocy wymaganej przez użytkownika w każdym miejscu kuli ziemskiej. Tego typu źródła energii można sklasyfikować jako:

- podstawowe dostępne globalnie, zlokalizowane w biosferze lub poza nią,
- podstawowe dostępne lokalnie w określonych miejscach kuli ziemskiej;

2. źródła energii, które nie spełniają tego wymienionego warunku, traktowane jako:

- uzupełniające dostępne globalnie,
- uzupełniające dostępne lokalnie.

Źródłami energii podstawowymi dostępnymi globalnie, zlokalizowanymi:

- w biosferze jest tylko biomasa,
- poza biosferą: paliwa kopalne i jądrowe.

Źródła energii podstawowe, dostępne lokalnie, są zlokalizowane wyłącznie w biosferze. Są to między innymi: energia wnętrza oceanów i wnętrza kuli ziemskiej.

Źródła energii uzupełniającej znajdują się wyłącznie w obszarze objętym biosferą, a mianowicie:

- energia słoneczna jako źródło uzupełniające, globalnie dostępne,
- energia wiatrów, rzek, fal morskich, pływów morskich jako źródła lokalne.

Należy zwrócić uwagę, że tylko biomasa jest jedynym źródłem energii podstawowym globalnym zlokalizowanym w biosferze, wykorzystywanie którego w formie ścinanych drzew nie zagraża środowisku. Pozostałe źródła zlokalizowane w biosferze to źródła uzupełniające globalnie lub lokalnie dostępne.

### **1.15 Uwagi końcowe**

W pracy przedstawiono mechanizmy stworzone przez naturę, działające w biosferze i stanowiące elementy ekosystemu. Cywilizacja w pierwszym okresie swojego rozwoju gospodarowała wyłącznie w biosferze, a więc w tej części ziemi, w której istnieje życie. Następnie sięgnęła po zasoby zlokalizowane poza biosferą, co przyczyniło się do znacznego jej rozwoju. Powstają pytania w jakim stopniu rozwój cywilizacji niósł i niesie zagrożenia dla jej dalszego istnienia, w jakim stopniu kolejne etapy rozwoju mają niekorzystny wpływ na zdrowie i system rozrodczy człowieka, a także stwarzają groźbę dla istnienia człowieka na kuli ziemskiej. Kolejne ery cywilizacji, przyczyniających się do zagrożenia środowiska naturalnego, omawia się w następnym punkcie.

## **2. Cywilizacja i technologie - rozwój i zagrożenia**

*Na przestrzeni wielu wieków rozwoju cywilizacji przyjęto wyróżniać określoną erę jej rozwoju, a mianowicie erę agrarną, przemysłową i informatyczną. W punkcie niniejszym omawia się rozwój i zagrożenia kolejnych er cywilizacji.*

### **2.1 Era cywilizacji agrarnej**

*Era cywilizacji agrarnej stanowi umownie pierwszą erę gospodarowania ludzkością na kuli ziemskiej. Przed pierwszą erą większość ludzi wiodła żywot w niewielkich, często wędrownych grupach, trudniących się rybołówstwem, myślistwem lub pasterstwem. W pewnym momencie, około 10000 lat temu, rozpoczęła się rewolucja agrarna, dając początek pierwszej erze cywilizacji na kuli ziemskiej. Powstaje pytanie, jakie zagrożenia dla ekosystemu przynosiła cywilizacja ery agrarnej.*

W ciągu długich tysiącleci niepodzielnie panowała cywilizacja określana mianem cywilizacji agrarnej. Stanowiła ona pierwszą erę rozwoju cywilizacji na globie ziemskim. Gdziekolwiek bowiem pojawiało się rolnictwo, tam swe korzenie zapuszczała cywilizacja. Ziemia była podstawą gospodarki, życia, kultury, struktury rodziny i polityki.

Warunkiem istnienia jakiejkolwiek cywilizacji jest energia. Społeczeństwa pierwszej ery czerpały energię z mięśni ludzkich i zwierzęcych, a także ze słońca, wiatru, wody i ścinanych drzew, określanych dziś jako biomasa. Tak więc, wszystkie społeczeństwa pierwszej ery cywilizacji pobierały energię ze źródeł odnawialnych, które były źródłami energii rozproszonymi na obszarach zamieszkałych.

Cywilizacja pierwszej ery gospodarowała w tej części ziemi, w której istnieje życie, a więc w biosferze. Dla tej części ziemi natura stworzyła mechanizmy, mające za zadanie zachowanie w skali biosfery bilansów określonych pierwiastków, takich jak: węgiel, azot, fosfor i siarka. Zapewniła warunki dla życia biologicznego na ziemi, a tym samym utrzymywanie odpowiednich relacji pomiędzy światem żywych organizmów i martwych substancji. Umożliwiła wymianę materii pomiędzy nimi. Szczególnie istotny jest cykl węgla, będący mechanizmem utrzymującym relację pomiędzy węglem organicznym, zawartym w organizmach żywych, i węglem nieorganicznym występującym w atmosferze w postaci dwutlenku węgla.

***Tak długo jak ludzkość gospodarowała w ramach wyznaczonych przez naturę granicach biosfery, nic nie zagrażało życiu na kuli ziemskiej. Ludzkość jedynie dziesiątkowała epidemie takich chorób jak dżuma, czarnej ospy i cholery.***

### **2.2 Era cywilizacji przemysłowej**

*Początek ery cywilizacji przemysłowej nastąpił w momencie, gdy człowiek sięgnął po nieodnawialne źródła energii, które natura rozmieściła poza biosferą. A więc poza tą częścią ziemi, dla której natura stworzyła mechanizmy, pozwalające utrzymywać odpowiednie relacje pomiędzy światem żywych organizmów i martwych substancji.*

*W tym punkcie pracy omawia się rodzaje zagrożeń, jakie przyniosła era cywilizacji przemysłowej, a mianowicie:*

- 1. zagrożenia dla funkcjonowania biosfery, do których można zaliczyć: zanieczyszczenie wody i powietrza, zanieczyszczenie środowiska przez transport, kwaśne deszcze i dziury ozonowe, efekt cieplarniany,*
- 2. zagrożenie systemu rozrodczego człowieka,*
- 3. wpływ zanieczyszczeń powodowanych spalaniem paliw kopalnych na zdrowie ludzkie,*
- 4. skażenie środowiska promieniotwórczością i wybuchami jądrowymi.*



*Ponadto rozważa się:*

5. *gospodarkę gruntami i zagadnienie odpadów komunalnych,*
6. *technologie energetyczne ery cywilizacji przemysłowej.*

### *2.2.1 Uwagi wstępne*

Gdy postrzega się świat jako biosferę, od której jest uzależnione wszelkie życie, staje się oczywistym, że należy ciągle rozpatrywać wpływ poszczególnych generacji społeczeństwa na zdolności funkcjonowania biosfery. Istota ludzka była dominującą siłą ekologiczną, oddziaływującą na ziemię przez około 10000 lat od początku ery rolniczej. Wzrost liczby ludności, jej rozmieszczenie na kuli ziemskiej i sposób wykorzystywania ziemi przyczyniły się w znacznym stopniu do powstania stałych zmian w jakości środowiska. Można przytoczyć wiele takich zmian, zarówno korzystnych jak i szkodliwych. W wielu obszarach zamieniono stepy i lasy w uprawne pola, w innych zamieniano je w nieurodzajne pustynie. Wzdłuż wybrzeży morskich i szlaków transportowych zbudowano atrakcyjne miasta i piękne osiedla. Równocześnie powstały slumsy i ubogie obszary zurbanizowane. Uregulowano rzeki w drogi wodne i niektóre z nich zdegradowano do roli budzących odrazę kanałów ściekowych. Wykorzystywano jeziora i ujścia rzek jako miejsca rekreacji i zredukowano je do oczyszczalni ścieków. Zachowano pustynne obszary jako rezerваты i sanktuaria. W konkluzji należy stwierdzić, że rola społeczeństw w degradacji biosfery osiąga niekiedy stan krytyczny.

Natura stworzyła obok źródeł odnawialnych, niejako przez przypadek, źródła energii nieodnawialnej, takie jak paliwa kopalne i uran U-235. Jednakże rozłożyła je poza biosferą. Nie stworzyła mechanizmów pozwalających bilansować ewentualne ujemne skutki użytkowania tych źródeł.

Paliwa kopalne znalazły się głęboko w ziemi około 300 milionów lat temu, gdy odbywały się największe ruchy górotwórcze w okresie 2 miliardów istnienia kuli ziemskiej.

Wynalazek i dalsze udoskonalenie silnika parowego zapoczątkowało nową erę. Sięgnięcie po ukryte zasoby paliw kopalnych ogromnie zasiłowało cywilizację przemysłową, przyspieszając znacznie jej rozwój gospodarczy. Ludzie wychodzili z założenia, że tanich paliw kopalnych nigdy nie zabraknie. Następowo przechodzenie od energii rozproszonej do skoncentrowanej, od odnawialnej do nieodnawialnej, od wielu rozmaitych źródeł energii i paliw do zaledwie kilku. Paliwa kopalne stały się bazą energetyczną dla wszystkich społeczeństw drugiej fali. Powstawał upowszechniany światopogląd, że [2.1]:

1. przyrodę trzeba eksploatować,
2. przyroda powstała drogą ewolucji,
3. historia zmierza nieodwracalnie ku lepszemu życiu ludzkości dzięki postępowi.

A zatem w epoce cywilizacji drugiej fali dominowały trzy idee: walka z przyrodą, znaczenie ewolucji oraz zasada postępu.

Jak wspomniano poprzednio, istnienie świata roślinnego determinuje nie tylko energia słoneczna, ale także energia wnętrza skorupy ziemskiej. Przypuszcza się, że źródłem energii wewnętrznej skorupy ziemskiej jest bardzo powolny rozpad radioaktywny uranu, toru i potasu.

Uran U-238 i tor Th-232 występują w naturze jako materiały rodne paliw jądrowych, ponieważ same nie są rozszczepialne. Jedynym materiałem rozszczepialnym, będącym źródłem neutronów, stworzonym przez naturę jest uran U-235. Stanowi on 0,7 % złóż naturalnego uranu U-238. Posiadanie tego materiału pozwoliło w 1938 roku Otto Hahnowi i Fritzowi Strassmannowi przeprowadzić pierwszą reakcję rozszczepienia jądra atomowego. W dalszej kolejności, w wyniku reakcji neutronowych uzyskano

pluton Pu-239 i uran U-233 odpowiednio z uranu naturalnego U-238 i toru Th-232. W ten sposób człowiek, wykorzystując niejako „wypadek przy pracy Natury” w postaci utworzenia szczątkowej obecności uranu U-235 w naturalnym uranie, stworzył nie tylko możliwości uzyskiwania ogromnych mocy energetycznych, ale także plutonu, o stałej połowicznej rozpadu liczącej 24000 lat. Stworzył więc wielkie zagrożenie dla istnienia życia na kuli ziemskiej.

W konsekwencji stosowania paliw kopalnych powstały zagrożenia:

- dla funkcjonowania biosfery, do których można zaliczyć:
  - zanieczyszczenie wody i powietrza,
  - kwaśne deszcze i dziury ozonowe,
  - efekt cieplarniany,
- dla zdrowia ludzkiego poprzez wpływ zanieczyszczeń pochodzących ze spalania paliw kopalnych i poprzez skażenia radioaktywne.

W wyniku stosowania pestycydów i herbicydów następuje zagrożenie dla systemu rozrodczego człowieka, a opanowanie technologii wykorzystujących paliwa jądrowe może przyczynić się do skażenia środowiska promieniotwórczością i niesie groźbę wybuchów jądrowych.

### 2.2.2 Zanieczyszczenia wody

Zanieczyszczenie rzek, jezior i wód przybrzeżnych pochodzi z wielu źródeł. Jednym z nich to azotany i fosforany zawarte w ściekach komunalnych, wypłukiwane z gleb użyźnianych nawozami azotowymi, fosforanowymi i odchody zwierzęce i ludzkie. Stymulują one wzrost mikroorganizmów w wodach, zubożając je w tlen i przyczyniając się do uśnięcia ryb.

Toksyczne chemikalia - jako zanieczyszczenia wód - biorą początek w produkcji przemysłowej, odwadnianiu kopalń, w awariach powodujących rozlewanie się olejów, pęknięcie zbiorników.

### 2.2.3 Zanieczyszczenia powietrza

Zanieczyszczenia powietrza powoduje dym, pyły, tlenki węgla, siarki, azotu, a także węglowodory. Źródłem tych zanieczyszczeń są procesy przemysłowe, zakłady energetyczne, gospodarka komunalna, środki transportu, wysypiska śmieci, pożary lasów i inne źródła lub zdarzenia. W wielu uprzemysłowionych miastach średnie dzienne zanieczyszczenie powietrza jest rzędu 0.2 - 1.2 ton na km<sup>2</sup>.

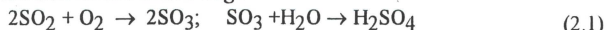
W wyniku spalania paliw kopalnych powstaje pierwsza generacja zanieczyszczeń atmosfery, zwana zanieczyszczeniami pierwotnymi. Są to: tlenki siarki SO<sub>x</sub>, tlenki azotu NO<sub>x</sub>, tlenek węgla CO, pył, węglowodory C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> i dwutlenek węgla CO<sub>2</sub>.

Procesami fizycznymi, generującymi CO i CO<sub>2</sub> są odpowiednio: niecałkowite i całkowite spalanie węgla zawartego w paliwach kopalnych. W wyniku parowania paliw węglowodorowych powstają węglowodory. Źródłem dwutlenku siarki jest spalanie paliw kopalnych zawierających siarkę. Także duże ilości SO<sub>2</sub> wytwarzają silniki diesla. Tlenki azotu są formowane wówczas, gdy azot i tlen znajdują się razem w wysokich temperaturach. Katalizatory w samochodach neutralizują niektóre zanieczyszczenia wytwarzane w wyniku spalania benzyny lub oleju napędowego. Jednakże ostatnie badania wykazały, że powodują one około pięciokrotny wzrost emisji podtlenku azotu N<sub>2</sub>O [2].

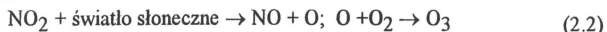
W wyniku odpowiednich reakcji dwóch lub więcej zanieczyszczeń pierwotnych powstają zanieczyszczenia wtórne. Są to: utleniacze NO<sub>2</sub> i azotan peroksyacetylu, trój-

tlenek siarki SO<sub>3</sub>, siarczany i azotany, a także aldehydy, olefiny i akroleiny. Źródłem innych zanieczyszczeń są syntetyczne chemikalia, oznaczane symbolem CFC (chloro-fluorocarbon), takie jak freon, stanowiący fluorochlorową pochodną metanu lub etanu. Wtórne zanieczyszczenia mogą często powodować większe zniszczenia niż czynią to zanieczyszczenia pierwotne. Przykłady reakcji, w których uczestniczą niektóre zanieczyszczenia wtórne:

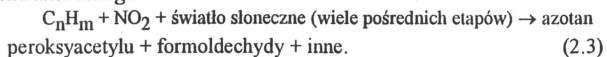
*powstawanie kwasu siarkowego*



*powstawanie ozonu*



*powstawanie smogu*



Powstawanie niektórych zanieczyszczeń jest niekiedy uwarunkowane obecnością w atmosferze światła słonecznego i innych zanieczyszczeń (NO<sub>2</sub>).

Dwutlenek węgla i inne zanieczyszczenia, zwane gazami cieplarnianymi, przyczyniają się do powstawania *efektu cieplarnianego*, zakłócającego ekosystem w skali kuli ziemskiej. Syntetyczne chemikalia stosowane w produkcji aerozoli są źródłem powstawania *dziur ozonowych*. Tlenki siarki i azotu stają się źródłem *kwaśnych deszczy*, które powodują zakłócenie ekosystemu w danym regionie kuli ziemskiej. Wszystkie wyżej wymienione zanieczyszczenia w mniejszym lub większym stopniu *wpływają na zdrowie ludzkie* [2].

Przez homeostatyczne warunki wewnątrz ekosystemu rozumie się to, że wszystkie aspekty funkcjonowania tego systemu są w równowadze. Wówczas istnieje równowaga pomiędzy produkcją, konsumpcją i dekompozycją w odniesieniu do wszystkich podstawowych pierwiastków systemu (węgla, azotu, fosforu, siarki), działających w ramach poszczególnych cykli. Naruszenie homeostatycznych warunków w cyklu węglowym może nastąpić wtedy, gdy brak jest równowagi pomiędzy konsumpcją paliw kopalnych, powodujących emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery, a możliwościami dekompozycji CO<sub>2</sub> przez świat roślinny. Analogicznie, warunki te mogą być naruszane:

- w cyklu azotu, gdy następuje wiązanie azotu w odpowiednich procesach przemysłowych lub procesach spalania,
- w cyklu fosforu, gdy nie wykorzystuje się fosforytów jako nawozów gleby,
- w cyklu siarki poprzez nadmierną emisję tlenków siarki do atmosfery, w wyniku której może ulegać destrukcji szata roślinna.

#### 2.2.4 Zanieczyszczenie środowiska naturalnego przez transport

Transport powoduje szereg zagrożeń dla środowiska naturalnego, szczególnie na obszarach zurbanizowanych. Niektóre z nich to:

- zużywanie tlenu w powietrzu atmosferycznym,
- zanieczyszczanie gleby i wód,
- zanieczyszczanie spalinami,
- zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego poprzez emisję gazów, między innymi cieplarnianych, przez pojazdy samochodowe.

W tablicy 2.1 zestawiono porównawcze jednostkowe wskaźniki zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi substancjami przez niektóre środki transportu. Z danych tych wynika, że największymi trucicielami powietrza atmosferycznego są pojazdy samocho-

dowe, szczególnie benzynowe. Największe substancje toksyczne emitowane do atmosfery w wyniku spalania paliw płynnych to: tlenek węgla, węglowodory, tlenki siarki i azotu oraz ołów. Możliwości zmniejszenia emisji niektórych z tych substancji kryją się w technologiach paliwo-oszczędnych silników i technologiach katalizatorów. Znacznej redukcji emisji można by oczekiwać, gdyby na skalę przemysłową opanowano technologie ogniw paliwowych polimerowych zasilanych bezpośrednio metanolem [2.3, 2.4, 2.5, 2.6].

Tablica 2.1 Zestawienie porównawcze jednostkowych wskaźników zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi substancjami przez niektóre środki transportu [2.7]

Lp	Nazwa środka transportu	Zanieczyszczenie powietrza t/mln tkm, t/mln pkm*
<i>przewozy ładunków</i>		
1	ciężarowe pojazdy wysokoprężna	2.413
2	ciężarowe pojazdy gaźnikowe	48.740
3	trakcja elektryczna	0.054
<i>przewozy pasażerów</i>		
4	autobusy dalekobieżne	0.378
5	autobusy miejskie	0.214
6	trakcja elektryczna	-
7	tramwaje	-
8	trolejbusy	-
9	samochody osobowe	10.54

\* tony/mln tonokilometrów, tony/mln pasażerokilometrów

### 2.2.5 Kwaśne deszcze

Jednymi z gazów zanieczyszczających powietrze, znacznie szkodliwych dla zdrowia ludzkiego są dwutlenek siarki i tlenki azotu, emitowane do atmosfery w wyniku spalania węgla i w mniejszym stopniu ropy. SO<sub>2</sub> utlenia się w atmosferze do SO<sub>3</sub>, który - rozpuszczany z parą wodną - tworzy kwas siarkowy. Tlenki azotu NO<sub>x</sub>, głównie NO i NO<sub>2</sub>, utleniane są przez ozon zawarty w atmosferze. Rozpuszczane z parą wodną przechodzą w kwas azotowy. Staże się to problemem lokalnym w skali Europy.

Chlor powstały w wyniku dekompozycji freonu przyczynia się do powstawania kwasu chlorowodorowego (kwasu solnego). W wyniku powstaje zjawisko "kwaśnych deszczy", przyczyniające się do zakwaszania wód oceanów jezior i rzek, gleby, destrukcji lasów, a także obniżania plonów rolnych. Studia wykazują, że ponad 20 % lasów w Europie uległo zniszczeniu w wyniku działania kwaśnych deszczy [2.2].

Na podstawie raportu o stanie zanieczyszczenia powietrza w Europie [2.8] stwierdzono konieczność redukcji emisji dwutlenku siarki w celu zahamowania zakwaszania środowiska. Zanieczyszczenia te przy odpowiednich warunkach atmosferycznych przemieszczają się na duże odległości, opadając z dala od źródła powstawania. W Międzynarodowym Instytucie Stosowanej Analizy Systemowej (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA) przeprowadzono badania symulacyjne w celu okre-

ślenia istniejącej sytuacji z punktu widzenia możliwości przemieszczania się zanieczyszczeń powietrza, a także dla oceny ewentualnych scenariuszy sterowania emisją siarki [2.9]. Symulowano stan istniejący, odniesiony do roku 1988, jako regionalny rozkład depozycji siarki w Europie. Największe opady siarki występują w Północnej Bohemii oraz w okolicach Katowic i Krakowa. Na obszarze Katowic dochodzą do 150 g/m<sup>2</sup>/rok. Rozważano dwa scenariusze sterowania emisją siarki. Pierwszy dotyczył krajów Europy Zachodniej. Założono, że elektrownie węglowe zostaną zastąpione do 2000 roku przez elektrownie jądrowe i opalane gazem. Udział tych ostatnich miał wynosić od 30% do 70% w zależności od kraju. Zgodnie z tym scenariuszem Polska nadal mogłaby pozostawać krajem najbardziej zanieczyszczanym opadami siarki. W drugim scenariuszu założono dalszą likwidację źródeł emisji siarki (w 75%-tach) na dawnym obszarze Czechosłowacji. W tym przypadku obszar Katowic charakteryzowałby się największymi opadami siarki. Omawiane przykłady pokazują, że problemy ochrony środowiska wykraczają poza obszar jednego kraju, a sterowanie emisją zanieczyszczeń może być realizowane według szeregu scenariuszy. Polska jest jednym z najbardziej zanieczyszczonych krajów w Europie. Transgraniczne przepływy zanieczyszczeń z terytorium Polski są również znaczne i wywierają istotny wpływ na gleby, lasy i wody w krajach sąsiadujących.

#### 2.2.6 Dziury ozonowe

Syntetyczne chemikalia, takie jak freon, fluorochlorowa pochodna metanu lub etanu, niszczą ozon O<sub>3</sub> w stratosferze. Rozpoznano, że zagrożeniem dla warstw ozonu staje się emisja syntetycznych chemikaliów i wzrost koncentracji podtlenku azotu N<sub>2</sub>O, powodowanego zwiększonym zastosowaniem nawozów azotowych i zwiększoną emisją gazów wylotowych silników spalinowych. Ozon w stratosferze spełnia rolę osłony przed promieniowaniem ultrafioletowym. Jego nadmierne natężenie na powierzchni ziemi nie jest pożądane ze względu na toksyczne oddziaływanie na świat roślinny, zwierzęcy i człowieka.

Freon w górnych warstwach atmosfery wydziela atomy chloru. Reagują one z ozonem, przetwarzając ozon w tlen dwuatomowy, co prowadzi do dziury ozonowej. Obecny stan wiedzy wskazuje, że stratosferyczny ozon został "wypalony" w granicach 0,5-1%. Istnieją obawy, że może być wypalony do 16% w następnych dziesięcioleciach [2.10]. Jeśli stałoby się to faktem, to zwiększyłoby się promieniowanie ultrafioletowe na powierzchni ziemi. Konsekwencją byłyby wzrost zachorowań na raka skóry i wzrost temperatury powierzchni ziemi.

Warstwa ochronna ozonu w stratosferze może być także narażona na działanie naddźwiękowych odrzutowców. Silniki samolotów latających na dużych wysokościach wydzielają tlenki azotu, przyczyniając się do dodatkowego wzrostu koncentracji podtlenku azotu. Przeprowadzone studia w Stanach Zjednoczonych wykazały, że flota około 300 naddźwiękowych odrzutowców mogłaby spowodować zmniejszenie zawartości ozonu w stratosferze o 10 %, zwiększając groźbę zachorowań na raka skóry o 20 % [2.11]. 100 odrzutowców typu Concorde mogłoby przyczynić się do wzrostu rocznie 1,6 % zachorowań na raka skóry populacji ludności na ziemi.

#### 2.2.7 Efekt cieplarniany

Węgiel, występujący w atmosferze w postaci dwutlenku węgla, uczestniczy w cyklu węglowym. Jest on kluczowym elementem organicznej materii roślinnej produkowanej w procesie fotosyntezy. Materia roślinna może przemieniać się w zasoby nieorganiczne, na przykład w złoża węgla, ulegać dekompozycji w procesie spalania i wracać do atmosfery w postaci dwutlenku węgla, a także być konsumowana przez świat

roślinozerny. W świecie roślinozernym węgiel może powracać do atmosfery jako dwutlenek węgla w wyniku procesu oddychania i procesu dekompozycji, może przemieniać się w nieorganiczne zasoby ropy i gazu ziemnego.

Atmosfera ziemi może odbijać, pochłaniać, rozpraszać lub przepuszczać promieniowanie słoneczne. Gdy zawiera ona dwutlenek węgla lub parę wodną, pochłanianie promieniowanie odbijane od ziemi, ponieważ dwutlenek węgla i para wodna pochłaniają promieniowanie podczerwone. Zjawisko to jest przyczyną powstawania tak zwanego *efektu cieplarnianego*. Konsekwencją wzrostu stężenia dwutlenku węgla będzie zachwianie bilansu cieplnego atmosfery. W wyniku nastąpi ogrzanie powierzchni ziemi, topnienie lodów na biegunach, podnoszenie się poziomu wód oceanów. Gdyby stopniały wszystkie lody, to poziom wód oceanów podniósłby się o 65 m. Ponadto, konsekwencją wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze mogą być nieodwracalne zmiany klimatu.

Mechanizmem, umożliwiającym zmniejszenie stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze, jest fotosynteza. Istotą jej, jak już powiedziano, jest przemiana formy nieorganicznej dwutlenku węgla w formę organiczną węglowodanów. Produktem fotosyntezy jest szata roślinna.

Szata roślinna, między innymi drewno, przez szereg stuleci była podstawowym źródłem energii człowieka. Jej zużycie i niewydolność jej odtwarzania stwarzały warunki do naturalnego oczyszczania planety z CO<sub>2</sub>.

W połowie 19-tego wieku zaczęto sięgać po depozyty węgla. Rozpoczął się okres uprzemysławiania. W 1990-tym roku zużycie węgla w skali świata wynosiło około 1 miliarda ton rocznie. W 1985 roku łączne zużycie paliw kopalnych, a więc węgla, ropy i gazu, w przeliczeniu na węgiel, stanowiło około 11 miliardów ton. Jeżeli zużycie paliw kopalnych wzrastałoby nadal w obecnym tempie, to znaczy 4,3% rocznie, a procentowy udział węgla, ropy i gazu w ogólnym użytkowaniu pozostałby stały, to zawartość dwutlenku węgla w atmosferze podwoiłaby się do 2035 roku.

Ostatnio oceniono zmiany w szacie roślinnej, przyczyniające się do wzrostu CO<sub>2</sub> w atmosferze. Podstawą oceny był różny skład izotopów węgla w paliwach kopalnych i szacie roślinnej. Zmiana proporcji izotopu C<sup>14</sup> zawartego w drzewach pozwoliła określić szybkość wzrostu koncentracji CO<sub>2</sub>, pochodzącego ze spalania paliw kopalnych i zmian zachodzących w szacie roślinnej świata (C<sup>14</sup> promieniotwórczy izotop węgla, o okresie połowicznego rozpadu 6000 lat, powstaje w atmosferze w wyniku bombardowania atomów C<sup>12</sup> przez promieniowanie kosmiczne). Oceniono, że w okresie 1850-1950 wyemitowano do atmosfery 60 miliardów ton węgla w postaci CO<sub>2</sub> w wyniku spalania paliw kopalnych. Równocześnie w tym czasie zawartość węgla w atmosferze wzrosła o 120 miliardów ton w postaci CO<sub>2</sub> w wyniku destrukcji szaty roślinnej [2.12].

Fakt, że akumulacja CO<sub>2</sub> w atmosferze może przyczynić się do wzrostu średniej temperatury na powierzchni ziemi staje się oczywisty przez porównanie z innymi planetami. Na Marsie, w atmosferze którego istnieje mała zawartość CO<sub>2</sub>, temperatura powierzchni wynosi -30°C, podczas gdy na Wenus, z atmosferą obfitą w CO<sub>2</sub>, temperatura powierzchni osiąga 450°C.

Obecnie ludność świata powiększa się o około 2% rocznie, w dziewiętnastym wieku powiększała się o 1%. Wzrastała i wzrasta produkcja w skali świata przypadająca na jednego mieszkańca. Licząc od 1860 r. zużycie energii na jednostkę produkcji i jednego mieszkańca malało rocznie do lat 70-tych o 1%, a po latach 70-tych malało w większości krajów o 2% rocznie. Malała również emisja CO<sub>2</sub> na jednostkę użytkowanej

energii, ale w stopniu o wiele mniejszym niż 0,3% rocznie. Obecnie globalna emisja CO<sub>2</sub> ciągle rośnie o około 2% rocznie i przewiduje się, że ulegnie podwojeniu przed 2030 rokiem [2.13].

Efekt cieplarniany powodują także takie gazy, jak: metan - CH<sub>4</sub>, podtlenek azotu - N<sub>2</sub>O, ozon - O<sub>3</sub> i syntetyczne chemikalia, stosowane w chłodziarkach, w produkcji aerozoli i plastyków piankowatych, określane wspólnie z CO<sub>2</sub> gazami cieplarnianymi. Pozwalają one promieniom słonecznym osiągnąć ziemię, lecz zatrzymują ciepło, które w normalnych warunkach jest wypromieniowane w przestrzeń kosmiczną. Ostatnie badania wykazały, że udziały CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O i aerozoli w gazach cieplarnianych wzrastają. Ich wspólny udział w ogrzewaniu ziemi zbliża się do działania CO<sub>2</sub>. Koncentracja CH<sub>4</sub> w powietrzu wzrastała rocznie o 1% od 1950 roku, a więc czterokrotnie w porównaniu do CO<sub>2</sub>. Obecnie koncentracja ta podwoiła się. W okresie następnych 50-ciu lat udział CH<sub>4</sub> w gazach cieplarnianych może dominować. Molekuły syntetycznych chemikaliów są bardziej efektywne w działaniu jako gazy cieplarniane aniżeli CO<sub>2</sub>. W przypadku niektórych z nich efektywność w pochłanianiu promieniowania podczerwonego wzrasta 10000 do 20000 razy w porównaniu do molekuł CO<sub>2</sub>. Oznacza to, że syntetyczne chemikalia powodują efekt cieplarniany nieproporcjonalnie do ich koncentracji w powietrzu [2.2].

Istnieją dane, które podważają ogólne przypuszczenie, że w celu osłabienia efektu cieplarnianego należałoby zastępować węgiel gazem naturalnym. Należy bowiem wziąć pod uwagę następujące fakty [2.14]: metan, którego udział w gazie naturalnym wynosi 80%, jest około 30 razy bardziej aktywny jako gaz cieplarniany aniżeli CO<sub>2</sub>; znaczne ilości gazu są emitowane bezpośrednio do atmosfery podczas wydobywania, transportu i dystrybucji (od 7 do 11% wydobywanego gazu naturalnego). Ponadto emisja metanu następuje także podczas wydobywania węgla. Wynosi ona 25 10<sup>6</sup> t/r metanu z dokładnością 5% [2.15].

W końcu lat 80-tych powstał Międzynarodowy Zespół Specjalistów do Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Zadaniem tego zespołu jest przede wszystkim informowanie o zagrożeniach wynikających ze zmian klimatu dla życia ludzkiego na ziemi. Dotychczas opublikowano obszernie raporty w latach 1990, 1994 i 1996 [2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21].

W raporcie z 1990 roku znajdują się między innymi następujące stwierdzenia:

- efekt cieplarniany jest zjawiskiem naturalnym, dzięki któremu możliwe jest życie na Ziemi,
- emisja gazów cieplarnianych, będąca wynikiem działalności człowieka, stale wzrasta i wzmaga ten efekt,
- dwutlenek węgla jest odpowiedzialny w 50 % za efekt cieplarniany,
- koncentracja gazów cieplarnianych bardzo wolno reaguje na zmiany emisji, co oznacza, że obecny trend wzrostu emisji będzie jeszcze długo wpływać na wzrost koncentracji,
- w celu ustabilizowania koncentracji należałoby niezwłocznie zredukować emisję dwutlenku węgla o około 60 %, a metanu o około 15 %,

Jak wykazują dane publikowane przez światowe ośrodki naukowe wzrasta średnia roczna temperatura powierzchni ziemi. Badania lodowców górskich wykazały, że od lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia lodowce cofają się z prędkością około 1m na rok. Objętość lodu w morzach zmniejszyła się w okresie 1976 - 1987 o około 15 %. W tym samym okresie zasięg lodów w Arktyce zmniejszył się o 2 %. Podobny proces jest ob-

serwowany w Antarktyce. W obu regionach polarnych w ciągu ostatnich 50 lat wzrost temperatury jest znacznie szybszy niż w innych regionach świata.

Źródłem dodatkowego niepokoju jest tempo przewidywanych zmian klimatu. Zmiany zachodzące powoli, w skali wieków, dawały szansę środowisku przyrodniczemu i człowiekowi na adaptację.

Jak oceniają eksperci z wiodącego ośrodka badania klimatu w Instytucie Maxa Plancka w Hamburgu, istnieje 90 - 97 % prawdopodobieństwa, że ocieplenie obserwowane w ciągu ostatnich 20 - 30 lat nie jest wynikiem naturalnej zmienności klimatu. Także badania prowadzone w Hadly Centre w Wielkiej Brytanii wykazują, że obliczona seria temperatury globalnej, uwzględniająca wzrost koncentracji gazów cieplarnianych i aerozolu, pokrywa się niemal dokładnie z obserwowaną.

W drugim raporcie IPCC z 1994 roku stwierdzono między innymi:

- oddziaływanie cząsteczek gazów cieplarnianych w atmosferze na bilans energetyczny Ziemi jest silniejsze niż oceniano poprzednio,
- około 70 % obserwowanego wzrostu koncentracji dwutlenku węgla jest wynikiem emisji w ciągu 50 lat,

Zarówno sama teoria ocieplania klimatu jak i wyniki raportów mają wielu przeciwników. Należy do nich przede wszystkim lobby energetyczne wielu krajów i eksporterzy paliw kopalnych, dla których każde działanie zmierzające do ograniczenia wykorzystywania tych paliw lub zastosowanie innych źródeł energii oznacza utratę zysków.

Kraje wysokorozwinięte mają trudności z wypełnianiem już podjętych zobowiązań dotyczących stabilizacji emisji do roku 2000. Spośród 15 krajów, które złożyły narodowe raporty, jedynie pięć jest w stanie wypełniać przyjęte zobowiązania. Kraje rozwijające się w większości nie mogły podjąć takich zobowiązań ze względu na konieczność podniesienia poziomu życia i zapewnienia egzystencji stale wzrastającej liczby ludności.

Zgodnie z przewidywaniami Międzynarodowego Zespołu Specjalistów do Zmian Klimatu, zawartymi w raporcie z 1996 roku, gdyby stężenie dwutlenku węgla w atmosferze podwoiło się do 2100 roku w stosunku do 1990 roku, to temperatura powierzchni globu ziemskiego wzrosłaby o około 2 °C. W wyniku ocieplania się oceanów oraz topnienia lodowców podniósłby się średni poziom oceanów. Przewidywany jest wzrost intensywności opadów, a także wzrost częstotliwości silnych sztormów. Należy się też liczyć z możliwością zmiany rozkładu stref wegetacyjnych w skali kuli ziemskiej. Istnieje ryzyko powstawania zjawisk, które są niemożliwe obecnie do przewidzenia.

Podczas konferencji poświęconej ochronie środowiska odbywającej się w Hadze, w listopadzie 2000 roku, podano do wiadomości, że według ostatnich prognoz naukowych temperatura ziemi może wzrosnąć o 6 °C w nadchodzącym stuleciu. Może to przyczynić się do wzrostu poziomów mórz, powodować gwałtowne sztormy, takie jakie miały miejsce w części Europy, w Azji, Afryce i Ameryce Południowej w ostatnich miesiącach 2000 roku. Ponadto Przewodniczący Organizacji Narodów Zjednoczonych nie wyraził zgody na propozycję USA i Japonii, aby energię jądrową uważać jako alternatywę na osłabianie efektu cieplarnianego [2.22].

Publikowane ekspertyzy szeregu instytucji, takich na przykład jak Światowej Rady Energetyki, Międzynarodowego Instytutu Stosowanej Analizy Systemów czy firmy Shell, jednogłośnie stwierdzają, że w celu zachowania klimatu ziemskiego konieczne będzie znaczne zredukowanie emisji gazów cieplarnianych, a więc wprowadzanie w skali globalnej nowoczesnego systemu bioenergetycznego. Biomasa posiada potencjalne możliwości stać się jednym z największych globalnych odnawialnych źródeł energii w końcu obecnego stulecia. Czynnikiem decydującym o szansach globalnego rozwoju



nowoczesnych energetycznych systemów biomasy jest to, czy osiągalne zasoby biosferyczne są wystarczające dla realizacji planu wykorzystywania na dużą skalę biomasy jako źródła energii, zaspakajając zarazem zapotrzebowanie na żywność [2.23].

## 2.2.8 Zagrożenie systemu rozrodczego człowieka

### 2.2.8.1 Pestycydy

Pestycydy, substancje syntetyczne lub naturalne, są stosowane do zwalczania organizmów szkodliwych lub niepożądanych z punktu widzenia człowieka. Są głównie używane do ochrony roślin uprawnych, zwierząt hodowlanych, ludzi, produktów żywnościowych, pasz, skóry, drewna i innych materiałów. Rozróżnia się substancje stosowane do zwalczania gryzoni, nicieni, roztoczy, owadów, chwastów, grzybów i bakterii. Do pestycydów zalicza się również substancje wpływające na procesy życiowe chronionych lub szkodliwych organizmów, substancje zawierające bakterie chorobotwórcze atakujące organizm szkodnika oraz środki wabiące i odstraszające. Wiele z pestycydów działa szkodliwie na szereg organizmów zwierzęcych i na rośliny, do których zwalczania nie były stosowane. Okazały się bardzo pożyteczne przy zwalczaniu insektów, innych potencjalnych nosicieli chorób i szkodników rozwoju roślin, bezpośrednio lub pośrednio wpływających na zdrowie ludzkie. Pestycydy w zwalczaniu komarów, termitów, karaluchów, wołków zbożowych, ślimaków, szczurów i innych zwierzęcych szkodników odegrały znaczącą rolę. Trudno jest przeciwdziałać wielu chorobom i szkodnikom w rolnictwie bez możliwości posługiwania się odpowiednimi środkami chemicznymi.

DDT, znany w Polsce jako azotox, uniwersalny środek owadobójczy, jest jednym z najlepszych przykładów, które początkowo oferowały wielką pomoc społeczeństwu. Następnie po około 20 latach okazały się szkodliwe dla otoczenia. Jedną ze znacznych korzyści stosowania DDT, jest to, że prawdopodobnie ocalił wiele istot żywych, do czego nie przyczynił się żaden inny środek chemiczny. W latach 40-tych DDT znalazł szerokie zastosowanie w zwalczaniu śmiertelnej choroby jaką jest malaria. Jednakże ujemną stroną stosowania DDT było genetyczne uodpornianie się wiele insektów na działanie środków używanych do ich zwalczania. Wiele zwierząt, które nie były celem działania DDT, było zatrutowanych. Obecnie jest oczywiste, że DDT i wiele innych podobnych środków stosowanych w rolnictwie i ochronie zdrowia, jak pestycydy, są śmiertelne dla wielu organizmów środowiska naturalnego.

W publikacji „Nasza skradziona przyszłość” [2.24] autorzy omawiają wiele możliwych zagrożeń dla zachowania środowiska, a także dla istnienia gatunku ludzkiego. Okazuje się, że liczba plemników w nasieniu męskim spadła o 45 % między rokiem 1940, początkiem stosowania pestycydów, a 1990 rokiem. Autorzy ci utrzymują, że prawdziwym zagrożeniem, powodowanym przez szerokie stosowanie pestycydów, jest zagrożenie naszego systemu rozrodczego i że musimy wyjść poza paradygmat raka [2.24].

Pierwszym efektem oddziaływania syntetycznych związków chemicznych jest zmiana rozwoju płciowego płodu. W ciągu ubiegłego dziesięciolecia naukowcy odkryli, jak determinowana jest tożsamość płciowa płodu. U ssaków wszystkie embriony są na początku płci żeńskiej. Rozwój embrionu w płód płci męskiej następuje tylko wtedy, gdy męski hormon wysyła sygnał chemiczny, który uruchamia odpowiednią reakcję. W oparciu o badania przeprowadzone na Florydzie, w Kanadzie, Anglii, nad jeziorem Michigan, w Kalifornii, północnej Europie i nad Morzem Śródziemnym, stwierdzono, że syntetyczne związki chemiczne miały niszczący wpływ na ptaki, foki, aligatory, panteiry, wieloryby i niedźwiedzie polarne.

Podczas konferencji Wingspread, która odbyła się w Winsconsin w 1991 roku, spotkali się naukowcy z różnych dziedzin, aby studiować problem związków chemicznych blokujących hormony [2.25]. Opublikowali oni wspólne oświadczenie mówiące o wielu zagadnieniach. Oto niektóre wnioski określone przez uczestników:

- wiele spośród związków chemicznych wyprodukowanych przez człowieka a uwolnionych do środowiska, jak również kilka naturalnych substancji, może niszczyć system hormonalny zwierząt a także ludzi,
- wiele dzikich gatunków zostało już dotkniętych działaniem tych związków,
- badania laboratoryjne potwierdzają anomalie w rozwoju płciowym obserwowane w terenie i dostarczają mechanizmów biologicznych do wyjaśnienia obserwacji pochodzących wśród dziko żyjących zwierząt,
- ludzie także znaleźli się pod wpływem tych związków.

Syntetyczne związki chemiczne wskazane w powyższych badaniach są wszędzie. Znajdują się w powietrzu, wodzie i na lądzie. Są w całym łańcuchu pokarmowym. Najwyższa koncentracja tych związków obserwowana jest u zwierząt znajdujących się na szczycie piramidy pokarmowej, u których poziomy skażenia są miliony razy większe niż u roślin. Zagrożenie dla naszej planety nie jest lokalne, jest uniwersalne. Jeśli jest to prawda, to dotyczy ono nas wszystkich [2.25].

#### 2.2.8.2 *Herbicydy*

Są to środki chwastobójcze stosowane do selektywnego lub całkowitego hamowania rozwoju albo niszczenia niepożądanych roślin. Są stosowane w uprawach polowych, warzywniczych, w leśnictwie, w pracach melioracyjnych, do niszczenia roślin wodnych. Ich stosowanie przyczyniło się do powstania szeregu ekologicznych problemów.

Herbicydy tworzy ponad 75 składników. Dwa spośród nich stanowią największe zagrożenie dla środowiska. Są to w oznaczeniu angielskim: 2, 4-D-2, 4 dichlorophenoxyacetic acid i 2, 4, 5-T- trichlorophenoxyacetic acid. Składnik 2, 4, 5-T, znany jako dioksin, jest silną trucizną.

Jedno z najbardziej kontrowersyjnych zastosowań herbicydów na masową skalę miało miejsce podczas wojny wietnamskiej w latach 1960 - tych. Rozpylano je w celu ogołocenia drzew z liści, pozbawiając w ten sposób naturalnej osłony wojsk północnego Wietnamu przed wojskami amerykańskimi. Ilość rozpryskiwanych herbicydów na jednostkę powierzchni była 12 krotnie większa w relacji do dawki normalnie stosowanej dla ochrony roślin. Herbicydy rozpryskiwano w powietrzu przy określonych warunkach pogodowych. Konsekwencje takiego działania na środowisko były następujące:

- zniszczono 50 % lasów na wyżynach po trzykrotnym rozpryskiwaniu,
- zniszczono 90 % lasów tropikalnych po jednorazowym zastosowaniu herbicydów,
- zniszczenie częściowe drzew kauczukowych i upraw ryżu w wyniku przenoszenia herbicydów przez wiatr,
- wytrucie ptaków owadożernych,
- wzrost populacji komarów,
- zwiększona erozja gleby.

Stwierdzono znaczny wzrost nieprawidłowości urodzeń zarówno u ludzi jak i wśród zwierząt domowych na terenach, na których stosowano najbardziej intensywne rozpylanie herbicydów.

### **Wpływ zanieczyszczeń powodowanych spalaniem paliw kopalnych na zdrowie ludzkie**

W ciągu ostatnich lat, w wyniku spalania paliw kopalnych, rozpatrywana, z punktu widzenia oddziaływania na zdrowie ludzkie, jakość powietrza szybko pogarszała się. Zagrożenie dla zdrowia ludzkiego stanowią zarówno zanieczyszczenia pierwotne, takie jak: tlenek węgla CO, tlenki azotu i siarki, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, węglowodory, H<sub>n</sub>C<sub>m</sub>, pyły, a także zanieczyszczenia wtórne w postaci NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, *aldehyd* (powstających w wyniku termicznej dekompozycji tłuszczu, oleju i glicerolu), *olefin*, *peroksyacetylowego azotanu* (oznaczany w literaturze anglosaskiej indeksem PAN - peroxyacetyl nitrate - C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>5</sub>N, który jest toksycznym elementem smogu, powstającym w wyniku działania światła słonecznego na węglowodory zawarte w spalinach silników samochodowych), *akrolein* (aldehyd akrylowy, CH<sub>2</sub>=CH-CHO, powstający w wyniku dekompozycji glicerolu lub utleniania propanu) i *związków ołowiu* (których źródłem jest spalanie benzyn ołowiowych).

Poniżej zestawia się odpowiednie rodzaje zanieczyszczeń, przyczyniające się do powstawania określonych zagrożeń zdrowia ludzkiego. Są to [2.2]:

- infekcja dróg oddechowych - działanie SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, pyłu, azotanu, peroksyace tyl zotanu PAN, siarczanów SO<sub>4</sub>, azotanów NO<sub>3</sub>,
- zapalenie płuc, gruźlica – działanie CO,
- choroby serca - działanie CO, SO<sub>x</sub>,
- chroniczny bronchit - działanie PAN, NO<sub>x</sub>,
- astma - działanie SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>,
- duszność, bóle głowy - działanie ozonu O<sub>3</sub>,
- wylew krwi do mózgu - działanie CO,
- nowotwory żołądka i płuc - działanie węglowodorów i pyłu,
- rak krwi - działanie aldehyd, olefin,
- podrażnienie gałek ocznych - działanie akrolein,
- uszkodzenia mózgu - działanie związków ołowiu.

#### **2.2.10 Promieniotwórczość - skażenie środowiska**

Istnieje promieniotwórczość atmosfery, a także promieniotwórcze opady. Inną specyficzną formą zanieczyszczenia środowiska, ściśle związaną z zanieczyszczeniem wody i powietrza, jest promieniotwórczość powodowana wzrostem izotopów promieniotwórczych jako wynik wybuchów jądrowych, a także wykorzystywania energii jądrowej.

Promieniotwórczość atmosfery wynika z aktywności promieniotwórczej spowodowanej obecnością w atmosferze ziemskiej naturalnych i sztucznych substancji promieniotwórczych. Promieniotwórczość jest wywołana przez ciała promieniotwórcze będące stałymi składnikami atmosfery. Ich koncentracja w atmosferze ulega jednak zmianom, zarówno przestrzennym jak i czasowym. Decydującą rolę w naturalnej promieniotwórczości atmosfery odgrywają trzy izotopy radonu. Są to radon <sup>222</sup>Rn, toron <sup>220</sup>Tn i aktynon <sup>219</sup>An, które dyfundują z podłoża ziemi. Wiele izotopów takich jak rad <sup>226</sup>Ra, uran <sup>235</sup>U i <sup>238</sup>U, tor <sup>232</sup>Th, potas <sup>40</sup>K i węgiel <sup>14</sup>C, występuje w sposób naturalny w skałach i glebie. Duże znaczenia mają także liczne izotopy promieniotwórcze powstające na różnych wysokościach w atmosferze wskutek reakcji jądrowych, którym pod wpływem promieni kosmicznych ulegają głównie azot, tlen i argon. Należą do nich izotopy: berylu <sup>7</sup>Be, <sup>10</sup>Be, węgla <sup>14</sup>C, wodoru - tryt <sup>3</sup>H, fosforu <sup>32</sup>P, <sup>33</sup>P, chloru <sup>36</sup>Cl, <sup>39</sup>Cl, siarki <sup>35</sup>S oraz sodu <sup>22</sup>Na. Źródłem sztucznej promieniotwórczości atmosfery są gazy i pyły promieniotwórczości powstałych podczas wybuchów jądrowych oraz prze-

dostające się do atmosfery z siłowni jądrowych. Część tych substancji osadza się na ziemi.

Promieniotwórcze opady to mgły, aerozole i cząsteczki pary wodnej, zawierające produkty rozszczepienia unoszone ruchem powietrza do różnych warstw atmosfery i opadające na ziemię pod wpływem różnych czynników. Sztuczne opady promieniotwórcze, powstające podczas wybuchów jądrowych w atmosferze, dotyczą następujących izotopów promieniotwórczych: cezu  $^{132}\text{Cs}$ , kobaltu  $^{58}\text{Co}$ , jodu  $^{126}\text{J}$ , kryptonu  $^{83}\text{Kr}$ , plutonu  $^{244}\text{Pu}$  i strontu  $^{87}\text{Sr}$ . Z około 450 izotopów promieniotwórczości, stanowiących produkty rozszczepienia, niebezpiecznymi dla otoczenia są: argon  $^{41}\text{Ar}$ , kobalt  $^{60}\text{Co}$ , ces  $^{137}\text{Cs}$ , jod  $^{131}\text{J}$ , krypton  $^{85}\text{Kr}$ , stront  $^{90}\text{Sr}$ , tryt  $^3\text{H}$  i pluton  $^{239}\text{Pu}$ . Szczególnie niebezpieczny jest izotop strontu  $^{90}\text{Sr}$ , dostający się wraz z pokarmem do organizmu człowieka i gromadzący się w tkance kostnej. Mniej niebezpieczny, ze względu na ilość i szybkość wydalania, jest izotop cezu  $^{137}\text{Cs}$ , osadzający się w tkance mięśniowej. Należy wspomnieć, że najbardziej wrażliwymi na działanie promieniowania są: tkanka limfatyczna, szpik kostny, narządy rodne oraz przewód pokarmowy. Skóra, płuca i wątroba odznaczają się mierną wrażliwością, mięśnie zaś i zupełnie wyrosnięte kości są najmniej wrażliwe.

Po II-giej Wojnie Światowej rozpoczęto wykorzystywanie energii jądrowej wyłącznie do celów pokojowych. Zapoczątkowano eksploatację elektrowni jądrowych. Sięgnięto po skromne złoża materiału rozszczepialnego, jakim jest uran 235, znajdującego się w skorupie ziemskiej. W wyniku wypalania go w reaktorach jądrowych powstaje wiele groźnych dla ludzkości odpadów radioaktywnych. Natura nie stworzyła mechanizmów pozwalających unieszkodliwiać te odpady. Człowiek opanował produkcję materiałów rozszczepialnych, takich jak pluton i tryt z materiałów nierozszczepialnych oraz uran 238 i lit. Ma ona służyć zwiększeniu, w sposób prawie nieograniczony, zasobów paliw dla przyszłych reaktorów energii jądrowej. Pojawiła się myśl wysyłania odpadów radioaktywnych na słońce. Powstaje kwestia, jak groźny może być rozwój energetyki jądrowej dla zachowania homeostatycznych warunków ekosystemu (zachowanie homeostatycznych warunków ekosystemu oznacza, że wszystkie aspekty funkcjonowania ekosystemu są w równowadze). Autor niniejszej publikacji nie jest jednak w stanie wyjaśnić tej kwestii. Niemniej jednak, obok takich zagrożeń ekosystemu, jak: efekt cieplarniany, dziury ozonowe, kwaśne deszcze, wpływ zanieczyszczeń pochodzących ze spalania paliw kopalnych na zdrowie ludzkie, mogą również istnieć *zagrożenia ekosystemu przez energię jądrową*.

### **2.2.11 Gospodarka gruntami**

Zanieczyszczenie wody, powietrza poprzez stosowanie nawozów sztucznych, użytkowanie paliw kopalnych, i inne zanieczyszczenia, takie jak pestycydy, herbicydy, promieniotwórczość, nie są jedynymi formami destrukcji środowiska, chociaż w ostatnich latach skupiają największą uwagę. Problem gospodarki gruntami, zmiany krajobrazu poprzez erozję, powodzie, środowiska odpadów stałych, problemy obszarów wiejskich i zurbanizowanych są także istotnymi problemami z punktu widzenia zachowania środowiska naturalnego. Należy oczekiwać, że w nadchodzących latach o gospodarce gruntami będą decydować ekologia i ekonomia. Erozja górnych żyznych warstw gleby wpływa na ekonomię rolnictwa, standard życia na obszarach wiejskich i na jakość środowiska naturalnego. Chociaż pewne formy erozji są nieuniknione, oczywistym jest, że ten proces jest przyspieszany przez działalność człowieka. Powodzie stanowią inną formę erozji gleby. W łagodnej formie mogą być niekiedy przyjazne środowisku.

Istnieje szereg krytycznych kwestii dotyczących obecnej i przyszłej gospodarki gruntami. Na przykład wiążą się one z odpowiedzią między innymi na następujące pytania:

Czy powinniśmy zezwalać na budowę kopalni odkrywkowych węgla, co ma wpływ na gospodarkę rolną i co przyczyni się do stałej zmiany krajobrazu ?

Czy można zezwolić na budowę elektrowni i rafinerii w pobliżu terenów zurbanizowanych ?

Czy można zezwalać na wycinanie lasów w celu rozwoju lokalnego przemysłu drzewnego ?

Te i inne kwestie obrazują potrzebę myślenia o ochronie środowiska i o racjonalnym użytkowaniu gruntów.

### 2.2.12 Odpady komunalne

Osobny problem stanowią odpady komunalne [2.2.26, 2.27], które tworzą głównie:

- niewykorzystane produkty żywnościowe, określane mianem utraty zbiorów,
- opakowania.

Utrata zbiorów powstaje w wyniku niewykorzystania lub zepsucia się produktów żywnościowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Zawiera się ona w granicach 40% w niektórych krajach rozwijających się i do 2 - 8% w niektórych krajach uprzemysłowionych. Zmniejszanie utraty zbiorów można uzyskiwać poprzez tworzenie lepszych warunków transportu, magazynowania i pakowania. W krajach zachodnich wzrasta zastosowanie nowych technologii opakowań, włączając w to opakowania wyjałowione, które nie wymagają urządzeń chłodniczych, i opakowania próżniowe. Ulepsza się także opakowania z punktu widzenia uniknięcia uszkodzenia produktów zawartych w opakowaniu. W krajach uprzemysłowionych wzrasta zastosowanie tworzyw sztucznych, które zastępują w coraz to większym stopniu papier, tekturę, metale i szkło. Wzrasta stosowanie papieru i tektury pokrywanej tworzywami sztucznymi do opakowań mleka i innych napojów.

Z punktu widzenia ochrony środowiska istotne staje się przedłużanie możliwości wykorzystywania zasobów naturalnych zawartych w elementach opakowań zamiast gromadzenia ich na składowiskach. Można tego dokonać odzyskując odpowiednie materiały takie jak papier, szkło, metale i wykorzystywać je jako surowce. Można je także stosować jako paliwo w elektrowni lub jako surowiec w procesie pirolizy, produkując paliwa ciekłe lub gazowe.

Ilość odpadów przypadających na jednego mieszkańca w ciągu roku wynosi odpowiednio: w Stanach Zjednoczonych - 800 kg, RFN i Szwecji - 400 kg, w Wielkiej Brytanii około 300 kg. Większa ilość śmieci w Stanach Zjednoczonych jest powodowana większym udziałem papieru, podczas gdy w innych krajach uprzemysłowionych papier zastępuje się tworzywami sztucznymi. Głównymi składnikami śmieci są: papier i tektura - 42%, szkło - 9%, metale - 8%, tworzywa sztuczne - 7% i inne materiały - 16%.

Studia przeprowadzone w RFN wykazały, że konsekwencją eliminowania tworzyw sztucznych w opakowaniach będzie:

- 4-krotny wzrost ciężaru śmieci,
- 2.6-krotny wzrost objętości śmieci,
- 2-krotny wzrost energii wymaganej dla produkcji materiałów do opakowań [2.26].

Według danych zawartych w [2.27] istnieje możliwość wykorzystywania śmieci do celów energetycznych, wytwarzania energii elektrycznej i ciepła grzewczego, a więc substytucji węgla lub ropy w ilości około 4 GJ/rok na mieszkańca. Odniesienie tych danych do warunków krajowych pozwala oszacować prawdopodobne zasoby energie-

tyczne zawarte w śmieciach na około 160 mln GJ/r (40 mln mieszkańców \* 4 GJ/r mk.) lub w przeliczeniu na węgiel daje to 6,4 mln ton węgla.

### **2.2.13 Technologie energii ery cywilizacji przemysłowej**

*Spoleczeństwo drugiej ery sięgnęło na początku XIX wieku po paliwa kopalne, po węgiel, ropę i gaz, a następnie w XX stuleciu po paliwa jądrowe. Zaczęło pobierać energię z nieodnawialnych źródeł paliw kopalnych. Ta rewolucyjna zmiana, która nastąpiła po udoskonaleniu przez Newcomena w 1812 roku silnika parowego, oznaczała, że po raz pierwszy cywilizacja zaczęła wydankować zasoby naturalnego kapitału, zamiast utrzymywać się jedynie z odsetek od tego kapitału [2.1].*

*Równocześnie z rozwojem silników cieplnych powstawał dział fizyki obejmujący badanie zjawisk cieplnych zachodzących w układach makroskopowych. Nicolas Leonard Carnot, fizyk francuski, a zarazem kapitan armii francuskiej, w 1824 roku jako pierwszy sformułował II-gą zasadę termodynamiki, która jest podstawą dla określenia sprawności silników cieplnych. Miała ona następującą treść: silnik cieplny nie może pracować nie pobierając ciepła ze „źródła ciepła” i nie oddając go do „źródła zimna”, a więc do atmosfery. W czasach Carnota silnik cieplny oddawał prawie 90 % pobieranego ciepła ze „źródła ciepła” do atmosfery jako do „źródła zimna”. Obecnie najbardziej sprawne technologie elektrowni oddają około 60 %. Technologie układów energetycznych ery cywilizacji informatycznej mają tracić na rzecz otoczenia tylko 20 % pobieranego ciepła ze „źródła ciepła”, o czym będzie mowa w innej pracy.*

#### **2.2.13.1 Uwagi wstępne**

Jako technologie energetyczne ery cywilizacji przemysłowej uważa się technologie wytwarzania nośników energii, takich jak: energia elektryczna, ciepło, substytuty paliw gazowych i ciekłych, wykorzystując paliwa kopalne i jądrowe.

O przyszłości technologii elektrowni jądrowych będzie mówić się w opracowaniu poświęconym zagadnieniom energii jądrowej. Natomiast treścią niniejszego paragrafu będą technologie paliw kopalnych. Postaramy się dostrzec, jakie znaczenie mogą one mieć w kolejnej erze cywilizacji jako technologie docelowe.

Podstawową technologią elektrowni opalanych paliwami kopalnymi jest i była przez szereg dziesiątków lat turbina parowa. Jest to silnik cieplny przepływowy z wirnikiem łopatkowym, przemieniającym energię kinetyczną strumienia pary przepływającego pomiędzy łopatkami wirnika w energię ruchu obrotowego wirnika. Wirnik turbiny jest połączony z wirnikiem prądnicą zmiennego prądu elektrycznego. Pierwsza turbina parowa, o mocy około 1.1 MW, została zbudowana przez Ch. A. Parsona w 1897 roku i stanowiła napęd statku handlowego.

Kolejnym silnikiem przepływowym był silnik turbodoorzutowy. W silniku tym powietrze zostaje najpierw sprężone dynamicznie w dyfuzorze, a następnie jest sprężane dalej w sprężarce wirnikowej. Sprężone powietrze dostaje się do komory spalania, do której jest wtryskiwane paliwo. Powstające przy spalaniu gazy przepływają najpierw przez turbinę gazową napędzającą sprężarkę, a następnie przez dyszę wylotową, w której rozprężają się, osiągając dużą prędkość. Tak więc w tym przypadku turbina gazowa rozwija tylko taką moc, jaka jest potrzebna do napędu sprężarki, a siła ciągu jest powodowana przyrostem energii kinetycznej strumienia gazu. Pierwszy patent na silnik turbodoorzutowy uzyskał w 1930 roku F. Whittle. W 1939 roku O. Ohain i E. Heinkel skonstruowali silnik, który został wbudowany w pierwszy na świecie latający samolot turbodoorzutowy „He 178”. W tym czasie przedsiębiorstwa energetyczne nie interesowały się wykorzystaniem tego rodzaju turbin, jako turbin gazowych w stacjonarnych systemach energetycznych. Przyczyna tkwiła w ówczesnie tanich paliwach kopalnych ogólnie obficie dostępnych.

W rozwoju elektrowni opalanych paliwami kopalnymi na przestrzeni kilku dziesiątków lat pojawiło się kilka impulsów wpływających na rozwój technologii tych elektrowni. Wynikały one z konieczności:

1. sprostania konkurencji z elektrowniami jądrowymi ze względu na jednostkowe koszty inwestycyjne, gdy w latach 50-tych zaczęto wprowadzać do systemów energetycznych elektrownie jądrowe o dużych mocach w jednostce,
2. poszanowania energii wobec wzrostu cen paliw kopalnych, który brał początek w 1973 roku, gdy nastąpił kryzys energetyczny,
3. łagodzenia efektu kwaśnych deszczy, powodowanych emisją tlenków siarki i azotu do atmosfery.

Ponadto, wobec przewidywanej po kryzysie energetycznym prawdopodobnej eskalacji cen ropy i gazu na rynkach światowych, zaczęto opracowywać technologie substytutów ropy i gazu ziemnego.

W niniejszym paragrafie omówi się ogólnie jedynie:

- technologie przemiany paliw kopalnych w energię elektryczną lub ciepło,
- technologie substytutów ropy i gazu ziemnego, a więc technologie zgazowywania i upłynniania paliw stałych, jakimi jest węgiel i jaką może być biomasa.

Dla zrozumienia procesów przemiany energii w omawianych technologiach zamieszcza się w Uzupełnieniu wybrane zagadnienia termodynamiki.

Jak zostanie później podane, przeważającą większość omawianych technologii nie będzie mogła być akceptowalna w przyszłości, ponieważ stosując jako surowiec paliwa kopalne zawsze nie będą neutralne wobec efektu cieplarnianego. Niemniej niektóre z nich, takie jak technologie zgazowywania, turbiny gazowe w połączeniu z biomasą i ogniwami paliwowymi, pozwolą bardziej efektywnie wykorzystywać biomasę jako paliwo przyszłości.

### *2.2.13.2 Technologie przemiany paliw kopalnych w energię elektryczną lub ciepło*

Przed 2-gą wojną światową głównym czynnikiem decydującym o kosztach energii elektrycznej, wobec niskich cen paliw kopalnych, były koszty inwestycyjne siłowni. Mały one wraz ze wzrostem mocy jednostki energetycznej. Turbina o mocy 25 MW stanowiła dużą jednostkę. Po wojnie, w latach 60-tych, elektrownie opalane paliwami kopalnymi zaczęły współzawodniczyć z elektrowniami jądrowymi. Wobec tanich paliw kopalnych i taniego kredytu inwestycyjnego, parametrami decydującymi o kosztach produkcji energii elektrycznej były nadal koszty inwestycyjne, będące jedynie funkcją wielkości mocy w jednostce. Reaktory jądrowe, z wymagań odnoszących się do zachodzących w nich reakcji jądrowych, były jednostkami o mocy rzędu 100 - 400 MW, ale nie więcej niż 1000 MW. W konsekwencji zaczęto rozwijać turbiny parowe o dużych mocach, rzędu setek MW. Istniały projekty turbiny o mocy 3000 MW.

W 1973 roku nastąpił kryzys energetyczny. Organizacja Państw Eksporterów Ropy Naftowej, czyli OPEC, odcinając dostęp do światowych zasobów ropy, zachwiała całą gospodarką ery cywilizacji przemysłowej. Cena ropy z 1 US\$ za baryłkę w 1970 roku wzrosła w 1973 roku do 8 US\$, co przyczyniło się do wzrostu kosztów eksploatacji elektrowni opalanych paliwami kopalnymi. W konsekwencji zaczęło nabierać znaczenia racjonalne użytkowanie energii, określane w literaturze terminem "poszanowaniem energii". W wyniku rozpoczętych badań nad technologiami zapewniającymi większą sprawność użytkowania energii zaczął rosnąć zbiór konkurencyjnych technologii siłowni opalanych paliwami kopalnymi.

Przez poszanowanie energii, traconej na rzecz otoczenia, rozumie się bardziej efektywne wykorzystywanie energii w procesach termodynamicznych. Średnia sprawność wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach węglowych w Polsce wynosi około 30%. Oznacza to, że wykorzystuje się tylko 30% energii pierwotnej, jaką noszą paliwa kopalne jako nośniki energii. Pozostała część ogrzewa atmosferę.

W elektrowniach opalanych paliwami kopalnymi można wyróżnić dwa zasadnicze procesy:

- proces spalania,
- zamiana entalpii pary na pracę mechaniczną w turbinie parowej, gdzie przez entalpię rozumie się funkcję stanu termodynamicznego określoną zależnością  $H = U + pV$ :  $U$  energia wewnętrzna,  $p$  - ciśnienie,  $V$  objętość [2.28] (patrz także Uzupełnienie).

Jednym z warunków uzyskiwania możliwie najmniejszych strat energii na rzecz otoczenia jest, aby temperatura spalania była zbliżona do temperatury na wlocie turbiny. W obecnie stosowanych układach turbin parowych przedstawiony warunek nie może być zrealizowany, ponieważ temperatura spalania znacznie przewyższa dopuszczalną temperaturę pary, jaka może być opanowana przez turbinę parową, a to ze względów wytrzymałościowych łopatek turbiny. Dla metanu jako paliwa różnica temperatur wynosi około 1400°C.

W tej sytuacji mechanizmami poszanowania energii w elektrowniach węglowych mogą być:

- obniżenie temperatury procesu spalania,
- wprowadzanie do obiegu parowego elektrowni tak zwanego obiegu podwyższającego, pozwalającego, poprzez zastosowanie turbiny gazowej, wykorzystywać część entalpii gazów spalinowych opuszczających turbinę, wytwarzając energię elektryczną, zanim gazy te zostaną przekazane do kotła parowego wytwarzającego parę dla turbiny parowej,
- tak zwany obieg obniżający, turbina organiczna - urządzenie pozwalające bardziej efektywnie wykorzystywać entalpię w zakresie niskich temperatur, aniżeli można tego dokonywać stosując turbinę parową.

Obniżenie temperatury procesu spalania można uzyskać tworząc na bazie węgla takie paliwo, którego temperatura płomienia właściwa temu paliwu będzie niższa od temperatury płomienia węgla. Istnieją dwa sposoby takiego podejścia. Są to:

- spalanie w złożu fluidalnym, którego składowymi jest popiół, piasek i węgiel (temperatura 925°C),
- stosowanie gazu niskokalorycznego, uzyskiwanego w wyniku zgazowywania węgla w obecności powietrza (temperatura 1500°C).

W obydwóch przypadkach można eliminować zanieczyszczenie środowiska przez  $SO_2$  i obniżyć emisję  $NO_x$ .

Obieg podwyższający opanowałby różnicę temperatur procesu spalania i pary na wlocie do turbiny lub ściślej: opanowałby spadek entalpii identyfikowany z wyżej wymienioną różnicą temperatur. Można tego dokonać, stosując dodatkowo obok turbiny parowej:

- turbinę, w której czynnikiem pracującym jest potas,
- turbinę gazową, poprzednio wykorzystywaną w silnikach turboodrzutowych samolotów.

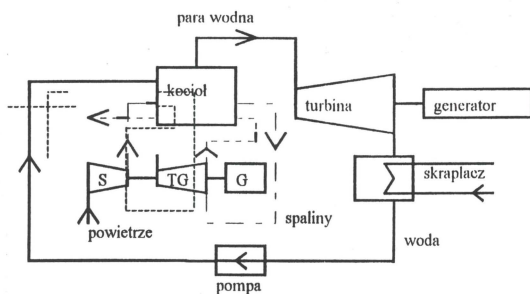


Obieg obniżający jest urządzeniem pozwalającym bardziej efektywnie wykorzystywać entalpię w zakresie niskich temperatur, aniżeli można tego dokonać stosując turbinę parową. Dokonuje się tego poprzez stosowanie turbin organicznych, w których czynnikiem pracującym są ciecze organiczne, na przykład freon.

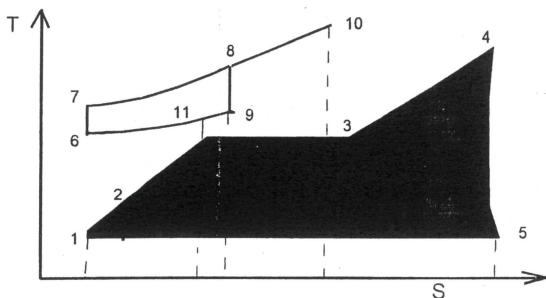
Rys. 2.1 ilustruje schemat układu siłowni parowo - gazowej. Powietrze sprężone w sprężarce wirnikowej zostaje skierowane do kotła, w którym spalanie zachodzi przy podwyższonym ciśnieniu. Spaliny oddają ciepło parze i następnie dopływają do turbiny gazowej, wykonując w niej pracę. Turbina napędza sprężarkę, a nadmiar pracy zostaje użyty na napęd generatora. Obieg parowy odbywa się w normalnym układzie siłowni kondensacyjnej, obejmującej turbinę parową.

Obieg odpowiadający układowi przedstawionemu na rys. 2.1 pokazano na rys. 2.2. Obieg zakreskowany 1-2-3-4-5-1 jest obiegiem parowym. Jest to obieg podstawowy Rankine'a. Obieg 6-7-8-9-6, jako obieg podwyższający, jest obiegiem turbiny gazowej. Powietrze o stanie 6 zostaje sprężone do punktu 7 i skierowane do kotła. Po spalaniu paliwa w przemianie izobarycznej osiąga się stan opisany punktem 10. Przemiana 10-8 przedstawia oddawanie ciepła przez spaliny parze, a więc ciepło pod krzywą 8-10 musi być równe ciepłu pod linią 2-3-4. Następnie spaliny o stanie odpowiadającym punktowi 8 zostają skierowane do turbiny gazowej, w której rozprężają się według przemiany 8-9, wykonując pracę. Spaliny opuszczające turbinę mają jeszcze wysoką temperaturę i mogą być skierowane do podgrzewacza wody, w którym oddają ciepło, reprezentowane polem pod linią 1-2, ochładzając się do stanu opisanego punktem 11.

Obieg obniżający pozwoli zmniejszyć straty ciepła na rzecz otoczenia, spowodowane koniecznością schładzania czynnika pracującego w obiegu turbiny. Można tego dokonać wprowadzając w zakresie niskich temperatur turbinę organiczną zamiast obiegu turbiny parowej. Przy temperaturze 260°C sprawność turbiny parowej wynosi 18 %, podczas gdy sprawność turbiny organicznej osiąga wartość 24 %.



Rys. 2.1. Schemat układu siłowni parowo - gazowej



Rys 2.2. Cykl podstawowy turbiny parowej z cyklem podwyższającym turbiny gazowej, gdzie T - temperatura, S - entropia

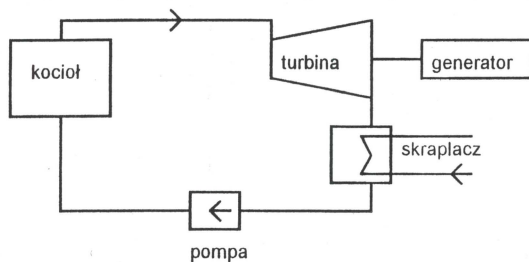
Omawiany zbiór technologii produkcji energii elektrycznej i ciepła będzie obejmować:

1. elektrownie konwencjonalne,
2. elektrownie ze spalaniem fluidalnym,
3. niskokaloryczne zgazowywanie węgla w połączeniu z układem turbiny gazowej i parowej,
4. elektrociepłownie.

### 2.2.13.3 Elektrownie konwencjonalne

Proces wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach parowych opalanych węglem, olejem lub gazem obejmuje trzy etapy:

1. wytwarzanie ciepła w wyniku spalania paliw kopalnych w kotle parowym, które jest wykorzystywane w produkcji wysokotemperaturowej pary przy wysokim ciśnieniu,
2. przemianę entalpii pary w energię kinetyczną rotora turbiny,
3. przemianę energii kinetycznej rotora w energię elektryczną.



Rys. 2.3. Schemat elektrowni konwencjonalnej

Rys. 2.3 pokazuje schemat obiegu parowego, którego głównymi elementami są: kocioł, turbina i skraplacz - kondensator. Ciepło odbierane schładzanej wodzie w skraplaczu jest usuwane do środowiska. Może to następować w wyniku bezpośredniego schładzania wodą z rzeki lub jeziora, względnie przez pośrednie schładzanie w chłodniach kominowych. Proces z bezpośrednim schładzaniem bieżącą wodą charakteryzuje się mniejszymi stratami, a tym samym wyższą sprawnością, w porównaniu do procesu, w którym stosuje się pośrednie schładzanie.

Olej opałowy lub gaz są wdmuchiwane z powietrzem do komory spalania poprzez dysze. Węgiel przed spalaniem jest przeważnie mielony na bardzo drobne ziarna. W wyniku spalania węgla powstaje popiół i żużel. Znacznym usprawnieniem w elektrowniach opalanych węglem stanowi palenisko posiadające właściwości cyklonu. Skruszony węgiel jest podawany na jednym końcu poziomego cylindra. Powietrze jest wdmuchiwane stycznie do obwodu cylindra wymuszając spalanie w zawirowaniu. Korzyści takiego rozwiązania są następujące:

- redukovanie zawartości popiołu w gazach wylotowych,
- zmniejszanie energochłonności przygotowania paliwa, ponieważ zastępuje się proces mielenia kruszeniem węgla,
- redukcja rozmiarów paleniska.

### **Wpływ na środowisko**

W czasie eksploatacji elektrownia na paliwa kopalne emituje do atmosfery, w mniejszym lub większym stopniu, w zależności od rodzaju paliwa, następujące zanieczyszczenia: pył, tlenki siarki i azotu, tlenek węgla, węglowodory i dwutlenek węgla. W tablicy 2.2 zestawiono wielkość emisji, w kG/GJ wytwarzanego nośnika energii, zanieczyszczeń dla elektrowni opalanych węglem, olejem opałowym i gazem. Możliwość redukcji emisji do atmosfery tych zanieczyszczeń omówiono poniżej.

**Popiół.** Emisję popiołu można częściowo zredukować stosując paleniska posiadające właściwości cyklonu. Inne rozwiązania to stosowanie filtrów mechanicznych lub elektrostatycznych. Należy jednak pamiętać, że odpowiednie urządzenie, redukujące na przykład 98 % pyłu, emituje pozostałe 2 % najdrobniejszych cząstek pyłu najbardziej groźnych dla zdrowia ludzkiego.

Tablica 2.2 Wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza przez elektrownie konwencjonalne opalane węglem, olejem opałowym i gazem [2.29]

Zanieczyszczenia w g/kWh	Elektrownie opalane węglem	Elektrownie opalane olejem	Elektrownie opalane gazem
pył	1,26	0,33	~ 0
NO <sub>x</sub>	2,59	2,30	1,8
SO <sub>x</sub>	9,68	7,60	~ 0
CO	0,17	0,03	0,04
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,04	0,08	0

**Tlenki siarki.** Wielkość emisji SO<sub>x</sub> jest uzależniona od zawartości siarki w paliwie. W przypadku elektrowni konwencjonalnej mały wpływ na redukcję emisji może mieć konstrukcja lub eksploatacja kotła. Nie jest możliwe usunięcie siarki przed lub podczas spalania, co byłoby najbardziej efektywne. Możliwe jest usuwanie siarki w elektrowni konwencjonalnej z gazów wylotowych. Spośród wielu znanych procesów najbardziej efektywnym okazał się "proces płukania". W procesie tym gaz przechodzi przez materiał reagujący z dwutlenkiem siarki, tworząc odpowiednie związki, składowane na hałdzie lub częściowo wykorzystywane. Materiałem reagującym może być: wapno, magnez, sól, amoniak lub cytrynian sodu [2.30].

**Tlenki azotu.** Rodzaj konstrukcji i sposób eksploatacji kotła konwencjonalnego może mieć znaczący wpływ na wielkość emisji tlenków azotu. Niezależnie od tego istnieje możliwość bezpośredniego usuwania NO<sub>x</sub> z gazów wylotowych poprzez płukanie ich amoniakiem lub potasem. Należy zauważyć, że proces tworzenia NO<sub>x</sub> podczas spalania nie jest dotychczas całkowicie poznany. Wiadomo zasadniczo, że za tworzenie NO<sub>x</sub> są

odpowiedzialne dwa mechanizmy. Pierwszy mechanizm dotyczy przypadku, w którym źródłem tworzenia  $\text{NO}_x$  jest azot zawarty w paliwie. Drugi mechanizm wykorzystuje azot zawarty w powietrzu uczestniczącym w spalaniu i zaczyna działać powyżej temperatury  $1600^\circ\text{C}$  [2.30].

Tablica 2.3. Wybrane dane dla elektrowni konwencjonalnych [2.31]

Typ elektrowni	waluta	rok	koszty inwest. US\$/kW	osiągalność technol. w roku	$\text{CO}_2$ g/kWh
elektrownia na węgiel kamienny	US\$	1987	676	1990	341
elektrownia na węgiel kamienny, usuwanie $\text{CO}_2$	US\$	1987	1126	1990	185
elektrownia na węgiel brunatny	US\$	1990	1440	1990	1000
elektrownia na gaz naturalny [2.27]	US\$	1990	812	1990	396

#### 2.2.13.4 Elektrownie ze spalaniem fluidalnym

Istotą technologii fluidalnego spalania węgla jest przepływ gorącego powietrza przez gorące złożo piasku i popiołu, do którego wstrzykuje się węgiel. Zaletą tej technologii jest:

- możliwość spalania węgla zasiarczonego,
- uzupełnianie złoża w wapno lub dolomit, co pozwala w 95 % wiązać siarkę zawartą w węglu,
- podwyższenie sprawności spalania węgla o około 3,5 %,
- mniejsze rozmiary elektrowni i krótszy cykl inwestycyjny ze względu na modułową strukturę palenisk ze złożem fluidalnym,
- zlikwidowanie problemu żużla, ponieważ temperatura spalania jest poniżej temperatury zlepiania popiołu.

Rozróżnia się złoża fluidalne atmosferyczne i ciśnieniowe. Drugie jest utrzymywane pod ciśnieniem 0,4 - 1 MPa. Dodatkowymi zaletami złoża ciśnieniowego są:

- zwiększanie sprawności spalania,
- zmniejszone rozmiary paleniska,
- mniejsza emisja  $\text{NO}_x$ .

Wymaga to jednak włączenia do układu złoża fluidalnego sprężarki i turbiny gazowej.

Rys. 2.4 przedstawia schemat układu złoża atmosferycznego i obieg Rankine'a turbiny parowej. Na rys. 2.5 podano schemat układu elektrowni obejmujący złożo fluidalne ciśnieniowe i obieg Rankine'a turbiny parowej.

#### Znaczenie, wpływ na środowisko

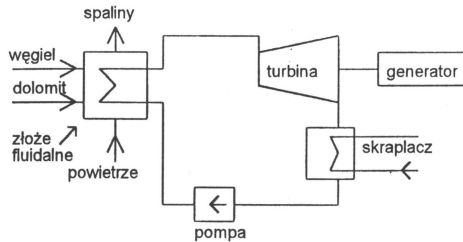
Technologię spalania fluidalnego wykorzystuje się w RFN także do likwidacji hałd górniczych w celu [2.32]:

- spalania resztek węgla zawartych w hałdach,
- wytwarzania materiałów budowlanych.

Oznacza to możliwość, w wyniku stosowania spalania fluidalnego, zlikwidowania problemu żużla i likwidacji hałd górniczych.

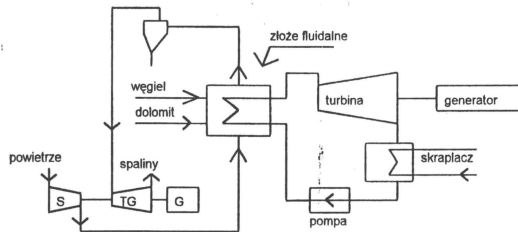
W układzie mieszanym turbiny potasowej i parowej istnieje możliwość uzyskania 48 % sprawności ogólnej elektrowni, a ponadto:

- zmniejszy się prawie dwukrotnie zanieczyszczenie termiczne środowiska w stosunku do elektrowni konwencjonalnych,
- będzie możliwe stosowanie suchych chłodzi kominowych nie wymagających wody, ponieważ sprawność termiczna układu turbiny potasowej i parowej jest mało wrażliwa na temperaturę upustu ciepła.



Rys. 2.4. Schemat układu złoża atmosferycznego i obiegu Rankine'a turbiny parowej

Stosowanie spalania ze złożem fluidalnym przyczyni się do zmniejszenia zanieczyszczeń środowiska poprzez wiązanie siarki zawartej w węglu i zmniejszenie emisji tlenków azotu.



Rys. 2.5. Schemat układu elektrowni obejmujący złożo fluidalne ciśnieniowe i obieg Rankine'a turbiny parowej

Tablica 2.4 Wybrane dane dla elektrowni ze spalaniem fluidalnym [2.33, 2.34].

Typ elektrowni	waluta	rok	sprawność	koszty inwest. US\$/kW	osiągalność rok	CO <sub>2</sub> g/kWh
elektrownia na węgiel kamienny atmosferyczne spalanie fluidalne	US\$	1994	0.343	1724	1994	800
elektrownia na węgiel kamienny, ciśnieniowe spalanie fluidalne	US\$	1989	0.46	1350	2000	800

### 2.2.13.5 Niskokaloryczne zgazowywanie węgla w połączeniu z układem turbiny gazowej i parowej

Gaz niskokaloryczny, uzyskany w procesie niskokalorycznego zgazowywania węgla, może stanowić paliwo w omawianej elektrowni, a także może służyć jako półprodukt w procesie wysokokalorycznego zgazowywania węgla do produkcji paliw syntetycznych ciekłych i gazowych. Podobne znaczenie ma gaz średnikaloryczny. Mając

to na uwadze, omawia się poniżej równocześnie technologie niskokalorycznego i średniokalorycznego zgazowywania węgla.

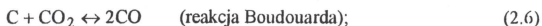
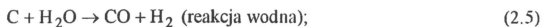
### **Zgazowywanie niskokaloryczne węgla**

Ogólnie proces zgazowywania niskokalorycznego obejmuje następujące reakcje:

- uwodornianie węgla w atmosferze wodoru



- zgazowywanie węgla



- spalanie węgla



Proces zgazowywania zachodzi w reaktorach gazyfikujących - gazyfikatorach. Istnieje wiele rozwiązań technologicznych gazyfikatorów osiągalnych przemysłowo i będących przedmiotem opanowywania przemysłowego. Można zatem dokonać pewnego wyróżnienia charakterystyk tych gazyfikatorów ze względu na wybrane aspekty ich działania, które można podzielić na charakterystyki:

niezależne,  
zależne.

Niezależnymi charakterystykami są:

1. metoda dostarczania ciepła: bezpośrednia lub pośrednia,
2. rodzaj czynnika gazyfikującego:  
para z powietrzem lub tlenem,  
powietrze,  
wodór lub wodór z parą,
3. typ reaktora gazyfikującego z punktu widzenia działania złoża, a więc o złożu:  
usypowym,  
fluidalnym,  
przepływowym,  
ciekłym.

Zależne charakterystyki to:

1. temperatura reakcji,
2. własności gazu dotyczące:  
składu,  
stosunku  $H_2/CO$ ,
3. pozostałości stałe w postaci:  
popiołu,  
żuźła,  
nieprzetworzonego węgla.

W większości gazyfikatorów ciepło, które należy dostarczyć, aby zaszła reakcja endotermiczna węgla z parą (równ. 2.5, i reakcja Boudouarda, równ. 2.6), jest wytwarzane w wyniku spalania węgla. Ciepło można również dostarczać pośrednio, wykorzystując reakcję egzotermiczną o następującej postaci



co czyni się w reaktorze zwanym  $CO_2$  Acceptor.

**Stan rozwoju.** Opanowanymi przemysłowo są reakty zgazowywania niskokalorycznego:

- ze złożem usypowym: Lurgi, Wellman-Galusha,
- ze złożem fluidalnym: Winkler,
- ze złożem przepływowym: Babcock - Wilcox, Koppers - Totzek.

**Znaczenie.** Układ zgazowywania Lurgi może być wykorzystywany w elektrowniach zawodowych, wykorzystujących układ mieszany turbiny gazowej i parowej. Wysoką sprawność zgazowywania węgla w gaz niskokaloryczny (w granicach 75-92 %) uzyskuje się dzięki temu, że układ zgazowywania nie obejmuje energochłonnej, ze względu na proces produkcji wodoru, fazy metanizacji gazu niskokalorycznego (przemiany gazu niskokalorycznego w wysokokaloryczny). Uzyskanie wysokiej sprawności całego systemu, obejmującego zgazowywanie i układ mieszany turbin, na drodze węgla - energia elektryczna jest możliwe dzięki bezpośredniemu wykorzystywaniu pracy pożytecznej produktów spalania gazu niskokalorycznego w turbinie gazowej.

**Wpływ na środowisko.** W stosunku do bezpośredniego spalania węgla, spalanie gazu niskokalorycznego pozwala redukować zanieczyszczenie środowiska następująco:

- 90 % emisję  $\text{SO}_2$ ,
- prawie o 100 % emisję pyłu,
- znacznie emisję  $\text{NO}_x$ .

Ujemnym aspektem gazyfikacji jest zwiększenie zapotrzebowania na wodę o 15 %.

#### 2.2.13.6 Technologie oczyszczania

Gazy opuszczając gazyfikator zawierają składniki, które mogą być zaliczane do następujących kategorii:

- pożądane,
- neutralne,
- niepożądane.

Pożądanymi składnikami jest tlenek węgla, wodór, metan i inne lotne paliwa. W przypadku niskokalorycznego zgazowywania węgla neutralnymi składnikami są: dwutlenek węgla i para wodna. Jednakże składniki te stają się niepożądane w przypadku gazu średniokalorycznego, który ma być wzbogacany. Do niepożądanych składników zalicza się siarkowodor, pył, amoniak i smołę.

Pył o cząsteczkach powyżej 5 mikronów usuwa się stosując separatory cyklonowe. Pył o mniejszych cząsteczkach zatrzymuje się, instalując odpowiednie filtry. Największe cząsteczki uchodzą do atmosfery.

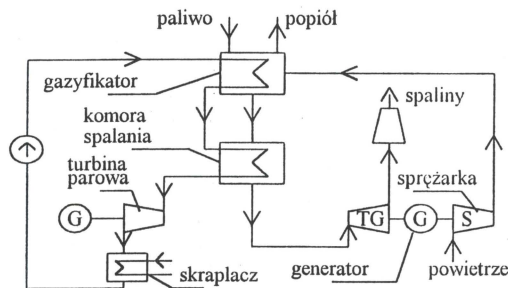
Smołę można usuwać, chłodząc gaz wyjściowy do odpowiednio niskiej temperatury, w której smoła przechodzi w stan stały.

Amoniak jest rozpuszczalny w wodzie. Może być usuwany poprzez mycie gazu wodą.

Gazy, takie jak  $\text{H}_2\text{S}$ , można usuwać poprzez absorpcję lub konwersję chemiczną do innych składników. Jest oczywiste, że czynniki usuwające niepożądane gazy wymagają energii i nakładów inwestycyjnych.

#### 2.2.13.7 Układ mieszany turbiny gazowej i parowej

Układ mieszany turbiny gazowej i parowej w połączeniu z niskokalorycznym zgazowywaniem węgla stwarza możliwość uzyskania wyższej sprawności w porównaniu do konwencjonalnej turbiny parowej. Uproszczony schemat niskokalorycznego zgazowania i układu mieszanego turbiny gazowej i parowej zilustrowano na rys. 2.6.



Rys. 2.6. Schemat niskokalorycznego zgazowywania i układu mieszanego turbiny gazowej i parowej

### Znaczenie

Według firm General Electric i Rockwell International sprawność zgazowywania przy wykorzystaniu trzeciej generacji reaktorów Lurgi ma wynosić odpowiednio 90 % i 92 %. Łączną sprawność zgazowywania i układu mieszanego, zależną od temperatury na wlocie do turbiny gazowej, oceniono dla temperatury 1000°C i 1400°C odpowiednio na 40,8 % i 44,7 %. Układ mieszany stwarza możliwość:

1. odzyskania siarki zawartej w węglu,
2. wytwarzania energii elektrycznej bez emisji pyłu z niską emisją tlenków azotu dzięki niższej temperaturze spalania gazu niskokalorycznego aniżeli węgla,
3. zmniejszenia zapotrzebowania na wodę w porównaniu z elektrownią konwencjonalną,
4. szybszego rozruchu i wyłączania w porównaniu z elektrowniami jądrową lub opalaną węglem, co eliminuje elektrownie szczytowe.

### Wpływ na środowisko

Emisja zanieczyszczeń powietrza przez tego typu elektrownie będzie znacznie niższa w porównaniu z konwencjonalnymi elektrowniami, w tym dwutlenku siarki około czterokrotnie, a tlenków azotu - trzykrotnie [2.35]. Emisja dwutlenku węgla wynosi 341 g/kW.

#### 2.2.13.8 Elektrociepłownie

Elektrociepłownia stanowi układ skojarzony wokół jednego źródła ciepła, jakim jest kotłownia produkująca parę wysokotemperaturową pod wysokim ciśnieniem.

W elektrowniach o konwencjonalnym obiegu parowym sprawność ogólna może osiągać 30 - 40 %. Oznacza to, że 70 - 60 % wytwarzanej energii, jako niskotemperaturowego ciepła, traci się na rzecz otoczenia poprzez parę wylotową, przekazywaną do skraplacza, i poprzez gazy wylotowe. Z drugiej strony istnieje znaczne zapotrzebowanie w gospodarce komunalnej na niskotemperaturowe ciepło wykorzystywane jako ciepło grzewcze i ciepłą wodę. Wykorzystanie do powyższych celów niskotemperaturowego ciepła z elektrowni nie tylko może podnieść sprawność obiegu cieplnego, ale także może stanowić substytut dla paliw kopalnych takich jak: węgiel, ropa i gaz, używanych w dużych ilościach w gospodarce komunalnej, także może przyczynić się do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Szczególnie dotyczy to węgla spalane w piecach gospodarstw domowych o niskiej sprawności bez możliwości oczyszczania spalin.



Jak wspomniano poprzednio, para może być upuszczana z turbiny w szeregu punktach. W elektrowni konwencjonalnej wykorzystują się ją do regeneracji wody zasilającej. Można ją także wykorzystywać do celów gospodarki komunalnej poprzez odpowiednie wymienniki, w których następowaloby ogrzewanie wody zasilającej gospodarstwa domowe poprzez odpowiedni system przesyłowy. Zaletą takiego systemu jest to, że stosunek ilości wytwarzanej energii elektrycznej do ilości ciepła może ulegać określonej zmianie w zależności od zapotrzebowania. Stosunek ten jest uwarunkowany następującymi ograniczeniami:

- dopuszczalną maksymalną ilością przegrzanej pary przepływającej przez część wysokoprężną,
- koniecznością zapewnienia przepływu odpowiednio minimalnej ilości pary przez część niskoprężną turbiny,
- stałymi wymiarami wymiennika ciepła zaprojektowanego dla określonej ilości pary.

Przedstawiona powyżej elektrociepłownia może znaleźć zastosowanie w dużych osiedlach. Istnieją również skojarzone systemy, wykorzystujące paliwa kopalne przeznaczone dla małych skupisk ludzkich.

### 2.2.13.9 Technologie przemiany paliw kopalnych w paliwa gazowe i ciekłe

Podstawowymi technologiami paliw ciekłych są rafinerie ropy. Źródłem paliw gazowych są złoża gazu naturalnego. Kryzys energetyczny w 1973 roku stał się przyczyną rozpoczęcia prac nad opanowaniem technologii produkcji substytutów ropy i gazu ziemnego. Brano pod uwagę wzrost cen ropy i gazu ziemnego, a także perspektywę wyczerpywania się tych zasobów. Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest chemiczne przetwarzanie węgla na paliwa gazowe lub ciekłe. Proces ten jest procesem uwodorniania węgla, ponieważ takie paliwa jak benzyna lub gaz ziemny charakteryzują się wyższą zawartością wodoru aniżeli węgiel kopalny. Źródłem wodoru, który uczestniczy w procesie uwodorniania, jest woda. W miarę, jak ilość wodoru wymaganego w procesie rośnie zmniejsza się ogólna sprawność procesu.

Gaz wysokokaloryczny posiada wartość kaloryczną około 35 do 38 MJ/m<sup>3</sup> i zawiera ponad 90 % metanu. Do zbioru technologii produkcji syntetycznego metanu z węgla zaliczamy, między innymi:

- katalityczne zgazowywanie,
- zgazowywanie przy użyciu ciepła jądrowego,
- uwodornianie.

Spśród technologii produkcji paliw ciekłych i ich substytutów, otrzymywanych z chemicznego przetwarzania węgla, zostaną omówione:

- rafinacja ropy,
- metody pośrednie i bezpośrednie produkcji paliw gazowych i upłynniania węgla,
- piroliza.

### Rafinacja ropy

Rafinacja ropy stanowi połączenie procesów mających na celu przetwarzanie ropy w szereg produktów. Ropę można przetworzyć w ponad tysiąc różnych węglowodorów, w tym głównie w paliwa (benzynę, olej napędowy, parafinę, smary maziste, asfalty, koks naftowy) i węglowodory nienasycone - surowce dla petrochemii. Proporcje podstawowych produktów mogą ulegać zmianom w zależności od właściwości ropy jako surowca wejściowego, przeznaczenia rafinerii i okresu roku. W okresie letnim rafineria może produkować głównie benzynę, podczas gdy w okresie zimowym głównym produktem może stać się olej opałowy.

Podstawowym procesem w przerobie ropy naftowej jest destylacja (rurowieźzowa), polegająca na szybkim ogrzaniu surowca w rurach do wysokiej temperatury, a następnie odparowywaniu i rozfrakcjonowaniu w odpowiednich wieżach pod ciśnieniem atmosferycznym lub zmniejszonym. W rafinerii ropy prowadzi się także wstępne przygotowanie ropy naftowej, a więc oddzielenie gazu ziemnego, usunięcie wody i zanieczyszczeń stałych. Prowadzi się także wiele procesów, mających na celu uszlachetnianie lub przeróbkę produktów destylacji ropy, takich jak:

- rafinację poszczególnych frakcji ropy naftowej (proces oczyszczania i uszlachetniania frakcji w celu nadania im odpowiednich właściwości),
- odparafinowanie frakcji olejowych,
- kraking (proces technologiczny polegający na rozszczepianiu wielkich cząsteczek węglowodorów na cząsteczki zawierające mniejszą liczbę atomów węgla) frakcji cięższych (od ligroiny-benzyny ciężkiej do mazutu),
- hydrokraking (proces rozkładu węglowodorów o dużej masie cząsteczkowej prowadzony w wysokiej temperaturze w obecności wodoru i katalizatorów) pozostałości po destylacji ropy naftowej,
- reforming benzyn (proces otrzymywania wysokooktanowych benzyn lub węglowodorów aromatycznych z lekkich frakcji ropy naftowej w wysokiej temperaturze w obecności katalizatorów).

Współczynnik wykorzystania mocy rafinerii wynosi około 90 %, sprawność ogólna jest rzędu 90 %, a koszty inwestycyjne wynoszą 2,4 \$(1980)/GJ/r [2.30].

W tablicy 2.9 zamieszczono jednostkowe koszty inwestycyjne i zanieczyszczenie środowiska powodowanego pracą rafinerii.

Tablica 2.5. Jednostkowe koszty inwestycyjne i zanieczyszczenie środowiska powodowanego pracą rafinerii

	Koszty inwestycyjne	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
	\$/kW	g/kWh	g/kWh	g/kWh	kg/kWh
rafineria	95	11	27.5	40	0.216

### Zgazowywanie średniokaloryczne węgla

Gaz niskokaloryczny nie może być surowcem wejściowym w produkcji metanu. Zawiera około 50 % azotu, ponieważ jego zgazowywanie następuje w obecności powietrza. Przeciwdziałać temu można, zgazowując węgiel w obecności tlenu, co czyni się w reaktorach zgazowywania średniokalorycznego. W wyniku uzyskuje się gaz średniokaloryczny.

Przetwarzanie węgla w gaz średniokaloryczny obejmuje w zasadzie te same reakcje chemiczne, co w przypadku zgazowywania niskokalorycznego. Produktem końcowym zgazowywania jest gaz stanowiący mieszaninę CO, H<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>.

#### Znaczenie

Gaz średniokaloryczny może mieć następujące zastosowanie:

- w produkcji energii elektrycznej i ciepła, zmniejszając zanieczyszczenie powietrza w porównaniu z bezpośrednim spalaniem węgla,
- w produkcji metanu i paliw ciekłych w procesie syntezy Fischera-Tropscha.

### **Katalityczne zgazowywanie węgla**

Surowcem wejściowym w procesie katalitycznego zgazowywania węgla jest gaz średniokaloryczny, będący produktem wyjściowym reaktora średniokalorycznego, który uzyskuje się zgodnie z reakcją



Jednakże stosunek  $H_2/CO$  w gazie średniokalorycznym zawiera się w przedziale 1 do 2. Powstaje więc problem podwyższenia stosunku  $H_2/CO$ , co dokonuje się poprzez wodną reakcję zwrotną (nazywaną również reakcją odwracalną)



w obecności katalizatora w postaci tlenku żelaza lub tlenku chromu.

Stosując w następnym reaktorze katalizator w postaci tlenku cynku i tlenku miedzi, można dalej zredukować koncentrację  $CO$ .

Kolejnym etapem zgazowywania wysokokalorycznego jest proces metanizacji. Zachodzi on zgodnie z reakcją



Reakcję sumaryczną katalicznego zgazowywania można zapisać jako



Katalizatorem jest nikiel, który działa w temperaturze 300-400 °C. Proces katalitycznego zgazowywania kończy oczyszczanie gazu.

Można zauważyć, że w przedstawionych reakcjach przetwarzania chemicznego węgla traci się jeden atom węgla, zawartego w  $CO_2$ , na dwa atomy węgla uczestniczącego w reakcji łącznej.  $CO_2$  stanowi produkt uboczny produkcji wodoru przy zastosowaniu reakcji zwrotnej.

#### **Efekty ekonomiczne**

Koszt budowy zakładu zgazowywania węgla, wykorzystującego technologię Lurgi w połączeniu z metanizacją katalityczną o wydajności około  $8,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> dziennie, ocenia się na poziomie 1 mld \$. Oceniany koszt gazu z węgla wynosiłby 4 \$/GJ w porównaniu do ceny ropy 2,5 \$/GJ [2.36].

#### **Znaczenie**

Oceniana sprawność przetwarzania węgla metodą łączącą technologię Lurgi i metanizację wynosi 70 %.

W reakcji łącznej zgazowywania wysokokalorycznego węgla na dwa atomy uczestniczące w reakcji, jeden atom węgla zawarty w  $CO_2$  traci się na rzecz atmosfery. Ponadto węgiel spalany jest źródłem ciepła dostarczanego do reakcji zgazowywania. Znaczna emisja  $CO_2$  do atmosfery może stanowić istotne ograniczenie katalicznego zgazowywania węgla.

#### **Uwodornianie węgla**

Uwodornianie węgla nazywa się gazyfikacją węgla w obecności wodoru zgodnie z reakcją



Wodór uzyskuje się w wyniku gazyfikacji węgla parą



Reakcję łączną opisuje zależność



Jest ona identyczna z reakcją łączną wysokokalorycznego katalitycznego zgazowywania węgla.

### Znaczenie

W przedstawionych metodach, wodór uzyskuje się w wyniku zgazowywania węgla parą. Podobnie jak w przypadku katalitycznego zgazowywania, traci się atom węgla, zawartego w  $CO_2$ , na dwa atomy węgla uczestniczące w reakcji łącznej (2.15). Reasumując należy stwierdzić, że przedstawione metody uwodorniania węgla pozwalają jedynie osłabić straty węgla w procesie spalania. Nadal traci się węgiel w produkcji wodoru w postaci dwutlenku węgla.

### Metody pośrednie upłynniania węgla

Szczególnie duże nadzieje na produkcję paliw dla transportu wiązano z dwoma cyklami technologii, które są metodami pośrednimi upłynniania węgla, przebiegającymi poprzez zgazowywanie średniokaloryczne.

Na pierwszy cykl składają się następujące technologie:

zgazowanie węgla w gaz syntezowy (w reaktorze Lurgi),  
synteza metanolu z gazu syntezyowego,  
proces Mobil produkcji benzyny

Zastosowanie tych technologii umożliwiłoby produkowanie wysokooktanowej benzyny syntetycznej z węgla.

Drugi cykl wytwarzający szeroki wachlarz węglowodorów od metanu po parafinę złożony jest z gazyfikatora Lurgi (względnie procesu Koppers-Totzek) i syntezy Fischera - Tropscha.

### Cykl technologii reaktor Lurgi - produkcja metanolu proces Mobil

Proces produkcji benzyny syntetycznej zachodzi według reakcji:

wejście - gaz syntezowy  $CO + 2 H_2$

produkcja metanolu



proces Mobil



Produkcja gazu syntezyowego jest obciążona produktem ubocznym  $CO_2$ . W procesie syntezy metanolu można przetwarzać pewną ilość  $CO_2$  w metanol zgodnie z reakcją



Całkowite usunięcie  $CO_2$  z gazu średniokalorycznego nie jest wymagane. Wadą przetwarzania  $CO_2$  jest to, że wymagane jest dużo wodoru i wytwarza parę wodną, którą należy oddzielić od metanolu, a to jest trudne.

Sprawność wytwarzania metanolu, przy założonej sprawności zgazowywania 70 %, ma wynosić 54 %.

Istotą procesu Mobil jest katalizator w postaci zeolitu, oznaczonego symbolem ZSM-5. Pozwala on przetwarzać metanol w mieszanke węglowodorów tworzących wysokooktanową benzynę. Sprawność procesu wynosi 86 %. Na 3200 kg metanolu uzyskuje się: 266 kg gazów; 1134 kg benzyny; 1800 kg wody. Łączna sprawność ma wynosić 48 %.

#### Cykl technologii: reaktor Lurgi - synteza Fischera-Tropscha

Gaz średniokaloryczny uzyskiwany z reaktora Lurgii jest surowcem wejściowym do syntezy Fischera-Tropscha. Zachodzi ona zgodnie z reakcjami:



co daje reakcję łączną



Metoda odznacza się niską sprawnością rzędu 45-58 % (górną wartość uzyskuje się przy założeniu, że sprawność reaktora Lurgi będzie wynosić 80 %).

#### Znaczenie

W reakcji łącznej rozważanych procesów na dwa atomy uczestniczące w reakcji jeden atom węgla zawarty w  $\text{CO}_2$  traci się na rzecz atmosfery. Znaczna emisja  $\text{CO}_2$  do atmosfery może stanowić istotne ograniczenie metody pośredniego upłynniania węgla.

#### Metody bezpośredniego upłynniania węgla

Metody bezpośrednie polegają na bezpośrednim uwodornianiu węgla zgodnie z zależnością



Wodór może być dostarczany z zewnątrz, względnie jako produkt następującej reakcji



Wodór jest wymagany nie tylko w procesie zgazowywania węgla, ale także w redukcji tlenu, siarki i azotu, co ujmują zależności:



Do produkcji 13,6 kg paliw ciekłych wymaga się 1,1 kg  $\text{H}_2$  i 15,32 kg C. Oznacza to, że 30 % kalorycznej wartości węgla zużywa się do produkcji wodoru. Sprawność metody wynosi 65 - 70 %.

#### Stan rozwoju

Do najbardziej zaawansowanych technologii należą:

Solvent Refined Coal (SRC),  
Exxon Donor Solvent,  
H - Coal.

Podstawowym produktem są oleje opałowe.

W Australii przy współpracy Japonii, zbudowano w 1983 r. urządzenie pilotowe SRC o przepustowości 50 t/d. W 1981 r. podano do wiadomości, że projekt SRC-II, mający być realizowany w Morgantown (USA), a finansowany przez USA, RFN, Japonię, zostaje wstrzymany. Oceniono, że koszt budowy zakładów o przepustowości 6000 t/d ma kosztować ponad 1,4 mld \$.

### **Piroliza**

Piroliza stanowi dekompozycję organicznej materii ciepłem w obecności powietrza. Jest pierwszym etapem procesu produkującego syntetyczny gaz i syntetyczne paliwa ciekłe.

### **Stan rozwoju**

Istnieje w USA urządzenie pilotowe Cogas. Brak jest informacji o terminie oprowadzenia przemysłowego.

#### **2.2.13.10 Uwagi końcowe**

W podsumowaniu przeglądu technologii paliw kopalnych należy przypomnieć, że wykorzystywaniu paliw kopalnych towarzyszy znaczna emisja dwutlenku węgla. Następuje to w przypadku wytwarzania energii elektrycznej podczas procesu spalania, podczas produkcji substytutów ropy i gazu naturalnego w wyniku produkcji wodoru poprzez stosowanie reakcji zwrotnej, a także spalania tych substytutów. Oceniono, że znacznej redukcji emisji dwutlenku węgla, około 50 % wartości obecnie emitowanego, nie będzie można uzyskać, stosując w dalszej perspektywie jedynie paliwa kopalne i energię jądrową. Znaczne wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii staje się więc nieuniknione.

#### **Era cywilizacji przemysłowej niesie:**

- zagrożenia ekosystemu w postaci efektu cieplarnianego, dziur ozonowych, kwaśnych deszczy, skażenia radioaktywnego,
- zagrożenia dla zdrowia ludzkiego poprzez oddziaływanie zanieczyszczeń pochodzących ze spalania paliw kopalnych i poprzez skażenia radioaktywne,
- zagrożenia dla istnienia cywilizacji na kuli ziemskiej w wyniku wybuchów jądrowych.

#### **Najbardziej realnym zagrożeniem jest efekt cieplarniany.**

W końcu XX wieku pojawia się bariera dalszego rozwoju elektrowni opalanych paliwami kopalnymi. Barię tą staje się nieodłączna emisja dwutlenku węgla do atmosfery, która poprzez efekt cieplarniany może zagrażać istnieniu cywilizacji człowieka na kuli ziemskiej. Przewiduje się, że maksymalnie dopuszczalna emisja dwutlenku węgla, mająca związek ze zmianą klimatu, nastąpi w ciągu następnych 20 lat. Oznacza to, że kolejna generacja społeczeństwa będzie świadkiem kończącej się ery paliw kopalnych.

Powstaje pytanie, jakie technologie wykorzystywania paliw kopalnych, opanowane w erze cywilizacji przemysłowej, mogą znaleźć zastosowanie w erze cywilizacji informatycznej, gdy istnieje duże prawdopodobieństwo, że w przyszłości będzie dominować bioenergia. Należy oczekiwać, że będą to technologie:

- zgazowywania lub upłynniania zastosowane do biomasy,
- turbiny gazowe pracujące w połączeniu z procesem zgazowywania biomasy.

Można sądzić, że w miarę opanowywania odpowiednich konfiguracji ogniw paliwowych z turbinami gazowymi, turbiny parowe będą nabierać coraz mniejszego znaczenia.

## 2.3 Era cywilizacji informatycznej

*Trzecia era, era cywilizacji informatycznej, będzie wyznaczać życie przyszłych pokoleń. Jeżeli chcemy złagodzić przejście od dawnej, odchodzącej cywilizacji do nowej, to musimy nauczyć się rozpoznawać a także tworzyć innowacje trzeciej ery.*

*Gospodarkę najbardziej innowacyjną w skali świata mają Stany Zjednoczone. Znaczące miejsce zajmuje gospodarka Finlandii dzięki podjęciu we właściwym czasie rozwoju technologii i produkcji telefonu przenośnego Nokia. Dokonało tego przedsiębiorstwo produkujące pierwotnie papier w 1865, początkując w 1898 produkcję wyrobów gumowych i w dalszej kolejności kabli telefonicznych. Podwaliny pod dzisiejszy sukces położono w latach 60-tych, a więc 40 lat temu, angażując się w prace badawcze, produkcję sprzętu telekomunikacyjnego i rozwój technologii cyfrowych.*

*Obecnie wiele gospodarek krajów angażuje się w uprawę biomasy i technologie ogniw paliwowych mogących mieć zastosowania w stacjonarnych zakładach energetycznych, Technologie te umożliwią prawie dwukrotne zwiększanie sprawności wytwarzania energii elektrycznej w porównaniu do obecnie stosowanych technologii. Metanol jako produkt przetwarzania biomasy, i ogniwa paliwowe znajdą zastosowanie jako napęd w pojazdach mechanicznych. Zaangażowanie się gospodarki polskiej w rozwój biomasy i ogniw paliwowych może przyczynić się do znacznego podniesienia innowacyjności gospodarki kraju w nadchodzącej erze cywilizacji informatycznej.*

### 2.3.1 Uwagi wstępne

Na przestrzeni ostatnich 30-40 lat rozwijano wiele nowych gałęzi przemysłu. Nie opierały się one w znacznym stopniu na elektromechanice ani na klasycznej nauce z epoki drugiej fali. Wyrósły z przełomowych odkryć w nowych dyscyplinach naukowych takich jak: elektronika kwantowa, teoria informacji, biologia molekularna, oceanika, nukleonika, ekologia oraz nauki związane z kosmosem. Te nowe dyscypliny nauki pozwoliły wyjść poza uchwytne wymiary czasu i przestrzeni, do jakich był ograniczony przemysł drugiej fali. Umożliwiły manipulowanie bardzo małymi obszarami przestrzeni o promieniu jądra atomu czyli  $10^{-13}$  cm i odcinkami czasu rzędu  $10^{-23}$  sekundy. Czas  $10^{-23}$  sekundy jest to czas życia cząstek elementarnych o tak zwanym stanie rezonansowym [2.1, 2.37].

Dzięki tym nowym naukom powstały nowe dziedziny i produkty przemysłu: półprzewodniki, komputery i przetwarzanie danych, pojazdy kosmiczne i mnóstwo innych.

Obecnie cztery, spokrewnione ze sobą gałęzie przemysłu mają olbrzymie perspektywy rozwoju [2.1]. One zapewne staną się kręgosłupem całego przemysłu trzeciej ery cywilizacji informatycznej, pociągając za sobą wzrost gospodarczy poszczególnych krajów. Są to:

- elektronika i komputery,
- przemysł kosmiczny,
- oceanika,
- inżynieria genetyczna i biologia molekularna.

Połączenie nowoczesnej elektroniki z programem kosmicznym, wykraczającym daleko poza ziemskie możliwości produkcyjne, przenosi naszą erę w nową fazę, w której będzie można zerwać z ograniczeniami narzuconymi przez warunki drugiej fali. Przykładem mogą być technologie produkcji materiałów, od półprzewodników po lektarstwa, wymagające eliminowania przyciągania ziemskiego, prawie doskonałej próżni, super wysokich lub super niskich temperatur. Istnieje możliwość pozyskiwania z komórek ludzkich rzadkich enzymów. Przemysł szklany poszukuje sposobów produkowania w kosmosie materiałów do laserów i światłowodów [2.1].

Głodny świat dzięki oceanom mógłby rozwiązać bolesne problemy żywnościowe. Odpowiednia „uprawa” mórz i gospodarka morska stwarza praktyczną szansę zapewnienia odpowiedniej podaży białka, którego braki w świecie są tak dotkliwe. Oceany są również nieprzebranym źródłem minerałów począwszy od miedzi, cynku, manganu po srebro, złoto, platynę i fosforyty potrzebne rolnictwu na lądzie.

Prawdziwa rewolucja odbywa się w laboratoriach biologii molekularnej. Przemysł biologiczny obejmuje czwartą grupę nowych dziedzin, które w gospodarce jutra mogą odegrać najpotężniejszą rolę. Biologia molekularna zmierza do badania zjawisk życiowych, zachodzących w poszczególnych organizmach na poziomie molekularnym i poznania tą drogą istoty życia. Zajmuje się ustalaniem związku między budową substancji wielocząsteczkowych a ich funkcjami w komórce. Substancjami wielocząsteczkowymi są dezoksyrybonukleinowe kwasy, określane mianem cząsteczek DNA. W DNA zakodowany jest kod genetyczny.

Przewiduje się, że biologia ograniczy lub wyeliminuje użycie ropy naftowej w produkcji tworzyw sztucznych, nawozów, odzieży i innych artykułów.

Rozwija się też dziedzina zwana inżynierią genetyczną, zajmująca się wprowadzaniem do komórek obcego materiału genetycznego i badaniem jego losów. Inżynieria genetyczna polega na izolowaniu określonych fragmentów DNA, na przykład pojedynczych genów i wprowadzaniu ich do komórek innego organizmu, którego właściwości dziedziczne mogą się zmieniać.

Biotechnologia jest szeroko pojętym terminem obejmującym zarówno te technologie, które były stosowane przez setki lat w przemyśle rolniczo - spożywczym, jak i te nowe technologie biorące swój początek w biologii molekularnej i inżynierii genetycznej.

Wdrożenie nowoczesnych biotechnologii do rolnictwa i przemysłu spożywczego wymaga odpowiedniego czasu, ponieważ:

- konsumenci z obawą akceptują produkty roślinne genetycznie modyfikowane,
- produkcja rolna i przemysł spożywczy stają się coraz bardziej zintegrowane,
- trwa proces badań i rozwoju nowoczesnych biotechnologii, finansowany znacznymi sumami przez koncerny międzynarodowe,
- sukces handlowy jest ściśle związany z akceptacją nowych technologii przez społeczeństwa,
- sukces handlowy jest także zależny od odpowiednich ustaleń na szczeblu międzynarodowym.

Technologie genetyczne mogą potencjalnie stwarzać szereg korzyści dla rolnictwa na drodze od producentów rolnych do supermarketów między innymi poprzez oddziaływanie na:

- wzrost produkcji rolnej,
- redukcję kosztów produkcji rolnej i kosztów przetworzenia,
- wprowadzanie na rynek produktów o podwyższonej jakości,
- zwiększanie wartości odżywczej produktów rolnych.

Przewiduje się stosowanie technologii genetycznych do produkcji rolnej jak i przemysłu spożywczego w trzech etapach czasowych, obejmujących kolejno następujące działania:

- wzrost wydajności, obniżenie kosztów produkcji rolnej, czynienie roślin odpornymi na choroby i zarazy, a tym samym zmniejszanie stosowania pestycydów,
- wprowadzanie nowych odmian o podwyższonej wartości odżywczej i smaku,



- produkując „funkcjonalne produkty” o określonych właściwościach zdrowotnych [2.38].

Dzięki wyteżonej pracy genetyków mniej więcej co dwa lata podwaja się ilość informacji związanych z genetyką. Człowiek wytwarza dziś „żywe materiały”, z którymi może robić to samo co z tworzywami i metalami. Szereg prac dotyczy poznawania mechanizmów odpowiedzialnych za powstawanie i rozwój nowotworów. Być może poznanie tych mechanizmów pozwoli na walkę z rakiem „na jego własnym terytorium”. Niektóre wyniki prac genetyków spotykają się z krytyką licznych obserwatorów. Dotyczy to szczególnie klonowania organizmów, tworzenia poprzez klonowanie identycznych kopii samych siebie oraz hodowania całkiem nowych groźnych form życia, w tym mikrobów mogących roznosić po świecie nieznanne choroby dziesiątkujące całe narody. Hodowanie złowieszczych mikrobów i ich przypadkowa ucieczka z laboratorium to jeden z powodów do alarmu.

Dzięki wykorzystywaniu inżynierii genetycznej w naukach biologicznych pojawiło się zainteresowanie zagadnieniami moralnymi i etycznymi. Powstaje pytanie, czy człowiek może zastępować naturę w budowaniu człowieka i decydowaniu o losach życia na kuli ziemskiej, a więc, z punktu widzenia światopoglądu religijnego, zastępować Stwórcę.

Próbie oceny tej dziedziny z punktu widzenia moralności podjęli filozofowie, etycy oraz moraliści. Powstała więc potrzeba zaistnienia w naukach filozoficznych bioetyki genetycznej. Bioetyka uwzględnia z całą rzetelnością naukowe dane genetyczne, ukazuje ich ogromne znaczenie zarówno dla indywidualnych ludzi jak i dla społeczeństwa, ma za zadanie wykazać dobre i złe strony inżynierii genetycznej.

Przyjmuje się, że po raz pierwszy termin „bioetyka” został użyty przez Van Rensselaera Pottera dla określenia nauki, która wskazuje zdobycze biologii, sugerujące podjęcie odpowiednich działań, prowadzących do poprawy warunków egzystencji człowieka [2.39, 2.40].

### 2.3.2 Myślenie ekologiczne i edukacja ekologiczna

*Myślenie ekologiczne i edukacja ekologiczna może prowadzić do właściwego postępowania, rozpoznawania i realizowania dobra. Może mieć duże znaczenie w tym sensie, że Ziemia będzie ciągle Domem człowieka.*

#### 2.3.2.1 Ekologia i myślenie ekologiczne

Wojnę jądrową lub ucieczkę z laboratorium złowieszczych mikrobów mógłby spowodować jeden człowiek. Stąd może płynąć następujący wniosek: **to, co dziś jeszcze rozumiemy pod pojęciem postępu cywilizacyjnego, jutro będziemy określać mianem cywilizacyjnej paranoi.**

Powstaje pytanie, w jakich kategoriach należy postrzegać możliwość przeciwdziałania takim zagrożeniom, jak:

- efekt cieplarniany,
- groźba wojny jądrowej lub groźba złowieszczych mikrobów roznoszących po świecie nieznanne choroby dziesiątkujące całe narody.

W pierwszym przypadku, tym przeciwdziałaniem byłyby technologie i zrozumienie konieczności wprowadzania tych technologii, a więc mądrość postrzegania konieczności takiego postępowania.

W przypadku drugim, przeciwdziałaniem może być jedynie mądrość postrzegania konsekwencji zgubnego wykorzystywania technologii, będących owocem postępu cywilizacyjnego. Powstaje więc problem myślenia ekologicznego i edukacji ekologicznej. Tym zagadnieniom poświęcone są zamieszczone poniżej uwagi.

Termin „ekologia” stał się synonimem ochrony przyrody, ochrony środowiska, ochrony zdrowia, w niektórych przypadkach oszczędnego budownictwa, planowania przetrzennego, bezodpadowej lub nisko odpadowej produkcji przemysłowej, jak również synonimem **myślenia ekologicznego**.

Dziś przez ekologię rozumie się *wiedzę dotyczącą ekonomii przyrody, w tym wiedzę o wzajemnych zależnościach pomiędzy organizmami żywymi i ich środowiskami, a więc o ekosystemie*.

Mówiąc o „**myśleniu ekologicznym**” koncentrujemy się na potocznie rozumianej ekologii. Pojmowanie roli człowieka (społeczeństwa) w biosferze pociąga za sobą konieczność myślenia globalnego i uniwersalistycznego, odejścia od dzielenia świata na niezależne od siebie fragmenty, odrzucenia nacjonalizmów i partykularyzmów.

Myślenie ekologiczne w swej treści poznawczej, a więc w sensie wiedzy o rzeczywistości, jest wyznaczane przez [2.41]:

- szeroki zakres wiedzy przyrodniczej, dotyczącej ogólnych zasad funkcjonowania ekosystemu i biosfery, cykli biogeochemicznych, mechanizmów homeostazy (zdolności organizmu do utrzymywania stałości środowiska wewnętrznego), mechanizmów ekosystem i czynników zakłócających ekosystem, zanieczyszczeń i zagrożeń środowiska przyrodniczego,
- pewne elementy wyobraźni i podstawowej wiedzy technicznej z zakresu materiałoznawstwa, wytwarzania i przetwórstwa żywności, budownictwa i komunikacji, umożliwiające dokonywanie wyboru takiego postępowania i działania praktycznego, które najmniej szkodzą przyrodzie,
- wiedzę o tych mechanizmach życia gospodarczego (przede wszystkim dotyczących życia gospodarczego, prawa i polityki), które znacząco wpływają na sposoby użytkowania przyrody i stosunek człowieka do niej,
- twierdzenia filozoficzne z zakresu kosmologii, filozofii przyrody i filozofii człowieka (antropologii filozoficznej), wyznaczającej ogólne rozumienie świata przyrody i miejsca człowieka w nim [2.42].

Konkludując można więc powiedzieć, iż szeroko rozumiane myślenie ekologiczne jest to myślenie oparte o ekologię, rozumienie i wartościowanie stosunków (powiązań i współzależności), człowieka (społeczeństwa) ze środowiskiem przyrodniczym [2.41].

Z myśleniem ekologicznym wiąże się *postulat ekologicznie zorientowanego systemu wartości*, dążenie do poszukiwania i osiągania mądrości, a nie tylko przyrostu wiedzy (informacji). Bowiem mądrość nie jest samą wiedzą o czymkolwiek, lecz umiejętnością dostrzegania i osiągania takiej wiedzy, która umożliwi właściwe postępowanie, rozpoznawanie i realizowanie dobra. Mądrość jest rozumieniem rzeczy w szerokim kontekście, które może mieć duże znaczenie w tym sensie, że Ziemia będzie ciągle Domem człowieka.

W celu ratowania środowiska przyrodniczego, a tym samym ratowania egzystencji gatunku ludzkiego, zaczęto podejmować coraz bardziej zorganizowane wysiłki na różnych płaszczyznach: ekologicznej, filozoficznej, religijnej, społecznej i politycznej. *Wszystkie wymienione wysiłki można traktować jako różne przejawy myślenia ekologicznego*.

Na Szóstym Międzynarodowym Sympozjum Uniwersalizmu, Londyn 1994 rok, profesor Leszek Kołakowski zakończył swoje przemówienie stwierdzeniem, że jest pilnie potrzebna metanoia i będzie wdzięczny każdemu, kto mu powie, jak ją spowodować [2.43]. Pod terminem „metanoia” rozumie radykalną zmianę mentalności, która pozwoli ludziom na bardziej skuteczną walkę z wszystkimi zagrożeniami naszej cywilizacji.

Oznacza to, że nadszedł czas kultywowania szacunku dla natury poprzez edukację ekologiczną, stymulującą myślenie ekologiczne.

Jednakże myślenie to nie może odnieść sukcesu, jeżeli nie bazuje na uniwersalistycznej wizji świata (gdzie przez uniwersalizm rozumie się typ myślenia, które cechuje: 1 - dążenie do wszechstronności; 2 - obejmowanie działalności wszystkich ludzi, wszystkich kultur; 3 - próbowanie współtworzenia zintegrowanej całości, której jedność jest konstytuowana przez różnice [2.44]), przy czym głównie dlatego, że zagrożenie to nie dotyczy tylko jednej społeczności, grupy czy regionu, ale całej ludzkości. Efekt globalnego ocieplenia, wycinanie lasów, promieniowanie jądrowe, transgraniczne przemieszczanie się kwaśnych deszczy, zniszczenie warstwy ozonowej, czy zanieczyszczenia rzek, mórz i powietrza szkodą całej ludzkości. Szkody dokonywane w środowisku nigdy nie ograniczają się do danego regionu świata. Dynamika systemu ziemskiego nie uznaje granic politycznych, regionów czy stref demograficznych. **Oznacza to, że zagrożenie dla środowiska jest zagrożeniem uniwersalnym.**

Myślenie ekologiczne wszystkich obywateli ziemi, technologie i zrównoważony rozwój krajów i regionów może przyczynić się do zapobiegania wszelkim zagrożeniom i groźbom dla istnienia życia na kuli ziemskiej [2.45].

### 2.3.3 *Technologie ery cywilizacji informatycznej*

Technologie są podstawowymi determinantami rozwoju ekonomicznego, szczególnie w przypadku wzrostu standardów życia, a także dla osłabiania ujemnego oddziaływania rozwoju cywilizacji na środowisko naturalne.

W ciągu ostatnich trzystu lat, od nowych technologii oczekiwano dwóch rzeczy: by przyczyniały się do wzrostu ekonomicznego i zwiększały potęgę militarną. Obecnie są jednymi z czynników, obok myślenia ekologicznego i edukacji ekologicznej, które mogą przyczynić się do zachowania środowiska naturalnego dla przyszłej cywilizacji ludzkiej, to znaczy takiego środowiska, jakie zostało stworzone przez naturę. Nowe technologie wieku XXI będą musiały sprostać w przyszłości o wiele ostrzejszym wymaganiom: ekologicznym i społecznym.

Wśród wielu możliwych rozwiązań i pomysłów ludzkość staje przed wyborem źródeł energii przyszłości i technologii ich wykorzystywania, charakteryzujących się wysoką sprawnością i jakością przemiany surowców energetycznych.

O rozwoju technologii elektrowni jądrowych w dalszej perspektywie będzie decydować możliwość powielania materiałów rozszczepialnych, takich jak pluton Pu-239 i uran U-233, odpowiednio z materiałów rodnych uranu U-238 i toru Th-232. Taką możliwość może zapewnić jedynie opanowanie i wykorzystywanie technologii reaktorów prędkich, których paliwem byłby pluton, względnie akceleratorów powielających. Jednakże eksploatacja reaktora prędkiego jest mało prawdopodobna. Nikt nie byłby w stanie ocenić ewentualnych konsekwencji awarii tego reaktora i jej wpływu na obecną i przyszłe generacje ludzkości ze względu na możliwość przedostania się do środowiska plutonu. Technologie wykorzystywania akceleratorów do powielania materiałów rozszczepialnych są obecnie przedmiotem badań w krajach dysponujących dużym udziałem energetyki jądrowej w krajowym systemie energetycznym, takich jak USA i Japonia.

Technologia zgazowywania biomasy może mieć duże znaczenie dla środowiska naturalnego. W wyniku zgazowywania biomasy zapobiega się emisji do atmosfery dioksynu, czerpanej z gleby przez biomasę, będącą konsekwencją stosowania herbicydów, chwastobójczych środków, a także nieznacznej zawartości siarki w biomasie.

Stosując spalanie fluidalne, poprzez obniżanie temperatury spalania zwiększa się sprawność wykorzystywania biomasy w układzie spalania i układzie mieszanym turbiny gazowej i parowej, Zmniejsza się także emisję tlenków azotu do atmosfery.

Ogniwo paliwowe zasilane gazem powstałym w wyniku zgazowywania biomasy staje się technologią XXI wieku, ponieważ jest ono:

- czyste ekologicznie i stanowiące rozproszone źródło energii,
- wychodzące poza sprawność obiegu Carnota, a przemieniające bezpośrednio energię swobodną reakcji chemicznej w postaci pracy pozytywnej prądu stałego, zapewniając sprawność teoretyczną około 60 %,
- nie wymagające sieci przesyłowych prądu i transformatorów, a więc pozwalające unikać strat energii w sieciach i transformatorach,
- ma zwartą budowę, nie powoduje hałasu, ma konstrukcję modułową zapewniającą krótki cykl budowy i eksploatację bez dozoru, zapewnia możliwie szybką zmianę obciążenia, ma też dużą niezawodność,
- ma być wykorzystywane jako źródło stałego prądu elektrycznego o mocach rzędu 200 kW w przypadku ogniwa fosforowego lub kilku MW, gdyby stosowano ogniwo paliwowe węglanowe,
- ogniwa paliwowe połączone w określonych konfiguracjach z turbinami gazowymi mogą charakteryzować się ogólną sprawnością 70 lub 80 % w zależności od stosowanej konfiguracji.

Podobnie jak baterie, ogniwa paliwowe przewodzą elektrony reakcji utleniająco-redukującej poprzez zewnętrzny obwód do katody. Jednakże, odmiennie jak baterie, ogniwa paliwowe są zasilane w sposób ciągły substancją reagującą: wodorem lub węglowodorami, na przykład metanolem. Działają jak generatory, z tą różnicą, że nie są silnikami cieplnymi. Wobec tego ich sprawność nie jest sprawnością obiegu termodynamicznego, która dotyczy przemiany ciepła w pracę. Ogniwo paliwowe przemienia bezpośrednio energię swobodną reakcji chemicznej w pracę pozytywną prądu stałego. Stwarza to szansę lepszego wykorzystania paliwa w porównaniu z dowolnym silnikiem cieplnym.

Ogniwo paliwowe wykorzystywane w środkach transportu jako ogniwo polimerowe zasilane bezpośrednio metanolem, będącym produktem przetwarzania biomasy, będzie oferować atrakcyjny środek napędu w XXI wieku. Nie produkuje zanieczyszczeń powietrza, może równocześnie przyczyniać się do znacznego osłabiania efektu cieplarnianego, może działać w długim okresie czasu pomiędzy uzupełnianiem w metanol na stacjach paliwowych.

Ogniwa paliwowe mogą tworzyć rynek dla stali, elektroniki i innych urządzeń. Mogą przyczyniać się do powstawania dziesiątek tysięcy nowych wysokokwalifikowanych miejsc pracy. Mogą stanowić przedmiot eksportu, przyczyniając się do zmniejszenia deficytu w handlu zagranicznym.

Przewiduje się wzrost liczby samochodów w skali świata z obecnej liczby 600 milionów do 1 miliarda w 2015 roku.

Według ocen Amerykańskiego Instytutu Metanolu, imienia Gregory P. Nowella, przy Uniwersytecie Stanowym Nowy York, sprzedawcy samochodów dostarczą na rynek w 2010 roku w skali świata przynajmniej 2 miliony pojazdów o napędzie ogniwoem paliwowym zasilanym bezpośrednio metanolem, a w 2025 roku flota pojazdów o układzie metanol - ogniwo paliwowe poruszająca się po drogach świata będzie przekraczać ponad 35 milionów pojazdów. Przy możliwie szybkich usprawnieniach tej technologii trudno jest zdefiniować górną granicę rocznego zapotrzebowania, tak jak nikt nie był w stanie przewidzieć rozwoju rynku komputerów osobistych i przenośnych telefonów [2.46].

Od 14 lat Uniwersytet Georgtown w Waszyngtonie odgrywa wiodącą rolę w rozwoju autobusów napędzanych ogniwami paliwowymi [2.46]. Jest wspierany finansowo

przez Federalną Administrację Transportu i Departament Energii. W 1994 i 1995 Georgetown oddał do eksploatacji trzy 9-cio metrowe autobusy. Były to pierwsze w świecie autobusy, wykorzystujące ogniwa paliwowe zasilane ciekłym paliwem. Autobusy te nie emitują tlenków azotu (prekursorów ozonu), sadzy, emitują znikome ilości węglowodorów (0.1 % konwencjonalnych autobusów) i nieznaczne ilości tlenku węgla (2 % konwencjonalnych autobusów).

W USA zaczęto już wprowadzać do komunikacji miejskiej autobusy o napędzie metanol-ogniwo paliwowe: Georgetown, Washington - 1995, Florida - 1997, Los Alamos - 1998, 1999 - Chicago.

Od sierpnia 1999 roku w Oslo kursuje pierwszy autobus pasażerski napędzany ogniwem paliwowym zasilanym wodorem. Powstał on we współpracy Norwegów i firmy Daimler Chrysler, zapoczątkowanej w 1998 roku. W 2003 roku ma wejść do eksploatacji cały zespół autobusów napędzanych ogniwami paliwowymi.

Jak wspomniano poprzednio, nowe technologie wieku XXI będą musiały sprostać w przyszłości o wiele ostrzejszym wymaganiom: ekologicznym i społecznym. Technologia uprawy biomasy łącznie z technologiami jej przetwarzania stwarza szansę sprostania tym dwóm wymaganiom. Jednym z wymagań społecznych jest wyrównanie luki ekonomicznej i socjalnej pomiędzy wsią i miastem. Można by tego dokonywać poprzez zrównoważony rozwój obszarów wiejskich, mając na uwadze, że ochrona środowiska, wzrost ekonomiczny i rozwój człowieka są od siebie zależne i kształtują się wzajemnie. Takie rozumienie zrównoważonego rozwoju jest szczególnie istotne dla rozwoju polskiej wsi w XXI wieku, gdzie obecnie jest brak zbytu na produkcję rolniczą i gdzie panuje duże bezrobocie.

#### *2.3.4 Uwagi końcowe*

Pod koniec ery cywilizacji przemysłowej spotykamy się z istnieniem potencjalnego zagrożenia dla systemu rozrodczego człowieka. Istnieje poważne zagrożenie dla istnienia życia na ziemi poprzez efekt cieplarniany, a także potencjalna groźba wojny jądrowej.

Era cywilizacji informatycznej niesie kolejną groźbę - hodowanie mikroorganizmów mogących roznieść po świecie nieznaną chorobę dziesiątkującą całe narody. Niesie ona jednak także nowe technologie, które będą sprzyjać zachowaniu środowiska naturalnego dla kolejnych generacji ludzkości, oraz zrównoważonemu rozwojowi regionów lub krajów, szczególnie poprzez zapewnianie ludziom pracy.

Jak wspomniano poprzednio, jednym z przedsięwzięć zapobiegającym zagrożeniom dla istnienia życia na kuli ziemskiej, jest - obok myślenia ekologicznego i technologii - zrównoważony rozwój. W przypadku Polski może on być rozumiany w tym sensie, że wzrostowi ekonomicznemu winien towarzyszyć, obok ochrony środowiska, także rozwój społeczny stwarzający miejsca pracy możliwie dla największej liczby ludności, szczególnie na obszarach wiejskich. Ten postulat będzie traktować się jako jedno z kryteriów oceny dwóch rodzajów energii: energii jądrowej i bioenergii.

#### **Literatura**

- [1.1] Gustavson M.R. "Limits to wind power utilization", Science 204, 1979.
- [1.2] "An Assessment of Solar Energy as a National Energy Resource", National Sciences Foundation, Washington 1972.
- [1.3] McMillan J.T., Morgan R., Murray R.B., Energy Resources and Supply, John Wiley & Sons, 1977.

- [1.4] Shepard M.L., Introduction to energy technology, Ann Arbor Science, 1976.
- [1.5] King Hubert M., Resources and Man, National Academy of Science - National Research Council, Freeman W.H. i inni, San Francisco, 1969.
- [1.6] Rabinowitch E.I., Photosynthesis and Related Processes, II (1), Interscience, Nowy Jork, 1951.
- [1.7] Riley G. A., The carbon mechanism and photosynthetic efficiency of the earth, American Science, 32, 132-134, 1944.
- [1.8] Southwick Ch. H., Ecology and the Quality of our Environment, D. Van Nostrand Company, 1976.
- [1.9] Deevey, E.S., Mineral cycles, Scientific American, 223, 148-159, 1970.
- [2.1] Toffler A., Trzecia fala, PIW, 1980,
- [2.2] Selvam P., Energy and environment - an all time search, Int. J. Hydrogen Energy, Vol.16, No 1, 1991.
- [2.3] Hirschenhofer J.H, Stauffer D.B., Engelman R.R., Klett M.G., Fuel Cell Handbook, fourth edition, DOE/FETC-99/1076, November 1998.
- [2.4] Wiens Ben I. The Future of Fuel Cells, 12 Dec. 1999, Ben Wiens Science site [www.benwiens.com](http://www.benwiens.com).
- [2.5] Thomas S., Zalowitz, Fuel Cell - Green Power, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-99-3231.
- [2.6] Chubb L. Fuel Cells, the Next Generation: Lean, Mean and Clean, in Environmental News Network, January 15, 2000.
- [2.7] Kręglewski R., Wpływ transportu na Środowisko, WKiŁ, Warszawa 1979.
- [2.8] Executive Report of the Conference on Air Pollution in Europe: Environmental Effects, Control Strategies and Policy Options, 26-30.09.88, Norrtälje i Stokholm. 1988.
- [2.9] Ammann M., Environmental Impacts of Different European Energy Strategies, IIASA/ CVTU Workshop on Socio-economic Impacts of Regional Integrated Energy Systems, Praga, 10-12.10.1988.
- [2.10] Ahmed A.K., Unshielding the sun: human effects. Environment, 17(3), 1975.
- [2.11] Russel C., Stratospheric pollution - spray cans and SST', BioScience, 25 950, 1975.
- [2.12] Gribin J., Carbon dioxide and climate, Energy Policy, 1978.
- [2.13] Hafele W., Konferencja energetyczna "Global and Regional Energy Prospects", IIASA, Laxemburg, Austria, 14-16.11.1988.
- [2.14] Van de Vate, J.F., Release of natural gas into the atmosphere in view of replacing coal by natural gas, International Atomic Energy Agency, Wiedeń, P.O. Box 100, Austria.
- [2.15] Crutzen P.J., Methane's Sinks and Sources, Nature 350, 380-381, 1991.
- [2.16] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Working Group I, 1995. Radioactive forcing of climate change, in Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [2.17] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Working Group I, 1996a. Climate Change, The Science of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [2.18] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Working Group I, 1996b, Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [2.19] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Working Group I, 1996c, Climate Change 1995, Economic and Social Dimensions of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- [2.20] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Working Group I, 1996d, Second Assessment Synthesis - Technical Information Relevant to Interpreting Article 2 of UN Framework Convention on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [2.21] Sadowski M., *Globalne Aspekty Ochrony Klimatu i Rola Polski, Ziemia Domem Człowieka*, tom II, Praca pod redakcją J.L. Krakowiaka, Polskie Towarzystwo Universalizmu, 1997 rok.
- [2.22] Environment News Network, U.N. official blasts nuclear option for global warming, [http://www.enn.com/news/wirestories/2000/11/11212000/reu\\_unblast40352.asp/site= e,](http://www.enn.com/news/wirestories/2000/11/11212000/reu_unblast40352.asp/site= e, 24.11.2000) 24.11.2000.
- [2.23] Borjesson Pal, *Biomass in a Sustainable Energy System*, Lund University, Sweden, 1998.
- [2.24] Colborn Th., Dumanowski D., Myers J. P., *Our Stolen Future: Are We Threatening Our Fertility, Intelligence, and Survival ?* New York, Penguin Books, 1996.
- [2.25] Anderson a. A., *Co Powiemy Naszym Dzieciom ?*, *Ziemia Domem Człowieka*, tom I, Praca pod redakcją J.L. Krakowiaka, Polskie Towarzystwo Universalizmu, 1997 rok.
- [2.26] Wolpert V.M. *Hunters, Holly Hill, Colemans Hatch, East Sussex TN7 4EP, U.K.* prywatna korespondencja, 1989.
- [2.27] Robinson J.R., *An embarrassment of riches: Canada's energy supply resources*, Energy, Vol 12, No5. 1987.
- [2.28] Ciecchanowicz W., *Energia, Środowisko i Ekonomia*, Instytut Badań Systemowych, PAN, 1-wsze wydanie 1995, 2-gie wydanie 1997.
- [2.29] *Energy Technology Data Handbook*, IEA Energy System Analysis Project, Vol. I, Applied System Analysis No. 18, KFA, Julich, RFN, 1980.
- [2.30] *Summary Report on Technology Characterizations*, IEA, Energy Technology Systems Analysis Project, No. 30, KFA, Julich, RFN, 1982.
- [2.31] MESSAGE Data Bank, IIASA ( International Institute of Applied Systems Analysis).
- [2.32] Ieffs E., *Germany pushes fluidized bed research for clean environment*, Energy International, Vol.17, No 9, 1980.
- [2.33] *Technical Assessment Guide-Electricity Supply*, EPRIP-6587-1, Vol. 1. 1989.
- [2.34] Booras G., Olkovski G., Rukes B., *Electricity and Environment*, IAEA, Seminar Expert Symposium, Helsinki, 1991.
- [2.35] Foster-Pegg R.W., Jeager H.L., *Low-BTU Gas Powering of Combined Cycle Plants*, Proc. Amer. Power Conf. 38, 1976.
- [2.36] Herman S.W., Cannon I.S., *Energy future*, Ballinger Publishing Co., 1977.
- [2.37] Sosnowski R., *Akceleratory*, Encyklopedia Fizyki Współczesnej, Warszawa 1983.
- [2.38] Australian Academy of Technological Sciences and Engineering, Seminar on „Biotechnology in the 21st Century, Cooma, Australia, 22 November 1999.
- [2.39] Van R. Potter, *Bioethics: bridge to the future*, Englewood Cliffs, 1971.
- [2.40] Kłoskowski K., *Genetyka, bioetyka i edukacja bioetyczna*, *Ziemia Domem Człowieka*, tom I, Praca pod redakcją J.L. Krakowiaka, Polskie Towarzystwo Universalizmu, 1997 rok.
- [2.41] Hull Z., *Kształtowanie myślenia ekologicznego*, *Ziemia Domem Człowieka*, tom I, Praca pod redakcją J.L. Krakowiaka, Polskie Towarzystwo Universalizmu, 1997 rok.
- [2.42] Skolimowski H., *Filozofia żyjąca. Ekofilozofia jako drzewo życia*. Warszawa 1993 r. I,II.V.

- [2.43] Kołakowski L., *Introductory Remarks. Dialogue and Universalism*. Vol. 5 No 1, 1995.
- [2.44] Kuczyński J., *Przeciw Katastrofie Świata - Uniwersalizm i Federacja życia - Przesłanki realizacji Globalnego Planu Ekologicznego Al. Gore'a, Ziemia Domem Człowieka*, tom I, Praca pod redakcją J.L. Krakowiaka, Polskie Towarzystwo Uniwersalizmu, 1997 rok.
- [2.45] Ciechanowicz W., *Ochrona środowiska, energia, i ekonomia - problemy cywilizacji, Ziemia Domem Człowieka*, tom II, Praca pod redakcją J.L. Krakowiaka, Polskie Towarzystwo Uniwersalizmu, 1997 rok.
- [2.46] *Looking Beyond The Internal Combustion Engine „The Promise of Methanol Fuel Cell Vehicles*, American Methanol Institute, [www.methanol.org](http://www.methanol.org).
- [2.47] Ciechanowicz W., *Bioenergia a energia jądrowa*, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania, 2001.



