Normalizacja i fizyka środowiska

Wprowadzenie i przegląd zagadnień poruszanych na wykładzie

Instytut Fizyki PŁ 2022

Plan wykładów

Moduły tematyczne:

0. Wprowadzenie i przegląd zagadnień – czym zajmuje się fizyka środowiska (ten wykład).

Moduł 1: Promieniowanie słoneczne i atmosfera Ziemi – podstawowe prawa, widmo promieniowania, oddziaływanie z materią; słoneczny nadfiolet; filtr ozonowy.

Moduł 2: Klimat i pogoda na Ziemi - efekt cieplarniany, skład atmosfery, struktura pionowa atmosfery, przepływy powietrza, prognozy pogody, zmiany klimatu i ich modelowanie.

Moduł 3: Energia : wymiana ciepła z otoczeniem, paliwa kopalne, odnawialne, energia jądrowa.

Moduł 4: Rola norm i aktów prawnych w dziedzinie środowiska : przegląd obszarów objętych normalizacją.

Moduł 5: Hałas i akustyka : normalizacja opisu i pomiaru hałasu, kryteria hałasu, dopuszczalne poziomy.

Moduł 6: Transport zanieczyszczeń w rzekach i powietrzu.

Moduł 7: Podstawy spektroskopii środowiska: przegląd metod spektroskopii molekularnej i przykłady zastosowania spektroskopii molekularnej do badań środowiska.

Projekt

Prezentacje studentów na wybrane tematy i udział w dyskusji.

Efekty kształcenia przedmiotu

Student, który zaliczył przedmiot:

1. Zna i rozumie podstawowe wielkości i prawa fizyczne stosowane do opisu promieniowania słonecznego, atmosfery Ziemi, oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią, wymiany ciepła, sprawności energetycznej, transportu zanieczyszczeń w środowisku oraz fal dźwiękowych (FFT1A_W08).
2. Ma podstawową wiedzę dotyczącą norm i aktów prawnych w dziedzinie środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem normalizacji opisu i pomiaru hałasu (FFT1A_W21).
3. Ma podstawową wiedzę o dostępnych źródłach energii, zmianach klimatu i środowiska naturalnego oraz ich związkach z działalnością człowieka lub z naturalnymi procesami przebiegającymi w przyrodzie (FFT1A_W21).
4. Potrafi samodzielnie wyszukać i prezentować informacje dotyczące wybranego tematu z zakresu fizyki środowiska z uwzględnieniem społecznych skutków rozwoju nauki i techniki (FFT1A_K01, FFT1A_U26).

Weryfikacja efektów kształcenia:

Efekty 1…3 – kolokwium pisemne obejmujące 4 pytania z problemów omówionych na wykładzie

Efekt 4 – prezentacja na wybrany temat.

Ocena końcowa = 0,6*ocena 1 + 0,4*ocena 2

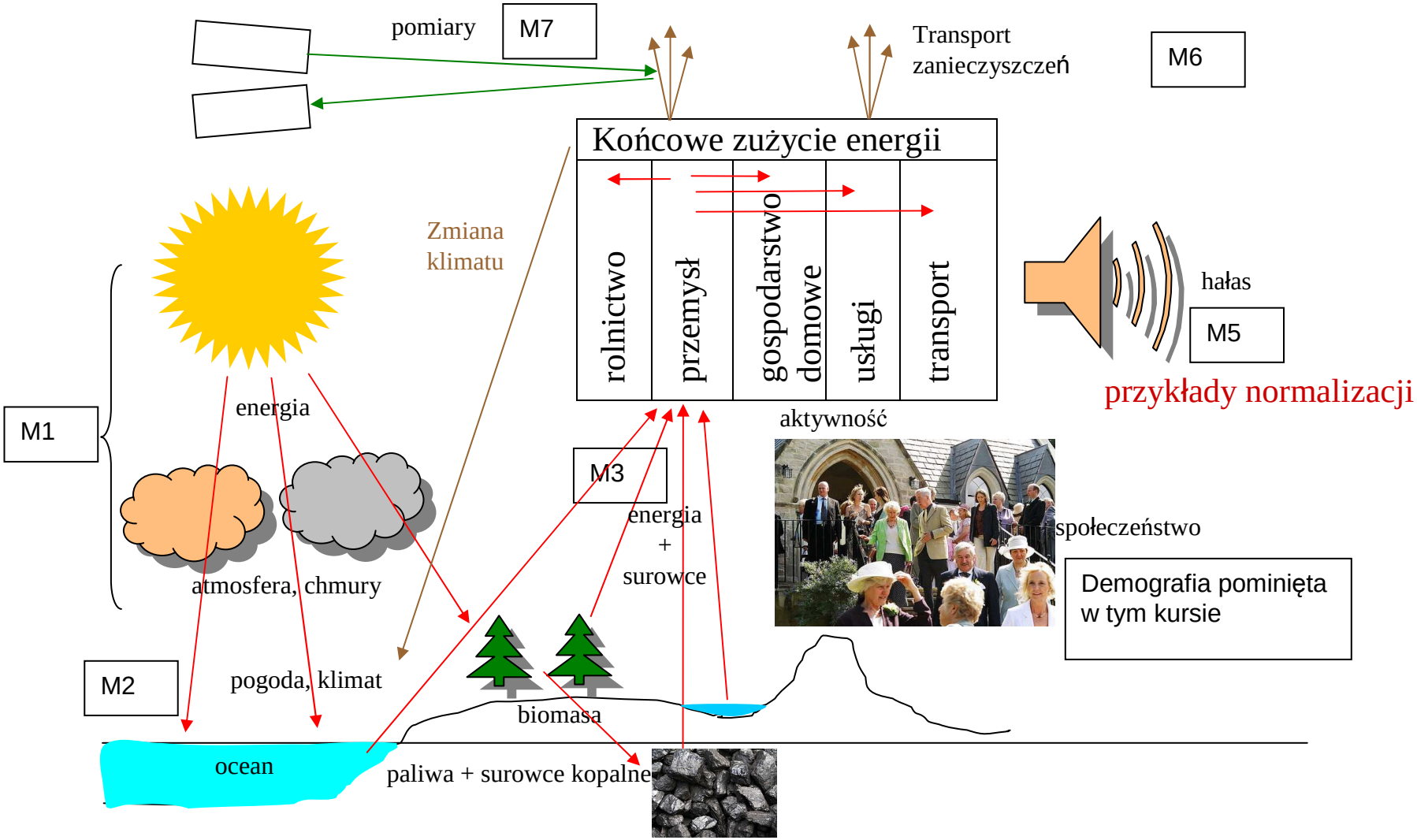
i obie oceny cząstkowy muszą być pozytywne.

Motywacja

Fizycy coraz częściej spotykają się z problemami z zakresu fizyki zjawisk przyrodniczych występujących w naturalnym środowisku człowieka. Metody pracy fizyków są użyteczne do:

- opracowywania ogromnej liczby danych zebranych w środowisku (analiza komputerowa),
- budowa modeli teoretycznych,
- szacowanie skutków produkcji i konsumpcji,
- definiowanie problemów środowiska i wskazywanie rozwiązań – niepopularne decyzje polityczne mogą być zaakceptowane jedynie gdy są wiarygodnie uzasadnione),
- pomoc w przygotowywaniu ustaw rządowych związanych ze środowiskiem,
- analiza konsekwencji stosowanej polityki.

Czym zajmuje się fizyka środowiska?



Rys. 1. System ekonomiczny produkcji i konsumpcji. Wejście: energia i surowce; wyjście: produkty i usługi; skutki uboczne: zanieczyszczenia, hałas, zmiana klimatu. M1…M7 – numery modułów tematycznych omawianych na wykładzie.

Wprowadzenie - życie w cieplarni

Życie na Ziemi jest ściśle związane z właściwościami fizycznymi układu Słońce-Ziemia:

- Temperatura Słońca T = 5800 K determinuje maksimum widma jego promieniowania elektromagnetycznego ~500nm, co odpowiada energii fotonu 2,48eV. Jest to wartość optymalna do wywoływania reakcji fotochemicznych.
- Masa Ziemi ($5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg) jest wystarczająco duża by utrzymać atmosferę.
- Odległość Ziemia Słońce $1{,}49 \cdot 10^{11}$ m, promień Słońca $6{,}96 \cdot 10^{8}$ m, temperatura Słońca oraz obecność pewnych gazów w atmosferze pozwalają na utrzymanie średniej temperatury powierzchni Ziemi 288 K (15°C).
- Niewielka zmiana wymienionych parametrów mogłaby uczynić życie niemożliwym.

W stanie równowagi termodynamicznej

energia otrzymywana od Słońca = energia wypromieniowywana z Ziemi

$$(1 - a)\pi R^2 S = 4\pi R^2 \sigma T^4, \qquad (1)$$

gdzie: $a \approx 0{,}43$ oznacza <u>*albedo*</u> Ziemi, czyli część energii odbijaną przez Ziemię w kosmos,

$R = 6{,}378 \cdot 10^6$ m jest promieniem Ziemi,

$S = 1370\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$ – stała słoneczna, czyli ilość energii odbieranej przez metr kwadratowy ustawiony prostopadle do kierunku Słońca,

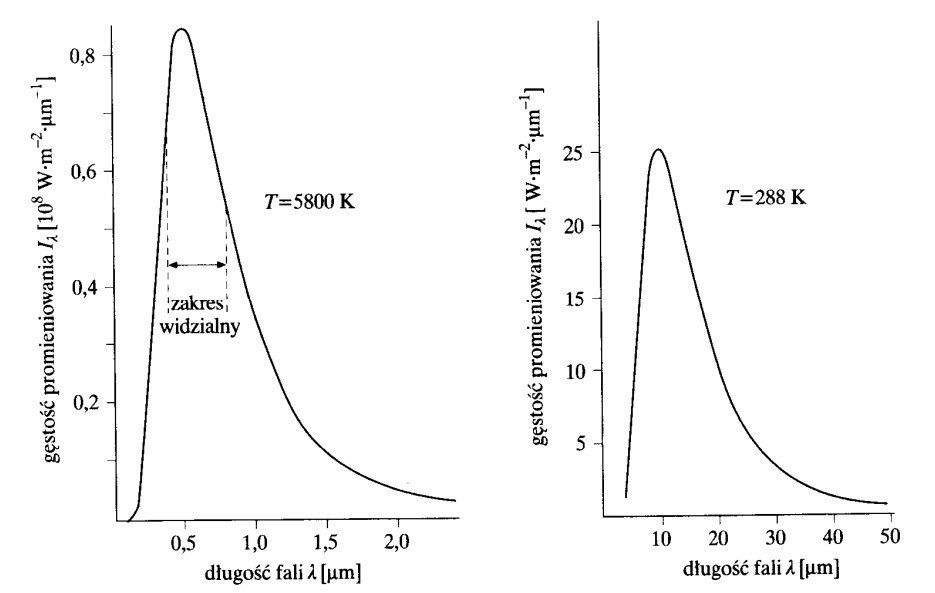
$\sigma = 5{,}6704 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$ jest stałą Stefana-Boltzmanna,

$T \approx 255$ K – temperatura promieniowania Ziemi.

Średnia temperatura powierzchni Ziemi 288 K jest większa od temperatury promieniowania, co wynika z obecności gazów cieplarnianych, głównie: H_2O, CO_2, N_2O i CH_4.

Na czym polega efekt cieplarniany?

Ze względu na różne temperatury Słońca i Ziemi 5800 K i 288 K maksima ich widm emisyjnych przypadają dla innych długości fal - promieniowanie Słońca dla fal o długości około 0,5 μm, natomiast promieniowanie Ziemi około 10 μm.



Rys. 2. Widma emisyjne ciała doskonale czarnego o temperaturach 5800 K (Słońce) oraz 288 K (powierzchnia Ziemi).
źródło: *E. Boeker, R. Grondelle, Fizyka środowiska, PWN, Warszawa 2002, Rys. 1.2.*

Atmosfera jest względnie przeźroczysta dla fal krótkich, natomiast gazy cieplarniane, głównie: **H_2O, CO_2, N_2O i CH_4**, absorbują większość promieniowania cieplnego Ziemi i emitują je z powrotem w stronę powierzchni Ziemi. Różne gazy pochłaniają różne długości fal. Jeżeli pewien obszar widma jest zaabsorbowany całkowicie, to dalszy wzrost koncentracji gazu pochłaniającego nie nasila efektu.

Obecnie z przyczyn naturalnych i na skutek działalności człowieka zwiększa się stężenie gazów cieplarnianych, co będzie oczywiście prowadziło do wzrostu średniej temperatury na Ziemi. Długoterminowe oszacowanie tego efektu jest jednak bardzo niepewne.

Słońce jako źródło energii

Fotosynteza jest procesem, w którym rośliny, algi i niektóre bakterie magazynują energię światła słonecznego. Wszystkie organizmy żywe używają chlorofilu (w mniejszym stopniu karotenu) do pochłaniania padającej energii słonecznej i jej magazynowania według wzoru:

$$6H_2O + 6CO_2 + 4{,}66 \cdot 10^{-18}\ J \quad \leftrightarrow \quad C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \qquad (2)$$

Kierunek reakcji $\longrightarrow$ magazynowanie energii w czasie wzrostu rośliny,

Kierunek reakcji $\longleftarrow$ to:

1) roślina w nocy,
2) odzyskanie energii używając roślin jako pożywienia lub opału, spalając bezpośrednio biomasę lub paliwa kopalne, które powstały w procesie naturalnego odwodnienia roślin.

Symbol $C_6H_{12}O_6$ odpowiada wielu cukrom prostym z grypy heksoz (fruktoza, galaktoza, glukoza), ponadto tysiące cząstek glukozy mogą się łączyć w liniowe łańcuchy zwane celulozą.

Problem:
Wszelkie sposoby wykorzystania biomasy, to przebieg reakcji (2) w lewą stronę, co powoduje uwalnianie CO_2 i zwiększenie efektu cieplarnianego. Zrównoważenie hodowli nowych roślin z szybkością spalania biomasy nie zapewni energii wystarczającej do utrzymania rozsądnego standardu życia.

Wniosek:
Należy dążyć do wykorzystania energii słonecznej bez udziału biomasy, np.:
- bezpośrednie ogrzewanie domów i wody,
- wiatry i prądy morskie,
- bezpośrednia zamiana energii słonecznej na elektryczną (obecnie niska sprawność).

Transport energii i zanieczyszczeń

W fizyce rozróżnia się przepływ masy, energii i pędu. Przykładowo:

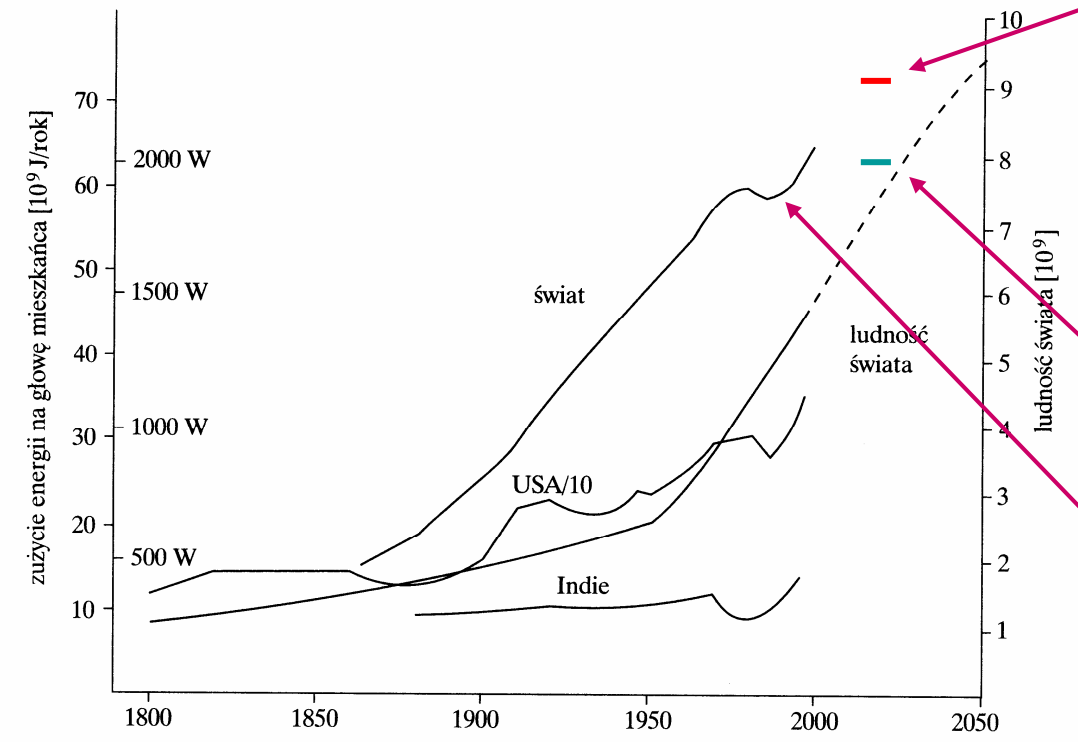
- Woda ogrzana przez promienie słoneczne paruje tworząc chmury, które przenosząc się w inne miejsce dają opady deszczu. W tym przykładzie transportowana jest masa i energia.
- Przenoszenie pyłu przez wiatr oraz mułu przez nurt rzeki, to przykłady przenoszenia masy bez istotnego przepływu energii.
- Promieniowanie słoneczne przechodzące przez atmosferę Ziemi, to przykład transportu energii bez przenoszenia masy.

Fizyka zjawisk transportu nadaje się m.in. do opisu:
- przemieszczania materiałów w fabrykach,
- przypływu cieczy w rurociągach,
- dostarczania ciepła do domów (w zimie) oraz odprowadzania (w lecie),
- rozprzestrzeniania się szkodliwych substancji w środowisku.

Optymalizacja zjawisk transportu może prowadzić do oszczędności energii i materiałów, oraz do ograniczenia niekorzystnego wpływu na środowisko.

Energia i jej rezerwy

Wzrost zużycia energii na mieszkańca obserwuje się wszędzie na świecie, od Indii gdzie przemysł dopiero się rozwija, do krajów najbardziej rozwiniętych, takich jak USA. Jednocześnie rośnie zaludnienie Ziemi. Na jak długo wystarczy zasobów energii i jakie skutki ekologiczne przyniesie ich wykorzystanie?



73 [10^9 J/rok] – zużycie energii na mieszkańca w 2020 r.
Źródło: Jan Popczyk, Transformacja energetyczna na świecie i w Polsce ELEKTROPROSUMERYZM, Żmigród 2020.

7977 mln – ludność świata w 30.09.2022 r. Źródło: https://www.worldometers.info/pl/

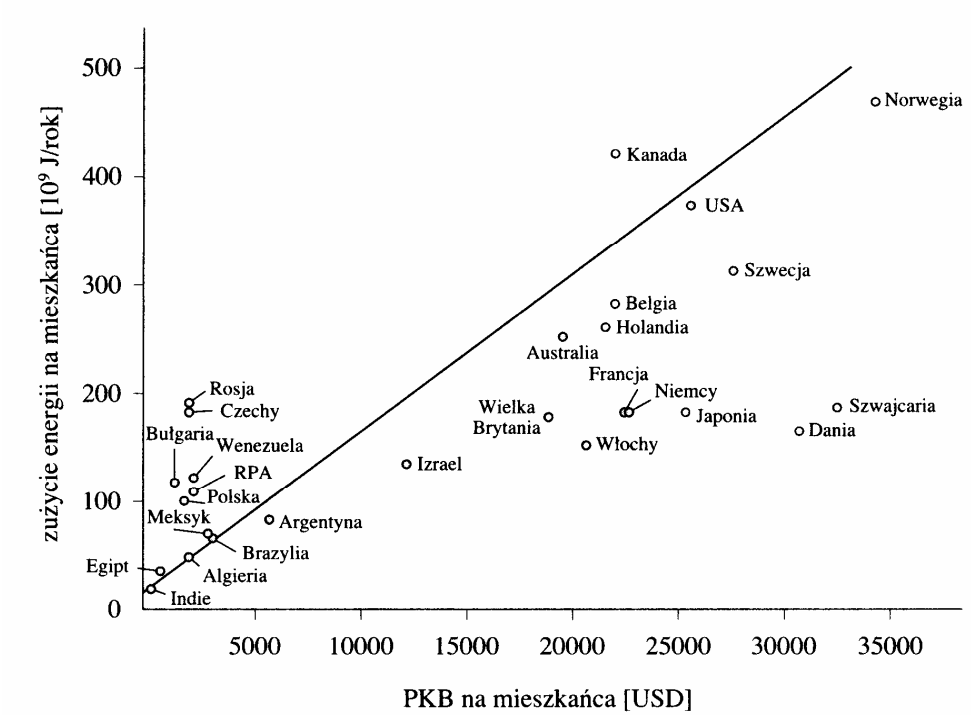
Kryzys energetyczny 1970

Rys. 3. Roczne zużycie energii na mieszkańca w wybranych krajach i średnio na świecie oraz zaludnienie świata. Uwaga: zużycie energii w USA jest podzielone przez 10. (źródło: *E. Boeker, R. Grondelle, Fizyka środowiska, PWN, Warszawa 2002, Rys. 8.3*).

Energia i jej rezerwy – wydajność wykorzystania energii

Rozwój ekonomiczny krajów powoduje wzrost zapotrzebowania na energię. Stosunek zużycia energii do PKB na mieszkańca jest jednak bardzo zróżnicowany i zależy od:

- struktury gospodarki (np. sektor bankowy w Szwajcarii zużywa mało energii),
- wielkich inwestycji w nowe technologie
  (np. wprowadzenie redukcji rudy żelaza metodą piecową w USA, Japonii i UE),
- działań politycznych w zakresie recyklingu, oszczędności energii, …



Rys. 4. Zużycie energii i produkt krajowy brutto na głowę mieszkańca w 1995.
(źródło: *E. Boeker, R. Grondelle, Fizyka środowiska, PWN, Warszawa 2002, Rys. 8.4*).

Energia i jej rezerwy

Wielkość dostępnych zasobów nie jest stała, gdyż:

- ze wzrostem cen będzie opłacało się eksploatować mniejsze, obecnie ignorowane złoża,
- postęp techniki wydobywczej zmienia opłacalność eksploatacji także przy braku zmian cen,
- dalsze poszukiwania mogą przynieść dostęp do nowych złóż,
- mogą pojawić się nowe, obecnie nieeksploatowane, źródła paliw kopalnych, np. uwodnione węglowodory (klatraty).

Tabela 1. Globalne zużycie energii i jej łatwo dostępnych zasobów.
(źródło: *E. Boeker, R. Grondelle, Fizyka środowiska, PWN, Warszawa 2002, Tabela 8.5*).

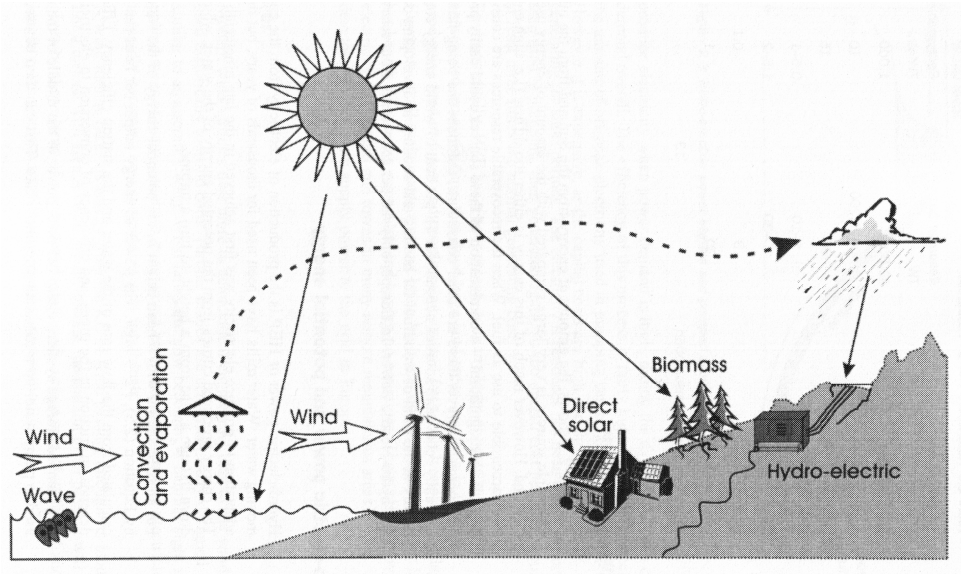
Energia	Zużycie w roku 1995 [10^{18} J/rok]	Zużycie w roku 2020 [10^{18} J/rok]	Łatwo dostępne zasoby [10^{18} J]
Paliw kopalnych	308		34 000
Jądrowych	21		2 250
Ze źródeł odnawialnych	50		176/rok
Całkowita	379	579 *	–
Słoneczna	Na całej powierzchni Ziemi: 3,8 mln · 10^{18} J/rok		

(*) Jan Popczyk, Transformacja energetyczna na świecie i w Polsce ELEKTROPROSUMERYZM, Żmigród 2020.

Rozważając różne dostępne źródła energii należy zwrócić uwagę na:

– energia elektryczna produkowana jest z ciepła uzyskanego ze spalania paliw kopalnych i elektrowni jądrowych,
– ciepło zamieniane jest na pracę mechaniczną, a później na elektryczność – dlatego sprawność elektrowni na paliwa kopalne wynosi ok. 42%, a elektrowni jądrowych 33%.

Perspektywa wyczerpywania się paliw kopalnych i jądrowych oraz to, że są one źródłem zanieczyszczeń, powodują potrzebę eksploatacji źródeł odnawialnych. Ocenę zasobów energii ze źródeł odnawialnych zawiera tabela 2.



Rys. 1. Słońce jako źródło energii odnawialnej.
(źródło: C. Smith, Environmental physics, Reutledge 2006, Fig. 2.2).

Energia	Produkcja (B) [10^{18} J/rok]		Zasoby (B) [10^{18} J/rok]	
	1995	2020(*)	2025	długoterminowe
Wodna	24		45	130
Biomasy	25		100	1300
Geotermiczna			4	20
Wiatrowa	≤ 0,1	7,2	8	130
Fotowoltaiczna	≤ 0,01	2,9	19	2600

Tabela 2. Zużycie energii odnawialnej i jej łatwo dostępnych zasobów.
(źródło: *E. Boeker, R. Grondelle, Fizyka środowiska, PWN, Warszawa 2002, Tabela 8.4*.

(*) 2020 r., źródło: Jan Popczyk, Transformacja energetyczna na świecie i w Polsce ELEKTROPROSUMERYZM, Żmigród 2020.

Energia	Produkcja (B) [10^{18} J/rok]		Zasoby (B) [10^{18} J/rok]	
	1995	2020(*)	2025	długoterminowe
Wodna	24		45	130
Biomasy	25		100	1300
Geotermiczna			4	20
Wiatrowa	≤ 0,1	7,2	8	130
Fotowoltaiczna	≤ 0,01	2,9	19	2600

Kopia tabeli z poprzedniej str.

Zasoby energii odnawialnej potencjalnie osiągalnej na całej kuli ziemskiej są ogromne w porównaniu do zapotrzebowania, jednakże obecnie nie są one jeszcze dostępne. Wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii napotyka szereg przeszkód:

- **elektrownie wodne** – ogromne inwestycje i poważne zmiany w środowisku,
- **biomasa** – wzrost wykorzystania w energetyce ogranicza wykorzystanie biomasy do nawożenia ziem rolnych; uprawy tylko do celów energetycznych ograniczają także areał ziem produkujących żywność,
- **źródła geotermalne** w większości znajdują się w miejscach prawnie chronionych i atrakcyjnych turystycznie,
- **energia wiatrowa i fotowoltaicza** jest droższa od pochodzącej z paliw kopalnych,
- fluktuacje dostaw energii wiatrowej i fotowoltaicznej powodują konieczność jej przechowywania lub utrzymywania w gotowości innych źródeł energii.

Problem	Skutki i zagrożenia	Rozwiązanie doraźne	Rozwiązanie długotrwałe
Ograniczone zasoby paliw kopalnych o wysokiej jakości	Walka (zbrojna) o dostęp. Ekonomiczne zróżnicowanie.	Podnoszenie wydajności energetycznej. Gorsze paliwa	Odnawialne źródła energii. Energetyka jądrowa.
Wykorzystywanie paliw kopalnych o gorszej jakości	Popioły. Zanieczyszczenie atmosfery. Duży koszt.	Filtry kominowe	jw.
Emisja CO_2	Zmiana klimatu.	Użycie gazu naturalnego. Składowanie CO_2. Zalesianie	jw.
Ograniczone zasoby wydajnych rud uranu	Wzrost cen. Oszczędzanie zasobów.	Ograniczenie energetyki jądrowej. Lepsze wykorzystanie rud.	Odnawialne źródła energii. Zmiana zachowań. Synteza termojądrowa.
Odpady jądrowe o długim czasie życia	Zanieczyszczenie środowiska	Ograniczenie energetyki jądrowej. Ograniczenie ilości składowisk odpadów.	Odnawialne źródła energii. Synteza termojądrowa.
Wysokie koszty energii ze źródeł odnawialnych	Wolne wprowadzanie do użytku	Ułatwienia podatkowe.	Badania nad nowymi źródłami energii
Transport ciekłego wodoru	Eksplozje	Omijanie terenów zaludnionych	Absorpcja w metalach
Transport ropy naftowej	Wycieki	Zachowanie ostrożności na tankowcach. Wydzielone trasy	Ropociągi. Lepsze tankowce.
Transport ciekłego gazu	Eksplozje	Omijanie terenów zaludnionych	?
Spaliny samochodowe	Zanieczyszczenia atmosfery	Lepsze silniki.	?

Tabela 3. Problemy polityki energetycznej i ich rozwiązania (źródło: *E. Boeker, R. Grondelle, Fizyka środowiska, PWN, Warszawa 2002, Tabela 8.6*).

Literatura do cyklu wykładów z fizyki środowiska:

Podstawowa:

1. E. Boeker, R. van Grondelle, *Fizyka środowiska*, PWN, Warszawa 2002.
2. E. Boeker, R. van Grondelle, *Environmental Physics* (jęz. angielski), J. Wiley & Sons, Ltd., Chichester 1999.
3. J.L. Monteith, M.H. Unsworth, *Princiles of environmental physics* (jęz. angielski), Third edition, Elsevier, Amsterdam 2008.
4. PN-EN 61672-1:2014-03 *Elektroakustyka -- Mierniki poziomu dźwięku -- Część 1: Wymagania*
5. PN-EN ISO 3744:2011 *Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego -- Metody techniczne stosowane w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk*

Uzupełniająca:

6. Polski Komitet Normalizacyjny, strona *Zdrowie, środowisko i medycyna*, https://www.pkn.pl/normalizacja/sektory-normalizacji/zdrowie-srodowisko-i-medycyna
7. H. Haken, H. Wolf, *Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej*, PWN, Warszawa 1982.
8. C. Smith, *Environmental Physics* (jęz. angielski), Routledge, London and New York, 2006.
9. N. Mason, P. Hughes, *Introduction to environmental physics. Planet Earth, life and climate* (jęz. angielski), Taylor & Francis, London and New York 2001.

K O N I E C