

## ENERGETYKA I WYDOLNOŚĆ GEOBIOSFERY

- a zaludnienie i samoodnawialność Ziemi –

Czesław CEMPEL<sup>1</sup>

Instytut Mechaniki Stosowanej, Politechnika Poznańska

### Streszczenie

W pracy zastosowano koncepcję bilansu emergii geobiosfery w różnych wariantach wykorzystania jej zasobów, tylko energie odnawialne i wszystkie dostępne, i przymierzono te dane do czterech emergetycznych standardów życia ludzkości na Ziemi. Wynik takiego szacunku liczby ludności przekonuje iż musimy odrzucić skrajne rezultaty (ca 0.3mld i 30mld) i poszukać jak najszybciej nowych technologii wykorzystujących całość dostępnych zasobów energii odnawialnych, a dających czyste energie i nie obciążających środowisko. Wtedy, w dalszej kolejności problemem do rozwiązania będzie identyfikacja i operacyjne uwzględnienie efektu zatłoczenia, limitujące liczbę ludzkości.

### 1. Wstęp

Stan naszej matki Ziemi zaczął być przedmiotem troski ludzi wrażliwych systemowo w latach 60 tych, a stał się przedmiotem badań z chwilą zdefiniowania ekologii ekosystemu w znamiennej publikacji R. Carson, **Silent Spring** [Carson62]. Według najnowszej definicji **ekosystem to samo odnawiające, wielopoziomowe procesy bilansowe, materii, energii i informacji** [Lenart02], tworzone i wzajemnie adaptujące się przez miliony lat. Dla uchwycenia całości problemów geobiosfery jako ekosystemu, potrzebna nam jest zatem wspólna miara aktywności i potencji dla zbilansowania tych przepływów. Miara taka, oparta na pojęciu energii, powstawała w latach 70 tych, kiedy po raz pierwszy zaczęto liczyć systemowe bilanse przepływu energii pierwotnej od słońca, i zdano sobie sprawę z wielokrotności przekształceń (poziomów) tej energii, a zwłaszcza z tego, że w ekosystemie nie można przyrównać bezpośrednio jednego Joula<sup>2</sup> (**J**) energii słonecznej z 1 **J** energii uzyskanej ze spalonego drzewa. Trzeba dodać koszt transformacji (współczynnik) jednego rodzaju energii na drugi i przeliczyć wszystkie rodzaje (poziomy) energii w ekosystemie na energię pierwotną płynącą od słońca. Taką propozycję przedstawił pierwszy T. Odum definiując nową wielkość energii równoważnej, tzw. emergię [Odum86], [Odum96]. **Emergia** jest to dostępna energia jednego rodzaju (poziomu) użyta do transformacji, bądź (pośrednio lub bezpośrednio) dla wykonania produktu lub usługi. Jednostką tak zdefiniowanej wielkości jest **emjoule** energii słonecznej, w skrócie **sej** (solar emjoule). Aby móc poruszać się po wszystkich poziomach występowania energii w ekosystemie trzeba zdefiniować tzw. **transformity** danego poziomu ekosystemu. Jest ona definiowaną jako ilość emergii niższego poziomu na jednostkę energii uzyskaną na danym poziomie. Dla przykładu, potrzeba 4000 **sej** aby z drzewa otrzymać 1 **J** energii. Tak więc transformity drzewa w danym ekosystemie jest 4000 **sej/J**, a transformity energii słońca absorbowanej przez Ziemię jest **jeden**. Wychodząc z tych przesłanek przeliczono na **sej** główne strumienie energii odnawialnej (słońce, wiatr, ciepło głębinowe ziemi) zasilającej Ziemię, a także przeliczono emergię głównych składników (zasobów) ekosystemu i jego produktów, ropa minerały, drzewo, i inne [Odum96], [Odum00]. Przeliczeniami tym objęte były poszczególne stany USA, a także niektóre kraje Europy i świata, w tym również Polska. Mamy zatem dla tych krajów ilość emergii użytej przypadającej na jednego mieszkańca na jeden rok<sup>3</sup>. Znając więc całkowity bilans emergii Ziemi można pokusić się o oszacowanie możliwej liczby mieszkańców Ziemi, zależnie od

<sup>1</sup> Ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, fax; 061.6652307, email: [Czeslaw.CEMPEL@put.poznan.pl](mailto:Czeslaw.CEMPEL@put.poznan.pl)

<sup>2</sup> Joule (skrót **J**) to jednostka energii równoważna wykonanej pracy siłą jednego Newtona (N) na drodze jednego metra.

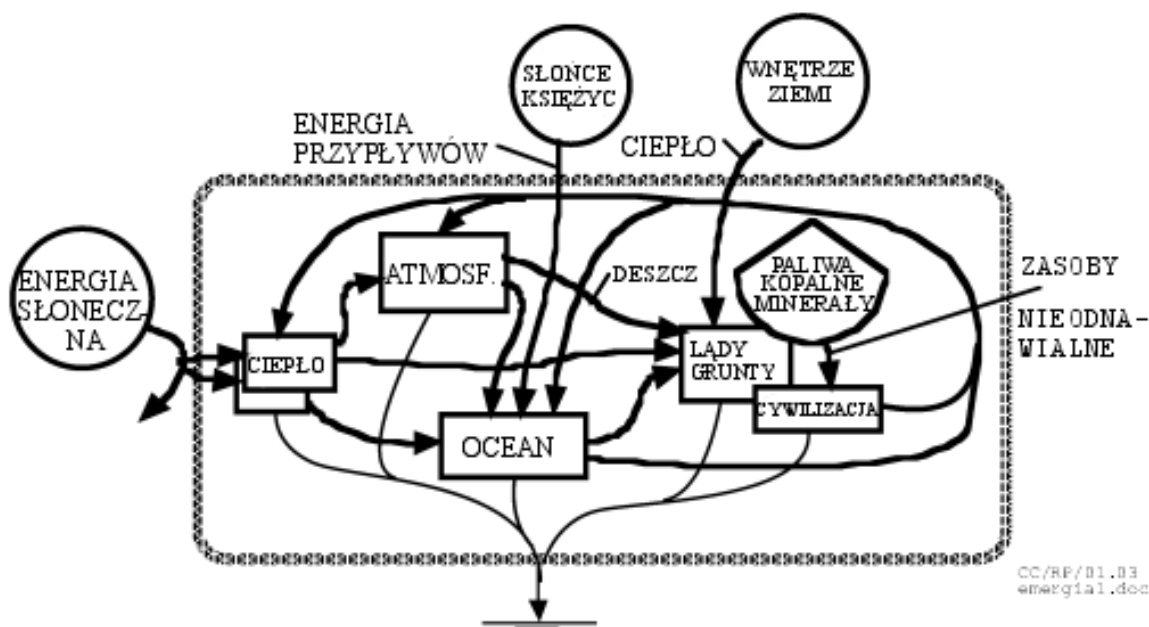
<sup>3</sup> Dane te dotyczą lat 80 tych.

rodzaju użytkowanej energii (odnawialna / nieodnawialna) a także zależnie od emergetycznego standardu życia jej mieszkańców, np. standard Indii czy też Europy Zachodniej. Taki jest bezpośredni cel niniejszych rozważań i kalkulacji, a dalszy cel to dać zatroskanej eko-społeczności Ziemi dodatkową zagregowaną informację i wiedzę, w którą stronę zmierzamy jako ludzkość (świadomie lub nie). Według wiedzy autora jest to pierwsze tego typu oszacowanie, zatem nie jest wolne od różnego typu nieścisłości, będę więc wdzięczny za informacje i dyskusję.

## 2. Energetyka geobiosfery

System geobiosfery Ziemia traktowany jako otwarty otrzymuje trzy zewnętrzne zasilania w energię; jest to pochłonięte promieniowanie słoneczne, ciepło głębinowych warstw ziemi, oraz energia przyływów powodowana wpływem księżyca i słońca. Ciepło absorbowanych promieni słonecznych ogrzewa główne elementy składowe systemu; atmosferę, powierzchnię ziemi i oceany (rys. 1). Do tego powierzchnia ziemi ogrzewana jest także przez ciepło warstw głębinowych i ciepło z naturalnego rozpadu promieniotwórczego. Te wszystkie zasoby energii płynące do powierzchni ziemi na której rozwija się cywilizacja nazywamy **zasobami odnawialnymi**, a to z uwagi na bardzo długi czas ich prawie niezmiennego działania, w porównaniu z czasem występowania cywilizacji jaką znamy. Do tego cywilizacja ludzka nauczyła się wykorzystywać zasoby energii i materiałów możliwych do uzyskania w górnych warstwach płaszcza ziemi, takich jak rudy, minerały, ropa, mające jednoznaczny charakter **zasobów nieodnawialnych**.

Każde przekształcenie energii pierwotnej słońca na inne formy energii, mierzone już w emergii, powiązane jest zawsze ze stratami, które stanowią nieraz znaczną część energii pierwotnej. Straty te wchodzi również w zdefiniowany wcześniej współczynnik między -poziomowego przekształcenia - transformity. Ponadto podsystem **cywilizacja** daje zwrotnie swój wpływ, na ogół destrukcyjny, do każdego innego podsystemu geobiosfery. Całość omówionego systemu zasilania i interakcji emergetycznych przedstawia Rys. 1.



Rys. 1. Źródła i sieć transformacji energii w systemie geobiosfery [Odum00,r1].

Ten zgrubny obraz emergetycznego bilansu geobiosfery (jak na rys.) możemy dalej uszczegółowić podając wartości liczbowe głównych źródeł zewnętrznych i wewnętrznych. Tabela 1 podaje wydajność źródeł zewnętrznych odnawialnych, płynących do systemu Ziemia.

Tabela 1 Roczny przyływ energii w geobiosferze [Odum96,t3.1]

No	Wejście & jednostka	Strumień energii J/rok	Transformity. sej/J	Strumień energii sej/rok
1	Nasłonecznienie, J	3,93 x E24	1	3,93 x E24
2	Ciepło wnętrza Ziemi, J	6,72 x E20	6055	4,07 x E24
3	Energia przyływów, J	8,515 x E19	16.842	1,44 x E 24
	<b>Całość - OE =</b>	-	-	<b>9,44 x E 24</b>

Uwaga: Nowe oznaczenie wykładników liczbowych, np. – E3 =10<sup>3</sup>

Tabela wyraźnie pokazuje, że największy udział w strumieniu energii w systemie geobiosfery ma ciepło wewnętrzne ziemi, następnie nasłonecznienie, a na końcu energia przyływów oceanicznych. Całościowy strumień odnawialnej energii wg tych szacunków wynosi: **OE = 9,44 • 10<sup>24</sup> sej/rok.**

Rysunek 1 pokazuje też, że nasza cywilizacja używa w rujnujący sposób zasoby nieodnawialne Ziemi [Brown01], ropę, rudy, lasy, grunty, i inne. Łączne zestawienie rocznego zużycia tych zasobów, wg danych British Petroleum [BP97], przytoczone w ślad za Poradnikiem Odum'a [Odum00,t3] przedstawia tabela 2.

Jak wynika z tabeli 2, porównawczo zużywamy obecnie dwa razy więcej zasobów nieodnawialnych Ziemi (**NE= 20,46 E24 sej/rok**) niż suma zasobów odnawialnych (patrz wyżej **OE**). Największy zaś nieodnawialny strumień zużywanej energii tworzą kolejno; ropa, węgiel, gaz, energia nuklearna, erozja ziemi, ubytek rud - minerałów i lasów. Są to potężne strumienie ubytku energii geobiosfery, a do tego trzeba pamiętać, że pierwsze trzy z nich są źródłem potężnych emisji zanieczyszczeń, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> powodując dalszą degradację geobiosfery.

Tabela 2 Roczne zużycie zasobów energii odnawialnej i nieodnawialnej wg oszacowań Odum'a [Odum00,t3].

No	Wejście&jednostka	Wpływ J/rok	Energia/jednost Sej/jednost.	Emmoc E24 sej/rok
1	<b>Energia odnawialna (OE tab. 1)</b>	-	-	<b>9,44</b>
2	Ropa naftowa J	1,38 E20	5,4 E4	7,45
3	Gaz ziemny (równoważ.ropy) J	7,89 E19	4,8 E4	3,79
4	Węgiel („ ”) J	1,09 E20	4,0 E4	4,36
5	Energia nuklearna J	8,60 E18	2,0 E5	1,72
6	Lasy, drzewa (ubytek) J	5,86 E19	1,1 E4	0,64
7	Grunty (erozja) J	1.38 E19	7,4 E4	1,02
8	Fosfat (nawozy) J	4,77 E16	7,7 E6	0,37
9	Wapień J	7,33 E16	1,62 E6	0,12
10	Rudy metali g	993 E12g	1,09 E9 sej/g	0,99
---	Całkowita emmoc nieodnawialna (NE)	-----	----- (suma 2-10)	20,46
	<b>Całkowity bilans emmocy (CE)</b>	-----	----- (suma 1-10)	<b>29,90</b>

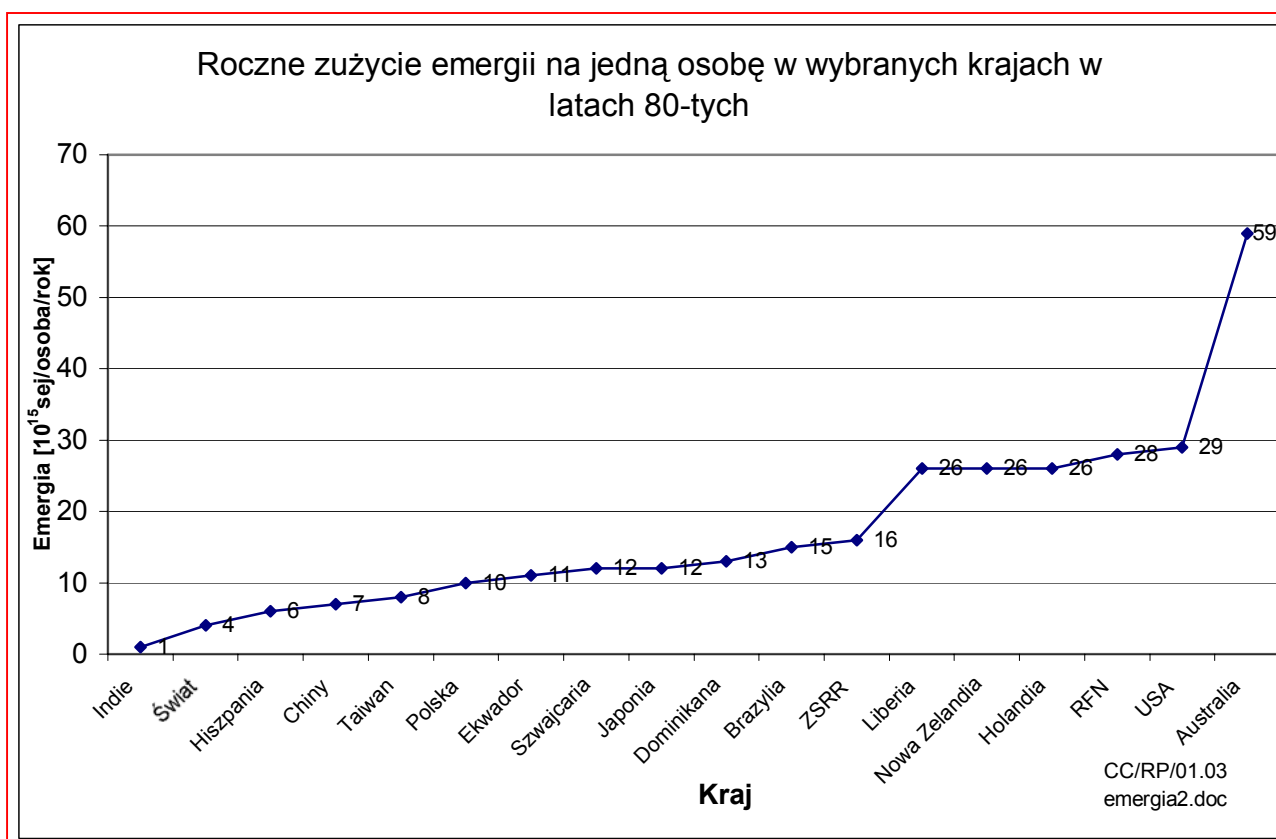
Uwaga: Strumień energii mierzony w jednostce czasu nazywa się emmocą.

### 3. Emergochłonność życia ludzkiego – standardy życia, godne życie

Mamy już oszacowania całkowitej emmocy płynącej z zewnątrz do systemu geobiosfery oznaczoną jako **OE**, jak i emmoc wytwarzaną przez naszą cywilizację z zasobów nieodnawialnych (**NE**). Dywersyfikacja standardu życia ludzi na świecie jest bardzo duża, jak np. Indie, Europa, Stany Zjednoczone. Dla wielu z tych krajów oszacowano roczne potrzeby energii (w latach 1980 – 87) na jednego obywatela [Odum96,t10.8]. Oszacowania te przedstawia rysunek 2 sporządzony wg tych danych. Jak wynika z rysunku i naszej wiedzy istnieje dość duża korelacja między zużyciem energii a standardem życia w kraju, wyjątek stanowią tu kraje zwrotnikowe i równikowe gdzie podaż energii słońca jest duża, a nie w pełni zużytkowana, zaś wyjątkowa konsumpcja energii w Australii to wynik standardu życia i nasłonecznienia. Do celów dalszych szacunków można przyjąć z tego rysunku kilka standardów emergetycznych życia ludzi na ziemi, tak jak w tabeli 3.

Tabela 3 Przykładowe standardy rocznej konsumpcji energii na jednego mieszkańca (wg rys. 2).

---	<b>Emergetyczny standard życia</b>	<b>x E15 sej/osoba/rok</b>
1	Indie – skrajna bieda, zatłoczenie	1
2	Świat	4
3	Polska	10
4	Europa Zachodnia (Niemcy) - dobrobyt	28

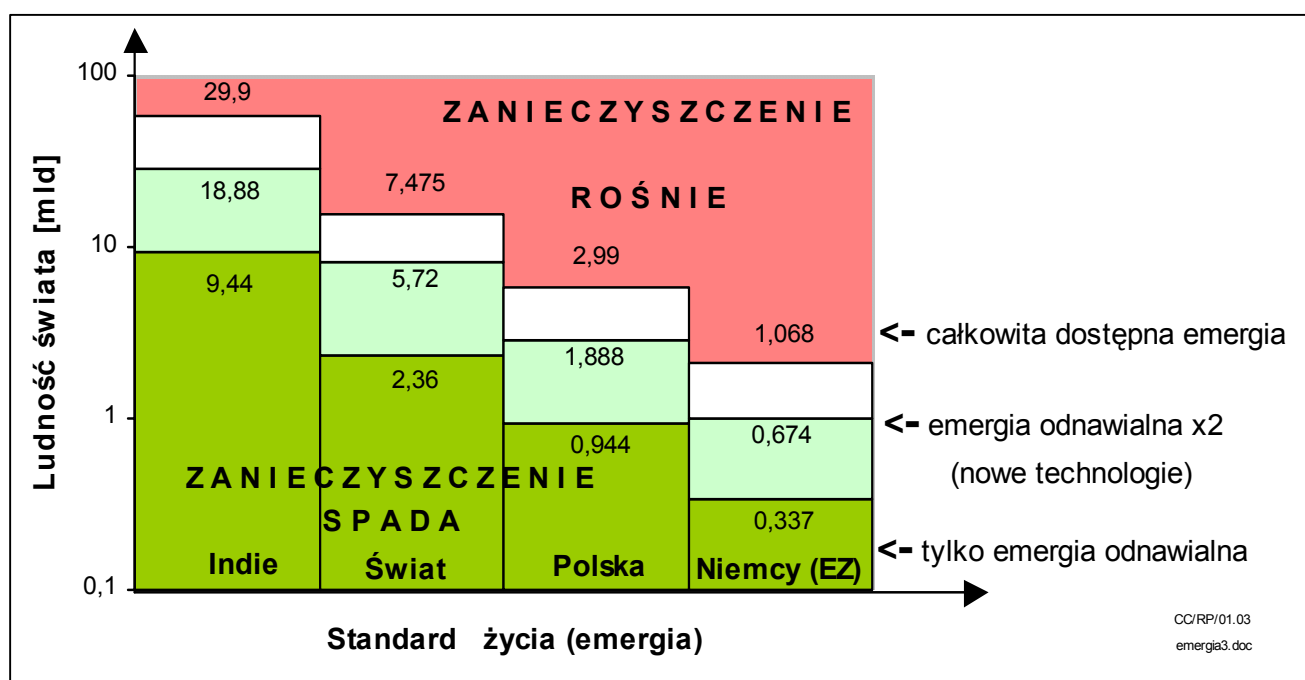


Rys. 2. Roczne zużycie energii w różnych krajach świata w latach 1980 –87 według Odum'a [Odum96,t10.8].

Z tabeli 3 wnioskujemy, że rozpiętość standardów życia w latach 80 - tych była tak jak 1 do 30, przypuszczalnie dziś będzie znacznie więcej, ale nie to jest celem naszych rozważań. Celem życia na ziemi **każdego człowieka** jest **godne życie**, a co to znaczy w świetle danych tabeli 3 ? Czy możemy twierdzić, że życie przeciętnego mieszkańca Indii jest godne, czy też godne jest życie przeciętnego mieszkańca świata, kiedy 1,3 mld. ludzi wydaje mniej niż jeden dolar dziennie [Population02], i tyle samo nie ma dostępu do bieżącej wody. Nie jest to proste zadanie i popatrzmy na to wielowariantowo w następnym punkcie.

#### 4. Warianty zaludnienia Ziemi

Wyżej podaliśmy oszacowanie strumienia odnawialnej emergii Ziemi ( $OE = 9,44 \text{ E24 sej/rok}$ ) i podobne oszacowanie strumienia nieodnawialnej emergii ( $NE = 20,46 \text{ sej/rok}$ ) i całkowitego strumienia emergii  $CE = 29,90 \text{ sej/rok}$ . Przyjmując dla tych danych przykładowe cztery energetyczne standardy życia na ziemi, zgodnie z tabela 3, uzyskamy oszacowanie zaludnienia ziemi dla każdego standardu i założonego strumienia emergii  $OE$  i  $CE$ . Przedstawia to poglądowo rysunek 3, zaznaczając przy każdym wariantcie stosowną liczbę ludności otrzymaną jako podzielenie dysponowanej emergii Ziemi przez emergię danego standardu na jedną osobę (tab. 3).



Rys 3. Przedziałowe oszacowanie ludności świata w zależności od przyjętego energetycznego standardu życia ludzi (tab. 3).

Rysunek pokazuje dwa główne schodkowe wykresy, dolny odpowiada wykorzystaniu tylko całej energii odnawialnej w świecie ( $OE = 9,44 \text{ E24 sej/rok}$ ), zaś górny wykorzystaniu wszystkich zasobów odnawialnych i nieodnawialnych świata w obecnym rozmiarze ( $NE = 20,46 \text{ E24 sej/rok}$ ), co w całości daje energię  $CE = 29,9 \text{ E24 sej/rok}$ .

W wariantcie pierwszego wykresu używania całego zasobu energii odnawialnej, np. w ekogospodarce [Cempel03] mamy; dla wysokiego standardu Europy Zachodniej ludność świata może wynosić około **337 mln.**, dla standardu Polski (z lat 80) ca **944 mln**, a dla standardu Indii ca **9.44 mld**. Daje to w efekcie zaludnienie około 3 mld większe niż obecnie świat, do tego w skrajnej biedzie, ale bez wzrostu zanieczyszczenia geobiosfery i prawdopodobnie z szybką samo-odnową.

W wariacie energetycznym drugiego wykresu przy wykorzystaniu całego zasobu energii (CE) mamy oczywiście dalszy wzrost zanieczyszczenia geobiosfery. Wtedy w wysokim standardzie Europy Zachodniej będzie żyło tylko 1,068 mld ludzi, w standardzie Polski 2,99 mld, a w standardzie Indii 29.9 mld ludzi. Obecnej żyje na świecie ponad 6 mld ludzi, można więc sobie wyobrazić takie warunki życia, w skrajnie ubogim i skrajnie zatłoczonym i zanieczyszczonym świecie.

W chwili obecnej wiadomo już, że zanieczyszczenie fizyko chemiczne powoduje obniżenie bariery immunologicznej ludzi, zaczną się więc choroby, epidemie które zredukują nadwyżkowy potencjał ludzki. Ale to nie wszystko, jest jeszcze efekt zatłoczenia (crowding effect) z jego psychiczno mentalnymi wpływami na zachowanie się ludzi. Najważniejsze z nich to wzrost agresji skierowanej na każdego potencjalnego sąsiada, łącznie z dziećmi, oraz spadek kreatywności i innowacyjności w rozwiązywaniu problemów.

Niezbyt optymistyczna prognoza płynąca z rysunku 3, z której wynika iż nawet jeśli odkryjemy nowe czyste źródła energii, np. energia punktu zerowego [Puthoff93], czy rezonansowy rozkład wody [Genesis02], to efekt zatłoczenia nie pozwoli nam zwiększyć wiele liczbę ludności świata. Załóżmy więc, że nowe technologie wykorzystania zasobów energii odnawialnej<sup>4</sup> i nowa czysta energia pozwolą nam dwukrotnie zwiększyć użytkowanie zasobów energii do  $2 \times OE = 18.88 E24 \text{ sej/rok}$  i że nie wpłynie to na destabilizację (degradację) środowiska co na rysunku 3 zaznaczono jako środkowy wykres. Jest tu oczywiście zastrzeżenie, że konsumowana energia nieodnawialna nie przekroczy granicy samo odnawialności geobiosfery, co niestety nastąpiło już przy obecnym poziomie konsumpcji energii (górną krzywą). Być może jest to obraz maksymalnej wydolności geobiosfery z uwzględnieniem łącznego wpływu zanieczyszczenia fizycznego i efektu zatłoczenia.

Oczywiście jest tu duża doza wątpliwości co do istotności danych będących punktem wyjścia do takich oszacowań, znane są inne oszacowania np. przytoczone w [Lewandowski02]. Nie zmieni to jednak głównego toku rozumowania, **godnego** życia ludzi w ramach odnawialnej koncepcji użytkowania zasobów geobiosfery, jako warunek przeżycia ludzkości.

## 5. Podsumowanie i antycypacja

Myślenie ekologiczne przybrało już takie rozmiary, że na Zachodzie wiele decyzji gospodarczych jest podejmowanych w oparciu o szacunki energii [Odum00]. Pora więc przejść z takimi propozycjami do geopolityki, troszcząc się o przyszłość geobiosfery i dalszej egzystencji ludzkości w harmonii z jej wymogami. W pracy zastosowano koncepcję bilansu energii w różnych wariantach wykorzystania jej zasobów, tylko odnawialne i wszystkie dostępne, i przymierzono te dane do czterech energetycznych standardów życia ludzkości na Ziemi. Wynik takiego szacunku liczby ludności przekonuje, iż musimy odrzucić skrajne rezultaty, ca 0,3 mld najwyższego standardu i ca 30 mld skrajnej biedy. Po wtóre musimy poszukać jak najszybciej nowych technologii wykorzystujących całość dostępnych zasobów energii odnawialnych, a jednocześnie dających czyste energie i nie obciążających środowisko. Wtedy następnym problemem do rozwiązania będzie dokładne zbadanie i operacyjne uwzględnienie efektu zatłoczenia, limitujące potencjalną liczbę ludzkości.

<sup>4</sup> W chwili obecnej nie wykorzystujemy całego potencjału energii odnawialnych w świecie. W Polsce udział tych energii w ogólnym bilansie wynosi zaledwie 6% [Lewandowski02] i ma wzrosnąć do 7,5% w 2010 [Strategia01].

**6. Literatura**

1. Carson R., Silent Spring, Boston, Houghton Mifflin, 1962.
2. Lenart W., Skarby tylko dla wybranych, Przegląd, 23,09,2002, s 56 – 57.
3. Odum T. H., Emery in ecosystem, pp 337 –369, in Ecosystem Theory and Application, ed. By N. Pulmin, Wiley, NY, 446pp.
4. Odum H. T., Environmental Accounting – Emery and Environmental Decision Making, Wiley&Sons, New York, 1996, 370pp.
5. Odum H. T., Brown M. T., Brandt-Wiliams S., Handbook of Emery Evaluation, Folio 1 – Introduction and Global Budget, Center for Environmental Policy Environmental Engineering Science, University of Florida, 2000, 17pp, Internet; <http://www.enveng.ufl.edu/homepp/brown/syseco/downloads/Folio%201.pdf>
6. British Petroleum, Statistical Review of World Energy, 1997, The BP Co, London, 1997, 41pp.
7. Population in Sustainable Development, International Institute for Applied System Analysis, Vien, 2002, 17pp.
8. Genesis World Energy, Internet; <http://genesisworldenergy.org>
9. Cempel C., Ekogospodarka – nowe wyzwanie w kształceniu, badaniach i technologii, NAUKA, 2003, w druku.
10. Puthoff H., Cole D. C., Extracting energy and heat from the vacuum, Physical Review E, Vol 48, No 2, 1993, pp 1562 – 1565.
11. Lewandowski W. M., Proekologiczne źródła energii odnawialnej, WNT, Warszawa, 2002, 308s.
12. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2001.
13. Brown L. R., Eco-Economy – building the economy for the Earth, W W Norton&Co, New York, 2001, 333pp.