

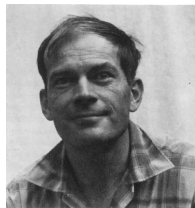


EKOLOGIA

Biogeografia wysp MacArthur i inni

1/35

Robert H. MacArthur (1930 – 1972)



„The Theory of Island Biogeography”
„Geographical Ecology”

2/35

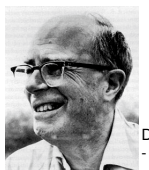
Wyspy – miejsce szczególne



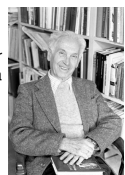
Karol Darwin
- Galapagos



Alfred Russel Wallace
- Archipelag Malajski



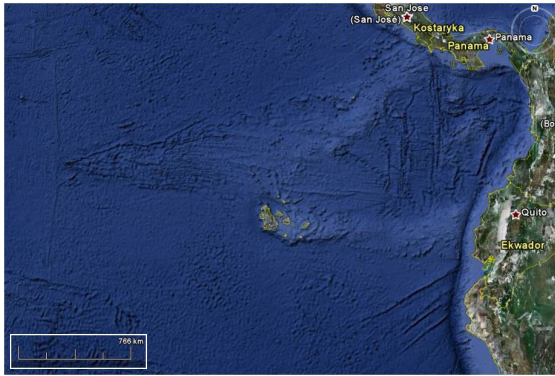
David Lack
- Galapagos



Ernst Meyr
- Wyspy Salomona

3/35

Galapagos



4/35



5/35



6/35

Co to jest wyspa i dlaczego?

- Z ekologicznego punktu widzenia: każde środowisko otoczone całkowicie odmiennym terenem, nieprzyjaznym dla organizmów zamieszkujących wyspę – np. szczyty wysokich gór, stawy, jaskinie, **izolowane rezerваты przyrody** i – oczywiście – wyspy oceaniczne, morskie itp.

7/35

Podstawowe pytania

- Jakie czynniki determinują liczbę gatunków na wyspie?
- Od czego zależy szczególny zestaw gatunków tam występujących?
- Dlaczego pewne gatunki są sprawnymi kolonistami, z reguły zasiedlającymi wyspy, podczas gdy inne pojawiają się rzadko lub nigdy?
- W jakim stopniu poszczególne gatunki różnią się pomiędzy wyspami?
- Na ile teoria biogeografii wysp może być przydatna w ochronie przyrody?

8/35

Skąd na wyspach biorą się nowe gatunki? 1. Rośliny

- Rośliny są bardzo dobrymi kolonizatorami:
 - wystarczy tylko kilka nasion, by zasiedlić nową wyspę
 - nasiona i spory przenoszone z wiatrem na odległość setek kilometrów
 - niektóre owoce i nasiona przyczepiają się do piór migrujących ptaków
 - niektóre nasiona mogą kiełkować nawet po 2 tygodniach spędzonych w układzie pokarmowym zwierząt
 - niektóre nasiona i rośliny mogą być przenoszone przez prądy morskie na znaczne odległości
- **Przykład:**
 - **Wyspy Galapagos** – niemal cała flora z Południowej Ameryki; ok. 380 przypadków kolonizacji: 60% za pośrednictwem ptaków, 31% z wiatrem, 9% z prądami morskimi.

9/35

Skąd na wyspach biorą się nowe gatunki? 2. Zwierzęta

- Migrujące ptaki
- Niektóre bezkręgowce mogą być przenoszone z wiatrem na ogromne odległości
- „Pływające wyspy” – np. powalone pnie drzew, duże nasiona roślin (orzechy kokosowe!), itp.
 - Anguilla w Małych Antylach: po dwóch huraganach w 1995 r. w rejonie morza karaibskiego na plaży znaleziono 15 osobników iguany zielonej, które najprawdopodobniej przyplęły na pniach drzew z Gwadelupy, gdzie te gady normalnie występują → podróż przez ok. 1 mies. i 250 km!

10/35

Liczba gatunków i wielkość wyspy

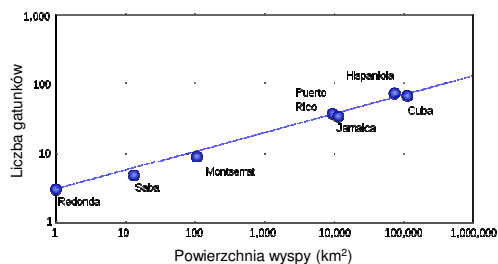
- Na dużych wyspach jest wiele gatunków, na małych – mało
 - np. ssaki: Wielka Brytania – 44; Irlandia – 22
 - Czy odpowiada za to o ok. 36 km większa odległość od kontynentu?
 - **Nie!** Spośród 13 gat. nietoperzy w Wielkiej Brytanii, tylko 7 występuje w Irlandii.
 - ok. 2-krotny wzrost liczby gatunków przy 10-krotnie większej powierzchni wyspy
 - liczba gatunków $S = cA^z$ (c – współczynnik zależący od dyspersyjności organizmów, A – powierzchnia wyspy, z – wykładnik określający zależność między liczbą gatunków i powierzchnią wyspy dla wszystkich taksonów; badania wskazują, że jego wartość jest dość stała).

11/35

$$S = cA^z$$

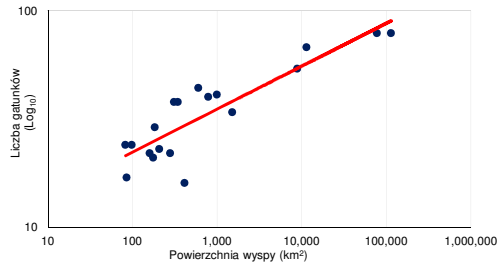
$$\rightarrow \log(S) = \log(cA^z) = c + z \cdot \log(A)$$

Liczba gatunków ptaków i gadów na Antylach (Darlington, Jr. 1957)



12/35

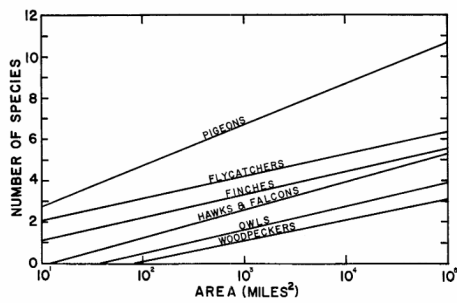
Liczba gatunków ptaków na Antylach



Terborgh, 1973, Evolution 27: 338-349

13/35

Nachylenie zależności *powierzchnia wyspy – liczba gatunków* jest podobne dla różnych grup



Terborgh, 1973, Evolution 27: 338-349

14/35

$$S = cA^z$$

- wartość współczynnika „z”

Grupa organizmów	Lokalizacja	wartość „z”
chrząszcze	Antyle	0,34
plazy i gady	Antyle	0,30
Ptaki	Antyle	0,24
kręgowce lądowe	wyspy jez. Michigan	0,24
mrówki	Melanezja	0,30
ptaki	Indonezja	0,28
rośliny lądowe	Galapagos	0,33
muchówki	parki w Cincinnati	0,24

15/35

Dlaczego wielkość wyspy jest tak ważna?

- Wielkość wyspy jest z reguły dodatnio skorelowana z różnorodnością środowisk
 - ze wzrostem powierzchni rośnie liczba nisz
 - większa liczba gatunków
- **Czy sama wielkość ma znaczenie?**
 - przykład – „wyspy” z muszel małży kolonizowane przez bezkręgowce; wielkość „wysp” może być różna, ale liczba nisz nie zmienia się:
 - 10 cm² – 8 gat.; 100 cm² – 13 gat.; 70000 cm² - 20 gat.
 - **wielkość jest ważna: większa powierzchnia → większe populacje → mniejsze prawdopodobieństwo ekstynkcji**

16/35

Znaczenie sąsiedztwa wyspy i ryzyka na wyspach

- Liczba gatunków zależy od:
 - odległości od źródła gatunków (np. najbliższego lądu)
 - bogactwa gatunkowego rejonu źródłowego
- Życie na wyspach jest bardziej ryzykowne niż na lądzie
 - efekty lokalnych katastrof mają znacznie większe znaczenie na wyspach – mogą łatwo doprowadzić do całkowitej ekstynkcji wielu gatunków → rejon źródłowy są zawsze bogatsze w gatunki, nawet gdy środowiska są identyczne jak na wyspie
 - np. spośród 171 gat. ptaków, jakie wyginęły od roku 1600, 90% ekstynkcji miało miejsce na wyspach, z czego 75% na najmniejszych z nich.

17/35

Znaczenie wielkości populacji na wyspach

- Efekt założyciela: mała populacja = mała pula genowa
 - duże prawdopodobieństwo ekstynkcji
 - dryf genetyczny → szybka specjacja
- Fluktuacje liczebności → przy małych populacjach duże prawdopodobieństwo ekstynkcji
- Mało skomplikowane zespoły → mniejsza odporność na chwilowe zmiany (np. wyginięcie jednego gatunku pociąga za sobą poważniejsze konsekwencje niż w rejonie źródłowym)

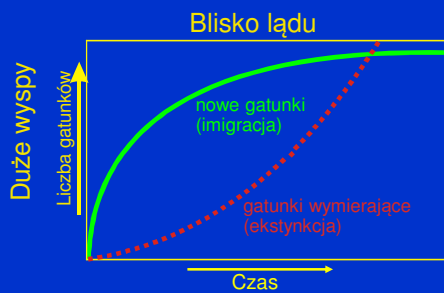
18/35

Od czego zależy liczba gatunków zamieszkujących „wyspy”?

- Wielkość powierzchni wyspy
- Topografia (zróżnicowanie zasobów)
- Odległość od obszarów źródłowych
- Bogactwo gatunkowe obszarów źródłowych
- Równowaga między tempem imigracji i tempem ekstynkcji

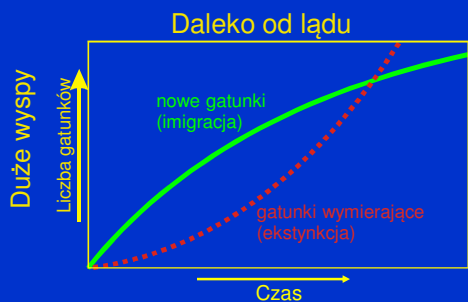
19/35

Równowaga między tempem imigracji i ekstynkcji a wielkość wyspy



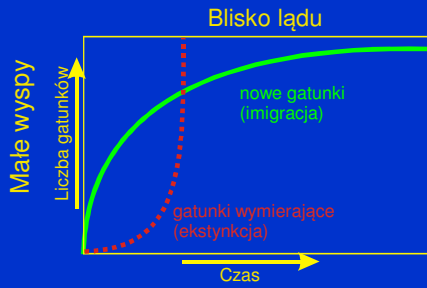
20/35

Równowaga między tempem imigracji i ekstynkcji a wielkość wyspy



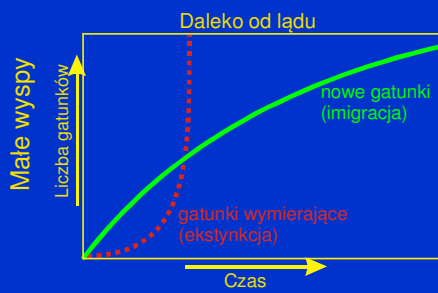
21/35

Równowaga między tempem imigracji i ekstynkcji a wielkość wyspy



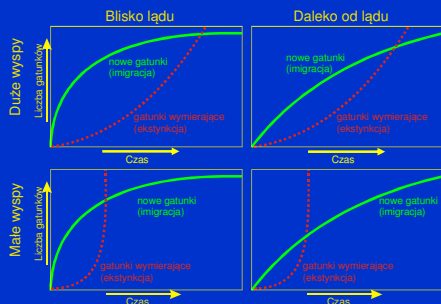
22/35

Równowaga między tempem imigracji i ekstynkcji a wielkość wyspy



23/35

Równowaga między tempem imigracji i ekstynkcji a wielkość wyspy



24/35

Teoria a rzeczywistość

• Historia wyspy Krakatau (Indonezja)

- 1883 – potężna erupcja niszczy większość wyspy i życie na niej
- 1886 – 9 gat. roślin (w tym 2 zielne, 4 gat. drzew)
- 1897 – 23 gat. roślin (w tym 3 zielne, 10 gat. drzew)
- 1908 – 46 gat. roślin, później liczba gat. nie zmieniała się zasadniczo
- ekosystemy trawiaste zaczął porastać las → gatunki traw oraz związane z nimi gatunki owadów i ptaków zaczęły zanikać (ok. 50% wczesnych kolonizatorów obecnych w 1897 r. zanikło)

→ trajektorie kolonizacji i ekstynkcji nie pokrywały się dokładnie z przewidywaniami teorii biogeografii wysp; odbywały się raczej „falami” wynikającymi z sukcesji ekosystemów

→ teoria biogeografii zaniedbuje takie zjawiska, jak zależności między organizmami (zmiany sukcesyjne)

25/35

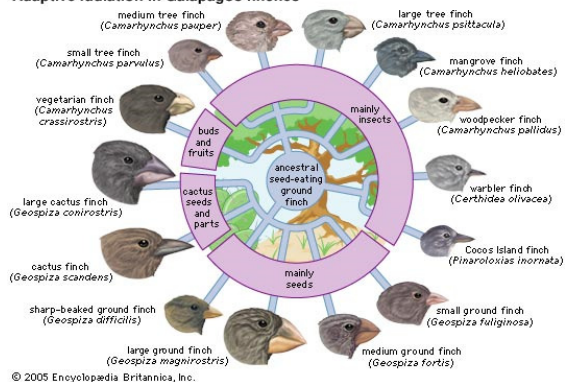
Wyspy a radiacja adaptatywna

• Brak na wyspie wielu gatunków obecnych na lądzie stałym → mniej konkurentów i drapieżników → większe możliwości wykorzystania środowiska → łatwiejsza ewolucja nowych gatunków przez adaptację do szczególnego środowiska wyspy


- waran z Komodo – ogromne rozmiary, bo brak innych dużych drapieżników
- zięby Darwina na Galapagos – szybka ewolucja 14 gat. o wyspecjalizowanych dziobach
- drzewiaste "słoneczniki" na wyspie Św. Heleny (5 gat. drzew z jednego gat. słonecznika)

26/35

Adaptive radiation in Galapagos finches



27/35



Melanodendron integrifolium
(Foto: www.luchredlist.org)

Waran z Komodo (*Varanus komodoensis*)
(Foto: sirmed.net)

28/35

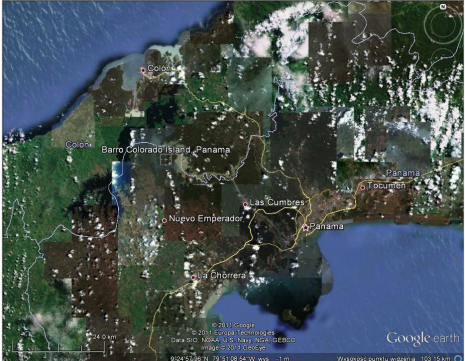
Powstawanie wysp wskutek fragmentacji środowiska

- Plejstocen – poziom oceanu ok. 100 m niższy
→ wiele obecnych wysp połączonych z lądem stałym → taka sama liczba gatunków na całym obszarze
- Wzrost poziomu wody → oderwanie wysp od lądu stałego → spadek liczby gatunków na wyspach („relaksacja”)

→ Relaksacja ma odwrotny kierunek do kolonizacji, ale obydwa procesy prowadzą w kierunku ustalenia równowagowej liczby gatunków na wyspach.

29/35

Relaksacja – przykład: Barro Colorado



30/35

Relaksacja – przykład: Barro Colorado



31/35

Relaksacja – przykład: Barro Colorado



Fot. Piotr Łukasik 32/35

Relaksacja: Barro Colorado

- Do 1903 r. – szczyt góry pokryty tropikalnym lasem
- 1903 – 1914 – budowa Kanału Panamskiego i zatopienie okolicznych nizin → szczyt góry stał się wyspą o pow. 15,7 km².
- 1923 – 375 gat. ptaków
- 1970 – 330 gat.
- 1990 – 310 dawnych gat. i tylko dwa nowe
- ekstynkcja większa wśród gat. żyjących na powierzchni gleby i w poszyciu

33/35



Thomas Lovejoy: „Minimum Critical Size of Ecosystems”

- W brazylijskiej dżungli przy wyрубie zostawiano „wyspy” lasu o pow. od 1 ha do 1000 ha oraz jedną o pow. 10 000 ha („ład stały”)
 - ptaki: początkowo wzrost liczby gat. w obrębie „wysp” (do ok. 200 dni), później spadek do poziomu daleko niższego od początkowego
 - ssaki: od razu spadek liczby gat. z ok. 20 do 7
 - zmiana środowiska fizykochemicznego (wzrost temperatury, spadek wilgotności, spadek tempa dekompozycji)
- Wykorzystując te dane oraz krzywą $S = cA^z$:
 - 10% dżungli zachowane → ekstynkcja 50% gat.
 - tylko obecne rezerwy → ekstynkcja 67% gat. roślin i 75% gat. zwierząt.

34/35

Biogeografia wysp – nauki dla ochrony środowiska

- Im większy rezerwat, tym lepiej
 - większy rezerwat zapewnia wyższy poziom równowagowej liczby gatunków i wolniejszą ekstynkcję, lepiej zabezpiecza przed ekstynkcją „K-strategów” oraz minimalizuje efekty brzegowe
- Jeden duży rezerwat jest lepszy od wielu małych o tej samej łącznej powierzchni (przy założeniu takiej samej heterogeniczności środowiska)
- Znaczenie heterogeniczności środowiska
 - wiele małych rezerwatów zamiast jednego dużego może być korzystnym rozwiązaniem, gdy zapewniają heterogeniczność niemożliwą do zapewnienia w pojedynczym rezerwacie
 - organizacja przestrzenna zapewniająca możliwość migracji między rezerwatami
- Znaczenie kształtu: jak najbardziej okrągłe

35/35
