

Ekotoksykologia

Procesy losowe w populacjach a skutki działania substancji toksycznych

Prof. dr hab. Ryszard Laskowski
Instytut Nauk o Środowisku UJ
Ul. Gronostajowa 7, Kraków
pok. 2.1.2

<http://www.eko.uj.edu.pl/laskowski>

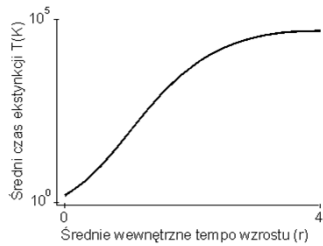
Problemy do dyskusji

- Co to jest „ryzyko ekologiczne”?
- Co wyniki standardowych testów ekotoksykologicznych mówią o ryzyku ekologicznym?
- Znaczenie losowych procesów demograficznych – naturalne procesy populacyjne są niebezpieczne same z siebie.
- Życie w naturze – przyroda zmienna jest!
- Czy zjawiska losowe można uwzględnić z ocenie ryzyka ekologicznym?

Ryzyko ekologiczne – co oznacza?

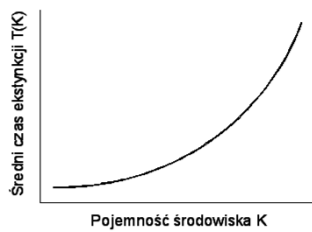
- Ryzyko ekologiczne można definiować jedynie na gruncie **ekologii**, a nie toksykologii!
- Ekologia to nauka o populacjach, zespołach i ekosystemach.
- → Ryzyko ekologiczne można zatem zdefiniować jako:
 - **populacje**: prawdopodobieństwo ekstynkcji (lub czas do ekstynkcji)
 - **zespoły**: spadek bogactwa gatunkowego, zmiany różnorodności itp.
 - **ekosystemy**: zmiany w funkcjonowaniu (np. spadek produktywności, spadek tempa dekompozycji).

Prawdopodobieństwo ekstynkcji populacji w losowym środowisku zależy od jej **wewnętrznego tempa wzrostu**



Czas w pokoleniach; liczebność początkowa równa pojemności siedliska K (na podstawie Bürgera i Lyncha 1997)

Prawdopodobieństwo ekstynkcji populacji w losowym środowisku zależy od **pojemności środowiska**



Czas w pokoleniach; liczebność początkowa równa pojemności siedliska K (na podstawie Bürgera i Lyncha 1997)

Prawdopodobieństwo ekstynkcji populacji w losowym środowisku zależy od **tempa zmian w środowisku**



Czas w pokoleniach; liczebność początkowa równa pojemności siedliska K (na podstawie Bürgera i Lyncha 1997)

Procesy stochastyczne

• Demograficzne

- losowe fluktuacje liczby osobników przeżywających i nowo urodzonych (niezmienne wartości p_x i f_x)
- istotne znaczenie w populacjach mniejszych niż około 100 osobników

• Środowiskowe

- losowe fluktuacje płodności i przeżywalności z powodu zmienności warunków środowiskowych (zmiennie wartości p_x i f_x)
- wpływ na dynamikę populacji niezależny od wielkości populacji

• Genetyczne

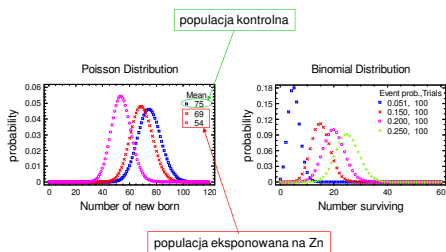
- losowe fluktuacje płodności i przeżywalności z powodu niejednorodności genetycznej populacji (zmiennie wartości p_x i f_x)
- wpływ na dynamikę populacji niezależny od wielkości populacji

Skąd się bierze losowość demograficzna?

- Liczebność populacji jest skończona → bardzo rzadko długoterminowe średnie płodności i prawdopodobieństwa przeżycia są faktycznie realizowane:
 - jeśli $f_i = 2,15$, a $N = 50$ to faktyczna liczba nowo narodzonych może wynieść 107 lub 108, ale NIGDY 107,5
 - jeśli $p_i = 0,13$, a $N = 50$ to faktyczna liczba przeżywających może wynieść 6 lub 7, ale NIGDY 6,5

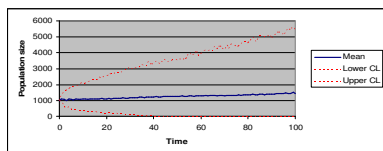
→ Im mniejsza populacja, tym ważniejsze losowe zjawiska demograficzne

Działanie losowości demograficznej w populacji ślimaków

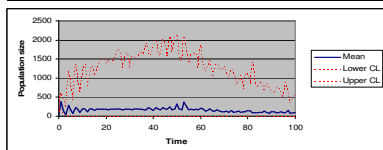


→ Nawet w nieskażonym środowisku populacje mogą wymierać z powodu losowości demograficznej

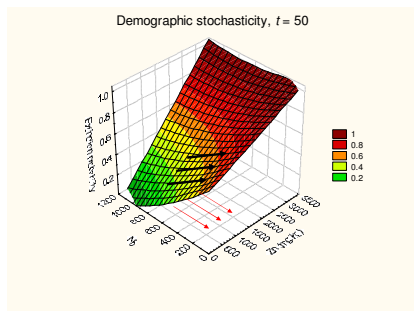
$N_0 = 1000$
 $P_{ext} = 0,13$
 $(t = 100)$



$N_0 = 30$
 $P_{ext} = 0,74$
 $(t = 100)$



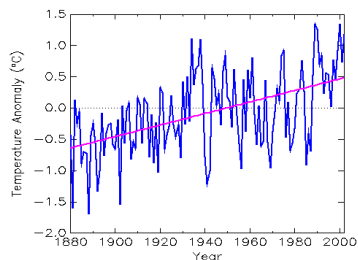
Interakcja między toksycznością i losowością demograficzną



Wnioski

- Znaczenie losowości demograficznej zależy od wielkości populacji;
- Skażenia wpływają na wielkość populacji:
- **skutki działania substancji toksycznych w warunkach polowych nie są niezależne, lecz zależą od interakcji między bezpośrednimi skutkami toksycznymi a zjawiskami losowymi.**
- Interakcja jest prawdopodobnie najważniejsza przy umiarkowanych poziomach skażenia oraz w populacjach o niewielkiej lub średniej liczebności (silne skażenie przeważa nad efektami losowymi, a w dużych populacjach losowość demograficzna ma niewielkie znaczenie).

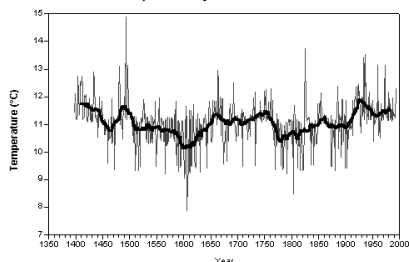
**Życie w naturalnym środowisku:
środowisko jest zmienne i nieprzewidywalne**



Szerokość geograficzna 50° do 70°N, długość geograficzna -60° do 60°
(Global Historical Climatology Network)

**Krótkoterminowa zmienność
temperatury jest nawet większa**

Zrekonstruowane temperatury letnie w Finlandii, 1398-1993

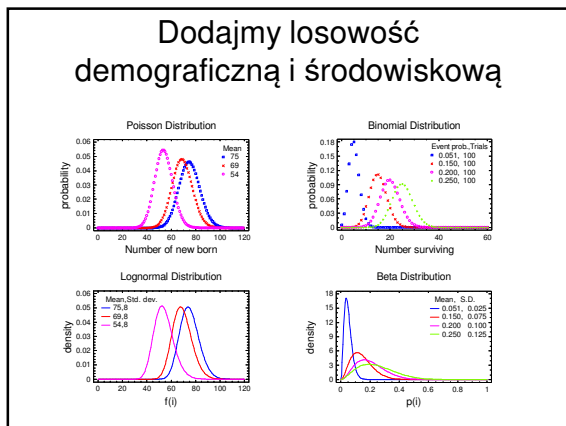


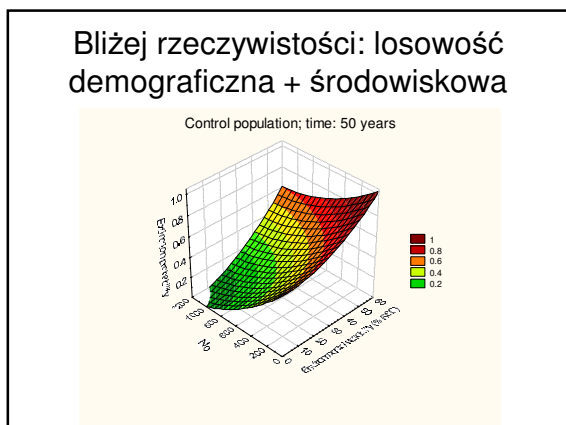
<http://www.greeningearthsociety.org>

**Wpływ temperatury na płodność
koników polnych**

| Gatunek | Temperatura (°C) | Kokonów na samicę | Jaj na kokon |
|------------------------------|------------------|-------------------|--------------|
| <i>Chorthippus brunneus</i> | 25 | 1,6 | 8,3 |
| | 30 | 8,2 | 9,7 |
| | 35 | 22,6 | 10,1 |
| <i>Stenobothrus lienatus</i> | 30 | 0,5 | - |
| | 35 | 2,2 | 3,2 |

S. J. Willot i M. Hassall. 1998. Life-history responses of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to temperature change. *Functional Ecology*, 12: 231-241.







Wnioski

- Procesy losowe mogą istotnie zmienić ryzyko ekologiczne powodowane przez skażenia;
- Choć w nie zanieczyszczonym środowiskach losowość demograficzna jest ważna wyłącznie w małych populacjach, **substancje toksyczne powodują spadek wielkości populacji, a w konsekwencji wzrost znaczenia losowości demograficznej;**
- Losowość środowiskowa może być ważna także w dużych populacjach (np. przy $N_0 = 1000$, p_{ext} wzrosło z ok. 0,2 przy $RSD = 0$ do 0,7 przy $RSD = 50\%$)

Wnioski dla oceny ryzyka

- Dla rzeczowej oceny ryzyka ekstynkcji niezbędne są następujące dane:
 - historia życia organizmu;
 - ocena wielkości populacji;
 - zmienność warunków środowiskowych.
- Fakty przeczą jednak wysokiemu ryzyku ekstynkcji przy umiarkowanych poziomach skażenia: modele oceny ryzyka powinny uwzględniać zależność od zagęszczenia.

Jak badać procesy stochastyczne?

• Symulacje **Monte Carlo**

- wymyślone w latach 1930., później wykorzystane m.in. w Projekcie Manhattan
- wśród twórców m.in. **Stanisław Ulam**
- klasa metod algorytmów obliczeniowych polegających na zastosowaniu liczb losowych lub pseudolosowych

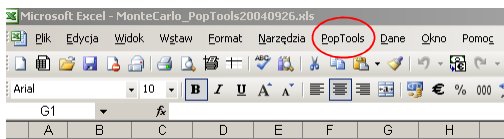


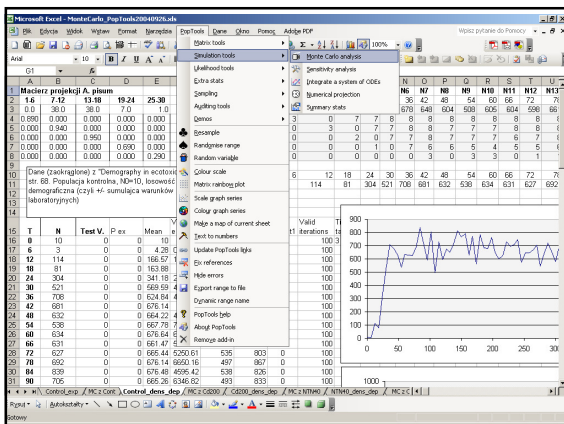
Badanie procesów stochastycznych w populacjach

- Jakiego rodzaju losowość ma być symulowana?
 - **demograficzna:** liczba nowo narodzonych z rozkładu Poissona; liczba przeżywających z rozkładu dwumianowego
 - **środowiskowa:** f_x z rozkładu log-normalnego; p_x z rozkładu beta.
 - genetycznej nie odróżniamy od środowiskowej

Zastosowanie arkusza MS-Excel i dodatku PopTools do analiz Monte Carlo

<http://www.cse.csiro.au/poptools/>





Zestawienie danych i obliczenia w PopTools

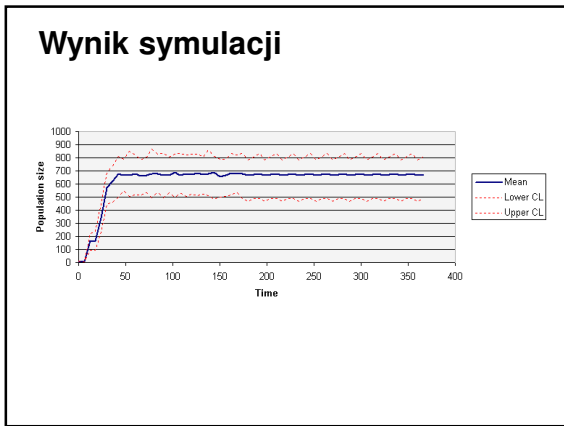
| A | B | C | D | E | F | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 Macierz projekcji A, pt/m | | | | | | |
| 2 | 1,6 | 7,12 | 13,16 | 19,24 | 25,30 | 31,36 |
| 3 | 0,0 | 35,0 | 38,0 | 7,0 | 1,0 | 0,0 |
| 4 | 0,890 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0 |
| 5 | 0,000 | 0,940 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0 |
| 6 | 0,000 | 0,000 | 0,950 | 0,000 | 0,000 | 0,0 |
| 7 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,680 | 0,000 | 0,0 |
| 8 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,290 | 0,0 |
| 10 Dane (zakładane) z "Demography in ecotoxicology", str. 68: Populacja kontrolna, K2=10, losowość | | | | | | |
| 12 Demograficzna (czyli w- sumujaca warunków laboratoryjnych) | | | | | | |

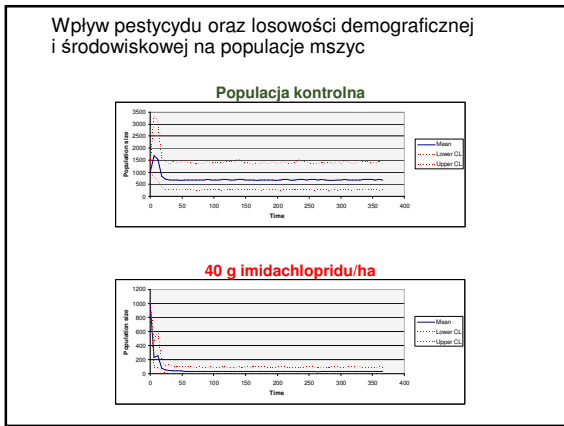
$$n_{2,t+1} = \frac{P_1 n_{1,t}}{1 + cN_t}$$

| N0 | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | N17 | N18 | N19 | N20 | N21 | |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 6 | | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 66 | 72 | 78 | 84 | 90 | 96 | 102 | 108 | 114 | 120 | 126 |
| 10 | 0 | 156 | 117 | 454 | 582 | 542 | 651 | 605 | 670 | 722 | 660 | 707 | 715 | 654 | 773 | 784 | 658 | 710 | 574 | 643 | 579 | |
| 0 | 4 | 0 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 7 | 5 | 8 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 5 | 8 | 8 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 3 | 5 | 4 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| 0 | 6 | | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 66 | 72 | 78 | 84 | 90 | 96 | 102 | 108 | 114 | 120 | 126 |
| 10 | 4 | 159 | 127 | 469 | 603 | 569 | 679 | 631 | 698 | 752 | 679 | 737 | 746 | 686 | 805 | 815 | 690 | 740 | 601 | 672 | 610 | |

Dialogowe okno "New/Load analysis" z następującymi ustawieniami:

- Test value: Control_chem_1691636377
- Lower percentile: 0,025
- Upper percentile: 0,975
- Number of replicates: 100
- Output (choose 1 cell): Control_chem_1691636377
- Test criterion: < > <= > <= > < > Range
- Precision: 6





Przesłanie na pożegnanie:

Życie w nieprzewidywalnym świecie jest niebezpieczne!

