

EKOLOGIA

Ekologia populacji

Populacja – termin różnie rozumiany

- W *demografii* (człowieka): ludzie zamieszkujący określony rejon: np. populacja Krakowa, populacja Polski południowej, populacja Polski, populacja Europy itd.
- W *genetyce*: grupa krzyżujących się osobników tego samego gatunku, izolowana od innych grup tego gatunku
- W *ekologii populacji*: grupa osobników tego samego gatunku zamieszkujących ten sam teren

Cechy osobnicze vs cechy populacji

Cechy osobnicze:

- rozmiar
- wiek
- stadium rozwojowe
- płeć
- behavior



Cechy populacji:

- liczebność, zagęszczenie
- struktura wiekowa
- stosunek płci
- rozmieszczenie przestrzenne

Procesy osobnicze i na poziomie populacji

Procesy osobnicze:

- wzrost
- rozwój
- odżywianie
- reprodukcja
- śmierć



Procesy w populacji:

- wzrost liczebności lub (i) zagęszczenia
- zmiany struktury wiekowej
- rozrodczość
- śmiertelność

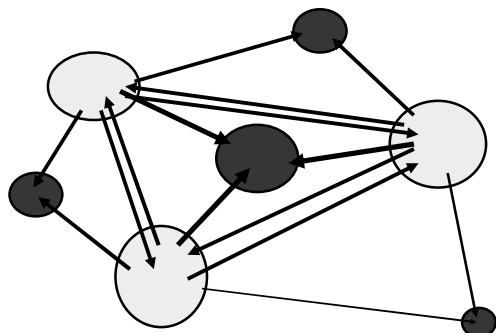
4

Metapopulacja – populacja – subpopulacja

- W rzeczywistości organizmy na ogół nie żyją w ściśle izolowanych grupach:
 - ◆ między lokalnymi populacjami następuje wymiana osobników (i przepływ genów) → **metapopulacja**
 - ◆ w obrębie populacji można często wyodrębnić odmienne genetycznie grupy osobników → **subpopulacje**
- Populacje „źródłowe” i „ujściowe”

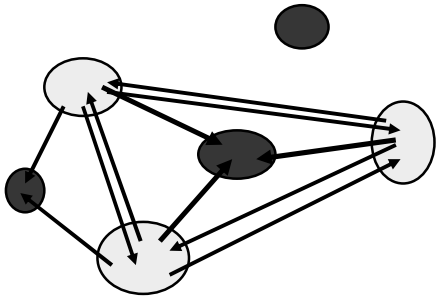
5

Funkcjonowanie metapopulacji



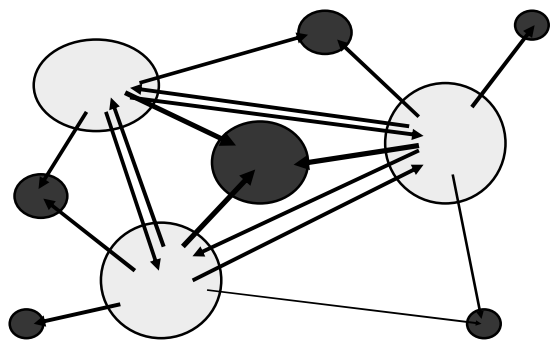
6

Funkcjonowanie metapopulacji



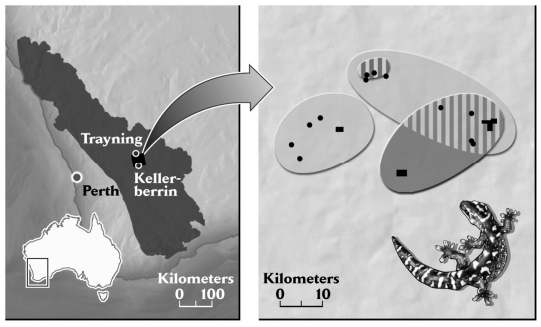
7

Funkcjonowanie metapopulacji



8

Metapopulacje i subpopulacje



9

Co ogranicza obszar występowania populacji?

- Rozkład przestrzenny nadających się do zasiedlenia środowisk
 - Konkurenci
 - Bariery uniemożliwiające rozprzestrzenianie
 - Drapieżniki i pasożyty
- występowanie populacji stanowi podzbiór całkowitego zasięgu gatunku

Każdy z tych czynników determinuje także rozmieszczenie osobników w populacji

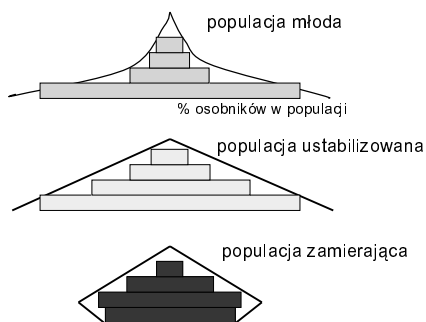
10

Struktura populacji

- Zagęszczenie: liczba osobników przypadających na jednostkę powierzchni lub objętości (tu problem z 'osobnikami modularnymi' – w tym przypadku lepiej wyrażać zagęszczenie liczbą rametów na jednostkę powierzchni);
- Struktura wiekowa:
 - ◆ stała (zrównoważona) – gdy proporcje między poszczególnymi klasami wieku nie zmieniają się;
 - ◆ trwała (niezmienna) – tylko w populacjach o ustabilizowanej liczebności, gdy liczebność w poszczególnych klasach wieku jest stała

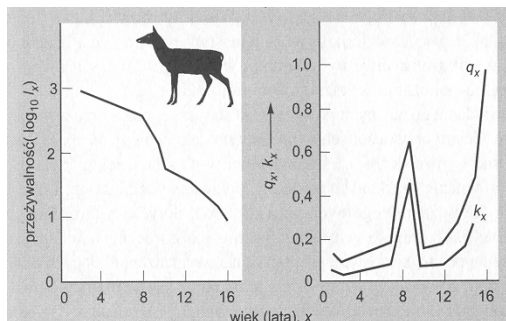
11

Struktura wiekowa a potencjał wzrostu



12

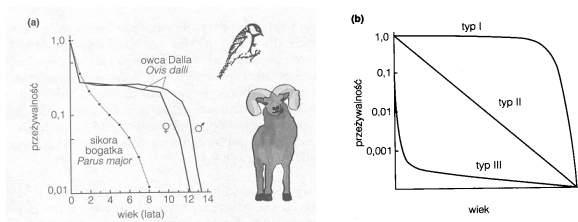
Przeżywalność (l_x), śmiertelność (q_x) i siła śmiertelności (k_x) w populacji jelenia



Begon, Mortimer, Thompson – „Ekologia populacji”

16

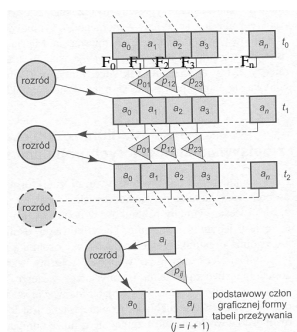
Podstawowe typy krzywych przeżywania



Begon, Mortimer, Thompson – „Ekologia populacji”

17

Historia życia osobników w populacji



Begon, Mortimer, Thompson – „Ekologia populacji”

18

Jak obliczyć liczebność populacji w kolejnych klasach wieku?

$$N_{0,t+1} = N_{0,t} \times F_0 + N_{1,t} \times F_1 + \dots + N_{n,t} \times F_n$$

$$N_{1,t+1} = N_{0,t} \times P_0$$

$$N_{2,t+1} = N_{1,t} \times P_1$$

...

$$N_{n,t+1} = N_{n-1,t} \times P_{n-1} \quad \begin{bmatrix} F_0 & F_1 & \dots & F_n \\ P_0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & P_n & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1 \\ \dots \\ n_n \end{bmatrix}$$

19

Dynamika liczebności populacji

- Liczebność populacji jest wypadkową śmiertelności (d) i rozrodności (b) oraz imigracji (I) i emigracji (E):

$$N_{t+1} = N_t + b - d + I - E$$

- Tempo zmian liczebności zależy od liczby osobników potomnych w pokoleniu $T+1$ przypadających na jednego osobnika w pokoleniu poprzednim → **współczynnik reprodukcji netto**:

$$R_0 = N_{T+1}/N_T$$

- R_0 można też obliczyć sumując liczbę osobników potomnych rodzonych w kolejnych klasach wieku:

$$R_0 = \sum_x l_x m_x$$

- $R_0 = 1$ → populacja ustabilizowana
- $R_0 < 1$ → liczebność populacji maleje
- $R_0 > 1$ → liczebność populacji rośnie

20

Wewnętrzne tempo wzrostu populacji

- W danych warunkach środowiskowych, przy nieograniczonych zasobach każda populacja realizuje maksymalne możliwe tempo wzrostu – jest to wewnętrzne tempo wzrostu populacji r .

- ◆ r zależy od gatunku (maksymalna teoretycznie możliwa reprodukcja i minimalna teoretycznie możliwa śmiertelność) oraz od środowiska (faktycznie możliwa do zrealizowania w danych warunkach rozrodność i śmiertelność)

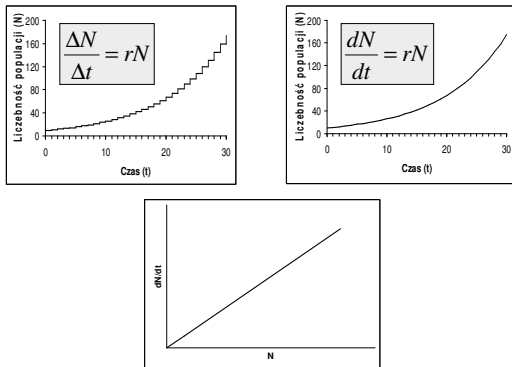
$$r = \frac{\log(\text{średnia_liczba_potomstwa_na_osobnika})}{\text{czas_trwania_pokolenia}} = \frac{\ln R_0}{T}$$

- zmiana liczebności w czasie t = wewnętrzne tempo wzrostu \times liczebność

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = rN$$

21

Dynamika populacji – model wykładniczy



22

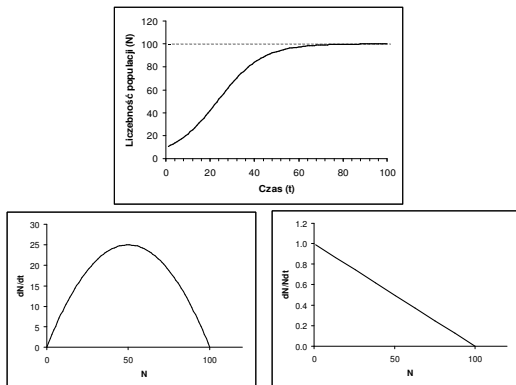
Populacje żyją na ogół w środowiskach o ograniczonych zasobach → model logistyczny

- Pojemność środowiska, K (*ang. carrying capacity*) – maksymalna liczebność populacji, jaka może istnieć w danym środowisku:
 - ◆ wraz ze zbliżaniem się liczebności do K nasila się konkurencja → dostępne do zasiedlenia środowisko jest już pomniejszone o N_t osobników:

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K - N}{K}$$

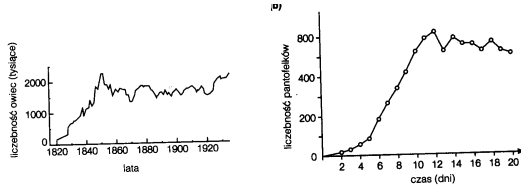
23

Logistyczny model wzrostu liczebności populacji



24

Jak faktycznie wygląda dynamika naturalnych populacji?



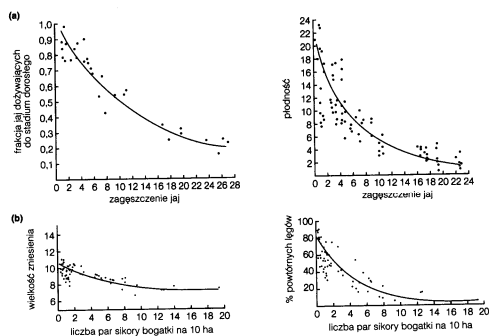
25

Czynniki determinujące liczebność populacji

- Niezależne od zagęszczenia (hipoteza Andrewarthy i Bircha, 1954):
 - ◆ liczebność populacji jest wciąż redukowana przez zaburzenia środowiskowe, dzięki którym nigdy nie dochodzi do osiągnięcia liczebności K
- Zależne od zagęszczenia → regulacja liczebności populacji (hipoteza Lacka, 1954)
 - ◆ liczebność populacji wzrasta aż do osiągnięcia liczebności K , kiedy dalszy wzrost jest niemożliwy ze względu na ograniczone zasoby (wyczerpujące się zasoby pokarmowe, brak siedlisk itp.)

26

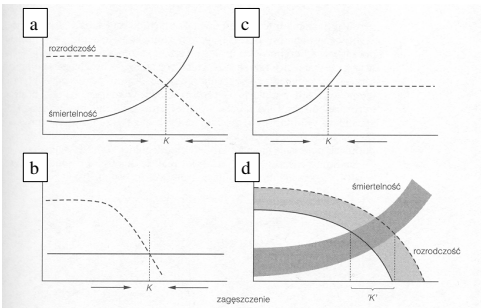
Regulacja zależna od zagęszczenia



Rys. 1. Zależność od zagęszczenia; (a) przeżywalności i płodności w populacji muszki owocowej (*Drosophila melanogaster*), i (b) płodności w populacji sikory bogatki (*Parus major*)

27

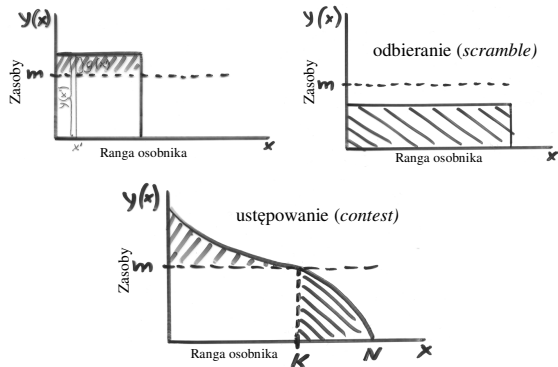
Zależność od zagęszczenia może być różnie realizowana



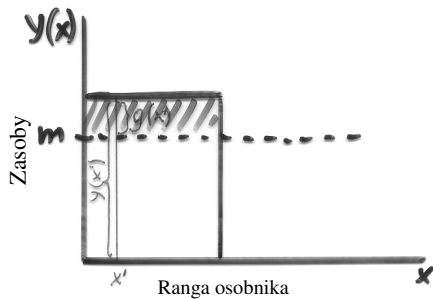
Rys. 2. Równowaga rozrodności i śmiertelności zależna od zagęszczenia, dająca w efekcie możliwość osiągnięcia przez populację zagęszczenia równowagi odpowiadającego pojemności środowiska K . (a) Zarówno rozrodność, jak i śmiertelność zależne od zagęszczenia; (b) rozrodność zależna od zagęszczenia; (c) śmiertelność zależna od zagęszczenia; (d) podobnie jak w przypadku (a), lecz z uwzględnieniem wpływu zmienności warunków środowiska na zmienność rozrodności i śmiertelności. Z. Ecology, 3 wyd., Begon i in., 1996, za zgodą Blackwell Science

28

Regulacja liczebności przez nierówny podział zasobów - konkurencja „przez odbieranie” i „przez ustępowanie”

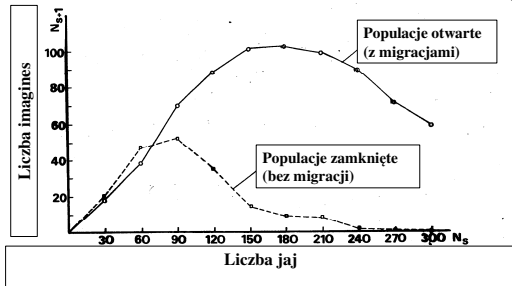


29



30

Tribolium confusum – ustępowanie pozwala na przeżycie większej populacji w tych samych warunkach środowiskowych



31

Liczebność i biomasa w populacjach *T. confusum* z migracją (M) i bez (Z)

Seria	Parametr	Początkowe zagęszczenie (liczba jaj na g żywności)									
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
M	Śr. masa poczw.	2.59	2.41	2.33	2.13	2.03	1.64	1.69	1.47	1.48	1.40
	Liczba dorosłych	18	39	70	88	101	102	99	89	71	59
	Masa populacji	47	94	163	187	205	167	167	131	105	83
Z	Śr. masa poczw.	2.72	2.53	2.65	2.66	2.00	1.96	1.50	1.33	1.40	--
	Liczba dorosłych	20	47	52	35	14	9	8	1	1	0
	Masa populacji	54	119	138	93	28	18	12	1.33	1.40	0

Konkurencja wewnątrzgatunkowa

- Przedmiotem konkurencji mogą być rozmaite zasoby, ale tylko wówczas, gdy ich ilość dostępna dla danej populacji jest ograniczona;
- W oddziaływaniach konkurencyjnych obowiązuje zasada wzajemności;
- Wskutek konkurencji osobników wewnątrz populacji następuje zmniejszenie udziału poszczególnych osobników w tworzeniu następnych pokoleń;
- Sukces reprodukcyjny osobnika w warunkach konkurencji zależy od jego dostosowania;
- Nacisk konkurencji rośnie wraz ze wzrostem zagęszczenia populacji.
- Zasada „stałego plonu”.

33

Ekstynkcje populacji

- Prawdopodobieństwo ekstynkcji maleje ze wzrostem:
 - ◆ wewnętrznego tempa wzrostu r
 - ◆ pojemności środowiska (wielkości stałej K)
- Prawdopodobieństwo ekstynkcji rośnie ze wzrostem tempa zmian środowiskowych
- Czynniki stochastyczne (losowe) mogące wpływać na dynamikę populacji i prawdopodobieństwo ekstynkcji:
 - ◆ Demograficzne (stałe wartości F_i i P_i , ale różne faktycznie realizowane);
 - ◆ Środowiskowe (losowe zmiany F_i i P_i);
 - ◆ Genetyczne (losowe zmiany F_i i P_i).

34

Dopuszczalna eksploatacja populacji

Przykład: obliczyć dopuszczalną eksploatację populacji płetwala błękitnego

Klasy wieku: 0-1 2-3 4-5 6-7 8-9 10-11 12+

0	0	0,19	0,44	0,5	0,5	0,45
0,77	0	0	0	0	0	0
0	0,77	0	0	0	0	0
0	0	0,77	0	0	0	0
0	0	0	0,77	0	0	0
0	0	0	0	0,77	0	0
0	0	0	0	0	0,77	0,78

→ $\lambda = 1,0072$ → maksymalna eksploatacja: $100 \times (\lambda - 1) / \lambda = 0,71\%$

35

Konkurencja międzygatunkowa

- Zasada „jedna nisza - jeden gatunek” – trzy możliwości rozwiązania konfliktu:
 - ◆ Konkurencyjne wypieranie (np. *Tribolium*)
 - ◆ Podział zasobów (np. kraby, lasówki)
 - ◆ Rozchodzenie się cech (np. zięby Darwina)
- W jakich warunkach możliwa jest koegzystencja gatunków konkurujących o te same zasoby?
 - ◆ model Lotki-Volterra

36

Konkurencyjne wypieranie: dwa gatunki *Tribolium*

Mikroklimat	Procentowy udział gatunku	
	<i>T. confusum</i>	<i>T. castaneum</i>
Gorący i wilgotny	0	100
Umiarkowany i wilgotny	14	86
Chłodny i wilgotny	71	29
Gorący i suchy	90	10
Umiarkowany i suchy	87	13
Chłodny i suchy	100	0

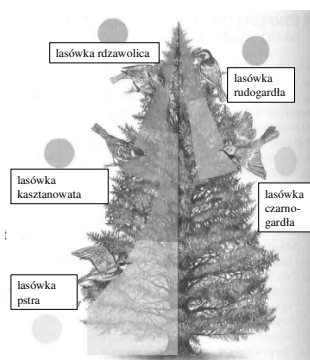
37

Podział zasobów: trzy gatunki krabów pustelników – liczba osobników w zależności od cech środowiska

Siedlisko	<i>Pagarus hirsutiunculus</i>	<i>Pagarus beringanus</i>	<i>Pagarus granosimanus</i>
	muszle ślimaka <i>Littorina sitkana</i>		
Wyższe partie litoralu z udziałem brunatnicy <i>Hedophyllum sessile</i>	20	0	0
Głębsze partie litoralu	10	16	2
Duże głazy w środkowej części litoralu	6	0	2
muszle ślimaka <i>Searlesia dira</i>			
Głębsze partie litoralu	0	18	1
Płystsze części środkowego litoralu	0	0	26

38

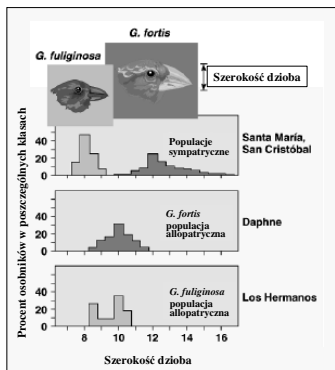
Podział zasobów: pięć gatunków północnoamerykańskich lasówek na świerku



MacArthur, 1958, Ecology.

39

Rozchodzenie się cech: zięby na wyspach Galapagos



Grant i Grant, 2002, Pearson Education, Inc. (Benjamin Cummings)

40

Konkurencja międzygatunkowa – model Lotki-Volterry

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \frac{K_1 - N_1 - \alpha_{1,2} N_2}{K_1}$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \frac{K_2 - N_2 - \alpha_{2,1} N_1}{K_2}$$

$$\frac{dN_1}{dt} = 0 \Leftrightarrow r_1 N_1 \frac{K_1 - N_1 - \alpha_{1,2} N_2}{K_1} = 0$$

$$\frac{dN_2}{dt} = 0 \Leftrightarrow r_2 N_2 \frac{K_2 - N_2 - \alpha_{2,1} N_1}{K_2} = 0$$

1. $r_1 = 0$

1. $r_2 = 0$

2. $N_1 = 0$

2. $N_2 = 0$

3. $K_1 - N_1 - \alpha_{1,2} N_2 = 0$

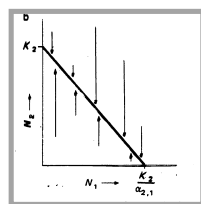
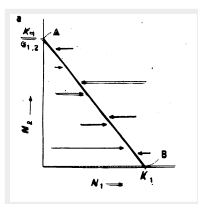
3. $K_2 - N_2 - \alpha_{2,1} N_1 = 0$

$\Rightarrow N_1 = K_1 - \alpha_{1,2} N_2$

$\Rightarrow N_2 = K_2 - \alpha_{2,1} N_1$

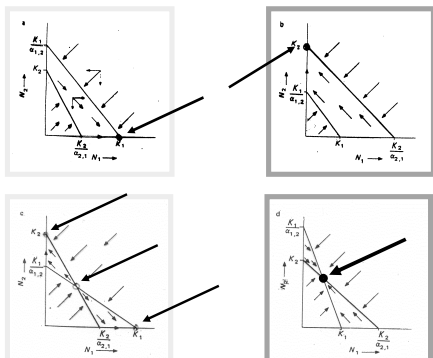
41

Izolinie $dN/dt = 0$ dla konkurujących populacji wg modelu Lotki-Volterry



42

Poszukiwanie punktów równowagi stabilnej dla dwugatunkowego układu



43

Inne układy wielogatunkowe i ich konsekwencje

- Drapieżnictwo – model Lotki-Volterry:

$$\frac{dn}{dt} = r - cnN$$

$$\frac{dN}{dt} = \beta cnN - mN$$

- Parazytoidy: specjalny przypadek drapieżnictwa
- Pasożytnictwo (hipoteza Hamiltona: ewolucja płci)
- Roślinożerność („wyścig zbrojeń” – substancje toksyczne/detoksykacja)
- Koewolucja (hipoteza Czerwonej Królowej)

44

- Mutualizm

- ◆ symbiozy metaboliczne
 - ◆ powstanie Eucaryota z Proteobacteria i Cyanobacteria
 - ◆ porosty – symbioza glonów z grzybami
 - ◆ mikoryza (endo- i ekto-)
- ◆ Zoogamia i zoochoria
- ◆ Komensalizm

45

**Pomóż młodszym kolegom:
pamiętaj o wypełnieniu ankiety USOS!**

Egzamin

1. Termin: termin do uzgodnienia
2. Nie zapomnij indeksu!

46
