

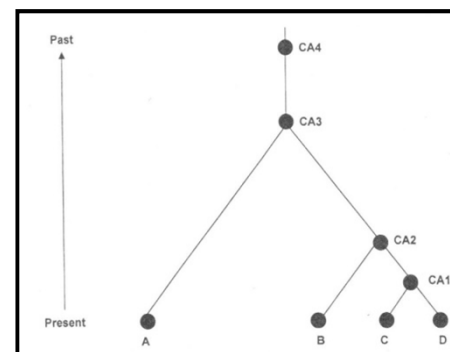
# **Kolik jsme měli předků?**

- 1) Velikost populace a demografická historie**
- 2) Rozdílné pohledy na velikost populace**
- 3) Odhad velikostí dávných populací**
  - Ekologické odhady celkové velikosti populací
  - Genetické odhady efektivní velikosti populací
- 4) Pleistocénní populační exploze**
- 5) Kdy došlo k populační explozi**
- 6) Co bylo před explozí**
- 7) Evoluční interpretace**
  - speciace a nahrazení
  - vymírání a rekolonizace lokálních populací

# 1) Velikost populace a demografická historie

Genetická rozmanitost je v populacích významně ovlivněna velikostí populace – ta má vliv na:

- velikost genového posunu – větší v menších populacích
- rychlost genového toku – větší při stejné migraci do menší populace
- z hlediska teorie koalescence (splývání) – vliv na interpretaci stáří populace = menší populace jsou mladší, mají mladšího společného předka



## Velikost populace:

- nebo celého druhu je odrazem jeho historie, především pak rovnováhy mezi porodností a úmrtností
- kolísá v závislosti na podmínkách prostředí, ovlivněna je technologickým rozvojem a chováním

Velikost naší populace je **odrazem její demografické historie**

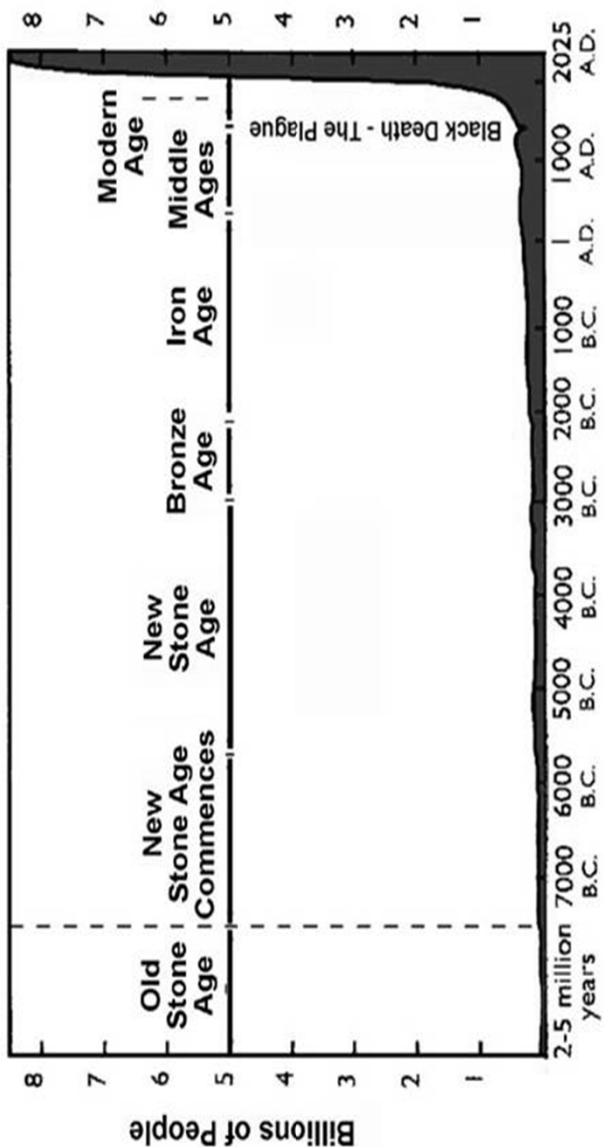
- tradičně zkoumána pomocí **ekologických a archeologických údajů**
  - vychází se z nálezů koster, věcí denní potřeby, hustoty obydlí apod.
- **genetická data** lepší pohled do naší demografické historie
  - genetická variabilita je odrazem demografické („reprodukční“) historie
    - = z **genetické variability se lze dozvědět další detaily o naší historii**

## Velikost populace podle ekologických a antropologických údajů

- za dobu evoluce hominidů až do doby před asi 10 000 lety žilo na Zemi max. 5 až 10 milionů lidí
  - např. v průběhu doby kamenné žilo na Zemi méně než 1 000 000 lidí
- dramatická změna nastává asi před 12 000 lety s rozvojem zemědělství – populační exploze
- **dnes** žije na Zemi **kolem 7 miliard lidí** a dramatický růst dále pokračuje
  - za posledních 10 000 let se jedná o dramatický až tisícinásobný nárůst

Year	world population (millions)
-10000	4
-8000	5
-7000	5
-6000	5
-5000	5
-4000	7
-3000	14
-2000	27
-1000	50
-750	60
-500	100
-400	160
-200	150
0	170
200	190
400	190
500	190
600	200
700	210
800	220
900	226
1000	310
1100	301
1200	360
1250	400
1300	360
1340	443
1400	350
1500	425
1600	545
1650	470
1700	600
1750	790
1800	980
1815	1000
1850	1260
1900	1650
1910	1750
1920	1860
1927	2000
1930	2070
1940	2300
1950	2400
1960	3020
1970	3700
1974	4000
1980	4430
1987	5000 (July 11th)
1990	5260
1999	6000 (October 12th)
2000	6070
2005	6500 (December 19th)
2007	6576

## World Population Growth Through History



From "World Population: Toward the Next Century," copyright 1994 by the Population Reference Bureau

Velikost populace podle genetických údajů

- **velikost** populace byla **jen kolem 10 000 jedinců** (vysvětleno dále)
- **výrazný nárůst** začal už před asi 50 000 lety (vysvětleno dále)

**Lepší znalost naší demografické historie nám pomůže v hledání odpovědi na otázku původu moderního člověka.**

# **Kolik jsme měli předků?**

- 1) Velikost populace a demografická historie**
- 2) Rozdílné pohledy na velikost populace**
- 3) Odhad velikostí dávných populací**
  - Ekologické odhady celkové velikosti populací
  - Genetické odhady efektivní velikosti populací
- 4) Pleistocénní populační exploze**
- 5) Kdy došlo k populační explozi**
- 6) Co bylo před explozí**
- 7) Evoluční interpretace**
  - speciace a nahrazení
  - vymírání a rekolonizace lokálních populací

## 2) Rozdílné pohledy na velikost populace

(jak měříme velikost populace)

$N_c$  – „census population size“ = celková velikost populace = celkový počet všech jedinců

- např. dnes na základě sčítání lidu
- pro prehistorické populace obtížná interpolace = hrubý odhad
- nevhodné pro předpověď genetické rozmanitosti – hlavně počítá se všemi jedinci

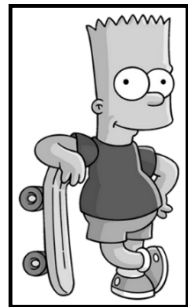


$N_b$  – „breeding population size“ = počet reprodukčně schopných, rozmnožujících se jedinců v každé generaci

Každá populace je tvořena třemi skupinami jedinců (věková struktura):

- v předreprodukčním věku – ještě se nemohou rozmnožovat a nebo již mohou, ale věkem ještě spadají do této kategorie a započítávají se proto až v další generaci
- v reprodukčním věku – jedinci schopní rozmnožování, tvoří  $N_b$
- v postreprodukčním věku – často jsou ještě schopni reprodukce, ale jsou již věkem starší, byli započítáni již v předchozí generaci

= reprodukční velikost populace je tak v případě sběračsko-loveckých populací asi poloviční z celkové velikosti a asi třetinová v případě industriálních společností (lidé se dožívají vyššího věku)



- v případě reprodukční velikosti populace předpokládáme, že je stejný počet mužů i žen, dále monogamii, žádná příbuzenská křížení, žádné rozdíly mezi jedinci či skupinami, konstantní velikost populace v dalších generacích apod.
- jsou to však pro populaci člověka neudržitelné předpoklady (zejména z hlediska dlouhodobé historie předpoklad o konstantní velikosti populace)

$N_e$  – „effective population size“ = **efektivní velikost populace**, je to **odhad reprodukční velikosti populace, který bere v úvahu zmíněné předpoklady**

**1) předpoklad – v populaci je stejný počet samců i samic. Co když tomu tak ale není?**

např. je populace tvořena 30 dospělými muži a 270 dospělými ženami

- reprodukční velikost populace  $N_b = 30 + 270 = 300$  = předpoklad 150 mužů a 150 žen, což není pravda, tedy ani takto získané výsledky nebudou pravdivé
- skutečnou genetickou velikost vypočítáme podle vzorce pro  $N_e = \frac{4mf}{m + f}$   
m = počet dospělých mužů    f = počet dospělých žen

**$N_e = 108$**

- tedy v naší hypotetické populaci 30 mužů a 270 žen působí takový genový posun (nebo inbriding) jako v populaci 108 dospělých jedinců, kde by byl stejný počet mužů a žen (54 žen a 54 mužů)

Pozn.:  $N_e$  počítáme u těch populací, kde je **významně odlišný** počet mužů a žen  
např. v populaci 140 mužů a 160 žen je odhadovaná efektivní velikost populace 299, což je stejná hodnota jako pro pozorovanou reprodukční velikost 300 jedinců

- **mnohem významněji však efektivní velikost populace ovlivní časový faktor** – tedy neplatnost předpokladu, že velikost populace zůstává konstantní, nemění se z generace na generaci
- pokud se však reprodukční velikost populace v průběhu času významně mění – mění se také efektivní velikost populace

**2) Příklad: hypotetická populace začíná na reprodukční velikosti 100 jedinců a tento počet se zdvojnásobí v každé následující generaci po dobu čtyř následujících generací**

- tedy populační velikosti jsou 100, 200, 400, 800 a 1600
- na začátku předpokládáme nulový inbriding a nulovou migraci do této populace
- **inbriding** použijeme jako funkci velikosti populace – čím je populace menší, tím větší je inbriding, protože jedinci jsou si příbuznější = po pěti generacích je předpokládán inbriding 0,0097 (je to pravděpodobnost, že dva jedinci sdílejí stejné geny, které zdědili od společného předka)

$$N_e = t / \sum(1/N_i)$$

$N_i$  = reprodukční velikost populace v generaci  $i$        $t$  = počet generací

$$N_e = \frac{5}{(1/100) + (1/200) + (1/400) + (1/800) + (1/1600)} = 258$$

- pro tuto hypotetickou populaci s  $N_e = 258$  bychom vypočítali hodnotu inbridingu  $0,0097 =$  hodnota je tedy stejná jako pro populaci s měnící se velikostí z generace na generaci  
  
= tato modelová populace s konstantní velikostí (258, 258, 258, 258, 258) se chová stejně jako populace s rostoucí velikostí (100, 200, 400, 800, 1600)
- matematický model nám tak umožňuje složité procesy zjednodušit do modelových situací

Celkovou velikost populace  $N_c$  lze použít pro ekologické a archeologické studie, v případě genetických studií používáme efektivní velikost populace  $N_e$ .

Za jistých okolností lze pak například z efektivní velikosti populace odhadnout reprodukční nebo celkovou velikost populace.

# **Kolik jsme měli předků?**

- 1) Velikost populace a demografická historie**
- 2) Rozdílné pohledy na velikost populace**
- 3) Odhad velikostí dávných populací**
  - Ekologické odhady celkové velikosti populací
  - Genetické odhady efektivní velikosti populací
- 4) Pleistocénní populační exploze**
- 5) Kdy došlo k populační explozi**
- 6) Co bylo před explozí**
- 7) Evoluční interpretace**
  - speciace a nahrazení
  - vymírání a rekolonizace lokálních populací

**Závěr:**

**Drtivá většina genetických analýz je ve shodě s představou, že efektivní velikost populace našich předků byla asi 10 000 v období 1 milionu let zpátky (Hawks *et al.*, 2000)**

## Neshoda mezi celkovou a efektivní velikostí populace:

celková velikost populace na základě ekologických odhadů  $N_c = 500\ 000$  až  $1\ 000\ 000$

X

efektivní velikost populace na základě genetických údajů  $N_e = 10\ 000$

- ukazují odlišné údaje?
- z  $N_e$  jsme schopni odhadnout celkovou velikost populace (na základě poměru mezi reprodukční a celkovou velikostí u současných lovecko-sběračských populací)

$$N_c = 20\ 000 \text{ až } 50\ 000$$

**Přesto však i po přepočtu vidíme, že odhady celkové velikosti populace na základě ekologických a genetických údajů se od sebe výrazně liší!**

**Příčina 1:**

- ne všichni jsou našimi předchůdci z genetického pohledu, jejich linie zanikly = nejsou tedy započítáni v  $N_e$  a tím odhadnutá hodnota  $N_c$  je menší

**Závěr:**

**S efektivní velikostí 10 000 lze tedy počítat jako se skutečnou populací přímých předků.**

### Neshoda mezi celkovou a efektivní velikostí populace:

celková velikost populace na základě ekologických odhadů  $N_c = 500\ 000$  až  $1\ 000\ 000$

**X**

efektivní velikost populace na základě genetických údajů  $N_e = 10\ 000$

#### Příčina 2:

- velikost populace se v průběhu historie mohla významně měnit

#### Závěr:

**Efektivní velikost 10 000 odráží populaci s dlouhodobě konstantní velikostí. Velikost populace ve skutečnosti mohla v průběhu historie významně kolísat.**

#### Příčina 3:

- v populaci nebyl vyrovnaný poměr mužů a žen

#### Závěr:

**Efektivní velikost 10 000 odráží populaci s dlouhodobě vyrovnaným poměrem počtu mužů a žen. Velikost populace ve skutečnosti mohla být větší s kolísajícím poměrem pohlaví.**



**Takto malá populace našich předchůdců by mohla znamenat jasnou podporu pro model „Out of Africa“ a jasné vyvrácení modelu multiregionálního.**

- počet předchůdců je příliš malý na to, aby se mohli rozšířit po celém Starém Světě a byl mezi nimi stálý genový tok, který uvažuje multiregionální model
- naopak je počet dostatečný pro malé zakladatelské populace moderního člověka, které nahradily populace archaické

**!!! K takovému závěru nám však ještě chybí jeden krok – neznáme demografickou historii - dynamiku v početnosti této relativně malé populace!!!**

- existuje totiž celá řada možností, kterými mohlo být dosaženo průměrné populační velikosti 10 000 jedinců
  - populace mohla postupně růst
  - nebo naopak byla na začátku větší a její početnost klesala
  - velikost v průběhu času kolísala
  - nebo byla možná po většinu období zhruba stále stejně velká
- bez znalosti podrobnějších údajů o demografické historii jsou jakékoliv závěry z efektivní velikosti populace zatím nepřesné

**Jaké tedy byly pravděpodobné demografické změny?**