

Ekologie

Populace

(přednáška č. 4, zoočást)

Populace

Definice populace (přednáška č. 3)

Struktura populace (něco již v přednášce č. 3)

Velikost populace a její určování

Vztahy uvnitř populace

Dynamika populace

Migralita – stěhování a šíření populace

Vztahy mezi populacemi

Potravní vztahy

Antropogenní ovlivňování početnosti populace

Populace: Vymezení, charakteristika a funkce populace

Jedná se o soubor jedinců téhož druhu na vymezeném území. Mezi jedinci v populaci je možná trvalá výměna genetických informací. Každá populace je dokonale přizpůsobena obývanému prostředí. Toto prostředí může být příčinou určitých adaptací populace (jsou geneticky fixované). Každá populace má tedy specifický genofond (= soubor genetických vloh všech jejích členů)

Populace: Vymezení, charakteristika a funkce populace

Populaci (její genofond) utváří, mění:

- Vnější prostředí (působí jako selekční faktor → adaptace)
- velikost populace
- mutabilita populace
- migralita jedinců - tok genů případně únik genů (*genetic drift*)

Populace: Struktura populace

Prostorová struktura – disperze jedinců (zmínka již v přednášce č. 3)

Zastoupení pohlaví

Věková a velikostní struktura

Sociální struktura

Populace: Prostorová struktura – disperze jedinců

Disperze – rozmístění jedinců tvořících populaci na vymezeném území

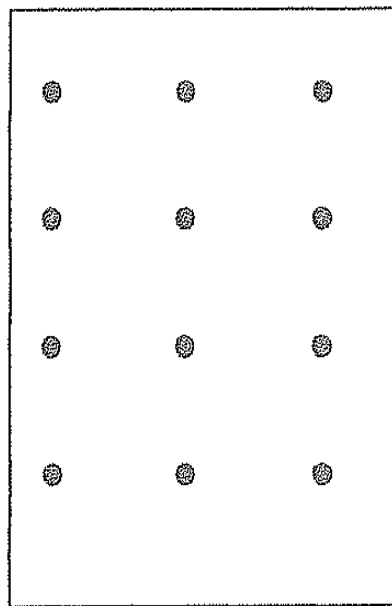
Pravidelná disperze – v přírodních podmínkách vzácná, někdy u teritoriálně žijících živočichů; může být založena uměle (sady, pole)

Náhodná disperze – vyskytuje se u živočichů bez sociálních vazeb často ve stejnorodém prostředí (larvy potemníka v mouce, housenky mola šatního ve skříni), často u jednotlivě žijících parazitů a predátorů (typické pro řadu druhů pavouků). Jinak je vzácná – ve složitějších společenstvech

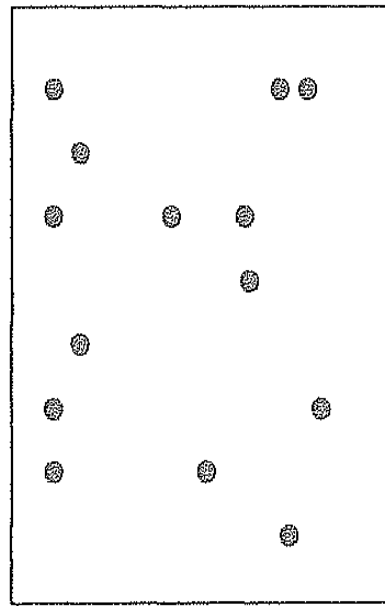
Shloučená disperze – v populacích na určitém území se jedinci obvykle shlukují, důvody jsou různé: sociální chování zvířat, shlukování za účelem reprodukce, v důsledku vegetativního rozmnožování (kormusy korálů), vliv různorodých podmínek prostředí, omezená dostupnost zdrojů (voda, potrava), u hmyzu hrají roli agregační feromony, u predátorů a parazitoidů hraje roli výskyt hostitelských druhů (jdou za kořistí).

Populace: Prostorová struktura – disperze jedinců

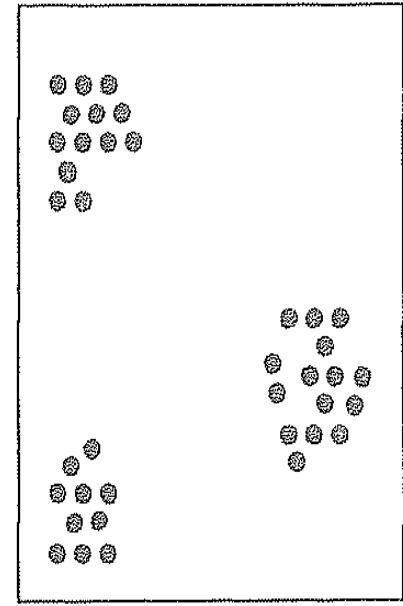
Disperze – pravidelná x náhodná x shloučená



a



b



c

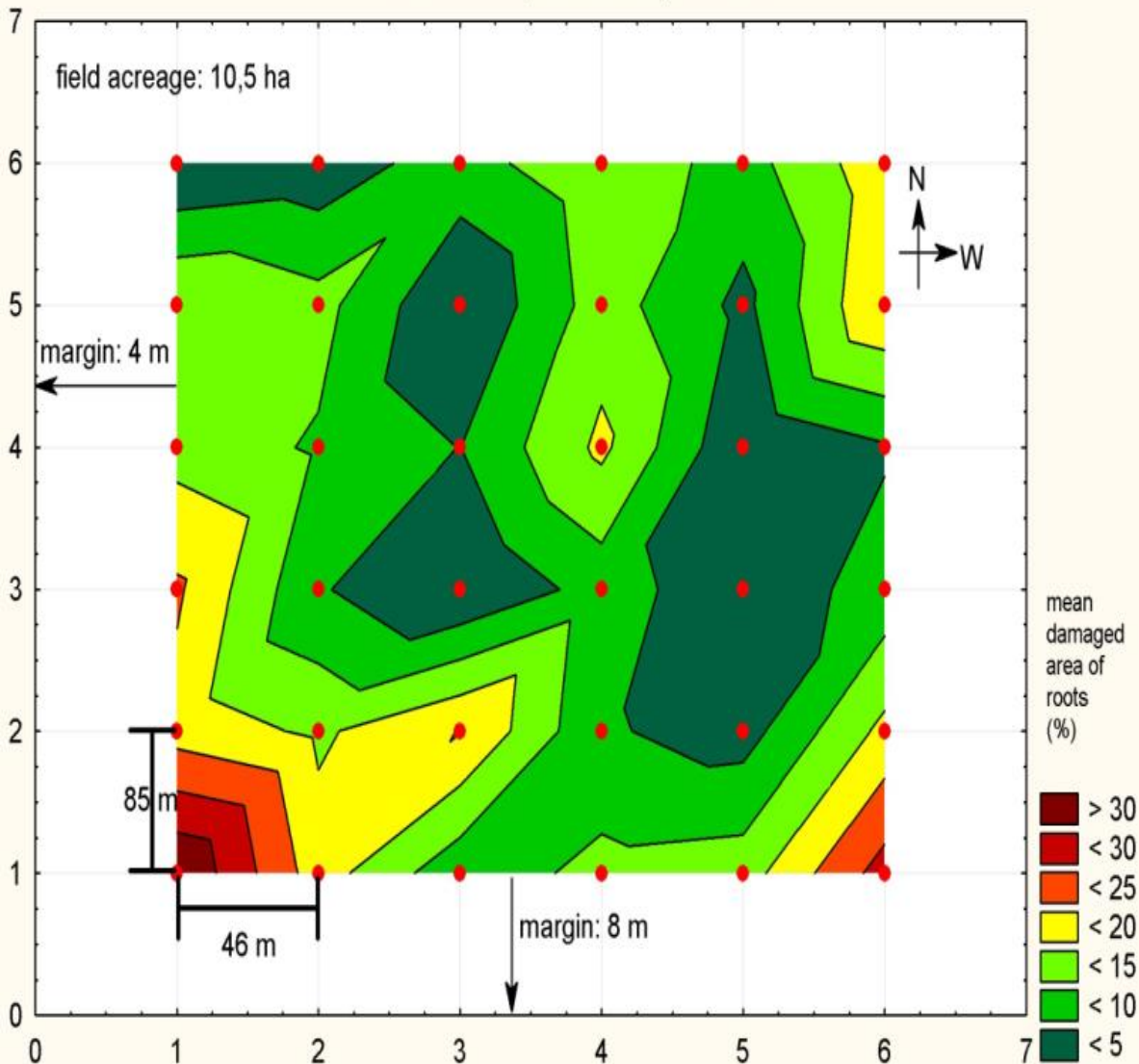
Obr. 27 Disperze (rozmístění) jedinců populace; a – pravidelná, b – náhodná, c – shloučená

Disperze je rozložení výskytu jedinců v prostoru (louka, pole, les, region, území státu.....):

- při hodnocení distribuce (disperze) jedinců tvořících populaci na určité lokalitě se musí vycházet z jejich výskytu
- jsou různé metody hodnocení výskytu (přímé x nepřímé)
- do hodnocení disperze může zahrnout i faktor času – jak se mění prostorová struktura populace v čase ?
- časové hledisko může brát podle účelu studie: století, roky, 1 sezona, období osídlování nějakého (nového) prostoru např. po návratu ze zimovišť (týdny - ptáci), šíření nějakého hmyzího škůdce v porostu plodiny (dny)
- při hodnocení prostorové struktury populace se můžeme zaměřit jen na některé části populace (hledisko pohlaví: disperze samic; hledisko věku resp. fáze ontogeneze: disperze mláďat , vajíček, larev...; další hlediska: disperze nemocných jedinců v populaci, disperze určitých morfotypů v populaci)

Disperze larev květilky zelné v půdě řepkového pole o výměře 10,5 ha

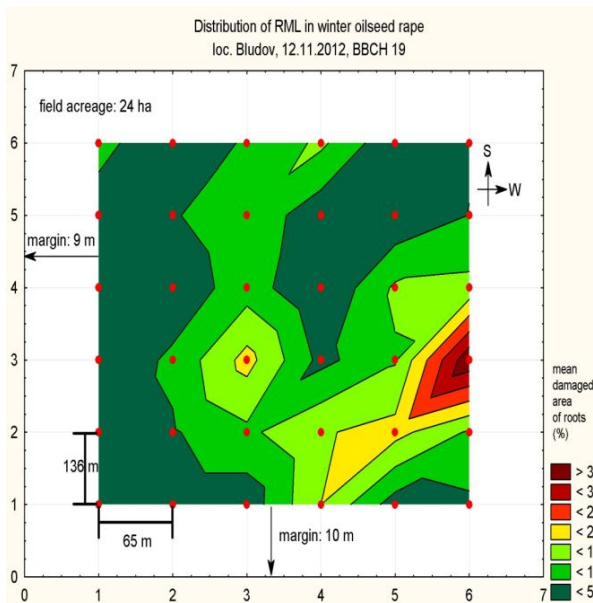
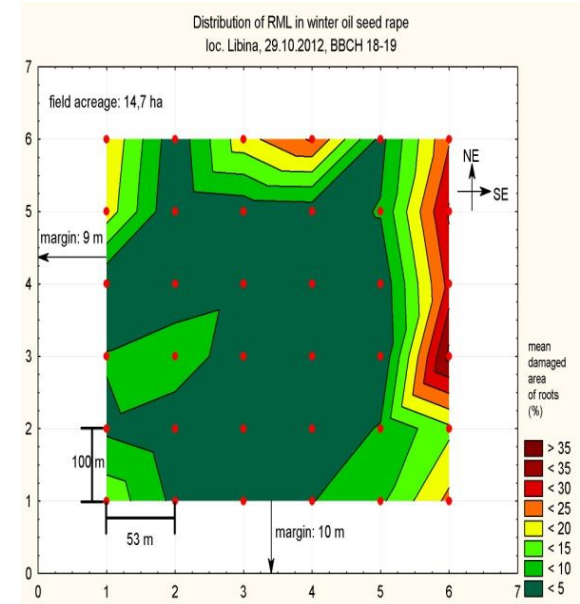
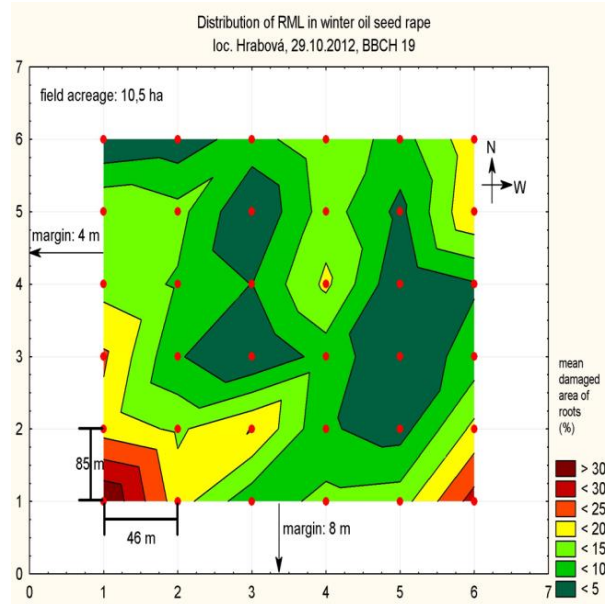
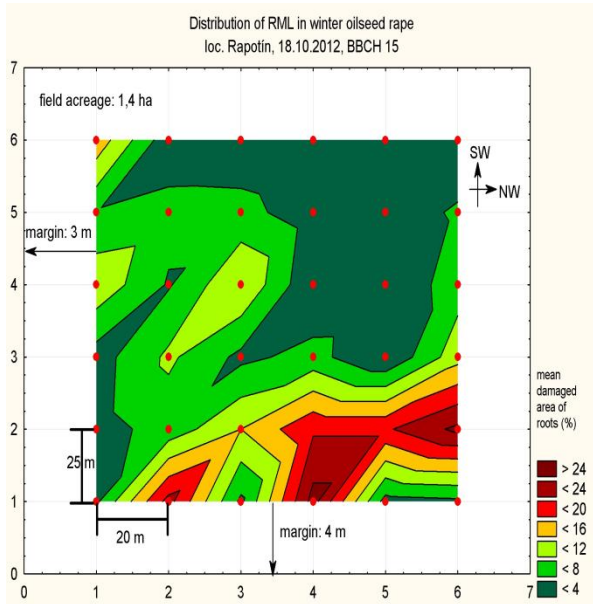
Distribution of RML in winter oil seed rape
loc. Hrabová, 29.10.2012, BBCH 19



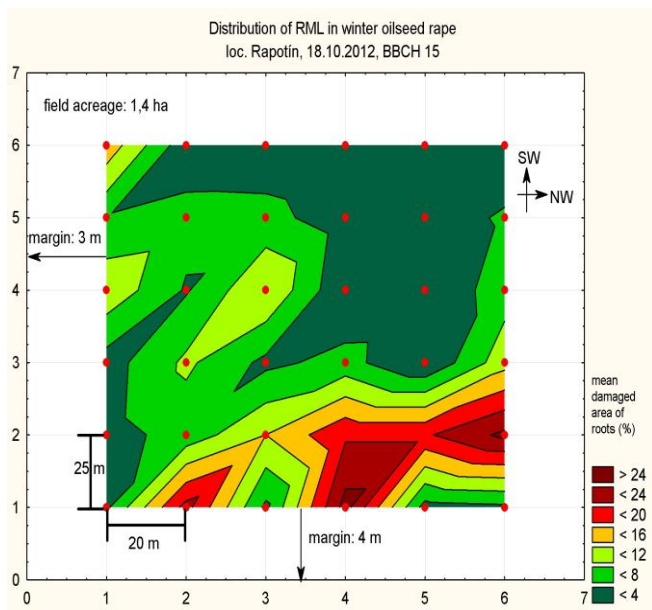
Jedná se o náhodnou nebo shloučenou (jedinci agregováni do shluků) disperzi ?



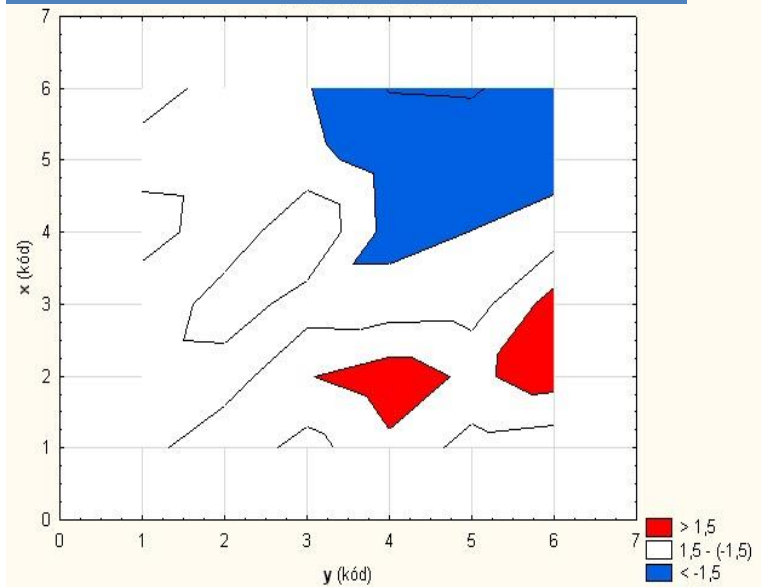
- každý druh má jinou tendenci k agregaci (shlukování) v prostoru – různé prostorové vzorce
- i u různých populací jednoho druhu může být prostorová distribuce odlišná



locality (date of plant sampling)	field acreage (ha)	RML	
		Index of aggregation (I_a)	Index of aggregation (J_a)
Rapotín (18.10.)	1,4	1,49	1,06
Hrabenov (25.10.)	7,5	1,21	xxx
Hrabová (29.10.)	10,5	1,45	9,11
Libina (29.10.)	14,7	1,32	8,86
Bludov (12.11.)	24	1,36	1,13
Plinkout (12.11.)	16,2	1,18	xxx



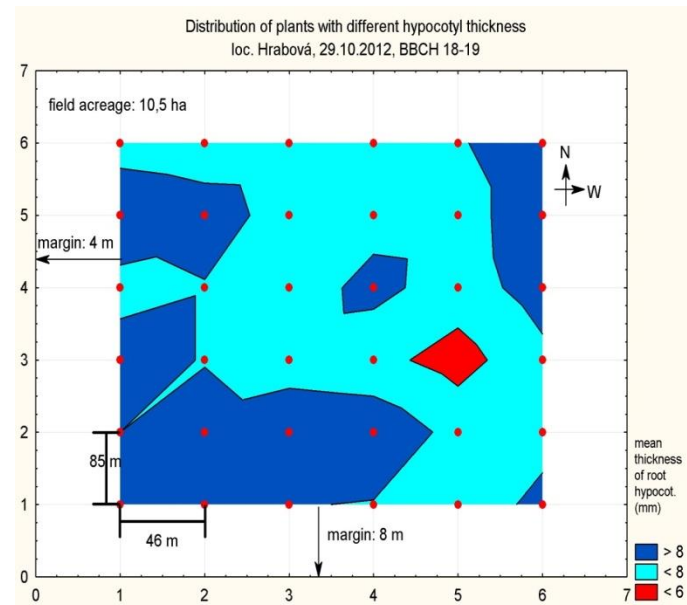
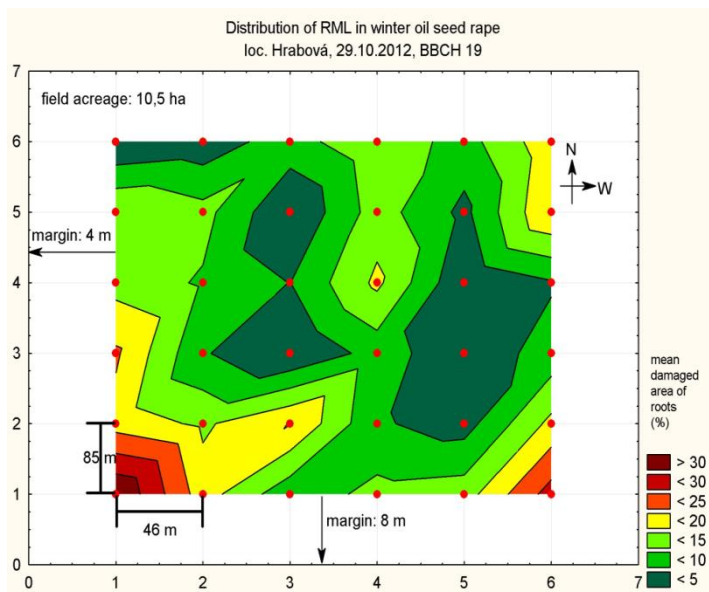
Aggregation of RML in Rapotín



locality (date of plant sampling)	field acreage (ha)	RML	
		Index of aggregation (I_a)	Index of aggregation (J_a)
Rapotín (18.10.)	1,4	1,49	1,06
Hrabenov (25.10.)	7,5	1,21	xxx
Hrabová (29.10.)	10,5	1,45	9,11
Libina (29.10.)	14,7	1,32	8,86
Bludov (12.11.)	24	1,36	1,13
Plinkout (12.11.)	16,2	1,18	xxx

Asociace mezi disperzí více druhů:

Disperze jedinců jednoho druhu může být ovlivněna disperzí jedinců jiného druhu: (disperze herbivorů je ovlivněna disperzí jejich hostitelských rostlin nebo jejich kvalitou)

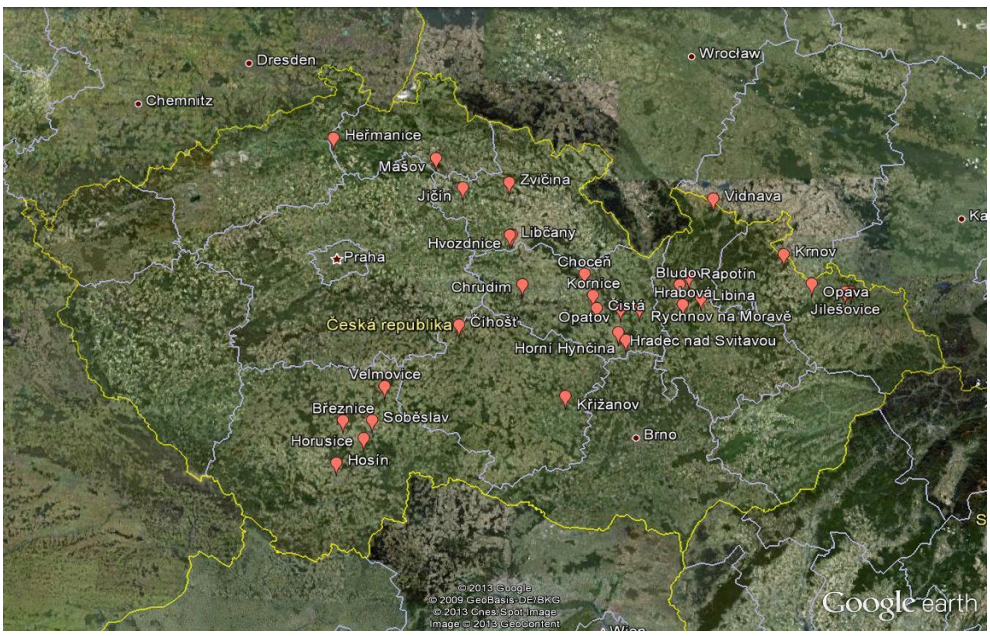


Lokalita	Disperze larev květilek x disperze rostlin dle tloušťky hypocotylů
	Index asociace (I_m)
Libina	0,97
Rapotín	3,74 (p = 0,003)
Bludov	1,54 (p = 0,021)
Hrabová	2,36 (p = 0,003)
Hrabenov	3,41 (p = 0,011)
Plinkout	1,25 (p = 0,096)

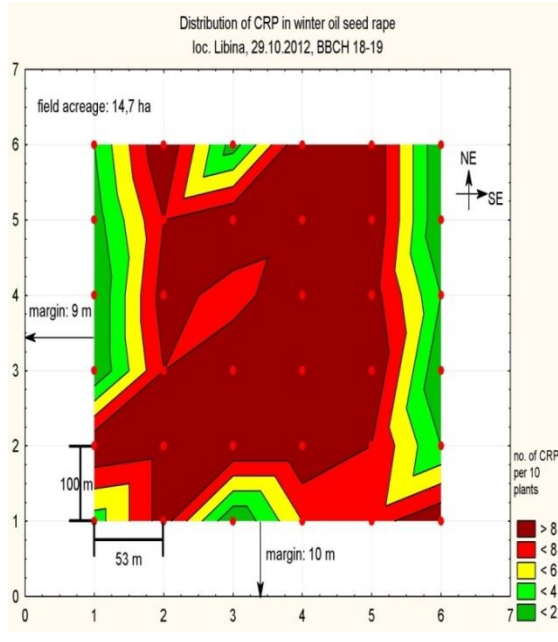
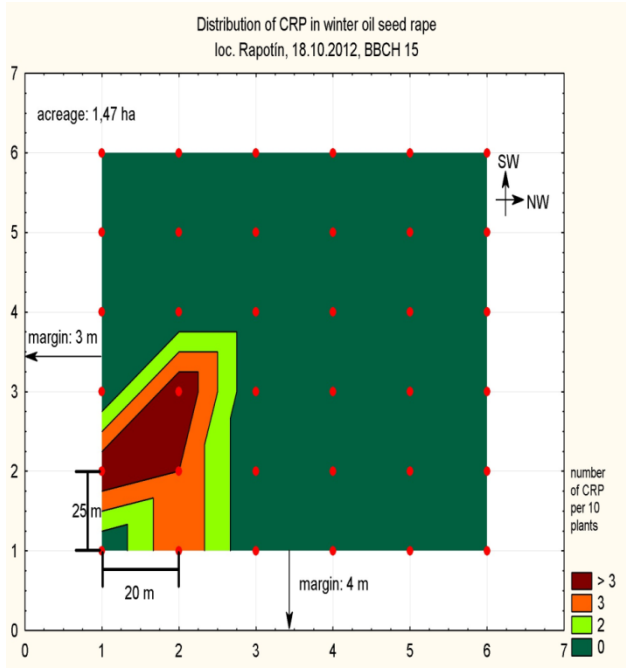
Distribuce prvoka (*Plasmodiophora brassicae*) způsobujícího nádorovitost

brukvovitých:

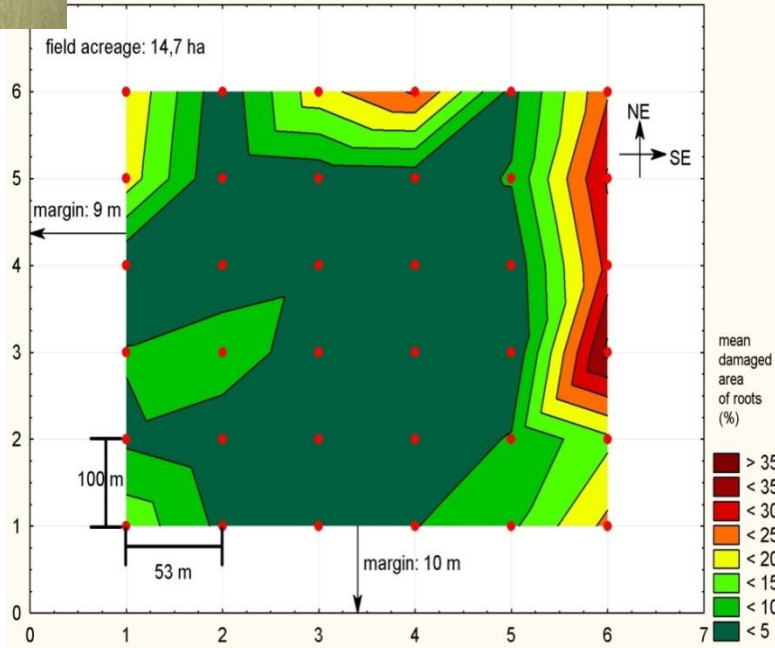
- území státu (Plachká et al., 2013)
- pole o velikosti několika hektarů



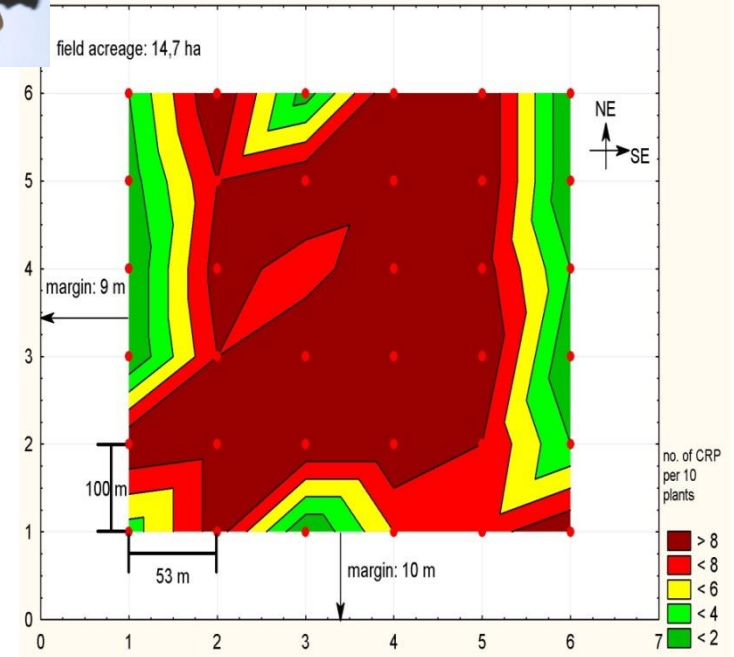
Nádorovitost brukvovitých



Distribution of RML in winter oil seed rape
loc. Libina, 29.10.2012, BBCH 18-19



Distribution of CRP in winter oil seed rape
loc. Libina, 29.10.2012, BBCH 18-19



Jedinci navzájem si konkurujících druhů se ovlivňují i na úrovni prostorové struktury

Květilka a *P. brassicae* si konkurují
Společný hostitel: řepka olejka (kořeny)

Lokalita	květilky x nádorovitost
	Index of asociation (I_m)
Libina	-2,34

Populace: Velikost populace (a její určování)

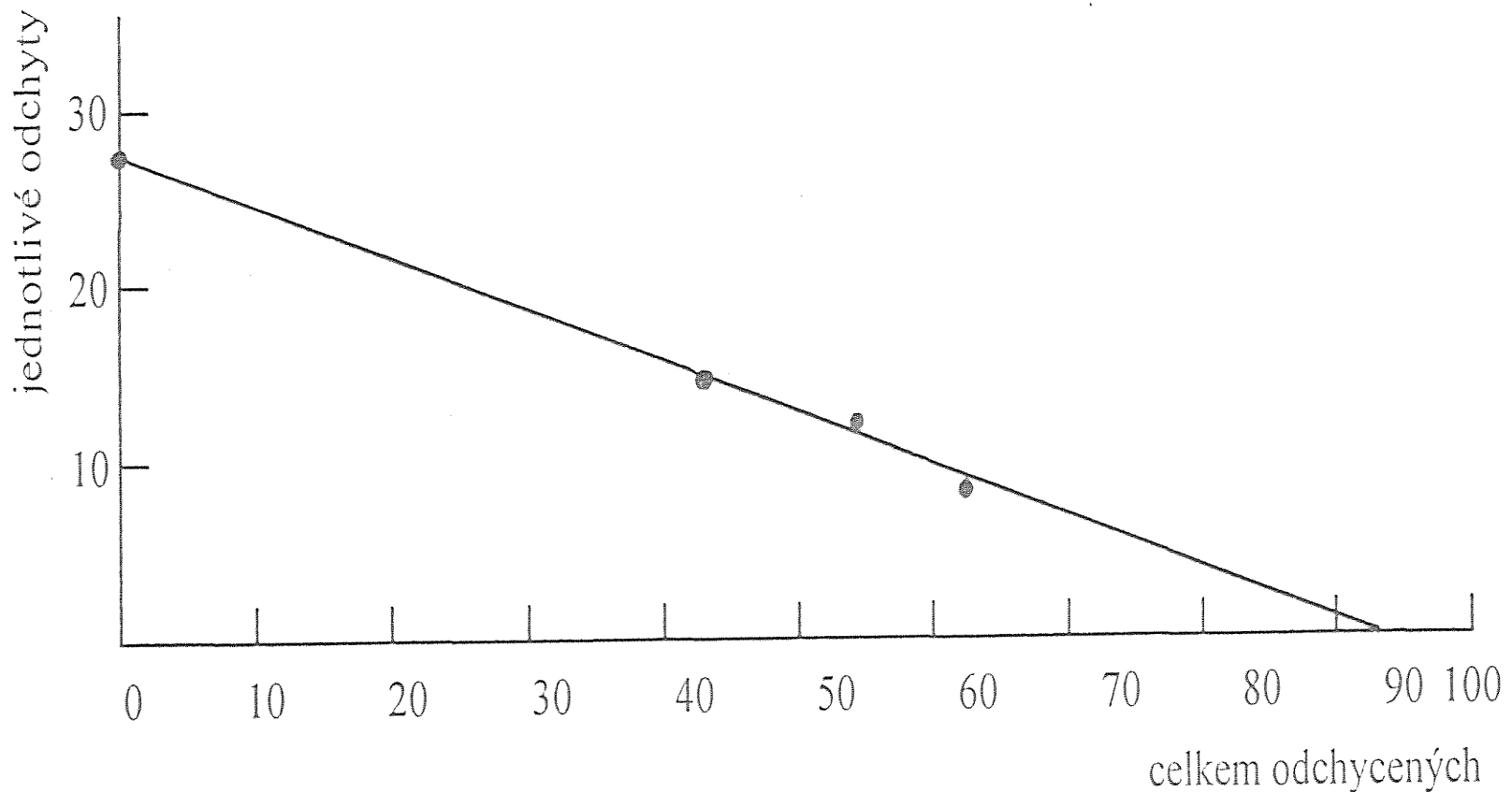
Ukazatele kvantitativního zastoupení populace v prostředí:

1) Abundance (= početnost):

- absolutní abundance - (velké druhy savců, dřevin atd.; není možné ji vždy vyjádřit)
- abundance relativní - (když nelze spočítat všechny jedince je nutné použít nějakou metodu odhadu)
- hustota populace - abundance vztažená na jednotku plochy nebo prostoru
- hrubá populační hustota – jde o vyjádření populační hustoty zjišťované na rozsáhlém území v rámci něhož jen některé biotopy vyhovují ekologickým nárokům hodnoceného druhu
- ekologická populační hustota – abundance přepočtená jen na rozlohu skutečně obývané plochy

Populace: Velikost populace (a její určování)

Metoda opakovaného počítání jedinců na stálých plochách (použitelná u méně početných populací živočichů):



Populace: Velikost populace (a její určování)

Ukazatele kvantitativního zastoupení populace v prostředí:

Biomasa:

Hmotnost všech jedinců populace v daném okamžiku. U živočichů se vyjadřuje nejčastěji jako hmotnost živých jedinců, nebo sušiny, případně uhlíku, vázané energie.

- nadzemní
- podzemní

Vyjádřena může být absolutně (celková biomasa populace na dané území). Účelnější je však pracovat s údaji přepočtenými na jednotku plochy (objemu).

Populace: Velikost populace (a její určování)

Ukazatele kvantitativního zastoupení populace v prostředí:

Pokryvnost:

Vyjadřuje se u rostlinných populací

Při hodnocení velikosti je nutné počítat s nerovnoměrným zastoupením jedinců v prostoru → přizpůsobit situaci způsob odběru vzorků, počet hodnotících míst, počet hodnocení (opakování hodnocení) atd.

Prudké kolísání početnosti populací – způsobují je abiotické faktory, vnitrodruhové vztahy, mezidruhové vztahy

Extrémní výkyvy početnosti → na populaci (a v podstatě i na celé společenstvo) obvykle škodlivý dopad (**Alleeho princip**)

Populace: Zastoupení pohlaví

= Sexuální složení: může být v populaci víceméně stálé, může docházet k jeho pravidelným i nepravidelným změnám

Sexuální index (hodnoty 0 – 1, nebo v %): vyjadřuje zastoupení samic v populaci

- Vysoký SI: populace v rozvoji

- Nízký SI: populace v úpadku

- parthenogeneticky se rozmnožující druhy: SI dlouhodobě velmi vysoký (např. červci, anholocyklické mšice)

- druhy s heterogonií (samci se vyskytují jen v určité fázi vývojového cyklu): blanokřídlí (žlabatky)



Populace: Zastoupení pohlaví

Tab. 2 Sexuální index některých druhů živočichů (podle Schuberta, 1986)

hřebenule borová (<i>Diprion pini</i>)	0,77
bažant obecný (<i>Phasianus colchicus</i>)	0,72
srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	0,62
chroust obecný (<i>Melolontha melolontha</i>)	0,50
králík divoký (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	asi 0,50
krtek obecný (<i>Talpa europaea</i>)	0,44
liška obecná (<i>Vulpes vulpes</i>)	0,40
tmavoskvrnáč borový (<i>Bupalus piniarius</i>)	0,37

Populace: Zastoupení pohlaví

Sex ratio = poměr pohlaví: podíl samců / podíl samic

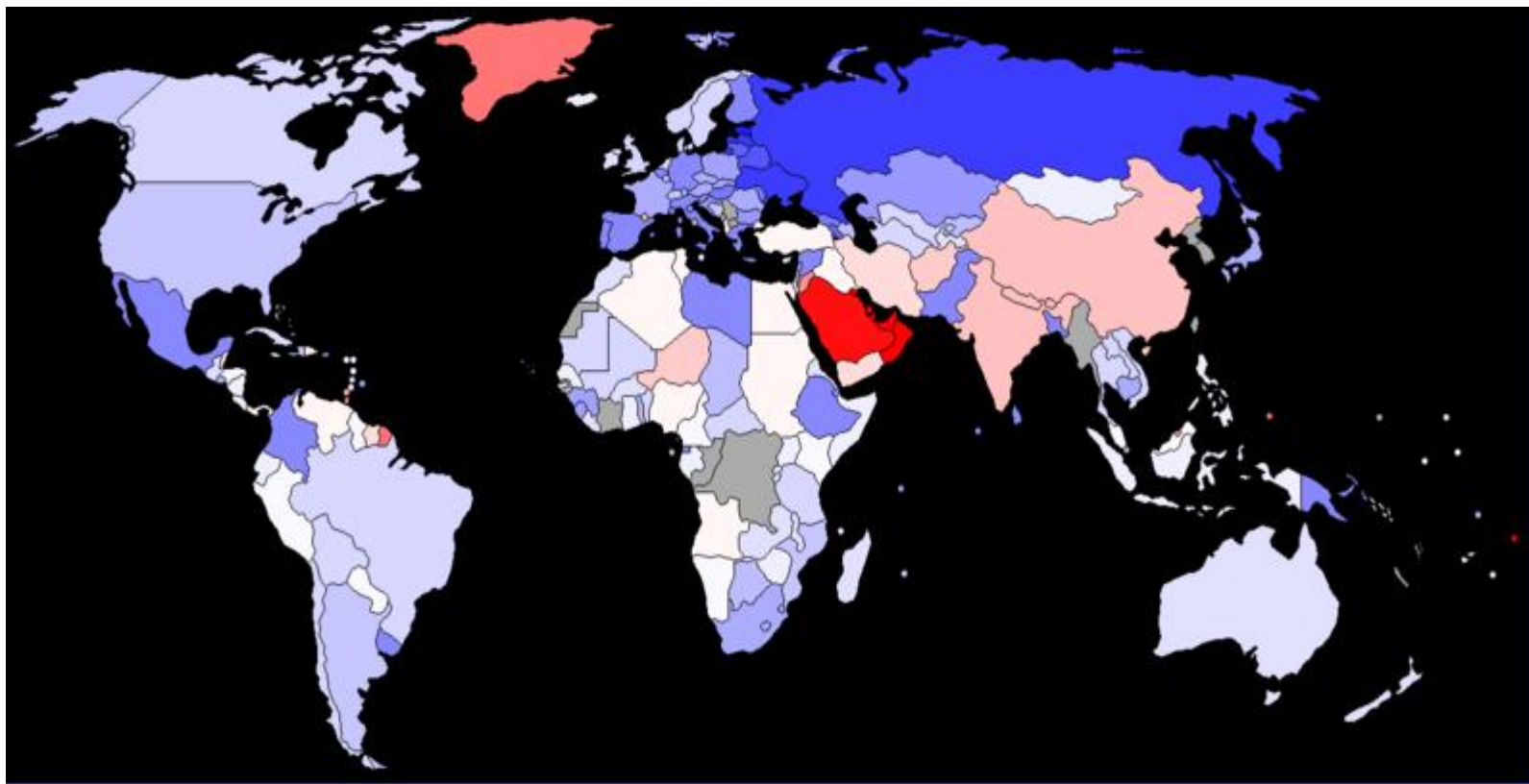
Primární: poměr pohlaví při početí resp. splynutí gamet (teoreticky by měl být 1:1; to však zcela neplatí u mnoha skupin živočichů – typickým příkladem jsou druhy blanokřídlého hmyzu: parazitoidi, včely)

Sekundární: je poměr pohlaví při narození resp. vylíhnutí jedince

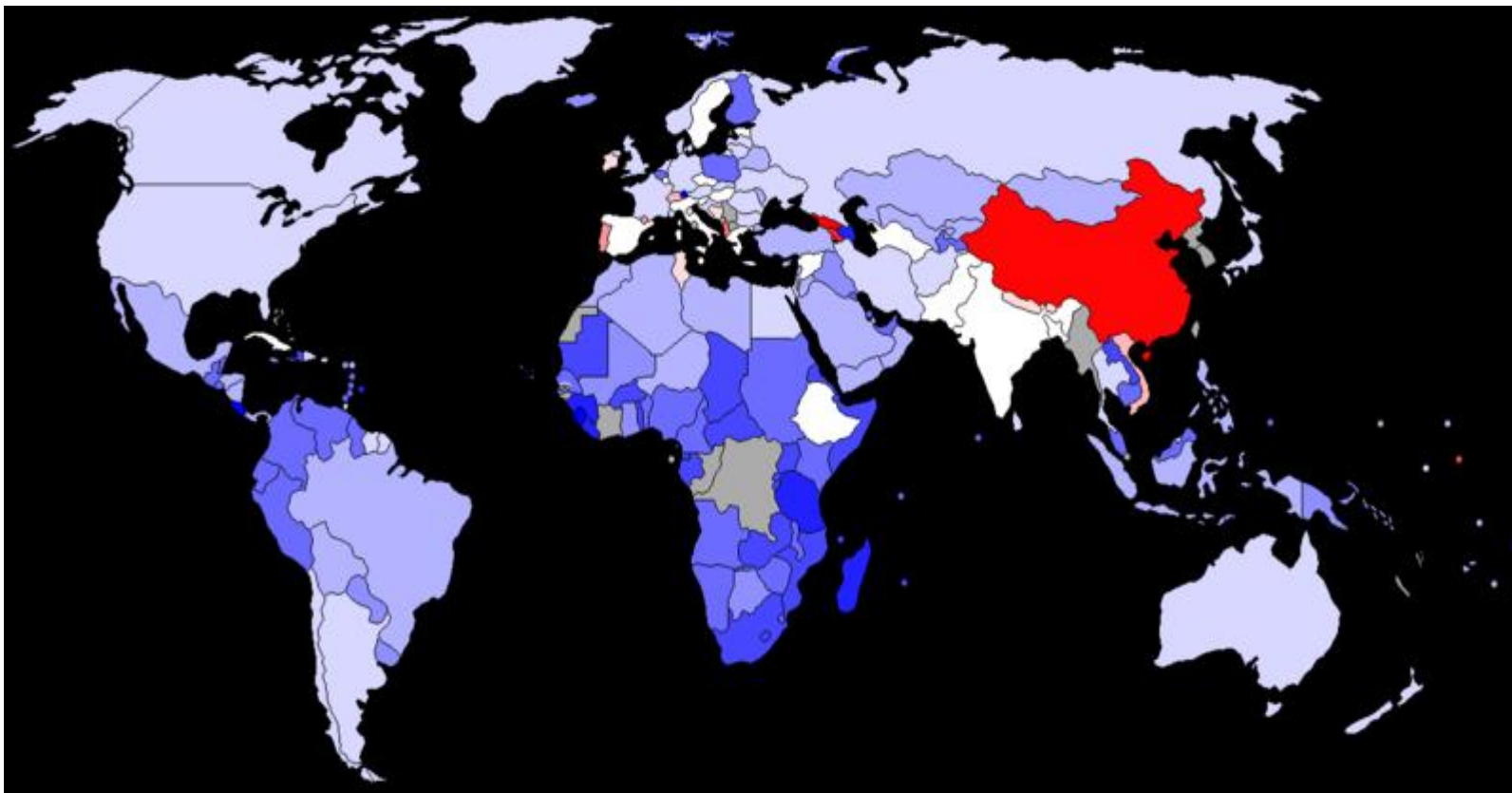
Terciární: poměr pohlaví v dospělosti (v době dosažení pohlavní zralosti)

U lidí se obvykle předpokládá poměr zhruba 105 chlapců na 100 dívek. V některých lidských společnostech může být tento poměr vychýlen, a to jak náhodnými vlivy, tak i potraty závislými na testech pohlaví a infanticidou.

země	celkem	při narození	do 15	15–65	nad 65
Slovensko	0,94	1,05	1,05	0,99	0,6
Japonsko	0,95	1,05	1,05	1,01	0,73
Jihoafrická republika	0,95	1,02	1,01	0,95	0,63
Lichtenštejnsko	0,95	1,01	0,98	0,99	0,73
Rakousko	0,95	1,05	1,05	1,01	0,68
Portugalsko	0,95	1,07	1,09	0,98	0,7
Kambodža	0,95	1,05	1,02	0,94	0,62
Uruguay	0,95	1,04	1,03	0,98	0,69
Francie	0,95	1,05	1,05	1	0,7
Česko	0,95	1,06	1,06	1,01	0,64
Slovensko	0,95	1,07	1,06	1,02	0,63
Rumunsko	0,95	1,06	1,05	0,99	0,7
Itálie	0,96	1,07	1,06	1,02	0,72
Etiopie	0,96	1,03	1,06	1,01	0,83
Mexiko	0,96	1,05	1,04	0,94	0,83

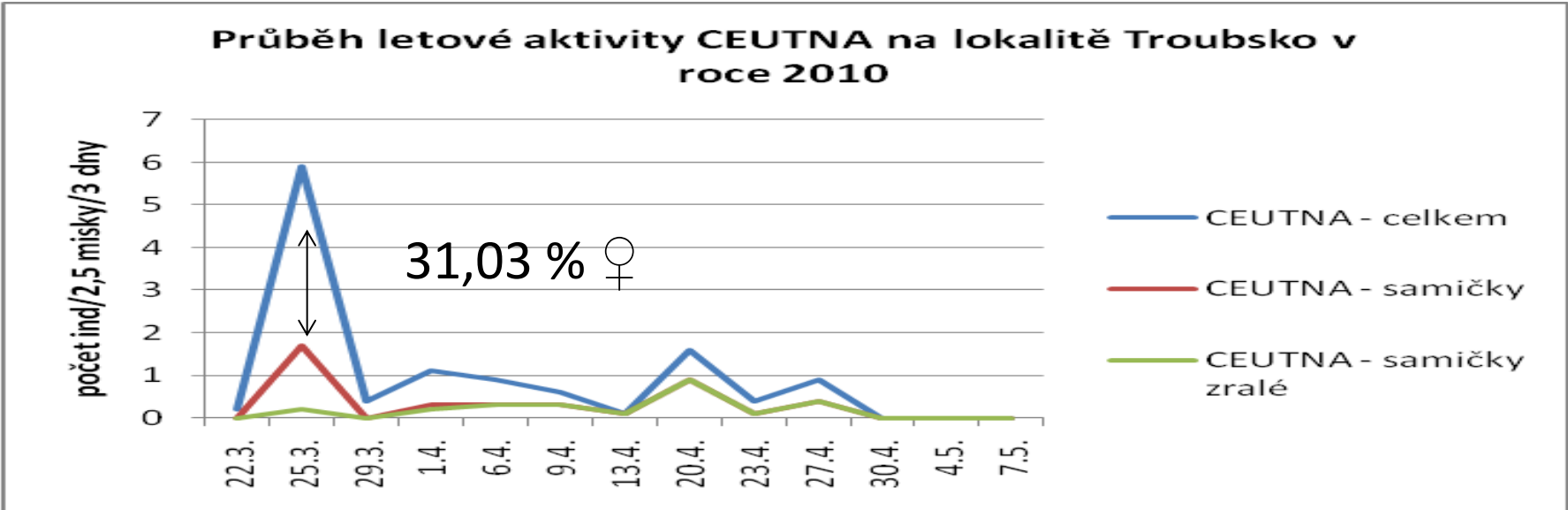
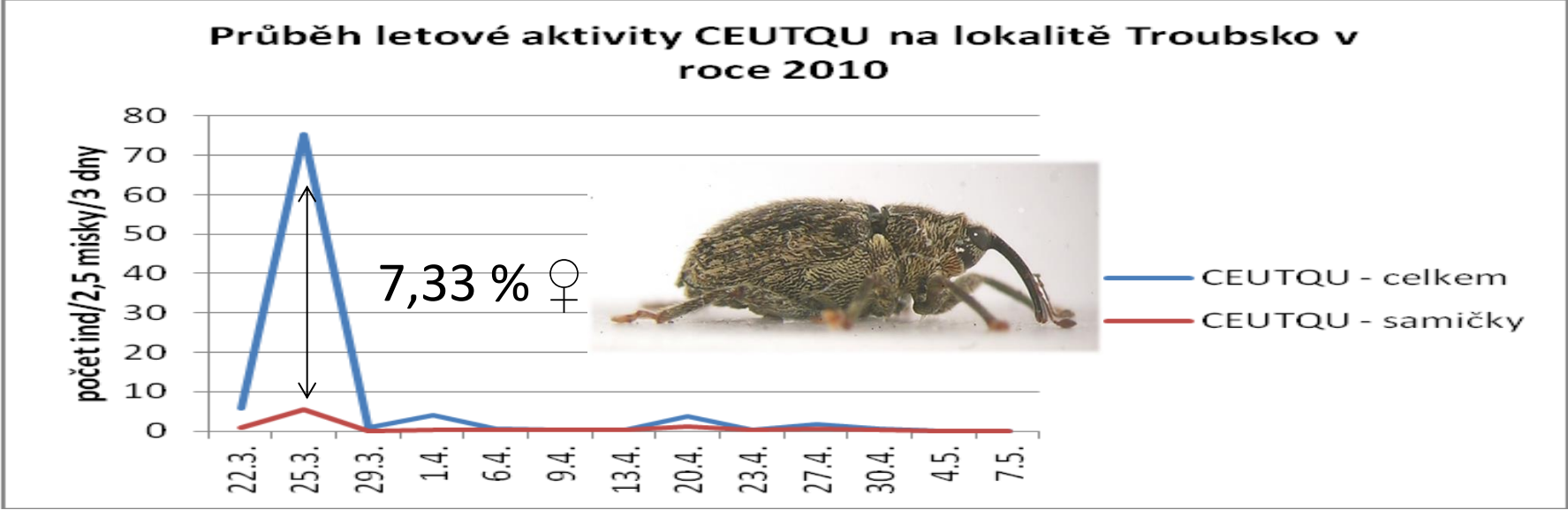


Poměr pohlaví pro celkovou populaci. Modrá zobrazuje více žen, červená více mužů v porovnání se světovým průměrem 1.01 mužů/žen.



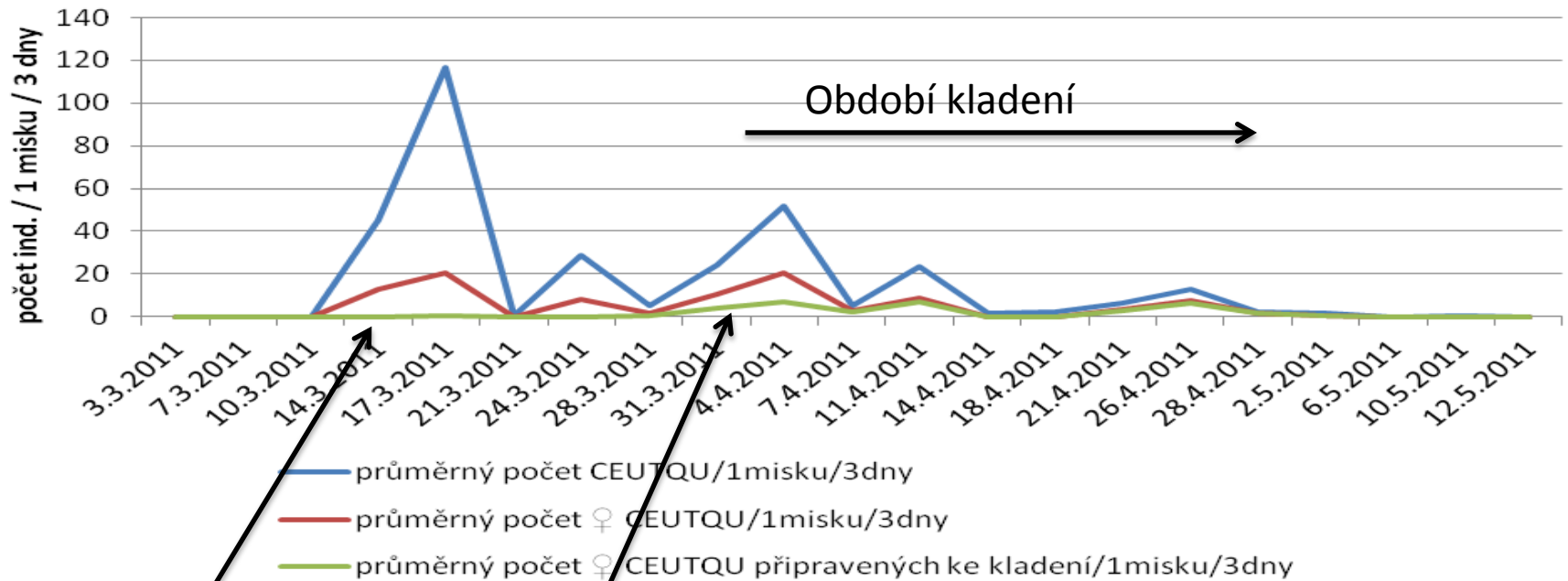
Poměr pohlaví pro obyvatele do 15 let. Modrá zobrazuje více žen, červená více mužů v porovnání se světovým průměrem 1.06 mužů/žen.

Populace: Zastoupení pohlaví – a jeho změny při osídlování nového území (např. okupace porostu herbivorními druhy po přezimování)



Populace: Zastoupení pohlaví – a jeho změny při osídlování nového území (např. okupace porostu herbivorními druhy po přezimování)

Průběh letové aktivity k. čtyřzubého na lokalitě Šumperk v roce 2011



14.3.:
Signalizace
postřiku dle
současné
metodiky

31.3.:
První zralé
samičky,
počátek
kladení



Populace: Věková struktura

Složení populace z hlediska stavu ontogeneze je důležitým ukazatelem jejího dalšího rozvoje

Ontogeneze: individuální vývoj jedince od zárodečného vývoje do zániku

U unitárních organismů rozlišujeme (obvykle) tři věkové kategorie:

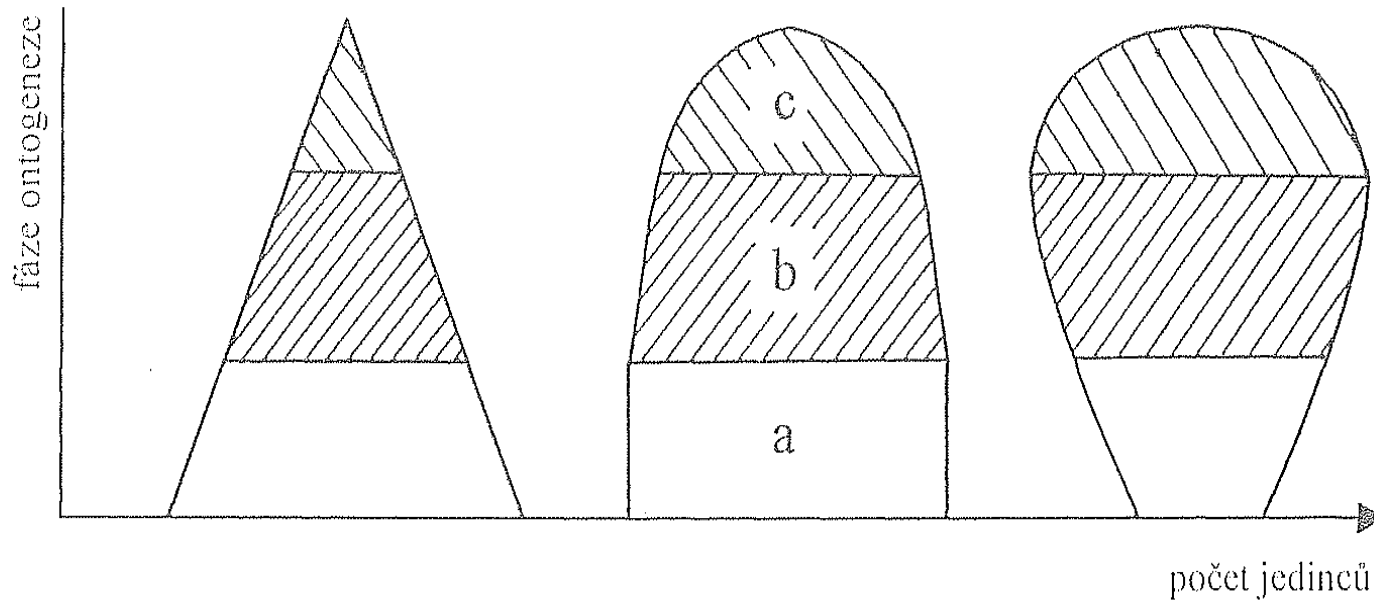
- jedince juvenilní (prerепroductivní)
- jedince adultní (reproductivní)
- jedince postreproductivní

Kohorta: skupina stejnověkých jedinců v populaci

Věkovou strukturu také ovlivňuje:

- celková délka života
- délka juvenilního a reprodukčního období
- specifická úmrtnost v jednotlivých fázích vývoje

Populace: Věková struktura – věkové pyramidy



Obr. 29 Věkové pyramidy mohou být názorným ukazatelem stavu populace; a – fáze juvenilní, b – reprodukční, c – postreprodukční

- Rozvíjející se populace zpravidla obsahuje vysoký podíl mladých jedinců
- Ale u druhů s dlouhým obdobím dospělosti a krátkým vývojem mohou v populaci převažovat dospělí jedinci a populace přitom může být v rozvoji
- U mnohých bezobratlých je tomu ale právě naopak – juvenilní (larvální) období výrazně převyšuje období adultní (jepice, chrousti)

Populace: Sociální struktura

Živočichové žijí buď samostatně nebo se sdružují do societ

Society anonymní x neanonymní

Society otevřené x uzavřené

Otevřená anonymní societa: hejno ptáků (strnadi), hejno ryb

Otevřená neanonymní societa: stádo kopytníků, kolonie
hnízdících velkých ptáků (např. volavky)

Uzavřená anonymní societa: sociálně žijící hmyz (včely, vosy,
mravenci...), někteří hlodavci (kasty)

Uzavřená neanonymní societa: tvoří je savci – složitá hierarchická
struktura (smečka vlků, stádo slonů, tlupa opic), většina jedinců se
dobře zná

Vztahy uvnitř populace

Co ovlivňuje tyto vztahy:

- pohyblivost jedinců
- distribuce jedinců v prostoru
- populační hustota
- dostupnost zdrojů

Při populační hustotě blízké optimu převládají spíše pozitivní interakce mezi jedinci v populaci. Odchyluje-li se populační hustota od optima (co to je však optimum ?; pojem **nosná kapacita prostředí**) začínají převládat negativní interakce (např. roste konkurence → zvyšuje se agresivita jedinců)

Etologie – nauka o chování živočichů

Vztahy uvnitř populace

Vzájemné vztahy mezi jedinci populace jsou podmíněny možností komunikace a předáváním informací prostřednictvím signálů:

- chemické
- akustické
- optické
- signály mohou být předávány příým kontaktem jedinců

Vztahy uvnitř populace

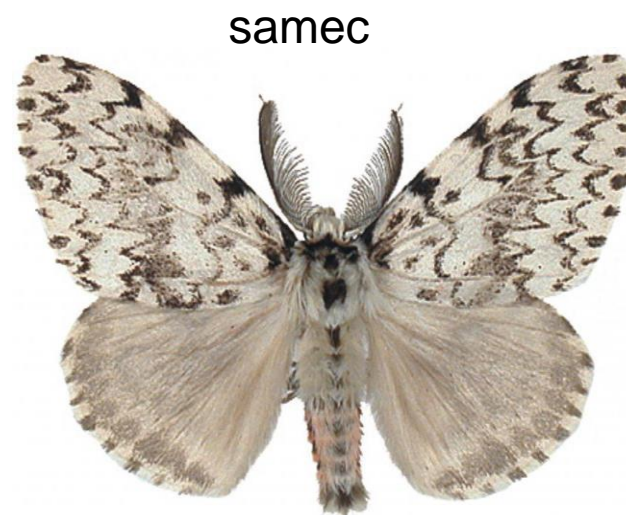
Chemické signály:

Druhově specifické (ne vždy) signály produkované živočichy, které přenáší určitou informaci, se nazývají feromony. Jsou přenášeny vzduchem (těkavé látky – často velmi nízké koncentrace), vodou, nebo jsou cíleně umístovány na určité předměty v prostředí.

Sexuální feromony (nejvíce prozkoumaná skupina feromonů):

- umožňují nalezení sexuálního partnera
- navozují sexuální chování

Bekyně mniška – srovnání tykadel samců a samic





Monitoring letové aktivity obaleče jablečného (*Cydia pomonella*) pomocí feromonových lapáků. Z odparníku v lapáku se vylučuje sexuální feromon lákající samce. Na základě počtu chycených jedinců lze usuzovat na nebezpečnost výskytu





Metoda matení samců (*mating disruption*)

Z odparníků rozmístěných v sadu se dlouhodobě odpařuje samičí sexuální feromon charakteristický (druhově specifický) pro obaleče jablečného. Feromon ulpívá také na listech a veškerý zelený porost v sadu pak slouží jako sekundární odparník. Sad je prosycen feromonem a "vůně" jednotlivých samic je překryta. Samci nejsou schopni vyhledat samice a nedochází k páření a následně ani ke kladení vajíček.

V České republice je tato metoda využívána proti **obaleči jablečnému** prostřednictvím produktu Isomate C plus (Shin-Etsu, Tokio, Japonsko). Pokusně se v našich podmínkách zkouší také Isomate OFM rosso (Shin-Etsu, Tokio, Japonsko), který je určen proti **obaleči švestkovému a východnímu**.

Vztahy uvnitř populace

Chemické signály:

Agregační feromony:

- umožňují shlukování jedinců u zdrojů potravy
- napomáhají k účelné disperzi jedinců v prostoru (např. při okupaci nějakého prostředí)
- umožňují shlukování jedinců v místech vhodných pro kladení vajíček
- umožňují shlukování jedinců v místech vhodných k hibernaci



Zimní agregace slunéček východních (*Harmonia axyridis*)

Vztahy uvnitř populace

System chemické signalizace je nejvíce rozvinut u savců. Chemické látky jako signály:

- vyznačují sociální postavení (v rámci uzavřené neanonymní society)
- regulují epigamní chování a páření
- zprostředkovávají komunikaci mezi matkou a mláďaty
- mají význam při vyznačování teritoria

Epigamní chování: zvláštní typ chování živočichů s výraznými projevy, které jsou v přímém vztahu k rozmnožování, například volání partnera námluvy, chování při páření a po spáření. Známé hlavně u ptáků a savců.

Vztahy uvnitř populace

Optická komunikace

Častá zejména u ptáků a savců. Příklady lze najít také v dalších skupinách.

U ptáků: čepýření peří, pohyby hlavy, rozprostírání křídel nebo ocasu, způsob letu nebo chůze → cílem je vábit, hrozit, zstrašovat....

U savců: mimo postojů, různých pohybů zde hraje roli i výraz ve tváři (mimika)

Vztahy uvnitř populace

Akustická komunikace

Známa u hmyzu (stridulace), obojživelníků (skřehotání), některých plazů, zejména však u ptáků a savců.

Velký rozsah akustických signálů je u savců typický zejména pro psovitě a primáty.

Svou známou písničku strnadi nepřednášejí všude zcela stejně. Při důkladném poslechu, anebo po převedení do sonogramu, lze rozeznat řadu dialektů, které se od sebe odlišují na základě stavby koncové části zpěvu.

Různé dialekty strnada obecného se liší na základě výšky a délky koncových slabik. Tyto dialekty lze od sebe snadno odlišit i pouhým sluchem.

Dosavadní výzkumy naznačily, že dialekty strnadů obecných lze rozdělit do dvou základních skupin, z nichž jedna převládá ve východní a druhá v západní Evropě.

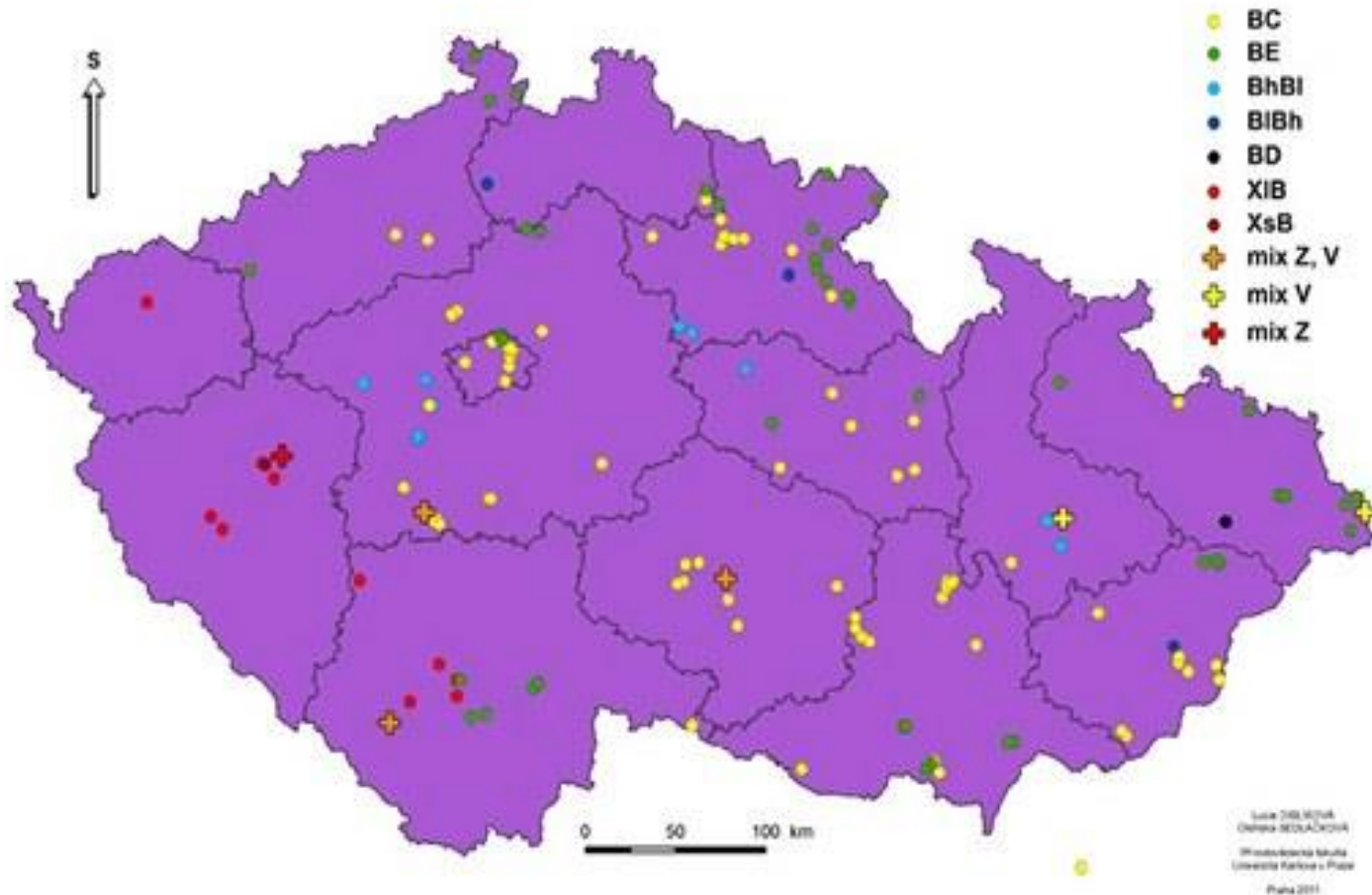
Přes Českou republiku zřejmě prochází hranice mezi oběma skupinami dialektů.



Strnad obecný (*Emberiza citrinella*), pták roku 2011

Projekt nářečí českých strnadů

Začátek zpěvu je vrožený a obsahuje několik shodných, za sebou se opakujících slabik, odlišnou závěrečnou část se mladí samci učí od jiných strnadů v prvním roce života. Tak vznikají strnadí nářečí vyznačující se stoupavou nebo klesavou melodií na konci strofy. Samice se při výběru samečka řídí touto částí zpěvu a upřednostňují samce s místním dialektem.



Vztahy uvnitř populace

Teritorialita a teritorium

Teritorium – území, které je jedincem nebo skupinou jedinců hájeno proti ostatním jedincům stejného druhu.

Chování, které je s hájením teritoria spojeno se nazývá teritorialita. Teritorialita chrání populaci před vyčerpáním zdrojů, snižuje vliv predace, stabilizuje početnost populace. V průběhu roku může teritoriální chování procházet různými změnami.

-nabývá značně složitých podob (velké množství vztahů – interakcí mezi jedinci) u druhů vytvářejících komplikované society (vlci, primáti)

- i soliterně žijící druhy hájí svá teritoria (rejskovití, krtek, z bezobratlých např. vážky, některé kobylky)

Vztahy uvnitř populace

Teritorialita je jednou z forem vnitrodruhové konkurence

K vnitrodruhové konkurenci dochází tehdy, když je hustota populace na daném území příliš velká ve vztahu ke zdrojům (potrava, prostor, dostatek úkrytů...), které toto území poskytuje.

- je vyvolána úbytkem zdrojů, nárůstem velikosti populace popř. obojím → dojde k překročení nosné kapacity prostředí

Rozlišuje se konkurence:

- exploatační (uskutečňuje se přes nějaký využívaný zdroj)
- interferenční (jde o přímou interakci)

Vztahy uvnitř populace

Vnitrodruhová konkurence (v rámci populace) omezuje nebo zpomaluje růst populace (populační dynamiku), snižuje reprodukční schopnosti jedinců (i celé populace), vede k vyšší agresivitě jedinců v populaci, zvyšuje podíl emigrujících jedinců, je příčinou vyšší mortality jedinců.

Jak rozdílný pohled na konkurenci má ekonom a ekolog:

- ekonom vnímá konkurenci jako prorůstové opatření
- v rámci ekologie se chápe vyšší míra konkurence jako omezující faktor pro růst populace

Dynamika populace

Dynamika populace = výkyvy v populační hustotě za určitou dobu (faktor času)

narůstání populace (různé rychlosti růstu); pokles početnosti populace, vymírání populace....

Populační dynamiku ovlivňují:

- natalita

- mortalita

- migralita

$$N_{t+1} = N_t + Na - Mo + Im - Em$$

N_{t+1} – velikost populace po určité době, N_t – počáteční velikost populace, Na – natalita, Mo – mortalita, Im – imigrace, Em - emigrace

Dynamika populace: natalita a mortalita

Natalita (množivost, porodnost) = schopnost populace narůstat (počet nových jedinců / jednotku času)

Maximální (fyziologická)

Realizovaná (ekologická)

Mortalita (úmrtnost) = úbytek jedinců v populaci v důsledku vymírání

fyziologická x ekologická

Délka života jedinců určitého druhu: je v úzkém vztahu k úmrtnosti → fyziologická x ekologická

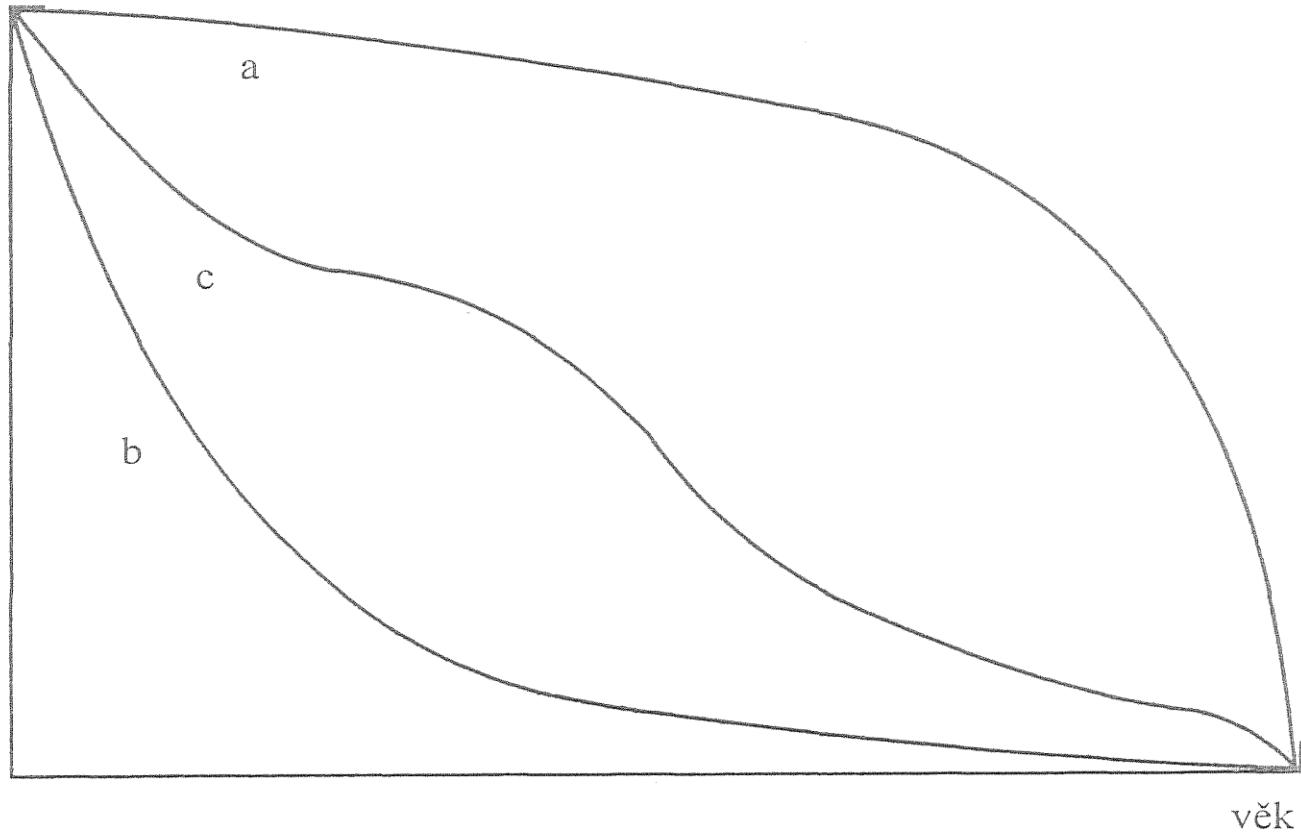
Dynamika populace: natalita a mortalita

Určité vnější podmínky (abiotické i biotické faktory) mohou v populaci vyvolávat nevyrovnanost mezi mortalitou a natalitou → kolísání početnosti populací (může být pro populaci vážnou hrozbou zániku).

Některé druhy vynakládají velké množství energie na rozmnožování (velké množství potomstva) – jde o kompenzaci vysoké mortality během ontogeneze. Populace těchto druhů jsou charakteristické výrazným kolísáním početnosti pod vlivem měnících se vnějších podmínek.

U populací druhů investujících mnoho energie do péče o potomstvo (nízká natalita, nízká mortalita) dochází k menším populačním výkyvům pod vlivem měnících se vnějších podmínek.

100 %
jedinců



- 1) Znázornění vztahu natality a mortality; a – druh s nízkou mortalitou během ontogeneze, která se zvyšuje teprve před koncem fyziologického věku; b – druh s vysokou mortalitou zvláště na počátku ontogeneze, která je obvykle kompenzována i vysokou natalitou, c – druh s rovnoměrnou mortalitou během vývoje

Dynamika populace: natalita a mortalita

Čistá míra reprodukce (R_0): Míra nahrazování uhynulých jedinců nově narozenými jedinci (nebo také suma reprodukčního očekávání na novorozence za všechny věkové třídy)

Za ustálených podmínek vnějšího prostředí je množství uhynulých jedinců v populaci nahrazeno přibližně stejným množstvím jedinců narozených → populační hustota se příliš nemění.

Když $R_0 = 1$ → 1 samice vyprodukuje za svůj život 1 samici (dceru), která se dožije rozmnožování.

Když $R_0 = 2$ a poměr pohlaví je vyrovnaný → početnost populace se v následující generaci zdvojnásobí

(Problém se stanovováním R_0 u druhů dlouhověkých rozmnožujících se vícekrát za život, produkujících potomky, kteří se také rozmnožují v době dalšího rozmnožování rodičů → k výpočtu R_0 nutné použít složitější vztahy)

Dynamika populace: natalita a mortalita

Mortalita se projevuje různě na jednotlivých věkových úrovních populační struktury. Jednotlivé věkové úrovně (kohorty) se také různě podílejí na reprodukcii populace.

Vliv struktury populace na růst (resp. ubývání) populace lze odvodit z životních tabulek. Rozlišujeme:

Horizontální (kohortové, dynamické) – jsou založeny na výsledcích dlouhodobého sledování kohorty od jejího zrození až po úmrtí posledního jedince v kohortě. Získají se tak přesné údaje o proporcích přecházejících jedinců z nižší věkové třídy do vyšší. Je problém sestavit kohortovou životní tabulku u dlouhověkých druhů.

Vertikální životní tabulky – vznikají jednorázovým vzorkováním populace → zjistí se věková struktura populace.

Tab. 28 Kohortová životní tabulka hypotetické lišky

	x	S_x	D_x	l_x	d_x	p_x	q_x	m_x	$l_x m_x$
	0	250	50	1,0	0,2	0,8	0,2	0,0	0,0
	1	200	120	0,8	0,48	0,4	0,6	0,0	0,0
α	2	80	50	0,32	0,2	0,375	0,625	2,0	0,64
	3	30	15	0,12	0,06	0,5	0,5	2,1	0,252
	4	15	9	0,06	0,036	0,4	0,6	2,3	0,138
ω	5	6	6	0,024	<u>0,024</u>	0	1,0	<u>2,4</u>	0,0576
	6	0	0	0,0	$\Sigma d_x = 1,000$	–	–	$\Sigma m_x = 8,8$	$\Sigma l_x m_x = R_0 = 1,0876$

- x věk,
 S_x počet přežívajících jedinců,
 D_x počet uhynulých jedinců,
 l_x přežívací funkce udávající proporci přežívajících jedinců z původního počtu novorozenců,
 d_x mortalita udávající proporci uhynulých v dané třídě x ve vztahu k původní velikosti kohorty; výhodou je, že je kumulativní (lze ji sečítat) a její suma se rovná 1,
 p_x míra přežívání (pravděpodobnost přežívání) při přechodu z věkové třídy x do $x + 1$,
 q_x míra mortality (pravděpodobnost úmrtí) při přechodu z věkové třídy x do $x + 1$,
 m_x věkově-specifická plodnost, tj. průměrný počet mláďat samičího pohlaví na samici ve věkové třídě x (nebo polovina vrhu, polovina snůšky vajec apod.); suma všech plodností se nazývá **hrubá míra reprodukce**,
 $l_x m_x$ očekávaný počet mláďat vyprodukovaných novorozencem, když se dostane do věkové třídy x neboli plodnost ve věku x na novorozence.

Dynamika populace: natalita a mortalita

Typ reprodukce:

- Reprodukce prostřednictvím porodních pulsů (většina sezónně žijících zvířat)
- Reprodukce probíhající porodním tokem (člověk)

Typ reprodukce má vliv na odlišnou distribuci jedinců uvnitř věkových tříd a vede k odlišným výpočtům při populačních projekcích.

Populační projekce: předpovídání budoucí velikosti (hustoty) a věkové struktury populace

Tab. 29 Demografická projekce populace savce s porodními pulsy a 6 věkovými třídami. V roce 0 má populace velikost 114 jedinců. Vitální míry jsou převzaty z předcházející tabulky. Nejjednodušší mírou populačního růstu λ (lambda) je podíl dvou po sobě jdoucích početností $\lambda = N_t/N_{t-1}$. Početnost populace postupně vzrostla na 187 jedinců v roce 15.

Věk	Přeží- vání	Míra přeží- vání	Míra plod- nosti	Počty jedinců v jednotlivých věkových třídách n_x										
				Rok 0	1	2	3	4	...	12	13	14	15	
x	l_x	p_x	m_x											
0	1	0,8	0	40	65,3	49,5	60,0	55,6	...	75,4	77,9	80,4	83,0	
1	0,8	0,4	0	27	32,0	52,3	39,6	48,0	...	58,5	60,3	62,3	64,3	
2	0,32	0,375	2	19	10,8	12,8	20,9	15,8	...	22,6	23,4	24,1	24,9	
3	0,12	0,5	2,1	15	7,1	4,0	4,8	7,8	...	8,3	8,5	8,8	9,0	
4	0,06	0,4	2,3	12	7,5	3,6	2,0	2,4	...	4,0	4,1	4,2	4,4	
5	0,024	0	2,4	1	4,8	3,0	1,4	0,8	...	1,6	1,6	1,7	1,7	
			$N_t =$	114	127,6	125,2	128,7	130,5	...	170,3	175,8	181,5	187,4	
			$\lambda_t =$		1,119	0,981	1,028	1,014	...	1,0323	1,0325	1,0324	1,0324	

Table 4.2 Unconstrained population growth of the winter moth, *Operophtera brumata*.

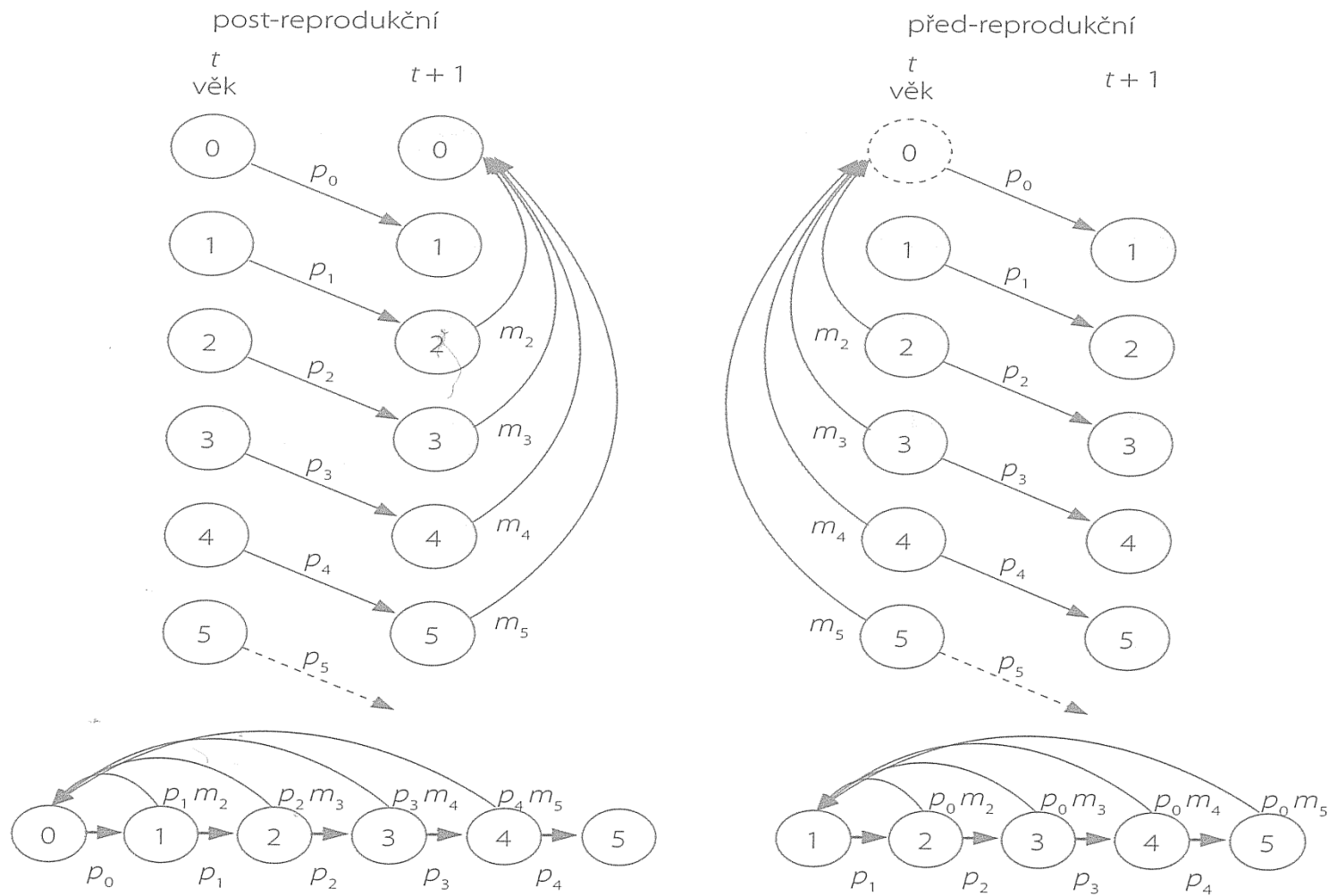
Initial population size	= 20
Number of females	= 10
Fecundity (average)	= 150
Next generation	= 10 × 150 = 1500
Abiotic mortality	= 89%
Survival	= 11% = 1500 × 0.11 = 165
Per capita rate of increase, λ	= N_{t+1}/N_t = 165/20 = 8.25
Population size in 35 years	= $\lambda^{35} \times N_0$ = $8^{35} \times 20$ = 811,000,000,000,000,000,000,000,000 moths



Píd'alka podzimní



♀



Obr. 125 Grafické znázornění přežívání a reprodukce v hypotetické populaci s porodními pulsy. Při postreprodukčním sčítání jsou nejmladší jedinci zhruba ve věku 0, při před-reprodukčním sčítání se nejmladší jedinci blíží 1 roku stáří. To má vliv na konstrukci míry fertility F_x , která měří reprodukční příspěvek dané věkové kategorie k velikosti nejmladší věkové třídy v čase $t + 1$. Při postreprodukčním sčítání je $F_x = p_x m_{x+1}$, při předreprodukčním sčítání je $F_x = p_0 m_x$. Grafické schéma je základem pro provádění populačních projekcí. V dolní části jsou odpovídající grafy životních cyklů v podobě, ve které se obvykle prezentují. Šipky do starších věkových tříd reprezentují míru přežívání, šipky zpět do nejmladší třídy představují reprodukční příspěvky F_x jedinců dané věkových tříd v čase $t + 1$.

Dynamika populace: růst populace

Rychlost růstu je jedním z rozhodujících faktorů, které ovlivňují populační dynamiku. Zpravidla určujeme **specifickou rychlost růstu**, tj. nárůst počtu na 1 jedince za časovou jednotku. V optimálních podmínkách je rychlost růstu maximální a pro určitou populaci také konstantní. Vlivem působení konkrétních faktorů, tzv. odporu prostředí (potrava, prostor, struktura populace) se tato rychlost snižuje. Pro stanovení specifické rychlosti růstu populace (r) platí následující vztah:

$$r = \frac{dN}{N_0 \cdot dt},$$

kde dN je přírůstek jedinců, N_0 výchozí počet jedinců a dt časové období. Velikost t určujeme úměrně k rychlosti růstu příslušné populace (hod., den, rok).

r = specifická rychlost růstu populace = vnitřní míra přirozeného růstu populace = Malthusův parametr

λ = konečná míra populačního růstu

$$\lambda = \frac{N_t}{N_{t-1}}.$$

$$\lambda = e^r$$

$$\log_e \lambda = r.$$

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}.$$

Populace rostou nebo klesají exponenciálně, pokud prostředí, ve kterém všichni jedinci žijí, je konstantní – tak zní návrh na první univerzální zákon populační ekologie, **zákon o exponenciálním růstu populace**. Tento zákon je analogický Newtonovu zákonu setrvačnosti: těleso setrvává v klidu nebo se pohybuje rovnoměrně přímočaře, pokud na něj nepůsobí vnější síly. Oba tyto zákony jsou definovány pro podmínky, které běžně nenastávají, a proto nejsou přímo empiricky testovatelné. Analogie je



(1766 – 1834)

Malthusův strašák: Exponenciální populační růst, nebo spíše jeho diskrétní verze, geometrický růst, je znám především díky pracem anglického ekonoma T. R. Malthuse. Ten varoval před nekontrolovaným růstem lidské populace, která roste geometricky, zatímco zdroje potřebné k životu pouze aritmeticky.

Roste však populace geometricky?

Exponenciální populační růst imaginární hmyzí populace

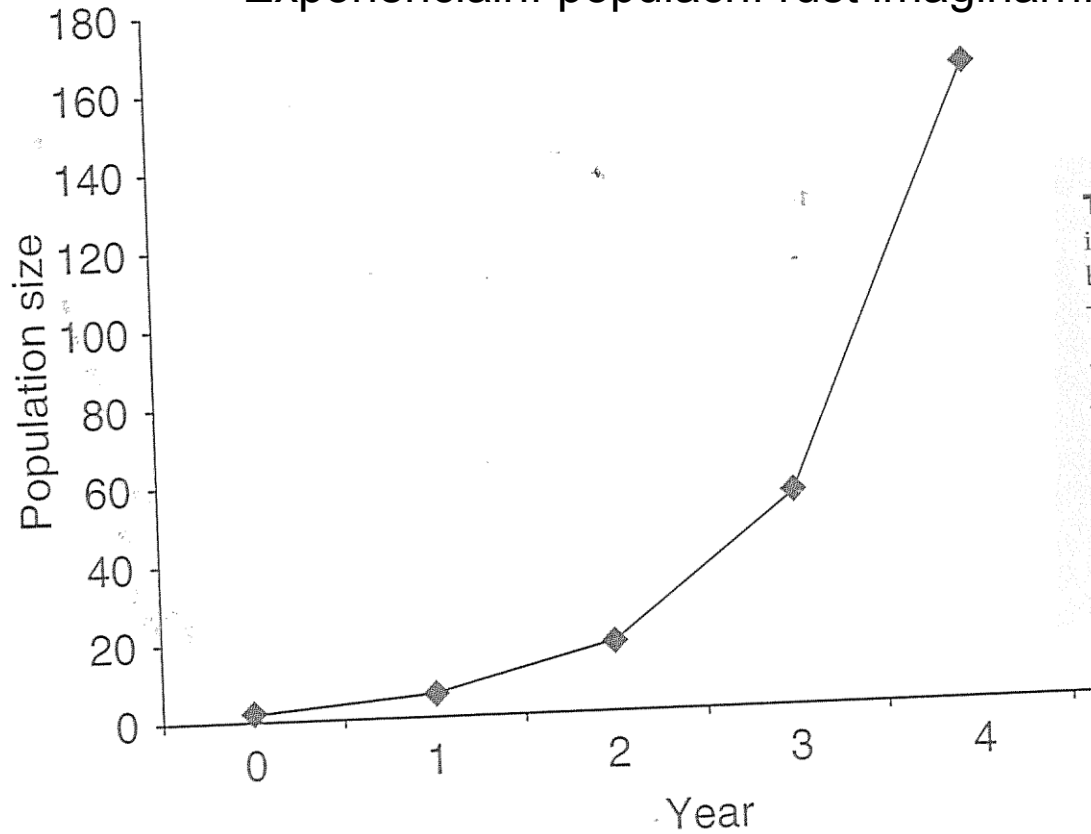


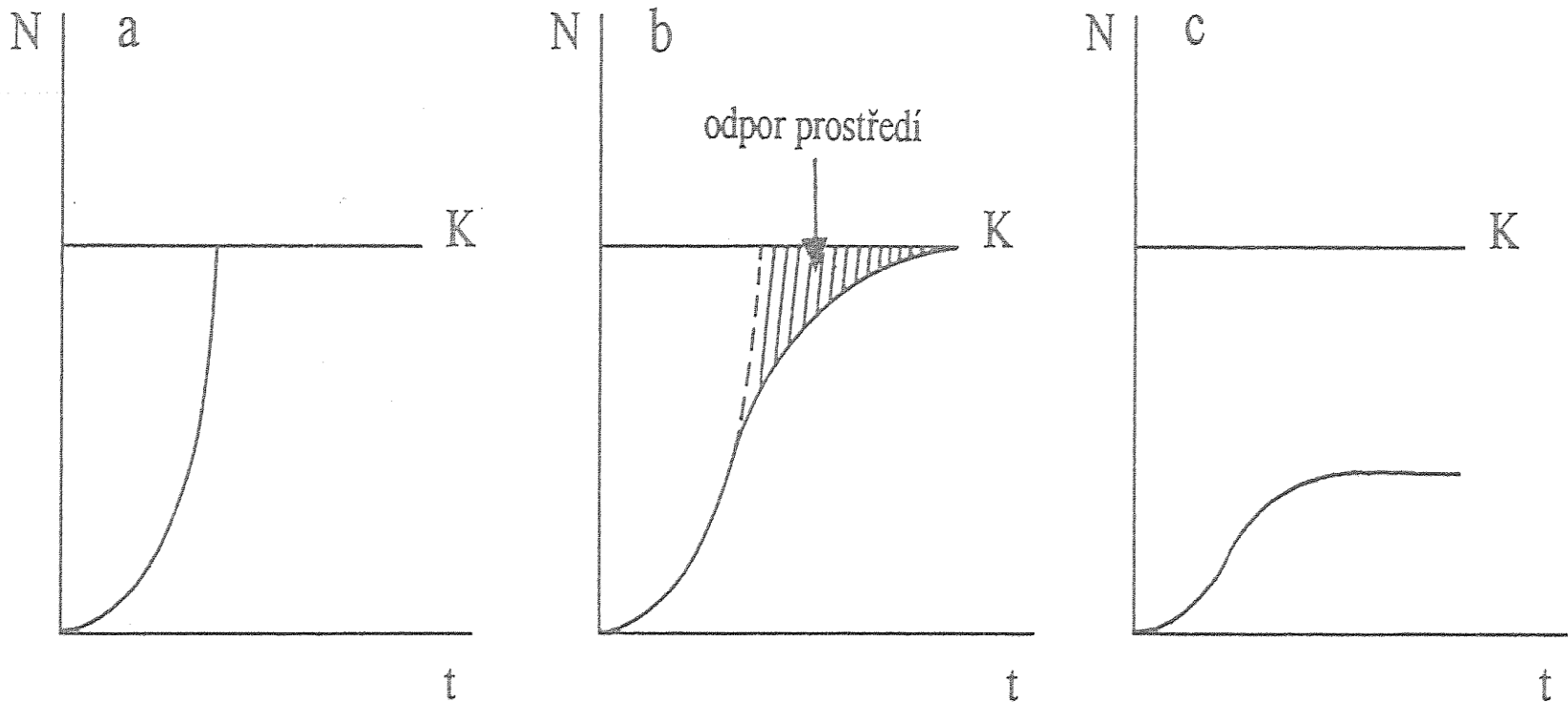
Table 4.1 Unconstrained population growth of an imaginary insect population. The population grows by three-fold each year.

Year	Population size	Per capita growth rate
0	2	$\times 3$
1	6	$\times 3$
2	18	$\times 3$
3	54	$\times 3$
4	162	$\times 3$

r_0 resp. λ

Figure 4.1 Unconstrained growth of an imaginary insect population. Data are from Table 4.1. The population approximates exponential growth.

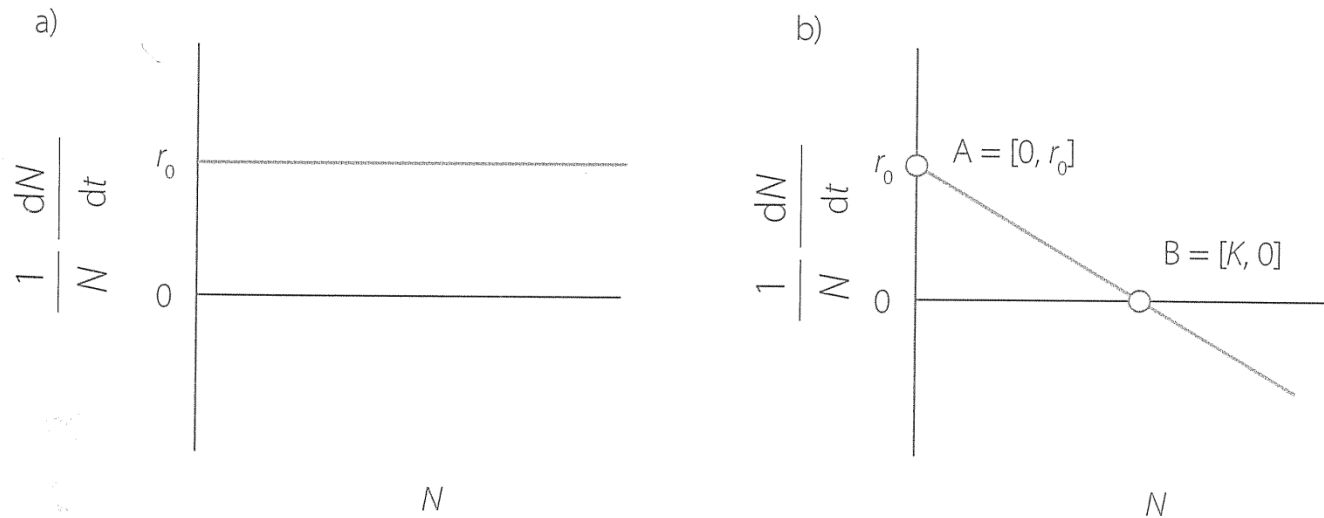
Typy růstových křivek a nosná kapacita prostředí (K)



Obr. 31 Typy růstu populace; a – exponenciální růst, b – sigmoidální růst, c – sigmoidální růst regulované populace; K – nosná kapacita prostředí, N – počet jedinců (vysvětlení v textu)

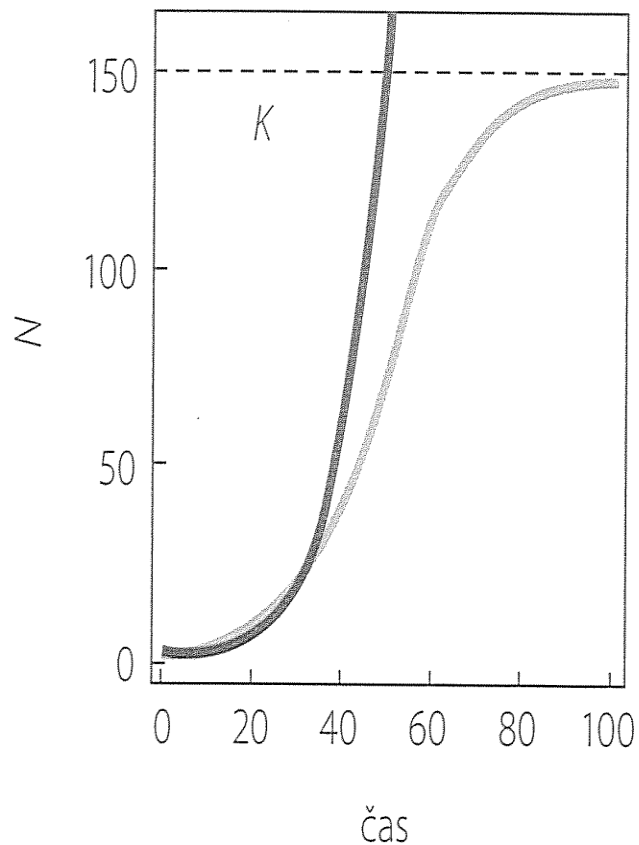
S rostoucí hustotou populace se míra populačního růstu (= specifická rychlost růstu populace r_0) zmenšuje.

Zatímco v případě exponenciálního růstu je r_0 konstanta, v případě růstu závislého na hustotě (populace) se hodnota r_0 mění. Je negativně závislá na hustotě

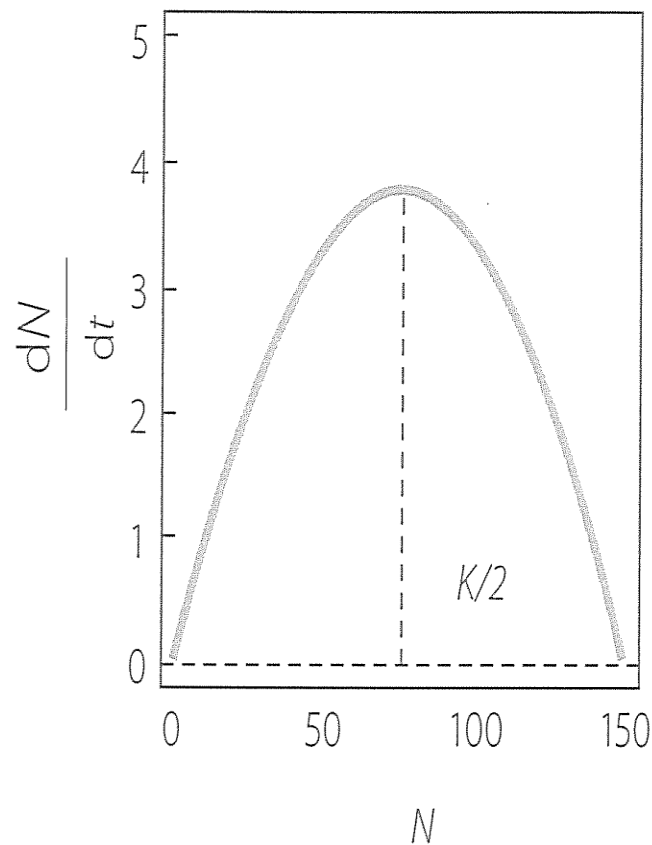


Obr. 126 Zatímco míra populačního růstu na hlavu r_0 je v případě exponenciálního růstu konstantní (a), tak u růstu závislého na hustotě klesá s rostoucí hustotou populace (b). Nejjednodušší funkcí je lineární regrese definovaná dvěma body A a B.

a)



b)



Obr. 127 Logistický a exponenciální růst (a) a závislost přírůstku populace dN/dt na velikosti populace N (b). Logistický růst je symetrický kolem poloviny nosné kapacity $K/2$. Populační přírůstek v absolutním počtu jedinců je rovněž maximální při $K/2$. To vede k esovité křivce (parametry: $K = 150$, $t = (1, 100)$, $r = 0,1$, $N_0 = 1$). Přírůstek na hlavu je ale maximální při $N \rightarrow 0$ a lineárně klesá s rostoucím N .

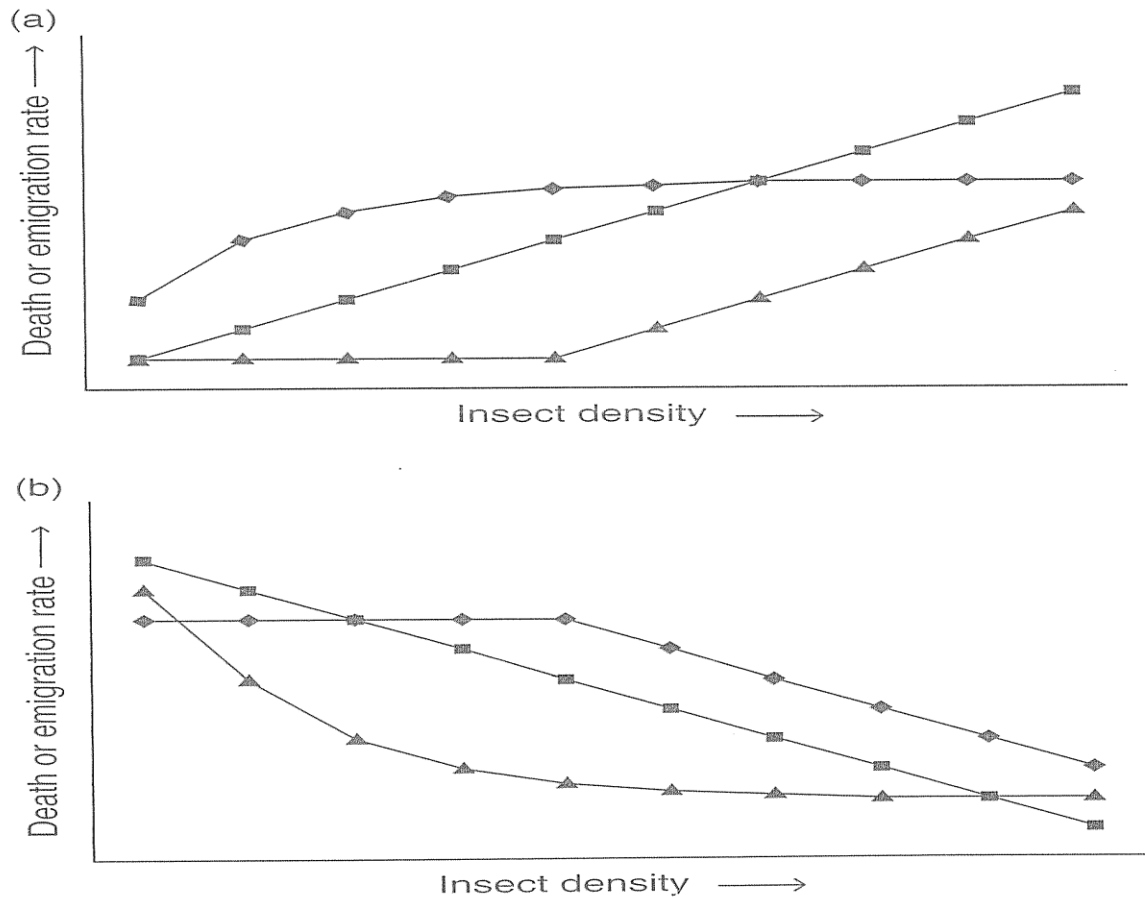


Figure 4.2 Hypothetical examples of density-dependent rates of (a) death or emigration, and (b) birth or immigration, acting on insect populations. While the exact form of the relationships can vary (i.e. the slopes of the lines can be different) death and emigration rates rise while birth and immigration rates fall with increasing insect density.

Diferenciální forma logistické rovnice vystihující závislost mezi populačním růstem a hustotou:

$$\frac{dN}{dt} = \left(r_0 - \frac{r_0}{K} N \right) = r_0 N \left(1 - \frac{N}{K} \right).$$

Analytickým řešením této diferenciální rovnice je integrovaná forma logistické rovnice:

$$N_t = \frac{K}{1 + e^{a-rt}}$$

Logistický model byl celkem úspěšně použit pro modelování populačního růstu lidské populace, potěmníků, perlooček

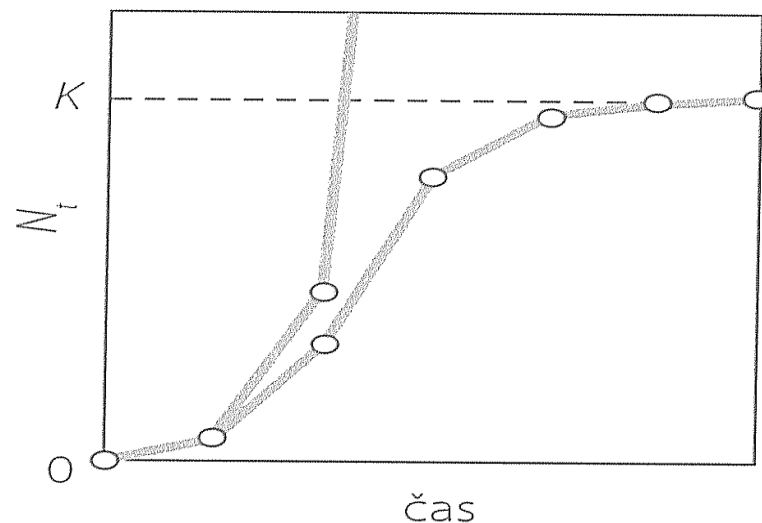
V případě organismů rozmnožujících se sezónně (většina živočichů) logistické modely selhávají. Lépe se hodí diferenční rovnice. Jako třeba Rickerův model:

$$N_t = N_{t-1} e^{r_0 \left(1 - \frac{N_{t-1}}{K}\right)}$$

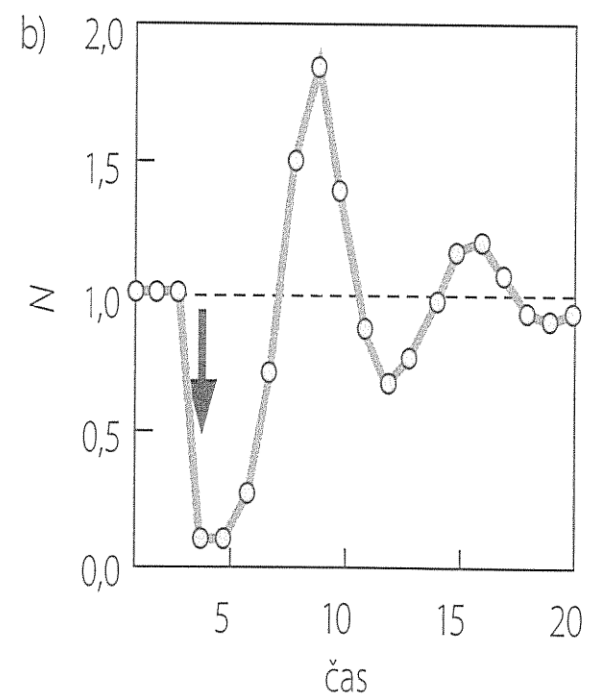
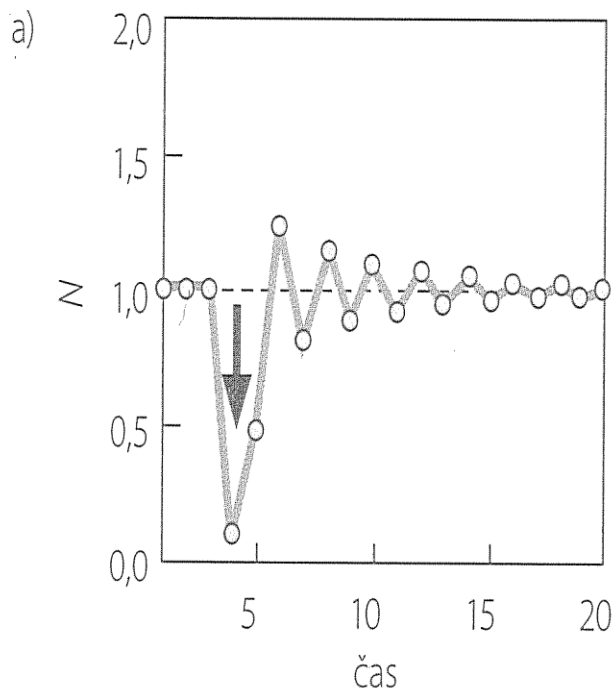
Diskrétní modely (třeba Rickerův) na rozdíl od logistických generují pestrou škálu dynamik v závislosti na hodnotách parametrů → mohou vygenerovat situaci, při níž dojde k překročení nosné kapacity prostředí (K)

Beverton – Holtův model:

$$N_t = \frac{N_{t-1} \lambda_0}{1 + aN_{t-1}}$$



Obr. 128 Diskrétní exponenciální růst a růst podle modelu Bevertona–Holta, který je věrným analogem kontinuálního logistického růstu. Má esovitý tvar a nikdy nepřekročí nosnou kapacitu prostředí. Diferenční rovnice jsou vhodné pro populace se sezonním rozmnožováním a diskrétními generacemi.



Obr. 130 Srovnání dynamiky prvního řádu (a) generované modelem Ricker a dynamiky druhého řádu (b) generované modelem Ricker s časovým zpožděním ($N_{t+1} = N_t \exp [r_0(1 - N_{t-1}/K)]$). První model má navíc vyšší r_0 (a: $r_0 = 1,8$, b: $r_0 = 1,2$). Velikost populace N je uvedena v tisících jedinců. I když je negativní zpětná vazba 1. řádu v principu schopná generovat i složité dynamiky, jejich tvar se liší od dynamik 2. a vyššího řádu. Dynamiky 1. řádu mají charakteristický pilovitý vzhled.